

Камінський О.М., Денисюк Р.О.,
Кондраченко О.В., Чайка М.В.,
Євдоченко О.С., Авдеева О.Ю.



Historia Chimiі



*Камінський О.М., Денисюк Р.О., Кондратенко О.У.,
Чайка М.В., Євдоченко О.С., Авдєєва О.Ю.*

Історія хімії

навчальний посібник

для студентів спеціальності 102 Хімія



Житомир – 2019

I 90

УДК 54 (09) (075.8)

*Рекомендовано до друку вченою радою Житомирського державного університету
імені Івана Франка
(протокол № 3 від 26.10.2018 р.)*

Рецензенти:

О. С. Заблоцька – доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри «Лабораторна діагностика» КВНЗ «Житомирський медичний інститут» Житомирської обласної ради;

І. П. Стерчо – кандидат хімічних наук, доцент кафедри фізичної та колоїдної хімії хімічного факультету Ужгородського національного університету.

I 90 Історія хімії: навчальний посібник / *О. М. Камінський, Р. О. Денисюк, О. У. Кондратенко, М. В. Чайка, О. С. Євдоченко, О. Ю Авдєєва* – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2019. – 197 с.

В навчальному посібнику висвітлюються етапи зародження, формування та становлення хімії. Розкрито історичні причини та особливості відкриття хімічних властивостей речовин, закономірностей перебігу реакції, формулювання основних хімічних понять та законів. Містяться відомості про основні віхи життя відомих хіміків, курйозні ситуації, перешкоди та перемоги на шляху вивчення науки. Посібник може бути корисним та цікавим для майбутніх хіміків та всіх, хто цікавиться хімічною наукою.

Для викладачів вищих та професійно-технічних навчальних закладів, студентів природничих і хімічних спеціальностей, вчителів шкіл та широкого кола читачів.

УДК 54 (09) (075.8)

© *Камінський О. М., Денисюк Р. О.,
Кондратенко О. У., Чайка М. В.,
Євдоченко О. С., Авдєєва О. Ю., 2019*

Зміст

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. Донауковий період розвитку хімії	6
§1. Хімічні ремесла і хімічні знання у стародавній період	6
§ 2. Період алхімії. Ятрохімія та її результати	15
§ 3. Період об'єднання хімії. Хімічна революція	30
РОЗДІЛ 2. Науковий період розвитку хімії	60
§ 4. Період кількісних законів. Атомно – молекулярне вчення. Відкриття класифікації та хімічних елементів	60
§ 5. Періодичний закон та періодична система хімічних елементів Д.І. Менделєєва	76
§ 6. Будова атома. Хімічний зв'язок	93
РОЗДІЛ 3. Диференціація хімічних наук	129
§ 7. Зародження і становлення органічної хімії	129
§8. Огляд історії розвитку фізичної хімії	145
РОЗДІЛ 4. Новітній період розвитку хімії	160
§9. Сучасна хімічна наука в Україні	160
 Рекомендована література	174
Додатки	175
Іменний покажчик	192

ВСТУП

Кожен науковий напрям вивчення оточуючого світу має свою історію та багаторічний досвід, який використовується для розвитку суспільства. Зародження будь-якої природничої науки починалося із спостереження за оточуючим світом, а в подальшому, виконання над об'єктами спостереження експериментальних операцій. Хімія – також наука експериментальна, тому для вивчення основних хімічних властивостей, понять і закономірностей необхідно мати відомості про вже отримані результати досліджень попередників. Лише спираючись на багаторічний досвід хіміків-дослідників, розуміючи першопричину виконання ними досліджень, умови проведення експериментів, отримані результати та інтерпретацію цих відомостей, можна усвідомити сформовані сучасні хімічні поняття, закони, залежності, закономірності.

В різні часи вчені – хіміки мали свої передумови формування уявлень про оточуючий світ та значення хімічної науки для людства. Були часи, коли хіміки лише описували спостереження і починали проводити дослідження; коли узагальнювали знання і в умовах жорстокої боротьби доводили свою правоту, сперечались між собою і викристалізовували цінні висновки та закони. Ставлення до хіміків в різні часи також було різним: в одних випадках заганяло науку в глухий кут, а в інших – дозволяло використовувати великий арсенал можливостей, матеріалів, обладнання. Результати тривалих пошуків зараз людство використовує повсякчас, навіть не замислюючись, що могло бути інакше, якби не стійкість духу, наполегливість, допитливість, винахідливість та надзвичайний інтелектуальний потенціал тогочасних дослідників.

Пропонуємо Вашій увазі навчальний посібник з Історії хімії, який допоможе розібратись в тонкощах історичних передумов формування наукових уявлень хіміків, розвитку їх теорій, і нарешті, формулювання законів, якими кожен з нас користується щоденно. Посібник містить відомості про історичні часи життя і творчості видатних науковців, що зробили неоціненний вклад в розвиток хімії. Також, відображено цікаві події, експериментальні невдачі, перемоги, курйози, боротьбу поглядів на шляху зародження, становлення чи занепаду різних хімічних теорій, формулювання понять, законів. В навчальному посібнику запропоновано відповісти на ряд питань, які сприяють кращому засвоєнню матеріалу; розв'язати низку оригінальних задач, що пропонуються майже в кожному розділі.

Мета курсу. Латинське прислів'я говорить: "*Historia est magistra vitae*" – "історія – учитель життя". Виходячи з цього, перед курсом "Історія хімії", ставиться щонайменше дві мети:

- з одного боку, курс допомагає вихованню хіміків на прикладі самовідданої праці багатьох поколінь хіміків та їх попередників – алхіміків і єгипетських жерців, боротьби їх інтересів з оглядом на те, що ними рухало: ідея, фанатизм, самолюбство, безмежна цікавість, любов до своєї праці чи користь;

- з іншого боку, курс буде сприяти поглибленому розумінню проблем хімії, які сформувались в історичному плані, розумінню напрямків їх розв'язання зараз і хоча б у недалекому майбутньому, і тим самим дає можливість передбачити шляхи подальшого розвитку цієї науки.

Відомі різні способи періодизації історії хімії. В одних випадках вона будувалась за принципом панування тих чи інших теорій (період учення про флогістон, антифлогістонний період, період створення та становлення атомно-молекулярної теорії і таке інше), в інших випадках виходили з особливостей методів дослідження (аналітичний період, синтетичний період і т.п.), ще в інших – на основі зрілості науки (емпіричний етап, теоретичний і т.п.). Рідше в основі періодизації історії хімії клали календарні термін – століття чи десятиліття.

Хоч ці періодизації вносять деяке упорядкування хіміко-історичного матеріалу, проте залишають поза увагою суттєві питання соціальної зумовленості розвитку хімії і

таять певні суперечності. Зокрема, вони, як правило, не узгоджуються з розвитком виробництва та економічного базису. В рамках цих періодизацій практично завжди відбувається накладення одного періоду на інший, оскільки панівні на даному етапі теорії та методи виявляються ще дійовими і на інших етапах. Розбіжність у виборі періодизації призводить до надмірних умовностей.

Однак принаймні головні з цих недоліків можна б усунути, якщо розглядати хімію не тільки як сукупність знань, але й як предметно-практичну діяльність людини, тобто як частину виробництва матеріальних та духовних цінностей. Історія хімії свідчить про нерозривну єдність теоретичного знання та матеріального виробництва.

Хімія протягом усієї своєї історії вирішувала одну, і тільки одну, двоєдину задачу – отримання матеріалів із заданими властивостями (кераміки, порохи, ліків, металів, барвників, пластмас, волокон, каучуку), на досягнення чого спрямовувалась виробнича діяльність людини, та пошук засобів управління властивостями речовин, на реалізацію чого націлювалась теоретико-пізнавальна діяльність. Іншими словами, розв’язання теоретичної проблеми походження властивостей речовини та управління цими властивостями слугувало ключем до виконання виробничого завдання отримувати матеріали із заданими властивостями.

Таким чином, маємо науково - обґрунтовану періодизацію історії хімії (за Волковою В.А., Вонським Є.В. та Кузнецовою Г.І.) наведену в таблиці 1.

Таблиця 1

Періодизація історії хімії за Волковою В.А., Вонським Є.В. та Кузнецовою Г.І.

Період	Характер періоду
I	Донауковий період. Від давнини до Р.Бойля.
II	Період розвитку хімії як науки про склад.
III	Період становлення та розвитку атомно-молекулярного вчення. Структурна хімія.
IV	Період появи та розвитку вчення про хімічні процеси.
V	Еволюційна хімія. Період оформлення нових напрямків.

Інша періодизація запропонована італійським хіміком Мікеле Джуа (табл. 2):

Таблиця 2

Періодизація історії хімії за М. Джуа

I	II	III	IV	V
Передалхімічний (давні) період (4000 р. до н.е. – до IV ст.н.е.)	Період алхімії (IV ст.н.е. - XVI ст.)	Період об’єднання хімії (XVII – XVIII ст.)	Період кількісних законів (1800 - 1860)	Сучасний період (1860 – наші дні)

Як бачите, ці два методи періодизації історії хімії у суттєвому співпадають (у часі), за виключенням останнього сучасного періоду згідно з Джуа та початку періоду об’єднання хімії.

Колектив авторів висловлює щире подяку кафедрі хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка за допомогу в написанні навчального посібника, важливим зауваженням, доповненням та цінним порадам, завдяки яким дане видання має запропонований формат. Особливе значення під час написання навчального посібника мали ідеї, погляди та настанови доцента кафедри хімії **Мацієвського Олександра Евальдовича** (1941 – 2010), без яких, можливо, і не було б створено дане видання.

Сподіваємось на те, що інформація в навчальному посібнику буде корисна учням, студентам, вчителям, дослідникам, науковцям та широкому колу читачів. Радю врахуємо Ваші поради, зауваження та пропозиції в наступних виданнях.

З повагою, колектив авторів.

РОЗДІЛ 1. Донауковий період розвитку хімії

§1. Хімічні ремесла і хімічні знання у стародавній період

Основні короткі відомості про хімію Стародавнього Світу

1. Походження хімії.
2. Хімічні знання в передалхімічний період.
3. Стародавні єгипетські вчення.
4. Грецькі елементи-стихії. Грецька атомістика.
5. Стародавні китайські, індійські та месопотамські вчення.

Найнеобхідніша наука – наука забувати непотрібне.

Антісфен

Мудрість – найточніша з наук.

Арістотель

Походження хімії.

Хімія, як мистецтво перетворення речовин, починається з відкриття людиною здатності вогню змінювати природні матеріали. Процес накопичення практичних хімічних знань розпочався в глибокій давнині і проходив повільно. Важкі життєві умови первісних людей не сприяли розвитку продуктивних сил, накопичення знань було випадковим. В доісторичні часи первісна людина познайомилась з кухонною сіллю, із її консервуючими властивостями. Потреба в одязі навчила наших далеких предків примітивних засобів обробки шкір тварин.

Приблизно 100 тисяч років тому людина оволоділа вогнем, що ознаменувало нову еру в історії культури. Вогнище стало своєрідною лабораторією, де людина спочатку випадково спостерігала деякі хімічні перетворення, а потім цілеспрямовано їх використовувала. Те ж саме вогнище – результат хімічного перетворення – горіння. На вогнищі стали готувати їжу (це одне хімічне перетворення), на вогнищі можна було обробити глину, внаслідок чого виникло гончарне ремесло. Випадково у вогнище чи у вогонь підчас лісної пожежі попав синій камінь (мідна руда – азурит) і перетворився в блискучі мідні кульки, внаслідок чого людина поступово навчилася виплавляти мідь. А ще раніше людина навчилася використовувати самородну мідь, як і самородне золото, для виготовлення прикрас. **З цього моменту кам'яний вік змінився мідним (близько 4000 р. до н.е.).** Можливо, мідь вперше навчилися виплавляти на Синайському півострові чи в гірських областях Шумера (територія сучасного Іраку). До 3000 р. до н.е. стали виплавляти бронзу – міцніший від міді метал. Спочатку це відбулося випадково, наприклад, у плавильну піч для отримання міді випадково разом із мідною рудою попала олов'яна.

Сам термін «**Хімія**» вперше (бл. 400 р. н.е.) згадується у трактаті **Зосимуса Панополітанського** (бл. 350 – 410 р.р. н.е.), який був або єгиптянином, або греком з міста Панополіса, - нині місто Акхмід, Єгипет. Дехто з вчених вважає, що Зосимус походив з александрійських халдеїв, тобто був євреєм. На це вказує той факт, що вчений хоча й писав всі твори давньогрецькою, проте, демонстрував вміння писати єврейською та досить добре для свого часу розбирався в іудейно – християнській символіці.

До наших днів твір Зосима, який складався із 28 книжок, дійшов не повністю. У цих творах Зосимус розповідає, що «**хімії**» або «**священного таємного мистецтва**» людей навчили падші з небес янголи, які стали демонами, і саме таким способом вони нагороджували «дочок людських» за любов і близькі стосунки. Першу книжку – чорну магію, згідно з Зосимою, де описувалися прийоми «таємного мистецтва», викрав у праотця Ноя проклятий ним син Хам і продав її єгипетським жерцям, тому нібито хімія й бере свій початок з так званого «хамового ремесла».

Зосим першим описав прийоми затвердіння речовин, створення імітацій золота та срібла, утворення ацетату свинцю та його солодкий смак (назва «свинцевий цукор» використовується й досі). Він перший висунув ідею створення філософського каменю – субстанції, яка здатна перетворювати неблагородні метали на золото. Твори Зосима мали велику популярність серед александрійських та європейських алхіміків.

Слово «**Хімія**» має декілька походжень: з **давньоєгипетської** дане слово означає долину річки Нілу Хем – провінції Єгипетської імперії чорноземів або «хюм», що означає «земля» (порівняйте з латинським словом «хумус», яке означає ґрунт), а з **давньогрецької** «*χημο'ζ*.» («сік») перекладається як мистецтво виготовлення рідин та мистецтво виплавляння металів. Існує також версія походження цього слова з **давньокитайської** «ким», що означає «золото». Сучасна назва «хімія» походить від пізньолатинського слова «*Chimia*» і на даний час є інтернаціональним словом: німецьке *Chemie*, французьке *Chimie*, англійське *Chemistry* тощо.

Практично до середини XIX століття до хімії і хіміків ставилися з презирством та зневагою. В XVI ст. письменник **Лео Африканус** (1494 – 1554) писав: «Хіміки – то є найбридкіша категорія людей; вони вічно порпаються в сірці та іншому смороді». Одна з історій, що сталася з Д.І. Менделєєвим ще в кін. XIX ст. також підтверджує дане твердження. Якось він проїздив вулицею і звернув увагу на натовп людей, які вели до поліцейського відділку кількох злодіїв. «Хіміків повели, - пояснив професору візник, - багато їх зараз розвелось, усяких хіміків – шахраїв.»



Рис.1. Бальзамування тіл у Древньому Єгипті



Рис.2. Єгипетські жерці

Стародавні єгипетські вчення.

Колискою хімії став Древній Єгипет. Таємницею «священного мистецтва» володіла каста жерців. Вони були настільки всесильними, що їх побоювались навіть фараони. У храмах єгипетські жерці займалися різними науками– астрономією, математикою, медициною. Вони з великою точністю передбачали сонячні затемнення, зміну погоди, проводили складні розрахунки пірамід і інших споруд.

Винайдений жерцями спосіб бальзамування трупів досі дивує сучасних вчених. Однією з найвідоміших мумій, які збереглися до сьогодення, є мумія 18 – річного фараона Тутанхамона.

За 2000 р. до н.е. жерці Древнього Єгипту під час богослужінь викликали несподіване спалахування вогнів в храмах, що призводило в містичний жах віруючих єгиптян. Віряни вірили, що сам бог Амон входить в храм і запалює вогні; жерці вміли виготовляти як ліки,

так і отрути, а також викликати «змій, що раптово оживали». Рецепт однієї із таких «змій» дійшла до наших днів під назвою «Фараонова змія» - термічний розклад роданіду ртуті:



Жерці вміли також викликати блискавку і грім в храмах, створювати «штучну кров» за подібною реакцією: $\text{FeCl}_3 + 3\text{NH}_4\text{SCN} = \text{Fe}(\text{SCN})_3 + 3\text{NH}_4\text{Cl}$; вони знали оцтову кислоту, вміли добувати аміак та ртуть; виготовляти підробки золота і срібла, виплавляти бронзу, свинець, олово, а пізніше (за 1000 років до н.е.) залізо; виготовляти різнокольорові фарби та емалі для кераміки і, навіть виплавляти кольорове скло.

Одна з біблійних легенд стверджує, що пророк Моїсей (Ісход, XIV), намагаючись звільнити свій єврейський народ з єгипетського рабства демонстрував різні чудеса перед фараоном та жерцями, як йому наказував Бог: кроваві ріки, перетворення посоху на змію тощо.

Батьківщиною косметики є Древній Єгипет. В цій країні мистецтво прикрашання обличчя та тіла досягнуло найвищого розквіту. Любов єгиптян до косметики була настільки великою, що, навіть священним тваринам (кобрам, крокодилам, кішкам, бикам) в храмах малювали навколо очей кола із фосфоресцентних фарб, а статуям яскраво вимальовували очі, заповнюючи райдужну оболонку кварцитом, а замість зіниць вставляли краплинку кристалу, внаслідок чого око починало набувати гіпнотичних властивостей. Довгий час косметику та прикраси мали право носити в Єгипті тільки чоловіки, жерці та фараон.

Виписка металів з руд, виробництво барвників, виготовлення скла та кераміки, гончарне виробництво та медицина — все це було добре розвинуто в Древньому Єгипті.

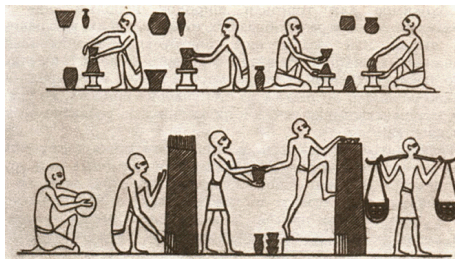
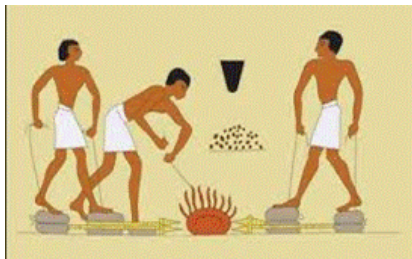


Рис. 3. Давньоєгипетські хімічні ремесла та виробництво

Самі древні скляні бусини були зроблені в Древньому Єгипті близько 2500 р. до н.е.

Одним із перших металів, що були відомі людині, було метеоритне залізо.

Давні Греки та Єгиптяни називали його «небесним металом», а його назва перекладається як «зірковий» (з давньогрецької) або «той, що капає з неба». Вироби із «земного» заліза (виплавленого із руди) з'явилися лише в XII ст. до н.е. в Малій Азії, Єгипті та Месопотамії.

Першу зброю було виготовлено в кін. V – на поч. IV тис. до н.е. із природного золота, що містило до 20 % домішок інших металів. Лише в III тис. до н.е. для виготовлення металічних виробів використали мідь (мідний вік), а в II тис. до н.е. – бронзу (бронзовий вік).

Один із древніх рукописів Єгипту “Папірус Еберса” (XVI ст. до н.е.) містить рецепти виготовлення фармацевтичних засобів.

Грецькі елементи-стихії.

На 600 р. до н.е. Греки, чия природничо-наукова думка випередила багато пізніших наукових відкриттів, звернули свою увагу на природу та структуру речовин, що її складають. Грецьких філософів (любителів мудрості) не цікавили способи отримання речовин та їх практичне застосування, їх цікавила тільки суть речей та процесів, тобто вони шукали відповідь на питання “Чому?”. Вони першими зацікавились причинно-наслідковими зв'язками, тобто тим, що сьогодні називають теорією.

Ця теорія започаткована **Фалесом з Мілета** (це в Іонії – на західному узбережжі Малої Азії, тобто в теперішній Туреччині). Фалес за першооснову всього сущого приймав воду, бо вода, випаровуючись, перетворюється в “повітря”, а після випаровування (морської води) залишається “земля”. **Анаксимен** із того ж Мілета (595 – 525 р. до н.е.) основою всього вважав повітря, **Геракліт** (540 – 475 р. до н.е.) – вогонь, бо все у світі змінне та рухливе, як вогонь. Потім **Емпідокл з Агрегента** (490 – 430 р. до н.е.), підводячи підсумок учень своїх попередників, визнавав існування чотирьох основ речей: вогню, повітря, води та землі. Ці основи за Емпідоклом, є матеріальними та наділеними властивостями любові й ненависті, внаслідок чого вони

або з'єднуються, або відштовхуються чи взаємно знищують одна одну (вогонь та вода).

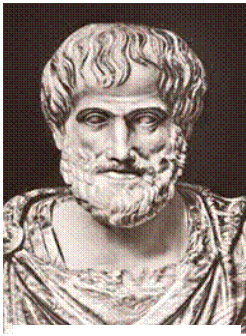


Рис.4. Арістотель

І, нарешті, *Аристотель із Стагіри* (384 – 322 р. до н.е.) створив своє вчення про *елементи – стихії*. Це той самий Аристотель, учень Платона, який заснував свою школу в ліцеї в Афінах. Аристотель – великий грецький філософ, енциклопедист, що залишив багато творів із природознавства та філософії, зокрема, із логіки та діалектики. Йому довелося народитися в сім'ї людей, що мають благородне походження. Батько Аристотеля був спадковим лікарем, служив при царському дворі лікарем, і саме від нього син дізнавався ази філософії і мистецтва лікування. Дитячі роки Аристотеля проходили при дворі, він був добре знайомий зі своїм ровесником, сином царя Амінти III – Філіпом, який через роки сам став правителем і батьком Олександра Македонського.

В 369 році до н. е. Аристотель став круглим сиротою. Турботу про підлітка взяв на себе його родич Проксен. Опікун заохочував допитливість вихованця, сприяв його утворенню, не шкодував грошей на придбання книг, які на той час були дуже дорогим задоволенням. Розум юнака полонили місцеві розповіді про мудреців Платона та Сократа і юний Аристотель старанно займався, щоб, потрапивши в Афіни, не уславитися неучом.

В 367 чи 366 році до н.е. Аристотель прибув до Афін, але, до свого великого розчарування, не застав там Платона: той на три роки відбув на Сицилію. Молодий філософ даром часу не втрачав, а поринув у вивчення праць Платона, попутно знайомлячись іншими напрямками. Можливо, саме ця обставина вплинула на формування поглядів, відмінних від поглядів наставника.

Перебування в Академії Платона тривало майже два десятка років. Аристотель виявився учнем на рідкість талановитим, наставник високо цінував його розумові здібності, хоча репутація його підопічного була неоднозначною і не зовсім відповідала поглядам афінян про справжніх філософів. Молодий Аристотель не позбавляв себе земних задоволень, не терпів обмежень, любив випити і погуляти, на що Платон казав, що його необхідно «тримати в узді». Аристотель був для нього одним з улюблених учнів, з тих, в кого вкладають душу; між ними існували дружні стосунки. На адресу Аристотеля звучало безліч звинувачень в чорній невдячності. Однак, полемізуючи з другом-наставником, він завжди висловлювався про Платона виключно шанобливо. Про глибоку повагу може свідчити і той факт, що, маючи сформовану, цілісну систему поглядів, а значить, і передумови для відкриття власної школи, Аристотель не зробив цього за життя Платона, обмежуючись викладанням риторики. Та все ж, однак, Аристотель якось сказав: «Істина і Платон мені дорогі, проте істина – дорожча!».

Приблизно в 347 р. до н.е. великий наставник помер, і місце глави Академії зайняв його племінник, спадкоємець майна Спевсіп. Опинившись в числі незадоволених, Аристотель залишив Афіни і відправився в Малу Азію, місто Ассос: його запросив туди погостювати тиран Гермій, також учень Платонівської Академії. В 345 р. до н.е. Гермій, активно виступав проти перського ярма, за що був убитий, і Аристотелю довелося спішно покинути Ассос. Разом з ним рятувалася і молоденька родичка Гермія - Піфіада, на якій філософ незабаром одружився. Прихисток вони знайшли на острові Лесбос, в місті Митилена.

Саме там Аристотеля застала подія, з якої в його біографії почався новий етап – македонський цар Філіпп запропонував вченому стати наставником і вихователем сина Олександра, тоді 13-річного підлітка.

Аристотель виконував цю місію приблизно в період з 343 - 340 р. до н.е. і його вплив на формування думок, характер людини, яка прославилась на весь світ, був величезним.

Олександру Македонському приписують таке висловлювання: «Я шаную Аристотеля нарівні зі своїм батьком, тому що якщо батьку я зобов'язаний життям, то Аристотелю - тим, що дає йому ціну». Після того як молодий цар вступив на престол, його колишній наставник пробув поруч з ним ще кілька років. Є версії, що філософ був його супутником в перших далеких походах.

В 335 р. до н.е. 50-річний Аристотель, залишивши з Олександром Каллісфена – свого племінника і філософа, відправився до Афін, де заснував Лікей - власну школу, але в 323 р. до н.е., після смерті Олександра Македонського, по країні прокотилася хвиля антимакедонських репресій, і над філософом згустилися хмари, а тому Аристотель в 322 р. до н.е. залишає Лікей і відбуває з групою учнів в Халкід, що на острові Евбей.

Острів Евбей стає його останнім притулком: спадкова хвороба шлунка перервала життя 62-річного філософа.



Рис.5. Елементи –стихії Аристотеля

Кожен з елементів-стихій Аристотеля – носії таких якостей: **вогнь** – гарячий та сухий, **земля** – суха та холодна, **вода** – холодна та волога, **повітря** – гаряче та вологе. Аристотель пішов ще далі – кожен елемент він характеризує певним природнім набором властивостей. Так вогню притаманне підніматися, землі – падати. Проте властивості небесних тіл відрізнялись від властивостей будь-якої речовини на землі.

Ще в часи Фалеса землю уявляли як плоский диск, покритий напівсферичним куполом неба, який пливе в безкінечному океані води. В часи Аристотеля астрономи уявляли небо, як сферу, в центрі якої знаходиться кругла земля. Не падаючи і не піднімаючись, небесні тіла, здавалося, постійно оберталися навколо землі. За думкою Аристотеля це відбувається тому, що небеса складаються з п'ятого загального принципу, латиною **quinta essentia** (п'ятий елемент), тому ці принципи-стихії можна називати елементами. Саме слово “елемент” – латинське і з'явилося в часи Римської імперії. Звідси ж з'явилося і слово **квінтесенція**, яким позначають найчистішу та найбільш концентровану форму чогось. Що ж стосується Аристотеля, то він цю п'яту суть називав усія (суть) та ефіром (від грецького слова “сяяти”, адже характерною властивістю небесних тіл є саяво). Окрім ефіру в Аристотеля заслуговує уваги ще оди факт – висновок, що впливає з уявлення філософа про стихії-якості. Це і є ідея **трансмутації** (тобто перетворення) неблагородних металів у благородні, що виникла пізніше в алхімічний період.

Грецька атомістика.

Питання про ділимість матерії було ще одним важливим питанням, яке цікавило грецьких філософів. Камінь, розпиляний навпіл чи розтертий на порошок, залишався тим же каменем, кожен крупинку якого можна було розділити на ще менші частки. До якої межі можна ділити і чи існує така межа взагалі?

Іоніць Левкіпп (500-444 р.р. до н.е.) вважав, що за таким дробінням можна отримати настільки малу частку, що подальше дробіння не можливе. Учень Левкіппа, **Демокріт з Абдери** (470-360 р. до н.е.) назвав ці частки “атомос”, тобто “неділимий”, і цей термін ми й успадкували. Учення про те, що матерія складається з атомів, отримала назву **атомістичної теорії**.

Демокріт вважав, що атоми кожного елемента мають особливі розміри та форму і саме цим пояснюються різні властивості елементів. Різні речовини, які ми бачимо й відчуваємо, є сполуками атомів різних елементів. Змінивши природу цієї сполуки, можна одну речовину перетворити в іншу.

Усе це звучить надзвичайно сучасно. Але Демокріт не підкріпив свою теорію експериментами, бо давньогрецькі філософи і не ставили експериментів, вони шукали

істину в супереччі. Більшість філософів, особливо Аристотель, уявлення про атоми вважали *парадоксом*, тому ніхто з них не міг їх сприймати. Атомістична теорія протягом двох тисячоліть після Демокріта залишалась не популярною і про неї майже ніхто не згадував.

І все ж таки атомістична концепція не щезла. Давньогрецький філософ **Епікур** (342 – 270 р.р. до н.е.) використав атомізм у своєму вченні, а епікурійці мали немало прибічників і в наступні століття. Одним із них був давньоримський поет **Тит Лукрецій Кар** (біля 95 – 55 р.р. до н.е.). Лукрецій виклав атомістичні погляди Демокріта та Епікура в поемі “**Про природу речей**” (De Rerum Natura). За думкою багатьох вчених, це найкраща з будь-коли написаних дидактичних (навчальних) поем. В усякому разі, праці греків пропали, а поема Лукреція збереглась й донесла атомістичне вчення до тих часів, коли в боротьбу вступили нові наукові методи, які й привели атомізм до цілковитої перемоги.

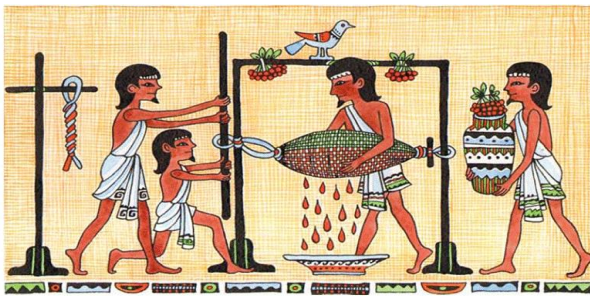


Рис. 6. Виробництво парфумерних композицій в Древній Греції

Цікаві факти з Давньої Греції.

Древні гречанки в якості пудри для обличчя використовували ферум (III) оксид. Він слугував і рум'янками, а з додаванням оливкового масла навіть губною помадою. Наприклад, серед гречанок вищого кола навпаки популярним був світлий тон шкіри – для чого старалися не виходити з

дому на сонце або використовували звичайну крейду.

Миюча дія золи дерев (через поташ, який міститься в золі) була відома грекам ще в 2000 р. до н.е.

В 1300 - 1000 р.р. до н.е. в Древній Греції були вже відомі мідь, залізо, олово, свинець, заалка та виготовлення сталі; а також використання гною в якості добрив.

А квасці використовували для дублення шкіри та фарбування шерсті. **Архелай**, один із полководців царя, бл. 100 р. до н.е. виявив, що при обробці деревини квасцями, вона стає вогнетривкою.

А чи знаєте ви, що у людської сечі в давнину було багато застосувань. Стародавні Греки, зауваживши, що сеча володіє яскраво вираженими антисептичними властивостями, промивали нею рани і навіть використовували як ополіскувач для рота. У Стародавніх Римлян зібрану сечу продавали в майстерні з пошиття одягу, де її використовували для очищення вовни від бруду, а іноді і вимочували тканини перед фарбуванням.

В IV ст. до н. е. війська **Олександра Македонського** вторглися до Індії. На берегах річки Інд у війську вибухнула епідемія шлунково – кишкових захворювань, яка як не дивно, не торкнулася жодного воєначальника. Виявилося, що прості воїни користувалися олов'яним посудом, а їх командири — срібним. Тоді й згадали, що перський цар Кір II Великий під час військових походів наказував зберігати питну воду в срібних посудинах. Набагато пізніше римські легіонери стали носити панцири, наколінники і поножі зі срібла. Срібло має бактерицидні властивості, а також сприяє швидкому загоєнню ран.

В Древній Греції були закладені основи практично всіх наук.

Першою наукою була математика. В VI ст. до н.е. **Піфагор** склав таблицю множення. **Евклід** заклав основи геометрії, **Архімед** — основи механіки та фізики, а **Гіппократ** — основи медицини.

Знання древніх грецьких вчених і досі не втратили своєї актуальності в сучасному світі.

Стародавні китайські, індійські та месопотамські вчення.

Хімічні пізнання індусів були вагомими. Знаменитий барвник індиго слугував їм для живопису та фарбування тканин. Індуси навіть друкували малюнки на тканинах, хоча в Європі цього навчились лише в XV ст. Мідь, бронза та залізо були відомі індійцям в III тис. до н.е. - з них виготовляли зброю. В II – I ст. до н.е. індійці пізнали олово, свинець, срібло, золото, ртуть, сурму, квасці, нашатир тощо. В священних книгах – **Ведах** згадується про добриша та виготовлення ліків. Для виготовлення ліків широко використовували нітратну, сульфатну, хлоридну кислоти. Розвинутою була і металургійна промисловість. Всім, хто зараз приїжджає до столиці Індії – Делі, показують знамениту металеву колонну IV ст. н.е., яка не змінилась протягом століть в умовах вологого і жаркого клімату. Вона складається з практично чистого заліза (99,72 % Fe), яке не зазнає корозії.

В 2500 - 2000 р.р. до н.е. Давньому Вавилоні були винайдені терези – прилад, що використовувався для виміру кількості золота та інших матеріалів. В якості ідеї для їх створення слугувало коромисло вантажника.

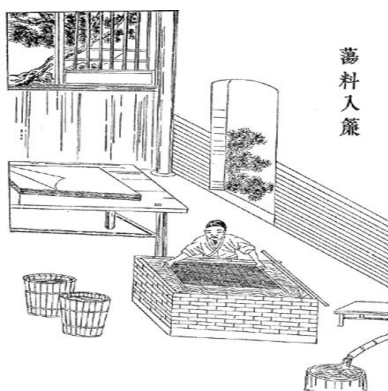


Рис. 7. Виробництво паперу в Давньому Китаї

Великих успіхів у розвитку практичної хімії було досягнуто в Древньому Китаї. Китайські металурги першими навчились виплавляти цинк («китайське залізо»), коли в Європі його вперше добув саксонський металург І. Генкель лише в XVIII ст. Китайці перші також винайшли компас.

Китайський імператор **Цин Шихуанді** (249 – 206 р.р. до н.е.), під час правління якого було збудовано Велику китайську стіну, використовував для написання на папері таємні чорнила, які готувались із густого рисового відвару, завдяки чому написані ієрогліфи були невидимі. Щоб їх проявити, імператор використовував бурий відвар морських водоростей, який містив йод, - при дії відвару написане на папері

проявлялось синім кольором.

На гробниці китайського полководця **Чжао Чжу**, похованого в 316 році, є металевий орнамент. Коли сучасні хіміки зробили аналіз металічного орнаменту з гробниці, то виявилось, що він містить 5 % магнію, 10 % міді і 85 % алюмінію. Як ми знаємо, алюміній зараз добувають тільки за допомогою потужного постійного електричного струму за високих (понад 2000 °C) температур.

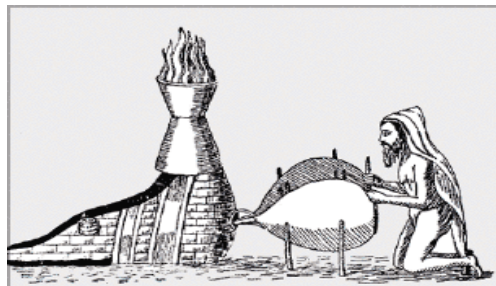


Рис. 8. Піч для виплавки заліза в Давній Месопотамії

Значним відкриттям у Древньому Китаї потрібно вважати винахід фарфору (XVIII – XII ст. до н.е.). В Європі фарфор був винайденим тільки в XVII ст. Ще одне беззаперечне відкриття китайців – чорний порошок, відкритий в IX ст. н.е. В II ст. н.е. в Китаї був винайдений папір, який виготовляли з деревини та ганчір'я. Його винахідником вважають китайського чиновника **Чай Луня**. В Європу папір потрапив лише в XII – XIII ст. Ще до нашої ери китайці вміли добувати цукор із рослин.

Китайський алхімік **Вей По – Ян**, що проживав в II ст. н.е. виготовив, як він вважав, таблетки безсмертя (китайською «ху – ша» і «тан – ша»), які складались із сульфіду ртуті HgS . В легенді говориться, що ці чарівні таблетки Вей По – Ян споживав сам і давав їх своїм учням, і навіть улюбленій собаці. Найблищим часом всі вони померли, але потім, ніби – то, воскресли із мертвих та жили вічно. Однак, його прикладу так чомусь більше ніхто і не наслідував.

Який алкогольний напій вважається найдавнішим?

Неймовірно, але пиво з'явилося в далекі часи одночасно з появою колеса. Археологи стверджують, що пиво було відомо в Стародавньому Вавилоні, тобто вже 8000 років тому. За іншою версією, вік пива - 9000 років. Вона заснована на знахідці рецепта пива, висіченого в камені в межах річки Тигру і Євфрату Древніми Шумерами. У той час технології варіння ще не було, а тому готувався напій шляхом розтирання ячменю і полби (предок пшениці). Злаки заливали водою, додавали запашні трави і отримували через кілька днів напій, який своїм смаком нагадував сучасне пиво. Пили його через очеретяну соломинку, так що, можна сказати, пиво - це предок коктейлю. Ледь у людства з'явилася писемність, одним з перших слів, написаних клинописом було «пиво».

Поступово з'явилися необхідні ємності для приготування суслу, ємності для зерна та попередньої підготовки інгредієнтів і інші необхідні елементи пивної справи. У Месопотамії пиво варили також на продаж. Археологи знайшли на території сучасного Іраку глиняні дощечки, на яких були зображені дві людини за роботою у пивоварного чана. Вік дощечок - 6000 років. Тисячею років пізніше на Шумерських дощечках з'являється детальний, покроковий рецепт приготування пива. Тоді ж знайдені дощечки з приказкою «не пити пива - не знати радості». Хміль в ті часи ще не знали, а якщо і знали, то не застосовували в пивоварінні, звідси можна зробити висновок, що пиво в той час було солодкуватим, без знайомої хмільної гіркоти в смаку.

Варили пиво спочатку жінки. Це було відзначено малюнками і іншими документами давнини. Але незабаром популярність напою стала рости і він неминуче став предметом торгівлі, яка традиційно була в чоловічих руках. Так і пивоваріння перекочувало в сильні чоловічі руки. Пиво набуло гіркоти за рахунок хмелю, а торгівля напоєм приносила значний прибуток.

Численні археологічні дослідження подарували сучасному світу знання про те, як поводитися з пивом стародавні жителі Персії. У будинках заможних городян або просто багатих жителів під підлогою в землі вкопувалася велика ємність, яка накривалася глиняною кришкою з діркою посередині. Імовірно, пиво пили через цей отвір за допомогою тростинок або вичерпували його. Будинки персів ділилися на жіночу і чоловічу частини. У чоловічій кімнаті в багатьох будинках в підлозі була така посудина. Скоріш за все, чоловіки збиралися за бесідою або з інших приводів і пили пиво, не встаючи з місця, просто зануривши тростинку в посудину.

Вино, як найдавніший алкогольний напій, згадується в Старому Завіті і археологічні розкопки показують, що його вживали в Індії, Єгипті, Персії, Стародавній Греції, Італії та в Південній Америці задовго до нашої ери.

За давньогрецькою легендою, своїм щастям людство зобов'язане якомусь пастуху на ім'я **Естафілос**, який, відправившись на пошуки зниклої вівці, виявив її, як ту, що поїдає виноградне листя. Пастух зібрав з лози кілька досі невідомих плодів і відніс їх своєму господареві **Ойнос**, який вичавив з дивовижних ягід сік. Сік з часом ставав все ароматнішим і так, якщо вірити Древнім Грекам, вийшло перше в світі вино. Хоча створення вина приписували собі майже всі древні народи.

Вино Слов'яни в основному не виготовляли до XVI століття, тому його почали завозити з XIV століття з Греції та інших країн. Можна сказати, що наші предки до XIV століття взагалі не вживали п'яних напоїв. Потрібно відзначити, що такі напої як: *мед* (медовуха), *напій п'янкий*, *березовиця* спочатку не були п'янками, тільки з XIV століття почали проводити над ними різні експерименти пов'язані з бродінням.

Горілка, що вважається традиційно російським алкогольним напоєм, такою, по суті не є. У нинішньому вигляді і в нинішній формі (40°) вона з'явилася лише в другій половині XIX століття. А до цього справжнім господарем столу в Російській імперії вважався *полугар*.

Полугар (хлібне вино) - це міцний 38-градусний напій, отриманий під час бродіння хлібного сусла за допомогою солоду і хлібного борошна. Він був відомий на Русі, починаючи з XV століття. Але в кінці XIX – початку XX ст. полугар був повністю витіснений з ринку горілкою. Полугар відрізняється від горілки не тільки вмістом спирту та міцності, але також способом дистиляції, смаком, заснованим на вихідній сировині, наявністю домішок, характерних для коньяку і віскі тощо. Парадоксально, проте для відновлення забутого всього близько сотні років тому алкогольного напою, вітчизняним фахівцям довелося працювати не один рік.

На зорі розвитку людства алкоголь в основному вживався як засіб, який допомагав людині справлятися з несвідомими страхами перед силами природи. Історичні дані свідчать, що цілеспрямовано алкоголь почали отримувати близько 6 тис. років тому. У Древніх Єгипетських манускриптах, свитках Месопотамії, Китаю, Греції, в Біблійних джерелах ми знаходимо підтвердження його існування, вживання і зловживання. Тоді ж було помічено шкідливий вплив, який чинить надмірне вживання алкоголю на організм людини.

Підводячи підсумки, слід сказати, що хімія як самостійна наука у Стародавньому світі, як і більшість наук, не існувала. Проте були відомі способи добування деяких металів та сплавів, добування окремих речовин та їх застосування для виготовлення ліків, барвників тощо. Даний період історії хімії проіснував до VI – VII ст. н.е.

Питання для самоперевірки:

1. Яка мета курсу «Історія хімії»?
2. Які є способи періодизації історії хімії?
3. Назвіть періодизацію історії хімії за Волковою В.А., Вонським С.В., Кузнецовою Г.І.
4. Яку періодизацію історії хімії запропонував М. Джуа?
5. Коли вперше згадується термін «хімія»?
6. Які є версії походження слова «хімія»?
7. Які хімічні знання були в Давньому Єгипті?
8. В чому суть грецьких елементів-стихій?
9. Наведіть основні біографічні дані про Арістотеля із Страгіри.
10. Що таке елементи-стихії Арістотеля?
11. Яких ви знаєте грецьких атомістів?
12. Які ви знаєте стародавні китайські, індійські та месопотамські вчення?

Розв'яжіть задачі з теми:

1. Знаючи елементи Арістотеля, виберіть із запропонованих пар елементів – стихій ті, які дійсно означають хімічний процес:

а) папір + вогонь = попіл; б) звір + вода = кит; в) повітря + вогонь = енергія; г) вода + вогонь = спирт; д) камінь + вогонь = метал; е) глина + вода = цегла.

2. З часів **Гомера** відомий цей оксид – безбарвний газ з різким удушливим запахом. **Одіссей** обкурював їм приміщення, в якому він бився, і, врешті – решт, переміг женихів Пенелопи. Римський історик **Пліній Старший** (23 – 79 р.р. н.е.) також згадував цей газ у своїх творах як засіб, який знищує інфекцію та комах – шкідників. До речі, саме цей оксид став причиною смерті Плінія в 79 році при виверженні вулкану Везувія. (Фраза: «Останній день Помпеї» якраз пов'язана з цим виверженням). Відомо, що цей оксид в 2,207 раз важчий за повітря і має 50 % за масою Оксигену в сполуці. Визначте, що це за оксид.

3. Цю речовину одержують із соку деяких рослин й вона має солодкий смак. За часів **Олександра Македонського** її називали «індійською сіллю». Встановіть формулу цієї органічної речовини, якщо відомо, що при спалюванні 10 г її в кисні утворилось 7,795 л вуглекислого газу (н.у.) та 5,742 г води.

4. Ця подія відбулася більше 3000 років тому. Прославлений грецький художник **Нікій** чекав на прибуття замовлених ним свинцевих білил (PbCO_3) з острова Родос в Середземному морі. Корабель з фарбами прибув в Афінський порт Пірей, але там несподівано виникла пожежа і корабель з білилами згорів. Коли пожежу погасили і витягли на берег те, що залишилось від бочок з фарбами, засмучений Нікій підійшов до обгорілих бочок і розчистив їх від попелу і сажі. Художник несподівано виявив, що бочки містять яскраво-червону речовину (оксид Pb_xO_y , масова частка Pb становить 90,6%). Так Нікій став випадковим володарем прекрасної червоної фарби. Напишіть рівняння перетворення свинцевих білил в червону фарбу.

5. Єгипетська цариця **Клеопатра** (69 – 30 р.р. до н.е.) цікавилася наукою та мистецтвом жерців. Алхіміки приписували їй винахід алембіка – давнього перегінного куба та «Хризопеї» – малюнку, що був однією із трактовок, що зображували трансмутацію (перетворення) свинцю чи ртуті в золото. Якось цариця посперечалася з римським імператором **Гаєм Юлієм Цезарем**, що вона змусить зникнути білу перлину у «воді». Клеопатра налила цю «воду» (кислий винний спирт: $M = 60$ г/моль; $\omega(\text{C}) = 0,4$; $\omega(\text{H}) = 0,07$; $\omega(\text{O}) = 0,53$) у чашу і вкинула в неї перлину. Перлина зашипіла, вскипіла і через деякий час зовсім зникла. Напишіть описане рівняння реакції (вважати, що перлина – це чистий CaCO_3).

§2. Період алхімії. Ятрохімія та її результати

Основні короткі відомості про хімію алхімічного періоду

1. Алхімічний підперіод.
2. Александрія.
3. Арабський період алхімії.
4. Алхімія в Європі.
5. Обумовленість виникнення.
6. Представники ятрохімії.
7. Зачатки технічної хімії у XVI та XVII століттях.

«Mare tingerem, si mercuris esset»!

«Я море перетворив би в золото, якби воно складалось із ртуті»!

Раймонд Луллій

Справжні цілі хімії полягають

не у виготовленні золота, а у виготовленні ліків!

Парацельс

Алхімічний підперіод.

Алхімічний підперіод історії хімії не може бути оцінений однозначно. По-перше, він тривав більше тисячі років, за цей час у Європі та Азії одні цивілізації щезли, інші з'явилися. По-друге, в цей період ряд складних хімічних проблем якщо і не було розв'язано, то вони були хоча б помічені, що спричинило подальший розвиток хімічних знань та підготувало базу для виникнення наукової хімії. Тому на алхімічний підперіод не треба дивитися спрощено і однобічно, розглядаючи його лише з точки зору спроб тодішніх носіїв хімічних знань (назвемо їх умовно вченими) перетворити неблагородні метали в золото чи знайти філософський камінь або еліксир життя. Ситуація подібна тій, про яку йде мова в притчі про **Саула**, який довго шукав ослиць свого батька, що пропали, а замість них знайшов корону. Ця притча є в Біблії: пастух Саул, син Кісів, довго не знаходячи ослиць, що відбилися від отари, звернувся за порадою до пророка Самуїла, а той за навіянням Іегови помазав голову Саула олією і, таким чином, Саул став першим царем Ізраїльським. Так і алхіміки шукали еліксир життя, а знайшли величезну кількість різноманітних знань, що стали аргументом для наукової хімії, яка виникла на уламках алхімії.

В алхіміків мова йде, фактично, про декілька таємничих речовин:

1. **Великий магістерій** або **Філософський камінь**, що перетворював метали в золото. Синоніми: основа всіх основ, червоний лев, червона тинктура.

2. **Малий магістерій**, що перетворював метал у срібло, синоніми: білий лев, біла тинктура.

3. **Еліксир життя**, що надавав своєму власнику владу над стихіями природи та потайбиччя, а також надавав безсмертя.

4. **Алкагест**, - універсальний розчинник будь – яких речовин.

Алхімічний підперіод історії хімії історики розбивають на декілька підперіодів, із яких можна виділити три головних, виходячи з часових рамок та територій держав, на яких алхімічні знання розвивались:

I. Єгипетсько-грецький (Александрійський) підперіод (поч. н.е. – VII ст.).

II. Арабський підперіод (VII – XI ст. н.е.).

III. Європейський підперіод (XII – XVI ст.).

Александрія.

Після смерті Олександра Македонського (323 р. до н.е.) його величезна імперія розпалась, але вплив Греків, як і до того, поширювався на великих територіях Північної Африки, Близького та Середнього Сходу. Один із воєначальників Олександра Македонського Птоломей Сотер зацарював у Єгипті. У столиці держави Александрії він заснував храм муз “**Мусейон**”, при ньому була зібрана багатюща бібліотека та створена **Академія**, яка об’єднувала багато вчених-викладачів, серед яких були Евклід, Архімед.

В Александрійській академії, заснованій в IV ст. до н.е., хімія ще не виділялась в окрему галузь знань і була частиною священного мистецтва жерців. Усі знання про переробку матеріалів жерці заносили в особливі рецептурні збірники (папіруси), записи супроводжувалися релігійними відступами, молитвами, заклинаннями. Секрети жерців завдяки бібліотеці стали доступними для вчених, а потім і для ремісників. Релігійний дурман заважав розвитку наук, але все ж саме тут розпочались точні дослідження природи.

Поява нарівні з самотніми ремісниками великих майстерень вимагала узагальнення досвіду окремих майстрів. Отримали розвиток металургія, техніка позолоти, посріблення, лудження, технології добування барвників, особливо пурпуру, із рослинної та тваринної сировини. Збільшився асортимент хімікатів загального використання, з’явилися як окремий товар сода, поташ, галун, купорос, оцет, мінеральні барвники, органічні барвники, ліки. Єгиптяни відкрили нашатир.

Александрівці мало що додали до Грецької натурфілософії, хіба що вона стала більш містичною та релігійною. Хоча, у Стародавні часи хімічне мистецтво було тісно пов’язане з релігією, прості люди боялись тих, хто ним займався: їм здавалося, що хіміки володіють таємним мистецтвом та небезпечними знаннями (тобто, від лукавого), і були прообразом чаклуна, чародія в народних сказаннях. Ця суспільна повага, чи скоріше страх і побоювання, заставляли тих, хто займався цим мистецтвом, писати свої твори загадковими, туманними символами, що підсилювало враження таємничості. Н той час було відомо сім металів (магічне число), які позначались символами планет: сонце – золото; місяць – срібло; меркурій – ртуть; венера – мідь; марс – залізо; юпітер – олово; сатурн – свинець.

Ця більш-менш навмисна неясність мови хіміків мала два негативні наслідки:

1. Гальмували прогрес, адже кожен працюючий у цій галузі не знав, що робить його колега, так що не можна було вчитися на чужих помилках чи переймати досвід.

2. Будь-який шахрай чи шарлатан, незрозуміло розмовляючи, міг видавати себе за серйозного вченого.

Вважається, що першою людиною, яка розповіла світові про «**філософський камінь**», був єгиптянин **Гермес Трисмегіст (Hermes Trismegistus)** - "Гермес

Тричівеличавий". Гермес Трисмегіст – напівміфічна, напівлегендарна фігура. В переказах його називали сином єгипетських богів Осіріса і Ісиди, і навіть ототожнювали з староегипетським богом-чарівником Тодом. Гермеса Трисмегіста також називають першим алхіміком, що отримав філософський камінь. Рецепт виготовлення філософського каменю був записаний в його книгах, а також на так званій "Смарагдовій скрижалі Гермеса" - табличці з його гробниці, на якій було висічено тринадцять настанов нащадкам. На жаль, вони (ці настанови) були загублені. Також велика частина книг Гермеса Трисмегіста загинула під час пожежі в Александрійській бібліотеці, а ті твори, що залишились, за легендою, були закопані в таємному місці в пустелі. Місце закопаних книг не знайдено й досі. До нас дійшли лише сильно спотворені переклади і перекази цих творів.

Проте, мабуть, першим значним представником александрійської хімії, чиє ім'я дійшло до нас, був **Болос із Менде** (III ст.н.е. місто в дельті Нілу), його ще називають **Болос-Демокрит**, чи **Псевдо-Демокрит**. Саме Болос розвинув учення про трансмутацію металів, тобто перетворення свинцю та заліза на золото. Він виходив з уявлень Аристотеля про взаємоперетворення елементів-стихій. Дійсно, якщо вода, випаровуючись, перетворюється в повітря та в землю (залишки солі), то чому не можна допускати можливість будь-якої зміни. Червонуватий камінь, залізну руду, можна, використовуючи ряд засобів, перетворити в сіре залізо. Але в часи Ахілла, що взяв в облогу Трою, ці способи ще не були відомі. Можливо, що є способи, які також не відомі були в часи Олександра Великого, такі, які дозволяють перетворити залізо в золото?

Протягом тисячоліття хіміки самовіддано старались відшукати способи одержання золота. Деякі дійшли до висновку, що простіше зробити вигляд, що це їм вдалось, адже це давало владу та створювало репутацію. Процвітало шарлатанство і фальсифікація.

Болос проводив детальні описи методів отримання золота. Але це не було шахраюванням, адже змішуючи мідну руду з цинковою (чистий цинк у давні часи не був відомим) можна одержати латунь, що має колір золота. Очевидно, для стародавніх дослідників виготовлення металу кольору золота і значило одержання самого золота.

Другим представником цієї культури був **Зосима Панополітанський**, про якого згадувалось раніше.

Таким чином, засекречення, містика, релігійний фанатизм нанесли хімії у ті часи непоправну шкоду.

Александрійська бібліотека за ініціативою релігійних фанатиків неодноразово підпалювалась й була остаточно спалена у VII ст. Тоді ж зникла й Академія.

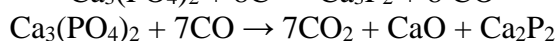
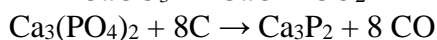
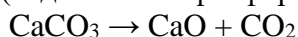
Остаточний удар олександрійській хімії наніс страх і християнство. Так, римський імператор **Діоклетіан** (роки правління 284 – 305 після Різдва Христового), колишній далмаційський пастух, боявся, що отримання дешевого золота остаточно підірве хитку економіку імперії, що розвалювалася, а тому наказав знищити праці з алхімії. І це одна з тих причин, чому їх так мало дійшло до наших днів.

Іншою причиною було християнство. "Язичницькі знання" стали непопулярні, а мистецтво хімії, тісно пов'язане зі Стародавньою Єгипетською релігією, стало для християн неприйнятним (породження Диявола) і скоро стало фактично нелегальним, а хімія стала розвиватися тільки за рахунок фармації. Християнство розбивалось на секти – одна з них стала називатись **Несторіанською**, за іменем сірійського монаха **Нестора** (V вік). Ортодоксальні християни Константинополя переслідували несторіан – прихильників хімічних знань і ті вимушені були тікати в Персію, де персидські монархи прихильно ставились до них, очевидно, сподіваючись використати їх знання проти Риму. Несторіанин **Іов Едемський** багато зробив для поширення еллінських хімічних поглядів в арабській науці і залишився в її історії під іменем **Айюба аль-Рухаві** (769 – 835 р. н.е.).

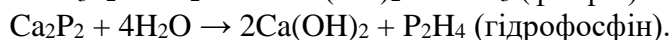
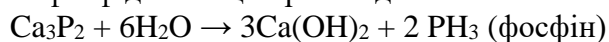
Арабський період алхімії.

В VII столітті кочові арабські племена заволоділи Александрією. Під знаменами ісламу вони розпочали переможну ходу і захопили великі райони Західної Азії та Північної Африки. В 641 р. араби вторглися в Єгипет і скоро зайняли всю країну. Через декілька років така ж доля спіткала і Персію. Виникла величезна Арабська імперія. Наслідуючи стародавніх володарів, арабські халіфи сприяли наукам і в VIII – IX ст. з'явилися перші арабські хіміки. *Араби перетворили слово **khemeia** в **al-kimiya***, додавши поширений у їх мові префікс ал. Пізніше європейці запозичили це слово у арабів, в результаті в європейських мовах з'явився термін “алхімія”.

Вперше араби познайомились з хімією досить незвичним шляхом. В 670 році кораблі арабського флоту, який взяв в облогу Константинополь (найбільше місто християнського світу), були спалені *грецьким вогнем*, який запалювався від контакту з водою і погасити цей вогонь водою було неможливо. Як вияснилось пізніше, це була суміш нафти, олій, дьогтю, сірки, селітри, паленого вапна та клею. Палене вапно греки отримували на вогнищі з вапняків (із домішкою фосфоритів), за такими реакціями:



При контакті з водою фосфіди кальцію розкладаються:



На повітрі водневі сполуки фосфору самозаймалися та підпалювали горючі компоненти суміші.

Найпрославленішим та талановитим арабським алхіміком був *Джабір ібн Хайан* (721 – 815), пізніше в Європі відомий під іменем *Гебер*. Він жив у часи найвищого розквіту Арабської імперії (за Гаруна аль-Рашида, прославленого в “Тисяча та одна ніч”). Джабір описав нашатирний спирт, свинцеві білила, він переганяв оцет, отримуючи оцтову кислоту, найсильнішу з відомих тоді кислот, алхімік отримав також слабкий розчин азотної кислоти.

Аналогічно деяким індійським, китайським та александрійським алхімікам, *Джабір вважав*, що всі метали складаються з двох основ (принципів) – жіночого “ртуті” (принцип металічності та блиску) та чоловічого “сірки” (принцип горючості). Сполучаючись у різних пропорціях, ці принципи утворюють всі сім металів. Він вважав, що метали визрівають у надрах землі, утворюючись із сірки та ртуті. Важче за все визріває золото, тому, щоб отримати золото, необхідно знайти речовину, що прискорює його визрівання.

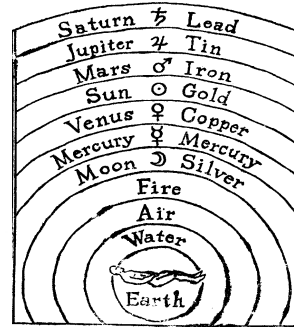
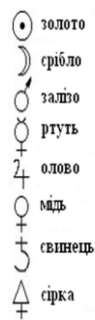
У старовинних легендах-переказах говорилося, що це сухий порошок, грецькою мовою *xerion* (сухий), араби змінили його на *al-iksir*, внаслідок чого в європейських мовах з'явилося слово еліксир. Саму ж речовину в Європі переважно називали **Філософським каменем**. Еліксир повинен був мати й інші властивості: виліковувати від усіх хвороб та давати безсмертя. Тому в наступні століття алхіміки йшли двома паралельними шляхами, одні шукали золото, інші еліксир життя.

Інший арабський алхімік *Ар-Разі* (865-925 р.р.), відомий у Європі під іменем *Разес*, займався медициною та алхімією. Він не менш відомий, ніж Джабір. Ар-Разі описав методику виготовлення гіпсу та спосіб накладання гіпсової пов'язки для фіксації зламанної кістки. Він вивчив та описав металічну сурму (Sb). До нас дійшли його твори: “**Книга таємниць**” та “**Книга таємниці таємниць**”. Ар-Разі атоміст, визнавав існування пустоти, разом із тим він притримувався вчення Аристотеля про стихії та вірив у можливість трансмутації металів. У творах алхіміка згадуються різноманітні речовини, описується різноманітний хімічний посуд та лабораторні прилади і засоби.

Ар-Разі першим дав класифікацію відомих у ті часи речовин. Він поділяв їх на три великі групи: *землисті* (мінеральні), *рослинні* та *тваринні*, передбачивши поширену пізніше систему трьох царств природи.

Ар-Разі до двох принципів Джабіра (горючості та металічності) додав третій принцип твердості (або сіль).

Останнім видатним представником арабської науки був лікар – бухарець **ібн-Сіна (Авіцена)** (980 – 1037 р.р.). Після себе він залишив дуже відомі у свій час книги “**Канон медицини**” та “**Книга цілющих засобів**”. За цими книгами протягом



наступних п'яти століть вчилися лікарі. Як хімік, він єдиний серед арабів, хто відкидав трансмутацію металів. Авіцена широко застосовував різноманітні лікарські речовини для лікування.

Рис. 9. Деяка частина алхімічних символів Рис. 10. Алхімічна космологія

Алхімія в Європі.

Авіцена був останнім видатним ученим арабського світу, після нього настав занепад. Спустошувальні наскоки монгольських орд завершили цей процес, і центр наукової думки перемістився знову в Європу. Проникнення алхімічних учень у Європу йшло трьома шляхами: через Візантію (найраніший період), потім через Сірію, Єгипет та Сицилію разом із хрестоносцями, що поверталися в Європу, а третій шлях через Піренейський півострів, захоплений арабами в VIII столітті. Освоєння арабської науки розпочалось з перекладів їх праць на латинську мову. Цьому сприяв французький учений **Герберт** (940 – 1003), що став римським папою **Сильвестром II** в 999 році. Перший перекладач – англієць **Роберт із Честера**, кращий перекладач – італієць **Герард Кремонський** (1114 – 1187), що прожив більшу частину свого життя в іспанському місті Толедо, яке відвоювали християни в 1083 році. Саме він переклав з арабської 92 трактати.

Найвидатніші представники Західної алхімії

Альберт Больштедський (Альбертус Магнус – Альберт Великий) (1193 – 1280) був монахом домініканцем, професором теології, пізніше єпископом.

Альберт Великий з'явився на світ в багатій родині графа фон Больштедта. Легенди свідчать, що в дитинстві успіхи Альберта в навчанні були досить скромними. Ніхто і не подумав, що в майбутньому він стане одним з найвидніших вчених – алхіміків. Пояснює таку трансформацію диво, яке сталося з юнаком. Коли алхімік вступив в орден домініканців Альберту явилася Діва Марія, у якої той випросив ясний розум і процвітання в філософії.

Він прекрасно знав роботи Аристотеля, завдяки чому філософія Аристотеля набула особливого значення в епоху пізнього Середньовіччя та початку Нового часу. Альберт Великий першим із європейців описав магнітну стрілку й порох. У своїх роботах він дав настільки точну характеристику миш'яку, що йому іноді приписують його відкриття, хоча миш'як був відомий ще арабам.

В 1260 році Альберт Великий в пошуках «еліксиру молодості» вирішив виділити його із залізного купоросу шляхом нагрівання останнього в реторті. Пари речовини вчений сконденсував і зібрав, - це виявилася прозора олієподібна рідина, коли алхімік перемішав її дерев'яною паличкою, то через певний час паличка обвуглилась, а коли декілька крапель потрапили на єпископську сутану Альберта, - то пропалили в ній діри. Добре, що алхімік зрозумів, що пити такий «еліксир» небезпечно! Альберт

Великий одержав сірчану (сульфатну) кислоту, нагріваючи суміш залізного купоросу та галуни (звідси назва – купоросний спирт – spiritus vitrioli). Уже потім її навчилися отримувати шляхом нагрівання сірки із селітрою (уперше цей спосіб згадується у Псевдо-Гебера).

Алхімічні правила Альберта Великого

1. Зберігати мовчання і нікому із живих не відкривати таємницю;
2. Вибрати для роботи відповідне цій роботі місце у вільному будинку, що схований від очей людських;
3. Суворо дотримуватися часу роботи;
4. Старанно і наполегливо спрямовувати свої зусилля, невтомно наближаючись до кінця;
5. Суворо дотримуватись того, що прийнято в алхімії;
6. Посуд повинен бути виготовлений зі скла або той, який з внутрішньої сторони вкритий глазур'ю (емаллю);
7. Потрібно бути дуже обережним, особливо, коли працюєш перед очима монарха чи князя;
8. Не починати потрібних операцій без достатньої кількості речовин та посуду, які задалегідь потрібно придбати.

До видатних алхіміків відносять сучасника Альберта Великого, англійського вченого – монаха **Роджера Бекона** (1214 – 1294), який отримав різнобічну освіту та став викладачем на деякий час у Парижі та Оксфорді, але потім колеги запроторили його на 24 роки до в'язниці ніби – то за чаклунство. Він сьогодні відомий завдяки чітко висловленому ним переконанню, що запорукою прогресу науки є експериментальна робота та застосування в ній математичних методів. Проте, світ ще не був готовим до цього.

Правда, деякі історики дорікають Бекону, що під дослідом він розумів не тільки експеримент у сучасному значенні, але й осяяння думки.

Бекон в 1242 році винайшов спосіб виготовлення чорного пороху (саме Бекон, а не Альберт Великий), але навряд чи винайшов, бо про порох уже щось знали від арабів. Справжній винахідник пороху залишився невідомим. За Беконом, алхімія – наука про утворення речей з елементів та про всі неживі предмети; про елементи та прості і складні рідини (далі у його довгому визначенні перераховується багато відомих на той час речовин); і все ж він вірив у філософський камінь і запевняв, що знайшов його. Бекон вважав ртуть матір'ю всіх металів, але під ртуттю та сіркою він розумів щось містичне.

До речі, ось цікава історія про винахід пороху в Середньовічній Європі.

Цікавість, як відомо, губить кішку, але ж спочатку цікавість, а решта є менш важливою. Якщо вірити стародавнім документам, францисканський монах-алхімік **Бертольд Шварц** з Фрейсбурга збирався отримати золоту фарбу з суміші селітри, сірки, вугілля, свинцю і масла. Іскра від свічки, потрапивши в цю суміш, викликала вибух. Чернець, закинувши ідею про золоту фарбу повністю заглибився у вивчення і отримання вибухових сумішей. Якщо вірити літописам, Шварц виготовив для венеціанців мортири, які використовувалися у війні проти генуезців. Бажаючи зберегти секрет складу пороху, венеціанці тримали ченця в тюрмі, з якої Шварц врешті – решт втік, про що через деякий час пошкодував. У Німеччині, дізнавшись у алхіміка секрет складу пороху, щоб уникнути витоку інформації, за наказом імператора Вацлава ченця підірвали на пороховій бочці.

Франція завжди також славилася своїми алхіміками, але самим прославленим з них став **Ніколя (Ніколас) Фламель** (1330 – 1418). Народився Фламель в бідній сім'ї, в юному віці він відправився в Париж, щоб стати писарем. Одружившись на немолодій жінці, Ніколя отримав капітал і відкрив дві майстерні. Такий шлюб дозволив Фламелью увійти в ряди дрібної буржуазії. Він вирішив зайнятися торгівлею книгами. Переписуючи їх, француз зацікавився алхімічними працями. Початком кар'єри

алхіміка послужив сон, в якому писареві явився ангел і показав книгу, в якій заховані нерозгадані ще секрети. Сам Фламель у своїй праці «Тлумачення ієрогліфічних знаків» розповідав, як до нього потрапила стародавня велика книга. Вже через три роки за словами вченого в своєму підвалі він зміг отримати філософський камінь, завдяки йому ртуть була перетворена в срібло. Незабаром алхімік трансмутує ртуть в золото. З 1382 року Фламель починає казково багатіти. Він скуповує будинки та земельні ділянки, будує каплиці і лікарні. Алхімік роздаровує гроші і займається благодійністю. Про несподіване багатство Фламеля дізнався навіть король Карл VI, але за допомогою хабарів алхімікові вдалося переконати всіх у своїй бідності. В 1418 році була зафіксована смерть заможного ремісника. Проте, його історія не закінчилася. Мандрівник *Поль Люка*, що жив у XVII столітті, чув від якогось дєрвіша, що той знав Фламеля. Нібито алхімік, дізнавшись секрет філософського каменю, відкрив таємницю безсмертя. Інсценувавши смерть, він з дружиною став подорожувати по світу, переїхавши в результаті в Індію. Проте, мабуть, Фламель найбільш відомий дітям, оскільки це ім'я згадується в книзі Джоан К. Роулінг «Гаррі Поттер та Філософський камінь», на основі якої був знятий фільм. В цій книзі Фламель – винахідник філософського каменю, добрий знайомий директора Хогвардз, Альбуса Дамблдора.

Слід згадати також про лікаря – алхіміка *Арнольда з Вілланови* (1240 – 1311), який першим описав етиловий спирт і вказав, що він може бути отриманим перегонкою вина (*spiritus vini*). Хоча дехто з вчених вважає, що етиловий спирт таким же способом вперше отримав іспанський теолог і алхімік *Раймонд Луллій* (1235 – 1315), який виявив його фізіологічну дію на організм.

Наступні два видатні представники Середньовічної алхімії фактично не встановлені.

Широку популярність у Європі у XIV столітті мала книга Гебера «Сума досконалостей», але написав її явно не Джабір, а невідомий алхімік, назовемо його *Псевдо-Гебер*. Він описав різноманітні операції нагрівання на відкритому полум'ї, на пісчаній та водяній банях, перегонку, випаровування, кристалізацію, фільтрування, возгонку. В цій книзі алхімік описав «міцну горілку» або «царську горілку» (*aqua fortis*; до речі, остання назва використовується ще й досі), тобто селітряну (азотну) кислоту, яку одержували шляхом нагрівання селітри, мідного купоросу та галуни. Він також описав одержання царської горілки дією азотної кислоти на нашатир. Але царська горілка була вже відома монаху *Бонавентурі Фіданца* (1221 – 1274), який ще в 1270 році в пошуках алкагесту (універсального розчинника) нагрів суміш залізного купоросу та селітри, а жовтувата рідина, яка утворилась при охолодженні, здатна була розчиняти навіть золото.

В 1599 – 1604 роках видавець *Іоганн Тьольде* видав декілька книг монаха *Василь-Валентина*. Схоже, що це псевдонім самого Тьольде, міського скарбника з Тюрінгії (Германія), власника солеварні. Василь-Валентин, переганяючи залізний купорос із кухонною сіллю, отримав рідину, описані ним властивості якої дозволяють вважати, що це була соляна кислота (соляний спирт, *spiritus salis*). У своїй книзі «Тріумфальна колісниця антимонію» Василь-Валентин описав одержану ним сурму (антимоній) та її деякі сполуки, вивчав дію соляної кислоти на метали та їх оксиди. У своїх творах він згадує сполуки цинку, ртуті, свинцю, олова, кобальту, вісмуту. Ішов час і алхімія після багатообіцяючого початку стала вироджуватися в третій раз (перший раз в Александрії, другий – в арабів). Пошук золота став справою багатьох шахраїв, хоч і великі вчені навіть у XVII столітті (Бойль та Ньютон) не могли утриматись від спокуси спробувати домогтись успіху на цьому полі діяльності.

І знову, як і при Діоклетіані, вивчення алхімії було заборонено. Заборона переслідувала дві мети: не можна було допустити знецінення золота і треба було боротись із шахраями.

В 1317 році папа Іоанн XXII піддав анафемі алхімію і алхіміки стали говорити ще загадковіше. Але шарлатанство процвітало, як і раніше.

Потрібно згадати ще одного алхіміка більш пізньої епохи **Йогана Фрідріха Бетгера** (1682 – 1719), який зміг розгадати секрет китайського білого фарфору, що був завезений в Європу з Китаю та Японії.

Повалення (дискредитація) грецької астрономії та медицини (хоч грецькі уявлення в ряді місць панували ще більше століття) ознаменувало початок наукової революції. Але у світ алхімії ця революція вторглась дуже повільно, виявляючись, головним чином, в мінералогії та фармації.

До речі, на теренах Київської Русі алхімія не отримала широкого поширення: до алхіміків не було довіри ні у влади, ні в народі. Замість алхіміків при аптеках і при княжому, а пізніше царському дворі існували алхімісти. Вони готували звичайні ліки, будучи по суті хіміками-лаборантами. Алхімісти отримували і очищали найрізноманітніші речовини, змішували їх за вказівкою аптекаря. Разом з аптекарем вони брали участь в аналізі та експертизі ("надкушуванні") нових ліків.

У XVIII столітті назва професії "алхіміст" поступово замінюється на "хімік". Посада хіміка при заводах в Росії вперше з'явилася за Катерини II. У "Положенні про Тульський збройний завод" від 1782 року йдеться: "При заводі повинен бути Хімік, Механік і Архітектор". На цьому заводі в той час вироблялася в невеликих кількостях азотна кислота, яку використовували для виробництва пороху.

В пам'ятках давньоруської писемності, починаючи з X ст. н.е., зустрічається слово «гас», яке, вочевидь, походить від слова «гасити», наприклад, свічку подихом. Зараз термін «гасити» використовують для процесу перетворення паленого вапна (CaO) у вапно (Ca(OH)₂) за допомогою води.

Виникнення та розвиток ятрохімії.

Заборона занять алхімією та негативний досвід пошуків філософського каменю примусили частину хіміків тієї епохи шукати застосування своїх зусиль у практичному напрямку.

Геліоцентрична система Коперніка розвивалась у відкриттях **Кеплера** та **Галілея**, що заклали основи теоретичної астрономії. Великих успіхів у ту епоху досягли механіка, математика, фізика. Головним фактором прогресу стала потреба виробництва, пов'язана з переходом від ремісничої майстерні до мануфактури (прообраз майбутньої фабрики). Зароджувалась капіталістична система виробництва.

Ці економічні перетворення та наукові відкриття стали джерелом змін у мисленні освіченої частини суспільства, що призвело до формування наукового світогляду, який відкидав релігійну схоластику. Розпочалась епоха Відродження.

Одним із видатних учених – енциклопедистів епохи Відродження був італієць **Леонардо да Вінчі** (1432 – 1519). В його діяльності поєднувались праці та відкриття з математики, механіки, інженерної справи, анатомії та живопису. Він цікавився і хімією також. Вчений дав опис різноманітної хімічної апаратури, особливо приладів для дистиляції, частину яких він сконструював сам. Але найголовніше, що Леонардо був противником алхімії, як мистецтва, що ґрунтується на обмані.

Ось декілька цікавих фактів про Леонардо да Вінчі. Незважаючи на те, що деякі шедеври Леонардо, наприклад "Джоконду", знають усі, можна привести і маловідомі факти його життя і творчості.

1. Леонардо народився у родині багатого нотаріуса і землевласника П'єро да Вінчі, його матір'ю була проста селянка Катерина. Він одержав непогану домашню освіту, однак йому не вистачало систематичних занять грецькою і латиною.

2. Він віртуозно грав на лірі. Коли у суді Мілана розглядалася справа Леонардо, він фігурував там саме як музикант, а не як художник чи винахідник.

3. Є підстави вважати, що Леонардо був гомосексуалістом. Коли художник вчився у майстерні Вероккіо, його звинуватили у домаганні до хлопчика, що позував йому у його роботах. Проте суд виправдав Леонардо.

4. За однією з теорій, Мона Ліза посміхається від усвідомлення своєї таємної для усіх вагітності. За іншою версією, Джоконду розважали музиканти і клоуни у той час, як вона позувала художнику. Є ще одна теорія, відповідно до якої, Мона Ліза – це автопортрет Леонардо.

5. Вчені Амстердамського університету і фахівці зі США, вивчивши загадкову посмішку Джоконди за допомогою нової комп'ютерної програми, розгадали її склад: за їхніми даними, вона містить 83% щастя, 9% зневаги, 6% страху і 2% злості.

6. Леонардо любив воду: він розробив інструкції з підводних занурень, винайшов і описав прилад для підводного занурення, дихальний апарат для підводного плавання. Усі ці винаходи Леонардо лягли в основу сучасного підводного спорядження.

7. Леонардо першим пояснив, чому небо синє. У книзі "**Про живопис**" він писав: "Синява неба утворюється завдяки товщі освітлених часток повітря, яка розташована між Землею і чорнотою, що знаходиться вгорі".

8. Спостереження за Місяцем у фазі зростаючого півмісяця привели Леонардо до одного з важливих наукових відкриттів – дослідник встановив, що сонячне світло відбивається від Землі і повертається до Місяця у вигляді вторинного підсвічування.

9. Леонардо був амбідекстром – він в однаковій мірі добре володів правою і лівою руками. Він страждав дислексією (порушенням здатності читати) – цю недугу, яку ще називають "словесною сліпотою", пов'язують зі зниженою активністю мозку у визначеній зоні лівої півкулі. Як відомо, Леонардо писав дзеркальним способом.

10. Леонардо залишив проекти підводного човна, повітряного гвинта, танка, ткацького верстата, шарикопідшипника і літаючих машин.

11. Леонардо першим із живописців почав розчленовувати трупи, щоб зрозуміти розташування і будову м'язів. Великий amator ігор зі словами, Леонардо залишив у Codex Arundel довгий список синонімів для позначення чоловічого пенісу.

12. Займаючись будівництвом каналів, Леонардо да Вінчі зробив спостереження, що потім увійшло у геологію під його ім'ям як теоретичний принцип розпізнавання часу утворення земних шарів. Він прийшов до висновку, що Земля набагато старша, ніж вважалося в Біблії.

13. Леонардо, по всій видимості, не залишив жодного автопортрету, який би міг йому бути однозначно приписаний. Учені засумнівалися у тому, що знаменитий автопортрет сангіною Леонардо (традиційно датується 1512-1515 роками), що зображує його у старості, є справжнім. Вважають, що, можливо, це лише етюд голови апостола для "Таємної вечері". Сумніви у тому, що це не автопортрет художника, висловлювалися з XIX століття, останнім їх нещодавно висловив один з найбільших фахівців з Леонардо, професор **П'єтро Марані**.

Представники ятрохімії.

Все є отрута і нічого не є неотруйним,
і тільки доза робить з отрути ліки.

Парацельс

Зовсім нове розуміння завдань хімії намітилось в роботах двох сучасних лікарів того часу – німця **Георга Бауера** (1494 – 1555), більш відомого під іменем **Агріколи** та швейцарця **Теофраста Бомбаста фон Гогенгейма** (1493 – 1541), чи **Парацельса**.

Агрікола цікавився зв'язком мінералогії та медицини, що взагалі характерно для хімії того періоду та наступних двох із половиною століть. Парацельс, як і Авіцена, вважав, що головне завдання хімії – не пошуки шляхів виготовлення золота, а виготовлення лікарських засобів. Парацельс першим розпочав застосовувати лікарські засоби, виготовлені з мінералів. Він запропонував об'єднати хімію та медицину в одну

науку – іатрохімію (лікарську, чи медичну хімію). Головну роль грала медицина, хімію ж мали за науку, що обслуговувала медицину.



Рис. 11. Парацельс

Швейцарському лікарю і чорнокнижнику Середньовіччя *Ауреолу Теофрасту Бомбасту фон Гогенгейму* не личила скромність, а тому він дає змогу всім зрозуміти, що вважає себе рівним великому лікарю древності Цельсу, на що вчений просто додав до імені Цельсій приставку «пара», що означає «рівний» або «подібний» і став називати себе *Парацельсом*!

В похмурий і холодний день 10 листопада 1493 року в маленькому селі Марія-Айнзідельн, в двох годинах ходьби від Цюриха, народився Парацельс. Його мати – медсестра лікарні Бенедиктинського абатства в Айнзідельні, вийшла заміж за Вільгельма Бомбаста фон Гогенгейма, лікаря при цій лікарні.

В одній із перших своїх книг **«Про жіночі хвороби»** Парацельс скористався знаннями жінок – відьом, які були відомі як досвідчені повитухи. Маючи велику схильність до перебільшень самого неймовірного характеру, Парацельс запевняв, ніби він ґрунтовно вивчив всі алхімічні знання.

В 1526 році, прийшовши до Цюриха, цей екстравагантний холерик здивував городян не тільки своїм порваним і брудним одягом, а й непристойною поведінкою і пияцтвом, проте, з досить – таки глибокими міркуваннями про магію і своїм лікарським мистецтвом. Але немає пророка в своїй вітчизні. Довелося поїхати в Базель, де в 1527 році за допомогою свого гнучкого розуму, який проявився на терені боротьби з хворобами, він отримав від муніципалітету посаду міського лікаря.

Незабаром Парацельс претендує на професорський пост з хорошою оплатою в Базельському університеті. Керівництво університету висунуло йому зустрічну умову - пред'явити диплом і вчений ступінь. Парацельс вимогу не виконав, тому що не мав ні того, ні іншого. Рекомендації і протекція муніципалітету допомогли Парацельсу обійти ці вимоги і домогтися своєї мети.

Латинь залишалася навіть до середини XIX століття міжнародною мовою біології і медицини. На цій мові вчені зобов'язані були писати наукові праці, вести викладання, дискутувати на наукових конференціях тощо. Тих, хто не знав латину зневажали і у вчене суспільство не допускали. Латинської мови Парацельс не знав, він писав свої твори на німецькій мові. Тому відразу ж викликав до себе неприязне ставлення вченого співтовариства, яке вважало його вискоккою. До речі, його сучасник, відомий французький хірург, який вийшов з цирульників, *Амбруаз Паре* також порушував традиції: він писав свої твори на розмовній французькій мові. Але не тільки незнання наукової мови заважало кар'єрі Парацельса.

Чого гріха таїти, Парацельс не відрізнявся тверезістю і іноді напівп'яний читав свої лекції. Це не в останню чергу було причиною його різких висловлювань. Так, він заявив своїм слухачам, що його «старі туфлі більше тямлять в медицині, ніж ці авторитетні лікарі давнини». За таку непримиренність до традицій його прозвали в Німеччині Какофрастом замість Теофраста, а в Паризькому університеті - Лютером. «Ні, - вигукує Парацельс, - я не Лютер, я Теофраст, якого в насмішку ви називаєте в Базелі Какофрастом. Я вище Лютера, він був тільки богословом, а я знаю медицину, філософію, астрономію, алхімію! Лютер не гідний навіть для того, щоб розв'язати зав'язки на моїх черевиках!»

Войовничий Парацельс в знак презирства до минулого медицини і недовіри до пануючих на той час поглядів вдався до символічного акту: 27 червня 1527 року перед Базельським університетом він, в присутності своїх студентів, спалив твори Гіпократата, Галена і Авіценни.

Через подібні вибрики він був змушений покинути Базель в супроводі натовпу учнів, які вважали, що їхній кумир володіє філософським каменем (Lapis philosophorum).

До нас дійшла історія, що трапилася з каноніком Корнелієм, який страждав хворобою шлунка і обіцяв 100 флоринів тому, хто його вилікує. Парацельс йому допоміг, але з хворобою пройшла і обіцянка каноніка. Парацельс подав до суду на Корнелія. Скориставшись судовою рутинною, Корнелій все звальював з «хворої голови на здорову». Коли ж обурений невдячністю роздратований лікар став кричати на суддів і ображати їх, суд вирішив застосувати до нього репресивні санкції і вчений був змушений втікати до Кольмару, що в Чехії.

В Чехії все також складалося невдало. Після двох смертей своїх пацієнтів він вважав за краще піти і повернувся в рідний Віллах, де жив його батько. Здоров'я Парацельса внаслідок нездорового способу життя все більше погіршувалося. Подейкували, що він оселився в Зальцбурзі і незабаром помер, навернувшись перед смертю в католицьку віру. Сталося це на 48-му році життя, 24 вересня 1541 року.

Погляди Парацельса ґрунтувались на визначенні трьох принципів арабів – ртуті, сірки та солі. Цей світогляд він поширив і на медицину, вважаючи, що організм складається з тих же начал (основ). На цьому ґрунті він висунув хімічну теорію лікування хвороб, яка базується на тому, що виникнення хвороб спричиняється порушенням рівноваги між трьома основами. Відновити цю рівновагу можна тільки мінеральними речовинами, в тому числі сильнодіючими ртутними, миш'яковими та сурм'яними препаратами. Велике значення вчений надавав золотій тинктурі (колоїдному розчину золота), але головними ліками він вважав свою суміш із мінеральних та рослинних речовин (біля 100 речовин), яку Теофраст називав квінтесенцією.

У своїй теорії хімічних функцій організму він відводив значне місце фантастичному **духові Архею**, який нібито жив у шлунку і регулював травлення. Якщо сам Архей захворював, тоді в організмі розпочинався процес відкладання шкідливих осадів (тартару), подібних винному каменю. Відкидаючи трансмутацію, вчений шукав філософський камінь і запевняв знайомих, що знайшов його.

Парацельс залишив багато праць із медицини та хімії, але більша частина з них написана туманно. Сучасники відносились до Парацельса по-різному. Одні вважали його великим лікарем, але більшість вважала його шарлатаном. Проте безсумнівно, що його твори справили глибокий та довготривалий вплив на розвиток і медицини, і хімії. Тим самим Парацельс відділив хімію від алхімії і її стали викладати в університетах, як розділ медицини.

Парацельс однин із перших почав використовувати в медичній практиці препарати ртуті, свинцю, сурми, міді та миш'яку.

Послідовник Парацельса **Андреус Лібау** (латинізоване ім'я **Лібавій**), німецький лікар, який опублікував перший в історії хімії підручник із хімії "**Алхімія**" в 1597 році. Лібавій описав отримання соляної кислоти, тетраклориду олова, сульфату амонію, царської горілки. Він вважав, що мінеральні речовини можна розпізнати за формою кристалів, що утворюються після випаровування розчину. Але все ж таки Лібавій вірив у трансмутацію, хоча і згоджувався з Парацельсом, що головне завдання хімії – служити медицині.

Ось ще декілька відомих представників іатрохімії:

1. **Дюбуа Сільвій** (1614 – 1672) – лікар, професор в Лейдені. Відкинув Архея і вважав травлення чисто хімічним процесом, за якого їжа переробляється за допомогою слини, шлункового соку та жовчі. Відкрив калій хлорид (сіль Сильвія).

2. **Отто Тахей** (середина XVII століття), лікар із Венеції, критикував концепцію Парацельса, вдавався до якісного хімічного аналізу, який тоді тільки зароджувався, кількісно визначив збільшення ваги свинцю при його обпалюванні, встановив поняття солі, як продукту реакції кислоти з лугом.



Рис.12. Ван Гельмонт

Найвизначнішим представником іатрохімічного напрямку був голландський учений **Йоганн Батист Ван Гельмонт** (1577 – 1664). У працях талановитого вченого сполучалось новаторство в області хімії з фантастичними віруваннями в найтемніші ствердження алхіміків та містиків.

До деякої міри він змінив уявлення Парцельса про медицину. Визнаючи Архея, як духовне начало, він виселив його зі шлунка, бо травлення, згідно з Ван Гельмонтом, регулюється не Археєм, а кислотою, що міститься в шлунковому соці: надлишок чи нестача її викликає хворобу, із якою треба боротися лужними ліками в першому випадку та кислотними – у другому, тобто в цьому питанні опирався на реальну основу.

Він не визнавав принципів арабів, а зі стихій Аристотеля визнавав тільки воду та повітря, бо вони не перетворювались одне в одне, по-перше, а, по-друге, визнавав простими тільки ті тіла, які утворювались в результаті розкладання складних тіл, а оскільки вода утворюється в результаті згорання органічних тіл, то її і слід визнати елементарним тілом. Для перевірки цієї теорії він прожарив землю, насипав її у горщик і посадив у нього вербу. Протягом п'яти років вчений щоденно поливав її, ретельно слідкуючи, щоб жодна зі сторонніх речовин туди не потрапила. Коли дерево виросло, зважив його разом з опалим листям (159 фунтів). Землю він знову прожарив та зважив – вага практично не змінилася, внаслідок чого дослідник дійшов висновку, що деревина верби утворилася з води. Незважаючи на неправильний висновок, видатний дослід Ван Гельмонта був одним із перших в історії науки прикладів кількісних досліджень.

Окрім цього, Ван Гельмонт висловив важливі міркування про складові частини мінеральних речовин. Так, він указав, що срібло, розчиняючись у селітряній кислоті, не знищується, бо воно знову може бути виділене з розчину в тій же кількості у вигляді рогового срібла (хлориду).

З історією хімії ім'я Ван Гельмонта найбільше пов'язане завдяки його пневматичним дослідженням (грецьке πνεῦμα (пневма) – дух, газ). В його часи не розрізняли різні гази і вважали їх різновидом повітря. Вивчаючи бродіння, він виявив виділення в цьому процесі якогось повітря (духу). Він назвав його лісним духом (лісним спиртом) або газом (грецькою – хаос). Таким чином, ми зобов'язані Ван Гельмонту за введення в хімію групової назви “газ”. Він визначив також, що лісний газ (CO_2) утворюється в процесі згорання дерева (тому і назвав лісним) та вугілля, а також під дією кислоти на вапняк. Вчений виявив присутність цього газу в продуктах дихання. Оскільки Ван Гельмонт не знав методів збирання газів, йому не вдалось охарактеризувати природу інших газів, наприклад, водню, який він описав, як різновид повітря. Ван Гельмонт висунув важливу ідею про роль ферментів у живих організмах. Праці хіміка сприяли визнанню важливості хімічних процесів у життєвих явищах.

Попри наукові дослідження вчений цікавився також алхімією. В своїй книзі **«Про життя вічне»** він писав: «Я не раз бачив і тримав в руках камінь філософів: за кольором він схожий на шафрановий порошок, тільки важкий і блискучий, як подрібнене скло». І там же: «Одного разу мені була дана 1/4 грана (граном я називаю 1/600 частину унції). Я поєднав ці чверть грана, загорнуті в папір, з 8 унціями ртуті, нагрітої в реторті. І відразу ж вся ртуть з шумом застигла, переставши кипіти. Після того як все охолело, залишилося 8 унцій чистого золота». В іншому своєму творі Ван Гельмонт описує, як кілька разів перетворював подібним же чином ртуть в золото за допомогою крупинок філософського каменю. «Я робив ці перетворення власною рукою за допомогою одного грама порошку на 1000 грамів гарячої ртуті, і досвід увінчався успіхом на вогні, як і описувалося це в книзі, на превелике захоплення всіх,

хто стояв навколо мене ...». Ван Гельмонт визнавав, що склад філософського каменю так і залишився невідомий йому. Обидва рази він одержував його з рук людини, яку не знав.

Проте, видатні дослідження Ван Гельмонта не врятували його від віри в існування духів, мавок і сільфід, які нібито відіграють важливу роль в життєвих процесах. Вірив він і в самозародження, кажучи, наприклад, що якщо в діжку з борошном кинути брудну сорочку, в ній самі собою зародяться миші.

Отже, представники іатрохімічного напрямку зробили важливий та безперечний внесок у розвиток хімії. Однак, обмеження ними завдань хімії виключно задоволенням потреб медицини не тільки не сприяло, а швидше перешкоджало розвитку технічної хімії і, головне, виникненню нових теоретичних уявлень. Традиції іатрохімічної школи ще довго тяжіли над хімією, перешкоджаючи розвитку як експериментальних, так і теоретичних досліджень.

Деякі основні ліки, які використовувались в Середньовіччя та період ятрохімії:

Червона охра (Fe_2O_3) – цей природний мінерал, відомий ще з сивої давнини (X ст. до н.е.), використовувався для лікування хвороб шлунку, вух та очей.

Глауберова сіль (Na_2SO_4) – дуже добрий послаблюючий засіб.

Срібло і ляпис (AgNO_3) – для видалення мозолей та бородавок, в незначній кількості як дезинфікуючий засіб.

Хінна кора – в Середні віки цінилась на вагу золота, адже довгий час це був єдиний ефективний засіб від інфекційних захворювань.

Зачатки технічної хімії у XVI та XVII століттях.

В 1556 році *Агрікола* опублікував книгу “**Про металургію**”, де систематизував усі відомі йому практичні знання. Ця книга, написана зрозумілою мовою з прекрасними ілюстраціями шахтних пристроїв, відразу ж стала популярною і вважається класичною роботою навіть в наш час. Єдиний переклад цієї книги на англійську мову був опублікований в 1912 році. Зробили його *Герберт Гувер*, колишній президент США (за професією гірський інженер) та його дружина. Це найзначніша робота з хімічної технології до 1700 року, і з часу її видання мінералогія була визнана як наука.

Окрім появи літератури з металургії та виникнення іатрохімії в епоху Відродження виникла і технічна хімія, яка значно вплинула на прогрес хімічних знань. В Середні віки існували дрібні кустарні виробництва хімікатів, які готувались, головним чином, для себе. Уведення вогнепальної зброї та виникнення мануфактурного виробництва призвели до швидкого розширення виробництва селітри, пороху, кислот, лугів, поташу, фарб і інших матеріалів та до збільшення (укрупнення) існуючих виробництв.

Внаслідок цього в XVI та XVII століттях з'явилися визначні спеціалісти-виробничники та хіміки-техніки. Написані ними літературні джерела присвячені загальнодоступному опису хімічних процесів на зрозумілій всім мові без застосування алхімічної та фантастичної (герменічної – від бога Гермеса Трисмегіста) мови. Можна сказати, що поява книгодрукування обновила в хімічній літературі не тільки мову, а й зміст. Окрім 27 книг Агріколи, до нас дійшли ще такі, найбільш відомі трактати:

- а) “**Про піротехнію**” Біренгуччо (1540);
- б) “**Три книги про гончарне мистецтво**” Пікольпассо (1548);
- в) “**Гончарне мистецтво**” Паліссі (1557-1580);
- г) “**Зібрання знань про мистецтво фарбування**” Россетті (1540);
- д) “**Натуральна магія**” Порта (1558);
- е) “**Про мистецтво виготовлення скла**” Нері (1612).

Ці книги заклали основи технічної хімії, що сприяло прогресу нашої науки. Головне, що автори не були залежні від головної мети алхімії, тобто отримання золота

з неблагородних металів, а ставили перед собою завдання практичного застосування хімії у виробництві матеріальних благ.

В цей період розширювалось виробництво кераміки та виникло виробництво фарфору. Суттєво було вдосконалено виробництво паперу, вдосконалювались методи дистиляції спиртних напоїв, уже в XVI столітті налагоджено виробництво мила, що базувалось на омиленні жирів лугами.

Технічна хімія змусила досліджувати не тільки кінцеві, а й вихідні продукти. Це визначило виникнення аналітичної хімії, як необхідної помічниці хіміка в його пошуках. Іатрохіміки зробили свій внесок в аналітичну хімію, розробивши вологі способи якісного хімічного аналізу. Тоді вони розпочали застосовувати осадження з розчину срібла соляною кислотою (для визначення або йонів срібла, або соляної кислоти). Даний метод, зокрема, використовували в своїх практиках Тахеній, Сільвій, Ван Гельмонт та інші.

Найзнаменитішим хіміком Франції у XVI столітті був **Бернар Паліссі** (1499-1589) - хімік-технік, він у своїх працях критикував як Парацельса, так і алхімічні пошуки філософського каменю. В юності займався виробництвом соди та скла. В 1539 році зацікавився виробництвом барбників та поливок (глазурі) для фаянсового посуду. Протягом 15 років завзято шукав, дійшов до злиднів, але досяг успіху. Його рельєфні, яскраво розфарбовані фаянсові вироби користувались величезним попитом по всій Європі. Але секретів фарб та поливок він не опублікував. Йому належить ідея застосування вапна, як добрива для кислих ґрунтів.



Рис. 13. Й.Р. Глаубер

Найбільш видатним представником хіміко-технічного напрямку був **Йоганн Рудольф Глаубер** (1604-1668). Він був лікарем за освітою та приєднувався до іатрохімічного напрямку, але головним його заняттям були розробка та вдосконалення технології різних хімічних виробництв, а також алхімія. У своєму творі "**Нові філософські печі**" вчений описує типи нової нагрівальної апаратури, зокрема, лабораторні та промислові печі, сконструйовані ним самим. Він працював над удосконаленням технології виробництва різних речовин, а саме оцту з вина та винного каменю. Найбільше значення для розвитку хімії набув розроблений Глаубером спосіб виготовлення чистих соляної та азотної кислот.

До цього вказані кислоти отримували прожарюванням суміші залізного купоросу чи з кухонною сіллю, чи із селітрою. Глаубер зрозумів, що в цьому процесі спочатку утворюється купоросне масло, яке й реагує із сіллю чи селітрою, утворюючи дуже забруднені кислоти. Він замінив купорос купоросним маслом і дійсно отримав обидві кислоти в досить чистому стані. Йому також вдалось отримати обидві кислоти в концентрованому вигляді. Глаубер звернув увагу на залишок, що отримується після відгонки кислот. Розчинивши цей залишок у воді, він отримав кристали солі, яка мала дуже проносну дію, і назвав її дивовижною сіллю (sal mirabile). І сьогодні цю сіль називають Глауберовою. А в 1648 році Глаубер зміг знайти розчинник для нерозчинного до цього часу хлориду срібла, - цим розчинником виявився розчин аміаку.

Глауберу належать деякі рецептури лікарських препаратів. Цей розділ препаративної хімії він називав спагіричною фармакопеею (спагірія – мистецтво сполучення та роз'єднання). Після Глаубера хімію називали спагіричним мистецтвом чи просто **спагірією**. І ця назва могла залишитись, але так історично склалося, що Роберт Бойль використав саме термін "**хімія**", який і став назвою цієї науки.

Мабуть, одним з останніх алхіміків пізньої епохи був німецький алхімік **Хенніг Бранд** (1630 – 1710), який, намагаючись розбагатіти і одержати золото, в 1669 році виділив із сечі новий хімічний елемент, якого ще не було, білий фосфор, рецепт одержання якого пізніше вимушено через бідність продав дрезденському хіміку **Д.**

Крафту за 200 таллерів незадовго до своєї смерті. Проте, незалежно від Бранда фосфор отримав Р. Бойль, який описав його властивості в 1680 році.

Швидкий прогрес в області технічної хімії призвів до розширення та вдосконалення хімічних виробництв у Європі, на яких стали у великих кількостях отримувати селітру, порох, поташ, фарби, мило та інші хімікати. Розпочалась епоха капіталізму в Європі, а розвиток хімії пішов новими шляхами, обумовленими потребами виробництва та суспільства. Алхімія зі своєю основною задачею остаточно дискредитувала себе і в XVIII столітті вона поступово стала тим, що ми сьогодні називаємо хімією.

Питання для самоперевірки:

1. Які таємничі речовини намагалися одержати алхіміки?
2. Які періоди історії хімії відносять до періоду Алхімії?
3. Яких представників Александрійської хімії ви знаєте?
4. Звідки походить назва «алхімія»?
5. Що є основою «грецького вогню»? Який принцип його дії?
6. Яких представників арабської алхімії ви знаєте?
7. Що вам відомо про представників Західної алхімії?
8. Період ятрохімії. Наведіть основні біографічні дані про Парацельса.
9. Назвіть основних представників ятрохімії.
10. Що вам відомо про дослідження Ван Гельмонта?
11. Що ви знаєте про зачатки технічної хімії у XVI-XVII ст.?
12. Хто такий Й. Глаубер? Що таке «спагірія»?

Розв'яжіть задачі з теми:

1. Знаючи, що «пекучі сльози» - це їдкі кислоти, а також використовуючи таблицю алхімічних символів (рис. 9 – 10), переведіть на сучасну хімічну мову такий алхімічний трактат: «Якщо Марс у своєму блискучому обладунку кине́ться в обійми Венери, що розтанула від пекучих сліз, то він немину́че почервоніє...».

2. За тією ж таблицею, спробуйте записати у формі алхімічних рівнянь (теоретичних, які могли б бути) такі реакції: $\text{Hg} + \text{S} = \text{сіль}(\text{HgS})$; залізо + філософський камінь $\xrightarrow{\text{трансмутація}}$ золото (кінець трансмутації).

3. Рецепти приготування Філософського Каменю настільки ж численні, як і самі алхіміки. Розшифровку одного з таких рецептів зробив французький хімік **Жан-Батист Андре Дюма**. Він довів, що під філософською ртуттю алхімік **Рінлі** розумів двохвалентний метал **X**. Ось цей рецепт: «Прожаривши його (**X**) до 500°C на повітрі, отримаєш порошок Жовтого Змія (сполука **A**, $w(\text{X}) = 92,83\%$). При подальшому прожарюванні до 600°C він перетворюється на Червоного Лева (сполука **B**, $w(\text{X}) = 90,67\%$). Якщо нагрівати до 880°C, утворюється рідина, яка при охолодженні стає червонувато-жовтою масою. Якщо отриманий плав нагріти з кислим виноградним спиртом (CH_3COOH), а потім розчин випарити, то отримаєш білі кристали, солодкі на смак (сполука **C** – кристалогідрат, формула якого $\text{X}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), де $w(\text{X}) = 54,64\%$). Якщо ж і їх гріти, то при температурі більше 100°C полетить флегма (вода). При подальшому прожарюванні полетить горюча вода (**ацетон** CH_3COCH_3) і залишаться білила (сполука **D**, яка є сіллю **X**). Якщо прожарювати білила на повітрі, то вийде Червоний Лев. Доторкнувшись до нього розпеченим вугіллям, можна отримати назад Жовтого Змія. І так до нескінченності». Визначте речовини **A, B, C, D** та метал **X**, назвіть їх.

4. В 1530 році **Парацельс** привіз з Росії в свою лабораторію в місто Базель шматок вишнево – червоного мінералу під назвою «кровоавік». Мінерал дійсно залишав «кровоавий» слід – червону риску на пергаменті або на білому камені. Помічник Парацельса, монах – невіглас, вирішив, що мінерал із Росії – загусла кров

диявола. Кожного разу готуючи ліки із сполук заліза шляхом їх термічного розкладу на повітрі, він отримував «кровоавік». Покинувши роботу, монах почав всім розповідати, що Парацельс зв'язався з дияволом. В адресу знаменитого лікаря посипались погрози, і вночі він змушений був тікати з Базеля. Вранці розлючений натовп спалив будинок лікаря – алхіміка. Відомо, що «кровоавік» це оксид заліза, який містить 30 % Оксигену за масою. Знайти формулу сполуки.

5. В трактатах монарха-алхіміка **Василя Валентина** (XVст), якого багато з істориків вважають міфічною фігурою, було рекомендовано одержувати «*дух із солі*» - «*спірітус саліс*» - проколюванням суміші кам'яної солі і залізного купоросу. При цьому виділялась рідина, яка вражала уяву алхіміків: вона «диміла» на повітрі, викликала кашель, роз'їдала тканини, папір, метали...Відомо, що зараз цю рідину добувають розчиненням галогеноводню, який в 2,283 рази важчий за метан. Напишіть рівняння реакції одержання «*спірітус саліс*» із кам'яної солі та залізного купоросу (іншими продуктами будуть Fe_2O_3 , Na_2SO_4 , SO_2 , H_2O).

6. В одній із книг німецького лікаря та металурга **Георгіуса Агріколи** (1494 – 1555) є розповідь про те, що один майстер-склодув зробив дві посудини із прозорого скла. Розігрівши посудини до червоного коління, ремісник опустив їх в чан з холодною водою. Одна посудина розлетілася на дрібні шматочки, а інша - залишилася цілою. Цю дивовижну посудину склодув подарував Ганзейському союзу міст, де вона зберігалася в міській ратуші Гамбурга. Нині відомо, що ця «чарівна» посудина складається з оксиду неметалічного елемента. Знайдіть формулу цього оксиду, якщо відомо, що при згорянні 1 г простої речовини елемента утворюється 2,14 г його оксиду.

§3. Період об'єднання хімії. Хімічна революція

Основні короткі відомості про хімію періоду об'єднання хімії та хімічної революції

1. Умови розвитку природознавства в другій половині XVII століття.
2. Роберт Бойль. Експериментальна хімія та атомістика XVII століття.
3. Теорія флогістону.
4. Пневматична хімія.
5. Уявлення про хімічну спорідненість у XVII – XVIII столітті.
6. Біографія Лавуазьє. Боротьба Лавуазьє з алхімією та теорією флогістону. Експериментальні принципи Лавуазьє. Лавуазьє та атомістика XVIII століття.
7. Ломоносов, як попередник Лавуазьє.
8. Нова школа та хімічна номенклатура.

Умови розвитку природознавства в другій половині XVII століття.

Іатрохімія принесла велику користь розвитку хімії, відокремивши її від алхімії. Але вона протягом усього часу була і перешкодою розвитку хімії, бо звужувала поле її діяльності. Діячі технічної хімії йшли зовсім іншим шляхом, ставлячи хімію на службу людині. Але технічна хімія тоді не могла ні поставити, ні розв'язати основну проблему хімії. Використовуючи накопичені знання, на сцену історії виходять дослідники, які в XVII – XVIII століттях сприяли створенню перших наукових теорій хімії.

В II половині XVII століття в Європі широкий розвиток отримала мануфактура. Це призвело до розвалу старих феодальних кріпосних виробничих відносин та до великих змін в області ідеології. В ряді країн Європи ще в XVI столітті виник рух проти влади Ватикану. Настала епоха реформації в управлінні церквою, виникли самостійні, незалежні від Ватикану релігійні течії: лютеранство, кальвінізм,

англіканська церква. Рух реформації супроводжувався тривалими релігійними війнами та соціальними потрясіннями.

Все це призвело до краху релігійно – схоластичного світогляду, що панував у Європі протягом багатьох століть, та до виникнення матеріалістичного світогляду. У практику досліджень міцно ввійшов експериментальний метод, що призвів до ряду наукових відкриттів.

Найбільші успіхи були досягнуті в області механіки, математики, астрономії та фізики. **Галілео Галілей** (1564 – 1642) заснував механіку (Відомо, що Галілео Галілей наповнював винайдені ним термометри не ртуттю і не спиртом, а вином. Якось один із таких приладів великий італієць надіслав своєму другові-вченому в Англію. Разом із термометром він надіслав записку, в якій описав призначення приладу. Мабуть, в дорозі записка загубилася, а, можливо, друг Галілея не зрозумів її змісту. Через деякий час вчений одержав таку відповідь: «Вино було справді чудове. Будь ласка, надішліть мені ще один такий прилад»). **Еванжеліст Торрічеллі** (1608 – 1647) та **Блез Паскаль** (1623 – 1662) досліджували атмосферу. **Християн Гюйгенс** (1629 – 1695) створив хвильову теорію світла. Величезний внесок у розвиток механіки та астрономії вніс **Ісаак Ньютон** (1643 – 1727), сформулювавши закони руху та відкривши закон всесвітнього тяжіння. Бурхливий розвиток науки супроводжувався виникнення наукових товариств та академій наук. В 1652 р. в Германії була заснована **Академія природодослідників** (Леопольдіна), яка існує й донині. В 1657 році у Флоренції розпочала свою діяльність **Академія досвіду**. В 1662 р. в Лондоні було засновано **Королівське товариство** (**Royal Society**), нарешті, в 1666 р. виникла **Паризька академія наук**.

Із значних філософів того часу не можна не відзначити **Френсіса Бекона Веруламського** (1561 – 1626), який запропонував замість старого дедуктивного методу, що базується на релігійній схоластиці, індуктивний метод дослідження, поставивши перед натуралістами завдання дослідного випробування. Головним методом наукового дослідження він проголосив організований та спланований експеримент. Його філософія вплинула на розвиток природознавства. В XVII столітті відродилася грецька атомістика у вигляді корпускулярної теорії (від латин. corpuscula – частка), її розвивали **Рене Декарт** (1596 – 1650), **П'єр Гасенді** (1592 – 1655), та **Готфрід Вільгельм Лейбніц** (1643 – 1727). Але їх погляди недалеко відійшли від античних.

Зробив, що міг – нехай інші зроблять краще!

Ісаак Ньютон



Рис. 14. Ісаак Ньютон

Сер Ісаак Ньютон (1643 – 1727) народився 4 січня 1643 р. у Вулсторпі (Англія). Майбутній вчений народився недоношеним і був сином дрібного, але заможного фермера. Батько його не довжив до народження сина. Хлопчик народився хворобливим, тиждень його життя висіло на волоску. Він вижив, був похрещений (1 січня) і названий Ісааком на честь покійного батька. Після смерті батька сім'я насилу зводила кінці з кінцями, тому Ісаак вже в 15 років

допомагав матері вести фермерське господарство. Дядько, який одного разу побачив племінника з книжкою, умовив його матір дозволити сину навчатися.

В 1655 році Ньютона віддали вчитися в розташовану неподалік школу в Грентемі. Ще в шкільні роки майбутній вчений та його друзі затіяли змагання зі стрибків у довжину. Помітивши, що стрибати краще за вітром, ніж проти нього, Ісаак стрибнув далі від усіх суперників. Пізніше він зайнявся дослідями: записав, на скільки футів вдається стрибнути за вітром, на скільки – проти нього і як далеко він може стрибнути у безвітряний день. Так він отримав уявлення про силу вітру, виражену в футах. Особливу заздрість однокласників викликали іграшки, які робив Ньютон. Він

побудував мініатюрний вітряний млин, що викликав захоплення не тільки у дітей, але і у дорослих. У чотирнадцять років він змайстрував водяний годинник і своєрідний самокат. Годинники були настільки точні, що ними користувалося все сімейство Кларк.

В 1661 р. Ньютон вступив до Трініті-коледжу Кембріджського університету, а в 1667 р. – і в сам Кембріджський університет. Успіхи його були на стільки значними, що вже через два роки, в 1669 р., його вчитель, знаменитий математик **I. Барроу**, передав Ньютону свою кафедру в університеті, яку він займав до 1701 р. Проте його лекції з оптики студенти відвідували погано – скоріш за все через складності в цілком революційних теоріях ученого, які той пропонував своїм слухачам.

В 1672 р. Ньютон став членом Лондонського королівського товариства (аналог Академії наук), а 1703 р. очолив його.

Його наукова спадщина універсальна. Ньютон розробив основи диференціального та інтегрального числення, сформулював основні закони класичної механіки, зробив декілька важливих відкриттів в області оптики.

Всі свої геніальні ідеї Ньютон висказав в молодості – після 40 років він лиш відточував, шліфував та уточнював висунуті теорії. Дивуючи сучасників своїм незвичним характером, учений ніколи не покидав Англію, не був одруженим та не мав близьких друзів. Він працював безупинно, без переривів та відпочинку, – щоденно встаючи о шостій ранку та лягаючи спати о третій ночі. Звичайні людські радості були йому незрозумілими - він ніколи не захоплювався спортом та не грав в карти. Його секретар стверджував, що Ньютон забував поїсти й лише одного разу бачив його усміхненим. На початку 1690-х років пожежа, що виникла в кабінеті Ньютона, знищила декілька його неопублікованих рукописів, разом з якими, можливо, були стерті невідомі людству математичні та фізичні знання. Це був один з найгірших періодів в житті вченого – саме в ці роки він страждав затьмаренням розуму. Закінчив свої дні 84-річний вчений дворянином й достатньо заможною людиною (ще в 1699 р. він отримав довічне звання директора Монетного двору).

Вершиною Ньютонівської думки є його книга **“Математичні початки натуральної філософії”** («Начала»).

В цій роботі вперше визначаються поняття маси, сили та кількості швидкості руху. Ісаак Ньютон, вводячи в науковий світ гравітаційну постійну (відому всім з шкільних часів постійну $g = 9,8 \text{ м/с}^2$), математично описав вільне падіння тіл та рух планет навколо Сонця. Тим самим була створена класична механіка, яка протягом наступних двох століть вважалася абсолютно точною універсальною теорією. Лиш на початку ХХ ст. **Альберт Ейнштейн** довів що це не так. Новим кроком на шляху вивчення будови світу стала теорія відносності – класична механіка увійшла до неї в якості складової частини (як окремий випадок).

Легенда про яблуко. Сама відома наукова легенда розповідає про те, як одного разу Ньютон сидів під яблунею й міркував про природу всесвітнього тяжіння. І раптом він побачив як з дерева впало яблуко. В цей момент його осягнула геніальна думка, яка дозволила дати прекрасне пояснення існуючій світобудові. Зараз нам вже не з'ясувати була це правда чи ще один міф, яких ми можемо знайти безліч в історії науки. Відомо лиш одне – історію цю розповсюдив **Вольтер**, один з відданих проповідників ньютонівської теорії тяжіння.

Декілька цікавих фактів про Ньютона.

1. Експериментуючи зі скляними призмами, Ньютон зумів розкласти сонячне світло на його складові кольори, які змішуючись, знову перетворювались в сонячне світло. Світло на 7 кольорів вдалося розкласти саме Ісааку.

2. Окрім призм, видатний вчений встомляв собі в око велику голку, щоб добитися такогож ефекту дифракції світла.

3. Ньютон, подібно багатьом великим ученим, був дуже розсіяною людиною. Одного разу в товаристві він «скористався» пальцем дами, яка сиділа поруч з ним щоб прим'яти тютюн в своїй трубці. Трубка при цьому ще не встигла погаснути.

4. 6a cc d ae 13eff7i 31

9n4o4q gr 4s 9t 12vx

Цей буквенно-числовий ряд (так званий логориф) вчений придумав для посилення на власну теорію числення безкінечно малих величин – для того щоб **Г. Лейбніц** не зміг дізнатися результати його наукових робіт. Спеціалісти стверджують що останньому було б легше заново вивести закони, відкриті Ньютоном, ніж розгадати цей логориф.

5. Біном Ньютона $(a+b)^4 = a^4 + 4a^3b + 6a^2b^2 + 4ab^3 + b^4$

Однією з найпопулярніших в математиці алгебраїчних формул є біном Ньютона, який представлений сумою двох елементів, піднесених в яку-небудь степінь. Ця формула була відома ще в Давньому Китаї та середньовічній Середній Азії. В Європі з нею до Ньютона працював **Блез Паскаль**. Але саме Ньютон узагальнив її для будь-яких (в тому числі не цілих) показників степенів. Вище представлена формула для степеня 4.

6. Давно вже відомо, що генії, які змушені спілкуватися між собою, рідко коли поважають один одного. Якось статтю про світло, яку написав Ісаак Ньютон розкритикував його колега – науковець та президент Лондонського Королівського товариства **Роберт Гук** (1636 – 1703). Після його смерті новий президент сер Ісаак Ньютон перше, що зробив на своєму посту – це викинув портрет Роберта Гука із кабінету президента!

7. За більш ніж 20 років президентства Лондонським науковим товариством (також він був членом Палати лордів) лорд Ісаак Ньютон записався для виступу у секретаря товариства лише один раз. Він вийшов до трибуни, дочекався, коли члени Лондонського Королівського товариства перестануть шепотіся між собою від подиву і сказав: «Панове, чи не були б ви такі ласкаві закрити вікно, адже тут протяг і я можу застудитися.» Після цих слів видатний вчений мовчки повернувся і пішов до свого крісла.

8. Сучасники вченого стверджували, що незважаючи на свою скромність, сер Ісаак Ньютон був вимогливим, а інколи, навіть, мстивим і жорстким до своїх колег. Він не сприймав критики в свою сторону та був тираном для підлеглих.

9. Як це не парадоксально, але, зводячи будинок класичної астрономії та фізики, грандіозність та краса якого захопила науковий світ, Ньютон залишався прибічником алхімії і завзято шукав рецепт перетворення металів у золото.

10. В останні роки свого життя Ісаак Ньютон серйозно взявся за богослов'я та під великим секретом писав власну книгу, про яку висловлювався як про найвеличнішу і найважливішу свою працю. Він вважав, що ця праця повинна рішучим чином змінити життя людей, але з вини улюбленої собаки Ньютона, яка перекинула лампу, сталася пожежа. У результаті, крім самого будинку і всього майна Ньютона, згорів великий рукопис. Одне з пророцтв про друге пришествя Христа належить розуму цього вченого (друге пришествя і кінець світу буде в 2060 році – так прорахував Ньютон).

Хоча за **Ньютона** наукова революція досягла найвищої точки, в хімії перехід від простого якісного опису до кількісного виміру відбувся лише через століття після відкриттів Ньютона.

Хіміки лише частково винні у тому, що алхімічний шлях виявився таким довгим. Справа в тому, що кількісні методи Ньютона дуже важко застосувати в хімії, бо для цього результати хімічних дослідів треба подати таким чином, щоб їх можна було піддати математичній обробці. Та все ж хіміки робили успіхи, про що свідчать роботи Р. Бойля.

Роберт Бойль. Експериментальна хімія та атомістика XVII століття.



Рис. 15. Роберт Бойль

В історії науки нечасто зустрічаються мислителі такого масштабу, як **Роберт Бойль** (1627 – 1691), в якому видатні здібності до аналітичного мислення поєднувалися з даром спостережливості та мистецтвом експериментатора.

Роберт Бойль був 7 хлопчиком з 14 дітей ірландського багатія графа Корк Річарда Бойля.

Перші роки життя дитини були не надто щасливими. Трьох років від роду він втратив матір, був кволим і хворобливим. За існуючою тоді в аристократичних сім'ях традиції, коли Роберту виповнилося 8 років, його віддали в Ітонський коледж, одне з престижних закритих навчальних закладів Англії. Але батько через три роки забрав його звідти, щоб направити для продовження навчання в Європу, до Швейцарії.

17-ти років Бойль повертається до Англії. Втративши до цього часу батька і ставши круглим сиротою, він поселяється у своїй сестри, але скоро переїжджає в успадкований їм маєток Стальбрідж в графстві Дорсетшир. Там він прожив вісім років і почав займатися експериментуванням (1646), у своїй домашній лабораторії, хоча жодної роботи за ці роки він не опублікував.

В 1654 році починається новий період в житті Бойля. Він переїжджає в Оксфорд, один з визнаних центрів тодішньої науки, де увійшов у гурток учених, який жартома назвався “Невидимою колегією”. Будучи заможною людиною, Бойль обладнає лабораторію і разом зі своїм асистентом, юним **Робертом Гуком**, майбутнім прославленим вченим і членом, а потім президентом Королівського товариства, приступає в 1655 до дослідів. До 1668 року Бойль залишається директором і науковим керівником цієї лабораторії.

За 1660 рік вийшла невелика книга Бойля, яка відразу стала класичною. У ній описувався повітряний насос, винайдений вченим, який дозволив провести численні експерименти і один з найважливіших, який потім увійшов в фізику під назвою закону Бойля - висновок про те, що тиск постійної маси газу при постійній температурі обернено пропорційний займаному ним об'єму. (Цей закон також відомий як "Закон Бойля-Маріотта", але **Едм Маріотт** встановив його лише в 1676, а опублікував в 1679. В цьому ж році Бойль створює Лондонське королівське товариство (на основі «Невидимої колегії»), а в 1680 р. його було обрано президентом Королівського товариства, проте хімік відмовився від цієї посади.

В 1661 році Бойль видає найважливішу свою книгу **«Хімік – скептик»** англійською мовою, чого не було раніше, де, спираючись на експериментальні дані, відкинув вчення Арістотеля про стихії. В цій книзі вчений дає перше в світі визначення хімічного елемента – речовини, яку не можливо більше розкласти на ще простіші речовини.

Дослідження видатного хіміка і фізика поклали початок народженню нової хімічної науки. Бойль вважав, що хімія покликана стати однією із основних наук в філософії. Якщо для його сучасників хімія була лише мистецтвом, що допомагає аптекарям готувати ліки, а алхімікам - шукати філософський камінь, то для нього вона була самостійною наукою зі своїми власними завданнями і методами. Він прекрасно розумів величезне значення хімічних знань для вивчення явищ природи і розвитку ремесел.

Бойль був чудовим експериментатором і невтомним спостерігачем, що дозволило йому зробити відкриття в різних областях хімії. Коло його інтересів було дуже широким.

Досліджуючи екстракти різних рослин, він зауважив, що настої фіалок, лакмусового лишайника і ін. Змінюють свій колір під дією кислот і лугів. Уже тоді Бойль назвав ці речовини **індикаторами**. До сьогоднішнього дня для визначення

кислотності розчинів сучасні хіміки використовують винайдений Бойлем індикаторний папір.

При дослідженні настою дубильного горіха в воді Бойль виявив, що з солями заліза він утворює розчин чорного кольору, який може бути використаний в якості чорнила. За розробленими ним рецептами майже протягом століття проводилися виробництво високоякісного чорного чорнила.

Його багаторічні дослідження показали, що при дії на речовини різними реактивами одні з них давали забарвлені розчини, інші виділяли гази з характерними запахами, треті утворювали кольорові осади. Процеси розкладання речовин і ідентифікацію отриманих продуктів за допомогою характерних реакцій Бойль назвав **аналізом**.

Систематизуючи численні кольорові реакції і реакції осадження, вчений поклав початок розвитку аналітичної хімії. Багато з описаних ним реакцій до цих пір використовуються в якісному аналізі для визначення тієї чи іншої речовини.

Спостерігаючи процеси горіння, дихання та відпалу металів, він виявив, що в них приймає участь якась частина повітря. Це спостереження вплинуло на правильне тлумачення цих явищ у наступному столітті, але сам Бойль далі не пішов. Визначивши ваговим методом, що при відпалі металів відбувається збільшення ваги, він пояснив це проникненням матерії вогню через пори скла та її сполученням із металом (приблизно таким шляхом пояснювали це явище флогістики трішки пізніше). Бойль помітив, що при спалюванні органічних речовин (спирту, воску, бальзаму) завжди утворюється вода.

Бойлю належить заслуга розгадки таємниці отримання фосфору, властивості якого він описав в декількох статтях, а також вчений відкрив фосфорну кислоту та фосфін.

Великий вплив на розвиток хімії мали теоретичні міркування Бойля. Узагалі теоретичні та філософські роботи Бойля дуже глибокі, але вельми суперечливі.

На початок наукової діяльності Бойля терміни алхімія та алхімік майже зникли з наукової літератури. Тому не дивно, що Бойль викинув префікс “ал” у назві книги “Хімік – скептик”, яку присвятив проблемі елементів. З тих пір наша наука стала називатися хімією, а працюючі в цій галузі – хіміками.

Бойль називав себе скептиком, тому що не хотів сліпо наслідувати уявлення античних авторитетів. Бойль фактично відхилив твердження філософів, що елементи всесвіту можна встановити подумки (абстрактно). Згідно Бойлю, тільки кінцеві речовинні продукти, які експериментально отримуються при розкладанні складних тіл, і можуть бути визнані елементами. Бойль писав: “Я розумію під елементами певні, первинні та прості, цілком не змішані тіла, які не складені один з одного, але мають бути тими складовими частинами, із яких складені всі так звані змішані тіла і на які останні, з рештою, можуть бути розкладені.”

Завдяки своїй корпускулярній концепції Бойль пояснював різний агрегатний стан матерії. В газоподібному стані корпускули знаходяться далеко одна від одної, завдяки чому газ пружний і може стискуватися, що він і спостерігав. В рідинах корпускули торкаються в деяких місцях своєю поверхнею, тому володіють деякою свободою руху. У твердих речовинах корпускули сполучені настільки міцно, що не можуть взаємно переміщуватись.

За аналогією з алхіміками, Бойль вважав метали не елементами, а сполуками їх корпускулярної основи (“основний метал”), яку ще треба було знайти. Він вірив у можливість отримання золота з іншого металу. Тому в 1689 році він наполіг на тому, щоб британський уряд відмінив закон, який забороняв алхімікам добувати золото.

В теорії Бойля було відсутнє поняття ваги, тому вона не стала необхідною для експериментальної хімії.

Крім Бойля в XVII столітті було багато атомістів, можна назвати десятки імен. Але всі вони обмежувались абстрактними побудовами. Усе ж таки їх, заслугою було

те, що атомістика XVII століття зберегла для наукового дослідження проблему дискретності речовин. Вони показали неможливість застосування атомістичної теорії до хімічних проблем лише тільки одним умоглядним (абстрактним) шляхом.

Хіміки зробили із флогістона туманне начало,
яке не визначено в точній мірі і яке підходить
для будь – яких пояснень, в які його хочуть ввести.

А.Л. Лавуазьє

Теорія флогістону.

Розвиток мануфактури, особливо застосування палива в парових машинах, змусило хіміків звернути увагу на процеси горіння. Такі ж самі інтереси металургів змусили хіміків звернути увагу на процеси одержання металів із руд та їх кальцинацію (окислення). Ці обидва процеси хіміки підвели під загальну теорію розпаду. За аналогією з горінням кальцинацію металів уявляли як розпад на землю (calx) та летючі продукти. Роль повітря в цьому процесі ігнорувалась.

Оскільки корпускулярне вчення Бойля було дуже суперечливим і не отримало ні визнання, ні розвитку, тому і виникла теорія флогістону (від грецької «флогістос» - горючий).

Засновниками цієї теорії вважають німецьких хіміків – лікарів Іоганна Бехера та Георга Шталля.

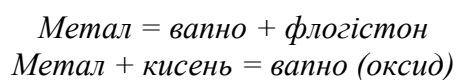
Іоганн Іоахім Бехер (1635 – 1682) після закінчення університету був навіть професором медицини в Майнці та лейб – медиком у місцевого курфюрста. Але він був невживчим, тому переїхав у Мюнхен, потім до Відня, тоді у Голландію і в Англію.

Причиною горючості вчений вважав жирну землю, що входила в горючі тіла. Процес горіння – розкладання горючих тіл вогнем. Збільшення ваги металу при кальцинації пояснював приєднанням “вогняної матерії”. Ці погляди Бехера стали основою теорії, яку розробив пізніше Шталь.

Бехер вважав, що лабораторії потрібно будувати з ізольованими приміщеннями, щоб досліди кожного залишалися таємницею для інших. Ось як він це обґрунтував: «При такому облаштуванні лабораторії не будуть повторюватися: ані процеси, ані операції, ані реактиви, ані інструменти; люди не будуть заважати один одному, оскільки не матимуть змоги збиратися разом, розмовляти і, що дуже поширене серед лаборантів, разом пиячити».

Граф **Георг Ернест Шталь** (1659 – 1734) був професором медицини в Галле – Вітенберзькому університеті та викладав хімію. За 22 роки викладацької діяльності він підготував багато учнів, які стали яскравими прихильниками та пропагандистами його вчення. В 1717 році переїхав у Берлін, де був обраний членом Пруської АН. За елементарні складові частини тіл приймав першооснови алхіміків та стверджував, що елементами тіл є останні складові частини, що утворюються при розкладенні тіл і далі вже не розкладаються. За традицією розглядав горіння як процес розкладання тіл. Стверджував, що всі горючі тіла та метали мають у своєму складі горючу основу, або принцип горючості, який і назвав флогістоном. Завдяки цьому вважав сірку складною речовиною, що складалась із сірчаної кислоти та флогістону.

Виділяючись із горючих тіл під час горіння, та, сполучаючись із повітрям, флогістон утворює вихороподібний рух, тобто вогонь. Флогістон розсіюється в повітрі і його неможливо відділити від останнього. Тільки рослини здатні відділяти флогістон. Через рослини флогістон попадає у тваринний організм. Пояснення Шталем явищ окислення та відновлення металів – це киснева теорія, яку поставили з ніг на голову:



Таким чином, флогістон можна розглядати як від’ємний кисень. Сам Шталь флогістон уявляв абстрактним поняттям, а не речовинним тілом.

Як вважає історик Джуа, поширенню теорії флогістону сприяв блискучий стан Штала як лейб-медика пруського короля та його особиста чарівність. Але історик Партигтон пише, що Шталь був зарозумілим, похмурим та жовчним, він посварився зі своїм старшим колегою **Гофманом**, якому зобов'язаний своїм призначенням у Галле, він зрідка відповідав на листи, ставився з презирством до всіх, хто не поділяв його погляди, бурхливо реагував на критику. Очевидно, був неабиякою, але складною та суперечливою особистістю, як і сама теорія.

Попри всі недоліки та помилкові концепції теорія флогістону зіграла позитивну роль у розвитку хімії, бо досить просто пояснювала різні явища з однієї точки зору.

В кінці XVIII століття в розвитку хімії спостерігається швидкий прогрес. Багато істориків відносять його виключно на рахунок теорії флогістону. В дійсності ж успіхи хімії того часу обумовлені, головним чином, іншими причинами. Швидкий розвиток промислового виробництва, промислова революція, що розпочалася в Англії, соціальні процеси у Франції вимагали вирішення хіміко-технічних проблем, пов'язаних перш за все з пошуками нових видів сировини, особливо металургійних руд та палива. У свою чергу щойно відкриті руди та мінерали вимагали відповідної оцінки придатності та хіміко-аналітичного дослідження. Усе це спричинило розвиток методів хімічного аналізу.

Із середини XVIII століття в хімії розпочався тривалий хіміко-аналітичний період. Його безпосереднім результатом було швидке накопичення фактичного експериментального матеріалу, що незабаром і призвело до хімічної революції кінця XVIII століття.

Теорія флогістону була сприйнята далеко не відразу і не всіма хіміками. В першій половині XVIII століття деякі вчені виступали проти неї. Колега Штала з університету в Галле, професор медицини **Фрідріх Гофман** (1660 – 1742) виступив із запереченнями Шталю, вказуючи, що в металічних землях міститься якась кисла сіль, природу якої він не знав.

Голландець **Герман Бурґаве** (1668 – 1738), професор медицини та хімії у Лейденському університеті, видав підручник “**Елементи хімії**” (1732), за яким вчилось декілька поколінь студентів, зокрема, й перші студенти – медики Московського університету. В цьому підручнику теорія флогістону не згадується, але Бурґаве визнавав чотири грецькі стихії та вважав метали й сірку складними речовинами. Збільшення ваги металів при їх кальцинації Бурґаве пояснював приєднанням до металу соляних та сірчаних часток із повітря. Вчений експериментально довів неможливість пояснити збільшення ваги металів при їх кальцинації приєднанням вогняної матерії, оскільки він зважив великий кусень металу (міді чи заліза) у холодному та сильно розжареному стані і не знайшов різниці у вазі.

Пневматична хімія.

Один із найважливіших напрямків досліджень створили хіміки, які працювали з газами. Тому не треба дивуватись, що хімічне вивчення газів дозволило відкрити фізичні закони залежності об'єму газів від тиску та температури: вплив тиску на об'єм був установлений **Бойлем** (1660) та **Маріоттом** (1677), пізніше **Вольта** (1792) та **Гей-Люссак** (1802) встановили вплив температури. Ці закони разом із законом Гей-Люссака про співвідношення об'ємів у процесі сполучення газів складають основи **пневматології**, тобто науки про речовини в газоподібному стані (грецькою мовою πνεῦμα – газ, дух). Нині пневматологію не розглядають як окрему науку тому, що вона увійшла у дві дуже важливі науки – фізику та хімію, але інше становище було в XVII – XVIII століттях. Засновником пневматичної хімії вважають Ван-Гельмонта.

Видатним представником пневматичної хімії треба вважати Роберта Бойля, тому що він перший винайшов прилад (U – подібну трубку), в якій можна було ізолювати та вивчати газоподібні речовини. Бойль в 1660 році описав спосіб збирання газів у вузькогорлій колбі, в яку налили розведеної сірчаної кислоти та накидали залізних

гвіздків. Колбу перекинули вверх дном та поставили в чашку з тією ж рідиною. Водень, що виділявся, витісняв кислоту з колби. Замінивши сірчану кислоту азотною, Бойль отримав інший газ (NO).

В 1665 році англійський фізик **Роберт Гук** (1636 – 1703) дійшов висновку (у своїй книзі “**Мікрографія**”) про те, що у повітрі міститься особлива речовина, подібна тій, що міститься у селітрі у зв’язаному стані. Вона розчиняє горючі тіла за високої температури, внаслідок чого виникає вогонь – швидкий рух часток. Горіння в замкненому просторі припиняється, як тільки горюче тіло буде насичене цим розчинником.

Англійський хімік **Джон Мейов** (1645 – 1679) у книзі “**Про селітру та повітряний спирт селітри**” розчинник Гука називає повітряним спиртом селітри. Він подав думку, що ця речовина у складі повітря викличе такий самий переверот у науці (що і сталося пізніше в роботах Лавуазьє), який вона зробила у військовій справі, входячи до складу селітри. За його думкою селітра складається з двох частин: кислого селітряного спирту та лужної речовини. В повітрі міститься лише складова частина селітряного спирту – повітряний спирт селітри. Ця речовина і підтримує горіння, і необхідна для дихання.

Останнє Мейов довів своїми вперше поставленими дослідями горіння та дихання під ковпаком над водою. Якщо під ковпаком горить свічка й одночасно знаходиться жива миша, тоді горіння швидко припиняється, а миша гине. Мейов робить висновок, що селітряний спирт повітря є головним джерелом життя та дихання.

Погляди Мейова ніякого впливу на пояснення горіння в подальшому не мали з двох причин: від недостатньої кількості експериментальних даних та від недовіри до нових пояснень, які відрізнялись від пояснень флогістиків, що протрималися ще 100 років після смерті вченого. Поширення поглядів Мейова гальмувалось ще однією причиною – в його роботах ці погляди часто чергувались із зовсім протилежними міркуваннями.

Отримання окремих газів та вивчення їх властивостей стало можливим після винаходу **пневматичної ванни**, тобто переверненої посудини з водою, в якій можна збирати бульбашки газу. Таку ванну запропонував **Стівен Гейлс** (1677 – 1761), священик та природодослідник (Англія). Він застосував цей прилад для збирання газів при сухій перегонці дерева. Це відбулось в 1723 році. А в 1727 у своїй книзі “**Рослинна статика**” він зупиняється на необхідності кількісного аналізу в дослідженнях, вважаючи, що “найбільш імовірним шляхом проникнення в природу тіл повинні бути число, вага, міра”. Гейлса можна вважати родоначальником виміру об’ємів газів.

Обов’язково треба згадати **Джозефа Блека** (1728 – 1799), якого вважав своїм учителем сам Лавуазьє. Блек – шотланець, викладав в університетах Глазго та Единбурга. Вчений детально вивчав «лісне повітря» (CO₂) і назвав його «зв’язаним повітрям», оскільки це «повітря» поглиналося концентрованими лугами та вапном. Блек прожарював вапняк, магнезію і виявив, що до них не тільки нічого не приєднується (вогонь), але навпаки, відбувається виділення великої кількості «зв’язаного повітря». Однак, ці досліди Блека відкидало багато вчених, бо вони суперечили теорії флогістону. Хімік виявив, що свічка у вуглекислому газі не горить. Свічка, що горить у закритій посудині зі звичайним повітрям, гасне, а повітря, що залишилось, вже не підтримує горіння. Але коли Блек абсорбував вуглекисле повітря лугом, то те, що залишилось, горіння не підтримувало, хоч у ньому вже не було вуглекислого газу.

Блек запропонував вивчити цю проблему своєму учню – шотландцю **Даніелю Резерфорд** (1749 – 1819). Резерфорд провів дослід: він тримав мишу в обмеженому об’ємі повітря, поки вона не здохла, потім там же тримав свічку, поки та не погасла. В повітрі, що після цього залишилось, він помістив запалений фосфор, який там горів

дуже недовго. Газ, що залишився, він пропустив через луг, щоб поглинути вуглекислий газ, а в залишковому «повітрі» після цього, свічка гасла, а миша гинула.

Резерфорд у 1772 році пояснив цей дослід із точки зору флогістону. Поки миша дихала, а свічка горіла, флогістон виділявся та надходив у повітря разом із вуглекислим газом. Повітря, із якого виділили вуглекислий газ, містив так багато флогістону, що був повністю просякнутий ним. Тому Резерфорд назвав газ, який він виділив, «флогістованим повітрям» (нині азот). Але Резерфорд, як і Прістлі з Кавендішем, не зрозумів, що це нова речовина. Він вважав, що це те ж саме повітря, але насичене флогістоном.



H. Cavendish

Рис. 16. Генрі Кавендіш

Наступний представник пневматичної хімії – **Генрі Кавендіш** (1731 – 1810). Народився в Ніцці (Франція). Англійський лорд Генрі Кавендіш, який відкрив водень та синтезував і детально дослідив велику кількість хімічних речовин, був дуже сором'язливою, неговіркою і боязкою людиною.

Він наказував прислузі свого маєтку спілкуватися з ним тільки записками і користуватися запасними сходами, щоб не зустрітися із господарем маєтку. Кожного четверга Кавендіш ввечері прогулювався навколо озера в парку біля свого будинку. Але одного разу під час прогулянки вчений зустрів там одну пані, яка забажала з ним познайомитися. Після цього випадку вчений більше ніколи не прогулювався в цьому парку. Така його поведінка може бути пояснена тим, що Кавендіш, можливо, був хворим на аутизм.

Він був флогістиком, свої результати пояснював із позицій теорії флогістону, навіть не дивлячись на те, що багато його дослідів цій теорії суперечили. Першу свою роботу Кавендіш присвятив різним видам «штучного повітря». Під штучним він розумів будь – яке «повітря», яке містилось в речовинах у зв'язаному стані і могло бути з них виділеним. Так він отримав водень дією кислот на метали і пояснив утворення водню за рахунок розкладання металів, тобто прийняв водень за чистий флогістон. Але дуже скоро Кавендіш виявив, що «горючий газ» має вагу зовсім не від'ємну як він вважав з початку. Зваживши колбу з кислотою та металом до реакції та після реакції, а також об'єм газу, що виділився, вчений визначив його густину, що дорівнювала 0.09. Тому йому довелося відмовитися від висновку, що флогістон – це чистий водень. Але флогістики були в захваті від цього відкриття.

Кавендіш – учасник відкриття азоту, який він отримав у 1772 році, але описав значно пізніше. Тому формально відкривачем азоту вважають Резерфорда, тоді як Кавендіш детально описав властивості азоту та вогняного повітря (кисню), яке було відкрите Шеєле. В довгій зігнутій Г – подібній трубці над ртуттю він змішав горюче повітря (H_2) з дефлогістованим (O_2) і підпалив електричною іскрою. Після вибуху утворювалась рідина, подібна воді. Аналогічним шляхом хімік пробував зв'язати флогістоване повітря (N_2), для чого збагачене киснем повітря піддавав дії електричних розрядів. Оксиди азоту, що утворювались, він поглинав лугом. Кавендіш таким чином зв'язав весь азот, але в трубці залишався маленький пухирець «повітря», що не піддавалося дії електричного розряду. І тільки згодом у кінці XIX століття було встановлено, що то був аргон. Усе це Кавендіш описав у роботі **“Про новий евідіометр”** в 1783 році. Ці ж реакції відбуваються і в евідіометрі Кавендіша – приладі для дослідження складу повітря.

Дія евідіометра Кавендіша базується на сполученні кисню оксидом азоту за реакцією $2NO + O_2 = 2NO_2$. (Лавуазьє ще в 1774 році знав цю реакцію, яку використовував для ідентифікації кисню, а в 1777 році вже виступив проти теорії флогістону). Діоксид азоту поглинався лугом. За допомогою цього приладу Кавендіш відхилив думку про різний склад повітря, відібраного у різних місцях (у лісі, на горі, тощо).

Улюбленим способом витрачати гроші була для Кавендіша благодійна діяльність. Якось раз, дізнавшись, що студент, який допомагав йому впорядковувати бібліотеку, опинився у важкій фінансовій ситуації, Кавендіш негайно виписав йому чек на 10 тисяч фунтів - суму на ті часи величезну. Подібним чином він вчиняв все життя і, тим не менш, завжди мав у своєму розпорядженні мільйони фунтів стерлінгів, ніби володів казковою "нерозмінною монетою".

Ще у лютому 1753 р. Кавендіш закінчив престижний Кембріджський університет. Але, будучи одним з найвидатніших учених XVIII століття, ніякого наукового ступеня він так і не отримав. Одне з можливих пояснень: в ті часи кожен випускник Кембриджа не міг бути невіруючим, а атеїзм Кавендіша був загальновідомим. Але причина могла бути і іншою.

Важко, однак, пояснити інший незвичайний факт: Кавендіш, який не мав, як вже говорилося, ніякого наукового ступеня і не опублікував жодної наукової праці, був у віці 29 років прийнятий у Королівську академію наук, яку він відвідував один раз в тиждень. Очевидці подекуди, що він довго проходився туди – сюди біля дверей будівлі товариства і не наважувався увійти, проте, врешті – решт, приходив на засідання.

В 1773 році, через 20 років після закінчення Кембріджу, Кавендіш, вже будучи на той час казково багатий, оселився в Клапхем Коммон, на вулиці, яка сьогодні носить його ім'я. Саме з тих пір вчений почав вести себе по відношенню до оточуючих, щонайменше, дивно: він не переносив, коли хто-небудь до нього звертався, а вже якщо з ним розмовляв на вулиці якийсь незнайомиць, Кавендіш мовчки відвертався, кликав кеб і негайно повертався додому.

Жінок він вважав якимось різновидом людей, з яким взагалі не бажав мати нічого спільного. До будинку він наказав прилаштувати зовнішні сходи і велів слугам користуватися тільки ними. Тих же з них, хто насмілювався скористатися внутрішніми, він негайно звільняв.

Одного разу Кавендіш вечеряв в клубі Королівського наукового товариства. У цей час у вікні розташованого навпроти будинку з'явилася молода красива жінка і почала розглядати проїжджаючі екіпажі. Багато хто з присутніх в клубі чоловіків підійшли до вікна, щоб краще її розгледіти. Вирішивши чомусь, що вони милуються повним місяцем, Кавендіш було до них приєднався, але зрозумівши свою помилку, тут же покинув клуб, вголос висловлюючи свою відразу до того, що відбувається.

Але одного разу він, не замислюючись, кинувся на захист жінки. Якось раз, перебуваючи в Клапхемі, Кавендіш побачив, як на лузі жінка намагається втекти від розлюченого бика. Він одразу поспішив їй на допомогу, кинувся між жінкою і твариною і врешті зумів відігнати тварину. Потім, не чекаючи подяки, повернувся і мовчки пішов геть.

З управителем свого будинку він спілкувався тільки шляхом листування. Так, наприклад, в одному зі своїх меморандумів він пише: "Я запросив на обід кількох джентльменів і хотів би, щоб кожному з них було подано баранячий окіст. А оскільки я не знаю, скільки окостів буває у барана, попрошу Вас самого розібратися з цим питанням".

Поговорити з ним було абсолютно неможливо, так як він просто повертався спиною до співрозмовника, а той не маючи змоги щось зробити, йшов геть. З чуток, у нього все ж було кілька друзів, але ніякої інформації про них немає. Протягом 30 років Кавендіш вів життя, подробиці якого і донині майже невідомі.

Він носив фіолетовий, абсолютно вицвілий костюм, перуку в стилі XVII століття і завжди ховав обличчя. В село ж він їздив на екіпажі, обладнаному лічильником його власної конструкції, що нагадує сучасні таксометри. В один прекрасний день він викликав слугу і оголосив: "Слухай уважно, що я тобі скажу. Я маю намір незабаром померти. Коли це станеться, їдь до лорда Джорджа Кавендіша і повідом йому про те, що трапилося". Слуга пробурмотів, що добре було б в такому випадку сповідатися і

причаститися. "Поняття не маю, що це таке, - відповідав Кавендіш. - Принеси-но краще лавандової води і більше тут не з'являйся, поки я не помру". Думаю зрозуміло, що служниці – жінки взагалі (під загрозою негайного звільнення) не мали права потрапляти на очі Кавендішу.

Коли спадкоємці ознайомилися із залишеними Кавендішем документами, то виявилось, що покійний володів величезною кількістю акцій Англійського банку - дуже навіть непогано для людини, що не заробила в житті ані гроша, але, в той же час постійно щедро їми розкидалася. Заповіт же вченого містив категоричну вимогу, щоб склеп з його труною відразу після похорону був наглухо замурований, а зовні не було ніяких написів, що вказують, хто в цьому склепі похований. Так і було зроблено.

Більшість наукових робіт Кавендіша не публікувалася аж до самого 1921 року і навіть зараз кілька ящиків, заповнених рукописами і приладами (на той час він нітрохи не дбав ні про публікацію своїх робіт, ні про яке-небудь визнання вченим світом), призначення яких не піддається визначенню, залишаються нерозібраними. А те невелике, що відомо, виглядає вельми незвично. Кавендіш проводив наукові експерименти, які на цілі століття випереджали свій час. Так, наприклад, він розрахував відхилення світлових променів, обумовлені масою Сонця, за 200 років до Ейнштейна, при чому розрахунки його майже збігаються з ейнштейнівськими.

В області фізики у багатьох випадках вчений передбачив відкриття, що були здійснені пізніше. Так, закон, за яким сили електричної взаємодії обернено пропорційні квадрату відстані між зарядами, був відкритий ним в 1767 році, що було на десять років раніше від французького фізика *Шарля Кулона*.

Кавендіш експериментально встановив (1771) вплив середовища на ємність конденсаторів і визначив значення діелектричних сталей ряду речовин.

В 1775 році він запросив сімох видатних вчених, щоб продемонструвати сконструйовану ним електричну схему штучного електричного ската, і дав кожному відчути електричний розряд, абсолютно ідентичний тому, яким справжній скат паралізує свої жертви. А по завершенні показу він, який випередив своїх сучасників Гальвані і Вольта, урочисто оголосив запрошеним, що саме ця, продемонстрована ним, нова сила коли-небудь революціонізує весь світ. Кавендіш міг визначати напругу струму, торкаючись електричного кола рукою. Незважаючи на досить скромні з точки зору сучасної науки можливості своєї лабораторії, він зумів дуже точно обчислити масу та середню густину Землі. І всі ці надзвичайні, видатні відкриття Кавендіш зробив, спираючись навіть не на науку свого часу, а користуючись досягненнями Середньовічної алхімії, мовою і символами якої він володів.

Про роботи Кавендіша в області фізики стало відомо лише в 1879 — після того, як англійський фізик *Дж. Максвелл* опублікував його рукописи, що знаходилися доти в архівах.

Кавендіш був абсолютно байдужий до навколишнього світу і ніколи не цікавився подіями, навіть настільки значними, як Французька революція. Проте, навряд чи правомірно пояснювати його дії звичайним дивацтвом. І роздаючи гроші направо і наліво, він зовсім не був людиною щедрою. Та й його неприязнь до жінок теж не піддається поясненню.



Рис. 17. Джозеф Прістлі

Сучасник Кавендіша *Джозеф Прістлі* (1733 – 1804) – теолог, філософ і хімік, одна з найбільш яскравих фігур серед учених XVIII століття. Життя його було дуже не спокійним, адже він був гарячим прихильником Французької революції та мав незалежну позицію відносно англіканської церкви. Вчений більшість життя був священником в йоркширському місті Лідсі і це при тому, що він все життя страшенно заїкався. Прістлі ніколи не читав художньої літератури, - до свого 20-річчя прочитав тільки «Робінзона Крузо».

Прістлі часто відвідував пивоварню, але не з метою пити

пиво, а для дослідження пивного газу (CO₂), який виділявся з бродильних чанів. Розчинивши цей газ у воді, вчений першим в світі одержав **газовану воду** – освіжаючий напій, який зараз всі полюбують пити, особливо влітку.

Вчений був достатньо розсіяною людиною, про що свідчить така розповідь. Оного разу Прістлі проводив досліди з газами і написав статтю з цього приводу, проте, відволікшись на щось, закинув рукопис до шухляди свого робочого столу. Але, через певний час вчений знову проводив досліди з газами і знову написав статтю з цього приводу, та коли він хотів помістити її в ту ж шухляду столу, знайшовши там старий варіант статті, який, до того ж, слово в слово був написаний так само, як і новий варіант, страшенно дивувався тому, що вже має копію цієї статті. Лише потім через деякий час Прістлі згадував звідки в нього цей другий таємничий екземпляр.

Ось ще один цікавий випадок, який стався з Прістлі в його церкві. Вчений цікавився дослідями з електрикою, він був знайомий, навіть, з американським вченим та великим патріотом вільної Америки – **Бенжаміном Франкліном**, а також написав книгу «**Історія електрики**», - завдяки цій публікації Прістлі став членом Лондонського королівського товариства. Одного разу при нагоді він придбав електричну машину Хоксбі, з якою часто проводив різні досліди.

На той час у Лідсі проживала стара бідна жінка. Ще до приїзду Прістлі трапилась з нею біда: в неї вселився диявол. Ніхто із священників, до яких вона зверталась, нічим їй не мігли допомогти – видно диявол міцно тримав в своїх гострих кігтях нещасну стару жінку. Прістлі також пробував їй допомогти різними молитвами, проте це не діяло. Тоді він запропонував жінці радикальний спосіб вирішення проблеми. В кожну з її рук хімік поклав по шматку міді, зарядив електричну машину, а потім з'єднав з металами, які тримала жінка, через конденсатор. В цей момент відбувся електричний розряд та удар, від якого вона сильно здригнулась. Це справило на неї велике враження і вона впала перед пастором на коліна та цілувала його руку. «Довіку Вам буду вдячна. Нарешті диявол мене покинув. Як він вискочив з мене і як насамкінець зі злості вдарив, що мене навіть в піт кинуло, а ще тріск пролунав. Спасибі, святий отче, ніюли я цього не забуду, - сказала вона пастору». Після цього випадку слава про Прістлі ще більше зросла серед мешканців міста.

Прістлі вдосконалив пневматичну ванну Гейлса, замінивши воду ртуттю, завдяки чому він зміг збирати гази, які розчиняються у воді: хлороводень, амоніак та інші. Проводив аналіз повітря в евідіометрі, як і Кавендіш, за допомогою оксиду азоту. В цих дослідах об'єм повітря, зменшувався на 1/5 і воно ставало непридатним для горіння та дихання. Таке ж зменшення об'єму повітря Прістлі спостерігав, якщо в ньому спалювати горючі речовини чи проводити кальцинацію металів. В деяких випадках утворювалося «зв'язане повітря» Блека (CO₂), яке ви

лучалось шляхом його розчинення у вапняній воді. Він виявив, що повітря після згорання в ньому органічних речовин непридатне для дихання, але воно знов набуває властивостей звичайного повітря, якщо в ньому розмістити на деякий час живу рослину. Прістлі, діючи селітряним газом (NO) на вологі залізні ошурки, отримав газ, в якому свічка продовжувала горіння і який не червонів при контакті з повітрям (1771): $6\text{NO} + 2\text{Fe} + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{N}_2\text{O}$.

Найбільш важливе відкриття було зроблене Прістлі 1 серпня 1774 року. Нагріваючи червоний оксид ртуті в пробірці за допомогою запалювальної лінзи (від сонця) він отримав газ, в якому свічка горіла яскравіше, ніж на повітрі, а тліюча скибка яскраво спалахувала. Змішуючи новий газ, який він назвав дефлогістованим повітрям, з оксидом азоту (NO), він отримав жовтогарячий газ, виявивши при цьому, що об'єм суміші зменшився. Прістлі вважав, що цей газ (O₂) – суміш азотної кислоти та землі, а флогістоване повітря (азот) – суміш азотної кислоти, землі та флогістону.

Однак за 2 роки до цього кисень був відкритий шведом Шеєле, але опублікував він про це пізніше (в 1777) і назвав цей газ «вогняним повітрям». Лавуазьє відкрив цей газ в 1775 році і назвав його киснем (той, що народжує кислоти). Ці три гіганти

сперечалися між собою за пріоритет відкриття. Суперечка триває до цих пір (уже між країнами).

Для історії хімії важливе інше. Хто використав це відкриття на благо самої науки? Тут усе ясно і суперечки нема! Лавуазьє, і тільки він!



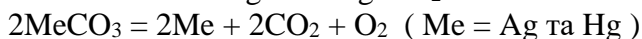
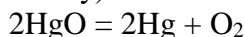
Рис. 18. К.В. Шеєле

Останнім гігантом, який зробив свій внесок у розвиток пневматичного напрямку, був шведський аптекар **Карл Вільгельм Шеєле** (1742 – 1786).

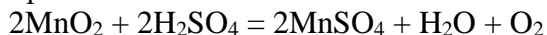
Шеєле народився в Штральзунд в Померанії, яка тоді входила до складу Швеції, в сім'ї пивовара і торговця зерном. Шеєле навчався у приватній школі в Штральзунд, але вже в 1757 р. переїхав в Гетеборг. Оскільки батьки не мали коштів для того, щоб дати йому вищу освіту (Карл був сьомим сином в сім'ї), він став учнем аптекаря і активно займався самоосвітою. Працюючи в аптеці, Шеєле досяг великого мистецтва в хімічному експерименті. Пропрацювавши вісім років в Гетеборзі, він переїхав в Мальме, де зміг вечорами займатися науковими дослідженнями в лабораторії аптекаря.

Потім Шеєле працював в аптеках Стокгольма (1768-1769), Упсали (1770-1774) і, нарешті, в 1775 р. придбав власну маленьку аптеку в Чьопінге у вдови Зоннеман, яка за два дні до смерті вченого нарешті стала його дружиною. В цій аптеці хімік займався дослідженнями до кінця свого життя. Слава Шеєле як видатного експериментатора поширилася далеко за межі Швеції; навіть прусський король Фрідріх II запрошував йому зайняти кафедру хімії в Берлінському університеті, проте Шеєле відхилив запрошення. Коли монарх подорожував Європою, йому розповідали про невідомого шведського хіміка – чудодія. Фрідріх II негайно розпорядився нагородити свого славного підданого орденом, але сталося так, що нагорода потрапила до рук якогось іншого Шеєле.

В 1775 р. за видатні досягнення в галузі хімії він був обраний дійсним членом Шведської королівської Академії наук, ставши єдиним вченим, який удостоївся цієї честі, не маючи вищої освіти. Роботи Шеєле охоплюють багато областей хімії. В 1769 році він запропонував спосіб отримання фосфору; а в 1771 р. отримав розчин плавикової кислоти. В 1774 р. Шеєле виділив у вільному вигляді марганець (спільно з **Ю. Г. Ганом**), хлор і оксид барію; детально описав властивості хлору. В 1775 р. відкрив миш'яковистий водень і миш'якову кислоту, в 1777 р. отримав і досліджував сірководень і інші сполуки сірки. У тому ж році було опубліковано його працю «**Хімічний трактат про повітря і вогонь**», де він описав отримання та властивості «вогняного повітря» і вказав, що атмосферне повітря складається з двох «видів повітря»: «вогняного» - кисню і «флогістрованого» - азоту (Шеєле до кінця життя залишався прихильником теорії флогістону).



Суміш піролюзиту із сірчаною чи миш'яковою кислотою теж давала кисень:



Однак пріоритет відкриття кисню належить Джозефу Прістлі, який описав його ще в 1774 р. незалежно від Шеєле і опублікував свої результати в тому ж році. Справа в тім, що статтю «про повітря і вогонь» Шеєле насправді написав ще в 1774 році і подав її до редакції, проте, через патологічне невезіння вченого, в редактора був великий безлад, а тому він лише через три роки (1777) надрукував дану статтю вченого, що, зрозуміло, було вже запізно.

В 1778 р. Шеєле відкрив два нових метали – Молібден і Вольфрам. Їм виділені і описані понад половини відомих в XVIII в. органічних сполук, в т.ч. винна (1769), молочна, (1780), сечова (1776), цианурова, бензойна і слизова кислоти, етилові ефіри

оцтової, бензойної та ін. кислот. У праці «Дослідження і замітки про ефір» (1782) Шеєле дав визначення терміну «ефір» і описав способи отримання ефірів, зазначивши, що їх утворення проходить краще при додаванні оцтової кислоти. У 1782 р він виділив синільну кислоту з жовтою кров'яної солі і висловив припущення про те, що вона може бути отримана дією аміаку на розпечене вугілля. Шеєле вперше описав способи виділення шавлевої, лимонної (1784), яблучної (1785) і пирогалолової (1786) кислот, також одержав гліцерин.

Вчений залишався аптекарем до кінця своїх днів, незважаючи на спокусливі пропозиції з Берліна, Упсали чи Фалуна (центри науки та промисловості Швеції). Хімічна інтуїція його була вражаючою. Так, історик Дюма справедливо сказав, що Шеєле не міг доторкнутися до якогось тіла, щоб не зробити відкриття. Його відкриття охоплюють всі галузі хімії: агрохімію, неорганічну, органічну, фізіологічну, аналітичну та технічну хімії. Найбільш важливі відкриття Шеєле – кисень та хлор.

Шеєле сприяв розвитку теоретичної хімії, помітивши різні ступені окислення деяких металів: заліза, міді, ртуті. Окрім хлору (за реакцією $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} = \text{MnCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$) він отримав та вивчив три дуже отруйні гази (HF , H_2S , HCN).

Патологічна звичка Шеєле пробувати незнайомі речовини на смак, вкоротила йому віку, зокрема, дослідження сильної отрути – ціанідної кислоти. Саме після Шеєле хіміки всього світу заборонили таку органолептичну пробу речовин, як проба на смак.

З наведеного огляду діяльності пневматиків стає очевидним, яким швидким був процес накопичення фактичного матеріалу в кінці XVIII століття в умовах панування теорії флогістону. Нові дані, отримані в цей період, скоро привели до падіння теорії флогістону та до настання епохи хімічної революції.

Уявлення про хімічну спорідненість у XVII – XVIII столітті.

За думкою відомого історика хімії *Конна* майже вся хімія може розглядатися як ланцюг застосувань та прикладів учення про спорідненість. Перша уява про спорідненість з'явилась ще в V ст. до н.е. коли *Гіппократ* стверджував, що сполучення двох тіл відбувається лише при наявності в них загального принципу. Очевидно, звідси пішла тенденція, що подібне реагує з подібним, про що говорив *Альберт Великий*, вводячи своє *affinitas*.

Вже в XVII столітті *Іоахім Юнгіус* (1587 – 1657) трактував хімічний процес як сполучення та роз'єднання атомів. Він першим припустив, що в хімічній сполуці повинен існувати зв'язок та називав це поняття або **зчепленням** (*cohaesio*) або **спорідненістю** (*affinitas*).

Пояснення Бойлем хімічної спорідненості базувалось на механістичних уявленнях про відповідність форм частинок, подібно ключу та замку.

Ніколя Лемері (1645 – 1715) у своєму "**Курсі хімії**" пояснював способи сполучення кислот із металами, содою тощо. Частинки кислот, закінчуючись шпичаками (про що свідчить їх кислий смак), здатні проникати в речовини, що містять пори, наприклад, луги.

Лемері був лютим противником алхімії, блискучим викладачем і популяризатором хімії. У 1675 році за матеріалами своїх лекцій він видав підручник «Курс хімії» («Cours de Chimie»), який завоював величезну популярність; в світ вийшло 13 його французьких видань, а крім того, він видавався латинською, англійською, німецькою, італійською та іспанською мовами. За підручником Лемері навчалося кілька поколінь хіміків; лише в середині XVIII століття він був витіснений підручниками, заснованими на флогістонній теорії, створеній Георгом Шталем.

З першої половини XVIII століття механістичні уявлення стали зникати. У 1704 році *Ньютон* у своїй "**Оптиці**" хімічні процеси звів до взаємодії речовин за рахунок сил тяжіння різної інтенсивності.

Одним із перших хіміків, що звернувся до проблеми хімічної спорідненості (1718), був француз **Етьєн Франсуа Жоффруа** – старший (1672 – 1731). Він здійснював досліди щодо взаємодії кислот із лугами. Отримавши сіль дією їдкого лугу на кислоту, вчений потім діяв на цю сіль іншою кислотою. Якщо ця інша кислота мала більшу спорідненість до лугу, ніж перша, вона витісняла із солі першу кислоту. Базуючись на цих дослідах, Жоффруа склав таблиці, які є першою спробою кількісного визначення спорідненості. Хімік замість “спорідненості” вжив “відношення”, адже Паризька академія наук негативно ставилась до Ньютона. Потім Ньютоніанство все ж перемогло й у Франції, і цікавість до спорідненості відродилася.

В 1732 році **Герман Бурґаве** (1686 – 1738) указав на спорідненість двох несхожих речовин (усупереч існуючим тоді уявленням) – кислот та металів. Бурґаве помітив, що чим дужче хімічно відрізняються речовини, тим більшу спорідненість вони мають. Це вже було новим у теоретичних уявленнях про спорідненість.

В цей період спорідненістю займалось багато вчених. Свої таблиці спорідненості склав **Джозеф Блек**. Цими таблицями користувався навіть **Торнберн Улаф Бергман** (1735 – 1784), швед, професор хімії Упсальського університету, дослідження якого з проблем спорідненості отримали історичне значення. Він увів поняття про декілька видів спорідненості, а причину спорідненості бачив у силі тяжіння між взаємодіючими частками. Ця сила різна у різних тіл, але постійна для одного і не залежить від його кількості. Схоже, що вже Бергман почав нейтралізувати кислоти лугами та визначати сполучні ваги (еквіваленти). Спорідненість він оцінював кількістю речовин (еквівалентом), що сполучались одна з одною. Бергман склав більше 50 таблиць спорідненості речовин, досліджених при високій температурі (сухим шляхом), та в розчині при звичайних температурах (вологим шляхом).

Багато дослідників звертали увагу на явище впливу температури на спорідненість. До них треба віднести **Шталь** та **Бергмана**.

Карл Фрідріх Венцель (1740 – 1793), управитель ливарним заводом у Фрейберзі, силу хімічної спорідненості ототожнював із визначеною кількістю речовини, необхідної для насичення (чи нейтралізації) визначеної кількості кислоти або лугу (як і інші до нього та паралельно з ним). В наслідок цього з'явилися роботи Венцеля з кількісного визначення сполучних ваг. З метою виміру спорідненості Венцель визначав швидкість розчинення металів у кислотах різної концентрації і встановив зворотну залежність спорідненості речовин до загального розчинника від часу розчинення. Тобто він першим увів поняття часу в хімічних реакціях (поклав початок кінетичним дослідженням). Але, на жаль, роботи Бергмана і Венцеля залишилися непоміченими для багатьох хіміків того часу.

Грунтовно вимірюванням сполучних ваг у реакціях кислот, лугів та солей займався **Ієремія Веніамін Ріхтер** (1762 – 1807), хімік – технолог із Сілезії, помер у Берліні. З його творів треба згадати “**Початкові основи стехіометрії та мистецтва виміру хімічних елементів**”. Базуючись на аналізах солей, Ріхтер склав ряди відносних вагових кількостей кислот та лугів, що утворюють солі, і назвав їх рядами нейтралізації. Розрахунок складу солей на базі цих рядів він назвав стехіометрією (вимір стихій чи принципів тіл).

Ріхтер виходив із закону нейтралізації, встановленого Венцелем. У своїх рядах він бачив закон природи, що виражає силу спорідненості між кислотами та лугами через сполучні маси. Він пробував скласти геометричну прогресію числових співвідношень

кислот та лугів у солях для доказу вигаданого ним закону. Вчений не визнавав атомну теорію, тому і не зміг розвинути відкриту ним стехіометрію. Однак ці ряди привернули увагу деяких хіміків. Так, **Герман Фішер** (1754 – 1831), публікуючи в Берліні переклад книги **Бертолле** “Дослідження законів спорідненості”, додав таблицю сполучних ваг Ріхтера. В подальшому сам Бертолле вставив її в іншу свою книгу “Досвід хімічної статистики” (1803). Не зважаючи на це, ідеї, що лягли в основу

цієї таблиці, не отримали подальшого розвитку в роботах учених XIX століття. Треба підкреслити, що саме Ріхтер один із тих, хто сформулював закон еквівалентів.



Рис. 19. К. Бертолле

На рубежі XVIII та XIX століть виникла ще одна теорія спорідненості француза, графа **Клода Луї Бертолле** (1748-1822). Він був колегою та соратником Лавуазьє, доктором медицини та лейб – медиком герцога Орлеанського, членом Парижської академії наук, був сенатором та провладним інспектором державних фарбувальних фабрик, наглядачем монетного двору і, нарешті, науковим консультантом Наполеона.

Тільки-но заблищала зірка Наполеона, як Бертолле пішов за ним в Єгипетський похід. Імператор обсилав його почестями, призначив сенатором і присвоїв йому графський титул, але це не завадило йому, як члену Сенату, голосувати в 1814 році за відставку Наполеона.

Після реставрації монархії Бертолле зумів не тільки зберегти всі свої привілеї, а й отримати титул пера Франції. В період Революції та Імперії вчений займався питаннями, пов'язаними з національною обороною, а також прикладною хімією (наприклад, фарбуванням тканини). Він вперше застосував хлор для відбілювання паперу і тканин, відкрив гіпохлорити лужних металів і хлорат калію, сіль, яку він просто назвав бертолетовою сіллю (1788).

Про вибухові властивості KClO_3 Бертолле дізнався випадково. Якось він вирішив розтерти її в ступці в порошок. Для цього вчений попросив ступку у свого лаборанта, а той буквально перед цим розтирав сірку і не витер її після цього. Коли ж Бертолле розтирав сіль з залишками сірки – пролунав гучний вибух і вченому обпекло обличчя, проте, все обійшлося. Нині KClO_3 є основною сіллю піротехніки, за допомогою цієї сполуки одержують суміші не тільки вибухові, а й такі, які використовуються для виготовлення феєрверків. До речі, самих «продвинутих піротехніків» інколи називають «бертолідами». (Хоча в хімії «бертоліди» - це речовини змінного складу).

Крім того, він встановив склад аміаку, сірководню та синильної кислоти. У своєму творі "Досвід хімічної статистики" (1803) він пов'язав уявлення про масу з хімічними реакціями і стверджував, що елементи можуть сполучатися один з одним в будь-яких пропорціях в залежності від маси реагуючих речовин. Виходячи з цього ж, він вважав, що склад сполук може змінюватись і не повинен бути постійним. Тобто Бертолле не визнавав закону постійності складу Жозефа Луї Пруста. Проте, все ж, поняття про масу і її вплив на хід хімічних реакцій мало велике значення для створення хімічної науки в XIX ст.

До речі, найвідоміша суперечка щодо сталості складу речовин в залежності від способу їх одержання між Прустом і Бертолле тривала майже півтора століття. На початку XIX ст. ця дискусія завершилася на користь Пруста і закон сталості складу отримав визнання більшості хіміків. Однак на початку XX ст. видатний російський фізхімік **Микола Семенович Курнаков** (1860 – 1941) відкрив існування передбачених Бертолле індивідуальних хімічних речовин змінного складу, які в пам'ять про Бертолле він назвав **бертолідами**. Це відкриття дозволило врешті – решт завершити протиріччя між несумісними поглядами Бертолле і Пруста щодо складу речовин. Стосовно міркувань спорідненості, Бертолле виходив із того, що сили спорідненості подібні ньютонівським силам тяжіння. Однак, на відміну від взаємодії космічних тіл сили хімічного тяжіння виявляються на дуже малих відстанях у залежності від різних умов: від температури, тиску й особливо, від густини реагуючих речовин.

Густина, за думкою Бертолле, є функція двох сил – зчеплення та пружності. Коли переважають сили зчеплення, виділяється осад, у протилежному випадку - газ, в умовах рівноваги обох сил речовина є рідиною. Спорідненість пропорційна добутку сил тяжіння та кількості реагуючих речовин. Цей добуток Бертолле назвав "хімічною масою". В разі витіснення із солей кислот чи лугів більш сильними кислотами чи лугами (а також при подвійному обміні: $\text{AB} + \text{CD} = \text{AC} + \text{BD}$), відбувається розподіл

кислоти між двома лугами (і навпаки). у відповідності до сили спорідненості, тобто прямо пропорційно хімічним масам кислот та лугів. При умові, що не утворюється осад чи газ, обидві солі в розчині знаходяться в стані рівноваги. В цьому разі їх неможливо розділити. Але така рівновага може бути порушена, наприклад, за допомогою випарювання, і тоді солі можна буде розділити.

Виходячи з цих міркувань, Бертолле вважав, що сама по собі здатність кислот та лугів витіснити із солей відповідні кислоти та луги не може бути критерієм для визначення сили спорідненості. Тим самим він заперечив точку зору Бергмана про силу спорідненості.

В 1807 році Бертолле залишив офіційну службу і оселився в паризькому передмісті Аркей, де заснував своєрідне наукове товариство, що проіснувало 10 років (1807-1817). До складу товариства входило невелике число видатних учених Франції (*П. Лаплас, А. Гумбольдт, Ж. Л. Гей-Люссак* і ін.); товариство регулярно збиралося під головуванням Бертолле або Лапласа і обговорювало різні наукові проблеми. «Мемуари Аркейського товариства» отримали широку популярність у вченому світі.

Клод-Луї Бертолле, який в очах багатьох сучасників і нащадків мав репутацію безпринципного і марнославного придворного, який навіть не виступив на захист свого друга і колеги Лавуазьє, коли той був затриманий і засуджений до смертної кари, був тим не менш талановитим вченим і увійшов в історію хімії як автор багатьох хімічних відкриттів.

Як бачимо, хіміки того періоду були ще дуже далеко від вирішення проблеми спорідненості, але перші кроки в цьому напрямку були зроблені, тобто перші спроби кінетичних досліджень та виникнення поняття хімічної рівноваги.

Біографія Лавуазьє.



Рис. 20. А.Л. Лавуазьє

Хімія втратила свою голову разом з Лавуазьє, -
всього мить потрібна була для того,
щоб зрубати цю голову,
проте, може цілих сто років буде мало Франції,
щоб створити подібну їй
Жозеф Луї Лагранж

Антуан Лоран Лавуазьє (1743 – 1794). вважається «батьком» сучасної хімії. Цікаве відношення істориків до вченого. Радянські засуджують його як буржуа, особливо його фінансову діяльність та участь у відкупі. Французи перебільшують роль Лавуазьє.

Так, **Адольф Вюрц** вважає, що завдяки Лавуазьє хімія – французька наука. Німці ж, навпаки, звинувачують видатного хіміка у плагіатах та гарячково шукають попередників, у яких Лавуазьє ніби то вкрав свої ідеї. І те й інше для історика недопустимо, адже для історії завжди важлива лише істина.

Проте, саме в розвитку хімії в епоху її революції найвидатніша роль належить тому ж таки Антуану Лорану Лавуазьє. Видатна наукова діяльність цього вченого поєднувалася з фінансовою діяльністю.

Він був сином багатого адвоката і отримав юридичну освіту, але від юридичної діяльності відмовився на користь науки. Ще у студентські роки майбутній вчений прийняв участь у декількох геологічних експедиціях (влітку) під керівництвом свого друга та вчителя геолога і мінералога **Жана Етьєна Геттара** (1715 – 1786), з яким вивчав хімічний склад мінералів та вод – питних джерел.

В 21 рік (1764) Лавуазьє приймав участь в об'явленому Паризькою академією конкурсі на кращий спосіб освітлення вулиць Парижу та завоював золоту медаль.

За перші статті про гіпс в 1768 році став ад'юнктом Паризької академії та одночасно відкупником «Генерального відкупу» зі збору податків із населення.

Природно, що народ ненавидів відкуп та відкупщиків. Історик хімії болгарин **Калоян Манолов** вважає, що Лавуазьє став відкупщиком, щоб мати засоби на дорогі наукові дослідження. Але радянський біограф Лавуазьє **Яків Григорович Дорфман** вважає, що це не так. Він порахував, що Лавуазьє витратив на наукові дослідження за все своє життя менше, ніж був статок його батька. За буржуазною традицією, як вважає Дорфман, чи із зажерливості, було вирішено вкласти кошти у вигідну справу і при цьому буржуа не хвилювало, що ця справа брудна. Вкласти кошти в банк – банк міг прогоріти (що часто траплялось навіть з найнадійнішими банками), в мануфактуру, - вона теж могла розоритися, як, наприклад, содове виробництво за методом *де ля Метрі* (із NaCl та H₂SO₄, з одержанням проміжного продукту CH₃COONa), а збір податків за відкупом вважався найнадійнішою справою. Дорфман пише, що буржуа не хвилювало, що це нещадно експлуатувало народ, адже саме за наказом генерального відкупщика Лавуазьє Париж було обнесено високим муром, щоб до міста не потрапляли контрабандисти та жебраки, що, в свою чергу, посилювало бідність та ще більше незадоволення народу.

На кінець 1771 року Лавуазьє ставить на собі експеримент, намагаючись дізнатися, скільки зможе прожити людина, яка вживатиме тільки молоко. Експеримент тривав протягом місяця і вчений помітно схуд. В цей час, взимку цього ж року він одружився на майже 14-річній Анні – Марії Польз, дочці директора Генерального відкупу, де працював хімік. Ось як сталася ця подія.

Після досягнення Марією віку тринадцяти років батько отримав пропозицію про шлюб від графа Д'Амерваля, якому було тоді майже 50 років. Граф мав скандальну репутацію, був вкрай обмежений у коштах і сподівався за рахунок багатого приданого поправити своє матеріальне становище. Жак Польз намагався заперечувати проти подібного шлюбу дочки і зайняв спочатку вичікувальну позицію, оскільки впливові родичі графа погрожували йому звільненням з посади директора Генерального відкупу.

У будинку Польза постійним гостем був його помічник Антуан Лоран Лавуазьє, якого пов'язувала з Марією взаємна симпатія. Молоді люди не тільки грали в салонні ігри, але і розмовляли на теми геології, хімії і астрономії. Щоб зірвати небажаний шлюб, Польз робить пропозицію Лавуазьє освідчитися його дочці. Лавуазьє погодився, шлюбний контракт був підписаний 4 грудня 1771 року. Лавуазьє було 28 років, а Марії - неповних 14. Молода пара стала жити в будинку батька Лавуазьє. Шлюб виявився щасливим, хоча і бездітним.

В 1775 році Лавуазьє був призначений управителем пороховою та селітряною справою Франції. Він переїхав в Арсенал та за свої кошти побудував там гарно обладнану лабораторію, де протягом 15-ти років вів напружені експериментальні дослідження, в яких дружина була помічником і секретарем. Одночасно Лавуазьє був секретарем декількох наукових комісій академії наук, складав короткі та чіткі звіти. Усю цю роботу, в тому числі й у відкупі, він виконував сумлінно та з повною віддачею сил.

Революція 1789 року припинила його наукові заняття. В перші роки революції він займався економічними проблемами, був членом комісії з міри та ваги, комісаром національної скарбниці. В 1792 році за зв'язки з роялістами був звільнений з посади управителя пороховою справою. В березні 1792 року декретом національних зборів був ліквідований Генеральний відкуп. В серпні 1793 була закрита академія, а в жовтні Конвент прийняв рішення про арешт відкупщиків. Після слідства 28 колишніх відкупщиків, в тому числі й Лавуазьє, були засуджені до страти.

8 травня 1794 року Лавуазьє був гільйотинований. Немає ніяких сумнівів, що ця людина зустріла свою долю надзвичайно мужньо (немає свідчень протилежного). Коли оповістили декрет про арешт, Лавуазьє сховався у булочника, а Марія пішла у Конвент та Революційний комітет просити про його реабілітацію. Проте вона скрізь

мала ввічливу, але холодну відмову. Тоді він сам пішов у Ревком (добровільно здався), сподіваючись, що на суді зможе спростувати звинувачення.

Коли в 1791 році Відкуп був ліквідований, була створена ліквідаційна комісія, але за півтора роки вона не змогла розібратися в справах Відкупу. Тоді Конвент розлютився, й наказав заарештувати всіх колишніх відкупщиків, щоб вони зробили звіт та баланс. Але як вони змогли б це зробити, коли сиділи у в'язниці, а документи були в будинку Відкупу. Тоді будинок Відкупу перетворили на в'язницю. Тут Лавуазьє за пропозицією відкупщиків узяв на себе складання звіту Відкупу, і, головне, відповідей на всі кримінальні звинувачення. Він став не тільки центральною фігурою, ватажком відкупщиків, але й добровільним їх адвокатом. Звіт був складений так, що всі звинувачення були відкинуті, проте, суд відбувся. За два дні провели попереднє слідство, 8 травня засідав Рев і трибунал, всього за 15 хвилин вирок було винесено (захисники не заслуховувались) і в той же день виконано.

На той момент коли його забрали з будинку і повели на площу, Лавуазьє проводив якийсь важливий експеримент і єдине про що він просив перед смертю, щоб йому дозволили закінчити цей експеримент.

Під час страти вчений поставив свій останній, мабуть, найдивніший експеримент з визначення, чи є у нього душа. Він домовився (заздалегідь, коли ще мав можливість) зі своїми вченими друзями, що якщо душа є і вона відділяється від тіла в момент, коли голова відсікається, то він закриє очі, якщо душі нема, - тоді очі Лавуазьє залишаться відкритими, як у всіх покійників. Коли після страти його голову вийняли з кошика, в які падали голови страчених, його очі були закриті.

Боротьба Лавуазьє з алхімією та теорією флогістону.

Лавуазьє сам вважав себе спочатку фізиком, потім уже хіміком. Дорфман також відзначає, що він скоріше фізик, ніж хімік. Цим і пояснюється роль Лавуазьє в хімічній революції. Він досягнув видатних успіхів тільки тому, що послідовно застосовував для розв'язання основних проблем хімії кількісні експериментальні методи фізики. Лавуазьє завжди виходив з учення Ньютона про те, що маса є головна властивість і міра кількості матерії. Він вважав, що головне при дослідженні хімічних процесів - це точне визначення ваги та питомої ваги вихідних та кінцевих продуктів реакції.

Цей принцип допоміг Лавуазьє розібратися з проблемою **хімічного складу води**. В 1767 році французький фізик – академік *Ле-Руа* вважав, що вода настільки тісно сполучена із землею, що остання летить разом із паром води. Цим він пояснював появу твердого осаду у воді при довгому її стоянні та кип'ятінні в скляній посудині. Лавуазьє зібрав на відкритому просторі дощову воду і порівняв її з водою, яку отримав шляхом дистиляції води із Сени. Виявилось, що дощова вода гущіша. Вимірювання він проводив за допомогою ним же сконструйованого приладу **ареометра** (складався із тонкого срібла, був об'ємом півтора літри, із шалькою зверху для гирок; якщо густина рідини збільшується, тоді на шальку треба було класти гирки, щоб ареометр повернувся у вихідне положення до заздалегідь нанесеної на ньому лінії). Вчений випарив дощову воду і побачив дрібні кристалики, які за смаком відповідали морській солі. В перегнаній воді ні солі, ні твердих залишків не було. Густину перегнаної води він прийняв за 1,00000 (вимірював з точністю до 5 –го знаку).

Лавуазьє взяв скляну посудину типу пелікана, зважив її, налив дистильовану воду, знову зважив, закрив посудину герметично після того, як підігрів і випустив з неї частину повітря (щоб не лопнула) і кип'ятив воду протягом 101 дня. Зважив і визначив, що вага не змінилась. Таким чином, ніяка вогняна матерія (флогістон) у посудину через пори скла не проникла. У воді був осад, він злив воду з осаду, посудину ретельно висушив і зважив – вага її зменшилась. Відігнав воду і зважив осад, його вага дорівнювала зменшенню ваги посудини. Властивості відігнаної води та

її густина не змінилися. Висновок: осад утворився внаслідок розчинення скляної посудини у воді, а сама вода в землю не може перетворюватися.

Лавуазьє проаналізував осад поверхово і ніякого остаточного висновку про склад не зробив. Шеєле приблизно в той же час провів аналогічний дослід, проаналізував осад і встановив, що це компоненти скла (Шеєле нічого не зважував). Висновок Шеєле той самий – вода в землю не перетворюється. Таким чином, Шеєле поставив дослід як хімік, Лавуазьє – як фізик. Про цей дослід Лавуазьє в 1769 році опублікував мемуар “**Про природу води**”. Історик *Азимов* назвав цей експеримент тріумфом вимірювання.

Треба підкреслити, що Лавуазьє тут сприймає закон збереження матерії як щось саме собою зрозуміле. Цей закон був сформульований в 1748 році ще Ломоносовим, і Лавуазьє про це, очевидно, знав, бо праці Ломоносова детально друкувалися латиною в Коментарях Петербурзької АН, що спеціально видавалися для Заходу. Лавуазьє мав ці коментарі в руках, адже він посилався на деякі статті з цього ж видання. Хоча хімік ніколи не посилається на Ломоносова і ні разу його не згадує. Слід відзначити, що ні Ломоносов, ні Лавуазьє ніколи не претендували на авторство цього закону. Вони відносились до нього, як до давно відомого постулату, який виник ще в глибокій давнині.

На історії відкриття закону збереження матерії варто зупинитись. З цього приводу є протирічливі дані. *Дюма* приписує його відкриття Лавуазьє, *Менишуткін* – Ломоносову, але в дійсності цей закон прийшов у природознавство з натурфілософії, про нього знали Древні Грецькі філософи, про що свідчить відома поема Лукреція Кара. З часів Бекона, коли в наукових дослідженнях став використовуватись спланований експеримент, принцип збереження матерії розпочинають використовувати в експерименті, вважаючи еквівалентними незмінність кількості матерії та незмінність ваги. Свої результати на основі закону збереження ваги, приймаючи його аргументи, пояснювали Ван Гельмонт, Бойль та багато інших.

Ломоносов сформулював цей закон у 1748 році, Лавуазьє ж, використовуючи точне зважування, одним із перших свідомо застосував принцип збереження матерії для розв’язання фундаментальних питань з хімії і вперше зобразив хімічну реакцію в процесі бродіння у вигляді рівняння:

виноградний сік = вугільна кислота + алкоголь.

З 1772 по 1777 рік Лавуазьє займався визначенням **хімічної природи повітря**. Про свої плани цього дослідження він пише в лютому 1772 року. Незвичайна особистість вченого та його багата лабораторія з необмеженими на той час можливостями вабила вчених усього світу. Там штовхались не тільки французи, але й англійці після королівської аудієнції поспішали до Лавуазьє засвідчити свої шанування. Тому не доводиться сумніватися, що Лавуазьє був знайомий з усіма роботами, що велися у світі з фізики та хімії. В середині 1772 року в лабораторії Лавуазьє з’явився французький лікар та хімік *Мітуар*, який вивчав проблеми фосфору і продав Лавуазьє деяку кількість фосфору (фосфор Кункеля). Це підштовхнуло Лавуазьє на дослідження процесу горіння фосфору. Потім багато істориків почали звинувачувати Лавуазьє, що той просто вкрав у Мітуара його роботу. Якщо дивиться на цю справу формально, то це так і виглядає (як і у випадках з іншими вченими). В дійсності ж Лавуазьє рекомендував роботи Мітуара Академії і Академія слухала доповідь Мітуара про його роботу з фосфором та прийняла рішення опублікувати цю працю навіть не члена Академії, проте вона ніколи не була опублікована.

Якщо порівняти висновки, які зробив Мітуар (видно з протоколів Академії) із висновками Лавуазьє, то останні значно ширші й глибші, тобто вони узагальнюючі; таким чином, можна з повним правом стверджувати, що Лавуазьє повторив досліді Мітуара й пішов далі, зробивши свої висновки, а не запозичивши їх у Мітуара. Те ж саме можна сказати про відкриття кисню та азоту. Немає сумніву, що Прістлі, Кавендіш, Шеєле першими виділили ті чи інші гази, але вони не зрозуміли, що вони відкрили. Лавуазьє повторив і розширив їх досліді на кількісній основі, розібрався в

природі цих газів, у природі горіння, дихання та обпалення металів. Саме він дав цим газам сучасні назви (кисень, азот), а також горючому газу (водень) і спростував теорію флогістону.

Свої дослідження повітря він розпочав із спалення фосфору. Потім узяв сірку, вугілля, алмаз і завжди визначав збільшення ваги продуктів горіння. Одночасно він розпочав досліди з нагрівання матеріалів і речовин у фокусі величезної запалювальної машини, що складалася з двох лінз, виготовлених з оптичного скла. Менша була суцільною, а більша, діаметром 120 см, була виготовлена з двох чаш товщиною 2 см (ретельно виготовлені). В цю порожню лінзу товщиною 15 см посередині вчений заливав спирт. В фокусі машини він ставив скляний ковпак із речовиною на якіс підставці. Тому він міг збирати продукти горіння і їх зважувати, а також під ковпаком міг створювати вакуум десь біля 3 – 5 мм Hg, для цього вчений мав спеціальний насос, котрий сконструював сам. Ще до Лавуазьє були проведені досліди зі зникнення алмазу у фокусі лінзи на повітрі. Лавуазьє ж показав, що у вакуумі алмаз не змінює свою природу навіть при найбільшій жарі і тільки під ковпаком із повітрям алмаз зникає. Висновок, що алмаз руйнується під дією часток повітря, зробив тільки Лавуазьє.

Зупинимось на його дослідях.

Під час спалювання фосфору, сірки, вуглецю, алмазу та обпалення металів вага того, що утворювалось, збільшувалась. Його вимірювання з часом стало настільки точними, щоб він зміг показати, що збільшення ваги в цих процесах дорівнює вазі повітря, яке приєднується, а об'єм повітря завжди зменшується на одну і ту ж величину, приблизно на $\frac{1}{4}$.

Обпалюючи метали в запаяних ретортах, Лавуазьє показав, що вага після обпалення не змінилась, тобто він прийшов до закону збереження матерії, хоча цього і не підкреслював.

Спочатку він не відрізняв кисень від CO_2 , потім він переплутав O_2 із N_2 , але потім навчився їх розрізняти за 5-ма ознаками: 1) Чи гасне свічка, 2) Чи виділяється осад у результаті пропускання через вапняну воду, 3) Чи гине миша, 4) Чи змінюється колір на оранжевий, якщо додати NO , 5) Чи зменшується при цьому об'єм. В результаті цих дослідів він уперше зробив висновки, що повітря є складною сумішшю двох газів: дуже «чистого повітря» (кисню) та «задушливого повітря» (азоту). Це зрозумів лише Лавуазьє.

Отримувати кисень видатний хімік хотів шляхом нагрівання металічних земель. Він розпочав з оксиду заліза, але невдало: якийсь газ виділявся, проте, мало навіть у великій запалювальній машині. Тоді він услід Прістлі та Шеєле взяв червоний оксид ртуті. Якщо нагрівати оксид ртуті з вугіллям, окрім ртуті утворюється ще якийсь газ. Якщо нагрівати сам оксид, утворюється зовсім інший газ. Врешті решт вчений встановив, що перший газ – це «зв'язане повітря», яке він назвав крейдяною кислотою, а другий - кисень. Вчений зробив правильний висновок, крейдяна кислота - це сполука вуглецю та кисню.

Лавуазьє провів дослід, який тепер можна назвати зворотнім синтезом. Він на повітрі прожарив ртуть, отримавши оксид ртуті. Газ, що залишився, був азотом. Тоді він узяв отриманий оксид ртуті, розклав його, газ, що утворився, змішав з азотом і отримав повітря, цілком придатне для горіння та дихання. Він проводив фізіологічні досліди на людині і показав, що людина вдихає кисень, а видихає вуглекислий газ. Вчений зробив висновок, що в легенях кисень обмінюється на вуглекислий газ і що процеси горіння та дихання подібні.

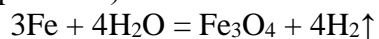
Дуже цікаве розв'язання проблеми дослідження складу води, яке виконав Лавуазьє. Кавендіш показав, що горючий газ згорає в повітрі і перетворюється на воду. Пізніше теж саме спостерігав Прістлі.

В 1775 році французький хімік **Маке** спостерігав утворення води під час згорання горючого газу. Французький математик **Монж**, вивчаючи воду разом із Лавуазьє,

вперше вказав на її неелементарну природу. *Джеймс Уатт* (винахідник парової машини), вивчаючи воду, теж вказав на її неелементарну природу. Усі вони потім звинувачували Лавуазьє в плагіаті. Лавуазьє теж одночасно з ними займався проблемою води (1774 – 1783). Він під ковпаком спалював 1 об'єм кисню з майже 2 об'ємами водню (12 + 22.8) і отримав воду, вага якої дорівнювала вазі взятих газів. Він зробив висновок, що вода - сполука водню та кисню.

Його збивала з пантелику теорія кислот (створена ним же), згідно з якою кислоти - це сполуки, що утворюють кислоту елементів (P, S, C) із киснем. Він вважав, що не існує кислот, які б не містили кисню. Лавуазьє вважав, що соляна кислота – киснева сполука мурієвого радикала. І виходить, згідно цієї теорії, що вода до складу кислот не входить. Тому Лавуазьє дуже довго в продуктах згоряння водню шукав кислоту, але не знаходив її.

Хімік показав, що в разі пропускання водню над нагрітим оксидом металу (PbO), утворюється метал та вода. Він спробував розкласти воду (електроліз води був здійснений після Лавуазьє) шляхом пропускання води над розжареним залізом. Вчений спостерігав, що в цьому разі утворюється оксид заліза та водень. Саме цей метод Лавуазьє запропонував для отримання водню у великих кількостях для заповнення повітряних куль (аеростатів):



Таким чином, ніякого плагіату не було, бо всі ті згадані люди не зробили тих висновків про природу води, які зробив Лавуазьє.

В 1777 році на зборах Академії наук, а також у мемуарах того ж року, він розвинув кисневу теорію горіння та дихання, пояснив природу металічних земель та довів, що його киснева теорія простіша за теорію флогістону і чітко пояснює всі факти, а також робить теорію флогістону непотрібною. І нема ніякого сумніву у тому, що ніхто до Лавуазьє кисневої теорії навіть у зародковому вигляді не створив.

Робота з газами, особливо з киснем, а також синтез та розкладання води дозволили Лавуазьє створити зовсім нові принципи експерименту, і відповідно до них нові напрямки розвитку хімії.

Головний принцип роботи Лавуазьє – збирати всі продукти (гази, рідини, тверді речовини) і все зважувати. Він розробив спеціальні замазки, які дозволяли герметизувати апаратуру, щоб нічого не втратити.

Обдумуючи властивості кисню, вчений дійшов висновку, що у вугілля, яке горить, краще подавати не повітря, а чистий кисень, щоб підняти температуру горіння. Так виникла ідея кисневого дуття. Лавуазьє наповнював міхур киснем, шляхом натискання на міхур кисень подавався струменем на кусень вугілля із заглибленням, в яке клали досліджувану речовину, і підпалювали паяльною лампою. Таким шляхом йому вдалось досягти температури, при якій плавилась навіть платина. Але міхур не міг створити постійний потік газу, тому він придумав гідростатичний міх, який назвав **газометром**. Газометр створював струмінь кисню постійного тиску, який можна було регулювати за бажанням експериментатора. Скоро такі газометри стали обов'язковим обладнанням хімічних лабораторій. Хоча сучасного вигляду лабораторний газометр, як прилад для зберігання газів, набув у 1802 році завдяки *Вільяму Пенісу*.

Усе це дозволило Лавуазьє розробити основний принцип аналізу органічних сполук, що базувався на їх спалюванні та перетворенні на воду і вуглекислий газ. Лавуазьє спалював наважку органічної речовини в кисні, який надавався з газометра, визначав об'єм використаного кисню та вагу вуглекислого газу, що поглинався лугом. Методика недосконала, але дозволяла встановити, що органічні сполуки складаються з вуглецю, водню та кисню.

Ще одним прикладом застосування кількісних принципів Лавуазьє є його дослідження теплових ефектів реакцій. До проблеми природи теплоти його неминуче повинні були призвести дослідження процесів горіння. Свої теплові дослідження Лавуазьє проводив разом із математиком *П'єром Симоном Лапласом* (1749 – 1827).

Вони створили **льодяний калориметр**. Принцип його дії: якщо взяти великий кусень льоду з порожниною всередині, тоді між льодом та навколишнім середовищем установиться рівновага, ззовні лід буде танути й підтримувати всередині постійну нульову температуру. Якщо тепер усередині льоду проводити реакцію спалювання, то кількість тепла, що виділяється, можна виміряти, знаючи теплоємність води. Кількість утвореної води при таненні льоду буде пропорційна кількості тепла. Таким чином ці двоє людей заклали початок неукі термохімії.

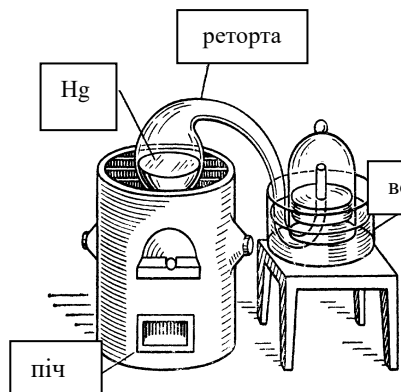


Рис. 21. Прилад Лавуазьє для розкладання червоного оксиду ртуті

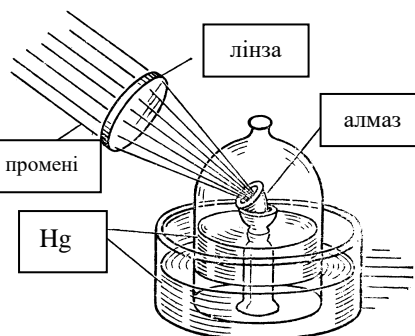


Рис. 22. Прилад Лавуазьє для спалювання речовин

Вони прийшли до висновку, що кількість тепла, необхідна для розкладання сполук на складові частини, точно дорівнює кількості, яка виділяється в результаті утворення тієї ж сполуки зі складових частин. Вчені допускали, що силу хімічного споріднення (зверніть увагу!) можна характеризувати величиною теплового ефекту реакції.

Лавуазьє та атомістика XVIII століття.

Лавуазьє спеціально не займався атомістикою. Але він створив наукову базу для розвитку атомістики. Цю базу складають три закони, які Лавуазьє сприймав як давно відому істину.

1. Закон збереження матерії. Формулювання закону він дав у своєму “**Початковому курсі хімії**”, який вийшов у 1789 році.

2. Закон збереження елементів.

3. Закон постійності складу, на базі якого він завжди приймав постійним склад CO₂ (крейдяної кислоти), води. Приймаючи це, він проводив аналіз органічних сполук. Скажемо, що цей закон він ніде не згадує і не формулює.

Підхід до визначення елемента у нього чисто експериментальний. Елемент він ототожнював із простою речовиною (тілом) – це кінцевий продукт розкладання речовини хімічними способами. У своєму “Початковому курсі хімії” Лавуазьє розбив прості тіла на чотири групи:

1. **Прості речовини, що існують в усіх трьох царствах природи, і які можна розглядати як елементи:** світло, теплець (теплород), кисень, азот, водень (5 тіл).

2. **Прості неметалічні речовини, які окислюються й дають кислоти:** S, C, P, радикали плавикової та бурої (борної) кислот (6 тіл).

3. **Прості металічні речовини, що окислюються й дають кислоти:** Sb, Ag, As, Bi, Co, Cu, Sn, Fe, Mn, Hg, Mo, Ni, Au, Pt, Pb, W, Zn (17 тіл).

4. **Прості речовини, землі, що утворюють солі:** вапно, магнезія, барит, глинозем, кремнезем (5 тіл).

Лавуазьє відзначав, що він не вніс сюди постійні (їдкі) луги, бо вважав їх складними. Щодо до земель він виказав припущення, що вони, мабуть, складні речовини, бо вони єдині, що не мають спорідненості до кисню, оскільки вони насичені ним. І дійсно, із цих земель пізніше були виділені елементи (Ca, Mg, Ba, Al, Si).

І про спорідненість. В мемуарі “**Про спорідненість кисневої основи**” Лавуазьє склав таблиці спорідненості кисню до інших елементів, виходячи з дослідів витіснення одних елементів іншими з їх оксидів.

Лавуазьє пропонує називати різні «повітря» терміном Ван Гельмонта – «газами». Ось яка історія збереглась з цього приводу. Лавуазьє, як завжди робив, розповідав дружині Марії про різні терміни, що в історії використовувались вченими для позначення відкритих ними різного за складом та властивостями «повітря». Один із таких термінів, які запропонував Ван Гельмонт, було слово «газ», що означає «дух».

«Газ?», - перепитала Марія. «Газ», - відповів їй вчений. Вона знову і знову називала термін «газ», при цьому вона сміялась і морщила носа, а Лавуазьє тим часом повторював за нею і також сміявся. Це тривало протягом деякого часу. Вченому це так сподобалось, що саме таким терміном всі відкриті на той час «повітря» він почав називати «газами». Цей термін прижився в хімії і використовується й досі.

Ломоносов, як попередник Лавуазьє.

Широко простягає хімія руки свої у справи людські.

М.В. Ломоносов



Рис. 23. М.В. Ломоносов

Не можна не зупинитись на біографії та науковій діяльності **Михайла Васильовича Ломоносова** (1711 – 1765).

М.В. Ломоносов народився в селі Холмогор Архангельської губернії в заможній родині помора Василя Дорофійовича (1681-1741) та Олени Іванівни (уродженої Сівковою) Ломоносових. Батько, за спогадами сина, був по натурі людина добра, але «в крайньому невігластві вихований». Мати Ломоносова померла дуже рано, коли йому було дев'ять років.

Після смерті матері, батько ще одружувався двічі. Для тринадцятирічного Михайла третя дружина батька виявилася злою і заздрісною мачухою. У чотирнадцять років юний Ломоносов грамотно і чітко писав.

Життя майбутнього вченого в рідному домі зробилося нестерпним, наповненим постійними сварками з мачухою. Особливо запекло вона реагувала на пристрасть Михайла до книг. Дізнавшись, що батько хоче одружити його, Ломоносов вирішив втікати до Москви.

В грудні 1730 року 19-річний Михайло вирушає разом з рибним караваном з Холмогори в Москву. Подорож до Москви дійсно виглядала як втеча, оскільки майбутній учений залишив будинок вночі, таємно, ні з ким не попрощавшись. Ломоносов взяв з собою, крім одягу (дві сорочки і кожух), лише подаровані йому сусідом «Граматику» Смотрицького і «Арифметику» Магницького. Відправився він пішки, наздогнавши караван лише на третій день і упросив рибалок дозволити йому йти разом з ними. Подорож до Москви зайняла три тижні і на початку січня 1731 року Ломоносов прибув в Москву.

Щоб вступити в «Спаські школи», тобто, в Слов'яно-греко-латинську академію, Михайлу довелося підробити документи і видати себе за сина холмогорського дворянина.

У листі графу **І. І. Шувалову** (10 травня 1753 року) він згадує обставини свого життя того часу і розповідає про пристрастну тягу свою до навчання, власну бідність («один алтин в день») і глузуваннях малолітніх однокласників, яким було не більше 15 – ти років.

В 1734 році Ломоносов вирушає до Києва, де протягом декількох місяців навчається в Києво-Могилянській академії, але, не знайшовши там абсолютно матеріалів з фізики і математики, він старанно перечитував літописи і твори святих отців.

В 1736 році він разом із двома товаришами поїхав в Германію вивчати металургію та гірничу справу. В Марбурзі вступив в університет, де вивчав фізику, хімію та мови під керівництвом відомого фізика та філософа **Вольфа**, в 1739 році закінчив університет, приїхав у Фрейнберг, де під керівництвом флогістика **Генкеля** займався хімією та металургією. Генкель із його містичним флогістоном Ломоносову не сподобався, через що вчений від нього пішов та блукав по Германії.

На початку травня 1740 року Ломоносов, залишивши деякі свої книги товаришам і захопивши з собою невеликі пробірні ваги з гирьками, назавжди покинув Фрайберг. Михайло Васильович розраховував на допомогу барона Г. К. фон Кейзерлінга, російського посланника, в питанні повернення його до Росії. Але, прибувши в Лейпциг, де, за його розрахунками, повинен був знаходитися посланник, Ломоносов не застав його там. Потім він вирішив повертатися в Росію морським шляхом через Голландію, але, по дорозі, напившись в трактирі з пруськими солдатами, які потім його завербували, виявився в німецькій казармі в Везель, звідки незабаром втік.

8 червня 1741 року 30-річний Ломоносов повернувся до Петербурга, залишивши дружину в Марбурзі. У Росії він нікому не розповідав про своє одруження і майже 2 роки не згадував про свою дружину, поки вона не знайшла його через Російське посольство. Дізнавшись про запит від дружини, Ломоносов не став заперечувати факту весілля і сприяв її переїзду в Петербург.

Вчений продовжив займатися хімією після повернення до Росії. 25 липня 1745 року спеціальним указом 34-річному Ломоносову нарешті після довгого чекання було присвоєно звання професора хімії. Його дисертація називалася «Про металевий блиск». За табелем про ранги він ставав чиновником VII класу і отримував дворянський статус. У тому ж році він клопочеться про дозвіл читати публічні лекції російською мовою, а в 1746 році - про набір студентів із семінарій, примноження перекладних книг та практичному застосуванні природничих наук. У той же час Ломоносов посилено веде свої заняття з мінералогії, фізики і хімії, друкує на латинській мові довгий ряд наукових трактатів.

В 1748 році при Академії наук, одним із засновників якої він був, виникають Історичний Департамент і Історичні Збори, на засіданнях яких професор хімії Ломоносов починає вести полеміку з професором історії, німцем **Г. Ф. Міллером**. Він висуває Міллеру звинувачення в умисному приниженні російського народу щодо наукових досліджень та зверхньому викладанні вченими – іноземцями наук російському юнацтву. Коли ж словесні аргументи у Ломоносова закінчились, він зняв парик і вдарив їм в обличчя німця – історика. Коли Міллер написав скаргу царю, то останнього дуже розсмішило формулювання цієї записки, яка приблизно звучала так: «Ломоносов зламав мені носа». Взагалі – то це не єдиний випадок боротьби Ломоносова з невігласами. Якось за поему «Гімн бороді» на Ломоносова написав скаргу Священний Синод, на що вчений, сміючись, написав: «Козлята малые родятся с бородами: Коль много почтенны они перед попами!», також йому майже все життя довелося воювати з **І.Д. Шумахером** – німцем, секретарем медичної канцелярії, директором Петербурської бібліотеки Академії наук, а також хранителем казни Академії, який часто використовував її у власних потребах. Шумахер один із тих, хто максимально заважав Ломоносову в питаннях просування по службі та в кар'єрі.

В 1749 році, на урочистих зборах Академії Наук, Ломоносов вимовляє «Слово похвальне імператриці Єлизаветі Петрівні», що мало великий успіх; з цього часу Ломоносов починає користуватися великою увагою та шаною при дворі.

В 1753 році Ломоносову, за підтримки І. І. Шувалова, вдається влаштувати фабрику мозаїки. Для цих цілей, імператриця Єлизавета жалує Ломоносову миз Усть-Рудиця та чотири навколишні села, а також два з половиною мільйони рублів на будівництво. Але через те, що казна імператриці пустувала, гроші видали Ломоносову не золотими та срібними, а мідними монетами. Дана сума міддю важила більше трьох

тон, які вчений перевозив візком з казначейства до свого будинку протягом цілого тижня.

Якось Михайло Васильович, будучи вже поважним професором, прийшов на бал в піджаку, на якому були дешеві гудзики із скла (можливо, навіть, власного виробництва), - зустрівши глузливі посмішки вищого товариства, ображений Ломоносов покинув бал і в той же вечір написав лист Шувалову, де розхвалив скло («Ода склу»).

Розповідають, що на вченого, який гуляв на самоті в лісі Васильєвського острова (в той час там був густий ліс), напали три громили. Ломоносов з богатирським молодечством розправився з ними: він так штурхнув одного, що той довго не міг отямитися; другого так ударив в обличчя, що той, весь у крові, що духу кинувся в кущі тікати, а третього йому вже не важко було здолати; він повалив його і, ставши на нього ногами, погрожував, що зараз уб'є, якщо той не розкаже, як зовуть двох інших розбійників. Після того, як було встановлено імена громил, які втекли, і мету їх нападу (вони хотіли роздягти свою жертву), Ломоносов сказав: «А, каналія! Так я ж тебе сам і пограбую». І, як продовжує далі сучасник, Ломоносов примусив того бідолагу скинути з себе куртку, полотняний камзол і штани — тільки тоді відпустив його.

Якось Ломоносов надів піджак, який мав дірку у рукаві, і, прийшовши з діркою в одязі на бал, де один із молодих багатців, побачивши її на професорі, в'їдливо хотів пожартувати із нього, запитавши, - «Це що через дірку мудрість виглядає?», на що Ломоносов відповів: «Ні, то Ваша дурість туди зазирає!».

Якось, зустрівшись з Ломоносовим, царський чиновник в'їдливо в нього запитав: «Скажіть, люб'язний, завдяки чому Ви стали вхожі до царських покоїв? Можливо у Вас були знатні предки?» На що Ломоносов відповів: «Для мене предки не обов'язкові, ваша ясновельможність, я сам знатний предок».

Під впливом Ломоносова здійснюється в 1755 році відкриття Московського університету, що нині носить його ім'я.

Ломоносов помер 4 (15) квітня 1765 року на 54 – му році життя від запалення легень.

Видатний поет О.С. Пушкін певний час збирав матеріали про М.В. Ломоносова. Ось один із записів Пушкіна:

«Вдова одного професора почула, що мова йде про Ломоносова і запитала: «Про якого Ломоносова ви кажете? Часом не про Михайла Васильовича? О, то вже був марною людиною! Весь час від нього до нас бігали за кофейником.»». Пояснити цей спогад про Ломоносова можна легко, адже вчений часто проводив вдома експерименти, а за допомогою чужого кофейника зручно було подрібнювати тверді речовини.

Ломоносов, як і Лавуаз'є, вчений – енциклопедист. Він вивчав обпалення металів, встановив незмінність ваги, сформулював закон збереження матерії (речовини і енергії), повніше, ніж це зробив Лавуаз'є. Проте Михайло Васильович не розібрався в теорії горіння, лише вказав, що в процесі обпалення метал сполучається з повітрям.

Ломоносов на відміну від Лавуаз'є займався корпускулярною теорією теплоти і дав правильне тлумачення цього явища: теплота – це рух корпускул. Вчений був прихильником кінетичної теорії теплоти. Тепер бачимо відмінність поглядів Лавуаз'є та Ломоносова: Лавуаз'є визнавав існування невагомої теплової матерії (він плував її з рухом), але правильно пояснив процеси горіння, дихання, обпалення металів та відкинув теорію флогістону.

Нова школа та хімічна номенклатура.

Алхіміки залишили після себе величезну масу назв сполук, між собою ніяк не пов'язаних, навіть декілька на одну сполуку (інколи до 10 та більше). Цей хаос утруднював спілкування, тому робились спроби впорядкування номенклатури. Так, в 1782 році *Луї Бернар Гітон де Морво* (1737 – 1816), юрист за освітою, що займався

хімією, склав проект реформи хімічної номенклатури. Але вона не була прийнята, адже Гітон де Морво у той час був флогістиком.

Експериментальні методи Лавуазьє та результати його досліджень привертали до себе увагу багатьох учених, і навіть тих осіб, котрі були байдужі до нього, коли він був під судом Ревтрибуналу. До останніх перш за все належать **Гітон де Морво, Бертолле, Фуркруа**.

Антифлогістонну теорію Лавуазьє спочатку прийняли математики (**Лаплас, Кузен, Монж, Вандермонд**). Потім в 1785 році до них приєднався Клод Луї Бертолле, а в 1786 році до нього приєдналися Гітон де Морво й **Антуан Франсуа Фуркруа** (1755 – 1809). Ці троє вчених разом із Лавуазьє влітку 1786 року розпочали розробку нової хімічної номенклатури, яка базувалась на кисневій теорії Лавуазьє. Не вдаючись у деталі, відзначимо, що головна думка нової номенклатури про те, щоб кожна хімічна сполука мала лише одну визначену назву, яка б характеризувала її хімічну сутність та склад, виявилася плідною. Вона внесла порядок та чіткість у позначенні речовин, дозволяла систематизувати величезний фактичний матеріал і надзвичайно полегшила вивчення хімії.

Незважаючи на всі зміни, яким піддавалась номенклатура протягом більш ніж півтори сотні років, її основні принципи збереглися до наших днів.

Цю групу з трьох хіміків, приєднуючи до неї ще й **Воклена**, історики часто називають новою школою, бо вони притримувались теорії Лавуазьє та, до деякої міри, продовжували справу Лавуазьє. Найбільш талановитий з них Бертолле. Він викладав хімію в звичайній школі, а потім у Політехнічній школі в Парижі. Вчений встановив, що амоніак – сполука водню та азоту; відкрив синільну кислоту і не знайшов у ній кисню. У практику текстильного виробництва ввів технологію відбілювання тканини хлором. Діючи на їдкий калій хлором, отримав бертолетову сіль, якою запропонував замінити селітру в процесі виготовлення пороху.

Якось під час дослідів в Арсеналі велика кількість нового пороху вибухнула і Бертолле з Лавуазьє ледве не загинули. Не зважаючи на непостійність характеру, жадність на вшанування, Бертолле – одна з найвизначних фігур нової школи. Вчений відомий своїм уявленням про хімічну спорідненість, яка, як він вважав, пропорційна масі реагуючих речовин, а тому склад речовин змінюється безперервно.

Гітон де Морво увійшов в історію хімії тому, що саме йому належить ідея хімічної номенклатури, створюючи яку, він притримувався й користувався теорією Лавуазьє. Під час революції був вибраний членом Національних зборів та Конвенту. Приймав участь у створенні політехнічної школи, був головним управителем монетного двору.

Фуркруа, лікар за фахом, очевидно найменш талановитий з цієї трійці, (і найбільш заздрісний). Він виділяється перш за все як викладач, популяризатор та організатор. Він був організатором реформи народної освіти під час революції та нової системи навчання. Займався активною політичною діяльністю, був депутатом Конвенту, членом комітету народної освіти, в епоху Наполеона – міністром освіти.

Луї Ніколя Воклен (1763 – 1829), співробітник та спадкоємець Фуркруа на медичному факультеті, його дослідження відзначаються великою точністю, відкрив хром (1797 р.), оксид берилію (1798). Вніс значний внесок у розвиток якісного та кількісного хімічного аналізу. Написав широко відому в той час книгу “**Вступ в аналітичну хімію**”. Створив свою хімічну школу, до якої належав **Луї Жак Теннар** (1777 – 1857), відомий хімік – аналітик, який ввів у лабораторну практику **вакуумний ексикатор** та висушування речовин у ньому над прожареним хлористим кальцієм.

Мартін Генріх Клапрот (1743 – 1817), останні 30 років свого життя був професором хімії у Берліні. В 1785 році за дорученням Німецької АН зробив доповідь про теорію Лавуазьє, супроводжуючи її дослідями. Під час доповіді, будучи флогістиком, переконав себе та інших у справедливості кисневої теорії. Зробив вагомий внесок у розвиток хімічного аналізу. Він відкрив 4 елементи: Уран та

Цирконій в 1789 році, чистий Титан 1795 році (хоча пріоритет відкриття титану у вигляді ільменіту FeTiO_3 належить англійському священнику **Вільяму Грегору**), Церій в 1803 році. Він отримав нові дані про елементи, відкриті іншими дослідниками, вдосконалював старі та вводив нові кількісні методи аналізу.

Величезний вклад в хімічну номенклатуру, зокрема символів хімічних елементів, вніс відомий шведський хімік, граф **Йенс Якоб Берцеліус**, про якого мова буде йти пізніше.

Питання для самоперевірки:

1. Які ви знаєте умови розвитку природознавства у другій половині XVII ст.? Ісаак Ньютон.
2. Що таке «невидима колегія»? Наведіть основні біографічні дані про Роберта Бойля.
3. Що таке флогістон? Що ви знаєте про творців теорії флогістону?
4. Основи пневматичної хімії. Життя та діяльність Генрі Кавендіша
5. Найвідоміші представники пневматичної хімії: Джозеф Прістлі та Карл Шеєле.
6. Які уявлення про хімічну спорідненість були у XVII-XVIII ст.? Що вам відомо про К. Л. Бертолле?
7. Життя та наукова діяльність А. Л. Лавуазьє.
8. Що ви знаєте про досліди Лавуазьє?
9. Життєвий та творчий шлях М.В. Ломоносова.
10. Що вам відомо про Нову школу та хімічну номенклатуру? Які представники Нової школи вам відомі?

Розв'яжіть задачі з теми:

1. Французький хімік, аптекар і лікар **Ніколя Лемері** в 1673 році свого часу спостерігав щось схоже на вулкан. Коли він, змішавши в залізній чашці 2 г залізної тирси і 2 г порошкоподібної сірки, доторкнувся до неї розпеченою скляною паличкою. Через деякий час з приготованої суміші почали вилітати частинки чорного кольору, а сама вона сильно збільшилась в об'ємі і так розігрілася, що почала світитися. Розрахуйте масу утвореного сульфіду.

2. В 1669 році **Йохан Бехер** додав до сульфатної кислоти етиловий спирт і трохи нагрів суміш, при цьому виділявся газ, схожий на метан. Проте, на відміну від метану цей газ горів кіптявим полум'ям і мав слабкий часниковий запах. Бехер назвав його «маслородним», адже його сполука з хлором утворювала масляну рідину, яку з 1795 року називали «маслом голандських хіміків». Що це за газ Бехера, якщо відомо, що при повному згоранні 1 л цього ненасиченого вуглеводню витрачається 3 л кисню?

3. Шведський хімік **К.В. Шеєле** в 1774 році провів дослід, який він описав так: «Я помістив суміш чорної магнезії з мурієвою кислотою в реторту, до горла якої преднав міхур без повітря, і поставив реторту на піщану баню. Міхур наповнився жовтим газом.» Одержаний їдкий, з удушливим запахом, жовто – зелений, отруйний, в 2,448 раз важчий за повітря газ він назвав «дефлогістованою мурієвою кислотою». Розшифруйте сучасною мовою даний дослід, пам'ятаючи, що це один із сучасних лабораторних способів добування простої речовини – газу, який належить до галогенів.

4. Вперше цю сполуку у чистому вигляді добув французький хімік, фізик, ботанік і лікар **Анрі – Луї Дюамель де Монсо** в 1760 році. Речовина являла собою білий порошок з солоно – лужним присмаком. При дії на речовину, навіть, слабких кислот виділявся газ, важчий за повітря, який не підтримував горіння і легко утворював білий осад в вапняній воді. Дюамель, а пізніше в 1845 році німецький лікар Бульріх помітив, що ця сіль легко зупиняє печію, яка виникає при надлишковій кислотності шлунку. Певний час такі ліки називались «сіллю Бульріха». Відомо, що це кисла сіль натрію, в

якій міститься 27,38 % Na, 1,19 % H, 14,28 % C, а все решта – Оксиген. Знайдіть формулу цієї солі.

5. Цей породотворюючий мінерал нефелін досліджувався багатьма хіміками, в тому числі, *Антуаном Лораном Лавуазьє* – саме він встановив, що мінерал мутніє при зануренні його в розчин хлоридної кислоти. Напишіть формулу цієї речовини у формі трьох оксидів, якщо відомо, що до складу нефеліну входить 24,7 % K, 17,1 % Al, 17,72 % Si, 40,48 % O.

РОЗДІЛ 2. Науковий період розвитку хімії

§4. Період кількісних законів. Атомно – молекулярне вчення. Відкриття класифікації та хімічних елементів

Основні короткі відомості про хімію періоду кількісних законів хімії та атомно – молекулярного вчення

1. Закон постійності складу (закон постійних співвідношень).
2. Закон еквівалентів Ріхтера (сполучних ваг).
3. Закон простих співвідношень. Виникнення хімічної атомістики. Джон Дальтон.
4. Закони сполучення газів між собою, Гей-Люссак.
5. Гіпотеза Авогадро.
6. Закон ізоморфізму.
7. Закон Дюлонга і Пті.
8. Гіпотеза Праута.
9. Електрохімічні дослідження. Закони електролізу.
10. Атомістичні уявлення Берцеліуса.
11. Атомна реформа Каніцарро.

Хімія поєднує в собі методи науки та мистецтва – і цим вона відрізняється від всіх інших дисциплін.

Марселен Бертло

Закон постійності складу (закон постійних співвідношень).

Відкрив цей закон **Жозеф Луї Пруст** (1754 – 1826). Він розпочав займатися хімією в аптеці батька, після закінчення Паризького університету зайняв у 1791 році кафедру хімії у Мадридському університеті, мав прекрасну лабораторію, після захоплення Мадриду французами у 1808 році поїхав у Францію, тому що його лабораторія була зруйнована. Поселився в маленькому провінційному містечку, жив бідно. В 1816 році обраний членом Паризької АН. Вів шалену полеміку з Бертолле, який закон Пруста відкидав. Унаслідок дискусії багато хіміків сприйняли точку зору Пруста й визнали його закон. Згідно цього закону всі речовини мають постійний склад незалежно від місця та способу їх одержання.

Закон еквівалентів Ріхтера (сполучних ваг).

Закон каже, що речовини реагують між собою в кількостях, що дорівнюють еквівалентам (сполучним вагам). Сам Ріхтер термін **еквівалент** не використовував, це поняття ввів Кавендіш. Широко застосовував цей термін і склав таблиці еквівалентних ваг англійський хімік **Вільям Гайд Воластон** (1766 – 1828). Тому історик Фігуровський саме йому приписує авторство цього закону.

Закон простих співвідношень. Виникнення хімічної атомістики. Джон Дальтон.



Рис. 24. Джон Дальтон

В кінці XVIII століття вважали атомну будову матерії само собою зрозумілою. Але це була натурфілософська теорія і її не застосовували для пояснення хімічних явищ. Заслуга у використанні атомної теорії для пояснення закономірностей складу речовин належить англійцю **Джону Дальтону** (1766 – 1844).

Він народився в невеликому поселенні Іглсфілд в графстві Камберленд, що в Англії, в родині бідного ткача Джозефа Дальтона і Дебори Грінап, яка походила з процвітаючої англійської сім'ї квакерів – членів християнського руху, чия ідеологія йшла в розріз Новому Завіту.

У віці 15 років, Джон допомагає старшому братові Джонатану управляти справами в його приватній квакерській школі в містечку Кенда в графстві Камбрія.

З 1787 р. вчений веде щоденник метеорологічних спостережень і за все своє подальше життя (більше 57 років) він запише в ньому близько 20 000 погодних спостережень.

В 1790 р. Дальтон будує плани щодо вступу на юридичний або медичний факультет інституту, та оскільки він належав до «сектантів» - до членів груп, що протистояли англіканській церкві - вчитися в англійських навчальних закладах йому забороняється.

В 1793 р. вчений переїжджає в Манчестер, де отримує посаду вчителя математики і натуральної філософії в Новому коледжі - сектантської академії, що надає робочі місця релігійним нонконформістам без вищої освіти.

Всі юнацькі роки прикладом і зразком для наслідування для Дальтона був *Елайх Робінсон* - видатний квакер, непогрішний метеоролог, який і прищепив хлопчикові інтерес до математики і метеорології.

В 1793 р. виходить в світ перша книга нарисів Дальтона на метеорологічні теми, заснована на його особистих спостереженнях. Ця робота закладає основи всіх його подальших праць.

В 1794 р. вчений пише наукову статтю під назвою «**Незвичайні факти щодо бачення квітів**» - одну з найбільш ранніх своїх робіт на тему кольорного сприйняття людського ока.

Він вводить термін «**дальтонізм**» для визначення кольірної сліпоти, який отримав свою назву від імені вченого. Сам Дальтон помітив, що страждає цим недугою, тільки після того, як в 1790 році захопився ботанікою і виявилось, що йому важко розібратися в ботанічних монографіях і визначниках. Коли в тексті йшлося про білі або жовті квіти, він не відчував труднощів, але якщо квітки описувалися як пурпурні, рожеві або темно-червоні, всі вони здавалися Дальтону такими, що не відрізнялись від синіх. Нерідко, визначаючи рослину за описом у книзі, вченому доводилося питати у кого-небудь: це блакитна чи рожева квітка? Люди, що знаходилися в цей самий час поруч із вченим думали, що він жартує. Джона розумів тільки його брат, який володів тим же спадковим дефектом.

Сам Дальтон, порівнюючи своє сприйняття кольорів з баченням квітів друзями і знайомими, вирішив, що в його очах є якийсь синій світлофільтр, а тому він наказав своєму лаборанту після смерті витягти його очі і перевірити, чи не забарвлене в блакитний колір так зване склоподібне тіло - драглиста маса, що заповнює очне яблуко.

Лаборант виконав заповіт вченого і не знайшов в його очах нічого особливого. Він припустив, що у Дальтона, можливо, було щось не в порядку із зоровими нервами.

Зараз очі Дальтона зберігаються в банці зі спиртом в Манчестерському літературно-філософському товаристві, і вже в наш час, в 1995 році, генетики виділили і дослідили ДНК із сітківки. Як і слід було очікувати, в ній виявилися гени дальтонізму.

В 1800 р. Дальтон робить доповідь, представляючи публіці свою статтю «**Експериментальні замітки**», мова в якій йде про досліди з газами і вивченні природи та хімічної складової повітря щодо атмосферного тиску.

До 1803 року його досліди з тиском суміші ідеальних газів призводять до виведення «**закону парціального тиску**», який в наші дні широко застосовується аквалангістами для вимірювання рівня тиску на різних глибинах океану і його впливу на рівень споживання дихального газу і концентрації азоту.

На початку 1800-х р.р. Дальтон формулює **теорію теплового розширення і реакції нагрівання та охолодження в газах** з урахуванням розширення і стиснення повітря.

В 1808 р. вийшла у світ його праця «Нова система хімічної філософії», де вчений розробляє атомну теорію будови речовини і стає першим науковцем, що склав таблицю відносних атомних ваг, на яку його наптовхнула улюблена гра в кулі. Ця теорія, що заклала основи для подальших досліджень в даній області, актуальна і в наш час.

Дальтон все життя залишався холостяком, вів скромне життя і спілкувався лише з кількома друзями, які належали до групи квакерів. Він завжди носив костюм квакерів: короткі, до колін брюки, сірі панчохи, туфлі з пряжками і білий галстук. У Дальтона був глухий хриплий голос, погана дикція і непримітний зовнішній вигляд. Він мало читав і часто говорив, що «зможе перенести свою бібліотеку на спині» і що «навіть із цих книг він не прочитав і половини».

В 1837 р. вчений переносить серцевий напад, за яким, через кілька років, піде ще один, внаслідок чого у нього з'являються проблеми з вимовою. Після третього удару, у віці 77 років, Дальтон падає з ліжка, а через деякий час служниця, яка принесла вченому чай, знаходить його мертвим.

Поховали Дальтона в Манчестерській ратуші.

Коли Дальтон був ще живий, в Манчестерській ратуші йому була споруджена велика статуя. Таким чином, він став, мабуть, єдиним вченим, пам'ятник якому було поставлено ще за життя.

На згадку про його наукові досягнення, багато хіміків і біохіміків користуються позасистемної одиницею виміру «дальтон», що є атомної одиницею маси.

Розглянемо ідеї вченого більш детально. Аналізуючи склад CO та CO₂, а також маслородного газу (C₂H₄) та марш-газу (CH₄), Дальтон дійшов висновку, що вагові кількості кисню у перших двох речовинах та водню у другій парі співвідносяться кратно (тобто на 1 вагу C приходить у першій речовині кисню 1,3 ваги, у другій – 2,6; на 1 вагу C у третій – 0,16 ваги водню, у четвертій – 0,33) (табл. 3).

Таблиця 3

Визначення вагових часток в газах Д. Дальтоном

Речовина	Вагова частка С	Вагова частка О
CO	3	3,9≈4
CO ₂	3	7,8≈8
CH ₄	6	2
етилен	6	1

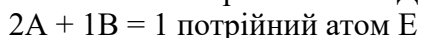
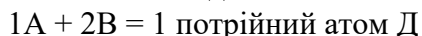
Звідси випливає закон кратних співвідношень: відносні вагові кількості елементів у їх різних сполуках співвідносяться як невеликі цілі числа. Дальтон висуває нову версію атомістичної теорії, згідно з якою сполуки можуть відрізнятися на цілі атоми і саме ця обставина може пояснити закон постійності складу, закон кратних співвідношень. При цьому вчений, віддаючи данину поваги Демокріту, зберіг термін «**атом**» та ввів поняття «простого» і «складного атома» (тепер молекули). Свою теорію він детально виклав у праці “Нова система хімічної філософії”, про що вже згадувалось раніше.

В тому ж році **Воластон** опублікував свою роботу з дослідження кислих та нейтральних карбонатів і показав, що в кислому карбонаті калію їх співвідношення як 1:1, а в нейтральному як 1:2. Тим самим він підтвердив справедливості кратних співвідношень. Крім того, Воластон усіляко сприяв утвердженню атомістичної теорії як пропагандист.

Ці ваги досить близькі до еквівалентів, але це не атомні маси в нинішньому розумінні. Використовуючи досвід Лавуазьє, Дальтон запропонував символіку позначення атомів елементів, використовуючи у деяких випадках перші літери назв у середині кіл, а також складних атомів сполук.

При побудові складних атомів він використовував принцип максимальної простоти: якщо два елементи утворюють одну сполуку, тоді складний атом останньої

може бути тільки подвійним, якщо дві – тоді складний атом однієї – подвійний, а іншої – потрійний; якщо ж три сполуки – одна подвійна і дві потрійні, якщо чотири – одна подвійна, дві потрійні, і одна четверна, тобто:



Саме тому Дальтон складні атоми води та амоніаку вважав подвійними (неправильно), але правильно дав будову вуглекислого газу та CO, а також оксидів азоту та сірки (на рис. 24), але неправильно метану (CH₂) та етилену (CH) (він знав тільки ці вуглеводні).

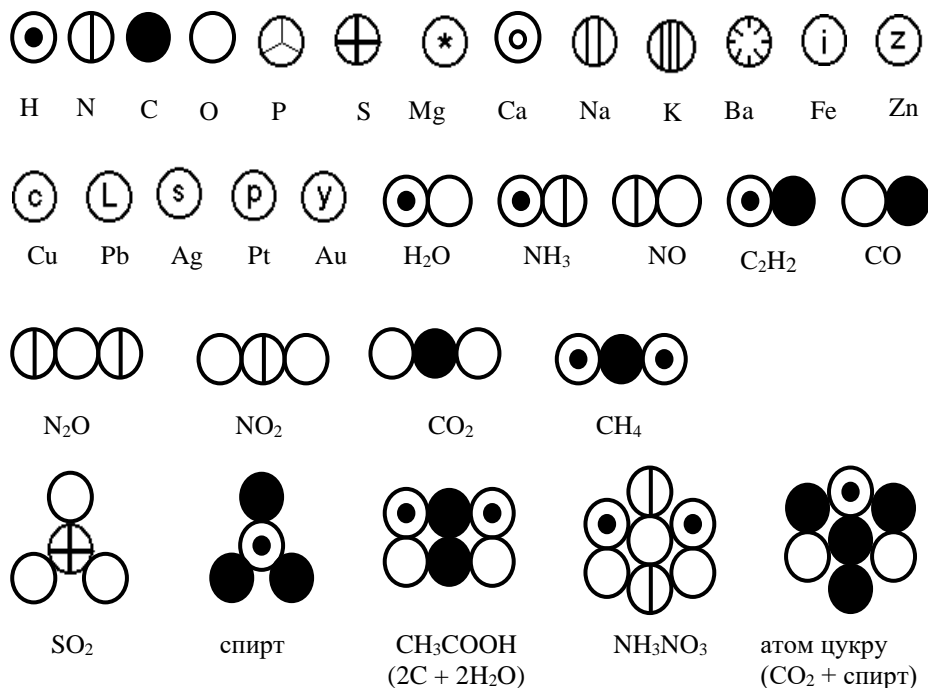


Рис. 25. Символіка Дальтона

І вже виходячи з цих формул, базуючись на елементному аналізі, вчений визначав атомні ваги, тобто пройшов шлях, зворотній тому, який від часів Берцеліуса став загально прийнятим: виходячи з даних елементного аналізу, користуючись відомими атомними вагами – до емпіричної формули.

Багато сучасників відносились до простого вчителя коледжу Дальтона, як до самоучки, скептично, дивились на нього, задираючи ніс до гори, і спробували зменшити його заслуги та приписати їх іншим.

Але він дав і дійсні зачіпки для скептичного відношення до нього, особливо це стосується правил складання формул сполук. Та й пропагував свої ідеї Дальтон неактивно. Воластон та шведський хімік **Томас Томсон** (1773 – 1852) у цьому напрямку зробили набагато більше, ніж він сам. До того ж вчений був надміру самовпевненим і вважав свої ідеї непогрішимими.

Дальтон уперше склав таблицю атомних ваг (табл. 4), прийнявши вагу атому водню за 1.

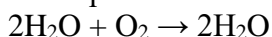
Таблиця атомних ваг Д. Дальтона

Атом	Вага	Атом	Вага
Водень	1,00	Оксид вуглецю	10,20
Азот	4,00	Селітровий оксид	13,66
Вуглець	4,50	Селітрова кислота	15,32
Аміак	5,00	Вугільна кислота	15,80
Кисень	5,66	Сірка	17,00
Вода	6,66	Сірчаста кислота	22,66
Селітряний газ	9,66	Сірчана кислота	28,32

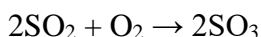
Закони сполучення газів між собою, Гей-Люссак.

В розвитку хімічної атомістики важливу роль зіграв закон постійності об'ємних співвідношень, в яких гази вступають у хімічну реакцію. Даний закон відкритий *Жозефом Луї Гей – Люссаком* (1778 – 1850) - відомим французьким хіміком і фізиком. Він був учнем Бертолле. З 1809 року професор хімії в Політехнічній школі і професор фізики в Сорбонні., а з 1839 року – пер Франції.

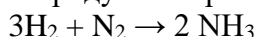
В одному з дослідів вчений установив, що воду можна одержати з кисню та водню в об'ємному співвідношенні 1:2. Об'ємні співвідношення існують також між реагуючими речовинами та газоподібними продуктами реакції. Хімік показав, що:



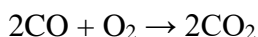
$$2 + 1 = 2$$



$$2 + 1 = 2$$



$$3 + 1 = 2$$



$$2 + 1 = 2$$

Гей – Люссак пояснював свої результати тим, що в однакових об'ємах різних газів за однакових умов містяться рівні числа атомів. При цьому він не робив різниці між простими та складними атомами.

Дж. Дальтон закон Гей-Люссака не визнавав, а досліді з визначення об'ємів реагуючих газів вважав помилковими. Гей-Люссак, крім газів та об'ємного аналізу, працював і в інших напрямках: в органіці та неорганіці. Він уперше отримав ціан ($\text{Hg}(\text{CN})_2 \rightarrow \text{Hg} + (\text{CN})_2$), відзначив його аналогію з галогенами. Вивчав реакцію заміщення ($\text{Cl}_2 + \text{HCN} \rightarrow \text{HCl} + \text{ClCN}$) та визначив, що один еквівалент хлору витісняє один еквівалент водню.

Разом із *Тенаром* пропускав хлор через розжарене вугілля і не спостерігав ніякої реакції, внаслідок чого припустив, що хлор – простий елемент, а не оксид мурієвого радикала, як вважали до цього. Вчений дійшов висновку, що спирт утворюється з етилену та води. Густина парів спирту показала, що він утворений з одного об'єму води та одного об'єму етилену.

Цукор, за думкою Гей-Люссака, сполука вуглецю та води. В 1827 році в технологію отримання сірчаної кислоти він увів башту, яка носить його ім'я. Це дозволило регулювати подачу нітрози в умовах промислового одержання сірчаної кислоти камерним способом і тим самим зробити економічним сам процес.

Для дослідів посуд, зокрема, дорогі німецькі скляні пробірки, Гей – Люссак замовляв за кордоном. Проблемою тут була не стільки ціна за посуд, скільки мито на кордоні, яке було майже в два рази більшим за ціну. Саме тоді вчений разом зі своїм другом, німецьким математиком і фізиком *Александром Гумбольдтом* придумали спосіб, як обійти плату за мито. Для цього Гумбольдт в своїй лабораторії запаював на пальнику пробірки і складав у ящик, на якому було написано: «Обережно! Німецьке повітря!». На кордоні ж в переліку речей, які підлягали накладенню мита, не рахувалось «німецьке повітря», - а тому такий товар до Гей – Люссака доходив без митної оплати. В своїй лабораторії хімік зрізав напаяний кінець і вже тоді сміливо користувався звичайними пробірками!

Гіпотеза Авогадро.

Хіміки того часу плутали поняття сполучної ваги, еквівалента, атома та молекули. Тому не могли бути визначеними атомні ваги та молекулярні формули, що з них випливали. Розв'язати цю проблему спромоглась теорія (чи гіпотеза) Авогадро.

Амадео Авогадро (1776 – 1856) був за освітою юристом, але з 1800 року розпочав вивчати математику та фізику і невдовзі став викладати ці предмети. В 1820 році він зайняв кафедру математичної фізики в Туріні, але був звільнений за політичними мотивами, зайняв ту ж кафедру знову лише в 1834 році і працював там до самої смерті. Його наукові праці, воістину безсмертні, заклали основи молекулярної теорії.

Молекулярна теорія була вперше висловлена Авогадро в 1811 році в статті з дивним заголовком: “Опис способу визначення відносних мас елементарних молекулярних тіл та співвідношень, в яких вони входять у ці сполуки”. Він висловив гіпотезу, що в однакових об'ємах газів знаходиться однакове число молекул (а не атомів), оскільки вони знаходяться на дуже великій відстані один від одного і між собою не взаємодіють. Основою для правильного визначення складу молекул з атомів він приймав закон Гей-Люсака про об'ємні співвідношення газів. З досвіду випливало, що один об'єм кисню сполучається з двома об'ємами водню, отже молекула води складається з одного атома кисню та двох атомів водню (що давало сучасну формулу H_2O), три об'єми водню сполучаються з одним об'ємом азоту, отже формула аміаку NH_3 . Більш того, якщо один об'єм хлору реагує з одним об'ємом водню і дає два об'єми HCl , а один об'єм азоту та один об'єм кисню дають два об'єми NO , тоді вихідні молекули хлору, водню, азоту та кисню не є одноатомні, вони подвоєні: Cl_2 , N_2 , H_2 , O_2 .

Теорія Авогадро залишилась непоміченою хіміками за життя вченого. Історики хімії бачать причину цього в тому, що він сам не займався експериментами. Але це не має значення, адже вчений використовував дані таких гігантів, як Гей-Люсак, Дюма та Берцеліус. Також існує звинувачення, що він не друкував своїх робіт у хімічних журналах, але й це нісенітниця; скоріш за все хіміки ще не були готові сприйняти теорію Авогадро за своїм психологічним станом. Як інколи старше покоління людей все ще не може сприйняти, що комунізм та соціалізм – прекрасна утопія, тобто з практичної сторони є не ніщо інше, як абсурд.

Авогадро вів правильний і розмірений спосіб життя, він був батьком восьми дітей, глибоко зневажав розкіш і був байдужий до своїх заслуг і популярності.

До речі, якось відомий німецький фізик і математик **К.Ф. Гаусс** сказав італійському хіміку А. Авогадро: «Наука настільки є наукою, наскільки вона підпорядковується законам математики, а хімія – це не наука, а лише своєрідне мистецтво!», на що Авогадро вирішив продемонструвати своєму знайомому нещодавно відкритий Гей – Люссаком закон об'ємних співвідношень у газів, посперечавшись з ним на те, що цей закон хімії може злегкістю обійти закони математики, на що математик і фізик Гаусс відповів, що це не можливо. Тоді Авогадро спалив перед ним 2 л водню в 1 л кисню і одержав 2 л водяної пари, тобто $2 + 1 = 2!!!$ Після цього видатний хімік запитав видатного математика: «Ну що скаже на це тепер ваша математика?»

Були спроби й інших учених розібратися з молекулярною теорією. Фізик **Андре Марі Ампер** (1775 – 1836) висловив ідеї, аналогічні ідеям Авогадро, але він чомусь молекулярні маси речовин подвоював: $(H_2O)_2 = H_4O_2$ та $(NH_3)_2 = N_2H_6$. І це все ще більш плутало дослідників. Розсіяність Ампера вражала. Він міг іти по вулиці, щось вираховуючи собі в голові. Раптом він побачив перед собою чорну дошку, таку ж, як і в його аудиторії. Зрадивши, вчений підбіг до неї, дістав шматочок крейди, яку завжди мав при собі, і почав писати формули. Дошка, однак, зрушила з місця. Ампер, не усвідомлюючи того, що робить, пішов за нею. Дошка набирала швидкість і видатний фізик побіг за нею. Отямився він тільки тоді, коли почув нестримний сміх перехожих.

Аж тепер вчений помітив, що дошка, на якій він писав формули, - це задня стінка чорної карети.

Жан Батист Дюма, видатний французький хімік-органік, запропонував метод визначення густини парів речовин, які рідкі та тверді за нормальних умов, що давало можливість визначати молекулярні маси складних молекул. Але Дюма не розрізняв атом і молекулу простих газів (азот, кисень та інші), тому не зміг до кінця розібратися в цих питаннях, проте, його заслуга полягає в тому, що він розробив метод визначення молекулярних ваг за густиною парів речовин.

Не можна не згадати **Марка Антуана Годена** (1804 –1880), простого обчислювача в Паризькому Бюро Довжин, який не мав лабораторії і не вмів ставити експеримент. Але він у своїй статті в 1830 році проводить чітку межу між атомом та молекулою і приймав, що молекула ртуті в парах одноатомна. Звідси, виходячи з густини парів ртуті у співвідношенні до кисню, яку знайшов Дюма і яка дорівнювала 6,321, він вираховував, що атомна вага ртуті повинна дорівнювати 100. Але насправді вона дорівнює 200, отже молекула кисню складається з двох атомів, адже, щоб одержати 200, треба 6,321 помножити на 32, а не на 16, тобто:

$$\frac{d_{Hg}}{d_{O_2}} = \frac{M_{Hg}}{M_{O_2}} = \frac{A_{Hg}}{2A_O}$$

Статтю Годена спіткала та ж участь, що й роботу Авогадро – вона залишилась непоміченою за життя видатного вченого.

Закон ізоморфізму.

Закон відкрив в 1819 році **Ейлхард Мітчерліх** (1794 – 1863). Замолоду він вивчав східні мови і хотів стати дипломатом, але потім вивчав медицину та природничі науки в Гейдельберзі, вчився рік у Берцеліуса, згодом зайняв кафедру хімії Берлінського університету після смерті Клапрота. Суть закону полягає в тому, що різні сполуки з однаковим числом атомів і однаковим їх розміщенням у просторі в молекулі дають одну і ту ж кристалічну форму, тобто ізоморфні. Вчений знайшов ізоморфними (тобто такими, що мають одну й ту ж формулу) сульфати Pb, Ba, Sr, карбонати Ca, Fe, Zn, Mn, Mg. Вони разом кристалізуються та утворюють змішані кристали, порушуючи закон постійності складу Пруста. Цей закон дав можливість правильно визначити молекулярні формули, молекулярні та атомні ваги різних речовин.

Закон Дюлонга та Пті.

Алексіс Тереза Пті (1791 – 1820) – професор фізики в Політехнічній школі в Парижі та **П'єр Луї Дюлонг** (1785 – 1838), лікар, що зацікавився хімією, працював у Бертолле. Тут, вивчаючи дію хлору на амоніак, отримав хлорид азоту. Якось внаслідок вибуху останнього втратив око та два пальці руки. Пізніше Дюлонг професор фізики та директор Паризької Політехнічної школи. Закон мовить: добуток атомної маси на питому теплоємність (тобто атомну теплоємність) є величина стала. Закон був перевірений на 13 твердих елементарних тілах і дав можливість Берцеліусу правильно оцінити атомні маси багатьох елементів.

Гіпотеза Праута.

Вільям Праут (1785 – 1850), лондонський лікар та хімік, вів дослідження в області органічної хімії. В 1815 та 1816 роках у журналі “**Аннали філософії**” з'явилися дві його статті, в яких висловлена ідея, що атомні маси простих тіл є кратними атомній масі водню (що дорівнює 1) і повинні бути цілими числами. Він вважав, що всі тіла складаються з первинної матерії «**протілу**» і цим протілом є водень. Цю гіпотезу багато учених зустріли з ентузіазмом, але Берцеліус виступив проти, тому що більшість атомних ваг у нього не були цілими, що відповідало дійсності, адже атомна вага, визначена тодішніми методами, була усередненою від

атомних ваг усіх ізотопів. Гіпотеза Праута майже на століття була забута, але потім знову відродилась, коли стала відома будова атома та ядра.

Електрохімічні дослідження. Закони електролізу.

У світ хімії проникла електрика. Ось як це сталося. Про електрику знали ще Древні Греки: якщо потерти бурштин, він притягує дрібні речі. Фізик *Гілберт* в 1600 році назвав такі тіла *електриками* (грецькою мовою «бурштин» – означає «електрон»), такі тіла здатні нагромаджувати в собі електрику та переносять електричний заряд. В 1733 році французький хімік *Шарль Дюфе* (1698 – 1739) встановив, що існує 2 види електричних зарядів: один із них виникає на склі, інший на бурштині. Заряди одного виду відштовхуються, різних видів притягуються. В 1780 році італійський медик *Гальвані* випадково доторкнувся до препарованої лапки жаби, що висіла на залізному гачку мідним предметом, в наслідок чого лапка скоротилась. Це явище Гальвані пояснив виникненням так званої «**тваринної електрики**» (електрики, що виникає під дією життєвих сил в організмі тварин). В очевидь, що явище виникнення електричного струму між різними металами в провідному середовищі згодом називатимуть **гальванічним елементом**. Вчені дослідили, що гальванічний елемент був відомий ще у Стародавньому Вавилоні, про що свідчить археологічна знахідка керамічної посудини з мідним циліндром та залізним стрижнем у середині. Посудина містить також залишки бітуму.

Співвітчизник Гальвані і його вічний суперник італійський фізик *Олессандро Вольт* (1745 – 1827) критикував Гальвані та вважав, що електрика виникає від дотику двох різних металів (контактна електрика), а лапка – усього на всього чутливий гальванометр. Він вивчав різні пари металів і склав ряд напруг. В 1799 році він винайшов так званий **Вольтів стовп**, тобто електричну батарею, що складалась з 20 пар кружків цинку та міді, перекладених вовняною тканиною, що була просякнута кислотою. Цей найвизначніший винахід дав широкий простір для подальших наукових досліджень.

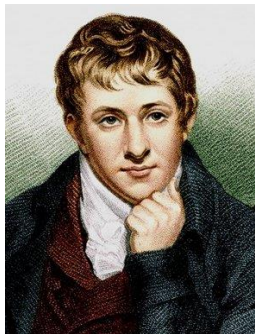


Рис. 26. Гемфрі Деві

На наступному етапі дослідження електрики виділяється такий гігант, як англійський хімік *Гемфрі Деві* (1778 – 1829), один із найвидатніших дослідників XIX століття. Він народився в маленькому містечку Пензансі, що на південному заході Англії. Про цю місцевість є старовинна приказка: "Південний вітер приносить туди зливи, а північний - повертає їх".

Батько Гемфрі був різьбярем по дереву і про таких як він казали, що "не вміють рахувати гроші", тому сім'я насилу зводила кінці з кінцями.

Гемфрі ще в дитинстві здивував усіх своїми надзвичайними здібностями. Після смерті батька він став учнем аптекаря і зміг здійснити свою давню мрію – зайнятися улюбленою справою – хімією. Він був самоучка і вивчив хімію за підручником Лавуазьє уже в 1797 році в 19-річному віці.

Пізніше вчений став керівником лабораторії у Пневматичному інституті. Зі шкодою для здоров'я випробовував на собі дію закисі азоту (N_2O) та відкрив його звеселяючий та знеболюючий ефект; під його наркотичним впливом часто читав привселюдні лекції. Саме ця наркотична речовина – «веселильний газ», якою Деві часто зловживав, вкоротила віку вченому, хоча, цей газ приніс йому свого часу славу.

В 1801 році його запросили в Королівський інститут у Лондоні. Він був блискучим лектором і вже в 1803 році обраний членом Королівського Товариства. В 1812 році, у віці тридцяти чотирьох років, Деві був удостоєний титулу лорда за свої наукові заслуги. В цей же час у нього виявився і поетичний талент і хімік увійшов в гурток англійських поетів-романтиків так званої "Озерної школи". Незабаром його дружиною стала леді Джейн Ейпріс, родичка знаменитого письменника *Вальтера Скотта*, але цей шлюб не був щасливим.

В 1815 році він винайшов безпечну лампу для шахтарів, для цього вчений помістив вогник усередині металічної сітки, що запобігало вибуху рудникового газу. І це принесло йому славу серед простих робітників, шахтерів та гірників. Вони на його честь навіть складали поеми і пісні. В 1820 році він став президентом Королівського Товариства.

На початку 1827 року Деві, відчуваючи нездужання, їде з Лондона на лікування до Франції та Італії разом з братом. Дружина не вважала за потрібне супроводжувати хворого чоловіка. В 1829 році в Женеві, на зворотному шляху до Англії, Деві вразив апоплексичний удар, від якого він і помер на 51-му році життя. Поруч з ним був тільки його брат. Деві поховали у Вестмінстерському абатстві в Лондоні, де покоїться прах видатних синів Англії.

За допомогою Вольтового стовпа, що складався з 250 металічних пластинок, Деві розклав воду і показав, що з неї утворюється один об'єм кисню та два об'єми водню.

Пропускаючи струм через тверді сухі луги та їх розчини, він нічого не одержав, крім водню та кисню (у разі розчинів). Але коли він здогадався розтопити матеріал, тоді з розплаву поташу він одержав Калій, а з розплаву соди – Натрій (назвав їх відповідно «Потасієм» та «Содієм», хоча ці назви не прижились у науковому світі). У вигляді ртутної амальгами отримав Магній, Стронцій, Барій та Кальцій. Вчений одержав KCl із Cl_2 та K , а також із K та HCl – продукт був однаковий. Хлор не діяв на розпечене вугілля – тому хлор він відніс до простих елементів і довів, що він не містить кисню, як вважалось раніше. Виділив Бор, але не зміг виділити Фтор. Довів елементарну природу йоду. Відомий хімік також довів, що соляна кислота не містить кисню, тобто він довів необґрунтованість (неспроможність) кисневої теорії кислот Лавуазьє.

Деві автор першої електрохімічної теорії, згідно з якою два різних атоми при терті утворюють протилежні заряди, внаслідок чого вони притягуються та утворюють сполуку. Так виникла електрична теорія хімічної спорідненості.

З історичних джерел відомо, що Гемфрі Деві дотримувався трьох заповідей в своєму житті.

Перша заповідь: «Нехай з кожним роком роблюсь я кращим, кориснішим, менш егоїстичним, але відданим справі людства і науки». Ці слова видатний англієць виправдав своїм життям та науковим подвигом.

Друга заповідь: «Живи в небезпеці!». Лорд Гемфрі Деві позбувся ока під час електролізу розплаву поташу, відкривши металічний Калій; ледь не загинув при випробуванні синтезованої ним разом з М. Фарадеєм речовини NCI_3 (зараз має назву «**рідина Фарадея**»), також ледь не позбувся життя під час спроби одержати вільний фтор. Вчений синтезував «веселящий газ» – речовину, що володіє наркотичними властивостями та є отруйною, ту, яку разом із друзями та колегами вдихав у великій кількості. Протягом всього життя він не шкодував себе заради науки.

Третя заповідь: «Не варто мати почесті, але неприємно, коли на них заслуговуєш, проте не маєш». Сам Наполеон Бонапарт особисто нагородив Деві золотою медаллю



Рис. 27. М. Фарадей

за заслуги у дослідженнях з електрохімії. В 1820 році Деві присвоїли титул лорда. Деві походив з бідної сім'ї, та проте завдяки своїй наполегливості і жаги до знань, він пройшов шлях від учня аптекаря до професора та директора Королівського інституту. За свої заслуги був посвячений у рицарі, хоч і не мав «благородного» походження.

Коли наприкінці життя Деві запитали, яке найбільше відкриття він зробив у своєму житті, вчений впевнено відповів: «Я відкрив Майкла Фарадея!»

Естафету досліджень з електролізу підхопив учень Деві **Майкл Фарадей** (1791–1867). Він увів терміни: **електроліз, електроліт, електрод, анод, катод, іон, аніон, катіон**.

Майкл Фарадей народився 22 вересня 1791 року в містечку Ньюнгтон-Баттс, що поблизу Лондона і був одним із 10 - ти дітей в сім'ї. Батько його був звичайним ковалем з передмістя. І батько, і мати підтримували сина, який з юних років демонстрував тягу до знань. Намагались допомагали йому матеріально. Останнє було для сім'ї особливо важливо, оскільки жили Фарадеї бідно.

У 13-річному віці Майкл змушений покинути навчання в середній школі, оскільки батьки були просто не в змозі оплачувати його навчання, і юний син ковала відправляється працювати. Спочатку він розносить газети і книги, а в 14 років став підмайстром в книжковій крамниці. Тут Майкл добре освоїв роботу палітурника. В цілому в палітурній майстерні Фарадей пропрацював 7 років. Весь цей час він займається самоосвітою. Займався наполегливо, віддаючи цьому весь свій вільний час. Улюбленими науками Майкла стають хімія і фізика. Він облаштовує домашню лабораторію, в якій ставить експерименти, виготовляє електростатичні прилади. Тоді ж він відвідує Міське філософське товариство, бере участь в диспутах з фізики і астрономії.

В 1812 році відбулася подія, яка стала поворотною в житті майбутнього вченого. Один з клієнтів майстерні віддав молодому палітурнику квитки на лекційні вечори Гемфрі Деві, які той проводив в Королівському інституті. Кілька разів відвідавши лекції Деві, Майкл друкує їх за свій кошт і приносить їх автору. Так відбулося перше знайомство Деві і Фарадея. Згодом Майкл відправляє Деві лист з проханням прийняти його в Королівський інститут на роботу. Відомий хімік був вражений знаннями молодого людини, але відкритих вакансій в інституті тоді не було. Майклу довелося почекати кілька місяців, а потім він приступив до виконання обов'язків лаборанта хімічної лабораторії при інституті. Незабаром після цього Деві, який з дружиною вирушає в подорож по Європі, бере з собою і Фарадея. Під час цієї подорожі Майкл познайомиться з Гей – Люссаком, Ампером, Вольта і деякими іншими видатними вченими того часу.

В 1815 році, після закінчення подорожі, Фарадей починає дуже активно працювати, зосереджуючись на самостійних наукових дослідженнях. Уже в наступному році в Товаристві для самоосвіти Майкл приступає до читання курсу лекцій з хімії і фізики. У цей період Фарадею вдається отримати бензол, домогтися зрідження хлору і ряду інших газів.

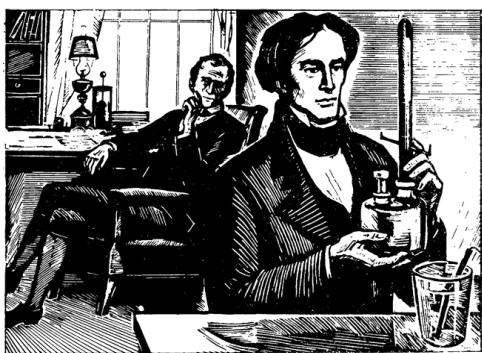


Рис. 28. Фарадей і Деві в своїй лабораторії

В 1821 році Фарадей створює першу модель електродвигуна. Протягом наступного десятиліття вчений досліджує взаємозв'язок магнітних явищ і електрики. У 1824 році Майкла обирають членом Королівського товариства, а з 1825 – його президентом. Варто відзначити, що цьому активно протидіяв Деві, відносини з яким у Фарадея на той час стали досить напруженими.

В 1831 році в результаті багаторічної роботи Фарадей відкриває явище **електромагнітної індукції**. Незабаром вчений виводить основні закони явища, досліджує самоіндукцію, встановлює правила залежності індукційного струму від магнітних особливостей середовища, створює генератор. Сьогодні всі генератори змінного і постійного струму працюють саме завдяки відкриттям Фарадея в області електромагнітної індукції.

Потім Фарадей переходить до дослідів з проходженням електричного струму через розчини лугів, солей, кислот. У 1833 – 34 р.р. були відкриті закони електролізу, нині відомі як закони Фарадея. У 1833 році вчений винаходить абсолютно новий прилад – **вольтметр**.

Вчений установив, що одна й та ж кількість струму розкладає воду, розчини кислот та солей так, що завжди виділяється еквівалентні кількості водню та металів на катоді, та кисню на аноді.

Виходячи з таких ретельних експериментів, він установив два закони електролізу:

1. Кількість речовини, що виділяється при розкладанні електричним струмом, пропорційна кількості електрики, яка пропущена через електроліт.

2. Кількість речовини, що виділяється при одній і тій же кількості електрики, пропорційна хімічному еквіваленту речовини.

Всі ці закони дозволяли визначити еквіваленти чи навіть атомні маси, але на той час хіміки такою можливістю не скористалися, адже одним із головних супротивників визнання можливості цих законів для визначення атомних ваг був сам Берцеліус, незаперечний авторитет того часу.

В 1840-х роках слідує цілий ланцюжок відкриттів: 1845 рік - відкриття «**ефекту Фарадея**», діамagnetизму, введення терміну «**магнітне поле**»; 1847 рік - парамагнетизм. У 1850 році була сформульована концепція поля.

Майкл Фарадей першим із хіміків починає читати безкоштовні лекції для обдарованих дітей в Королівському товаристві, на яких відомий вчений демонструє цікаві досліди з хімії і фізики.

Незабаром Фарадей починає страждати раптовими втратами пам'яті. Деякий час він ще працює, читає лекції, але змушений піти на відпочинок. Королева розпоряджається виділити вченому особняк біля Лондона.

12 березня 1862 року вчений зафіксував в журналі свій останній досвід. 25 серпня 1867 року Майкл Фарадей помер. Його знайшли в кріслі за робочим столом.

Декілька цікавих фактів про вченого:

1. Фарадей не отримав середньої освіти, був самоуком.
2. Вчений листувався з **Чарльзом Діккенсом**, активно цікавився літературою і театром.
3. Талісманом Фарадея був магніт, який він довгі роки носив у кишені.
4. Видатний хімік і фізик був почесним членом 72 наукових товариств.
5. Практично до самої смерті читав публічні лекції, відмовляючись їх скасовувати навіть при загостренні хвороби.
6. Фарадей був старійшиною секти сандиманіанців (прихильників дослівного тлумачення Біблії).

Ось ще один спогад про Майкла Фарадея.

Гемфрі Деві якось розповідав колезі про свого нового учня:

- Дуже працьовитий та талановитий хлопець, - сказав Деві.
- А чи полюбляє він, сер, мити брудний лабораторний посуд?, - запитав гість.
- Так! Він мие його ретельно і з великим задоволенням!, - відповів Деві.
- У такому разі я Вас вітаю! Ваш учень може стати видатною людиною. — відповів гість.

Цим новим учнем Деві, про якого велась розмова, був Майкл Фарадей.

Атомістичні уявлення Берцеліуса.



Рис. 29. Й.Я. Берцеліус

Особливо велика роль у розвитку хімічної атомістики належить видатному шведському хіміку **Йєнсу Якобу Берцеліусу** (1779 – 1848).

Хімією Якоб Берцеліус захопився тільки в двадцятирічному віці, але вже в 29 років він був обраний членом Шведської королівської Академії наук, а в 31 – став її президентом.

Берцеліус на досвіді підтвердив багато хімічних законів, відомих на той час. Працездатність вченого вражає: він проводив в лабораторії по 12-14 годин на добу.

Протягом своєї двадцятирічної наукової діяльності вчений дослідив понад дві тисячі речовин і точно визначив їх склад. Він відкрив три нових хімічних елемента (церій Се, торій Th і селен Se), вперше виділив у вільному стані кремній Si, титан Ti,

тантал Ta і цирконій Zr. Він з великою точністю на достатньо простих аптечних терезах достатньо точно виміряв маси всіх відомих на той час елементів.

Берцеліус вчився на медичному факультеті Упсальського університету, у 1807 році став професором медицини та фармації Медико-хірургічної Академії у Стокгольмі. Він підтримував зв'язки практично з усіма видатними вченими того часу, мав величезну кількість учнів. Як хімік-дослідник Берцеліус сформувався під впливом кисневої теорії Лавуазьє. Віра в непогрішимість теорії Лавуазьє була настільки сильною, що він не помічав у ній серйозних протиріч. Так, вчений вважав, що всі кислоти містять кисень і шукав його наявність у соляній кислоті (і в амоніаці теж), а будь-яку сіль сприймав як сполуку кислотного та лужного оксидів, як і Лавуазьє.

І лише в 1825 році Берцеліус вимушений був визнати, що існують кислоти, які не містять кисню. Гей-Люссак та Тенар це показали ще в 1808 році, причому Гей-Люссак назвав такі кислоти **водневими**. Те ж саме показав в 1815 році Деві, який вважав, що головною складовою частиною кислот є водень, а не кисень.

Берцеліус визнавав стехіометрію Ріхтера та закон постійності складу Пруста. Проводив дослідження в цій області, виходячи з них, запропонував закон кисню, згідно з яким кількість кисню в лузі та кислоті, що утворюють сіль, знаходяться в простому співвідношенні. Захоплювався теорією Дальтона і на її базі здійснив реформу в хімії.

Вчений багато займався теоретичною хімією, становив щорічні огляди успіхів фізичних і хімічних наук, був автором найпопулярнішого в ті роки підручника хімії. Можливо, це і змусило його ввести в хімічний ужиток зручні сучасні позначення елементів і хімічних формул за допомогою першого або перших двох символів з латинських назв хімічних елементів, - що стало основою сучасного хімічного алфавіту, наприклад, S, Si, Sn, Sb, C, Cu, O, Os.

Ця символіка збереглась до наших днів. При зображенні формул найпростіших сполук він користувався дуалістичним принципом, розділяючи знаком + дві частини сполуки, наприклад: $\text{Cu} + \text{O}$ та $\text{Cu} + 2\text{O}$, $\text{S} + 3\text{O}$ (сульфатна кислота) та $[(\text{K} + \text{O}) + (\text{S} + 3\text{O})]$ (калій сульфат). В подальшому він для позначення кількості атомів кисню в сполуці над знаком елемента ставив крапки. Якщо в сполуку входять два атоми елемента, він перекреслював символ атома елемента (такі перекреслені символи з крапками зверху на комп'ютері набрати не вдалося). Але скоро відмовились від такого позначення внаслідок складнощів друкарського набору таких символів. Ще в 1814 році вчений ввів у хімічні позначення індекси, наприклад, H_2O , але в подальшому ними чомусь не користувався.

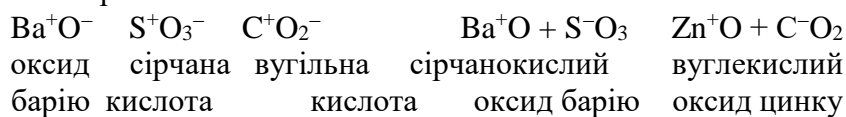
Берцеліус розпочав писати хімічні рівняння, застосовуючи індекси, але знову ж таки в подальшому ними не користувався. Символікою Берцеліуса користувались дуже довго, в Росії вона була усунена лише після виходу "Основ хімії" Менделєєва. Берцеліус не користувався терміном молекула, а тільки атом: простий атом, складний атом.

В 1811 році Берцеліус на основі електрохімічної теорії Деві висловив думку, що електрика є загальною властивістю матерії та створив свою електрохімічну теорію. За Берцеліусом, атоми біполярні, але один заряд переважає, тому атоми ведуть себе як однозарядні, тобто заряджені або позитивно, або негативно. Хімічна спорідненість, таким чином, пояснюється притяганням зарядів. За своїми зарядами атоми розташовуються в ряд: найбільш позитивні заряди мають лужні метали, металоїди (термін Берцеліуса) заряджені від'ємно, найбільш електронегативним є кисень.

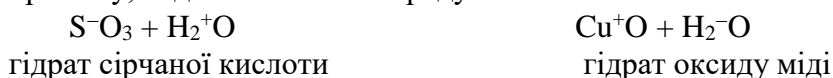
В 1814 році він опублікував таблицю атомних ваг. При розрахунках атомних ваг вчений спробував відкинути упереджені припущення Дальтона та Воластона, але зате сам вимушений був удатися до припущень, наприклад, замість оксидів Me_2O і MeO він довільно приймав формули MeO та MeO_2 . Тому атомні ваги багатьох металів були вдвоє чи вчетверо більші, ніж насправді. За одиницю атомної ваги він приймав атомну вагу кисню, що дорівнювала 100. Вчений повністю ігнорував закон Авогадро, а потім і

закон Гей-Люссака. Свої таблиці він уточнював в 1826 та 1829 роках. І хоча для цього він застосовував закони ізоморфізму та Дюлонга й Пті, для деяких металів атомні ваги залишились подвоєними.

Дуалістичний принцип будови Берцеліус застосовував і для солей: сіль складається з кислоти та лугу. Приклади формул, які застосовував видатний хімік на основі електрохімічної теорії:



Той же принцип застосовувався при зображенні будови гідратних сполук, причому, вода міняла знак заряду:



Оцінюючи електрохімічну дуалістичну систему вченого, не можна не визнати її простоти, злагожденості та цільності. Недивно, що вона зайняла керівне місце в хімії на багато років, а сам Берцеліус став загальноновизнаним законодавцем у хімії, а його думка фактично була незаперечною до деякої пори.

Але життя нанесло удари по теорії Берцеліуса. Так, професор хімії Королівського коледжу в Лондоні *Джон Фредерік Даніель* (1790 – 1845), пропускаючи струм через розчини, показав, що кількість водню, яка виділяється, пропорційна кількості еквівалентів лугу, що містяться в солі. Виходячи з цього, Деві припустив, що сульфат калію складається з K^+ та від'ємно зарядженого радикала SO_4^{2-} . Найбільш рішучий удар по теорії вченого наніс розвиток органічної хімії, яка за короткий період перетворилася в одне з найважливіших напрямків у хімії, тому дуалістична теорія Берцеліуса була забута приблизно в 1840 році, хоч Берцеліус весь час пробував її захищати.

Видатний хімік одружився тільки в 55 років на 24 – річній Іоганні Елізабет, дочці свого давнього друга Поппіуса, державного канцлера Швеції. Шлюб їх був щасливим, але дітей у них не було.

В 1845 році стан здоров'я Берцеліуса погіршився. Після одного особливо сильного нападу подагри у нього виявилися паралізовані обидві ноги. У серпні 1848 року на сімдесятому році життя вчений помер. Він похований на маленькому кладовищі поблизу Стокгольма.

Ось який спогад сучасників зберігся про Берцеліуса. Якось слугу Й.Я. Берцеліуса запитали, чим займається його господар. Слуга відповів:

- Я зранку дістаю із шафи різні посудини, кристали, рідини та порошки.
- Ну той що?
- Він змішує все це у великій склянці.
- А далі?
- Переливає все у меншу склянку.
- А потім?
- Потім кидає все це до цеберки, яку я щодня виношу на смітник.

В 1838 році в листі німецькому хіміку *Юстіусу Лібіху* (1803 – 1873), тому, який відкрив разом з Велером явище ізомерії і який вже в 20 років, будучи парижським студентом, за свою статтю, присвячену хімічному живленню рослин (що згодом заклало основи агрохімії та розвинуло сільське господарство) отримав ступінь доктора; тому, який мав жадливий, деспотичний, зарозумілий та гордовитий характер, Берцеліус писав: "Під час обговорення питань науки не повинно бути ні ворогів, ні друзів. Якщо Ви боретеся проти того, що вважаєте помилковим, не звертайте уваги на особистість, котра помиляється".

Й.Я. Берцеліус все життя товаришував з німецьким хіміком – аналітиком *Фрідріхом Велером* (1800 – 1882), яки певний час працював лаборантом у Берцеліуса,

а також любив з нього пожартувати (в цілому, Велер також). Ось декілька прикладів цих жартів.

Відкриття ванадію. Ванадій був відкритий *Г. Сефстромом* у 1831 р. Елемент названий на честь богині краси древніх скандинавів — легендарної Фреї Ванадіс. Він виділив елемент з шлаку, що утворюється при плавленні руди в доменних печах. Роботу Р. Сефстром здійснив разом із своїм учнем Йенсом Якобом Берцеліусом.

Трохи раніше за Сефстрема до відкриття цього елемента підійшов Фрідріх Велер. Він досліджував привезені з Мексики руди (із якими мав справу і *Дель Ріо*) і знайшов у них щось нове, але вчений недоречно захворів, а коли відновив роботу і визначив, що має справу з новим елементом, вже було пізно, адже Сефстром на той час опублікував звістку про своє відкриття. Отже, честь відкриття ванадію залишалася за Р. Сефстромом.

Ф. Велер коли «прогавив» Ванадій, так написав другу Берцеліусу про свою невдачу: «Мені випало бути справжнім віслюком, прогледівши новий елемент в бурі свинцевої руди». Берцеліус не без іронії сміявся з того, як невдало, без затятості, «стукався Велер у будинок богині Ванадіс».

Берцеліус якось сказав, що неможливо синтезувати органічні речовини за допомогою неорганічних (теорія віталізму) – і йому повірили на слово – настільки був сильним його авторитет, що певний час ніхто, навіть, не намагався провести який – небудь подібний синтез. Цікавим є те, що саме Велер, друг Берцеліуса, підірвав авторитетну думку останнього щодо того, що з неорганічних речовин не можна синтезувати органічні речовини. В 1824 р. він добув щавлеву кислоту із диціана, а в 1828 р. після того, як Берцеліус відкрив «велерівський» Торій, він добув сечовину із амоній тіоціанату.

Ще один такий веселий випадок. На початку XIX ст. виникла своєрідна мода – називати нову хімічну сполуку іменем вченого – відкривача або іменами друзів чи знайомих. У той час був надрукований лист – прохання славногозвісного Й.Я. Берцеліуса до друга – хіміка Ф. Велера:

- Любий друже, прошу Вас назвати будь – яку синтезовану Вами хімічну сполуку ім'ям мого доброго знайомого іспанця Мігуеля Ерекакоєксекохонерена. – писав Берцеліус.

- Якщо так, - відповів Велер, - то я краще не буду добувати нові сполуки!

Атомна реформа Каніцарро.

Фактично реформу почали два французькі хіміки-органіки, Жерар та Лоран, але не змогли завершити, бо рано померли. Реформу завершив видатний італійський хімік *Станіслао Каніцарро*.

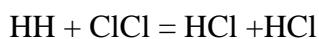
Шарль Фредерік Жерар (1816 – 1856) – син страсбурзького фабриканта білил, недовго працював у Лібіха, в 1838 році працював із Дюма, із яким потім розійшовся і все життя виступав проти ного. В 1841 році отримав ступінь доктора і зайняв місце професора в Монпельє, з 1848 року знову в Парижі. В 1843 році познайомився з Лораном, із яким тісно співпрацював до кінця їх життя.

Огюст Лоран (1807 – 1853) після навчання хімії у Дюма був професором у Бордо та хіміком Монетного Двору до кінця своїх днів. Мав у Парижі скромну лабораторію. Вони з Жераром притримувались демократичних поглядів і різко виступали проти Дюма. Тісна дружба вчених нероздільна, як і самі роботи.

Жерар, досліджуючи органічні сполуки, вказав, що вода завжди утворюється в парній кількості еквівалентів (тобто $2\text{H}_2\text{O}$, $4\text{H}_2\text{O}$ та тому подібне), тому спотворювались формули не лише органічних сполук ($\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_4$ – оцтова кислота), але й неорганічних (H_2Cl_2 , N_2H_6). Цю обставину він пояснював тим, що еквіваленти (тепер атомні ваги) О та С визначені неправильно. Він запропонував прийняти половинні еквіваленти для органічних сполук (точніше, подвоїти їх, тобто зменшити вдвоє число атомів в органічній молекулі), або прирівняти їх об'єм до двох об'ємів, тобто

відповідно об'єму водню з масою 2. При цьому Жерар тишком визнавав гіпотезу Авогадро і прийняв атомні маси $H = 1$, $O = 16$, $S = 32$. Тоді він одержав формули: H_2O , NH_3 , $C_2H_4O_2$. Але, на жаль, Жерар прийняв для всіх оксидів металів формулу Me_2O (за аналогією з водою), а тому атомні ваги багатьох металів визначались ним неправильно. Вчений також усе ще плутов поняття між еквівалентом та атомом.

Лоран дійшов висновку, що еквівалент та атом не одне і те ж. Він вважав еквівалентними Li , Na , K , Rb , H , Cl , Br , I між собою, визнавав еквівалентність між O , S , Se , але між цими двома групами еквівалентності нема (тобто вони не однозначні). Пізніше він дав визначення поняття “еквівалент”: це кількість простої речовини, яка заміщуючи іншу просту речовину, грає її роль. Він критикував концепцію Жерара, і в 1846 році писав формули молекул водню, кисню та хлору так: H_2 , O_2 та Cl_2 . Вчений припускав, що молекули простих речовин у реакціях діляться на дві частини, які він називав атомами:



Жерар враховував критику Лорана і в 1848 році випустив книгу “**Вступ до вивчення хімії за унітарною системою**”, де вчений уже чітко розрізняє еквіваленти, атоми та молекули. Він підкреслює, що деякі метали мають декілька еквівалентів, тому поняття еквівалент та атом – різні. Молекула ж речовини є унітарним (цілим, неділимим) утворенням і не має дуалістичної, як у Берцеліуса, природи. Багато хіміків, особливо Берцеліус та Лібіх, зустріли погляди Жерара і Лорана вороже. Усе ж поступово ці погляди завоювали уми хіміків, особливо молодих. І цей процес завершився реформою Каніцарро, перемога якої остаточно була закріплена на Першому Міжнародному хімічному Конгресі в Карлсруе 03.09.1860 року, ідея про скликання якого належить Августу Кекуле. В конгресі приймали участь 140 хіміків, із них 7 росіян, в тому числі Менделєєв, Зінін, Бородин.

Станіслао Каніцарро (1826 – 1910), учився в Палермо (Італія) та Неаполі, в 1847 році брав участь у повстанні в Сіцилії, після придушення якого емігрував у Францію; в 1853 році опублікував дані по реакції, яка носить його ім'я (КОН, бензойний альдегід). З 1855 року він професор хімії у Генуї. В 1860 році приєднався до Гарібальді в Палермо і став тут професором хімії. Після об'єднання Італії в 1870 році перейшов у Римський університет і скоро став сенатором. Він був прекрасним лектором. Саме багаторічний викладацький досвід дав йому можливість чітко сформулювати поняття еквівалента, атома, молекули, які були прийняті конгресом шляхом голосування.

В розвитку теоретичної хімії Каніцарро зіграв видатну роль і як розробник, і як пропагандист. Виходячи з гіпотези Авогадро та користуючись методом визначення густини пари, він дійшов висновку про двохатомність молекул газів (H_2 , O_2 , N_2 , Cl_2 і таке інше), про одноатомність парів ртуті, визначаючи молекулярні ваги речовин за формулою $M = 2D$ (D – густина пари речовини за H_2), правильно визначив атомні ваги всіх елементів. Вчений також пояснив причину аномалій визначення густини пари PCl_5 , амонію хлористого, адже ці речовини розкладаються при нагріванні.

Усі ці погляди він виклав у “**Нарисі курсу хімічної філософії**”, який опублікував в 1858 році. На конгресі видатний хімік виступив із палкою промовою та поширив відбиток свого “Нарису”. Конгрес по суті справи пройшов під знаком Каніцарро і закріпив перемогу атомно-молекулярної теорії, яка прийнята і зараз. Конгрес прийняв положення, чи визначення, що таке **атом**, яке називають законом атомів Каніцарро. Єдиною властивістю атомів, яка внутрішньо пов'язана з поняттям атома, вчений запропонував вважати вагомість (масу), а не форму, об'єм та таке інше. Конгрес визнав молекулу як єдине ціле, в якому атоми (у тому числі і в H_2 , O_2 та інших) тримаються разом за рахунок якихось сил. Це призвело в подальшому до виникнення вчення про валентність, а також сприяло розвитку уявлень про хімічну спорідненість.

Питання для самоперевірки:

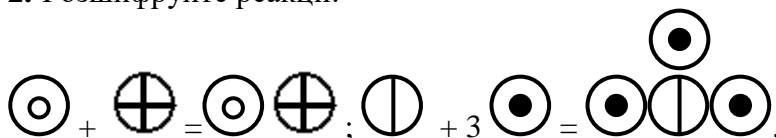
1. Ким був Жозеф Пруст? Який закон він відкрив?
2. Сформулюйте закон еквівалентів. Ким він був відкритий?
3. Життя та наукова діяльність Дж. Дальтона. Сформулюйте закон кратних відношень.
4. В чому суть таблиці атомних ваг Дальтона?
5. Як, коли і ким відкритий закон сполучення газів між собою? Що він означає?
6. Сформулюйте гіпотезу Авогадро. Що вона означає?
7. Що вам відомо про ізоморфізм та питому теплоємність? Яким законам вони підпорядковуються?
8. В чому суть гіпотези Праута?
9. Що вам відомо з історії виникнення електрики?
10. Наведіть основні біографічні дані та наукову діяльність Генфрі Деві.
11. Що таке електроліз? Яким законам він підпорядковується? Життя та діяльність М.Фарадея.
12. Ким був Берцеліус? Які атомістичні уявлення мав цей вчений?
13. В чому полягає суть атомної реформи Каніцарро?

Розв'яжіть задачі з теми:

1. Використовуючи позначення елементів за Дальтоном, зобразіть такі хімічні реакції:

а) $S + O_2 = SO_2$; б) $N_2 + O_2 = 2NO$; в) $K + O_2 = KO_2$.

2. Розшифруйте реакції:



3. В 1870 – 1875 р.р. в Петербурзькій академії наук цілком серйозно (мабуть, у рамках «русифікації» хімічної номенклатури) хімічні речовини пропонувалось називати прізвищем, ім'ям і по – батькові. Наприклад, вода називалась «водень кисневич», сульфатна кислота – «водень сірович чотирьохкислов»; алюміній хлорид – «глиноземій хлорович» і т.д. Розшифруйте на сучасну хімічну мову таку фразу: «Водень хлорович взаємодіє з глиноземієм з утворенням глиноземія хлоровича».

4. В 1843 році **Рудольф Беттгер** отримав дихромат амонію $(NH_4)_2Cr_2O_7$ - оранжево-червону кристалічну речовину. Він вирішив випробувати цю речовину пробою на вогонь. Насипавши на тарілку гірку кристалів, вчений підніс до неї палаючу лучину. Кристали не спалахнули, але навколо кінця палаючої лучинки щось "закипіло", почали стрімко вилітати розпечені частинки. Гірка стала збільшуватися і скоро прийняла значні розміри. Змінився і колір: замість помаранчевого він став зеленим. Пізніше було встановлено, що дихромат амонію мимовільно розкладається не тільки від запаленої скибки або сірника, але і від нагрітої скляної палички на хром (III) хлорид, вільний азот і воду. Обрахуйте який об'єм азоту (н.у.) можна одержати при розкладі 20 г амоній дихромату?

5. Грецький історик і географ **Страбон** (64-20р.р. до н.е.) писав про споріднені один одному порошки червоного і чорного кольору, які «вправний ремісник прокалює в горні з вугіллям і в червоний метал перетворює». Набагато пізніше, в 1799р., французький хімік **Жозеф Луї Пруст** встановив хімічний склад цих речовин: вони виявились оксидами одного і того ж хімічного елемента. Чорний оксид при нагріванні виділяє кисень і перетворюється в червоний оксид. При дії розчину H_2SO_4 на чорний оксид – утворюється блакитний розчин, але осаду немає, але якщо діяти на червоний

оксид розчином кислоти, то також утворюється блакитний розчин і темно – червоний осад. Якщо обидва оксиди висипати в розчин аміаку, то вони обоє розчиняться, проте, чорний порошок відразу ж утворює темно-синій розчин, а червоний – спочатку утворює безбарвний розчин, який потім поступово синіє. Напишіть всі зазначенні рівняння реакцій, знаючи, що в чорному оксиді (ЕО) масова частка Оксигену становить 20%.

§5. Періодичний закон та періодична система хімічних елементів Д.І. Менделєєва

Основні короткі відомості про хімію періоду створення вчення про періодичність

1. Відкриття та класифікація хімічних елементів до середини XIX століття. Накопичення знань про елементи.
2. Відкриття елементів та розвиток хімії. Хибні відкриття.
3. Теорія валентності. Зародження теорії валентності (атомності). Багатовалентність.
4. Спроби класифікації та систематизації хімічних елементів до відкриття періодичного закону.
5. Періодична система елементів Д.І.Менделєєва. Передумови відкриття періодичного закону.
6. Біографічні дані Дмитра Івановича Менделєєва та його роботи до 1869 року.
7. Перша спроба системи елементів. Зміна форми таблиці.
8. Тріумф закону.

Відкриття та класифікація хімічних елементів до середини XIX століття. Накопичення знань про елементи.

Відкриття хімічних елементів та вивчення їх сполук займає важливе місце в історії хімії, адже елемент – хімічно неподільна найменша частка хімічної речовини. Недаремно російський хімік – аналітик та історик хімії **Микола Олександрович Меншуткін** (1842-1907, професор Петербурзького університету, відомий хімік – аналітик та видатний історик хімії) підкреслював, що історія хімії складається з 3-х найважливіших розділів:

- 1- історії відкриття елементів та їх сполук;
- 2- історії методів експериментальних досліджень;
- 3-історії поглядів, якими керувались при збиранні та об'єднанні експериментального матеріалу.

Правда, всі три розділи тісно взаємопов'язані між собою, що особливо та наглядно можна продемонструвати на прикладі відкриття періодичного закону.

З історії елементів можна й потрібно виділити кілька аспектів:

1 – **розвиток самого поняття про елементи.** Про це вже говорилося в попередніх розділах.

2 – **історія відкриття самих елементів.** Тут для кожного елемента можна скласти цілий детективний роман (а, може, й не один). Динаміка відкриття елементів буде розглядатись пізніше з урахуванням до 1825 року, коли було відкрито 52 елементи.

Процес відкриття елементів багатостадійний: виявлення їх в складі сполук хімічним чи фізичним шляхом, усвідомлення елементарної природи відкритого об'єкта, виділення елемента у вигляді простої речовини. Як наглядно можна привести історію відкриття хлору: його сполуки відомі з древніх часів, відкрив його в 1774 році Шеєле у вигляді простого тіла, але відкрита речовина вважалась складною (тобто кисневою сполукою) аж до 1810 року, коли Деві доказав його елементарну природу. Не менш заплутаними є історії відкриття більшості хімічних елементів. З 1825 року по 1869 рік, коли Менделєєв провів першу спробу складання періодичної таблиці, було встановлено існування ще 11 елементів, тобто Менделєєву вже було відомо 63 хімічних елемента.

Відкриття елементів та розвиток хімії.

З 1771 по 1818 рік (менш ніж за 50 років) було відкрито 36 елементів, тобто половина відомих Менделєєву. Зіставляючи ці 50 років з історією аналітичної хімії, треба відзначити, що цей проміжок часу розпочинається узагальнюючими методичними роботами *Бергмана* і закінчується узагальнюючими методичними роботами *Берцеліуса*, *Пфаффа* та *Фрезеніуса*. Сплеск відкриттів 1839-1844 років (4 – нових відкриття та 3 підтвердження), безумовно, пов'язані з узагальнюючими методичними роботами *Генріха Розе*, який сам у цей час заново відкрив Nb.

Очевидно, цими відкриттями вичерпуються можливості класичного чисто хімічного аналізу, оскільки майже всі наступні відкриття хімічних елементів, розпочинаючи з Рубідію, Цезію, Талію та Індію (1860-1863 р.р.) досягнуті за допомогою різних спектрально-аналітичних методів.

Якщо розглядати індивідуальний внесок учених, тоді абсолютна першість належить Шеєле (6 елементів). Берцеліус відкрив 4 елементи, виділив у чистому вигляді 3, керував та надихав до відкриття ще мінімум трьох, тобто причетний до відкриття більше 9 елементів. Деві відкрив 2 (K та Na), підтвердив існування Ca, Sr, Ba, Mg, виділив металічний Li та довів елементарну природу Cl та F, тобто причетний до відкриття 9 елементів. Клапрот сам відкрив 3, а причетний до відкриття в цілому 5 елементів. В цьому переліку не можна забути й Лавуаз'є, який передбачив існування аж 9 елементів (C, Cl, F, Ca, Mg, Ba, Al, Si, B).

Хибні відкриття.

Історики підраховували, що відкрито хибних елементів було в 2 рази більше, ніж відомо стабільних елементів. Можна виділити 4 групи хибних елементів:

1. **Уявні (гіпотетичні).** Їх ніхто не відкривав у матеріальному стані, вони завбачались логічно чи завдяки астрофізичним спектральним дослідженням.
2. **Фальшиві (сфальсифіковані чи видумані).**
3. **Хибні, або похибки хімічних аналізів.** Ця група найбільш чисельна.
4. **Недостовірні (незавершені) відкриття.** Цілком очевидно, що в цьому разі дослідники тримали в руках матеріал із невідомим елементом, але, на жаль, не змогли визначити його природу (тобто не описали його властивостей). Значно пізніший аналіз робіт, в результаті яких здогадувалось про їхнє існування, показує, що там повинен бути новий елемент, який упевнено було відкрито й описано його властивості пізніше. Але відкрив і назвав цей елемент інший учений.

Теорія валентності. Зародження теорії валентності (атомності).

Валентність – одне з фундаментальних понять, що характеризує хімічні властивості елементів, які було використано при їх класифікації. Тому ми повинні зупинитись на історії виникнення та розвитку теорії валентності. Зачатки поняття про валентність можна помітити у спробах установити атомні ваги в першій половині XIX століття, у стехіометрії та у вченні про еквіваленти. Історію вчення про валентність можна розділити на 4 періоди:

1. **Започаткування вчення про валентність** у роботах *Франкланда*, *Кекуле*, *Одлінга*, *Вюрца* та *Наке*, яке датується 1850-1864 роками.
2. **Структурна теорія**, що розроблялась після 1861 року. До неї додається теорія ароматичних сполук та вчення про ізомерію. Цей період буде детально розглянутий у розділі з історії органічної хімії.
3. **Новий розвиток учення про валентність**, що проявився в розробці координаційної теорії та теорії парціальної валентності в період з 1899 по 1907 рік.
4. **Сучасна концепція**, яку можна назвати електронно-валентною і яка розвивалась на основі уявлень про будову атома, основоположником яких був *Джозеф Джон Томсон*, який, до того ж, відкрив електрон в 1897 році.

Заслуга введення в хімію поняття «валентності» належить **Едуарду Франкланду** (1825 - 1899), видатному експериментаторові, професорові хімії у Манчестері, а з 1863 року в Лондоні. Поняття валентності він увів, коли вивчав елементоорганічні сполуки As, Sb, Zn та Sn. Вчений показав, що елементоорганічні сполуки можна отримати шляхом заміщення еквівалента кисню на алкільний радикал. Цим самим він довів, що один еквівалент кисню відповідає одній валентності і що в цьому питанні органічна хімія підкоряється тим же самим законам, що і неорганічна. Валентність («valentia» – «сила») розглядалась ним як здатність атомів до насичення, тобто до сполучення з іншими атомами. Якщо атом елемента сполучається з одним іншим атомом, його валентність дорівнює 1, якщо з 2-ма – 2, якщо з 3-ма – 3 і т.д.

Великий внесок у створення теорії валентності вніс **Фрідріх (фон Страдоніц) Август Кекуле** (1829 - 1896), учень Лібіха, з 1856 року доцент у Гельденберзі, з 1858 року – професор у Генті, з 1867 – директор заснованого ним Хімічного інституту в Бонні.

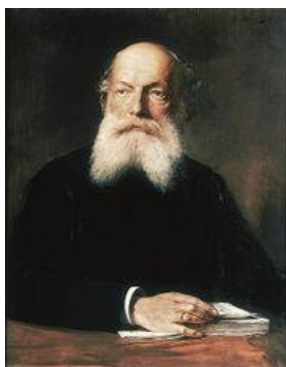


Рис. 30. Ф.А. Кекуле

Кекуле народився в сім'ї чиновника. Початкову освіту він здобув у Дармштадській гімназії. Будучи дуже обдарованим хлопчиком, він говорив на чотирьох мовах, дивуючи вчителів глибиною та оригінальністю думок. Друг сім'ї архітектор **Бауман** вчив Кекуле креслити і малювати. Батьки пророкували йому кар'єру архітектора, а тому після закінчення гімназії Кекуле вступив в Гіссенський університет, де став вивчати геометрію, математику, креслення і малювання.

В університеті вчений почав відвідувати лекції Лібіха, хоча і не цікавився хімією, Навесні 1848 року Кекуле вперше увійшов в лабораторію Лібіха. З кожним днем хімія захоплювала його все більше і більше. За наполяганням рідних майбутній вчений був змушений залишити університет і вступити в Дармштадське вище ремісниче училище, проте і тут Кекуле продовжував займатися хімією. Переконавшись в його остаточному виборі, рідні, нарешті, погодились на продовження навчання в університеті, і в 1849 р. він продовжив роботу в лабораторії Лібіха.

В 1851 році Кекуле на гроші дядька поїхав в Париж, де вивчав хімію під керівництвом **А. Вюрца, Ж. Дюма і Ш. Жерара**. Після повернення в Гіссен (1852) вченому було присуджено ступінь доктора хімії за дослідження амілсірчаної кислоти. Після закінчення університету за рекомендацією Лібіха Кекуле переїхав до Рейхенау, де почав працювати асистентом в приватній лабораторії **Адольфа фон Планта**. У цей період Кекуле вивчав алкалоїди, склад вод мінеральних джерел, місцеві вапняки. Деякий час він працював в Англії, в лабораторії **Д. Стенхауза**, де займався аналізом лікарських засобів. Поступово Кекуле почали захоплювати теоретичні проблеми хімії.

Його надзвичайно цікавило питання про валентність елементів. У 1854 році вчений вперше висловив ідею про "двохосновні" сірку і кисень. Видатний хімік в 1857-1858 роках не тільки довів 4-х валентність атомів вуглецю, але й указав на їх здатність сполучатись між собою й утворювати кратні зв'язки.

В 1856 році Кекуле за рекомендацією **Роберта Бунзена** став приват-доцентом в Гейдельберзькому університеті. Він почав читати лекції з органічної хімії, організував на кошти дядька маленьку лабораторію. Першими в ній стали працювати майбутні Нобелівські лауреати – **Р. Гофман** та **А. Байєр**.

У Гейдельберзі Кекуле приступив до вирішення теоретичних проблем органічної хімії. У статті "**Про теорії багатоатомних радикалів**" він сформулював нові положення своєї теорії валентності, розробив питання про сполучну здатність атомів. Вчений розділив елементи на одно-, дво-, триосновні (валентні). Кекуле відзначав, що вуглець займає особливе місце серед всіх елементів, адже в органічних сполуках його валентність дорівнює чотирьом.

У статті "Про склад і перетвореннях хімічних сполук і про хімічну природу вуглецю", надрукованій в "Анналах" Лібіха в 1858 р., Кекуле обґрунтував чотирьохвалентність вуглецю в органічних сполуках і висунув ідею, що атоми вуглецю можуть сполучатися один з одним, утворюючи вуглецеві ланцюги. Майже в той же час була опублікована стаття *А.С. Купера*, де він викладав свою теорію, яка небагато чим відрізнялася від поглядів Кекуле. Купер також брав за основу чотирьохвалентність атома вуглецю і його здатність утворювати ланцюги. Почалася суперечка про пріоритет. В обговоренні приймали участь багато відомих хіміків, в тому числі, *А. Вюрц* і *О. М. Бутлеров*. І саме Кекуле віддали пріоритет створення теорії, адже на той час він вже був досить відомим вченим, а Купер – студентом – лаборантом в лабораторії Вюрца. Хоча Купер висунув ідеї валентності, а також позначати зв'язки між атомами рисочками, дещо раніше за Кекуле, і подав статтю з цього приводу шефу Вюрцу, проте той не поспішав її друкувати, адже спочатку вважав ідеї свого лаборанта нісенітницею. Ось і вийшло, що Кекуле виявився першим. Після цього скандалу Купер покинув лабораторію Вюрца, а після нервового зриву – назавжди покинув займатися будь – якою наукою.

Наприкінці цього ж року Кекуле за рекомендацією Лібіха і Бунзена зайняв посаду професора хімії в Гентському університеті (Бельгія), де пропрацював до 1865 року.

Незважаючи на матеріальні труднощі, вчений продовжив свої дослідження. Його як і раніше цікавило питання про вуглецеві ланцюги. Він вважав, що при хімічній реакції вуглецевий ланцюг залишається незмінним.

Восени 1859 року Кекуле виступив одним з найактивніших організаторів I Міжнародного конгресу хіміків у Карлсруе, який відбувся у вересні 1860 р.

В 1865 році вчений отримав посаду професора хімії в Боннському університеті. В січні того ж року в Бюлетені Паризької академії наук була надрукована його стаття "Про будову ароматичних сполук", яка стала результатом досліджень структури бензолу і його похідних. У ній Кекуле висунув ідею бензольного кільця. Незабаром його теорія утвердилася повсюдно.

В 1866 році Кекуле запропонував свою знамениту формулу бензола – кільце з шести атомів вуглецю. вчений пояснив свій успіх у встановленні формули бензолу лише «грою уяви». Одного разу його запросили в якості члена журі присяжних на суд над одним злодієм. І, як стверджує легенда, там він побачив в одного з присяжних срібний перстень у формі змії, яка кусала себе за хвіст і саме це сприяло його поглядам стосовно структури бензену; за іншою версією, картина бензольного кільця виникла у нього перед очима під час роздумів, коли Кекуле, сидячі в кріслі, заснув перед каміном: він побачив змію, яка кусає свій хвіст увісні. Ще одна версія про пророчий сон. Якось Кекуле їхав додому пізно ввечері та заснув. Уві сні він побачив як атоми Карбону беруться за руки разом з Гідрогенами, утворюють кільце і починають танцювати. Не залежно від легенди, фіктом є подача правильної формули бензену.

В цей же час з'явилась (1858) стаття Оксфордського професора *Вільяма Одлінга* (1829 – 1921), в якій він чітко розмежовував еквівалент та атом (згадайте виступ Канніццаро на 1-му Міжнародному конгресі хіміків у Карлсруе в 1860 році). Одлінг також показав, що алкани не містять будь-яких автономних складних радикалів, але можна вважати, що вони містять стільки радикалів, скільки у них міститься атомів водню. Відриваючи один атом водню, утворюємо одноосновний радикал, два – двоосновний, тощо.

Ось ще декілька цікавих історій із життя Фрідріха Кекуле. Якось Кекуле прийшов в гості до Роберта Бунзена. Бунзен славився своєю розсіяністю і забудькуватістю. Вчені довго розмоляли, а наприкінці розмови Бунзен сказав: «Ви не можете собі уявити, яка погана в мене пам'ять! Коли Ви прийшли до мене, то я подумав, що Ви – Кекуле». «Але ж я і є Кекуле!», - відповів йому вчений.

Ще молодий Кекуле організував платні лекції з хімії. Він мріяв на перші зароблені гроші купити собі велику солом'яну панаму. Перший бажаючий записатися на лекції студент був страшенно вражений, коли, привітавшись з ним, майбутній пан – лектор радісно вигукнув:

- Ви моя панама!

За часів правління Вільгельма II до Бонни переїхав Фрідріх Кекуле. Де б він не з'являвся, всі йому посміхались і кланялись.

- Невже ці люди так шанують хімію?, - дивувався Кекуле.

Але незабаром вчений довідався, що завдяки своїй довгій бороді, він став схожий на адмірала Тирпіца, за якого Кекуле всі й приймали. Тоді видатний хімік обурився:

- Побачимо ще чиє творіння проживе довше: його військові кораблі чи мої молекули!

Як відомо, флот адмірала Тирпіца затонув у 1919 році.

Багатовалентність.

Кекуле приймав для вуглецю одну постійну валентність, тоді як поведінка багатьох інших елементів, як і самого вуглецю, очевидним чином суперечить поняттю про цю постійну валентність. Логіка вимагала прийняти, що один і той же елемент може мати різні ступені валентності. Звідси виникло поняття про багатовалентність (полівалентність) чи змінну валентність.

Еміль Ерленмеєр (1825 – 1909), професор хімії у Гельденберзі та Мюнхені, ввів поняття **максимальної валентності**, яка характерна для кожного елемента. Але пропозиція Ерленмеєра визвала ряд серйозних заперечень; дійсно, якщо максимальна валентність є характерною для елемента, тоді сполука елемента з максимальною валентністю повинна бути найбільш стійкою. Але дані з неорганічної хімії свідчать як раз про зворотне. Наприклад, PCl_3 у разі нагрівання стійкий, тоді як PCl_5 розкладається на PCl_3 та Cl_2 .

Ерленмеєр був високим худорлявим на зріст, з дещо жіночим тембром голосу. Ось який курйозний випадок вийшов з Д.І. Менделєєвим, коли той одного разу відвідав один костюмований бал у Мюнхені. Менделєєв вільно розмовляв німецькою і познайомився (був заінтригований) там із високою худорлявою пані, з якою він весь вечір розмовляв про хімію. Коли ж бал закінчився і маски були зняті, то цією «пані» виявився Ерленмеєр – професор хімії і винахідник конічної колби, яка використовується в аналітичній хімії і носить ім'я свого відкривача (колба Ерленмеєра)! Як згадував сам Менделєєв, розповідаючи цю історію і сміючись над нею, наприкінці свого життя: «Ну він мене і заінтригував! Та-а-а-к! Заінтригував!».

В 1864 році між Кекуле, з одного боку, та Вюрцем і **Альфредом Наке** (1834 – 1916, хімік і політичний діяч, якому ніде не давали працювати, навідувався в лабораторію Канніццаро в Палермо), з іншого боку, виникла полеміка відносно валентності елементів. Вюрц та Наке захищали постулат про змінну валентність різних елементів, тоді як Кекуле вважав, що валентність елементів є фундаментальною властивістю і тому завжди постійна, як і атомна вага. Але при цьому Кекуле розрізняв два типи сполук – атомні (PCl_3 , NH_3 та інші) та молекулярні ($\text{PCl}_3 \cdot \text{Cl}_2$, $\text{NH}_3 \cdot \text{HCl}$ та $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{S}$).

Вчений вважав, що валентність елементів в обох типах сполук однакова, тобто Р та N у молекулярних сполуках сполучені лише з трьома атомами. Для доказу постійної чотирьохвалентності Карбону Кекуле міг знайти досить фактів, але як тоді пояснити існування ненасичених сполук? Вчений знайшов вихід, припускаючи, що в етилені дві одиниці спорідненості вільні й утворюють так звану “лакуну”.

Спроби класифікації та систематизації хімічних елементів до відкриття періодичного закону.

Першу класифікацію елементів (простих тіл) дав ще Лавуазьє у своєму підручнику з хімії (1789). З початком XIX ст. у зв'язку з уведенням атомних ваг головна увага хіміків була спрямована на встановлення закономірних співвідношень між атомними вагами (тепер масами) елементів. В 1815 році з'явилася гіпотеза Праута.

В 1829 році *Йоганн Вольфганг Деберейнер* (1780 – 1849), професор хімії у Єні, запропонував **закон тріад**. Він показав, що якщо групувати аналогічні за хімічними властивостями елементи по три, тоді атомні ваги середнього є середнє арифметичне від ваг крайніх елементів.

В 1843 році німецький хімік *Леопольд Гмелін* (1788 – 1853) зіставив усі відомі на той час групи подібних елементів за допомогою особливої таблиці, яка, правда, далека від періодичної. В таблиці Гмеліна елементи з подібними властивостями згруповані в тріади, тетради, пентади і навіть у гексади. Інколи елементи в даних групах стоять в різнобіч їх властивостей і ніякої закономірності (у тому числі і періодичної) не вимальовується.

В 40-х роках позаминулого століття були встановлені гомологічні ряди в органічній хімії. В 1850 році учень Лібіха *Макс Петтенкофер* (1818 – 1901), опублікував таблицю тріад і тетрад подібних елементів, пробуючи знайти подібне і в неорганічній хімії.

Видатний французький хімік *Жан Батист Дюма* (1800 – 1884) в 1851 році в доповіді Британській асоціації сприяння науці відзначив наявність правильних співвідношень між атомними вагами елементів, подібних до гомологічних рядів, і навіть запропонував гіпотезу, що атоми елементів можна розкласти на окремі субелементарні частки. В 1857 році він опублікував ці співвідношення для елементів із подібними властивостями.

Були й інші спроби класифікацій такого типу, але принципово нового вони нічого не давали. Так, професор хімії та мінералогії Гарвардського університету (США) *Джосайя Кук* (1827 – 1894) в 1854 році розмістив елементи в 6 групах за величиною їх атомних ваг, які відрізнялись своїми співвідношеннями.

В 1857 році 20-річний асистент Фрезеніуса *Ернст Ленсен* опублікував таблицю, яка мала 20 тріад, включаючи рідкісноземельні елементи, атомні ваги яких ще не були визначені. З трьох тріад він складав еннади (дев'ятки) подібних елементів. Вчений встановив, що атомна вага центрального елемента еннади є середнє значення ваг крайніх елементів як по вертикалі, так і по горизонталі.

Спостереження Дюма та Ленсена відносно правильності в атомних (еквівалентних) вагах виключали випадковість та свідчили про наявність якогось ще не зрозумілого закону. Як признавався потім Менделєєв, саме ці закономірності примусили його шукати дійсний закон.

Серйозні спроби систематизації елементів були зроблені двома англійцями, одним французом та одним німцем, мова про яких піде нижче.

Оксфордський професор хімії, про якого ми вже згадували, *Вільям Одлінг* з 1857 по 1868 рік оприлюднив декілька таблиць. Таблиця 1864 року у крайньому разі за формою дуже схожа на першу таблицю Менделєєва. Але, на жаль, до цієї таблиці не було подано ніяких пояснень і відповідно не зроблено ніяких висновків. В пізніших варіантах своїх таблиць Одлінг елементи переставляв, що саму таблицю не покращувало. По суті справи він не бачив системи. Це підтверджується тією обставиною, що Одлінг після відкриття періодичного закону Менделєєвим ніколи не виступав із претензіями на першість. Сам Менделєєв таблиці Одлінга до свого відкриття ніколи не бачив.

В 1863 році професор Паризької гірничої школи *Олександр Еміль Бегійо де Шанкуртуа* (1819 – 1886) подав взаємозв'язок елементів у вигляді графіка,

нанесеного на поверхню циліндра, який отримав назву “земного” чи “теллургічного гвинта”. Коло циліндра він поділив на 16 поділок за числом атомних одиниць маси кисню. Якщо розрізати циліндричний графік, тоді матимемо плоске зображення.

На цю таблицю на одну вертикальну лінію подібних елементів попадають всі елементи з атомною вагою $A=n+16m$. Іноді це подібні елементи, але частіше несхожі. Так, на одну вертикальну лінію разом із киснем, сіркою, селеном та телуrom попадає і титан, а марганець попадає в число аналогів літію, натрію та калію. Тут є зачатки періодичності, але загальна закономірність не відзначена. Тому повідомлення де Шанкуртуа вчені залишили без уваги.

В 1864-1865 роках англійський хімік **Джон Олександр Рейна Ньюлендс** опублікував декілька таблиць, в яких спробував пов'язати властивості елементів із їх еквівалентними масами. Він помітив, що в групах подібних елементів еквівалентна маса збільшується на постійну величину. В 1865 році вчений склав таблицю, яку назвав **законом октав**. В цій таблиці елементи уже пронумеровані за порядком збільшення атомної (а не еквівалентної) маси. Кожна група (стовпчик) складалась з 7 елементів і називалась октавою (за аналогією музикальна октава складається з 7 нот). Тобто, кожен восьмий елемент повторює властивості першого, як музична октава. Проте, на жаль, в горизонтальні ряди крім подібних елементів попадали елементи із зовсім несхожими властивостями. Тому інші хіміки визнали таке розміщення випадковим і віднесли до відкриття Ньюлендса як до факту, що не заслуговує на увагу.

Коли вчений презентував свою теорію октав елементів (табл. 5), то з нього посміялися і запропонували зіграти йому за допомогою цих октав якусь, навіть, просту мелодію. А професор фізики **Г. Фостер** запропонував Ньюлендсу розташувати елементи ще й за алфавітом чи за роками відкриття також в таблицю. Невизнання певний час цієї теорії, робили з вченого привід для насмішок колег.

Ньюлендс на відміну від Одлінга настирливо добивався визнання своєї першості у відкритті закону періодичності. Визнання першості він так і не отримав, але в 1887 році англійське Королівське товариство нагородило його за роботи 1864-1868 років медаллю Деві.

Таблиця 5

Закон октав Ньюлендса															
	№		№		№		№		№		№		№		№
H	1	F	8	Cl	15	Co	22	Br	29	Pd	36	J	42	Pt	50
						Ni								Ir	
Li	2	Na	9	K	16	Cu	23	Rb	30	Ag	37	Cs	44	Tl	53
G	3	Mg	10	Ca	17	Zn	25	Sr	31	Cd	38	Ba	45	Pb	54
												V			
Bo	4	Al	11	Sr	18	Y	24	Ce	33	U	40	Ta	46	Th	56
						La									
C	5	Si	12	Ti	19	In	26	Zr	32	Sn	39	W	47	Hg	52
N	6	P	13	Mn	20	As	27	Di	34	Sb	41	Nb	48	Bi	55
								Mo							
O	7	S	14	Fe	21	Se	28	Ro	35	Te	43	Au	49	Os	51
								Ru							

Через декілька тижнів після публікації Менделєєвим першої таблиці періодичної системи елементів німецький хімік **Юліус Лотар Мейєр** (1830 – 1895) виступив із претензією на першість відкриття і протягом багатьох років продовжував наполягати на цьому. Після його смерті німецькі (а за ними й інші) історики стали вважати це істиною, не маючи на це підстав.

В 1864 році він оприлюднив таблицю, в якій 44 елементи (з 63 відомих на той час) розмістив в 6 стовпчиках у відповідності до їх валентності за воднем.

Верхня частина таблиці бездоганна, але нижня не витримує ніякої критики. Автор фіксує увагу на різниці атомних ваг між подібними елементами у вертикальних групах. Назвати цю таблицю періодичною системою явно неможливо. В 1868 році Мейер склав іншу таблицю, яка принципово не відрізняється від першої, хоча і має аж 16 вертикальних груп. Мейер цю таблицю не оприлюднив, її знайшов після смерті вченого його учень і тоді вже опублікував (табл. 6).

В 1870 році Мейер публікує роботу з ще однією таблицею. Тут він вже посилається на Менделєєва і вказує на тотожність своєї нової таблиці системі Менделєєва. І тут вчений наводить відому криву зміни атомних об'ємів як функцію атомної ваги елементів. Менделєєв потім відзначав наглядність періодичної зміни однієї із властивостей елементів, яку показує графік Мейєра.

Спроби систематики елементів в 40-60 роках XIX століття можна лише хронологічно розглядати як попередні відносно відкриття періодичного закону. Теоретичне значення більшості таблиць того часу невелике, адже в них можна помітити малозначущі часткові співвідношення, що мають лише історичний інтерес. Та й Менделєєв потім признавався, що ці роботи він не читав і не вважав їх авторів своїми попередниками.

Таблиця 6

Таблиця елементів Мейєра (1884 р.)						
Валентність	4	3	2	1	1	2
	....	....	....	....	Li 7,03	(Be 9,3)
Різниця	....	....	....	....	16,02	14,7
	C 12,0	N 14,04	O 16,00	F 19,0	Na 23,05	Mg 24,0
Різниця	16,5	16,96	16,7	16,46	16,08	16,0
	Si 28,5	P 31,0	S 32,07	Cl 35,46	K 39,13	Ca 40,06
Різниця	44,5	44,0	46,7	44,5	46,3	47,0
	....	As 75,0	Se 78,8	Br 79,97	Rb 85,4	Sr 87,06
Різниця	44,6	45,6	49,5	46,8	47,6	49,5
	Sn 117,6	Sb 120,6	Te 128,3	J 126,8	Cs 133,0	Ba 137,1
Різниця	44,7	43,7	....	....	35,5	
	Pb 207,0	Bi 208,0	....	....	(Tl 204,0?)	

Продовження таблиці 6

Валентність	4	4	4	2	1
	Mn 55,1	Ni 58,7	Co 58,7	Zn 65,0	Cu 63,5
	Fe 56,0				
Різниця	49,2; 48,3	45,6	47,3	46,9	44,4
	Ru 104,3	Rh 104,3	Pd 106,0	Cd 111,9	Ag 107,9
Різниця	46,0	46,4	46,5	44,2	44,4
	Pt 197,1	Ir 197,1	Os 199,0	Hg 200,2	Au 196,7

Періодична система елементів Д.І.Менделєєва. Передумови відкриття періодичного закону.

Історик Фігуровський вважає, що відкриття періодичного закону було безпосередньо пов'язане з підготовкою до видання курсу “**Основи хімії**” для студентів, який Менделєєв готував в 1868 – 1871 роках. Під час роботи над 1-ю частиною курсу виникла потреба скласти план 2-ї частини, в якій треба було описати властивості більшості елементів. Намагаючись побудувати план логічно, вчений дійшов ідеї періодичного закону. Таке уявлення про відкриття періодичного закону

надто вже спрощене, бо це тільки частина істини. Це підтверджується науковими інтересами Менделєєва від студентських років до дня відкриття закону. Але про це пізніше.

Існує легенда, що вченому періодична таблиця елементів наснилася. І ось одна з інтерпретацій цієї легенди. Менделєєв все життя боявся павуків, коли він пізнім вечором працював над таблицею в своєму кабінеті і заснув, то побачив сон, ніби за ним по вулиці гнався величезний павук, від якого, тікаючи, Дмитро Іванович повернув у перевулок, який закінчувався цегляною стіною; і саме на цій стіні золотими літерами, по черзі, почали з'являтися символи хімічних елементів, які самі розташовувалися у таблицю. Менделєєв прокинувся і все зрозумів. Проте, сам Менделєєв, коли його запитували стосовно цієї легенди, обурювався і казав: «Я над нею, можливо, двадцять років працював, а ви думаєте: сидів і раптом... готово!».

А тепер саме час сказати, що відкриття періодичного закону було підготовлене всім попереднім розвитком хімії, і на Менделєєві зіткнулась щаслива випадковість (усебічно освічений ерудит) і об'єктивна закономірність наукових відкриттів. Про відкриття Менделєєва вперше було повідомлено на засіданні Російського хімічного товариства 18 березня 1869 року, коли Менделєєв був у від'їзді і від його імені виступив друг та колега М.О. Меншуткін. Коли ж Меншуткіна запитали, чому властивості елементів перебувають у періодичній залежності, - він не зміг цього пояснити і сказав, що запитайте про це Менделєєва, - і, коли, нарешті, в травні 1869 року вже Дмитро Іванович товариству презентував свій закон і його запитали теж саме, що й Миколу Олександровича, то вчений відповів, що його робота була відкрити закон, я чому – то вже розбирайтесь самі.

Наприкінці 60-х років XIX століття виявились такі передумови відкриття періодичного закону:

- 1 – визначення близьких до сучасних атомних ваг більшості хімічних елементів.
- 2 – виникнення та розвиток учення про атомність (валентність) елементів.
- 3 – відкриття ізоморфізму (подібність кристалічних форм) різних хімічних елементів та їх сполук.
- 4 – розроблення вчення про хімічні сполуки, що базується на унітарних та молекулярних уявленнях.

Багато істориків періодичного закону відзначали той факт, що Менделєєв до 1869 року про роботи своїх попередників узагалі нічого не знав. Проте сам видатний вчений називає *Гмеліна, Гладсона, Ленсена, Дюма, Кука* та інших, чиї заслуги в розробці систематизації елементів він вважав значними. Але в цьому ряду немає ні *де Шанкуртуа*, ні *Ньюлендса*, ні *Мейєра*. Справа тут у тому, що в пошуках системи Менделєєв ішов послідовно, через вивчення ряду проблем: взаємозв'язку властивостей, визначення фундаментальних понять атомно-молекулярної теорії (атом-молекула, проста речовина-елемент).

Таким чином, історики вважають, що відкриття періодичного закону здійснилось на двох логічних ланцюгах наукових відкриттів:

1. Дальтон – Одлінг – Ньюлендс – Менделєєв;
2. Дальтон – Каніцарро – Вільямсон (+ Франкланд + Роско) – Дюма – Менделєєв.

Центральним поняттям першого ланцюга є систематика, другого – поняття про елементи-аналоги та вчення про форми сполук.

Саме пошуки аналогій і привели російського хіміка до відкриття.

Біографічні дані Дмитра Івановича Менделєєва та його роботи до 1869 року.

"Вочевидь, періодичному закону
майбутнє не загрожує
руйнуванням, а тільки надбудови та розвитку обіцяє".
Д.І. Менделєєв



Рис. 31. Д.І. Менделєєв

Дмитро Іванович Менделєєв (1834 – 1907) народився в 1834 році в Тобольську і був останньою, сімнадцятою дитиною в родині директора Тобольської гімназії Івана Павловича Менделєєва і його дружини Марії Дмитрівни. На час його народження в сім'ї Менделєєвих з дітей залишилися в живих два брати і п'ять сестер. Дев'ять дітей померли ще в дитячому віці, а трьом з них батьки навіть не встигли дати імена.

Прізвище діда Менделєєва, який був священником, було Соколов. Івану Павловичу – батьку Дмитра ще в студентські часи дали прізвисько– Менделєєв, яке, згодом, перетворилось у прізвище (батько вирішив його залишити).

Менделєєв був хворобливою дитиною, а тому після смерті батька, мати – Марія Дмитрівна, зібравши всі кошти, які мала, вирушила з сином до Петербурга. Більшість шляху вони пройшли пішки, що, в свою чергу, підірвало здоров'я Марії Дмитрівни.

За законами того часу в гімназії, академії та інститути студентів брали не кожного року і не в 16 – цять (на той час саме стільки було Дмитру), а тому Марія Дмитрівна змушена була дати взятку чиновнику, щоб Дмитра зарахували до Головного педагогічного інституту в Петербурзі, в якому він навчався в 1850 – 1855 р.р.

Навчання Дмитра Менделєєва в Петербурзі в педагогічному інституті спочатку давалася нелегко. На першому курсі він примудрився з усіх предметів, крім математики, одержати незадовільні оцінки, можливо, через те, що часто хворів. Але вже на старших курсах справа пішла по-іншому - середньорічний бал Менделєєва дорівнював чотирьом з половиною (з п'яти можливих). Саме в інституті під впливом **Олександра Абрамовича Воскресенського** (1809 – 1880, професор та ректор Петербурзького університету) майбутній видатний вчений почав займатися хімією і виконав дипломну дисертацію про ізоморфізм. Він закінчив інститут в 1855 році із золотою медаллю, отримавши диплом старшого вчителя.

Через те, що Дмитро Іванович часто хворів, він змушений був переїхати на декілька років до Криму. В 1855 році в період Кримської війни 21 – річний молодий вчитель Дмитро Іванович прийшов до одного знаменитого лікаря – хірурга, винахідника гіпсової пов'язки та геніального новатора в медичній практиці і сказав: «Мені поставили діагноз сухоти та чахотка і сказали, що скоро я помру». Лікар уважно його оглянув і сказав: «Ви переживете всіх нас! Я думаю, що Ви проживете довге життя і станете великою людиною!». Цим видатним лікарем – пророком був **Микола Іванович Пирогов!**

Вчителюючи в Одеській гімназії, вчений виконав магістерську дисертацію на тему: **“Питомі об'єми”** і в 1857 році після її успішного захисту вченого призначено приват-доцентом Петербурзького університету. В 1859 році він був відряджений за кордон у Гельденберг, під час відрядження приймав участь у роботі I-го Міжнародного конгресу хіміків. В 1862 році повернувся в Петербург і зайнявся науково-педагогічною діяльністю.

В 1865 році вчений успішно захистив докторську дисертацію **“Про сполуки спирту з водою”**, а в 1867 році посів кафедру хімії після виходу Воскресенського з університету.

В 1868 році за ініціативи Д.І. Менделєєва було організовано Російське хімічне товариство.

Взимку 1867-68 року Менделєєв почав писати підручник “Основи хімії” і відразу ж зіткнувся з труднощами систематизації фактичного матеріалу. До середини лютого 1869 року обдумуючи структуру підручника, він поступово прийшов до висновку, що властивості простих речовин (а це є форма існування хімічних елементів у вільному стані) і атомні маси елементів пов'язує якась закономірність.

Вивчаючи ізоморфізм та питомі об'єми, Менделєєв шукає аналогії, тобто аналоги серед елементів і речовин. Вивчаючи властивості елементів та їх поділ на метали і неметали, а також поділ їх оксидів на лужні та кислотні, він дійшов висновку, що ця класифікація відносна: немає чіткого переходу ні в одному, ні в іншому випадку. Вчений зіткнувся з відносністю будь-якої класифікації, яка б охоплювала прості та складні речовини.

Менделєєв багато чого не знав про спроби його попередників розташувати хімічні елементи за зростанням їхніх атомних мас і про виникаючі при цьому казуси. Наприклад, він не мав майже ніякої інформації про роботи Шанкуртуа, Ньюлендса і Мейєра, що вже зазначалось раніше.

Вирішальний етап його роздумів наступив 1 березня 1869 року (14 лютого за старим стилем). Днем раніше Менделєєв написав прохання про відпустку на десять днів для обстеження артільних сироварень у Тверській губернії: він одержав листа з рекомендаціями з вивчення виробництва сиру від **О.І. Ходнєва** - одного з керівників Вільного економічного товариства.

В Петербурзі в цей день було похмуро і морозно. Під вітром поскрипували дерева в університетському саду, куди виходили вікна квартири Менделєєва. Ще в ліжку Дмитро Іванович випив кухоль теплового молока, потім встав, вмився і пішов снідати. Настрій у нього був чудовий.

За сніданком Менделєєву прийшла несподівана думка: зіставити близькі атомні маси різних хімічних елементів і їх хімічні властивості. Недовго думаючи, на зворотній стороні листа Ходнєва він записав символи хлору Cl і калію K з досить близькими атомними масами, рівними відповідно 35,5 і 39 (різниця всього в 3,5 одиниці). На тому ж листі Менделєєв накидав символи інших елементів, відшукуючи серед них подібні "парадоксальні" пари: фтор F і натрій Na, бром Br і рубідій Rb, йод I і цезій Cs, для яких розходження мас зростає з 4,0 до 5,0, а потім і до 6,0.

Вчений тоді не міг знати, що "невизначена зона" між явними неметалами і металами містить елементи - благородні гази, відкриття яких надалі істотно змінить Періодичну систему.

Після Сніданку Менделєєв закрився у своєму кабінеті. Він дістав з конторки пачку візитних карток і став на їх зворотному боці писати символи елементів і їх головні хімічні властивості, а потім розкладавав картки, немов пасьянс. Через деякий час домочадці почули, як з кабінету стало доноситися: "У-у-у! Рогата. Ух, яка ти рогата! Я тебе здолаю. Уб'ю-у! Кхі-хі-хі (сміх)" Ці вигуки означали, що у Дмитра Івановича наступило творче натхнення.

Менделєєв перекладав картки з одного горизонтального ряду в інший, керуючись значеннями атомної маси і властивостями простих речовин, утворених атомами одного і того ж елемента. Вкотре на допомогу йому прийшло доскональне знання неорганічної хімії. Поступово почав вимальовуватися вигляд майбутньої Періодичної системи хімічних елементів.

Так, спочатку він поклав картку з елементом берилієм Be (атомна маса 14) поряд з карткою елемента алюмінію Al (атомна маса 27,4), за тодішньою традицією прийнявши берилій за аналог алюмінію. Однак потім, зіставивши хімічні властивості, він помістив берилій над магнієм Mg. Засумнівавшись в загальноприйнятому на той час значенні атомної маси берилію, він змінив її на 9,4, а формулу оксиду берилію переробив з Be_2O_3 в BeO (як у оксиду магнію MgO). До речі, "виправлене" значення атомної маси берилію підтвердилося тільки через десять років.

Так само сміливо вчений діяв і в інших випадках. Поступово Дмитро Іванович прийшов до остаточного висновку, що елементи, розташовані за зростанням їх атомних мас, виявляють явну періодичність фізичних і хімічних властивостей. Протягом усього дня Менделєєв працював над системою елементів, відриваючись ненадовго, щоб пограти з дочкою Ольгою, пообідати і повечеряти.

Ввечері 1 березня 1869 року він набіло переписав складену їм таблицю і під назвою "Досвід системи елементів, заснованої на їхній атомній вазі і хімічній подібності" послав її в друкарню, зробивши позначки для складачів і поставивши дату "17 лютого 1869 року" (це за старим стилем). Так був відкритий **Періодичний закон** ... Менделєєву тоді було всього **35 років**.

Видрукувані листки з таблицею елементів вчений розіслав багатьом вітчизняним і закордонним хімікам і тільки після цього виїхав з Петербурга для обстеження сироварень. До від'їзду він ще встиг передати М.О. Меншуткіну рукопис статті "**Співвідношення властивостей з атомною вагою елементів**" для публікації в Журналі Російського хімічного товариства і для того, щоб Микола Олександрович зробив повідомлення на майбутньому засіданні товариства.

18 березня 1869 року Меншуткін, який був у той час діловодом товариства, зробив від імені Менделєєва невелику доповідь про Періодичний закон, як це вже зазначалось вище. Проте, на жаль (як часто це буває), доповідь спочатку не залучила особливої уваги хіміків і Президент Російського хімічного товариства, академік **Микола Миколайович Зінін** (1812-1880) заявив, що Менделєєв робить не те, чим варто займатися справжньому дослідникові. Правда, через два роки, прочитавши статтю Дмитра Івановича "**Природна система елементів і застосування її до вказівки властивостей деяких елементів**", Зінін змінив свою думку і написав Менделєєву: "Дуже, дуже добре, пребагато відмінних зближень, навіть весело читати, дай Бог Вам удачі в досвідченому підтвердженні Ваших висновків. Щиро Вам відданий і глибоко Вас поважаючий М. Зінін".

Та й не всі закордонні хіміки відразу ж оцінили значення відкриття Менделєєва. Вже дуже багато воно змінювало у світі сформованих уявлень. Так, німецький фізик – хімік **Вільгельм Оствальд**, майбутній лауреат Нобелівської премії, стверджував, що відкритий не закон, а принцип класифікації "чогось невизначеного". Німецький хімік **Роберт Бунзен**, що відкрив в 1861 році два нових лужних елемента, Рубідій Rb і Цезій Cs, писав, що Менделєєв захоплює хіміків "у надуманий світ чистих абстракцій".

Професор Лейпцизького університету **Адольф Вільгельм Герман Кольбе** (1818 – 1884) в 1870 році назвав відкриття Менделєєва "спекулятивним". Кольбе відрізнявся брутальністю і неприйняттям нових теоретичних поглядів у хімії. Зокрема, він був противником теорії будови органічних сполук і у свій час різко обрушився на статтю **Якоба Вант-Гоффа "Хімія в просторі"**. Пізніше Вант-Гофф за свої дослідження став першим Нобелівським лауреатом (1901). Але ж Кольбе пропонував таких дослідників, як Вант-Гофф і Менделєєв, "виключити з лав справжніх вчених і зарахувати їх до табору спіритів"!

Проте, дехто все ж підтримав ідеї Менделєєва. Видатний чеський хімік **Богуслав Браунер**, друг і сподвижник російського хіміка, а також великий популяризатор Дмитра Івановича та періодичного закону в Європі, з цього приводу сказав: «Я бачив як ця велика ідея залишалася без уваги, мабуть, тільки через те, що належала вона російському вченому».

Коли німецький хімік **Е. Ерленмейєр**, давній друг Менделєєва, отримавши статтю від вченого, писав до нього: «Сердечне спасибі за Вашу статтю, яка мене дуже цікавить. Вона містить багато прекрасних і великих думок».

Дмитро Менделєєв ще в 1865 році захистив докторську дисертацію на тему «Міркування про сполучення спирту з водою», яка анітрохи з горілкою не пов'язана. Менделєєв, всупереч усталеній легенді, горілку не винайшов; вона існувала задовго до нього. На етикетці «Російського стандарту» написано, що дана горілка «відповідає стандарту російської горілки вищої якості, затвердженим царської урядовою комісією на чолі з Д. І. Менделєєвим в 1894 році».

З ім'ям Менделєєва пов'язують вибір для горілки міцності в 40°. Згідно з інформацією Музею горілки в Санкт-Петербурзі, Менделєєв вважав ідеальною

міцністю горілки 38°, але це число було округлено до 40°, для спрощення розрахунку податку на алкоголь.

Життя не завжди було прихильним до Менделєєва: було в ньому і розрив з нареченою, і недоброзичливість колег, невдалий шлюб і потім розлучення ... Два роки (1880 і 1881) були дуже важкими в житті видатного вченого. У грудні 1880 року Петербурзька академія наук відмовила йому в обранні академіком: "за" проголосувало дев'ять, а "проти" - десять академіків. Особливо непорядну роль при цьому зіграв секретар академії, якийсь **Веселовський**. Він відверто заявив: "Ми не хочемо університетських. Якщо вони і краще нас, то нам все-таки їх не потрібно".

В 1881 році на превеликий жаль був розірваний шлюб Менделєєва з першою дружиною, яка абсолютно не розуміла чоловіка і дорікала йому у відсутності уваги. Проте, вчений попри все зберіг з нею певні дружні відносини. Дехто з істориків стверджував, що Дмитро Іванович, відпочиваючи влітку у власному маєтку Боблово з новою дружиною і дітьми, запрошував туди для відпочинку й попередню дружину.

Вчений був двічі одружений, у нього було три сина і дві дочки. Його менша дочка Люба вийшла заміж за видатного російського поета **Олександра Блока**.

В 1890 році на знак протесту проти репресій по відношенню до студентів вчений пішов з університету. В цей період він зацікавився бездимними вибуховими речовинами для військових справ (піроксилін та піроколодій). З 1892 року його призначили вченим – охоронцем міри та ваги в Головній палаті мір та ваг.

У Менделєєва було цікаве хобі – він був відомом майстром скриньових справ! Улюбленим заняттям на дозвіллі у видатного хіміка протягом багатьох років було виготовлення валіз, скриньок і рамок для портретів. Припаси для цих робіт він заповував у Гостинному дворі. Одного разу, вибираючи потрібний товар, Менделєєв почув за спиною питання одного з покупців: - "Хто цей поважний пан?" - "Таких людей знати треба, - з повагою в голосі відповів продавець. - Це майстер чемоданних справ Менделєєв". Такий відзив про його роботу дуже втішав вченого.

В 1895 році Менделєєв осліп, але продовжував керувати Палатою мір і ваг. Ділові папери йому зачитували вголос, розпорядження він диктував секретарю, а вдома всліпу продовжував клеїти валізи. Професор **І.В. Костенич** за дві операції видалив йому катаракту і незабаром зір повернувся ...

В 1903 році Менделєєв був головою екзаменаційної комісії Київського політехнічного інституту в дні захисту дипломних робіт.

В 1907 році на 72 – році життя Менделєєва не стало. Він помер від запалення легень і був похований в Петербурзі.

Кажуть, що інколи, звісно ж не навмисно, Менделєєв міг образити молодих дівчат – лаборантів, які в нього працювали.

- Кажете, добродію, математичні формули? То запитайте краще про них у наших дівчат, адже вони на цьому цілу собачку з'їли!, - говорив студентам Менделєєв.

Цікавою була класифікація жінок за Менделєєвим. На думку вченого, жінки поділяються на три категорії. До першої належать такі, які, гостюючи у його дружини, перед від'їздом заходили до нього в кабінет привітатися і трохи поспілкуватися. До другої категорії належали дами, які варті були уваги вченого. Вони, як правило, були дружинами його друзів. Професор сам виходив до них щоб привітатися і трохи їх розважити. До третьої категорії належала вся решта дам, яких Дмитро Іванович вважав створіннями ефірними, з тонкими нервовими системами, що спроможні були легко образитися і розплакатися, - таких вчений, по можливості, уникав.

Видатний хімік ніколи не зважав на чини та ранги. Іспити, зазвичай, він приймав за алфавітом, який розбивав на окремі дні. Якось позачергово прийшов один юнак здавати іспит і сказав: «Я князь В...». «Ще раз скажіть Ваше прізвище, добродію. О – о – о! Вибачте, але цю літеру я пийматиму взавтра, тож, до побачення!», - так вчений відповів спантеличеному князеві. Навіть, міністр Столипін здавав іспит з хімії

Менделєєву на загальних засадах, як і всі. Проте, треба відмітити, що Дмитро Іванович поставив Столипіну оцінку «відмінно» (п'ять).

Менделєєв все життя курих, хоч і був людиною хворобливою ще з дитинства. При чому, папіроси вчений купував рідко, адже він сам вирощував тютюн і крутив самокрут. Лише перебуваючи в Європі та у вищому світі Менделєєв курих магазинні, виготовлені з білого паперу, папіроси. Ось який випадок стався з хіміком з цього приводу. Одного разу художник Я.Д. Мінченков сказав вченому – хіміку:

- Як же ж Ви, Дмитре Івановичу, не бережетеся від нікотину? Усі вчені, безсумнівно, знають про його шкоду.

- Брешуть вчені, - відповів Менделєєв. – Я пропускав цигарковий дим через вату, насичену мікробами, і побачив, що більшість з них помирали. Отже навіть користь є.

А ця історія говорить про характер Д.І. Менделєєва. Якимсь ректора Петербурзького університету, професора ботаніки **А. Бекетова** викликав до себе генерал – губернатор І. Гурко. Менделєєв вирішив поїхати з ректором на цю зустріч. Губернатор зустрів вчених величезним (фешенебельним) криком. Засмучений Бекетов мовчки слухав, як генерал кричав, що сам приїде до університету і не тільки студентів, а й професорів скрутить в бараний ріг. Менделєєв, який спочатку стояв мовчки, також почав кричати на генерал – губернатора:

- Як Ви наважувалися мені погрожувати!? Хто Ви такий? Ви лише солдат, не більше!!! Ви навіть не знаєте, хто я такий. Я відкрив періодичний закон і періодичну систему хімічних елементів!!! А що таке періодична система елементів? Негайно відповідайте!!!

Генерал – губернатор нічого не знав про періодичну систему, і це його сильно засмутило. Він мовчки відпустив вчених і все закінчилось перемогою науки.

Видатний хімік проводив також метрологічні дослідження і навіть літав на повітряній кулі (яку сконструював сам) для збору експериментальних даних. Проте, деякі речі Менделєєву все ж не вдавалися. Якимсь він вирішив стати архітектором і розробив проект годинникової вежі, яку було збудовано над будинком Головної палати мір та ваг. Та видно щось не було враховано, адже поступово стіни вежі почали тріскатись. Ось спогад сучасників Менделєєва з цього приводу. Справа була в тому, що на той час над Палатою мір та ваг почали надбудовувати вежу для встановлення маятника Фуко. Дмитро Іванович вирішив сам взятися за цю справу і відмовитися від послуг архітектора. Далі вчений розповідав колезі: «І уявіть собі мій жах: у стіні з'явилася шпарина. Я її заклеїв папірцем на випадок перевірки, та папірець порвався, адже шпарина збільшилась. Я тепер у великій скруті. Навіщо я взявся за цю справу?».

Наприкінці життя Д.І. Менделєєв просив царя Миколу II викупити його землю, адже йому не вдається самостійно господарювати на ній, оскільки, управляючий маєтком, а також працівники намагалися періодично щось вкрасти, що, в свою чергу, вимагало постійної присутності в маєтку та контролю від господаря, проте зайнятість вченого не дозволяла йому цього зробити.

Дмитро Менделєєв висувався на Нобелівську премію кілька разів, але так і не отримав її. У перший раз це сталося в 1905 році – тоді лауреатом став німецький хімік-органік **Адольф Байєр**. Через рік вчений був оголошений переможцем премії, але Шведська королівська академія наук скасувала це рішення на користь французького вченого **Анрі Муассана** за відкриття фтору. В 1907 році пролунала пропозиція розділити премію з італійським хіміком **Станіслао Канніццаро**, однак у цей раз втрутилася доля, адже 2 лютого 1907 року в віці 72 років Менделєєв пішов з життя. Можливо, причиною, чому вчений так і не став володарем довгоочікуваної премії, був конфлікт між Дмитром Івановичем і братами Нобель. До кінця 19-го століття заповзятливі шведи розбагатіли на бакинській нафті і стали контролювати більше 13% російських родовищ. В 1886 році, коли ціна на нафту різко впала, брати Нобель запропонували уряду підняти податок, аргументуючи це швидким виснаженням родовища. Таким чином, підвищення цін у розмірі 15 копійок з пуда нафти

забезпечувало їм позбавлення від конкурентів. При Міністерстві державних маєтностей була утворена спеціальна комісія, до складу якої увійшов Менделєєв. Вчений був противником введення податку і спростував чутки про виснаження нафти, чим і розгнівав Нобелів.

Перша спроба системи елементів. Зміна форми таблиці.

В першій доповіді, яку прочитав М.О. Меншуткін 18 березня 1869 року на засіданні Російського хімічного товариства, була подана таблиця елементів, яка так і називалась “Спроба системи елементів, заснованої на їх атомній вазі та хімічній подібності”(табл. 7).

В доповіді було не лише представлено перше формулювання періодичного закону, а й указано на необхідність виправити атомні ваги деяких елементів та передбачено відкриття нових елементів (екаалюмінію та екакремнію, де «ека» означає «такий як» або «подібний до», Al' та Si'). Протягом двох років (1869 - 1971) Менделєєв працював над питаннями, що пов'язані із законом, внаслідок чого він удосконалив та змінив форму таблиці (1971 рік), яка вже була схожа на сучасну таблицю.

Результати цієї роботи були узагальнені у двох статтях (російською та німецькою мовами). У статтях був розділ “Застосування закону періодичності до визначення властивостей не відкритих ще елементів”. Саме тут докладно були розраховані властивості тих елементів, які Менделєєв назвав екабором, екаалюмінієм та екакремнієм. Тим самим видатний вчений не тільки теоретично і практично обґрунтував закон, але й навів найважливіші висновки, які з нього випливають.

Таблиця 7

Таблиця Менделєєва, березень 1869 р.

			Ti = 50	Zr = 90	? = 180
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186
			Mn = 55	Rh = 104	Pt = 197
			Fe = 56	Ru = 104	Ir = 198
			Ni = Co = 59	Pt = 106	Os = 199
H=1			Cu = 63	Ag = 108	Hg = 200
	Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 66	Cd = 112	
	B = 11	Al = 27	? = 68	Ur = 116	Au = 197?
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118	
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?
	O = 16	S = 32	Se = 79	Te = 128?	
	F = 19	C = 35	Br = 80	J = 127	
Li=7	Na = 23	K = 39	Rb = 85	Cs = 133	Tl = 204
		Ca = 40	Sr = 88	Ba = 137	Pb = 207
		? = 45	Ce = 92		
		?Er = 56	La = 94		
		?Yt = 60	Di = 95		
		?In = 76	Th = 118?		

Тріумф закону.

Протягом 1871 – 1874 років про періодичний закон у хімічній літературі практично не з'являлись відгуки. Ідея періодичності не відразу зустріла належне розуміння в наукових колах. Наприклад, Кекуле писав Менделєєву: “Ваша система вважається тут (у Бонні) дотепною спекуляцією, що не дає при цьому ніяких висновків”. Проте скоро весь світ заговорив про періодичний закон у зв'язку зі справдженням блискучих пророцтв Менделєєвим властивостей ще невідкритих елементів.

В 1875 році французький хімік **Поль Еміль Франсуа Лекок де Буабодран** (1838 – 1912) відкрив Галій (стародавня назва Франції, який і був екаалюмінієм). До речі, він відкрив ще три рідкісноземельних елементи - Самарій, Європій та Диспрозій. Спочатку Лекок де Буабодран спостерігав Галій у цинковій обманці спектрально, потім виділив і вивчив. Прочитавши повідомлення де Буабодрана, Менделєєв відразу визнав у відкритому елементі екаалюміній і опублікував замітку, в якій указав на помилку при визначенні питомої ваги елемента. Російський вчений надіслав замітку ще й приватного листа до де Буабодрана. Останній з незадоволенням сприйняв усе це, адже про Менделєєва він ніколи нічого не чув і не читав згадану замітку в німецькому журналі. Виділений ним новий елемент мав, очевидно, домішки натрію, який було використано для відновлення сполук цього нового елемента, а тому його густина дорівнювала 4,7. Проте Менделєєв вважав, виходячи зі своїх теоретичних розрахунків, що густина відкритого елемента повинна бути між 5,9 та 6,0.

Тому де Буабодрану довелося виділити Галій у більшій кількості, повторити вимір і виправити помилку. Отримані дані (заново визначена густина, що дорівнювала 5,96) чудово співпадали з пророцтвами Менделєєва. Число прибічників періодичного закону стало рости, розпочалися пошуки ще не відкритих, але передбачених Менделєєвим елементів.

В 1879 році швед **Ларс Нільсон** (1840 – 1899) відкрив Скандій, який за властивостями відповідав екаборові, а в 1886 році професор мінералогії Фрейберзької гірничої академії **Клеменс Олександр Вінклер** (1833 – 1904) відкрив ідентичний екакремнію Германій. Вражений Вінклер із цього приводу висловився так: “Навряд чи може існувати яскравіший доказ справедливості вчення про періодичність елементів за виділення досі гіпотетичного “екасиліцію”: воно становить, безумовно, більш ніж просте підтвердження сміливої теорії і знаменує собою видатне розширення хімічного поля зору, велетенський крок у царині пізнання”.

Менделєєв також передбачив існування та основні властивостей ще 6 елементів (екацезію (Fr), екабарію (Ra), екалантану (Ac), екамангану (Te), двімангану (Re), екайоду (At)), які були відкриті вже після його смерті.

Про геніальність Менделєєва та сміливість його поглядів свідчить те, що він, виходячи лише з хімічних властивостей, виправив атомні маси принаймні 14 елементів, зокрема, Берилію, Титану, Хрому, Ітрію, Індію, Цезію, Ербію, Іридій, Платини, Золота, Торію та Урану.

До створення періодичної системи елементів хіміки вважали берилій тривалентним з атомною масою 13,5 лише тому, що його оксид “солодкозем” за хімічними властивостями дуже нагадує глинозем (Al_2O_3). Проте, як писалося вище, Менделєєв помістив берилій у 2-й групі й II-му періоді, вважаючи, що його атомна маса 9,4. Проти цього рішуче виступили шведські хіміки **Л. Нільсон** та **О. Петерсон**. Та коли вони визначили густину парів хлориду берилію, їх здивуванню не було меж. Виявилося, що атомна маса берилію становить 9,1 і що він двохвалентний, як і передбачав російський хімік.

Коли Менделєєв створював періодичну систему, всі хіміки приписували Урану атомну масу 120 (це зазначено в таблиці Одлінга, в першій таблиці Менделєєва (табл. 6.) його атомна маса дорівнювала 116). Для такого “легкого” урану теж не знайшлося місця в таблиці Менделєєва, тому він, спираючись лише на відкритий ним закон, сміливо подвоїв атомну масу Урану, тобто, геніальний вчений зробив з Ураном теж саме, що Годен зробив свого часу із ртуттю, але з іншої причини. Після цього цей елемент став крайнім та найважчим на той час мешканцем таблиці з атомною масою 240. Через 13 років потім німецький хімік **Г. Ціммерман** визначив густину пари UCl_4 і розрахував атомну масу урану, яка дорівнювала 240.

Блискуче ствердження пророцтв Менделєєва справило величезний вплив на подальший розвиток хімії та всього природознавства. Із середини 80-х років XIX ст. періодичний закон був, безумовно, визнаний усім ученим світом і увійшов в арсенал

науки як основа наукового дослідження. Авторів відкриття трьох передбачених елементів, а також **Богуслава Браунера** (1855 – 1935), професора з Праги, який помістив рідкісноземельні елементи там, де вони стоять і зараз, а також увів нульову групу для інертних газів (1902 рік), та **Ціммермана**, Менделєєв називав зміцнювачами періодичного закону.

В кінці XIX століття і в XX столітті періодичний закон неодноразово піддавався серйозним випробуванням, адже здавалось, що нові відкриті факти суперечать закону. Так виникли труднощі з розміщенням рідкісноземельних елементів, дуже схожих за властивостями. В 1894 – 1898 роках англійський хімік та Нобелівський лауреат **Вільям Рамзай** (1852 – 1916), професор у Глазго, Брістолі та Лондоні, відкрив 5 інертних газів (Аргон, Гелій, Неон, Ксенон, Криптон).

Коли Рамзай уперше випаровував рідкий аргон, то перші порції газу він зібрав окремо. Ці газові бульбашки вчений піддав спектральному аналізу і не помилився в своїх сподіваннях. Трубка світилася червоним сяйвом. Назву новому газу дав його дванадцятирічний син Віллі.

- Тату, - записав син, - як називається цей красивий газ?
- Це ще не вирішено, - відповів Рамзай.
- Що він новий? – поцікавився син.
- Нововідкритий, - заперечив вчений.
- То чому б не назвати його novum – латинською «новий»?
- Це не підходить, бо novum не грецьке слово. Ми краще назвемо його «неоном», адже з грецької «неос» - означає «новий». Так і тепер цей елемент – благородний газ називається Неоном.

Також виникли труднощі внаслідок відкриття явищ радіоактивності та ізотопії. Але всі вони були переборені. На базі цього закону була встановлена внутрішня будова атомів та з'ясовані закономірності їх поведінки. Періодичний закон із повним правом називають провідною зіркою при вивченні хімії, при орієнтації у складних лабіринтах безмежного різноманіття речовин та їх перетворень.

Менделєєв був передовим ученим свого часу з передовими поглядами. Він виступав проти будь-яких форм забобонів, боровся зі спиритизмом. Проте під кінець життя не уник, як це буває з видатними людьми, застарілих уявлень і дуже скептично поставився до нових поглядів на природу радіоактивності та до електронних теорій. Але незалежно від цього відкритий ним періодичний закон сприяв перемозі прогресивних поглядів у хімії та фізиці.

Питання для самоперевірки:

1. Які важливі аспекти можна виділити з історії відкриття елементів?
2. Хто є рекордсменами в історії відкриття хімічних елементів?
3. В чому суть хибних відкриттів?
4. Що таке валентність? Як зародилася теорія валентності? Життя та наукова діяльність Кекуле
5. В чому суть багатовалентності? Хто ввів поняття «максимальної валентності»?
6. Ким і коли були здійснені перші спроби класифікації та систематизації хімічних елементів та відкриття періодичного закону?
7. В чому суть закону октав, правила тріад? Ким вони були відкриті?
8. Що слугувало передумовами відкриття періодичного закону?
9. Назвіть основні біографічні дані Д.І. Менделєєва та його роботи до 1869 року?
10. Зазначте історію відкриття періодичної таблиці та періодичного закону.
11. Як і коли відбувся триумф періодичного закону?

Розв'яжіть задачі з теми:

1. Якось один грабіжник дізнався, що у місцевого колекціонера коштовного каміння є велика кількість зразків самородного золота. Колекціонер цікавився новинками в науці і всі свої шухляди з колекціями він систематизував за елементами, використовуючи електронну конфігурацію валентних електронів. Коли ж грабіжник, який не здогадувався про такі інновації колекціонера, все ж потрапив до кімнати щоб вкрати золото, виявив там незрозумілі йому символи, написані на шухлядках. Оскільки хімії він зовсім не знав, грабіжник відкрив першу шухляду з надписом – а та кам'яне вугілля, в іншій – залізна руда і в цей момент спрацювала сигналізація, а тому злодій, розгубившись, залишив кімнату, так нічого і не взявши з собою. Використовуючи періодичну систему, спробуйте знайти шухлядку із золотом у колекціонера:

а) $[\text{Ar}]3d^{10}4s^1$; б) $[\text{Xe}]4f^{14}5d^{10}6s^2$; в) $[\text{Xe}]4f^{14}5d^{10}6s^1$; г) $[\text{Kr}]4d^{10}5s^1$.

2. Йшов 1817 рік. У міністра Веймарського герцогства, поета та філософа **Йоганна Вольфганга Гьоте** збирались за вечірнім чаєм його друзі та родичі. Серед них був також професор хімії **Йоган Доберейнер**. Сперечались про різне, в тому числі, й про проблеми хімії. Доберейнер сказав, що якщо три елементи розташувати в ряд за подібними властивостями за зростанням їх маси, то можна побачити дещо вельми цікаве. (Правило тріад). На що Марія Павлівна – сестра російського царя Олександра І, яка також була в гостях у Гьоте, сказала: «Бог трійцю любить...». Використавши правило тріад, та знаючи що це середні елементи тріад, складіть такі тріади для запропонованих ізотопів: ^{23}Na ; ^{32}S ; ^{35}Cl .

3. Німецькі хіміки **Юстус Лібіх** (в 1824р.) і **Фрідріх Штрмейєр** (1832р.) одержали оксиди двох елементів, які, як виявилось пізніше, належать до однієї групи Періодичної системи хімічних елементів Д.І.Менделєєва. Оксид Штрмейєра утворений самим важким із нерадіоактивних елементів, а оксид Лібіха – є оксидом елемента, атомний заряд ядра якого на 32 одиниці менший. Обидва оксиди мають формулу E_2O_3 , не розчиняються у воді, проте розчинні в HCl . Цікавим є те, що оксид Штрмейєра (жовтого кольору) реагує з сильними кислотами, але не реагує з лугами, а оксид Лібіха (білого кольору) поводить себе навпаки- розчинний в лугах, але не взаємодіє з кислотами. Встановіть формули даних оксидів, якщо відомо, що при взаємодії 5 г оксиду Штрмейєра з надлишком розчину HCl , утворюється 6,77 г солі.

§ 6. Будова атома. Хімічний зв'язок

Основні короткі відомості про розвиток хімії періоду кін. XIXст. – середини XX ст.

1. Передумови створення теорії будови атома. Факти, що підтверджують складність будови атома: відкриття фотоефекту, відкриття катодних променів, відкриття X – променів, відкриття явища радіоактивності.

2. Планетарна модель атома Резерфорда.

3. Теорія Нільса Бора.

4. Квантові числа як індивідуальна характеристика атомів.

5. Вчення про хімічний зв'язок.

6. Основи квантової хімії та квантової механіки.

Передумови створення теорії будови атома. Факти, що підтверджують складність будови атома.

Відкриття фотоефекту.

В 1887 році **Генрі Герц** (Славнозвісний фізик Генріх Герц замолоду любив працювати на токарному верстаті. Коли майстер, який учив його цієї справи, через багато років дізнався, що Герц став професором, він невдоволено сказав: «Шкода, з

нього вийшов би першокласний токарь.») спостерігав явище, яке згодом стало поштовхом у розвитку квантових уявлень про природу світла. Під час опромінення ультрафіолетовим світлом негативно зарядженої пластинки відбувався сильніший електричний розряд, ніж за відсутності такого опромінення. Як з'ясувалося пізніше, це було проявом **явища фотоефекту** — виходу електронів з тіла в інше середовище або вакуум під дією електромагнітного випромінювання. Цей вид фотоефекту називають зовнішнім або фотоелектронною емісією.

В 1888—1889 р.р. це явище докладно вивчав російський учений **Олександр Грогорович Столетов** (1839— 1896). Вивчивши за допомогою складеної ним установки, що вимірювала залежність сили струму від частоти хвилі світла, його інтенсивності та інших характеристик випромінювання, Столетов установив три закони фотоефекту:

1) число електронів, що вилітають із поверхні тіла під дією електромагнітного випромінювання, пропорційне його інтенсивності;

В 1888 р. німецький фізик **В. Гальвакс** встановив, що під дією світла металева пластинка заряджається позитивно.

2) для кожної речовини залежно від її температури і стану поверхні існує мінімальна частота світла, за якої ще можливий зовнішній фотоефект;

3) максимальна кінетична енергія фотоелектронів залежить від частоти опромінення і не залежить від його інтенсивності.

Червона межа фотоефекту — максимальна довжина хвилі, при якій ще можливий зовнішній фотоефект для даної речовини.

Проте, відкривши закони фотоефекту Столетов не зміг пояснити дане явище. Його на початку XX ст. пояснив відомий німецький фізик, лауреат Нобелівської премії **Альберт Ейнштейн**, спираючись на теорію німецького фізика Макса Планка.

Про походження Планка, як і про всіх цих людей —
прекрасних, гідних, непідкупних,
благородних і великодушних,
які віддали себе служінню науці, -
необхідно пам'ятати кожному,
хто захоче зрозуміти характер Макса Планка
і витоки його успіху.

Макс Борн



Рис. 32. Макс Планк

Макс Карл Ернст Людвіг Планк (1858 – 1947) народився в Кіле (між Австрією і Прусією) і належав до старого дворянського роду; серед його предків були видні юристи, вчені, військові та церковні діячі.

Глибокий вплив на юного Планка мав вчитель математики **Герман Мюллер**, від якого майбутній учений вперше почув про закон збереження енергії. У Макса рано проявився математичний талант. І хоча вчителі не бачили у нього якихось особливих здібностей, проте, вони спеціально відзначали його особисті якості — сильний характер, старанність. Навчання в гімназії сприяло зміцненню в Макса інтересу до науки, до з'ясування законів природи.

Іншим захопленням Планка з дитячих років була музика: він співав у хорі хлопчиків, грав на кількох інструментах (особливо багато часу вчений проводив за роялем), вивчав теорію музики і пробував щось самостійно створити, однак скоро прийшов до висновку, що у нього немає таланту композитора. До моменту закінчення школи він знаходився перед вибором: стати піаністом, філологом чи зайнятися вивченням фізики і математики.

Планк вибрав останнє і в вересні 1874 року став студентом Мюнхенського університету. Втім, в студентські роки майбутній вчений як і раніше багато часу приділяв музиці: грав на органі в студентській церкві, служив хормейстером в студентському співочому союзі, диригував аматорським оркестром.

В 1900 р. німецький фізик Макс Планк, пояснюючи розподіл енергії теплового випромінювання, висунув гіпотезу, що енергія випромінюється не безперервно, а поширюється певними дискретними порціями — квантами. Він вважав, що енергія такого кванта пропорційна частоті випромінювання: $E = h\nu$. Завдяки такому припущенню Макс Планк отримав формулу розподілу енергії теплового випромінювання, яка узгоджувалася з експериментальними даними в усьому інтервалі температур — від низьких до високих.

За свою теорію вчений отримав Нобелівську премію з фізики в 1918 році.

До речі, око здорової людини починає реагувати на світло величиною дискретної порції світла в чотири фотони. Це означає, що людина здатна побачити світло палаючої свічки в абсолютній темряві з відстані до свічки в 25 – 30 км!

Будучи ще студентом у 1878 році, Макс Планк прийшов до свого вчителя, відомого фізика і математика **Філіпа фон Жоллі** і сказав йому, що хоче займатися теоретичною фізикою, на що вчитель Планка відповів: «в цій області науки уже практично все відкрито, а те, що залишилося – це додати деякі не дуже важливі пробіли. Чи потрібно займатися цією безперспективною справою?». Добре, що ця розмова не вплинула на молодого Макса, адже, як відомо, Планк вніс в теоретичну фізику, як мінімум, одну з найважливіших фізичних величин – **сталу Планка** ($h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с). Вчений не дожив до свого 90 – річчя всього декілька місяців. До речі, на могилі Макса Планка в Гьотtingені окрім ім'я, прізвища та відповідних дат набита також стала Планка.

Отже, повертаємось до пояснення фотоефекту. При поясненні одержаних Столетовим висновків на основі хвильової теорії виникли протиріччя між її положеннями й одержаними результатами. Це змусило вчених шукати інше тлумачення механізму поглинання світлового випромінювання. З цією метою Альберт Ейнштейн застосував квантові уявлення про природу світла (теорію Планка) і на їх основі вивів рівняння фотоефекту: $h\nu = A_0 + \frac{mv^2}{2}$, де A_0 – робота виходу електрона,

еВ. Фотоефект можливий, якщо $\frac{h\nu}{\lambda} \geq A_0$, де λ – довжина хвилі світла, нм.

Це співвідношення називають рівнянням Ейнштейна для зовнішнього фотоефекту. За пояснення законів зовнішнього фотоефекту А. Ейнштейн у 1922 р. був удостоєний Нобелівської премії.

Фотоефект є результатом трьох послідовних процесів: поглинання фотона, внаслідок чого енергія одного електрона стає більшою за середню; руху цього електрона до поверхні тіла; виходу його за межі тіла в інше середовище через поверхню поділу. Явище фотоефекту доводить корпускулярні властивості електрона.

Всім з дитинства відомо, що ті чи інші властивості речей такі, а не інакші; які події можуть бути, а які – ні. Проте, знайдеться такий невіглас, який цього не знає – і саме він робить наукове відкриття!

Альберт Ейнштейн

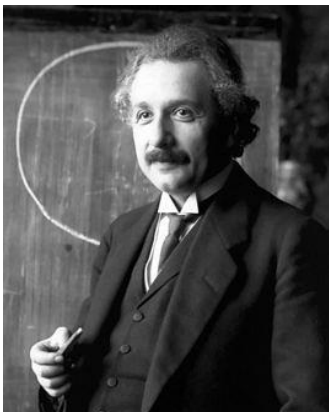


Рис. 33. Альберт Ейнштейн, 1921 рік

Альберт Ейнштейн (1879 – 1955) – народився в бідній єврейській сім'ї і був першою дитиною в сім'ї із двох (дещо пізніше – на світ з'явилась молодша сестра Марія).

До 12 – ти років був дуже релігійною дитиною. Але через читання науково-популярних книг він прийшов до переконання, що багато чого з того, що викладено в Біблії, не може бути правдою, а держава навмисно займається обманом молодого покоління.

Все це зробило його вільнодумцем і назавжди



Рис. 34. А. Ейнштейн з дружиною Міленою Марич

породило скептичне ставлення до авторитету. З дитячих вражень Ейнштейн пізніше згадував компас, «Початки» Евкліда і «Критику чистого розуму» Іммануїла Канта. Крім того, з ініціативи матері він з шести років почав займатися грою на скрипці. Захоплення музикою збереглося в Ейнштейна впродовж всього життя.

Цікаві факти з життя вченого.

1. До трьох років майбутній геній не розмовляв взагалі, чим ще більше змушував своїх батьків побоюватися, що він відстає в розвитку. Однак як тільки хлопчик заговорив, то його батьки були здивовані – у трирічного Ейнштейна був словниковий запас як у дорослої людини.

2. У дитинстві і в юності в Ейнштейна не виявлялось ніяких видатних здібностей. У школі вчився погано, а його мама взагалі переживала через те, що у дитини занадто велика голова і відразлива зовнішність. Вчителі вважали маленького Альберта замкнутим, неактивним і «загальмованим», до того ж хлопчик постійно піддавався глузуванню від однокласників. Так і не отримавши атестат в гімназії (аналог нашої школи), Альберт запевнив батьків, що сам зможе підготуватися до вступу у Вище технічне училище (політехнікум) в Цюриху, але Ейнштейн провалив вступні іспити.

3. Все-таки вступивши згодом в політехнікум, студент Ейнштейн дуже часто прогулював лекції, читаючи в кафе журнали з новими науковими теоріями.

4. Після отримання диплома вченого влаштували працювати експертом в Патентне бюро. В зв'язку з тим, що оцінка технічних характеристик у молодого фахівця займала найчастіше близько 10 хвилин, він багато займався розробкою своїх теорій. Слова Альберта Ейнштейна «Якщо 2% молодих людей в країні відмовляться від військової служби, то уряд не зможе їм протистояти, а в тюрмах просто-напросто не вистачить місць» породили серед американської молоді потужний антивоєний рух, прихильники якого носили значки з написом «2 %».

5. В архівах Нобелівського комітету збереглося близько 60 номінацій Ейнштейна у зв'язку з формулюванням теорії відносності; його кандидатура незмінно висувалася щорічно з 1910 по 1922 роки (крім 1911-го і 1915-го років). Однак премія була присуджена тільки в 1922 році — за теорію фотоефекту, яка представлялася членам Нобелівського комітету як найбільш беззаперечним і безпечним внеском у науку. В результаті цієї номінації Ейнштейн отримав (раніше відкладену) премію за 1921 рік одночасно з **Нільсом Бором**, який також був удостоєний премії 1922 року. До речі, ці двоє видатних вчених все життя між собою вели знамениту полеміку щодо будови атома: Ейнштейн притримувався класичної інтерпретації (фізичної) проблеми, а Бор – квантовомеханічної.

6. Одного разу Альберт Ейнштейн використав подарований йому банківський чек від Фонду Рокфеллера на 1500 доларів (враховуючи інфляцію, зараз ця сума становить близько 25000 доларів) в якості закладки для книги, а потім втратив цю книгу. Видатний фізик не міг дозволити собі виплачувати аліменти дружині після розлучення; вчений запропонував віддати всі гроші їй, у разі якщо він отримає Нобелівську премію. Через кілька років він дотримав свою обіцянку.

7. Ейнштейну пропонували займатися політикою. І не просто нудьгувати на засіданнях якого-небудь парламенту, а керувати цілою країною – Ізраїлем! Цю пропозицію він отримав в 1952 році, але стати президентом відмовився через брак досвіду.

8. Альберт Ейнштейн уникав будь-якої фізичної активності, вважаючи, що при цьому людина витрачає енергію даремно і тим самим обділяє нею свій розум. Виняток він зробив тільки для плавання, тому що воно забирає менше сил, ніж інші види спорту.

9. Видатний фізик дуже любив квіти, найбільше він обожнював вирощувати троянди.
10. Ейнштейн дуже різко висловлювався з приводу наукової фантастики і не радив її читати, адже був впевнений, що вона спотворює науку і дає читачам хибні уявлення про неї.
11. Видатний учений чудово грав на скрипці. У години дозвілля він усамітнювався на кухні і виконував твори свого улюбленого композитора – Моцарта. В останні роки життя фізик давав скрипкові концерти у Бостоні, які збирали велику кількість шанувальників.
12. Фізик активно виступав проти націонал-соціалізму, війни та застосування атомної зброї. У 1940 році Ейнштейн написав лист до президента США про небезпеку створення у Німеччині атомної бомби.
13. На думку деяких учених, теорію відносності придумав зовсім не Ейнштейн, а відомий математик *Анрі Пуанкаре*. Вчений же просто досліджував монографії свого попередника і довів його думки до логічного кінця. За іншою версією цю теорію розробила перша дружина фізика – *Мілена Марич*.
14. Всупереч малопривабливій зовнішності, Ейнштейн мав велику популярність серед жінок. Одного разу якась пані повідомила йому номер свого телефону – 24-361. Але, боячись, що номер складний, попросила його повторити цифри напам'ять. «Ну чому складний? – здивувався Ейнштейн. – Дюжина плюс дюжина і число «19», зведене в квадрат! ». Кажуть, що Ейнштейн був ловеласом. Можливо, це й було однією з причин його розлучення з першою дружиною Мілевою Марич, з якою у нього було троє дітей. Вдруге вчений одружився зі своєю двоюрідною сестрою по лінії матері – *Елізабет Левенталь* і в дочерив її двох дітей.
15. Ейнштейн дуже любив хороше кіно і особливо – фільми *Чарлі Чапліна*. Одного разу, подивившись фільм «*Золота лихоманка*», геній науки відіслав молодому режисерові лист, в якому похвалив картину, зазначив, що вона зрозуміла всім, і запевнив Чапліна, що той неодмінно стане великою людиною. А через деякий час отримав дотепну відповідь: «Ви викликаєте в мене ще більше захоплення! Адже Ви створили теорію, яку не розуміє ніхто, і, незважаючи на це, стали великим!».
16. Ейнштейн не вживав спиртного і щиро схвалював введення в США сухого закону. А ось від куріння відмовитися не міг. До слова, курих він лише люльку, а не сигари.
17. Найкумедніша фотографія Ейнштейна – з висунутим язиком – була зроблена фоторепортером *Артуром Сассом* під час святкування 72-го дня народження вченого. Сасс так набрид імениннику зі своєю фотокамерою, що той нагородив його гримасою. Коли плівка була проявлена, знімок Ейнштейну дуже сподобався. І не тільки йому: сьогодні ця фотографія нерідко витісняє зі стін навіть портрети президентів ...
18. Ейнштейн полюбляв м'ясо екзотичних тварин та заробляв, продаючи свій автограф.
19. Найвідоміше рівняння Ейнштейна $E = mc^2$, по – перше, не винайдено Ейнштейном, а використане; по – друге, початково, і видатний фізик теж звертав на це увагу, мала на увазі формула $E_0 = mc^2$, тобто, вона описувала не всю енергію, а лише енергію спокою.
20. Останні слова Ейнштейна людство так і не дізналось, оскільки, помираючи в Бостоні (США), він сказав їх німецькою, а медсестра не володіла цією мовою.
21. Ейнштейн помер в 1955 році, у віці 76 років. Йому необхідно було терміново провести операцію, тоді він зміг би прожити ще кілька років. Але вчений відмовився, сказавши лікарям: «Я хочу піти тоді, коли цього просить мій організм. Продовжувати життя штучним шляхом здається мені поганим смаком. Це моя доля, мій час, щоб піти. Я зроблю це елегантно».
22. Через сім годин після смерті експерт з розтину *Томас Харвер* видалив без згоди рідних і близьких мозок вченого для вивчення і зважив його – він мав масу 4,5

кг. Потрібно сказати, що найбільший мозок, масою 5 кг, який потрапив до книги рекордів Гінеса, належав повному ідіоту; мозок середньостатистичної людини (не товстунів, звісно) важить 3 – 4 кг.

На початку наукової кар'єри дружину Ейнштейна Мілену Марич запитали, що вона думає про свого чоловіка:

- О, мій чоловік геній! – відповіла пані Ейнштейн. – Він вміє робити все, окрім заробляння грошей!

Одного разу Альберт Ейнштейн перебував в гостях у своїх знайомих. Розпочався дощ. Коли видатний вчений збирався вже йти, господар будинку, з вічливості, а також великої поваги, запропонував йому свій капелюх. На що Ейнштейн відповів:

- Навіщо? – відповів відомий фізик. – Я знав, що буде дощ, і саме тому я не взяв свого капелюха, адже він буде висихати набагато довше, ніж моє волосся. Це ж очевидно.

Ще декілька цікавих випадків із життя видатного вченого. Одного разу Ейнштейн був у гостях у видатного американського винахідника **Томаса Едісона**.

- Ніяк не можу знайти собі помічника, - скаржився Едісон. – Кожен день заходять молоді люди, але ніхто так і не підходить.

- А як Ви визначаєте їх непридатність цих людей до цієї роботи? – запитав Ейнштейн.

Едісон показав йому анкету із запитаннями:

- Хто на них відповість, той і стане моїм помічником.

- «Скільки миль від Нью – Йорка до Чикаго?» - прочитав Ейнштейн і відповів:

- «Потрібно подивитися у залізничний довідник».

- «З чого виготовляють нержавіючу сталь?» - «Для цього потрібен довідник з матеріалознавства...».

Пробігши очима всі інші питання, Ейнштейн відповів Едісону:

- Не чекаючи Вашої відмови, свою кандидатуру я знімаю сам.

Якось Ейнштейн був в гостях у подружжя Кюрі. Сидячи у гостьовій кімнаті, він помітив поряд два крісла, які пустували і ніхто в них не сідав.

- Сядьте біля мене, Фредеріку, – сміячись попросив Ейнштейн господаря будинку **Жоліо – Кюрі**. – А то мені здається, що я в Пруській Академії Наук!

Анекдот про Ейнштейна. Якось до відомого фізика А. Ейнштейна підійшла дуже красива молода дівчина і сказала: «Пане професоре, давайте ми з вами познайомимось ближче, - адже у нас може народитися така красива дитина, як я, і така розумна, як Ви». «А якщо все вийде навпаки – сказав Ейнштейн – дитина буде така ж красива, як я, і така ж розумна, як Ви».

Відкриття катодних променів.



Рис. 35. Катодна трубка Крукса

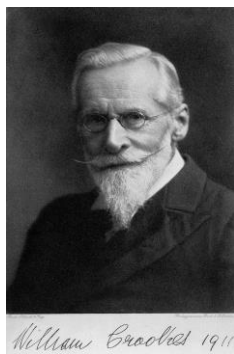


Рис. 36. Вільям Крукс

Створенню сучасного вчення про будову атома передувала низка фізичних відкриттів, зокрема: катодних променів, Х – променів, радіоактивності тощо.

Так, у 1879 р. англійський хімік і фізик сер **Вільям Крукс** (1832-1919) за допомогою трубки, згодом названої на його честь **трубкою Крукса**, відкрив катодні промені, які випромінювались з катода і пізніше були ідентифіковані як потік електронів.

Він народився в Лондоні в сім'ї портного. Крукс почав цікавитися наукою ще в 15 – цять років, коли вступив в Лондонський Королівський хімічний коледж, там його вчителем був відомий хімік –

органік **А. Гофман** (учень Ю. Лібіха). Крукс спочатку був членом (1863), а потім президентом Лондонського королівського товариства (1913 – 1915 р.р.).

Вчений ввішов в історію як людина, яка відкрила Талій, а також вперше в лабораторних умовах отримав Гелій.

Цікавий факт про вченого – хіміка і фізика. В 1869 році Крукс зацікавився паранормальними явищами, що відбувалися на спиритичних сеансах, і в 1870 році приступив до їх практичного дослідження, пообіцявши собі і колегам дотримуватися повної неупередженості і керуватися виключно науковими інтересами.

Перед медіумами він висунув жорсткі умови: «Досліди повинні проводитися у мене вдома, в присутності мною запрошених свідків і при повному дотриманні всіх моїх вимог; я залишаю за собою право також використовувати будь-яку апаратуру», - говорилося в його заяві. У числі медіумів, які погодилися взяти участь в дослідях, були **Кейт Фокс, Д.Д. Хьюмен і Флоренс Кук**, робота з якою особливо його захопила. Крукс стверджував, що на власні очі спостерігав появи примарних і відчутних фігур, явища левітації, чув загадкові голоси, вимірював втрати медіумом ваги при виділенні ектоплазми, фіксував появу написів на грифельних дошках без участі присутніх.

В 1886 р. німецький фізик **Е. Гольдштейн** (1850-1930) відкрив каналові промені, які виявились потоком іонів з позитивним зарядом, кратним заряду електрона. Рухаючись до анода, електрони катодних променів стикаються з атомами газу і, віддаючи їм свою енергію, «змушують» їх випромінювати світло. Це і є причиною виникнення світлого розряду. Залежно від природи газу в трубці світло розряду може бути різним. Це ми постійно спостерігаємо у світній неоновій рекламі.

Електрони прямують до анода й утворюють катодні промені, а позитивно заряджені іони прямують до катода й утворюють каналові промені. Спостерігати потік електронів (або катодних променів) можна, якщо поставити на їхньому шляху екран, покритий сульфідом цинку. Під дією електронів такий екран починає світитися. Якщо на шляху катодних променів установити легеньку вертушку, вони змусять її обертатися. Зовнішнім електричним чи магнітним полем катодні промені відхиляються від прямолінійного руху. Характер цього відхилення свідчить, що частинки, з яких складаються промені, несуть негативний заряд, як виявилось, катодні промені – це потік електронів. Коли електрони, що утворюють катодні промені, рухаються до анода, вони стикаються з молекулами газу і спричиняють виникнення світлового розряду. Якщо в катоді зроблено отвори (канали), то позитивно заряджені іони проходять крізь них і спричиняють світіння того краю скляної трубки, до якого вони потрапляють.

Дослідження потоку позитивно заряджених іонів — каналових променів, показало, що вони складаються з важких заряджених частинок, подібних за масою до вихідних атомів, а їх природа залежить від того, який газ міститься у трубці. Катодні ж промені однакові для всіх газів.

Відкриття X – променів (рентгенівського випромінювання).



Рис. 37. Перший рентгенівський знімок кисті руки дружини Анни, 1895 рік



Рис. 38. В.К. Рентген

Вільгельм Конрад Рентген (1845 – 1923) народився в сім'ї купця та виробника одягу Фрідріха Рентгена і був єдиною дитиною в сім'ї. Першу освіту Вільгельм отримує в приватній школі Мартінуса фон Дорна.

З 1861 року він відвідує Утрехтську Технічну школу, однак в 1863 році його відраховують через незгоду віддати намальовану ним карикатуру на одного з викладачів.

Вільгельм Рентген був

працелюбною людиною і, будучи керівником Фізичного інституту Вюрцбургського університету, мав звичку допізна засиджуватися в лабораторії. Головне відкриття в своєму житті – ікс-випромінювання - він зробив, коли йому було вже 50 років.

8 листопада 1895 року професор фізики Вільгельм Рентген випадковим чином відкрив промені невідомого походження, які він назвав X-променями (вони виявилися електромагнітним випромінюванням з дуже короткою довжиною хвилі) і які згодом були названі його іменем. Вчений включив щільно закриту чорним папером катодну трубку і помітив, що кристали $\text{BaPt}(\text{CN})_4$ (платиноціаністого барію), які лежали поруч почали світитися зеленуватим кольором. Це його зацікавило і, він кілька разів включаючи і відключаючи катодну трубку, встановив однозначну закономірність та присвятив свої подальші дослідження вивченню природи цього невідомого явища. Вчений виявив, що невідомі промені виникають в місці зіткнення катодних променів з перепорою всередині трубки і здатні проникати через непрозорі матеріали, не відбиваючись і не заломлюючись.

За допомогою спеціально сконструйованої електророзрядної трубки Ретген встановив, що невідоме випромінювання засвічує фотопластики завдяки сильній іонізації навколишнього повітря.

Він також був першим, хто зробив фотознімки в X-променях. 28 грудня 1895 року Вільгельм Рентген опублікував свої дослідження в журналі фізико-медичного товариства міста Вюрцбург.

Це відкриття мало значний внесок для розвитку фізики і хімії та разом з іншими відкриттями свого часу змінило багато положень класичної фізики.

Проте, найбільш ранні дослідження променів, нині відомих як рентгенівські, датуються 1880 роком, коли англійський фізик **Вільям Крукс** разом із своїм асистентом німцем **Йоганном Гітторфом** під час вивчення процесів проходження електричного струму через розріджені гази виявив, що фотопластики, розміщені біля газорозрядних трубок, "засвічуються" або містять якісь незрозумілі обриси і тіні. Не знайшовши причину цього явища, вони не стали його досліджувати.

Ще у 1877 році, український фізик **Іван Павлович Пулюй** (1845 – 1918), професор Празького технічного університету, експериментуючи із газорозрядними трубками низького тиску власної конструкції також виявив аналогічне явище і на початку 1896 року зробив доповідь в Празькому політехнікумі та цього ж року опублікував у французьких і британських наукових журналах високоякісні рентгенівські знімки різних предметів, скелету жаби і дитячої руки. Будучи особисто знайомим з Ренгеном за спільною роботою в Страсбурзі у професора **А. Кундта**, Пулюй вів з ним наукову переписку і важко переживав славу Рентгена.

В 1888 році X-промені виявив і німецький фізик **Філіп фон Ленард**, який вивчав можливість проникнення променів, які виникають у катодних трубках, за їх межі у повітря і їх здатність проникати крізь різні матеріали. Своє відкриття він опублікував у 1893 році в американській газеті The San Francisco Examiner у статті під назвою **"Фотографії, зроблені в темноті"**.

Проте, саме Вільгельм Рентген зазвичай вважається першовідкривачем X-променів завдяки тому, що він їх першим став систематично вивчати.

Досить швидко рентгенівські промені знайшли застосування у медицині. Вже 11 січня 1896 року англійський лікар **Джон Едвардс** з Бірмінгему застосував рентгенівський знімок для пошуку голки, що застрягла під шкірою пацієнтки, а в лютому цього ж року **Гілман Фрост** з Дортмундського коледжу - для правильного лікування перелому. При цьому він використав катодну трубку професора Пулюя, яка, як виявилось, була єдиною з відомих на той час, що давала інтенсивне рентгенівське проміння.

В 1901 році Вільгельм Рентген за своє відкриття став першим лауреатом Нобелівської премії з фізики, за якою відмовився їхати в Швецію, зіславшись на зайнятість і отримав її поштою. Будучи скромною від природи людиною, він

відмовлявся називати відкрите ним випромінювання своїм іменем, відмовився від дворянського титулу, а з початком Першої світової війни віддав всі свої заощадження, включаючи Нобелівську премію, уряду Німеччини.

Ніхто на той час не знав, що рентгенівське випромінювання є шкідливим для всіх живих об'єктів. Цікаво, що в перші роки використання X – променів модним було, наприклад, сімейне фото в рентген – апараті.

Відкриття радіоактивності.

Відкриття Рентгена надало можливість зрозуміти будову речовини і мало численне практичне застосуваннями. Це відкриття розбурхало думку вчених, адже вже було вирішено, що будинок науки фізики був побудований і в природі більше немає нічого, що ще б не було б відомо людині.

Схвильований був повідомленням про виявлення рентгенівських променів і член Французької академії наук **Антуан Анрі Беккерель** (1852-1908).

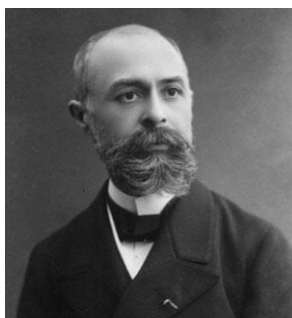


Рис. 39. Антуан Беккерель

Чим далі експеримент від теорії, тим ближче він до Нобелівської премії.

Фредерік Фоліо – Кюрі

Антуан Анрі Беккерель (1852 – 1908) - французький фізик, лауреат Нобелівської премії з фізики (1903) і один з першовідкривачів радіоактивності. Проте, на жаль, прожив він лише 55 років.

Беккерель народився в сім'ї вчених, яка вже подарувала людству чотири покоління вчених. Він отримав наукову освіту в Політехнічній школі і інженерну освіту в Національній школі мостів і доріг.

Майбутній член Французької академії наук спочатку працював дорожнім інженером, але невдовзі захопився, подібно своєму батькові та дідові, науковими дослідженнями.

В 35 років Анрі Беккерель захищає докторську дисертацію, а в 40 років стає професором. Він вивчає явище флуоресценції речовин. Йому дуже хочеться розгадати природу таємничого світіння деяких речовин під впливом сонячного випромінювання. Беккерель збирає величезну колекцію хімічних речовин, які здатні світитися, а також колекцію природних мінералів.

У своїй доповіді на конгресі Беккерель вказував, що йому здавалося дуже мало ймовірним, щоб рентгенівські промені могли існувати в природі тільки в тих складних умовах, в яких вони виходять у дослідах Рентгена.

Антуан Анрі, близько знайомий з дослідженнями свого батька з люмінесценції, звернув увагу на той факт, що катодні промені у дослідах Рентгена виробляли при ударі одночасно і люмінесценцію скла, і невидимі X-промені. Це привело його до ідеї, що всяка люмінесценція супроводжується одночасно випусканням рентгенівських променів, таку ж ідею вперше висловив відомий математик **А. Пуанкаре**.

Кілька днів Беккерель обмірковує намічений їм експеримент, потім вибирає зі своєї колекції для досліджень подвійну сірчаноокислу сіль урану і калію ($K_2(UO_2)(SO_4)_2 \cdot 2H_2O$), спресовану в невеликий корж, кладе сіль на фотопластинку, захищену від світла в чорний папір, і залишає її разом із сіллю на сонці. Під впливом сонячних променів подвійна сіль почала яскраво світитися, але на захищену фотопластинку це світіння не могло потрапити.

Вчений ледь дочекався моменту, коли фотопластинку можна було дістати з проявника. На плівці виразно проступало зображення коржа із солі. Невже все вірно, і сіль у відповідь на опромінення сонячними променями випромінює не тільки світло, але і рентгенівські промені?

Беккерель перевіряє себе знову і знову. 26 лютого 1896 року настали похмурі дні і вчений з жалем ховає приготувану до експерименту фотопластинку з сіллю в стіл,

проте, між коржем солі і фотопластинкою на цей раз він поклав маленький мідний хрестик, щоб перевірити, чи пройдуть крізь нього рентгенівські промені. Ймовірно, деякі відкриття в науці зобов'язані своїм походженням поганій погоді. Якщо б кінець лютого 1896 року в Парижі був сонячний, не було б виявлено одного з найважливіших наукових явищ, розгадка якого призвела до перевороту в сучасній фізиці.

1 березня 1896 року Беккерель, так і не дочекавшись появи сонця на небі, вийняв з скриньки ту саму фотопластинку, на якій кілька днів пролежали хрестик і сіль, і на про всяк випадок проявив її. Яке ж було його здивування, коли вчений побачив на виявленій фотопластинці чітке зображення і хрестика, і коржа з солі! Значить, сонце і флуоресценція тут ні при чому?



Рис. 40. Зображення фотопластинки Беккереля, яка була засвічена випромінюванням солей урану. Ясно видно тінь металевого мальтійського хреста, поміщеного між пластинкою і сіллю урану.

Як першокласний дослідник, Беккерель не полінувався піддати серйозному випробуванню свою теорію і почав досліджувати дію солей урану на фотопластинку в темряві. Так виявилось, і це Беккерель довів послідовними дослідженнями, що уран і його сполуки безперервно випромінюють без ослаблення невидимі промені, які діють на пластинку і здатні також розряджати електроскоп, тобто створювати іонізацію. Це відкриття викликало сенсацію.

Особливо вражала здатність урану випромінювати спонтанно, без усякого зовнішнього впливу, цього невидимого випромінювання.

Вільям Рамзай розповідав, що коли восени 1896 року він разом з **лордом Кельвіном (Вільямом Томсоном)** і **Джорджем Габріелем Стоксом** відвідали лабораторію Беккереля, то: «ці знамениті фізики дивувалися, звідки міг би взятися невичерпний запас енергії в солях урану. Лорд Кельвін схилився до думки, що уран служить свого роду пасткою, яка вловлює променисту енергію і яка нічим іншим, окрім як фотопластинки, не може бути виявлена; вона доходить до нас через простір, і перетворює її в таку форму, в якій вона робиться здатною проводити хімічні дії».

Перше у світі повідомлення про існування радіоактивності було зроблено Анрі Беккерелем на засіданні Паризької академії наук 24 лютого 1896 року. Відкриття явища радіоактивності вченим можна віднести до числа найбільш видатних відкриттів сучасної науки. Саме завдяки йому людина змогла значно поглибити свої пізнання в області структури і властивостей матерії, зрозуміти закономірності багатьох процесів у Всесвіті, вирішити проблему оволодіння ядерною енергією. Вчення про радіоактивність мало колосальний вплив на розвиток науки, причому за порівняно невеликий проміжок часу.

Вивчаючи властивості нових променів, Беккерель спробував пояснити їх природу. Однак він не міг прийти до чітких висновків і довгий час дотримувався помилкової точки зору, згідно з якою радіоактивність, можливо, є формою тривалої фосфоресценції.

Незабаром у дослідження нового явища включилися і інші вчені, насамперед, подружжя **П'єр** та **Марія Кюрі**.

Проте, цікавим виявляється ось який факт біографії Беккереля. До батька Антуана, відомого професора фізики та директора Музею природознавства **Едмонда Беккереля**, часто додому приходили різні цікаві особистості: вчені, винахідники і т.д. Малий Антуан Анрі дуже полюблив брати участь у таких зборах – слухати і обговорювати проблеми науки.

Одного разу на чаювання до будинку Беккерелів прийшов винахідник та фотограф, колега по роботі в музеї **Абель Н'єнс** (ім'я якого зовсім, чомусь, не згадується в історії радіоактивності), якій розповідав про свої експерименти з нітратом

урану, в яких він виявив явище засвічення фотопластинки після контакту її з солями урану. Н'єпс дійшов висновку, що це "явище є деякий вид променів, невидимих для наших очей".

Проте, це відкриття було на той час занадто неймовірним, передчасним і ніхто не зміг пояснити це явище. Едмонд Беккерель також обговорював відкриття Н'єпса і дав своє власне, проте неправильне трактування. У той час спостереження А. Н'єпса були відхилені і, здавалося, забуті.

Легко уявити, що відбувалося в думках Анрі Беккереля в 1895 році, через три роки після того, як він зайняв місце свого батька в Музеї природознавства, коли читав статтю В. Рентгена про відкриття Х-променів. Вчений знав від батька і з публікацій 1857 – 1861 р.р. у французькому академічному журналі "Comptes rendus de l'Academie des sciences" про досліди А. Н'єпса. Він повторив досліди Н'єпса, представивши це випадковістю.

Потрібно відмітити, що А. Беккерель недобре виглядає у кінці цієї драматичної історії. Незабаром після того, як він оголосив про "невидиме випромінювання, що випускається солями урану" в Академії в 1896, декілька шанованих учених вказали, що те ж саме відкриття і з тим же самим мінералом, фактично тим же самим методом було зроблене сорока роками раніше, і результати видані були в тому ж самому журналі.

Слід сказати, що посилення на попередника не зашкодило б Беккерелю, адже до моменту присудження Нобелівської премії Н'єпс нежив (за статутом дана премія посмертно не присуджується). Проте, Беккерель цього не зробив.



Рис. 41. П'єр і Марія Кюрі в своїй лабораторії, 1900 рік

В житті нема нічого, чого потрібно було б боятися, - є тільки те, що потрібно зрозуміти.

Марія Кюрі

Марія Склодовська – Кюрі, уроджена Марія Соломія Склодовська, (1867 – 1934) – фізик і хімік, двічі лауреат Нобелівської премії, народилась в Варшаві (Польща) в родині вчителя Владислава Склодовського, де, крім Марії, росли ще три дочки і син, і була останньою (п'ятою) дитиною в сім'ї.

Родина жила важко, мати довго і болісно вмирала від туберкульозу, батько вибивався з сил, щоб лікувати хвору дружину і годувати п'ятьох дітей. Її дитячі роки були затьмарені ранньої втратою однієї з сестер і незабаром - матері.

Ще школяркою Марія відрізнялася надзвичайною старанністю і працьовитістю. Вона прагнула виконати роботу самим ретельним чином, не допускаючи неточностей, часто заради цього жертвуючи сном і регулярністю харчування. Майбутня вчена – фізик і хімік займалася настільки інтенсивно, що, закінчивши школу, була змушена зробити перерву для поправки здоров'я.

Марія прагнула продовжити освіту, проте в Російській імперії, до складу якої на той час входили губернії Польщі, можливості жінок здобути вищу наукову освіту були обмежені. За деякими даними, майбутня вчена закінчила підпільні жіночі вищі курси, які мали неформальну назву «Летючий університет». Сестри Склодовські - Марія і Броніслава - домовилися по черзі відпрацювати декілька років гувернантками, щоб потім також по черзі здобути освіту. Марія пропрацювала кілька років вихователем-гувернанткою в той час, поки Броніслава вчилася в Медичному інституті в Парижі. Потім, коли Броніслава стала лікарем, в 1891 році Марія у віці 24 років змогла поїхати в Париж, в Сорбонну, де вивчала хімію і фізику, в той час як сестра заробляла кошти для її навчання.

Молода польська дослідниця Марія Склодовська, проявивши видатні здібності і величезну працьовитість, у 1894 році отримує два дипломи ліценціата - з фізики і математики - в знаменитій Сорбонні, Паризькому університеті.

Спочатку вона бере тему для наукового дослідження у професора **Р. Ліндмана** і починає вивчати магнітні властивості загартованої сталі. Розробка теми приводить її до Паризької школи промислової фізики і хімії. Там вона знайомиться з молодим професором фізики **П'єром Кюрі** (1859-1906), який був керівником лабораторії при Муніципальній школі промислової фізики і хімії. На той час він провів важливі дослідження з фізики кристалів і залежності магнітних властивостей речовин від температури; його ім'ям, наприклад, названий термін «**точка Кюрі**», що позначає температуру, при якій феромагнітний матеріал стрибкоподібно втрачає властивість феромагнетизму. Марія продовжує експерименти вже в лабораторії П'єра Кюрі.

У липні 1895 року П'єр і Марія стали подружжям. Після народження дочки у вересні 1897 року Марія Склодовська-Кюрі вирішує приступити до роботи над докторською дисертацією. Важливо було чітко сформулювати завдання дослідження. В цей час вона і дізнається про відкриття Беккереля.

Марія Кюрі почала свої дослідження з терплячого вивчення великого числа хімічних елементів: чи не є деякі з них, подібно урану, джерелами «променів Беккереля»?

Дослідження радіоактивності уранових сполук призвело її до висновку, що радіоактивність є властивістю, що належить атомам урану, незалежно від того, входять вони в хімічну сполуку, чи ні. При цьому вона вимірювала напруженість уранових променів, користуючись їхньою властивістю передавати повітряю електропровідність. Цим іонізаційним методом вчена переконалася в атомній природі явища.

Згодом Марія Кюрі писала: «Тоді я зайнялася пошуками, чи не існує інших елементів, що володіють тією ж властивістю, і з цією метою вивчила всі відомі на той час елементи, як в чистому вигляді, так і в сполуках. Я знайшла, що серед цих променів тільки сполуки Торію випускають промені, подібні променів Урану».

Досліди вченої з вивчення руд показали, що деякі уранові та торієві руди володіють «аномальною» радіоактивністю: їх радіоактивність виявилася набагато сильнішою від тієї, яку можна було б очікувати від чистих Урану і Торію. «Тоді я висунула гіпотезу, - писала Марія Склодовська-Кюрі, - що мінерали з ураном і торієм містять невелику кількість речовини, набагато більш радіоактивної, ніж дані метали; ця речовина не могла належати до відомих елементів, адже всі вони вже були досліджені; це повинен був бути новий хімічний елемент».

Розуміючи важливість перевірки цієї гіпотези, П'єр Кюрі залишив свої дослідження кристалів і приєднався до роботи, задуманої Марією. Для своїх дослідів вони вибрали уранову смолку, яка добувалася у місті Сент-Іоакімстале в Богемії.

Незважаючи на труднощі, дослідження просувалися успішно. Хоча зарплати П'єра Кюрі ледве вистачало для покриття різноманітних витрат, вони все ж вирішили взяти помічника для проведення хімічних досліджень. Ним став молодий **Жак Бемон**. Головні зусилля вчених були спрямовані на виділення цього невідомого елементу.

Чотири роки пішло на цю важку роботу, що проводилася в несприятливих умовах і яка потребувала маси праці і сил, адже лабораторією Кюрі був холодний дирявий сарай. В результаті Марії і П'єру вдалося отримати з 8 тонн відходів уранової руди перший у світі дециграмм (0,1 г) нового елемента (1898 рік), який вони назвали Полонієм (названий на честь Польщі – батьківщини Марії), і, який на той час оцінювався в 75800 золотих франків (15600 доларів). Активність нового елемента - Полонію - виявилася в 400 разів вище активності Урану.

Напружена праця принесла щедрі результати і вже 18 липня 1898 року П'єр і Марія Кюрі на засіданні Паризької академії наук виступили з повідомленням «**Про нову радіоактивну речовину, що міститься в смоляній обманці**». Вчені заявили:

«Речовина, яку ми добули із смоляної обманки, містить метал, ще не описаний досі, який є сусідом вісмуту за своїми аналітичними властивостями. Якщо існування нового металу підтвердиться, ми пропонуємо назвати його Полонієм, на ім'я батьківщини одного з нас». У цій роботі вперше досліджуване явище названо радіоактивністю, а промені – радіоактивними.

В результаті хімічного аналізу з уранової смолки вдалося також виділити елемент Барій, який мав відносно сильну радіоактивність. При виділенні хлориду барію з водного розчину в кристалічному вигляді радіоактивність переходила з маточного розчину в кристали. Спектральний аналіз цих кристалів показав наявність нової лінії, яка, мабуть, не належить жодному з відомих елементів. А тому 26 грудня 1898 року з'являється наступна стаття подружжя Кюрі і Ж. Бемона - «Про одну нову, сильно радіоактивну речовину, що міститься в смоляний руді». Автори повідомили, що їм вдалося виділити з уранових відходів речовину, яка містить деякий новий елемент, який проявляє властивість радіоактивності і є дуже близьким за своїми хімічними властивостями до Барію. Новий елемент вони запропонували назвати Радієм, що означає «промінь». Активність виділеного згодом хлориду радію в 900 разів перевищувала активність Урану!

З відкриттям Полонію і Радію починається новий етап в історії радіоактивності. В кінці січня 1899 року Склодовська-Кюрі висловила припущення про сутність радіоактивного випромінювання, про його матеріальний характер. Вона вважала, що радіоактивність може виявитися властивістю, яка характерна лише важким елементам.

В тому ж році французький хімік *Андре Луї Дебьєрн* (1874 – 1949), перевіряючи гіпотезу Марії Кюрі про наявність в урановій смолці інших радіоактивних елементів крім радію і полонію, зробив чергове відкриття: з смолки можна виділити високорадіоактивну речовину, яка відокремлюється при фракціонуванні з рідкоземельними елементами і титаном. Хімічні властивості нової речовини відрізнялися від властивостей радію і полонію, а його активність у 100000 разів перевищувала активність Урану. У 1900 році Дебьєрн повідомив про виділення цього нового радіоактивного елемента, названого Актинієм. Таким чином, до початку XX століття було відомо п'ять радіоактивних речовин: уран, торій, полоній, радій і актиній.

В 1906 році П'єр Кюрі загинув в результаті нещасного випадку. Марія Кюрі, оговтавшись від цього потрясіння, продовжувала працювати над вивченням явища радіоактивності, яке незабаром стало однією з найважливіших областей сучасної науки і привернула увагу багатьох талановитих дослідників.

В 1934 році Марія померла від гострої променевої хвороби (гострої апластичної анемії) у віці 67 років і була похована в могилі (зверху) П'єра Кюрі. Труна, в якій її поховали, була дуже важкою, адже з середини вона біла устелена шаром свинцю, товщиною 2,5 см.

Марія і П'єр Кюрі не були єдиними вченими, що вивчали явище радіоактивності. Анрі Беккерель продовжував дослідження урану в Парижі. *Р. Шмідт* в Німеччині одночасно з Кюрі виявив радіоактивність Торію. В 1899 році німецькі вчені *С. Мейєр*, *Е. Швейдлер* і незалежно від них *Ф. Гізель* продемонстрували відхилення «променів Беккереля» у магнітному полі. У Німеччині ж *Ю. Ельстер* і *Р. Гейтель* у тому ж році підтвердили атомарний характер радіоактивності. В Англії нове явище стало центром уваги в лабораторіях *В. Крукса* і *В. Рамзая*. Вивчали радіоактивність і в інших наукових центрах Європи.

Цікаві факти з життя Марії Склодовської – Кюрі:

1. Марія Кюрі носила на ланцюжку свій беззмінний талісман – ампулу з радієм. Працюючи з радіоактивними речовинами, Марія не проводила ніяких мір безпеки (на той час невідомою була небезпека випромінювання речовин), проте, ця видатна жінка дожила до 67 років. Коли подружжю Кюрі пропонували взяти патент на спосіб одержання Радію, який міг би щороку приносити подружжю більше двох мільйонів

франків (ця сума становила майже в два з половиною рази більше, ніж Нобелівська премія), Марія і П'єр відмовилися від цього патенту заради наукових досліджень інших вчених.

2. Марія Кюрі – двічі лауреат Нобелівської премії: в 1903 році – з фізики за пояснення явища радіоактивності і в 1911 році – з хімії за відкриття Полонію та Радію. До речі, це одна із трьох родин (інші – родини Борів та Томсонів) в історії науки, яка Нобелівську премію отримувала в двох поколіннях: старша дочка Марії **Ірен** (яку виховував дід і яка ще в 10 років зацікавилася наукою) разом з чоловіком **Фредеріком Жоліо** (Ірен – Жоліо Кюрі) отримала Нобелівську премію за відкриття штучної радіоактивності, виконання і синтез нових радіоактивних елементів в 1935 році.

3. Марія Кюрі – засновниця інститутів Кюрі у Франції та Польщі. Це перша – жінка викладач Сорбонни.

4. У Марії і П'єра було дві дочки: старша – **Ірен Кюрі** (1897 – 1956), також стала відомим хіміком та лауреатом Нобелівської премії, а молодша – **Єва Кюрі** (1904 – 2007) – була театральним і музикальним критиком, суспільним діячем та автором книги про свою матір.

5. В роки Першої світової війни Марія Кюрі, разом зі старшою дочкою, яка на той час була підлітком, їздила по госпіталям та лікарням (за свій рахунок і з власної ініціативи) з першим рентген – апаратом і навчала лікарів робити рентген для того, щоб більш успішно проводити операції у поранених.

6. Якось Марія Кюрі дала мудру пораду всім молодим дівчатам: «Нема необхідності вести таке протиприродне життя, яке вела я. Я віддала багато часу науці, тому що до неї у мене було стремління, тому що я любила наукові дослідження. Все, що я бажаю жінкам та молодим дівчатам, це простого сімейного життя та роботи, яка вас буде цікавить».

7. Минуло вже багато років з дня смерті Марії Кюрі, але особисті речі знаменитої вченої – науковця, включаючи її одяг, меблі, книги рецептів, лабораторні записи залишаються як і раніше заражені радіоактивними речовинами. Вони вважаються національним надбанням Франції і зберігаються в захищених свинцем коробках в Національній бібліотеці в Парижі. Відвідувачі бібліотеки, перш ніж ознайомитися з її робочими щоденниками та журналами, повинні підписати формуляр, в якому говориться, що вони ознайомлені з небезпекою, і обов'язково мають надягати захисне спорядження, щоб не заразитися Радієм 226, період напіврозпаду якого становить 1600 років. Це означає, що відвідувачам музею доведеться дотримуватися запобіжних заходів ще півтори тисячі років.

Явище радіоактивності зацікавило багатьох учених. Фізики прагнули з'ясувати природу радіоактивних променів.

В 1899 році англійський учений **Ернест Резерфорд** (1871-1937) встановив, що радіоактивність випромінювання неоднорідна і складається з двох компонентів з різною проникною здатністю. Промені з малою проникною здатністю були названі Резерфордом α -промені, а промені з більшою проникною здатністю β -променями.

В 1900 році **П. Віллард** виявив третій компонент радіоактивного випромінювання – γ -промені, які не відхилялися в магнітному полі, що свідчило про відсутність заряду, незважаючи на їхній великий запас енергії.

В тому ж 1900 році Резерфорд установив, що α -промені позитивно заряджені і відхиляються в магнітному полі. А в 1902 році обчисливши заряд цієї частинки і дослідивши її відхилення в електричному полі, вчений виявив, що це іонізовані ядра Гелію. Також було встановлено сильне відхилення в магнітному полі β -частинок, що свідчило про їхню незначну масу порівняно з альфа-частинками. Відношення заряду до маси для β -частинки виявилось таким, як і в електрона. Отже, β -випромінювання – це електрони.

Потім Резерфорд разом зі своїм співробітником і майбутнім Нобелівським лауреатом **Фредеріком Содді** (1877-1956) запропонували теорію радіоактивного

розпаду (радіоактивність є наслідком самовільного перетворення елементів, що супроводжується випромінюванням, енергія якого береться з самого атома). Ними був відкритий закон спонтанного радіоактивного розпаду.

В 1913 році **Ф. Содді** одночасно з польським фізиком **К. Фаянсом** сформулювали **закони зміщення при альфа- та бета-розпадах** і тим самим передбачили місце в періодичній системі Менделєєва для нових елементів, які утворюються при цьому.

Бомбардуючи газ азот α – частинками (вільним потоком ядер гелію), Резерфорд в 1919 році виявив, що азот перетворився на кисень і протон – так було здійснено першу в світі штучну ядерну реакцію: ${}^{14}_7\text{N} + {}^4_2\text{He} = {}^{17}_8\text{O} + {}^1_1\text{H}$ Саме Резерфорд почав вважати, що до складу ядра входить протон (проте, він помилково вважав, що до ядра атома протон входить у формі H^+ (йона Гідрогену); завдяки його дослідженням, ядерну частинку p^+ почали називати **протоном** – і саме вона, насправді, входить до складу ядра). Після своєї знаменитої ядерної реакції, Резерфорд згадував: «Я перетворився на середньовічного алхіміка, провівши справжню трансмутацію речовин».

Нині відроджений алхімічний термін «трансмутація» повернувся в науку; тепер він став означати перетворення атомів одних хімічних елементів в інші в результаті радіоактивного розпаду їх ядер або ядерних реакцій.

Явище штучної радіоактивності відкрили та пояснили Нобелівські лауреати, подружжя Кюрі в другому поколінні – **Ірен** та **Фредерік Жоліо – Кюрі** в 1925 – 35 роках.

В 1897 р. англійський фізик **Джордж Джон Томсон** відкрив **електрон** і за відхиленням пучка катодних променів у електричному та магнітному полях знайшов відношення заряду електрона до його маси. Через 9 років йому дали Нобелівську премію з формулюванням «за дослідження провідності електрики газами». Його син, **Джорджем Паджет Томсон**, в 1927 році виявив хвильові властивості електрона і згодом теж удостоївся Нобелівської премії «за експериментальне відкриття дифракції електронів на кристалах».

Важко сказати, хто саме відкрив **протон**, проте, у 1925 році англієць і один із співробітників Резерфорда **Патрік Блекетт** одержав у камері Вільсона перші фотографії слідів протона, одночасно підтвердивши відкриття штучного перетворення елементів. І, нарешті у 1932 році англійський вчений **Джеймс Чедвік** відкрив **нейтрон**, що, в свою чергу, призвело до швидкого розвитку ядерних досліджень.

В 1938 році Нобелівський лауреат (1944) та німецький хімік **Отто Ган** (1879 – 1968) разом з австрійським фізиком **Лізою Мейтнер** (1878 – 1968), з якою він пропрацював більше 30 років, і, яку, навіть, не згадав у своїй Нобелівській доповіді при тому, що вона першою провела необхідні розрахунки і змоделювала цей відомий експеримент, за який Ган і отримав жадану премію; а також з хіміком **Фріцем Штрассманом** продовжили роботу, розпочату в 1934 році італійським фізиком **Енріко Фермі** (1901 – 1954), - обстрілювати уран нейтронами.

До 1938 року припущення Фермі про те, що при бомбардуванні урану нейтронами утворюються елементи з порядковим номером більше 92, так звані трансуранові, було загальноновизнаним. Справа в тому, що за видатним італійським фізиком, Нобелівським лауреатом, премія якому була присуджена за наукові дослідження в ядерній фізиці (1938), Енріко Фермі закріпилось прізвисько «Папа Римський в науці». Якимось вченим грав у теніс, який полюбляв, дивлячись на те, як м'яч відбивається від ракетки зрозумів, що для синтезу важких ядер трансуранових елементів не можна використовувати бомбардування альфа – частинками, оскільки вони, маючи позитивний заряд, відбиваються від позитивного ядра. Для бомбардування необхідні нейтральні частинки, якими виявились нейтрони. Ось так просто граючи у теніс, він заклав основи ядерного синтезу. Ще один спогад про Фермі. Вчений – фізик був членом Італійської академії наук, засідання якої часто проводились у формі пишних бенкетів. Запізнюючись на один із таких бенкетів, Фермі під'їхав до будівлі на своєму невеликому «Фіаті». Вигляд він мав зовсім «не професорський»: мав неголене

обличчя, вдягнутий був у м'ятий розтягнутий світер, був без обов'язкової мантиї та білої трьохкутовки. Проте, Фермі все ж вирішив проникнути в палац. Карабінерам (охоронцям) академії він сказав, що він шофер Його Світлості професора Фермі – і охорона його пропустила.

Розпад важких ядер на більш легкі елементи вважався на той час неможливим. У березні 1938 року Отто Гану довелося розлучитися з Лізою Мейтнер напередодні цього історичного експерименту, адже через своє єврейське походження вона позбулася австрійського громадянства і 13 липня 1938 року за допомогою Гана змушена була нелегально емігрувати через Голландію до Швеції. Іншого єврейського вченого, **Вільгельма Траубе**, Гану не вдалося врятувати. Траубе виготовив органічну сіль, за допомогою якої Ган у тому самому знаменитому експерименті з розщеплення ядра довів утворення атомів Барію (Траубе, до речі, він також не згадав у своєму Нобелівському виступі).

Коли Отто Ган і Фріц Штрассман в 1938 році при пошуку трансуранових елементів опромінювали уран нейтронами, вони знайшли сліди барію. 17 грудня 1938 року ці вчені провели вирішальний дослід - знамените фракціонування радію, барію і мезоторію, на підставі якого Ган зробив висновок, що ядро урану «лопається», розпадаючись на більш легкі елементи. Так було відкрито розщеплення ядра і винайдено ядерну бомбу. Ту, яку свого часу скинули на Хірасіму.

В 1939 році саме **Фредерік Жоліо-Кюрі** (після дослідів Отто Гана) знайшов прямий фізичний доказ того, що такий розпад уранових ядер носить вибуховий характер. Проте саме Мейтнер, використовуючи формулу Ейнштейна $E = mc^2$, і знаючи дефект маси, який виникає при розщепленні атома урану, змогла розрахувати кількість енергії, яка виділяється при розпаді цих важких ядер.

Визнаючи, що величезна кількість енергії, яка вивільняється в процесі розщеплення атома, може бути використана як джерело енергії, Жоліо – Кюрі придбав у Норвегії практично всю кількість важкої води. Однак в цей час вибухнула Друга світова війна і окупація Франції німецькими арміями змусили його перервати дослідження. Піддаючи себе значному ризику, вчений зумів таємно переправити наявну в його розпорядженні важку воду в Англію, де вона була використана англійськими дослідниками в ході копітких зусиль з розробки атомної зброї.

Всі вище згадані відкриття II половини XIX – початку XX століття зробили переворот в уявленнях про атом. Перед фізикою постало нове питання: яка ж внутрішня будова атома?

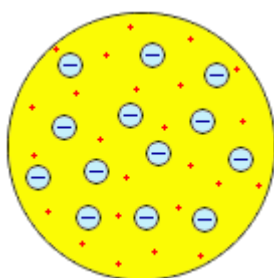
Планетарна модель атома Резерфорда.

Перші моделі будови атома з'явилися на самому початку XX століття. **Жан Перрен** в 1901 р. висловив припущення про ядерно-планетарний устрій атома. Подібну ж модель запропонував в 1904 році японський фізик **Хантаро Нагаокі**. У моделі Нагаокі атом уподібнювався планеті Сатурн; роль планети виконувала позитивно заряджена куля, що представляє собою основну частину об'єму атома, а електрони розташовувалися подібно супутникам Сатурна, що створює його кільця – ця модель була плоскою і дещо еліпсоїдної форми.

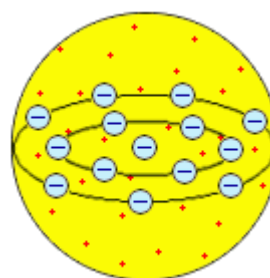
Також потрібно згадати запропоновану в цей період часу схему внутрішньої будови атома – модель **Вільяма Томсона (лорда Кельвіна)**, який у 1902 році в статті "Епінус атомізований" висловив гіпотезу про те, що атом має вигляд сфери, рівномірно заповненої позитивною електрикою. Всередині цієї сфери міститься така ж кількість електронів, еквівалентна позитивному заряду, і тому атом є електронейтральним. Ця модель має назву модель «Кекс» або «Булочка з родзинками». Як стверджує легенда, В. Томсон, лорд Кельвін якось був на одному офіційному прийомі. Десертом на цьому балу був молочний пудинг з родзинками, який і наштотхнув вченого на таку модель атома.

Цю модель далі розвинув **Джозеф Томсон**, яка відома під назвою «кавуноподібна» припустивши, що всередині кулі обертаються електрони, число і конфігурація яких залежить від природи атома. Дж. Томсон не тільки пояснив умови рівноваги електронів усередині позитивно зарядженої кулі і випромінювання ними променевої енергії, а й надав у першому наближенні деякі пояснення періодичним закономірностям. Проте, модель Дж. Томсона не змогла пояснити закономірностей в атомних спектрах.

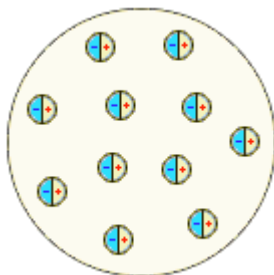
Німецький фізик **Філіп фон Ленард** спробував створити модель, яка не передбачає роздільного існування в атомі протилежних зарядів. Атом, згідно моделі Ленарда, складається з нейтральних частинок (так званих дінамід), кожна з яких є електричним дуплетом. Виконані Ленардом розрахунки показали, що ці частинки повинні мати вкрай малі розміри, і, отже, більша частина об'єму атома являє собою порожнечу. Зосередження маси атома в невеликій частині його об'єму частково підтверджувалося і проведеними Ленардом в 1903 р. дослідями, в яких пучок швидких електронів легко проходив через тонку металеву фольгу.



В. Томсон, 1902 р.



Дж.Дж. Томсон, 1904 р.



Ф. Ленард, 1904 р.



Х. Нагаокі, 1904 р.

Далі модель будови атома розвинув **Е. Резерфорд**, учень Дж. Томсона, провівши знамениті досліди з опромінення тонких пластинок золота альфа-частинками.

Вся наука – це або фізика, або колекціонування марок; проте, цікавим явищем є те, коли фізик в певний момент перетворюється на хіміка!

Е. Резерфорд



Рис. 42. Ернест Резерфорд

Ернест Резерфорд (1871 – 1937), майбутній Нобелівський лауреат, народився в Брайтуотері, мальовничому містечку Нової Зеландії. Він був четвертою дитиною в сім'ї вихідців з Шотландії Джеймса Резерфорда і Марти Томсон, із дванадцяти дітей і виявився найбільш обдарованим.

Ернест блискуче закінчив початкову школу, отримавши 580 балів з 600 можливих і премію в 50 фунтів стерлінгів для продовження освіти.

У коледжі в Нельсоні, де Ернеста Резерфорда взяли в п'ятий клас, вчителі звернули увагу на його виняткові математичні здібності. Але математиком Ернест не став. Не став він і гуманітарієм, хоча виявляв неабиякі здібності до мов і літератури.

Доля вирішує розпорядитися так, щоб він захопився природничими науками – фізикою і хімією.

Після закінчення коледжу Резерфорд вступив в Кентерберійський університет, і вже на другому курсі він виступив з доповіддю "**Еволюція елементів**", в якій висловив припущення, що хімічні елементи являють собою складні системи, що складаються з одних і тих самих елементарних часток.

Студентська доповідь Ернеста не була належним чином оцінена в університеті, проте його експериментальні роботи, наприклад, створення приймача електромагнітних хвиль, здивували навіть великих вчених. Лише через декілька місяців йому була присуджена "стипендія 1851 року", якою відзначалися найталановитіші випускники провінційних англійських університетів.

Після цього Резерфорд протягом трьох років працював в Кембриджі, в Кавендішській лабораторії, під керівництвом відомого фізика Джозефа Джона Томсона.

В 1898 р. він почав вивчати радіоактивність. Перше ж фундаментальне відкриття Резерфорда в цій області - виявлення неоднорідності випромінювання, що випускається ураном - зробило його ім'я відомим у науковому світі; завдяки йому в науку ввійшло поняття про альфа- і бета – випромінювання.

У тому ж році 26-річного Резерфорда запросили в Монреаль як професора Мак-Гіллського університету - кращого в Канаді. Цей університет отримав назву з імені свого засновника - переселенця з Шотландії, якому під кінець життя вдалося розбагатіти.

Перед від'їздом Резерфорда в Канаду Дж. Томсон вручив йому рекомендаційного листа, де було написано: "У моїй лабораторії ще ніколи не було молодого вченого з таким ентузіазмом і здібностями до оригінальних досліджень, як пан Резерфорд, і я впевнений, що, якщо він буде обраний, то створить видатну школу фізиків в Монреалі ...".

Передбачення Томсона збулося. Резерфорд пропрацював в Канаді 10 років і дійсно створив там наукову школу.

В 1903 р. 32-річний вчений був обраний членом Лондонського Королівського товариства Британської академії наук.

В 1907 р. Резерфорд разом з родиною переїжджає з Канади до Англії, щоб зайняти посаду професора кафедри фізики Манчестерського університету. Саме в 1907 році Е. Резерфорд розпочав відомі експерименти, пов'язані з проходженням альфа-частинок через речовину.

Відразу ж після приїзду Резерфорд зайнявся експериментальними дослідженнями радіоактивності. Разом з ним працював його помічник і учень, німецький фізик **Ханс Вільгельм Гейгер** (1882-1945), який розробив іонізаційний метод вимірювання інтенсивності випромінювання - широко відомий лічильник Гейгера. А також разом з іншим своїм учнем, **Ернестом Марсденом** (1889-1970), він досліджував особливості проходження альфа-частинок через тонкі золоті пластинки. Золото, як об'єкт дослідження, вчений використав через пластичність цього металу: із шматка чистого золота, розміром із сірникову голівку, можна було без розриву витягнути нитку, довжиною 2,5 км (вона була тонше волосини) або розклати лист, розміром 2х4 м (тонку напівпрозору зеленкувату фольгу).

Користуючись сцинтиляційними і газорозрядними лічильниками, і, бамбордуючи золоту пластинку альфа – частинками, Резерфорд спочатку хотів перевірити теорію Томсона щодо будови атома. Відповідно до цієї теорії, позитивно заряджена альфа – частинка повинна була б відбиватися від суцільної позитивно зарядженої золоті пластинки, проте, виявилось, що лише 1:10000 α – частинок – відбивалася, 3 – 4 – відхилилися, а всі інші – вільно проходили через пластинку.

Припустимо, що ще на початку ХХ століття Резерфорд і його молоді співробітники Гейгер і Марсден отримали для своїх експериментів з розсіюванням α -

частинок комп'ютеризовану установку. Вона легко відтворила б основний результат, що найбільш вірогідний кут розсіювання α -частинок на золотій фользі товщиною $4 \cdot 10^{-5}$ см становить $0,87^\circ$. Для тих же надзвичайно рідкісних (1 з 20000 вимірювань) випадків розсіювання на кут більше 90° згідно центральної граничної теореми теорії ймовірностей достовірність експерименту становить $3 \cdot 10^{-2174}$ (Це не помилка!); тому комп'ютер зі стандартною програмою без найменшого сумніву відкинув би такі "випадкові помилки". І залишилася б наука без планетарної моделі атома, принаймні на кілька десятиків років. Тільки чудова інтуїція Резерфорда дозволила йому зробити висновок, що надзвичайно рідкісні "випадкові" результати істинні.

Засвічення екрану, на який нанесена була люмінесцентна речовина – цинк сульфід при ударянні об нього альфа – частинки, було слабким, а тому Резерфорду і його учням доводилося проводити експеримент не тільки в темряві, а й самим знаходитись перед дослідом по декілька годин в цій темряві. Кількість спалахів доводилося рахувати вручну, тому Резерфорд і учні почерзі спали лише 2 – 3 години на добу. Даний дослід Резерфорд і його учні проводили протягом майже двох років. Проте, нагородою за таку важку працю була Нобелівська премія з хімії 1908 року.

В 1909 році Резерфорд таким чином відкрив ядро атома, а в 1911 році – запропонував Планетарну модель атома, згідно з якою атом складається з позитивно зарядженого ядра, яке розміщене в центрі атома та електронів, що рухаються навколо ядра по колових орбітах. Ці орбіти є сталими за умови зрівноважування відцентрових сил силою електростатичного притягання електрона до ядра атома. Електрони розміщуються в невеликому навколоядерному об'ємі кулястої форми. Число електронів відповідає заряду ядра, тому загалом атом електронейтральний. Практично вся маса атома зосереджена в дуже малому об'ємі позитивно зарядженого ядра. Діаметр ядра, обчислений Резерфордом за розсіюванням альфа-частинок, має розмір приблизно 10^{-14} м (10^{-5} нм), тоді як діаметри атомів коливаються в межах $(1...4) \cdot 10^{-10}$ м. Це означає, що густина ядерної речовини колосальна і має значення порядку 10^{14} г/см³ (сучасна величина густини ядра, яка не залежить від розмірів ядра становить $2,3 \cdot 10^{17}$ кг/м³).

Планетарна модель давала лише початкові уявлення про будову атома і тому не була позбавлена недоліків. Так, з погляду класичної фізики, ця модель не могла бути стійкою, оскільки рух електрона навколо ядра є рухом із прискоренням, спрямованим до центра обертання. Прискорений рух електричного заряду супроводжується випромінюванням світлових хвиль і поступовою втратою енергії. Електрон, витративши енергію на випромінювання, мав би за 10^{-8} с «впасти» на ядро, рухаючись по спіральній траєкторії. Проте атоми елементів поведуться як стійкі частинки, здатні існувати дуже довго. Другий недолік цієї моделі полягав у неспроможності пояснити наявність лінійчастих спектрів атомів, стосовно яких на той час було накопичено значний експериментальний матеріал. Тому незабаром на зміну планетарній моделі прийшли нові уявлення про будову атома, зокрема, **теорія Нільса Бора**.

В 1931 році сер Ернест Резерфорд став пером Англії і став називатися, згідно дворянського титулу, барон Резерфорд Нельсон.

Резерфорд передбачив відкриття нейтрона, можливість розщеплення атомних ядер легких елементів і штучних ядерних перетворень.

Протягом 18 років - з 1919 року і до кінця свого життя видатний вчений очолював засновану в 1874 році Кавендішську лабораторію. До нього нею керували великі англійські фізики **Максвелл, Релей і Томсон**. Резерфорд не дожив всього декілька років до того, як німецькі фізики Отто Ган і Ліза Майтнер відкрили розпад ядер урану.

Ернест Резерфорд помер у віці 66 років і був похований у Вестмінстерському аббатстві, його могила знаходиться поряд з могилами Ньютона, Фарадея і Дарвіна.

Ернест Резерфорд займався дослідженнями в основному в галузі фізики і одного разу заявив, що «всі науки можна розділити на дві групи - на фізику і колекціонування марок». Однак Нобелівську премію йому вручили з хімії (1908), що стало

несподіванкою як для нього, так і для інших вчених. Згодом він помічав, що з усіх перетворень, які йому вдалося спостерігати, «найнесподіванішим стало власне перетворення з фізика в хіміка».

Якось Резерфорд на лекції демонстрував слухачам розпад радію. Екран то засвічувався, то згасав.

- Тепер ви бачите, - сказав Резерфорд, - що нічого не бачите. А чого нічого не бачите, ви зараз побачите.

Резерфорд був дуже трудолюбивим, а тому не терпів фрази «що робити далі?». Коли вчений брав на роботу нового співробітника і давав йому завдання, якщо той повертався, виконавши завдання, і запитував: «що робити далі?», то Резерфорд відразу ж його звільняв за профнепридатність.

Одного разу Резерфорд зайшов пізно ввечері до своєї лабораторії і побачив там за роботою одного зі своїх учнів і запитав у нього:

- Що Ви робите так пізно? – запитав видатний вчений.
- Працюю, - відповів учень.
- А що Ви робите вдень?
- Звісно ж, працюю.
- І рано в ранці працюєте?
- Так, професоре, і в ранці працюю, - відповів учень, надіючись, що Резерфорд за це його похвалить. Проте, вчений похмурнів і роздратовано запитав:
- Послухайте, шановний, а коли тоді Ви думаєте?

Теорія Нільса Бора.

Модель Бора спиралася на квантову гіпотезу, яку висунув в 1900 р. німецький фізик Макс Планк. Планк постулював, що речовина може випускати енергію випромінювання тільки кінцевими порціями, пропорційними частоті цього випромінювання.

Застосувавши квантову гіпотезу для пояснення фотоефекту, Альберт Ейнштейн в 1905 році запропонував фотонну теорію світла.

Ще однією передумовою для борівської моделі атома стали серії спектральних ліній водню, які виявили в 1885 р. швейцарський вчений **Йоганн Якоб Бальмер**, в 1906 р. американський фізик **Теодор Лайман** і в 1909 р. німецький фізик **Фрідріх Пашен**. Ці серії (у видимій, ультрафіолетовій та інфрачервоній областях спектру) підпорядковувалися дуже простій закономірності: частоти були пропорційні різниці зворотних квадратів цілих чисел.

Як показав розрахунок на підставі спектральних даних, радіуси електронних орбіт відносяться як 1^2 : 2^2 : 3^2 : ...: n^2 . Інакше кажучи, момент кількості руху обертання електрона пропорційний цілочисельному головному квантовому числу (номеру орбіти). Максимально можливе число електронів на кожному рівні дорівнює подвоєному квадрату головного квантового числа; це число виявилось рівним кількості елементів в періодах періодичної таблиці. Так зародились основи нової науки – квантової хімії або квантової механіки, але про це поговоримо пізніше.



Рис. 43. Нільс Бор

Бор пояснив стійкість планетарної моделі атома і одночасно ці спектральні дані з позицій квантової теорії, сформулювавши ряд постулатів, що накладають на модель атома квантові обмеження.

Експерт – це людина,
яка здійснила всі можливі помилки
в деякій вузькій спеціальності.

Нільс Бор

Нільс Хенрік Девід Бор (1885 - 1962) – народився в сім'ї професора фізіології Копенгагенського університету Христиана

Бора, який двічі був кандидатом на Нобелівську премію, яку так і не отримав; та Елен Адлер – спадкоємиці британської єврейської банкірної династії. Нільс був другою дитиною в сім'ї із трьох дітей – крім нього був старший брат – Харольд – майбутній математик та сестра – Дженні.

Братів в дитинстві об'єднували дві речі: двійки в шкільних щоденниках і слава вчительського кошмару. З викликом долі датська пара впоралася на відмінно, перетворивши кожного з власних маленьких демонів в геніальну особистість.

Найважче було з Дженні. Дочка володіла двома неприємними якостями: загостреним почуттям справедливості і нещастям вчити тих, у кого цього почуття не водилося в помині. З великою завзятістю вона закладала всіх списувальників і негідників, поки якимось однокласники не загнубили дівчинку до божевілля.

Коли батько і мати сиділи над надламаною психікою дочки, двоє інших бешкетників творили все, що завгодно. Надані самі собі Нільс і Харольд погано вчилися в школі і постійно спалювали різну гидоту. Однак вони не були типовими хуліганами - сини відомого вченого успадкували тягу до пізнання законів природи від батька. При цьому їхні пристрасті вдало змішалися в продуктивну для наукової діяльності суміш: теоретик Харольд вираховував необхідні для експериментів дані, а маючий золоті руки Нільс, реалізовував їх на практиці. Виходило голосно і смердюче, зате батько всім нутром відчував, куди слід відправити братів.

Тато-дослідник розгледів у хлопців академічний потенціал і пропхав їх до університету Копенгагена, скориставшись зв'язками в науковому співтоваристві. У вищому навчальному закладі Бори-молодші познайомилися зі спортом.

На початку XX століття Данію заповонило нове захоплення - футбол. У країні швидко організували національний чемпіонат, в якому заявився клуб столичної інтелігенції - «Академік».

У травні 1903 року брати прийшли на кастинг до команди, але тренери побачили потенціал лише в Харольда. Він швидко став основним півзахисником і секс-символом свого університету. З тих пір нерозлучні Бори користувалися попитом у прекрасної статі. Проте, у 1905-му приємна популярність ледь не перетворилася в тюремний термін. Хтось повідомив адміністрації вузу, що Харольд і Нільс ніби – то згвалтували першокурсницю. Справу швидко закрили за відсутністю заяви з боку загадкової постраждалої, хоча недоброзичливці говорили, що ректорат зам'яв інцидент, щоб не зганьбити честь «Академіка». В цьому ж році до команди взяли Нільса Бора. Нільс відіграв в чемпіонаті всього півсезону на позиції воротаря. Бор виявляв себе непогано, але його кар'єру поламав єдиний пропущений ним гол.

У матчі проти принципівих суперників з Технічного університету Данії голкіпер пропустив з чужої половини поля. Коли м'яч перетинав лінію воріт, Нільс дивився в іншу сторону: «Я відволікся, тому що не міг зрозуміти, якого біса в похмурий день від трави піднімається випаровування».

Уболівальники не пробачили Нільсу таку легковажність, і після тієї зустрічі горестudent потрапив під жорстокий тиск. Йому свистіли вслід, а кафедра раптом виявила, що більше не може надавати молодому фізику університетську лабораторію.

Злякавшись за магістерську дисертацію сина, батько відправив його до бабусі, яка працювала вчителем хімії в сільській школі і мала під рукою всі необхідні реагенти. Так нерозлучні брати вперше в житті виявилися далеко один від одного.

Після переїзду кар'єри братів – Борів розгорілися не менше ефектно, ніж сморідні суміші з їхнього дитинства. Харольд став відмінним математиком і домігся дивного прогресу в футболі. У 1908 році його запросили в збірну Данії, яка поїхала на Олімпійські ігри в Лондон. Цей турнір став міжнародним дебютом датської команди. Не дивно, що її гравці перетворилися в національне надбання після перемог над основною і другою командами Франції із загальним рахунком 26:1. Бор повністю відіграв обидва матчі і забив в них два голи. У фіналі Олімпіади Данія поступилася

Великобританії (0:2) і привезла на батьківщину срібні медалі, що було сприйнято як неймовірний успіх. Країна божеволіла за новими героям, серед яких був Харольд.

Відразу ж після повернення з Англії футболісту потрібно було виступити з доповіддю на конференції математиків. Вченого мало не вхопив інфаркт, коли посеред його доповіді на конференції в аудиторію увірвалося кілька десятків напівп'яних і голосливих футбольних фанатів. Натовп попрямував прямо до Харольда Бора, підхопив його і почав підкидати вгору. Щоб заспокоїти шанувальників вчений дав автограф для кожного з них. Однак вболівальники не вийшли із залу, а розташувалися на задніх рядах. При цьому вони перестали шуміти і слухали кожне слово кумира, хоча не розуміли зовсім нічого. Коли Харольд закінчив доповідь, фанати підірвали зал міцними данськими кричалками.

Поки брат прославляв країну в Лондоні і вів свої обрахунки в математиці, Нільс познайомився з двома речами: вітрильним спортом і квантом. Проживаючи у бабусі, Бор нерідко ходив на риболовлю, де познайомився з місцевими мужиками, які вперше покатали його на човні. Хлопцеві сподобалося розсікати хвилі по воді, і тепер він щодня приходив на причал. Згодом душа Нільса попросила більшої швидкості, і, до того ж, в університеті давно забули про його футбольний злочин, а тому вчений повернувся в Копенгаген. Бор всерйоз захопився вітрильним спортом, проте наука переважила і в цей раз. Фізик зрозумів, відкриття кванта Планком - канонічна подія для наукового світу.

В 1911 році Бор отримав стипендію в розмірі 2500 крон від фонду Карлсберга для стажування за кордоном. У вересні 1911 року він прибув до Кембриджу, щоб працювати в Кавендішській лабораторії під керівництвом знаменитого Дж. Дж. Томсона. Однак співпраця не склалася: Томсона не зацікавив молодий датчанин, який, до того ж, відразу і нетактовно вказав на помилку в одній з робіт Томсона, а ще до всього цього погано висловлювався англійською.

Згодом, в 1912 році, Бор переїхав до Манчестера в лабораторію Ернеста Резерфорда, з яким незадовго до того познайомився. У 1911 році Резерфорд за підсумками своїх дослідів опублікував Планетарну модель атома. Бор активно включився в роботу з цієї тематики і працював тоді в Манчестері з відомим хіміком, з майбутнім Нобелівським лауреатом *Георгом де Хевеші*, а також з самим Резерфордом. Вихідною ідеєю було те, що властивості елементів визначаються цілим числом - атомним номером, у ролі якого виступає заряд ядра, який може змінюватися в процесах радіоактивного розпаду. Проте, вже влітку 1912 року Бор повернувся в Данію.

1 серпня 1912 року в Копенгагені Н. Бор одружився на сестрі близького друга Харольда – Маргарет Норлунд. Під час весільної подорожі в Англію і Шотландію подружжя Борів відвідали Резерфорда в Манчестері. Вчений передав своєму вчителю підготовлену до друку статтю **«Теорія гальмування заряджених частинок при їх проходженні через речовину»** (вона була опублікована на початку 1913 року). Разом з тим було покладено початок тісній дружбі сімей Борів і Резерфорда, яка тривала все життя.

В 1913 році Бор послав попередній варіант статті Резерфорду, а в квітні приїздив на кілька днів в Манчестер для обговорення своєї теорії. Підсумком проведеної роботи стали три частини революційної статті **«Про будову атомів і молекул»**, опубліковані в журналі «Philosophical Magazine» в липні, жовтні та грудні 1913 року, саме в цих статтях на основі ідей Планка про кванти енергії Н. Бор сформулював відомі постулати, що визначили основні властивості електронної оболонки атома і лягли в основу квантової теорії будови атома. Теорія Бора вперше дала вичерпне пояснення дискретності енергетичного спектра атомів, встановила їх розміри, пояснила комбінаційний принцип в спектроскопії, дала завершену кількісну теорію спектральних ліній атома Гідрогену і пояснила Періодичну систему елементів Менделєєва.

Для атома Гідрогену розрахунки спектрів на основі моделі Бора добре узгодувались з експериментом, але для інших елементів виходила суттєва розбіжність з дослідними даними. В 1916 р німецький фізик **Арнольд Йоганн Вільгельм Зоммерфельд** (1868 – 1951), учень Н. Бора, уточнив модель Бора. Зоммерфельд висловив припущення, що крім кругових, електрон може рухатися і по еліптичних орбітах. При цьому майже однакового рівня енергії відповідає число типів орбіт, рівне головному квантовому числу. Зоммерфельд доповнив модель побічним (орбітальним) квантовим числом (визначальним форму еліпсів) і залежністю маси електрона від швидкості руху.

Цікавий факт про Зоммерфельда. Німецький фізик Арнольд Зоммерфельд, який відзначився досягненнями в квантовій теорії, електронній теорії, електродинаміці і багатьох інших наукових галузях, з 1917 по 1951 роки 84 рази номінувався на Нобелівську премію, але так її і не отримав. Вчений донині тримає рекорд за цим показником. Зате Нобелівськими лауреатами стали семеро його студентів: **Вернер Гейзенберг, Вольфганг Паулі, Петер Дебай, Ханс Альбрехт Бете, Лайнус Полінг, Ісидор Айзек Рабі і Макс фон Лауе.**

В 1913 році учень Е. Резерфорда – англійський фізик **Генрі Мозлі** (1887-1915) встановив зв'язок частоти в спектрі рентгенівського випромінювання з порядковим номером елемента, що випускає це випромінювання (закон Мозлі). Цим самим було показано, що періодичний закон Д. І. Менделєєва є основним законом фізики речовини і фізики атома. Цікавою є трагедія життя Мозлі: в 26 років Мозлі відкрив закон, а в 27 років був убитий під час бою в Галіполі, Туреччина, під час Першої світової війни, куди він пішов воювати добровольцем і мав офіцерське звання капітан.

Робота Бора відразу привернула увагу фізиків і стимулювала бурхливий розвиток квантових уявлень. Його сучасники по достоїнству оцінили важливий крок, який зробив датський вчений.

В 1922 році Бору була присуджена Нобелівська премія з фізики «за заслуги у вивченні будови атома». У своїй нобелівській лекції «**Про будову атомів**», прочитаної в Стокгольмі 11 грудня 1922 року, Бор підвів підсумки десятирічної роботи.

В 1932 році Бор з сім'єю переїхав до так званого «**Будинку честі**», резиденцію самого шанованого громадянина Данії, побудованого засновником пивоварної компанії «Карлсберг». Тут вченого – фізика відвідували знаменитості не тільки наукового (наприклад, Резерфорд), але і політичного світу (королівське подружжя Данії, англійська королева Єлизавета, президенти і прем'єр-міністри різних країн).

В 1934 році Бор пережив важку особисту трагедію. Під час плавання на яхті в протоці Каттегат штормовою хвилею було змито за борт його старшого сина - 19-річного Християна. Знайти його так і не вдалося.

Всього у Нільса і Маргарет було шестеро дітей. Один з них, **Оге Бор**, також став видатним фізиком, лауреатом Нобелівської премії (1975).

Помер Нільс Бор 18 листопада 1962 від серцевого нападу. Урна з його прахом знаходиться в сімейному склепі в Копенгагені.

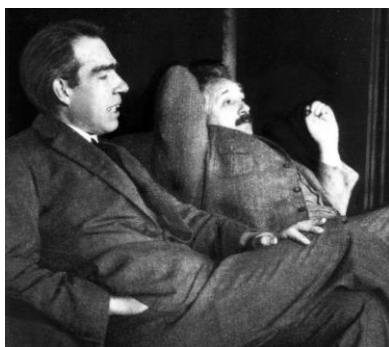


Рис. 44. Бор та Ейнштейн під час перегляду футбольного матчу

Цікаві факти та історії, пов'язані з Нільсом Бором.

1. Одного разу один з гостей Нільса Бора побачив на дверях його будинку прибиту підкову: "Невже ви, великий учений, можете вірити в те, що підкова над дверима приносить щастя?" Бор з посмішкою відповів: "Звичайно ж, не вірю! Але підкова приносить щастя навіть тим, хто в це не вірить".

2. У нацистській Німеччині було заборонено приймати Нобелівські премії після того, як в 1935 році премію миру вручили противнику націонал-соціалізму **Карлу фон Осецькому**. Німецькі фізики **Макс фон Лауе і Джеймс Франк** довірили зберігання своїх

золотих медалей Нільсу Бору. Коли в 1940 році німці окупували Копенгаген, Бор розчинив ці медалі і свою в царській горілці, наситив додатково хлором і залишив пляшку на видному місці з написом «дезінфікуючий засіб». Після закінчення війни Бор відновив заховане в царській горілці золото і передав його Шведській королівській академії наук. Там виготовили нові медалі і повторно вручили їх фон Лауе, Франку і Бору.

3. Головною небезпекою для людства фізик Бор вважав фашизм. І, коли в 1941 році до нього з Німеччини приїжджав один з його колишніх колег **Гейзенберг** з пропозицією про наукове співробітництво з фізиками, які поділяють ідеї фашизму, вчений з гнівом відкинув цю пропозицію. А в 1943 році датський Опір організував втечу видатного фізика з Данії, яку окупували німці.

4. Нільс Бор також мав славу великого спортсмена - він грав у футбол та займався плаванням, а тому був певний час у Копенгагені більш відомий як футболіст, ніж як знаменитий фізик.

5. Одного разу Бор – студент погано підготувався до колоквиуму і відповів погано. Він це розумів і врятував свою відповідь жартирливим зауваженням: "Я вислухав тут стільки поганих відповідей, що прошу розглядати мою нинішню як помсту".

6. Родина Борів – одна з трьох родин в історії науки (перша – родина Кюрі, друга – Томсонів), яка в двох (майже трьох) поколіннях отримала Нобелівську премію: батько Нільса – відомий професор фізіології **Христіан Бор** був двічі номінований на премію, проте так її і не отримав; сам **Нільс Бор** – Нобелівська премія з фізики 1922 року та син Бора – **Оге Бор** – лауреат Нобелівської премії з фізики, яку він отримав в 1975 році.

7. Нільс Бор блискуче викладав свої думки, коли бував один на один із співрозмовником, а ось виступи його перед великою аудиторією часто бували невдалі, часом навіть малозрозумілі. А ось його брат Харольд, відомий математик був блискучим лектором. "Причина проста - говорив Харольд, - я завжди пояснюю те, про що говорив раніше. Нільс завжди пояснює те, про що буде говорити пізніше".

8. Бор ніколи не критикував різко доповідачів, ввічливість його формулювань була всім відома. Один з фізиків після виступу на семінарі був дуже засмучений. Приятель запитав його про причину. «Біда, - відповів той, - професор Бор сказав, що "це дуже цікаво". Улюбленою передмовою Бора до всякого зауваження було «I do not mean to criticize...», тобто «Я не збираюся критикувати...». Якось прочитавши нікуди не придатну роботу, він вигукував: «Я не збираюся критикувати, я просто не можу зрозуміти, як може людина написати таку нісенітницю!».

9. Якось Нільс Бор з дружиною і молодим голландським фізиком **Казимиром** поверталися пізно ввечері з гостей. Казимир був завзятим альпіністом і з захопленням розповідав про скелелазіння, а потім запропонував продемонструвати свою майстерність, обравши для цього стіну будинку, повз якого компанія в той момент проходила. Коли він, чіпляючись за виступи у стінах, піднявся вже вище другого поверху, за ним, з азартом, рушив і Бор. Маргарита Бор з тривогою спостерігала за ними знизу. У цей час почулися свистки і до дому підбігло кілька поліцейських. Будівля виявилася відділенням банку.

10. Відвідавши Гьоттінген, Бор запросив двадцятип'ятирічного Гейзенберга на роботу в Копенгаген. На наступний день під час обіду на честь професора Нільса Бора, до нього підійшли двоє поліцейських і, пред'явивши звинувачення «у викраденні неповнолітніх», заарештували відомого фізика. Проте, так над ним просто пожартували, адже ці поліцейські – це були переодягнені студенти університету.

11. Відомий фізик любив ходити в кіно, причому з усіх жанрів визнавав тільки один - ковбойські вестерни. Коли Бор вечорами починав скаржитися на втому і неухважність, то говорив, що «треба щось робити», всі його учні знали, що кращий спосіб розважити професора - зводити його на що-небудь типу «Самотнього вершника» або «Сутички в покинутому ранчо». Після одного з таких переглядів, коли

по дорозі додому всі підсміювалися над неодмінно типовою ситуацією - герой завжди хапається за револьвер останнім, але встигає вистрілити першим, - Бор несподівано для всіх став стверджувати, що так насправді і має бути. Він розвинув теорію, згідно з якою лиходій, що збирається напасти першим, повинен свідомо вибрати момент коли почати рух і це уповільнює його дії, тоді як реакція героя - акт чисто рефлекторний, і тому він діє швидше. З Нільсом Бором ніхто не погоджувався, а тому розгорілася суперечка. Щоб довести свою теорію, вчений когось відправив в крамницю за парою іграшкових ковбойських револьверів. У подальшій серії «дуелей» Бор, виступаючи в ролі позитивного героя, «перестріляв» всіх своїх молодих суперників! Важко собі уявити, що приваблювало фізика в цих картинах. Вчений говорив: «Я цілком можу допустити, що гарненька героїня, рятуючись втечею, може виявитися на звивистій гірській стежці. Менш імовірно, але все ж можливо, що міст над прірвою звалиться якраз в той момент, коли вона на нього ступить. Виключно малоімовірно, що в останній момент вона схопиться за билинку і повисне над прірвою, але навіть з такою можливістю я можу погодитися. Зовсім уже й важко, але все-таки можна повірити в те, що красень ковбой якраз в цей час буде проїжджати повз і виручить цю нещасну. Але щоб в цей момент тут же опинився оператор з камерою, готовий зняти всі ці хвилюючі події на плівку, - вже цьому, вибачте, я не повірю ніколи!».

12. Бор був видатним танцем і його співвітчизники були такі раді і горді за його досягнення, що буквально завалювали вченого подарунками. Проте, найоригінальніший з них піднесла пивоварня Carlsberg. Пивовари подарували Бору та його родині будинок на невеликій ділянці неподалік від свого заводу. Особливістю цього будинку був трубопровід, з'єднаний з пивоварнею, по ньому в будинок в режимі 24/7 поставлялося свіже пиво, звісно ж безкоштовно і в необмеженій кількості аж до кінця життя вченого. Бор зі скромності відмовлявся від багатьох подарунків своїх співвітчизників, але перед привабливою перспективою безкоштовного пива не встояв. Сім'я Н. Бора переїхала в так званий «Будинок честі» в 1932 році. Про цю подію вже згадувалось в тексті раніше.

13. Під час знаменитого виступу в Академії наук СРСР видатного Бора запитали: "Як вам вдалося створити першокласну школу фізиків?", на що фізик відповів: "Це вдалося тому, що я ніколи не соромився заявити своїм учням, що я дурніший за них". Фізик **Євген Ліфшиц**, який перекладав на російську виступ Бора, перевів ці слова так: "Це вдалося тому, що я ніколи не соромився заявити своїм учням, що вони дурні". У залі піднявся шум і сміх. Ліфшиц перепитав у Бора, що той сказав і швидко вибачився перед аудиторією за свою обмовку. "Це не випадкова обмовка", - заперечив **Петро Капіца** – Нобелівський лауреат і учень Бора, не встаючи зі свого місця, - "Вона висловлює принципові відмінності між школою Бора і школою Ландау, до якої належить Ліфшиц". Репліка Капіци викликала в аудиторії оплески. Бор і його учень Нобелівський лауреат **Леопольд Ландау** сміялися голосніше всіх.

14. Весною 1961 року відбулася подія, яка на кілька років зробила фізиків МДУ імені Ломоносова безперечними лідерами в перманентному змаганні з хіміками: приїхав в СРСР Нільс Бор і виступив з промовою на щаблях фізфаку перед студентами-фізиками, проігнорувавши, при цьому, студентів-хіміків.

Справа у тому, що ще в 1959 році на фізфаці відбулося перше студентське свято "День Архімеда". До цього свята була написана фізична опера "Архімед" про життя і роботи Архімеда в грецьких Сіракузах в реаліях фізфаку МДУ. Як згадували автори цієї опери **Валерій Міляєв** і **Валерій Канер**, що вони написали її після першої поїздки на цілину. "День Архімеда" болісно дратував хіміків, тим більше, коли перед багатотисячним натовпом гучно співали вульгарні віршики зі словами: "нам тут повітря псує Захід, який смердить як хімфак". У 1961 році на "День Архімеда" приїхав великий фізик Нільс Бор, який прибув до Москви на запрошення АН СРСР. В результаті цієї події фізики заснували День фізика, який щорічно відзначався в травні місяці на сходах їх факультету між пам'ятниками Лебедєву і Столетову

Проте, 14 травня 1966 року нарешті хіміки вирішили відсвяткувати свій День Хіміка біля пам'ятників Менделєєву і Бутлерову. І таки нарешті втерли носа сусідам, влаштувавши грандіозний феєрверк, через що до хімфаку, навіть, приїхали чотири пожежні команди, хоча ніякої пожежі не сталося. На таке фізики не могли нічим відповісти через незнання хімії. Не підривати ж їм над пам'ятником М. В. Ломоносову атомну бомбу. Саме в цей день вперше пролунав знаменитий Гімн Хіміка і хімфак МДУ вперше в СРСР зіграв у Хімічний КВК (чи щось схоже на те)! До речі, ідею святкувати День Хіміка підхопив весь Радянський Союз, в, тому числі, і наш Житомир. Нині офіційно День Хіміка святкують в Україні в останню неділю травня.

Розвиток природничих наук і передусім фізики на межі XIX і XX століття поставив ряд складних філософських проблем, викликаних корінними перетвореннями самих основ класичної фізики. Саме в цей період були відкриті рентгенівські промені і електромагнітна теорія світла, явища фотоефекту і радіоактивність, електронна структура матерії і перша елементарна частинка – електрон, відкриті кванти, сформульована теорія відносності, яка встановила нові, точніші просторово-часові співвідношення тощо.

Квантові числа як індивідуальна характеристика атомів.

Про головне (n) та орбітальне (l) квантові числа вже згадувалось раніше. Проте, в першій половині 1920-х р.р. в модель атома були додані ще два квантові числа.

Німецький фізик Альфред Ланде ввів для опису руху електрона в атомі магнітне квантове число, а молоді фізики Джордж Юджин Уленбек і Семюель Абрахам Гаудсміт в 1925 р. ввели в атомну фізику уявлення про спіни електрона.

Слід зазначити, що американський фізик Артур Холлі Комптон, ґрунтуючись на атомних спектрах високого розрішення, ще в 1921 р. висловлював припущення про квантоване обертання електрона, а в наступному році Отто Штерн і Вальтер Герлах експериментально спостерігали розділення пучка атомів срібла в магнітному полі на дві частини, відповідно до орієнтації електронних спінів.

В 1927 році німецький фізик Фрідріх Хунд (1896 – 1997), учень Макса Борна, який прожив, між іншим, 101 рік (серед вчених – це рекорд!) і був одним із розробників теорії хімічного зв'язку – методу МО (про цей метод поговоримо пізніше), сформулював емпіричні правила заповнення електронних оболонок. Із застосуванням **принципу заборони Паулі** і принципу насичення рівнів до 1927 року була в цілому побудована електронна структура всіх відомих на той час 92 елементів. Створення вчення про будову електронних оболонок атомів дозволило розробити формальну фізичну теорію періодичної системи, пояснити причини періодичності властивостей елементів і їх сполук, а також створити перші теорії хімічного зв'язку.

Вже дещо пізніше, в 1951 році російський вчений – агрохімік Всеволод Маврійович Ключковський (1900 – 1972) сформулював принципи заповнення атомних орбіталей, зокрема, ввів уявлення про $(n+l)$ -області електронних станів в атомах і сформулював $(n+l)$ -правило формування електронних конфігурацій атомів по мірі росту заряду ядра (правило Ключковського). Нині це правило розділяють на два окремі.



Рис. 45. В. Паулі

Розглянемо детальніше відкриття принципу заборони Паулі.

Бог створив об'єм, а поверхня –
це породження Диявола!

Вольфганг Паулі

Вольфганг Паулі (1900 – 1958) народився у Відні в родині лікаря і професора хімії **Вольфганга Йозефа Паулі** (справжнє ім'я Вольф Пасхелес, (1869-1955), він був родом з видимою празької єврейської сім'ї і змінив ім'я незадовго до одруження, коли на вернувся в католицьку віру) і був першою дитиною в сім'ї. Матір'ю майбутнього Нобелівського лауреата була фейлетоніст

Берта Камілла Паулі (уроджена Шютц (1878-1927) – дочка відомого єврейського літератора **Фрідріха Шютца** (1844-1908)). Молодша сестра Паулі - **Герта Паулі** (1909-1973) також стала літератором. Друге ім'я Паулі отримав на честь свого хрещеного дядька, фізика **Ернста Маха**.

Любов до точних наук, зокрема, фізики і математики проявилась у Паулі ще в дитинстві.

Перша робота вченого була присвячена математичним питанням єдиної теорії гравітації і електромагнетизму, яка вийшла в світ у 1918 році, вже через два роки, коли Паулі був 20 – річним студентом Мюнхенського університету і навчався у Арнольда Зоммерфельда, за проханням останнього, він написав огляд для «**Фізичної енциклопедії**», присвячений загальній теорії відносності (ця монографія досі залишається класичною).

В 1925 р. Вольфганг Паулі опублікував свою роботу, яка містить формулювання принципу заборони і носить його ім'я: у даному квантовому стані може знаходитися тільки один електрон. Паулі вказав, що для характеристики стану електрона необхідні чотири квантових числа: головне квантове число n , азимутальне квантове число l і два магнітних числа m_1 і m_2 .

Пізніше фізик - теоретик викладав в Гьоттінгені, Копенгагені, Гамбурзі, Принстонському університеті (США) і в Цюрихській вищій електротехнічній школі (Швейцарія).

В 1931 р. відомий швейцарський фізик Вольфганг Паулі прийшов до висновку, що в природі повинна існувати ще одна нейтральна частинка з масою, набагато меншою, ніж у нейтрона, як він говорив "маленький нейтрон". Коли Паулі викладав цю ідею з трибуни однієї міжнародної наукової конференції, італійський фізик Енріко Фермі перебив його словами:

- Називайте її "**нейтрино**"!

Справа в тім, що на італійській мові зменшувальне "ино" відповідає російським суфіксам "чик" або "ушк". Так що нейтрино в перекладі з італійської буде означати "маленький нейтральний" або просто "нейтрончик". Так нейтрино було винайдено Паулі, а одержало назву з легкої руки Фермі.

З ім'ям Паулі пов'язане таке фундаментальне поняття квантової механіки, як **спін елементарної частинки**. Вчений передбачив існування нейтрино і сформулював принцип заборони Паулі, за що був удостоєний Нобелівської премії з фізики за 1945 рік.

В 1958 році вчений нагороджений медаллю імені Макса Планка, пізніше в тому ж році Вольфганг Паулі помирає від раку в Цюриху. Він був зображений на австрійській поштовій марці в 1983 році.

Декілька цікавих фактів про фізика – теоретика В. Паулі.

1. З ім'ям видатного фізика – теоретика пов'язаний досить незвичний науковий ефект, який охрестили в науці «ефектом Паулі». **«Ефект Паулі»** - міцно увійшло в фольклор вчених-фізиків, як жартівливе твердження, що присутність деяких людей (особливо - деяких фізиків-теоретиків, таких, як Паулі) здатне негативно впливати на хід експериментів і роботу точних приладів.

2. Патологічне невміння користуватись будь – якими експериментальними установками Паулі була у всіх на слуху та стала серед його друзів приказкою. З документально зареєстрованих проявів «ефекту Паулі» самим неймовірним був справжній вибух, який зруйнував дуже дорогу установку в лабораторії Нобелівського лауреата з фізики – **Джеймса Франка** в Гьотінгемі. Як потім виявилось, вибух виник якраз в той момент, коли потяг, що рухався із Цюриху в Копенгаген, зупинився на 8 хвилин в Гьотінгемі, - а в цьому потязі якраз і перебував В. Паулі!

3. Доходило навіть до смішного: на одній з конференцій, бажаючи продемонструвати "ефект Паулі" в дії, група фізиків поєднала настінні годинник в залі, де вчений повинен був читати лекцію, з вхідними дверима за допомогою реле,

щоб при відкритті дверей годинник зупинився. Однак цього не сталося - як тільки Паулі увійшов, несподівано відмовило реле.

4. Через страх «ефекту Паулі», відомий фізик – експериментатор **Отто Штерн** – Нобелівський лауреат (1943), один із відкривачів спіна електрона, заборонив В. Паулі відвідувати свою лабораторію в Гамбурзі, не дивлячись навіть на їхню багаторічну дружбу.

5. В лютому 1950 року, коли Паулі був у Принстонському університеті, під час експерименту згорів циклотрон.

6. В галузі фізики Паулі був відомий також як перфекціоніст. При цьому він не обмежувався тільки своїми роботами, але і безжально критикував помилки своїх колег. Він став «совістю фізики» і часто відгукувався про роботи як про «зовсім невірні», або коментував приблизно так: «Це не тільки неправильно, це, навіть, не дотягує до помилкового!» У колах його колег ходив з цього приводу такий жарт: «Після смерті Паулі удостоюється аудієнції у Бога. Паулі запитує Бога, чому стала тонкої структури дорівнює $1/137$. Бог киває, йде до дошки і починає зі страшною швидкістю писати рівняння за рівнянням. Паулі дивиться спочатку з великою задоволеністю, але незабаром починає сильно і рішуче негативно хитати головою». Інший анекдот розповідає про те, як Гейзенберг представив Паулі свою нову теорію. Як відповідь він отримав лист, в якому був намальований квадрат з позначкою «Я можу малювати як Тіціан». Внизу дрібним почерком було приписано: «Не вистачає тільки деталей».

7. У Відні Паулі навчався у федеральній гімназії № 19 за адресою Гімназіумштрассе 83, 1190 Відень. Його однокласником був майбутній лауреат Нобелівської премії **Ріхард Кун**, який отримав її в 1938 році з хімії. Розповідають також, що одного разу на уроці фізики вчитель зробив на дошці помилку, яку ніяк не зміг знайти навіть після довгого пошуку. До великої радості учнів він в розпачі волає: «Паулі, ну скажіть нарешті, в чому помилка. Ви напевно давно вже її знайшли».

8. Менш відома область діяльності видатного фізика - теоретика, яка ретельно вивчається тільки з 1990 року, виникла в співпраці з психологом **Карлом Густавом Юнгом**, учнем **Зігмунда Фрейда** та засновником аналітичної психології. З їх листування, яке обидва вчених вели з 1932 – до 1958 року, стає зрозумілим, що Паулі належить велика частина розвитку поняття «синхронічності», яке ввів Юнг, і, крім того, ним зроблена частина уточнення понять колективного несвідомого і архетипів, які мають першорядне значення для робіт Юнга.

9. В 1970 році Міжнародний астрономічний союз присвоїв ім'ям Вольфганга Паулі кратер на оборотній стороні Місяця.

10. Паулі все життя курих трубку і, можливо, через це захворів на рак, від якого помер на 58 році життя.

Вчення про хімічний зв'язок.

Хімічний зв'язок в усіх випадках
і в усіх молекулах представляє собою
просто пару електронів, які утримують разом два атома.

Гілберт Ньютон Льюїс

Протягом усього XIX століття хімія, заснована на атомно-молекулярній теорії, не могла дати жодних пояснень природі зв'язку між атомами. Поняття валентності, при всій плідності його застосування, залишалося суто емпіричним. Лише після відкриття подільності атома і встановлення природи електрона як складової частини атома виникли реальні передумови для розробки перших теорій хімічного зв'язку.

Німецькі вчені **Ріхард Вільгельм Генріх Абегг** і **Гвідо Бодлендер** в 1899 р. висловили ідею спорідненості атомів до електрона - здатності атомів приєднувати електрон: "Внаслідок того, що для існування неорганічних сполук спорідненість атомів або окремих груп до електричного заряду виявляється набагато більш

важливим, ніж спорідненість їх один до одного, здається цілком доцільним прийняти за основу систематики неорганічних речовин саме цю спорідненість елементів і радикалів до електрики ...".

На основі цих уявлень Абеґґ в 1904 р. розробив теорію електровалентності. Валентністю, на думку Абеґґа, володіють іони і величина валентності дорівнює заряду іона. Кожен елемент характеризується двома максимальними валентностями - позитивною і негативною, сума яких дорівнює восьми. Одна з них, яка виробляє більш сильну дію, нормальна, інша – це контрвалентність. Для семи груп періодичної системи Абеґґ наводив такі значення нормальних і контрвалентностей атомів:

Група	I	II	III	IV	V	VI	VII
Нормальна валентність	+1	+2	+3	+4	-3	-2	-1
Контрвалентність	-7	-6	-5	-4	+5	+6	+7

Слід зазначити, що формули вищих оксидів і водневих сполук, які наводились Менделєєвим в своїй таблиці, аналогічні побудові в теорії Абеґґа.

Всі подальші спроби пояснення природи валентних сил знаходилися в тісному зв'язку з уявленнями про будову атома.

Дж.Дж. Томсон у своїй моделі будови атома вказував на участь електронів в утворенні зв'язку між атомами. В 1908 р. **Вільям Рамзай** висловив ідею про зв'язок атомів за допомогою загального електрона. **Нільс Бор** в 1913 році запропонував динамічну модель молекули, в якій хімічний зв'язок виникає за рахунок електронів, що знаходяться на загальній для двох атомів орбіті, площа якої перпендикулярна лінії, що сполучає ядра.

Йоганнес Штарк в 1915 р. ввів в теорію зв'язку поняття про валентні електрони. Згідно з Штарком, валентність атома не пов'язана із загальним числом електронів в атомі, а визначається тільки числом поверхневих електронів. Уявлення Штарка про валентні електрони і модель атома Резерфорда - Бора лягли в основу нових теорій хімічного зв'язку.

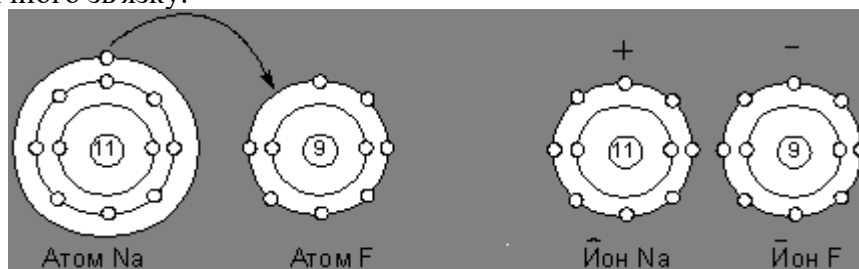


Рис. 46. Схема утворення зв'язку між атомами Натрію та Флуору за Косселем

Уявлення про електровалентності або полярні валентності отримали розвиток в роботах німецького фізика **Вальтера Косселя**. В 1916 р. вчений в своїй теорії використав інертні гази як зразок, наслідування яких обумовлює сильну хімічну активність сусідніх елементів. На думку вченого, зовнішня електронна оболонка атома найбільш стійка, якщо в ній міститься вісім електронів і реакційна здатність атома визначається його прагненням набути таку конфігурацію (**правило октету, октетна теорія**).

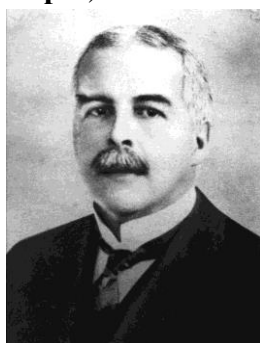


Рис. 47. Г. Н. Льюїс

З огляду на той факт, що більшість неорганічних сполук є полярними і здатні дисоціювати на іони, він припустив, що природа валентних сил полягає в електростатичному тяжінні іонів, що утворюються за рахунок віддачі від одного з атомів одного або декількох електронів іншому. Нижче наведена схема утворення молекули фториду натрію за Косселем.

В 1916 році американський хімік **Джілберт Ньютон Льюїс** (1875 – 1946), Нобелівський лауреат, запропонував теорію кубічного атома, засновану на подібних передумовах, що й теорія Косселя. Згідно Льюїса, хімічна інертність елементів

нульової групи періодичної системи пояснюється тим, що групи з двох або восьми електронів є дуже стійкими.

На думку вченого, атом гелію має два електрони; атом неону - два електрони, розташованих усередині куба, який утворений вісьмома електронами. У аргоні ще вісім електронів розташовані в вершинах куба, зовнішнього по відношенню до кубу неону і т.д.

Атоми ж інших елементів прагнуть до приєднання або віддачі електронів, щоб утворити електронну конфігурацію інертного газу. Утворення зв'язку між однаковими атомами Льюїс пояснив можливістю усуспільнення валентних електронів. Вчений запропонував також спосіб зображення зв'язків, в якому кожен валентний електрон позначається крапкою (формули Льюїса, рис. 45).

Аналогічні погляди висловив інший Нобелівський лауреат **Ірвінг Ленгмюр**, який, однак, відкинув ідею про стаціонарне кубічне розташування зовнішніх електронів в атомі. Ленгмюр припустив існування трьох типів валентності: позитивної, негативної і ковалентності. Позитивна і негативна валентності визначаються числом електронів, які атом здатний відповідно віддати або прийняти. Ковалентність, за Ленгмюром, визначається числом електронних пар, якими атом може володіти спільно з іншими атомами.

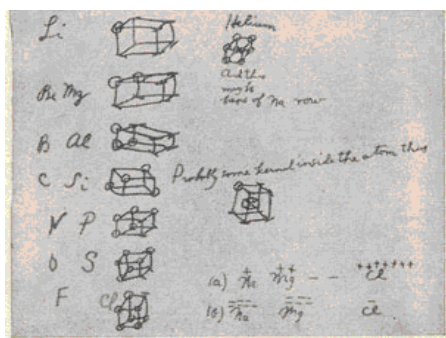


Рис. 48. Кубічні структури Льюїса

На початку 1920-х р.р. англійський хімік **Невілл Вінсент Сіджвік** поширив поняття ковалентності на неорганічні та координаційні сполуки і постулював (зробив висновки) існування схожого типу зв'язку, в якому обидва електрони сполучені за рахунок електронної пари, і які спочатку належали одному з атомів (семіполярний або донорно-акцепторні зв'язок).

В цілому можна відзначити, що теорії Косселя і Льюїса – Ленгмюра дозволили досить вдало пояснити як утворюються хімічні зв'язки між атомами в неорганічних і органічних сполуках. Засновані на "напівкласичній" моделі атома Бора – Зоммерфельда, теорії іонного і ковалентного зв'язку вдало поєднували в собі простоту і наочність з новітніми сучасними уявленнями про будову атома.

Спираючись на теорії Косселя і Льюїса – Ленгмюра, в 1923 р. датський хімік **Йоханнес Ніколаус Бренстед** і англієць **Томас Мартін Лаурі** розробили Протонну теорію кислот і основ, а Гілберт Льюїс розширив уявлення про кислоти і основи, запропонувавши електронну теорію, відповідно до якої кислота є акцептором, а основа – донором електронних пар.

Однак, багато питань як і раніше залишалися без відповідей. Теорія Льюїса - Ленгмюра не могла пояснити причини сполучної дії електронної пари; крім цього, було безліч відхилень від правила октету. Остаточне встановлення природи зв'язку між атомами виявилось можливим лише на підставі принципово нових квантово-механічних уявлень.

До речі, після того, як у 1962 році канадський хімік **Ніл Бартлед** одержав першу сполуку Ксенону, теорія «октету» Косселя застаріла, проте теорія Льюїса, завдяки своїй простоті та наочності широко використовується й досі.



Рис. 49. Альфред Вернер

Мене часто охоплює екстаз перед красою моєї науки.

Чим далі я поринаю в її таємниці, тим більше вона здається мені величезною, величною і дуже гарною для простого смертного.

Альфред Вернер

Ще одним важливим напрямком у вченні про хімічний зв'язок є пояснення зв'язку у комплексних сполук. «Батьком

хімії комплексних сполук» є шведський хімік, Нобелівський лауреат *Альфред Вернер* (1866 – 1919). Майбутній творець вчення про комплексні сполуки, був четвертою і останньою дитиною в сім'ї слюсара, токаря і фермера Жана – Адама Вернера, жителя міста Мюлуз в Ельзасі, що у Франції.

У шість років хлопчик пішов у початкову школу. Уже тоді проявилися його вражаючі здібності, вчителі часто говорили йому: «Ах, Альфред, якби ти тільки захотів, то міг би стати першим учнем».

В 1878 році Альфред закінчив початкову школу. Після цього юнак вступає в Технічне училище. Тут Альфред входив в число кращих учнів - він навчався захоплено, можна сказати натхненно. Саме в училищі Вернер захопився хімією. В домашніх умовах він почав проводити хімічні досліди. Разом з тим юний вчений цікавився літературою, мистецтвом і особливо архітектурою.

В 1886 році Вернер вирішив продовжити освіту в Цюрихському політехнікумі - одному з найбільш передових навчальних закладів в Європі. На той час в політехнікумі викладали такі великі хіміки, як *А. Ганч, Г. Лунга, Г. Гольдшмідт, Ф. Тредуелл*. Вернер все життя з теплотою і вдячністю згадував цих вчителів, які дали йому чудову школу. Успішність Альфреда була високою, хоча пізніше він говорив: «Мої вчителі і однокурсники знали мене як не завжди старанного, але завжди веселого студента». На останньому, четвертому, курсі Вернер вирішив спеціалізуватися в галузі органічної хімії. У дипломній роботі детально описав синтез деяких органічних і неорганічних сполук. В серпні 1889 року Вернер закінчив Цюрихський політехнікум і отримав звання технічного хіміка. За пропозицією одного з викладачів професора Г. Лунга, Альфред став позаштатним (неоплачуваним) асистентом в його хіміко-технічній лабораторії. «Можливо, краще б мені піти на фабрику, - писав він батькові, - але зізнаюся, що я вважаю вчену кар'єру своїм покликанням».

Тоді ж під керівництвом професора А. Ганча Вернер почав свою докторську дисертацію. Вчителя та учня порівнює Кауфман: «Багато в чому ці дві людини представляли собою різку протилежність. Ганч був худорлявий, стриманий, поміркований у своїх життєвих потребах і завжди себе тримав в руках. Вернер, навпаки, був схильний до повноти, товариський, любив тютюн і алкоголь, часом був надто емоційним і навіть експансивним». Вернер все життя був вдячний Ганчу. Свою капітальну працю «**Підручник стереохімії**» (1904) він присвятив з вдячністю своєму вчителю.

В 1893 році німецький «Журнал неорганічної хімії» опублікував статтю Вернера на 63 сторінках «**Про будову неорганічних сполук**», що ознаменувала нову епоху в розвитку уявлень про природу і будову комплексних сполук. У ній автор майстерно виклав теорію, яка дозволила пояснити особливості будови значного класу речовин - координаційних або комплексних сполук. Цього ж року, всього у 27 років, вченого обрали професором Цюрихської вищої школи.

Альфред Вернер одружився, коли йому було 28 років, на прийомній дочці пастора Еммі Гіскер, якій йшов двадцять перший рік. Після одруження він, як "особа бездоганної репутації з річним доходом 4000 франків", прийняв швейцарське громадянство і переїхав до Цюриху. Тут у подружжя Вернер з'явилися син і дочка. У той час вчений сильно захоплювався альпінізмом. В молоді роки Вернер був також завзятим ковзанярем, захоплювався і вітрильним спортом.

В 1913 році шведський король Густав V вручив Альфреду Вернеру золоту медаль лауреата Нобелівської премії і диплом, в якому було зазначено, що премія присуджена "в знак визнання його робіт про природу зв'язків в молекулах, якими він по-новому висвітлив старі проблеми і відкрив нові області для досліджень, особливо в неорганічній хімії".

Вчений прожив в Цюриху решту життя, він став професором університету і президентом Швейцарського хімічного товариства.

Уже в зрілому віці Вернер захопився полюванням. В останні роки життя він часто проводив вільний час в товаристві своїх друзів, грав на більярді, в шахи, карти.

Незабаром після отримання Нобелівської премії самопочуття Вернера помітно погіршилося. Діагноз лікарів був невтішним - загальний атеросклероз. Хвороба повільно, але неухильно прогресувала і 15 листопада 1919 року Вернер помер.

З самого початку наукової діяльності Вернер виявляв пристрасну, майже релігійну відданість хімії. Так що зрозуміло, чому Вернер був такий суворий до своїх студентів. Він не виносив балаканини і неробства під час роботи і любив акуратність та порядок. Коли одного разу Вернер побачив в лабораторії безлад, то, не кажучи ані слова, різким рухом руки змахнув на підлогу весь хімічний посуд, який, звичайно ж, розбився вщент. Студенти вченого називали позаочі «наш старий» (хоча Вернеру тоді було не більше сорока років).

Але сучасники згадували видатного вченого аж ніяк не сухим і нудним педантом. Він був широкоплечою людиною з досить коренастою структурою тіла, галасливим і жвавим, з різкими рухами і жестикуляцією. Він часто і заразливо сміявся - зовсім подитячому. Його масивна фігура, оповита димом незмінної сигари, та великі проникливі очі відразу ж привертали увагу. Вернер був незалежний у судженнях і відрізнявся рідкісною здатністю говорити правду в обличчя кожному співрозмовнику, незалежно від його положення в суспільстві. Говорили, що він володіє "прямолинійною порядністю".

Основи квантової хімії та квантової механіки.

Якщо тебе квантова фізика не налякала,
то це значить, що ти її не зрозумів.

Нільс Бор

Для того, щоб пояснити стійкість атома, Нільс Бор поєднав у своїй моделі класичні і квантові уявлення про рух електрона. Однак, штучність такого поєднання була очевидною з самого початку. Розвиток квантової теорії призвів до зміни класичних уявлень про структуру матерії та її рух, а також рух і зміни простору і часу тощо, що сприяло корінній зміні картини світу.

В кінці 20-х - початку 30-х років XX століття на основі квантової теорії сформувалися принципово нові теорії будови атома та утворення хімічного зв'язку. Після створення Альбертом Ейнштейном фотонної теорії світла (1905) і виведення їм статистичних законів електронних переходів в атомі (1917) у фізиці загострилася проблема "хвиля - частинка". Якщо в XVIII-XIX століттях були розбіжності між різними вченими, які для пояснення одних і тих же явищ в оптиці залучали або хвильову, або корпускулярну теорію, то тепер протиріччя одержало принциповий характер: одні явища (дифракція та інтерференція) інтерпретувалися з хвильових позицій, а інші (фотоэффект) - з корпускулярних.

Вирішити дані суперечності запропонував в 1924 р. французький фізик **Луї Віктор П'єр Раймон де Бройль**, що приписав хвильові властивості будь-якій матеріальній частинці. Поширивши ідею про подвійну природу світла на речовину, де Бройль припустив наявність у матеріальних частинок хвильових властивостей, однозначно пов'язаних з масою і енергією. Він показав, що за рух електрона може відповідати деяка хвиля матерії, так само як за рух світлового кванта відповідає світлова хвиля. Вчений запропонував пояснити квантові умови теорії Бора за допомогою уявлення про хвилі матерії. Хвиля, що рухається навколо ядра атома, з геометричних міркувань може бути тільки стаціонарною хвилею; довжина орбіти повинна бути кратною цілому числу довжин хвиль. Гіпотеза де Бройля про наявність у електронів хвильових властивостей була підтверджена виявленням в 1927 р. явищем дифракції електронів: виявилось, що пучок електронів дає дифракційну картину (пізніше буде виявлена дифракція атомів і молекул).

Виходячи з ідеї де Бройля про хвилі матерії, австрійський фізик **Ервін Шредінгер** – майбутній Нобелівський лауреат в 1926 р. вивів основне рівняння так званої хвильової механіки, що містить хвильову функцію і дозволяє визначити можливі стани квантової системи та їх зміну в часі. Шредінгер дав загальне правило перетворення класичних рівнянь в хвильові. В рамках хвильової механіки атом можна було уявити у вигляді ядра, оточеного стаціонарною хвилею матерії. Хвильова функція визначала щільність ймовірності знаходження електрона в даній точці. На 1926 рік у Шредінгера, який перебував на відпочинку в Швейцарії, було два важливі обов'язки – перед новою коханкою та перед фізикою. Як відомо, обидві задачі вчений виконав бездоганно!

У тому ж 1926 році німецький фізик **Вернер Гейзенберг** розробив свій варіант квантової теорії атома у вигляді матричної механіки, відштовхуючись при цьому від сформульованого Бором принципу відповідності. Згідно з принципом відповідності, закони квантової фізики повинні переходити в класичні закони, коли квантова дискретність прагне до нуля при збільшенні квантового числа. У більш загальному вигляді принцип відповідності можна сформулювати наступним чином: нова теорія, яка претендує на більш широку область застосовності в порівнянні зі старою, повинна включати в себе останню як окремий випадок.

Квантова механіка Гейзенберга дозволяла пояснити існування стаціонарних квантованих енергетичних станів і розрахувати енергетичні рівні різних систем. Результати, до яких приводили методи, використані в хвильовій механіці Шредінгера і матричної механіки – Гейзенберга, виявилися однаковими, тому обидві концепції входять в єдину квантову теорію як еквівалентні.

Однак спочатку хвильова і матрична механіки мали принципові відмінності в підходах. У Шредінгера частинка виступала як чисто хвильове утворення, тобто частинка є хвилею, в якій зосереджена найбільша енергія хвилі. Інтерпретація Шредінгера представляла собою, по суті, спробу створити більш-менш наочні моделі в дусі класичної фізики.

Гейзенберг же сформулював принцип невизначеності, відповідно до якого точність визначення координати частинки обернено пропорційна точності визначення її швидкості. Принцип невизначеності вказує на те, що частинки можуть вести себе як хвилі - вони як би "розмазані" в просторі, тому можна говорити не про їх точні координати, а лише про ймовірність їх виявлення в певному просторі.

Таким чином, квантова механіка фіксує корпускулярно-хвильовий дуалізм - в одних випадках зручніше частки вважати хвилями, в інших, навпаки, хвилі частками. З принципом невизначеності спочатку погоджувалися далеко не всі фізики; його всезагальному визнанні передувала досить тривала дискусія. Здійснена Гейзенбергом і розвинена Бором інтерпретація квантової теорії отримала назву «Копенгагенської». В рамках даної інтерпретації основним положенням квантової теорії виступає принцип додатковості, що означає вимогу застосовувати для отримання цілісної картини досліджуваного об'єкта взаємовиключаючі класи понять, приладів і дослідних процедур, які використовуються в своїх специфічних умовах і взаємно доповнюють один одного. Принцип додатковості дозволив доповнити класичні теорії квантовими, а не протиставити їх один одному.

Незабаром після того, як Гейзенберг і Шредінгер розробили квантову механіку, **Поль Адрієн Моріс Дірак** запропонував більш загальну теорію, в якій елементи спеціальної теорії відносності Ейнштейна поєднувалися з хвильовим рівнянням. Рівняння Дірака може бути застосовано до частинок, що рухаються з довільними швидкостями. Спін і магнітні властивості електрона слідували з теорії Дірака без яких би то не було додаткових припущень. Крім того, теорія Дірака передбачала існування античастинок, таких, як позитрон і антипротон, - двійників частинок з протилежними за знаком електричними зарядами.

Квантово-механічний підхід до будови атома призвів до створення принципово нових уявлень про природу хімічного зв'язку. Уже в 1927 р. німецькі вчені **Вальтер Гейтлер** і **Фріц Лондон** почали розробляти квантовомеханічну теорію хімічного зв'язку і виконали наближений розрахунок молекули водню.

Поширення методу Гейтлера - Лондона на багатоатомні молекули привело до створення Методу валентних зв'язків, який розробили в 1928-1931 р.р. **Лайнус Карл Полінг** і **Джон Кларк Слетер**. Основна ідея цього методу полягає в припущенні, що атомні орбіталі зберігають при утворенні молекули свою індивідуальність. В 1928 р. Полінг запропонував теорію резонансу і ідею гібридизації атомних орбіталей, в 1932 р. - нове кількісне поняття електронегативності і шкалу електронегативності, висловив залежність між електронегативністю і енергією хімічного зв'язку (рівняння Полінга).

Фрідріх Хунд, **Роберт Сандерсон Маллікен** і **Джон Едвард Леннард-Джонс** в 1929 році почали розробку Методу молекулярних орбіталей. В основу ММО закладено уявлення про повну втрату індивідуальності атомів, які об'єдналися в молекулу. Молекула, таким чином, складається не з атомів, а являє собою нову систему, утворену кількома атомними ядрами і рухомими в їх полі електронами. **Фрідріх Хунд** запропонував також сучасну класифікацію хімічних зв'язків; в 1931 р. він прийшов до висновку про існування двох основних типів хімічних зв'язків - простий, або σ -зв'язку, і π -зв'язку.

У тому ж році німецький фізик **Еріх Хюккель** поширив метод МО на органічні сполуки, сформулювавши правило ароматичної стабільності ($4n + 2$), яке встановлює приналежність речовини до ароматичного ряду.

Таким чином, в квантовій хімії відразу виділилися два різних підходи до розуміння хімічного зв'язку: Метод молекулярних орбіталей і Метод валентних зв'язків. Порівнюючи ці два методи, неважко помітити відомі аналогії з теоріями структурної хімії XIX століття - відмінності цих методів нагадують відмінності між новою теорією типів і теорією валентності. ММО, як колись нова теорія типів, розглядає молекулу як принципово нове, єдине утворення; МВЗ, подібно теорії валентності, в значній мірі має адитивний підхід.

Оскільки квантово-механічна модель атома виявилася куди менш наочною, ніж класична, метод ВЗ як уявлення, яке, зберігши наочність і що не надто суперечило істині, отримав (особливо спочатку) більш широке поширення. Однак, незважаючи на відмінності в підходах, обидва методи призводять до практично однакових результатів.

Завдяки квантовій механіці до 30-х років XX століття в основному було з'ясовано спосіб утворення зв'язку між атомами (що, до речі кажучи, було найважчим питанням атомізму, починаючи від Левкіппа і Демокріта). Крім того, в рамках квантово-механічного підходу отримало коректну фізичну інтерпретацію менделєєвського вчення про періодичність. Німецький фізик Вальтер Коссель передбачав, що хімічні властивості атома визначаються числом електронів на його зовнішній оболонці, а утворення хімічних зв'язків зумовлюється, в основному, силами електростатичної взаємодії. Американські вчені Гілберт Ньютон Льюїс та Ірвінг Ленгмюр сформулювали електронну теорію хімічного зв'язку. Відповідно до цих уявлень молекули неорганічних солей стабілізуються електростатичними взаємодіями між іонами, що входять до їх складу і які утворюються при переході електронів від одного елемента до іншого (іонний зв'язок). Вернер розробив теорію хімічного зв'язку в комплексних сполуках. І все це разом забезпечило розвиток нового напрямку в науці - квантової механіки.

Декілька цікавих слів про засновників теорії хімічного зв'язку та квантової механіки.

Нобелівський лауреат з хімії (1932), «Батько хімії поверхні і поверхневих явищ», американський хімік **Ірвінг Ленгмюр** (1881 – 1957), знаючи, що краплина рідини поміщена на поверхню іншої рідини, які між собою взаємоне змішуються (олія і вода,

наприклад), утворює шар, товщиною лише в одну молекулу – так він винайшов технологію приготування та покриття матеріалів рівномірними тонкими плівками, а також, знаючи цю особливість рідин міг виміряти довжину молекули (з достатньою точністю) за допомогою звичайної лінійки (таку ідею і такий метод вимірювання довжини молекули дещо раніше запропонував англійський фізик **Вільям Стретт (лорд Релей)**); даний хімік ввів поняття «плазма», а також винайшов спосіб відкриття на відстані підводних човнів.

Сучасники стверджували, що Нобелівський лауреат з хімії (1966), американський хімік **Роберт Маллікен** (1896 – 1986) дуже швидко і багато говорив, ніби у нього була «словесна діарея». Жартуючи над ним, його співробітники запропонували ввести нову фізичну величину – «кен», яка мала б бути одиницею швидкоговірливості. Її тисячна доля «мілікен», мала б означати говірливість звичайної людини.

Добий знайомий та друг А. Ейнштейна, відомий німецький фізик **Пауль Ернфест** (1880 – 1933), один із вчителів самого Енріко Фермі, якось навчив свого цейлонського папугу вимовляти фразу: «Aber, meine Herren, das ist keine Physik» - «Але, панове, адже це не фізика» (нім). Цього папугу він пропонував в якості голови в дискусіях про нову науку квантову механіку в Гьоттінгені.

Питання для самоперевірки:

1. Коли і ким було відкрито явище фотоефекту?
2. Життя та наукова діяльність А. Ейнштейна.
3. Що вам відомо з історії відкриття катодних променів?
4. Що таке χ -промені? Ким вони були відкриті?
5. Що таке природна радіоактивність? Ким і коли вона була відкрита?
6. Життя та наукова діяльність Марії Складовської-Кюрі.
7. В чому полягає суть штучної радіоактивності? Як вчені її досліджували?
8. Коли відбулося відкриття елементарних частинок атома (електрона, протона, нейтрона)?
9. Які виникли моделі будови атома на початку ХХст? Що вам відомо про їх творців?
10. Наведіть основні біографічні дані про Е. Резерфорда.
11. В чому суть дослідів з розсіювання α -частинок? Що таке Планетарна модель атома?
12. Життя та наукова діяльність Нільса Бора. В чому суть теорії Бора?
13. Що таке квантові числа? Яка історія їх відкриття?
14. Наведіть основні біографічні дані про В.Паулі.
15. В чому суть теорії електровалентності? Що таке валентні електрони?
16. В чому суть правила октету? Ким воно було сформульоване?
17. Що вам відомо про творців теорії валентного зв'язку?
18. Виділіть основні аспекти наукової діяльності А.Вернера?
19. Ким і коли були розроблені основи квантової хімії та квантової механіки?

Розв'яжіть задачі з теми:

1. Метал **X** був успішно отриманий в 1937 році **Еміліо Сегре** та **Карло Перьєртом** в результаті ядерної реакції між атомами Дейтерію та Молібдену – 96 (в процесі реакції утворюються нейтрони). Починаючи з 1828 року, багато вчених заявляли про відкриття **X**, і навіть намагалися дати йому ім'я цілих 11 разів!!! Напишіть ядерну реакцію синтезу цього елемента та знайдіть формулу його оксиду, якщо він містить 36,6 % Оксигену.

2. В 1861 році англійський фізик і хімік **Вільям Крукс**, проводячи спектральний аналіз відходів сульфатного виробництва, знайшов в спектрі нову лінію зеленого кольору, яка не могла належати ні одному з відомих хімічних елементів на той час.

Новий метал отримав назву, яка в перекладі з грецької означає "молода зелена гілка". У тому ж році французький хімік **Клод Огюст Лямі** отримав і сам метал, який виявився речовиною білого кольору з блакитним відтінком, схожим на свинець, але був ще більш м'яким; на повітрі цей метал швидко окиснюється і темніє, утворюючи оксид чорного кольору складу Me_2O , який, розчиняючись у воді, утворює гідроксид складу MeOH . Вода на метал не діє за нормальних умов, сульфатна та нітратна кислоти легко з ним реагують, а хлоридна кислота утворює на його поверхні малорозчинний хлорид. Визначіть метал, якщо відомо, що при взаємодії 10 г його оксиду з водою утворюється 10,425 г гідроксиду. Напишіть рівняння реакції цього металу з розведеною нітратною кислотою.

РОЗДІЛ 3. Диференціація хімічних наук

§7. Зародження і становлення органічної хімії

Основні короткі відомості про історію становлення органічної хімії

1. Витоки органічної хімії.
2. Розвиток та крах теорії віталізму.
3. Відкриття ізомерів і радикалів.
4. Теорія радикалів.
5. Теорія заміщення Дюма і теорія ядер (типів).
6. Теорія валентності.
7. Структурні формули органічних речовин.
8. Теорія хімічної будови О.М. Бутлерова.
9. Просторові структурні формули органічних молекул.

Найкраще мистецтво в світі –
це мистецтво органічного синтезу!
Роберт Вудворд

Витоки органічної хімії.

Виникнення органічної хімії як однієї з основних хімічних наук зі своїми специфічними об'єктами і методами дослідження відноситься до першої чверті XIX в.

З давніх-давен людині були добре відомі багато органічних речовини, що застосовувалися в повсякденному житті і в промисловому виробництві. Як тільки людина навчилася добувати і підтримувати вогонь, їй довелося розділяти всі речовини на горючі і негорючі. У ті часи паливом служили дерево, жир або масло. Створилися стійкі уявлення про те, що горючі матеріали обов'язково мають рослинне або тваринне походження. З іншого боку, вода, пісок, різні гірські породи і більшість речовин мінерального походження не підтримували горіння.

У натуралістів існувала переконаність, що між здатністю до горіння і приналежністю до живого або неживого світу простежується певний зв'язок. При цьому спостерігалися деякі винятки: кам'яне вугілля і сірка, будучи продуктами неживої природи, входили в групу горючих речовин.

До початку XVIII в. вченим стало зрозуміло, що переважна більшість речовин неживої природи може витримувати вплив високих температур, не втрачаючи при цьому своїх властивостей. Речовини живої або колись живої матерії подібної термообробки не витримували.

У XVIII ст. органічна хімія перебувала ще в зародковому стані. Проте, ще в XVII ст. **Ніколя Лемері** в "**Курсі хімії**" розділив речовини на "три царства" - мінерального, рослинного і тваринного походження.

Назва "**органічні речовини**" вперше, мабуть, зустрічається у **М.В. Ломоносова** в його книзі "**Введення в справжню фізичну хімію**". До кінця XVIII ст. **А.Л. Лавуазьє** визнав, що до складу речовин органічного походження входять вуглець, водень, кисень, азот, сірка і фосфор.

В 1807 р. **Й.Я. Берцеліус** запропонував типові для живої природи речовини називати органічними. Речовини, які характерні для неживої природи, він назвав неорганічними. На напрям досліджень в області органічної хімії безпосередній вплив надали два основних стимули.

По-перше, вирішальний вплив на розвиток нової галузі хімії надали практичні потреби людини. На початку XIX ст. стало очевидно, що ця область науки може постачати для потреб виробництва і побутових потреб безліч цінних продуктів. Текстильна промисловість (отримання природних і штучних барвників), фармакологія і медицина (дослідження лікувальних властивостей природних речовин і потреба в нових лікарських препаратах) стимулювали розширення і поглиблення наукових

досліджень в органічній хімії.

По-друге, накопичений в галузі органічної хімії експериментальний матеріал вимагав осмислення, узагальнення і систематизації. Особливості складу і властивостей органічних сполук викликали необхідність їх зіставлення з краще вивченими мінеральними речовинами. Для успішного становлення фундаментальних основ хімії потрібне виявлення відмінностей і подібностей між цими двома групами сполук. Таким чином, другим найважливішим фактором розширення та поглиблення теоретичних і експериментальних досліджень органічних сполук виявилися потреби самої науки. Логічний шлях подальшого розвитку органічної хімії визначається взаємодією двох цих чинників, вплив яких простежується в роботах більшості видатних хіміків – органіків XIX ст.

Розвиток та крах теорії віталізму.

На початку XIX ст. в органічній хімії розгорнулася запекла теоретична боротьба, що досягла апогею в середині століття. Попередні роки були епохою панування теорії **віталізму** - вчення, згідно з яким для перетворення неорганічних речовин в органічні потрібний особливий вплив "життєвих сил" (*vis vitalis*), яке може проявитися тільки всередині живих тканин. Перші сумніви в абсолютній правоті прихильників віталізму виникли в 1828 р. після опублікування результатів робіт німецького хіміка **Фрідріха Велера**. Німецький вчений з неорганічних речовин (ціанат амонію, який беззастережно зараховували до неорганічних речовин) вдалося синтезувати кристали сечовини - продукту життєдіяльності людини і тварин. Будучи учнем Й.Я. Берцеліуса, Ф. Велер повідомив про це відкриття свого вчителя. В наслідок наукової дискусії Берцеліус погодився, що поділ усіх речовин на органічні і неорганічні виявився не таким чітким, як йому раніше здавалося. Перетворення ціанату амонію NH_4NCO в сечовину $\text{NH}_2\text{-CO-NH}_2$ відбувається за рахунок перегрупування атомів, оскільки якісний і кількісний склад цих речовин збігається.

Це відкриття послабило позиції прихильників теорії віталізму і надихнуло хіміків на нові спроби синтезу органічних речовин з неорганічних.

В 1845 році учень Ф. Велера **Адольф Вільгельм Герман Кольбе** успішно здійснив синтез оцтової кислоти, яку безсумнівно вважали органічною речовиною. Більш того, Кольбе отримав її методом повного синтезу, який дозволяв простежити весь ланцюжок хімічних перетворень - від вихідних елементів (вуглецю, водню і кисню) до кінцевого продукту – оцтової кислоти.

Починаючи з 50-х років XIX ст. французький хімік **П'єр Ежен Марселен Бертло** проводив систематичну розробку синтезу багатьох органічних сполук і домогся в цьому напрямку великих успіхів. Йому вдалося отримати метиловий і етиловий спирти, метан, бензол і ацетилен. Бертло завдав істотного удару по теорії віталізму і «порушив кордон» між органічною та неорганічною хімією. Велер, Кольбе і Бертло синтезували відносно прості за своїм складом органічні сполуки, тоді як для живої природи характерні значно більш складні сполуки типу крохмалю, жирів або білків. Але експериментально вивчати такі речовини в XIX в. було зовсім непросто. Найчастіше досить серйозну проблему представляло собою навіть визначення елементного складу цих речовин. Спочатку про ці складні солуки було відомо лише те, що їх можна розділити на порівняно більш прості органічні речовини.

Багато зусиль для вирішення цієї проблеми присвятив російський хімік **Костянтин Сигизмундович Кірхгоф**. Нагріваючи крохмаль з кислотою, йому вдалося перетворити цей вуглевод в більш просту речовину - глюкозу.

В 1820 р. за подібною методикою французький хімік **Анрі Браконно** зміг виділити гліцин - азотвмісну кислоту, що відноситься до групи сполук, які згодом Берцеліусом були названі **амінокислотами**. Гліцин був першою (і найпростішою за складом) з двадцяти амінокислот, виділених вже в наступному столітті з природних білків.

Крохмаль і білки є високомолекулярними органічними сполуками з дуже великою молекулярною масою. У XIX ст. вчені практично не мали можливості розпізнати їх будову, а отже, синтезувати ці речовини в лабораторних умовах. А ось з іншими природними сполуками -жирами, справа йшла трохи інакше. Уже в першій третині XIX ст. було відомо, що при кислотному гідролізі жирів можна виділити жирні кислоти і трьохатомний спирт гліцерин.

В 1854 р. М. Бертло, нагріваючи гліцерин зі стеариноювою кислотою, здійснив синтез тристеарина. Ця сполука виявилася ідентичною тристеарину, отриманого з природних жирів, і була самим складним з синтезованих на той час аналогів природних продуктів. Наступним кроком в експериментах М. Бертло був синтез сполуки гліцерину з кислотами, аналогічними жирним кислотам, але виділеними з продуктів неживої природи. В результаті він отримав речовини, з одного боку, за властивостями схожі на природні жири, а з іншого боку, що відрізняються від них за своїм складом.

Ці дослідження вченого показали, що хімік здатний не тільки синтезувати аналоги природних продуктів, але і з речовин неживої природи отримати сполуки, які за всіма своїми властивостями є органічними.

Саме цей напрям наукових досліджень визначив найбільші прийдешні досягнення органічної хімії кінця XIX - початку XX ст. Результати проведених досліджень створили все більш очевидним той факт, що відмінність між органічними і неорганічними речовинами обумовлені особливостями хімічної будови цих сполук.

В 1861 р. німецький хімік **Фрідріх Август Кекуле фон Страдонітц** прийшов до правильного висновку: він визначив органічну хімію як хімію солук Карбону. Це визначення отримало загальну підтримку. Правда, найпростіші із солук Карбону, такі як CO, CO₂ і солі вугільної кислоти (карбонати), скоріше варто вважати типовими неорганічними сполуками.

Відкриття ізомерів і радикалів.

До початку XIX ст. всім було ясно, що склад неорганічних сполук можна однозначно описати з позицій атомно-молекулярного вчення за допомогою емпіричних (встановлених експериментально) формул. Вчені були впевнені, що для кожної речовини характерна своя власна емпірична формула і що у двох різних сполук вона не може бути однаковою. На перших стадіях зародження і розвитку органічної хімії вельми актуальним завданням стало встановлення емпіричних формул сполук.

Ще в 80-х р.р. XVIII ст. **А.Л. Лавуазьє** намагався визначити відносний вміст Карбону і Гідрогену в органічних сполуках, спалюючи досліджувану речовину і зважуючи утворені продукти реакції: CO₂ і H₂O. Однак результати такого визначення не завжди були досить точними.

На початку XIX ст. **Жозеф Луї Гей-Люссак** і його колега **Луї Жак Тенар** удосконалили створений метод шляхом попереднього змішування аналізованої речовини з окислювачем, наприклад, KClO₃. В цьому випадку горіння досліджуваної речовини відбувалося швидше і повніше. До 1811 р. Гей-Люссак і Тенар представили емпіричні формули близько 20 органічних сполук, в тому числі і деяких простих цукрів.

Німецький хімік **Юстус Лібіх** зробив подальше удосконалення методики аналізу і зміг отримати досить достовірні емпіричні формули. Два роки по тому французький хімік **Жан Батист Андре Дюма** модифікував метод Лібіха таким чином, що стало можливим визначати вміст Нітрогену в органічних речовинах. Однак, в процесі своїх досліджень ці основоположники органічного аналізу отримали такі результати, які похитнули віру в непорушність емпіричної формули. Аналізуючи результати вивчення фульмінатів Ag (солей гримучої кислоти) Лібіхом, якими вчений цікавився ще з дитинства і через вибухи яких хімік випадково підірвав пансіонат (в якому в дитинстві

перебував) та Гьотингемський університет (в якому навчався), а Велером - ціанатів Ag (солей ціанової кислоти) Гей-Люссак виявив, що емпіричні формули цих солук ідентичні, а хімічні властивості їх суттєво різняться.

В 1830 р. Берцеліус встановив, що дві органічні кислоти - виноградна і винна, - хоча і мають різні властивості, описуються однією і тією ж емпіричною формулою $C_4H_6O_6$. Оскільки співвідношення елементів в цих різних солуках було однаковим, Берцеліус запропонував називати такі сполуки **ізомерами** (від грецьких слів ισος - рівний, однаковий і μερος - частина, частка.).

В наступні роки число виявлених ізомерів швидко росло. Ставало зрозуміло, що якщо дві молекули мають однаковий якісний і кількісний склад і при цьому володіють різними властивостями, значить причина цього корениться в способі розташування атомів в самій молекулі. У складних органічних молекулах при великому числі атомів кількість можливих варіантів взаємного розташування зростає настільки, що хімікам першої половини XIX ст. задача приведення у відповідність будови сполуки і її властивостей здавалася не можливою для розв'язання. Навіть питання про будову виноградної і винної кислот, молекули яких містять всього шістнадцять атомів, для вчених того часу було надзвичайно складним.

Серед хіміків - органіків того часу стали поширюватися настрої щоб відмовитися від спроб розшифрувати будову помилкових органічних молекул. Однак, результати досліджень Гей-Люссака і Тенара вселили надію на можливість перемоги в цій складній науковій головоломці.

Вивчаючи ціановодень HCN, ці вчені зуміли довести, що в його склад не входить Оксиген. Однак його водний розчин має властивості кислоти. Вони також встановили, що ціанідна група - CN може переходити від сполук до сполук, не розкладаючись на окремі атоми C і N.

Група з двох і більше атомів, здатна без зміни переходити з однієї молекули в іншу, була названа **радикалом** (від латинського слова radical - корінь). Група - CN відноситься до числа найпростіших радикалів. Незабаром після цього були виявлені і інші радикали, склад яких був набагато складнішим. В спільній роботі Велер і Лібіх зуміли довести, що до числа радикалів можна віднести бензоїльну групу - C_7H_5O . У вчених з'явилася надія, що таємницю будови великих органічних молекул можна відкрити. Для цього потрібно лише встановити будову певного числа різних радикалів.

Теорія радикалів.



Рис. 50. Ж.Б. Дюма

Жан Батист Андре Дюма (1800 – 1884) народився в Алесі. В юності навчався аптекарській справі; в 1816 році він відправився в Женеву, де працював помічником фармацевта. Дюма навчався в Женевському університеті. Його дипломна робота, присвячена фізіології нервової системи, привернула до себе увагу. Після закінчення університету в 1823 році вчений переїхав в Париж і став асистентом Жака Луї Тенара; до 1840 року працював в Політехнічній школі.

Будучи зятем минералога Олександра Броньяра, вчений працював разом з його сином над працею "**Хроніка природничих наук**", випущеною ними в 1823 році. В 1822-1831 р.р. відомий хімік написав безліч статей для "Класичного словника природознавства".

В 1832 році Дюма був обраний в секцію хімії Академії наук. Потім він змінив Тенара на кафедрі Політехнічної школи і став професором в 1835 році. В 1838 році вчений став завідувачем кафедри органічної хімії на Медичному факультеті. Одним з його учнів тут був *Луї Пастер*, на якого Дюма справив велике враження. В 1840 він отримав звання іноземного члена Лондонського королівського товариства.

Крім хімії, Дюма займався також державною діяльністю. В 1850-1851 він був міністром сільського господарства і торгівлі в уряді Луї-Наполеона Бонапарта. При коронації імператора став сенатором. В 1853 р. Дюма був призначений генерал-інспектором вищої освіти і науки та займався цим аж до 1868 року, коли його змінив Балар. Перебуваючи на цій посаді, Дюма був членом імператорської ради з народної освіти, в якій він був віце-президентом до 1864 року. Потім Дюма став віце-президентом Вищої ради щодо підвищення кваліфікації в галузі вищої спеціальної освіти.

В 1828 р. Жан Батист Дюма на підставі ретельного вивчення складу спирту, ефіру та хлористого етилу висловив теорію, згідно з якою маслородний газ (етилен C_2H_4) являє собою основу, здатну утворювати різні солеподібні речовини, подібно аміаку. Після деяких коливань Берцеліус прийняв цю ідею, назвавши C_2H_4 -етеріном. Він вважав його радикалом і висловив за допомогою етеріна формули деяких відомих в той час органічних сполук. Дослідження Велера і Лібіха властивостей радикала бензойної кислоти (бензоїлу) наочно підтверджували висловлену раніше ідею, що радикали являють собою реальні складові частини органічних сполук, подібно атомам в неорганічних речовинах. Проте, вже в середині 30-х років XIX ст. багато хіміків відчували недоліки теорії радикалів. Незважаючи на численні спроби, виділити переважну більшість радикалів в вільному стані так і не вдалося. В результаті розуміння радикалів як "атомів органічних сполук" багатьом хімікам стало здаватися сумнівним. Виникла гостра необхідність знайти нові шляхи для вирішення проблеми будови органічних речовин.

Теорія заміщення Дюма і теорія ядер (типів).

В 1832 р. Ф. Велер і Ю. Лібіх дією хлору на бензальдегід отримали хлористий бензоїл. Один з учнів Ж. Б. Дюма **Огюст Лоран** в 1836 році здійснив заміщення декількох атомів Н в молекулі C_2H_5OH на атоми хлору, при цьому значної зміни властивостей таке заміщення не викликало. Експериментатори підкреслювали, що при дії на органічні речовини галогенів їх атоми стають на місце атомів Н. При хлоруванні насичених вуглеводнів і їх похідних Дюма встановив, що Гідрогени заміщується в еквівалентній кількості на Хлори або вдвічі меншій кількості на Оксигени. Дюма зазначив правильні об'ємні співвідношення при заміщенні. Його виступ з теорією заміщення викликав дискусію. Проти ідей Дюма висловився Берцеліус, а в їх підтримку - ціла група молодих французьких хіміків, найбільш помітними серед яких були Огюст Лоран і Шарль Жерар.

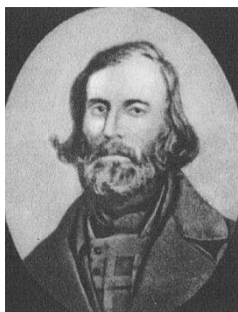


Рис. 51. Огюст Лоран

Огюст Лоран (1807 – 1853) народився у Франції. В 1830 році закінчив Паризький гірський інститут і одержав диплом інженера, після чого в 1830-1831 р.р. працював асистентом Ж. Б. Дюма в Центральній школі мистецтв і ремесел в Парижі. В 1832 р. Лоран перейшов в лабораторію Севрського фарфорового заводу, де, незважаючи на практичну відсутність обладнання для робіт з органічної хімії, на присутніх справив враження своїми видатними дослідженнями.

В 1837 р. вчений отримав ступінь доктора філософії, а в наступному році став професором хімії університету в Бордо.

Проте, не маючи можливості зайняти будь-яку викладацьку посаду і залишившись без засобів існування, змушений був влаштуватися пробіром при Монетному дворі. Незважаючи на важке матеріальне становище, Лоран все ж продовжував займатися наукою.

Він помер в повній бідності, від туберкульозу, коли йому не виповнилося ще й 46 років.

Лоран не тільки повністю підтвердив правила заміщення Дюма, але й істотно доповнив їх власними узагальненнями. В число реагентів, здатних замінити Н була

включена азотна кислота (нітрогрупа $-\text{NO}_2$). Нові погляди зазнали нападу не тільки з боку Берцеліуса, який побачив в теорії заміщення загрозу своєму електрохімічному вченню, але також з і боку Лібіха і, що дивно, самого Дюма, який відступив від своїх переконань через побоювання втратити прихильність Берцеліуса.

Вчений був на той час ще молодим хіміком і не мав такого наукового авторитету, яким володіли його імениті критики. Через гнів Берцеліуса перед ним були закриті двері найбільш відомих лабораторій. Однак Лоран був наполегливим дослідником і, незважаючи на моральні та матеріальні труднощі, продовжував роботу. Він шукав докази того, що радикали не є "неруйнуючими і недоступними" і що не слід переоцінювати вплив позитивних і негативних зарядів. Роки поневірянь і важкої роботи підірвали здоров'я молодого вченого: він захворів на туберкульоз. Але, незважаючи на хворобу, він продовжував дослідження, узагальнення результатів яких дозволили йому створити свою власну теорію будови органічних сполук.

Лоран вважав, що органічна молекула має ядро (яке може являти собою як групу атомів, так і одиночний атом), до якого приєднуються різні радикали. Органічні молекули можна згрупувати в сімейства або типи (звідси теорія типів) за характером їх ядер. Теорію О. Лорана гаряче підтримував його співвітчизник **Ш.Ф. Жерар**. згодом вони стали близькими друзями. В своїй науковій діяльності вони практично невіддільні один від одного. На превеликий жаль, підірвані хворобою і бідністю, а також роками виснажливих наукових експериментів, життя цих талановитих вчених виявилися дуже короткими. Вони пішли з життя практично один за одним, ледь переступивши сорокарічний рубіж. Але в історії хімії вони назавжди залишаться символом вражаючої душевної стійкості, самоотвердженного, безкорисливого служіння науці та справжньої чоловічої дружби.

Теорія ядер Лорана мала практичне значення. Автор закріпив основу класифікації органічних сполук за структурою їх ядер. Молекули сполук одного типу повинні мати подібні ядра. Відповідно до цієї теорії в молекулі H_2O до центрального атома Оксигену - ядра приєднані два атоми Н. При заміщенні одного з атомів Н на метильну - CH_3 або етильну - C_2H_5 групу утворюються відповідно метиловий CH_3OH або етиловий $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ спирти.

Внаслідок такого заміщення можна отримати велику кількість різних спиртів, які мають багато спільного у властивостях не тільки між собою, а й проявляють певну схожість з водою.

На початку 50-х р.р. XIX ст. англійський хімік **Олександр Вільям Вільямсон** показав, що прості ефіри також можна побудувати по "типу води". Вчений незаперечно довів, що не тільки прості ефіри, а й складні ефіри і кислоти належать до типу води. Надалі він відніс до цього типу і багатоосновні кислоти, зарахувавши їх до "подвоєного" і "потроєного" типів води.

Приблизно в той же час хімічні властивості амінів ($\text{NH}_2\text{-CH}_3$; $\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-NH}_2$; $\text{NH}_2\text{-C}_2\text{H}_5$ та ін.) вивчав видатний французький хімік **Шарль Адольф Вюрц**. Вюрц показав, що у сполук цього типу ядром може служити атом Нітрогену. У аміаку атом N сполучений з трьома атомами Н, а в амінах один або кілька атомів Н заміщені на органічні радикали. Теорія типів завойовувала все більшу популярність, оскільки з її допомогою можна було систематизувати органічні сполуки, список яких стрімко збільшувався. І, тим не менш, ця теорія залишалася незавершеною. Як і раніше передбачалося, що органічні сполуки побудовані з радикалів.

При цьому питання про молекулярну структуру обходили стороною. Відповісти на неї можна було, тільки з'ясувавши, як в дійсності розташовуються атоми в самих радикалах.

Теорія валентності.

В теорії типів були вельми сильні принципові супротивники. До них слід віднести, перш за все, німецького хіміка **Германа Кольбе** і англійця **Едуарда**

Франкленда. Ці вчені продовжували спроби отримати радикали у вільному стані.

З цією метою Франкленд скористався реакцією взаємодії між йодистим етиленом C_2H_5I і Zn : $2 C_2H_5I + Zn = C_4H_{10} + ZnI_2$. Вивчаючи цю реакцію більш детально, він виявив речовину $C_2H_5-Zn-C_2H_5$, яка викликала у хіміків підвищений інтерес. Вчений одним з перших зацікавився металоорганічними сполуками, в яких органічні радикали приєднані безпосередньо до атомів металу, наприклад, цинку. Відкриття диетилцинку, згодом зіграло велику роль в синтетичній хімії і принесло Франкленду шану і славу.

В 1852 р. Е. Франкленд висунув теорію, яка пізніше стала відома як **вчення про валентності** (від латинського *valentia* - сила), згідно з якою кожен атом має певну здатність до насичення (або валентність), що вже розглядалось нами раніше. Перш за все, з введенням поняття валентність вдалося з'ясувати відмінність між атомною масою і еквівалентною масою елементів. Було встановлено, що еквівалентна маса Гідрогену ЕМ (H) = 1; Оксигену ЕМ (O) = 8; Хлору ЕМ (Cl) = 35,5; Нітрогену ЕМ (N) = 14/3. Отже, еквівалентна маса елемента дорівнює його атомній масі, поділеній на його валентність. Теорія валентності була в подальшому вдосконалена **Кекуле**, який слідував по шляху, вказаному Е. Франклендом.

Багато авторів встановлення факту чотирьохвалентності Карбону приписують саме Кекуле. Теорія валентності відіграла важливу роль у розвитку фундаментальних основ хімічної науки взагалі і органічної хімії зокрема.

Структурні формули органічних речовин.

В 1858 р. шотландський хімік **Арчибальд Скотт Купер**, який в цей час працював в лабораторії Вюрца, запропонував зображати сили, які сполучають атоми (або зв'язки, як їх прийнято називати зараз), у вигляді рисок. Австрійський професор **Йозеф Лошмідт** вперше допустив можливість присутності між сусідніми атомами **С кратних зв'язків** (подвійних або потрійних). Більшість хіміків – органіків з натхненням прийняли структурні формули. Запис формули сполуки з показом його хімічної структури повсюдно була визнана необхідною. Щоб цілком довести справедливості системи структурних формул, було необхідно визначити таку формулу для бензолу C_6H_6 , відкритого ще в 1825 р. М. Фарадеем (вчений вважав, що добув фенол, але помилився; проте в честь Фарадея радикал $-C_6H_5$ прийнято називати фенільним). Зробити це вдалося далеко не відразу. Вирішення цього завдання виявилось під силу тільки Кекуле.

Подробиці відкриття цієї формули обросли безліччю легенд, про які ми вже гадували. До цього підструктурні формули будувалися тільки у вигляді лінійних ланцюгів атомів С, але тепер Кекуле ввів поняття кільця або ядра атомів Карбону. В 1869 р. **Альберт Ладенб** остаточно довів, що всі шість атомів С в бензольному кільці абсолютно рівноцінні.

Теорія хімічної будови О.М. Бутлерова.

О.М. Бутлеров - один з чудових російських вчених.
Він російський і за освітою, і за оригінальністю праць.

Д.І. Менделєєв



Рис. 52. О.М. Бутлеров

Олександр Михайлович Бутлеров (1828 – 1886) народився 15 вересня 1828 року в Чистополі в селі Бутлерово (названо на честь батька – героя війни), в сім'ї відставного офіцера. Його мати померла на 11-й день після народження єдиного сина.

Дитинство провів спочатку в Бутлеровці – маєтку батька, а потім переїхав до Казані. Першу свою освіту він здобув в приватному пансіонаті Топорніна – вчителя французької мови 1 – ї Казанської гімназії, де з ним і стався цей курйозний випадок, описаний нище.

З дитинства Сашко захоплювався музикою і добре грав на роялі. Ще будучи вихованцем пансіону почав цікавитися хімією: разом з друзями намагався виготовити то порох, то «бенгальські вогні». Одного разу, коли один з дослідів привів до сильного вибуху, вихователь суворо покарав його. Три дні поспіль Сашу виводили і ставили в кут на весь час поки інші обідали. На шию йому вішали чорну дошку, на якій крейдою було написано «Великий хімік». Ці слова виявилися пророчими...

Навчаючись в Казанському Університеті на факультеті природознавства, вчений більше захоплювався метеликами і жуками, ніж хімією. Інтерес до хімії пробудив у ньому відомий хімік – органік, професор **Зінін Микола Миколайович**. До речі, професор Зінін полюбляв на лекціях лупцювати ледачих студентів. Правило було таким: якщо професор б'є, то можна дати здачі взамін. Але мало хто наважувався, адже якщо Зінін стискав своїми сильними обіймами супротивника, то мало не здавалося. Ще професор міг легко розгинати підкови голими руками.

Будучи ще студентом третього курсу, Олександр Михайловичу вдалося отримати в лабораторії кілька невідомих досі хімічних органічних сполук.

16 вересня 1861 р. на чергових зборах Товариства німецьких естет-вихованців і лікарів в Шпесері вчений виступив зі своєю знаменитою доповіддю "Про хімічну будову речовин", яка була опублікована спочатку німецькою, а потім і російською мовами. Центральним місцем в розробленій ним теорії було вчення про валентність.

Бутлерову належить заслуга у визначенні фундаментальності поняття хімічної будови речовин. На основі цих найважливіших уявлень російський вчений сформулював і інші принципів положення своєї теорії, в тому числі ідею про взаємний зв'язок і взаємовплив атомів всередині молекули. У своїй теорії видатний хімік вказав шляхи і сформулював основні правила встановлення хімічної будови молекул. Він підкреслив, що одиницею сили спорідненості атомів (одиничної валентності) в молекулі необхідно вважати зв'язок атомів Гідрогену. Однією з найважливіших проблем, пов'язаних з розвитком теорії хімічної будови, була проблема ізомерії. О.М. Бутлеров це чітко розумів і незабаром після своєї доповіді перед німецькими дослідниками природи провів серію експериментів з метою пояснити причину цього явища. У декількох роботах, що вийшли в 1863 - 1865 р.р., вчений розглянув кілька різних випадків ізомерії.

Виключно велику роль для утвердження теорії хімічної будови зіграв синтез О.М. Бутлеровим третинного ізобутилового спирту, існування якого раніше було передбачено теоретично.

Вся багатогранність таланту О.М. Бутлерова як вченого і педагога проявилася в виданій ним в 1866 р. книзі "Вступ до повного вивчення органічної хімії", яка виявилася справжнім "символом віри" теорії хімічної будови. Ця книга отримала високу оцінку не тільки в Росії, але й за кордоном і була перекладена, наприклад, на німецьку мову. Послідовне застосування вчення російського хіміка принесло багатющі плоди і сприяло швидкому прогресу органічної хімії. Однак як показало життя, фундаментальне значення вчення про хімічну будову не обмежується її застосуванням тільки для органічних речовин. Необхідно підкреслити, що в сучасній інтерпретації вчення про хімічну будову О.М. Бутлерова не є монополією виключно органічної хімії, а, в цілому, має значення для фундаментальної загальнохімічної теорії.

В 1880 році вченого було обрано президентом Російського фізико-хімічного товариства.

Помер Олександр Михайлович 5 серпня 1886 року від тромбозу (тромб закупорив кровоносну судину вченого).

Деякі цікаві факти про О.М. Бутлерова.

1. Саме Бутлерову належить спосіб одержання етилового спирту шляхом спиртового бродіння цукру (нині стандартний спосіб виготовлення браги для самогоніваріння в народі).

2. О.М. Бутлеров створив відому Казанську школу хіміків – органіків, учнями якої були відомі хіміки – органіки, які ще за життя вчителя стали професорами хімії Петербурзького університету – **Володимир Васильович Марковніков** (1838 – 1904) і тезка свого вчителя **Олександр Михайлович Зайцев** (1841 – 1911). Цікаво те, що їх прізвища не тільки пов'язані «харчовим ланцюжком» (тобто, є протилежними), а й правила, які вони внесли в науку є протилежними: правило Марковнікова стосується приєднання до ненасичених вуглеводнів галогеноводнів чи води з утворенням відповідних галогенопохідних чи спиртів, а правило Зайцева стосується відщеплення тієї ж води чи галогеноводнів від спиртів та галогенопохідних.

3. З кінця 1860-х років Бутлеров виявляв інтерес до спиритизму. Цікаво, що Менделєєв і Бутлеров очолювали на той час кафедри неорганічної та органічної хімії відповідно в Петербурзькому університеті. Бутлеров був обраний в академію відразу, а Менделєєву двічі відмовляли, незважаючи на всі зусилля Бутлерова. Друзями Менделєєв і Бутлеров не були. Перше їх зіткнення сталося через захоплення Олександра Михайловича спиритизмом. Зі спиритизмом вчений познайомився в сім'ї Аксакових в 1858 році в їх підмосковному маєтку Абрамцево. Потім в Німці видатний хімік і його дружина зустрілися з англійським медіумом Юмом, який згодом одружилися на своячениці Бутлерова. Олександр Михайлович активно пропагував спиритизм, чим і викликав обурення скептика та матеріаліста Менделєєва. В одній статті Менделєєв так і написав (маючи на увазі Бутлерова): «... Адже є й такі, які якщо в щось повірили, так повірять вже без остачі, всією своєю натурою».

4. В 1870-1880 р.р. Менделєєв виступив проти теорії хімічної будови, розробленої Бутлеровим. Особливо різко він сформулював своє ставлення до цієї теорії в третьому виданні підручника «Основи хімії» (1877 р.): «... Поняття структуристів не можуть бути прийняті за справжні». Виходило так, що студенти університету слухали курс неорганічної хімії у Менделєєва, де він заперечував теорію хімічної будови, а потім слухали курс органічної хімії у Бутлерова, в якому затверджувалася корисність цієї ж теорії. До речі, Дмитро Іванович виступав проти, свого часу також, теорії електролітичної дисоціації Арреніуса та творів графа Льва Толстого, зокрема, «Війни та миру». Проте, вже після 1880 року Менделєєв все ж припинив свої випади проти теорії хімічної будови.

5. Хімік-органік О.М. Бутлеров відмінно знав, що хоробрість і мужність безсилі перед хімічною небезпекою. Одного разу, зайшовши в лабораторію, він застав двох своїх асистентів. Стоячи біля витяжної шафи, вони нагрівали щось на полум'ї спиртівки. Один з них, кажучи Бутлерову: «Ось, отримуємо синільну кислоту», простягнув руку з колбою. Колба, вислизнувши з пальців, впала і розбилася. Професор, побачивши, що розлилася біля його ніг сильна отрута, кулею вилетів з лабораторії. Потім почув вслід сміх і вигуки асистентів: «Перше квітня! З першим квітня, професоре!"

6. Олександр Михайлович якось розповідав про свого викладача, професора Казанського університету – **Карла Карловича Клауса** – російського вченого німецького походження, відкривача Рутенію і того, який недосконало володів російською мовою, ось таку історію. Хімік Клаус з прибалтійським акцентом, працюючи зі студентами в лабораторії, завжди їх закликав до обережності в роботі. Традиційною була ось така його фраза: «Панове! Вибухи в лабораторії рідко бувають, але часто трапляються!». Ця фраза завжди смішила Бутлерова.

7. Олександр Михайлович Бутлеров володів величезною фізичною силою рук. Він легко підкидав пудові гирі багато разів кожною рукою і міг руками розігнути підкову. Ось історія з цього приводу. Якось Бутлеров прийшов у гості до одного свого знайомого, але господаря не було вдома. Вчений побачив кочергу, яка стояла біля каміна і, яка була виготовлена з товстого залізного дроту. Бутлеров взяв її в руки, зігнув буквою «Б» (перша літера свого прізвища) та залишив її на столі. Одержавши таку «візитку» господар будинку не сумнівався, хто до нього приходив.

8. Головне хобі вченого - бджільництво. Вулики стояли у нього будь – де і навіть в його кімнаті. Вони мали оригінальну конструкцію з прозорими стінками. Вчений написав книгу – керівництво для селян-бджолярів під назвою «**Бджола, її життя. Правила тлумачного бджільництва**». За це Бутлеров отримав золоту медаль і премію Імператорського Вільного економічного товариства.

9. Вчений вивів особливу породу російських троянд, які чимось нагадували шипшину. Троянди цвіли з ранньої весни до пізньої осені.

10. Олександр Михайлович Бутлеров не тільки регулярно пив чай, а й робив його своїми руками в Абхазії. В 1885 році, під час свого перебування на Кавказі, де вчений вивчав особливу породу кавказьких бджіл, Олександр Михайлович звернув увагу на зростаючі в Сухумі «чайні кущі». Він зібрав їх листя і провів дослід з приготування з цього листя чаю. Експеримент дав сприятливі результати. Питання про облаштування чайних плантацій на Кавказі захопило Бутлерова, він палко взявся за цю нову справу. Взимку 1885 року зробив повідомлення про свої чайні дослідження в Вільно-економічному товаристві в Петербурзі. Натхненна доповідь Бутлерова привернула увагу до питання про можливість розведення чаю в Росії не тільки членів товариства, а й підприємців. Утворилася комісія, під керівництвом видатного вченого для вивчення «чайного питання». Підприємці зверталися до нього за консультаціями щодо технології приготування чаю. Влітку 1886 року Бутлеров думав повністю присвятити себе «чайній справі», проте, так ці плани і не збулись через одержану вченим – хіміком травму (дістаючи книгу з верхньої полиці і не втримавши рівновагу на хиткому табуреті, вчений пошкодив собі ногу).

11. Відомий на той час науковий жарт, коли в якості прикладу розширення тіл при нагріванні і стисненні їх при охолодженні приводять, що влітку дні довгі, а взимку - короткі. Один раз Бутлеров поставив залік студенту за такий приклад. Студентом цим був **Володимир Іванович Вернадський** – майбутній відомий вчений (батько якого походив із запорозьких козаків), який ввів вчення про біосферу, засновник біогеохімії, академік і один із засновників та перший президент Академії наук України (1918).

12. Бутлеров був яскравим ініціатором в питанні вищої освіти для жінок і брав активну участь в організації Вищих жіночих курсів в 1878 році, створив хімічні лабораторії для цих курсів.

13. Зеленушка Бутлерова (*Callophrys butlerovi*) - денний метелик з сімейства голубінок, названий на честь великого хіміка - органіка. У Казанському музеї Федерального університету досі зберігається колекція метеликів вченого, яка була передана ВУЗу в 1881 році.

14. Вулиці Бутлерова є в Казані, Москві, Санкт-Петербурзі та Києві (в районі ВО «Хімволокно» - Дарницька промзона).

15. В 1970 році в честь О. М. Бутлерова названий кратер на Місяці.

Просторові структурні формули органічних молекул.

Згодом були виявлені речовини, які відрізнялися один від одного тільки оптичними властивостями. Одна з них обертає площину поляризації поляризованого світла за годинниковою стрілкою, а інша - проти. Результати проведених досліджень переконливо доводили, що оптична активність пов'язана з асиметрією. Використовувані структурні формули органічних сполук були двовимірними: вони дозволяли отримати тільки площинне зображення будови молекул. Використання таких формул не пояснює причин оптичної активності органічних молекул. Перехід від площинного зображення хімічної будови сполук до просторового був воістину революційним кроком на шляху подальшого розвитку вчення О.М. Бутлерова.



Рис. 53. Вант - Гофф

Нідерландський хімік **Якоб Генрік Вант-Гофф** (1852 – 1911)

народився в Роттердамі і був третьою дитиною із семи, що народились в родині лікаря Якоба Генріка Вант-Гоффа – старшого.

У біографії першого нобелівського лауреата з хімії, Якоба Вант-Гоффа, є одна деталь, властива юності багатьох вчених, - конфлікт з батьками. Тато хотів, щоб син отримав грошову професію, а син обожнював поезію, філософію і хімію. Але ні захоплення філософією, ні численні хімічні досліди в будинку, ні кумир Байрон, на якого Вант-Гофф буквально молився, не допомогли, і за велінням батька в 1869 році Якоб Хендрік Вант-Гофф-молодший відправився вивчати інженерну справу. Звісно ж, на сьогоднішній час вибрана батьком професія для сина є престижною, адже Політехнічна школа в Делфті перетворилася на потужний Делфтський технічний університет, проте тоді це було більше схоже на звичайне ПТУ. На те, щоб пройти всі курси та здати іспит, у нього було три роки. Майбутній вчений впорався за два, здавши іспит і отримавши спеціальність хімічного технолога (черговий сюрприз для батька!).

Мабуть, тут батьки вже остаточно здалися і Вант-Гофф відправився в Лейденський університет, на природничо-математичний факультет, попрацювавши трохи на цукровому заводі незадовго до вступу. Проте, він вельми швидко зрозумів, що чиста математика (при всій його любові до обчислень) «не його», а хімія «не все ж відпускає». А тому майбутній вчений відправився вчитися хімії до Бонни, причому під керівництвом не аби кого, а самого Фрідріха Кекуле.

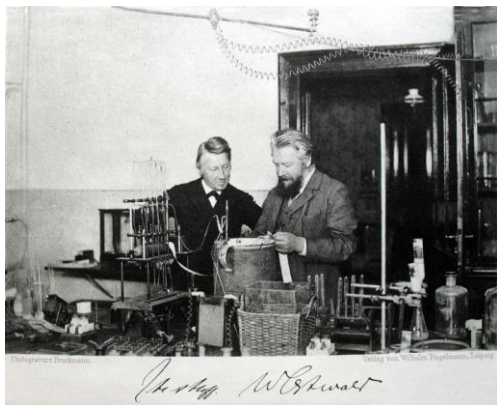


Рис. 54. Вант – Гофф і Оствальд в лабораторії

Для нас важливо те, що Кекуле був автором вчення про чотирьохвалентність вуглецю. Тобто з самого початку свого шляху в професійній хімії Вант-Гофф виявився в епіцентрі зароджується органічної хімії, яка вже мала велику кількість проблем, що накопичилися і які потребують вирішення.

Через два роки, в 1874 році, після початку своєї наукової і навчальної кар'єри в хімії Вант-Гофф публікує статтю під назвою **«Спроба поширити в простір існуючі структурні хімічні формули. З приміткою у цій справі між оптичною активністю і хімічним складом**

органічних сполук». На 11 сторінках вчений публікує геніальний здогад: атом вуглецю являє собою тетраедр. Сам атом знаходиться в центрі цієї об'ємної фігури, а чотири зв'язки, які він утворює, спрямовані до його вершин. Таким чином, якщо у вуглецю є чотири різних замісника, то дзеркальне відображення такої молекули буде іншою молекулою і відображення будуть несумісні в просторі, як рукавички на праву і ліву руки.

Відомий критик нових теорій, видатний хімік **Герман Кольбе** писав про теорію Вант – Гоффа таке: «Йому (Вант – Гоффу) вочевидь не подобаються ретельні хімічні дослідження. Він вирішив за приємніше сісти на Пегаса (якого напевно взяв у тимчасове користування в ветеринарному училищі) і розповісти світові, що побачив з хімічного Парнасу в своєму сміливому польоті про розташування атомів у просторі. Справжніх дослідників вражає, як майже невідомі хіміки беруться так впевнено розмірковувати про найважливішу проблему хімії – питання про просторове розташування атомів, яке, здається, ніколи не буде вирішено.»

Так почалася наукова біографія Вант-Гоффа. Проте просто не було. Доводилося заробляти репетиторством, давати приватні уроки і шукати собі місце в академічних установах і в 1876 році воно знайшлося. Спочатку їм стала Королівська ветеринарна Школа в Утрехті, а потім нарешті Вант-Гофф став професором Університету Амстердама.

Вченому довелося чекати шість років (1880), щоб його теорію визнали дуже

впливові вчені – Йоганн Вісліценус і Віктор Мейєр. І саме з цього моменту почалася сучасна стереохімія. Проте в цей час Вант-Гофф вже пішов з органіки і зайнявся тим, куди серйозні вчені поки що і не потикалися, – вивченням швидкості хімічних реакцій.

На відміну від більшості хіміків свого часу Вант-Гофф мав ґрунтовну математичну підготовку. Вона стала в нагоді вченому, коли він взявся за складну задачу вивчення швидкості реакцій і умов, що впливають на хімічну рівновагу. В результаті проведеної роботи вчений в залежності від числа молекул, що беруть участь в реакції, класифікував хімічні реакції як мономолекулярні, бімолекулярні і багато молекулярні, а також визначив порядок хімічної реакції для багатьох сполук. Після настання хімічної рівноваги в системі з однаковою швидкістю протікають і прямі, і зворотні реакції без яких би то не було кінцевих перетворень. Якщо в такій системі збільшується тиск (змінюються концентрація її компонентів), точка рівноваги зміщується таким чином, щоб тиск зменшився. Цей принцип був сформульований в 1884 р. французьким хіміком Анрі Луї Ле Шательє. У тому ж році Вант-Гофф застосував принципи термодинаміки при формулюванні принципу рухомої рівноваги, що виникає в результаті зміни температури. Тоді ж він ввів загальноприйняте сьогодні позначення оборотності реакції двома стрілками, спрямованими в протилежні сторони. Результати своїх досліджень Вант-Гофф виклав в «**Нарисах з хімічної динаміки**», опублікованих в 1884 році.

З 1896 року вчений переїхав до Берліну і знову поміняв область своєї роботи, наблизившись вже до геології, де він вивчав океанічні відкладення в Штатфурте; а при вивченні палеозойських порід, перейшов в нову область науки – в біохімію. Вант – Гофф був одним з перших хіміків, які зайнялися вивченням ферментів та кінетики їх роботи.

Настало ХХ століття і нобелівський комітет почав робити свій перший вибір. Номінацій на першу премію з хімії було 20, а 11 з них належало Вант-Гоффу. Тому вибір переможця так само, як і в номінації з фізики, був очевидний. Правда, з «невдах» 1901 року були **Еміль Фішер, Сванте Арреніус і Анрі Муассан**, які також в наступні п'ять років встигли отримати свої премії. Сам же Вант-Гофф 16 разів пропонував свої кандидатури нобелівському комітету, і не тільки з хімії (до речі, дуже часто – вдалі). Серед запропонованих кандидатур були – **Арреніус, Релей, Рамзай, Планк, Ленард** – всі вони були номіновані Вант-Гоффом (правда, не всі отримали премію саме з його номінації). Шкода, що ні в 1905, ні в 1906 році комітет не послухав першого лауреата і не присудив премії Дмитру Менделєєву. Це було б гідним завершенням життя Вант-Гоффа, який помер в 1911 році від туберкульозу. На жаль, ефективного засобу боротьби з сухотами тоді ще не існувало.

Просторова тетраедрична структура, запропонована Вант-Гоффом, є симетричною. Симетрія може порушитися лише в тому випадку, коли всіма чотирма зв'язками атом вуглецю сполучений з різними атомами або групами атомів. В цьому випадку приєднання може відбуватися двома різними способами, а отримані фігури будуть являти собою дзеркальні відображення один одного. Так виникає той самий вид асиметрії, який виявив французький хімік **Луї Пастер** (1822 – 1895) в молекулах винної кислоти (*D* - винна кислота і *L* - винна кислота). Практично в один час з Вант-Гоффом аналогічну просторову модель опублікував французький хімік **Жозеф Ашиль Ле Бель**. Тому тетраедричну модель розташування зв'язків навколо атома Карбону іноді називають моделлю Вант-Гоффа – Ле Беля.

До речі про Пастера. Наведемо декілька цікавих фактів про вченого.

1. Пастер все життя займався біологією і лікував людей, не отримавши ні медичної, ні біологічної освіти.

2. В дитинстві він захоплювався малюванням. Після пройдених років його роботи побачив **Ж.Л. Жером**. Художник висловив задоволення, що Луї Пастер вибрав науку, оскільки він міг би стати сильним конкурентом в живописі.

3. Пастер досліджував кристали винної (тартратної) кислоти, які утворювалися при довгому стоянні у дубових бочках вина. Вчений помітив, що кристали кислоти відрізнялися один від одного на площину поляризації світла. Він в ручну пінцетом, дивлячись через лупу, відібрав окремо правообертальні (*D*) та лівообертальні (*L*) кристали винної кислоти. Так Пастер відкрив явище оптичної ізомерії.

4. Пастер відкрив явище знищення бактерій обробкою посудин парами кип'ячої води, яке зараз має назву **пастеризація**. Саме це явище принесло славу вченому. Першими пастеризацією зацікавились пивовари, адже ця процедура збільшила час життя напою. Пастеру все життя, прямо галонами, присилали пиво для досліджень. Пастер не вживав спиртного зовсім, а пиво – тим падше. Він, дивлячись у мікроскоп на краплину цього напою, визначав, хороше пиво, чи ні. Тим часом, халявний напій вподобали лаборанти вченого, проте, їх спосіб визначення якості продукту відрізнявся від методу Пастера – вони просто вживали пиво у великій кількості.

5. Якось вчений, як завжди серйозно і мовчки, обідав в забігайлівці, яка знаходилась поблизу його лабораторії. До нього підійшов один із відвідувачів і запитав: «У шановного пана професора хтось помер?» - у відповідь – тиша. Коли той, із співчутливим виразом обличчя, вже збирався йти, Пастер йому відповів: «Коли я обідаю, пане, то для мене всі стають мертвими».

6. У 1868 році (у віці 45 років) у Пастера стався крововилив у мозок. Він залишився інвалідом: ліва рука не діяла, ліва нога волочилася по землі. Він ледь не загинув, але, врешті-решт, поправився. Більш того, вчений зробив після цього найвизначніші відкриття: створив вакцину проти сибірської виразки і щеплення проти сказу.

7. Коли Пастер помирав, то до нього привели священника. Священник запитав, чи відрікається той від Диявола і від всіх своїх поглядів. На що Пастер відповів: «Чи треба мені оце, лежачи на смертному одрі, наживати собі нових ворогів». Проте, коли вчений помер, то після розтину виявилось, що величезна частина його мозку була зруйнована. Помер Пастер від уремії.

8. За словами **І.І. Мечнікова**, Пастер був пристрасним патріотом Франції і ненавидів німців. Коли йому приносили з пошти німецьку книгу або брошуру, він брав її двома пальцями і викидав у сміття з почуттям великої відрази.

9. Пізніше його ім'ям було названо рід бактерій - пастерел (*Pasteurella*), що викликають септичні захворювання, до відкриття яких вчений, мабуть, не мав відношення.

10. Пастер був нагороджений орденами майже всіх країн світу. Всього у нього було близько 200 нагород.

Декілька цікавих відкриттів, які сталися випадково, в органічній хімії та органічному синтезі.

✓ Німецький хімік **Христіан Фрідріх Шенбайн** (1799 – 1868), який відкрив озон і ввів в науку термін «геохімія», якось раз проводив вдома хімічні експерименти. Предметом для вивчення була азотна кислота. Варто зауважити, що його дружина була проти проведення подібних дослідів в домашніх умовах і категорично забороняла це робити, особливо, на кухні. Шенбайн так поспішав закінчити все до її приходу, що пролив суміш на кухонний стіл. Побойуючись скандалу, він витер сліди злочину кухонним фартухом дружини і повісив його сушитися над плитою... Через деякий час пролунав вибух – вибухнув пронітрований фартух. Шенбайн приховав сліди злочину, а заодно відкрив «бездимний порошок» - *нітроцеллюлозу* в 1845 році.

✓ *Небитке скло* випадково винайшов французький хімік **Едуард Бенедиктус** (1878 – 1930) – художник, композитор та вчений. Одного разу він проводив серію дослідів з нітроцеллюлозою. Одна з колб з цією речовиною випадково вислизнула з рук Бенедиктуса і впала на підлогу, але не розбилася! Зацікавлений цим фактом, хімік став розбиратися в чому ж справа і виявилось, що в цій колбі деякий час до цього знаходився розчин колодію. Тонкий шар цієї речовини покрив стінки колби міцною

плівкою. Так в 1903 році було випадково відкрито небитке скло.

✓ **Тефлон. Рой Планкетт** (1910 – 1994) – співробітник компанії «Дюпон», шукав спосіб зробити холодильники більш безпечними, він намагався знайти заміну фреону-агресивному холодоагенту. Чергова суміш з газів, над якою винахідник працював за ніч «кудись зникла» і залишилася тільки біла, схожа на віск, речовина. Ця речовина володіла багатьма корисними якостями, такими як: висока тепло- і морозостійкість, хімічна інертність, не токсичність, речовина залишається гнучкою у великому діапазоні температур (від -70 – до +270 градусів за Цельсієм). За своєю хімічною стійкістю перевершує всі синтетичні матеріали. Так випадково був відкритий тефлон в 1938 році, який нині часто називають «органічною платиною» за його хімічну інертність. Політетрафторетилен (або тефлон) застосовують в хімічній, електротехнічній та харчовій промисловості, в медицині, в транспортних засобах, в військових цілях, в основному в якості покриття. Найбільшу популярність тефлон отримав завдяки широкому застосуванню у виробництві посуду з антипригарним покриттям.

✓ У 1872 році в лабораторії професора Айра Ремсі в університеті Джона Хопкінса (Балтімор, США) працював молодий російський емігрант **Костянтин Фальберг** (1850 – 1910). Сталося так, що закінчивши синтез деяких похідних луолсульфамідів $C_6H_4(SO_2)NH_2(CH_3)$, Фальберг відправився в їдальню, забувши вимити руки. Під час обіду він відчув солодкий смак у роті. Це його зацікавило і він зрозумів, що це був якийсь із компонентів з його лабораторії. Вчений поспішив в лабораторію і почав перевіряти всі реагенти, які застосовував в синтезі. Серед залишків в зливній чаші Фальберг виявив викинутий їм напередодні проміжний продукт синтезу, який був дуже солодким. Речовину назвали *сахарином*, хімічна ж його назва – імід о-сульфобензойної кислоти $C_6H_4(SO_2)CO(NH)$. Сахарин відрізняється своїм надзвичайно солодким смаком. Його солодкість перевершує в 500 разів солодкість звичайного цукру. Сахарин вживають як заміник цукру люди, що хворі на діабет. У 1884 році Фальберг запатентував спосіб отримання сахарину і почав його промислове виробництво.

✓ Американський хімік і винахідник **Чарльз Нельсон Гуд'їр** (1800-1860) вважав каучук різновидом шкіри і намагався його модифікувати. Він змішував сирий каучук з будь – якою речовиною, що потрапляла йому під руку: солив його, перчив, посипав цукром, річковим піском. Одного разу в 1841 році винахідник випадково впустив шматок каучуку, обробленого сіркою, на нагріту піч. На другий день, готуючи піч до досвіду, Гуд'їр підняв цей шматок і виявив, що каучук став міцнішим. Це спостереження винахідника лягло в основу розробленого пізніше *процесу вулканізації каучуку з утворенням гуми*. При вулканізації лінійні макромолекули каучуку взаємодіють з сіркою, утворюючи тривимірну сітку макромолекул. В результаті вулканізації каучук перетворюється в гуму. Згодом Гуд'їр писав: «Я визнаю, що мої відкриття не були підсумком наукового хімічного дослідження ... вони були результатом наполегливості і спостережливості». Патент на винахід вчений отримав в 1844 році, але всі подальші роки присвятив захисту свого права на винахід. Можливо, тому йому так і не вдалося розбагатіти, за що не раз він потрапляв у боргову в'язницю. Іронія долі, проте незабаром після смерті винахідника гумова промисловість стала дуже прибутковою справою, а компанія Goodyear Tire & Rubber Co опинилася в авангарді цієї галузі виробництва. А ось те, що згадували про винахідника сучасники. Якось незнайомець запитав у місцевих, де йому можна знайти Гуд'їра. «Якщо Ви побачите людину в гумових черевиках, гумових штанах, гумовому плащі та гумовому капелюсі, а також з гумовим гаманцем, у якому немає ані пенні – це і буде Гуд'їр!» - відповіли незнайомцю. Гумові черевики, що в народі називаються калоші винайшов саме Гуд'їр.

✓ **Відкриття пеніциліну.** «Коли я прокинувся на світанку 28 вересня 1928 року, я, звичайно ж, не планував революцію в медицині своїм відкриттям першого в світі

антибіотика або бактерії-вбивці», - цей запис в щоденнику зробив майбутній Нобелівський лауреат **Олександр Флемінг** (1881 – 1955), людина, яка винайшла *пеніцилін*. Неохайність і безлад в лабораторії шотландського мікробіолога Олександра Флемінга стали причиною відкриття пеніциліну. Коли 3 вересня 1928 року він повернувся в свою лабораторію після того, як цілий місяць був відсутній, то звернув увагу на чашку Петрі, всередині якої утворилася ділянка з цвілью. Вчений зауважив, що навколо цвілі зникли всі мікробні колонії. Цей феномен зацікавив Флемінга і він провів дослідження вмісту чашки. Цвіль належала до роду пеніцилової, а речовину, яка вбила мікробів, вчений назвав пеніциліном.

Цікаво, що вчитель Флемінга і практично всі його колеги вкрай негативно ставилися до продовження роботи над пеніциліном. На їхню думку, це не вкладалося в поширену концепцію того часу: головне - зміцнення імунітету, а не хімічна війна з мікробами. Ймовірно, тому протягом кількох років відкриття пеніциліну залишалося непоміченим вченими мужами усього світу. Але сам Флемінг продовжував збирати матеріали і працював над своїм відкриттям. Воно було цікавим особисто для нього і він не дуже-то поспішав пропонувати свій метод боротьби з інфекціями в клініки. До 1942 року вчений доводив препарат до належної кондиції.

Член спілки художників, Флемінг примудрявся не тільки вивчати вплив пеніциліну на різні функції організму, але і використовував його в своїх творах. Малюючи картини, орнаменти та візерунки, він використав не фарби, як інші художники, а мікроби, розсіюючи їх на спеціальну речовину, розливу на картон. Кожен вид мікробів має свій власний, як правило, дуже яскравий колір - зелений, синій, жовтий, червоний і т. д. Це і були фарби оригінального художника Флемінга.

Видатний хімік не очікував, що отримати пеніцилін в чистому вигляді буде настільки важко. Його роботу продовжили **Говард Флорі** і **Ернст Борис Чейн**, які розробили методи очищення пеніциліну. Масове виробництво пеніциліну було налагоджено під час Другої світової війни. У 1945 році Флемінг, Флорі і Чейн були удостоєні Нобелівської премії в області фізіології і медицини.

Якось Нобелівського лауреата і відомого вченого Флемінга запросили відвідати одну лабораторію при заводі. Дирекція заводу наказала завідувачу лабораторією і лаборантам привести її до ладу. Наказ було виконано – лабораторія аж блищала після прибирання. Коли ж Флемінг побачив стерильну чистоту в приміщенні, то відразу ж сказав: «Якби в моїй лабораторії була б така чистота, то я ніколи б не відкрив пеніцилін!»

✓ **Нейлон**. У 1934 році в лабораторіях корпорації DuPont вчені намагалися створити штучний шовк. Кілька місяців напруженої роботи не принесли результатів: полімер, який отримували після експериментів, не могли перевести з рідкого стану в твердий. Керівник проекту вже був готовий припинити пошуки. Після марних зусиль дослідники переключилися на тестування інших речовин. Проте, якось одного разу молодий працівник лабораторії взяв скляну паличку і витягнув з краплі клейкої речовини довгу нитку. Це заняття так захопило команду дослідників, що одного разу під час відсутності керівника групи вони влаштували змагання - хто витягне найдовшу нитку. І коли учасники змагання заплели нитками весь коридор, їх осяяла думка, що ось він, спосіб переведення речовини з рідкого стану в твердий. Нитки виявилися досить міцними, щоб їх можна було ткати. А першу повністю синтетичну тканину назвали *нейлон*.

Винахідником нейлона є американський хімік – органік, який працював в компанії Дюпон **Уоллес Х'юм Карозерс** (1896 – 1937). Блискучий хімік-органік, він був не просто на хорошому рахунку в академічному науковому середовищі, в 1928 році компанія Дюпон запросила його очолити лабораторію фундаментальних досліджень. І хоча ніяких конкретних завдань - створити те і те-то до такої-то дати, перед вченим не ставили, проте, вже через три роки Карозерс синтезував штучний каучук - неопрен. На наступний рік отримав синтетичний мускус, незамінний тепер в

парфумерній промисловості. А в 1935 році виділив синтетичне поліамідне волокно, згодом і назване нейлоном. На всі ці відкриття Карозерс отримав іменний патент. Однак з'ясувалося, що хімік не з тих вчених, які, як то кажуть, одружені на своїй науці, в даному випадку хімії. Виявилось, що в житті Карозерс – дуже чутлива людина, з нестійкою психікою, що схильна до депресій. Проблеми в особистому житті він сприймав надто близько до серця, а проблем у нього було чимало. З юнацьких років він був таємно і, здавалося, безнадійно закоханий - в заміжню жінку. Так начебто і тут згодом чекав успіх. Предмет його пристрасті Хелен С'їтманн зважилася на розлучення. І в лютому 36-го вийшла заміж за Карозерса. Але незабаром помирає його рідна сестра. Цю подію Карозерс не просто прийняв близько до серця, а прийняв її з якоюсь містичною безвихіддю, а ще й як розплату за щастя сімейного життя. 29 квітня 1937 року Уоллес Карозерс відправився до Філадельфії, зняв номер в готелі і покінчив в ньому життя самогубством, прийнявши велику дозу ціаніду калію.

Питання для самоперевірки:

1. Коли вперше з'явилась назва «органічні речовини»?
2. Які стимули вплинули на дослідження в області органічної хімії?
3. В чому суть теорії віталізму? Праці яких вчених вплинули на її крах?
4. Коли і ким були відкриті ізомери та радикали?
5. Що вам відомо про Ж. Б. Дюма?
6. Що ви можете розповісти про творців теорії заміщення і теорії ядер (типів).
7. Ким і коли була розроблена теорія валентності?
8. Хто вперше запропонував позначати зв'язки між атомами рисочками?
9. Що вам відомо про О. М. Бутлерова?
10. Життя та наукова діяльність Вант-Гоффа.
11. Що ви знаєте про історію розвитку просторових структурних формул органічних сполук?
12. Які відкриття в органічній хімії та органічному синтезі сталися випадково?

Розв'яжіть задачі з теми:

1. В 1861 році російський хімік **О.М. Бутлеров** провів незвичайний синтез. При взаємодії аміаку з формальдегідом було одержано безбарвні кристали речовини, яка здатна була згорати без залишку. Дана речовина є основою для виготовлення так званого «сухого спирту». Яку речовину синтезував вчений, якщо відомо, що вона складається з С, Н, N, масові частки яких становлять відповідно 51 %; 8,6 %; 40,4 %? Напишіть рівняння повного горіння цієї речовини, якщо одним із продуктів реакції є N₂.

2. В 1828 р. німецький хімік **Фрідріх Велер**, учень **Й.Я. Берцеліуса** (він стверджував, що неможливо синтезувати органічні речовини з неорганічних), який на протиріччя своєму вчителю, синтезував із неорганічної речовини ціанату амонію першу в світі органічну речовину – сечовину. Відомо, що обидві речовини мають однаковий якісний і кількісний склад, але різну будову. Знайдіть формули обох речовин та напишіть рівняння перетворення однієї в іншу, якщо відомо, що до складу цих речовин входить С, Н, О та N, масові частки яких відповідно становлять: 0,2; 0,07; 0,27; 0,46.

3. Як тільки цю речовину не називали... В 1834 році німецький хімік – органік **Фрідріх Фердинанд Рунге** (1794 – 1867) знайшов цю речовину в продуктах перегонки кам'яновугільної смоли і назвав її «піанол». В 1840 році виділив дану речовину при розкладі індиго **Юлій Федорович Фріцше** (1808 – 1871), якій в ті часи працював хіміком на Петербурзькому заводі штучних мінеральних вод, і назвав її «аніліном». В 1841 році цю речовину одержав **Микола Миколайович Зінін** (1812 – 1880) і назвав її

«бензидамом». Через два роки німецький хімік – органік *Август Вільгельм Гофман* (1818 – 1892) одержав її за способом Зініна і виявив, що всі перераховані вище речовини одна і та ж сполука. Встановить формулу цієї речовини. Дана речовина містить С, N та H. Маса 1 л парів (н.у.) дорівнює 4,15 г. Масові частки С і N відповідно становлять 77,4% та 15,1%.

§ 8. Огляд історії розвитку фізичної хімії

Основні короткі відомості про історію становлення фізичної хімії

1. Історичний аспект поняття фізичної хімії.
2. Періодизація історії фізичної хімії.
3. Виникнення термодинаміки. Хімічна термодинаміка.
4. Розчини та електролітична дисоціація. Рауль і кріоскопія.
5. Електролітична дисоціація та її розвиток.
6. Кінетика хімічних реакцій. Закони газового стану. Кінетична теорія.
7. Хімічна кінетика. Каталіз.
8. Основи електрохімії.

Фізики працюють хорошими методами з поганими речовинами,
хіміки – поганими методами з хорошими речовинами,
а фізхіміки – поганими методами з поганими речовинами.

Ганс Ландольт

Історичний аспект поняття фізичної хімії.

Термін “фізична хімія” вперше з’явився в 1599 році в працях німецького алхіміка **Г. Купрата**, пізніше зустрічається в працях інших учених: *Ніколя Лефевра* (1660), *Йоганна Кункеля* (1739), *Михайла Васильовича Ломоносова* (1752), *Юхана Валеріуса* (1761) та інших. В той період цей термін – синонім чи еквівалент “чистої” або теоретичної хімії.

В першій половині XIX ст. основну увагу хіміки звертали на отримання нових речовин, визначення їх складу та будови. Механізм процесів перетворення та їх швидкість (тобто фізична сутність хімічного процесу) тоді мало цікавили хіміків. Не ставили тоді питання про кількісну сторону перетворень і хімічні виробництва.

Ситуація змінилась після 1860-х років, коли з’явилась теорія хімічної будови та хімічна термодинаміка, а бурхливе зростання хімічних виробництв прямо вимагало ретельного вивчення проблеми хімічної рівноваги та швидкості хімічних процесів із метою збільшення кількісного виходу продуктів виробництва.

Унаслідок цих глибоких причин хімія перетворилась з описової науки в науку, що пояснює закони, причини та механізми хімічних перетворень речовин. Звідси зрозуміло, чому у 70-80-х р.р. XIX ст. на перший план висувається вивчення хімічних процесів, тобто розпочинається фізикалізація хімії та змінюється поняття терміну “фізична хімія”. На сучасному тлумаченні цього поняття ми не зупиняємось, адже воно добре знайоме студентам з курсу фізичної хімії.

Періодизація історії фізичної хімії.

Будь-яка періодизація несе на собі відбиток умовності і можна запропонувати декілька способів періодизації. В нашій літературі поширена думка, що творцем фізичної хімії є М.В.Ломоносов. Американець Азімов вважає початком фізичної хімії відкриття закону Гесса (1840), на Заході початок фізхімії відносять до 80-х років XIX ст., коли з’явилися роботи Вант-Гоффа, Оствальда та інших. Усю історію фізичної хімії (за Соловйовим) можна поділити на три періоди.

Перший період (підготовчий) – із середини XVIII ст. до кінця 70-х років XIX ст.

Він ділиться на три етапи: *перший* – із початку історії до створення атомно-молекулярного вчення (початок XIX ст.); *другий* – з 1800-1810 років до 1842 року

(відкриття закону збереження та перетворення енергії); *третій* – з 1842 року до кінця 70-х років XIX ст.

Перший період характеризується накопиченням первинного фактичного матеріалу, необхідного для створення перших фізико-хімічних узагальнень та теоретичних висновків. На першому етапі цього періоду застосування фізичних приладів (терези, термометр, калориметр, призма, поляриметр та інше) дозволило вперше зайнятися *систематичним* вивченням фізичних властивостей речовин та їх зміною в залежності від складу сполук і характеру їх перетворення в хімічних реакціях. Вимір ваги і об'єму речовин дав матеріал для експериментального обґрунтування в перші десятиріччя XIX ст. атомно-молекулярної теорії.

Перша половина XIX ст. в історії фізхімії характеризується зародженням та наступним формуванням окремих напрямків (розділів) фізхімії: електрохімії, термохімії, вчення про хімічні рівноваги.

Перший могутній імпульс для свого розвитку фізхімія отримала в 1800-1833 роках від електрохімії, що вивчає взаємний зв'язок між електричними явищами та хімічними процесами. Електрохімія вперше по-справжньому тісно пов'язала хімію з фізикою. Але в наступні роки електрохімія втратила своє домінуюче становище. Розквіт електрохімії якраз і приходиться на *другий етап першого періоду*.

Третій етап розпочинається відкриттям закону збереження та перетворення енергії (1842), що дозволило на цілком наукових основах перейти від опису складу та властивостей окремих речовин до дослідження хімічних процесів шляхом вивчення зміни та перетворення хімічної енергії у різних хімічних реакціях. Таким чином, на зміну електрохімії приходить термохімія, яка в 1840-1870-х р.р. ставила завданням створення загальних основ учення про хімічну спорідненість. Однак після того, як було показано, що принцип максимальної роботи не є загальним універсальним законом, термохімія втратила своє першорядне значення.

Другий період історії фізхімії (класичний) охоплює час із кінця 70-х років XIX ст. до 1913 року. В цей період фізична хімія оформлюється в самостійну науку.

В 1880-1890 роках та наступні роки центральне місце у фізико-хімічних дослідженнях займають дослідження розчинів та хімічних рівноваг. Сукупність робіт у цих галузях послужила власне основою для оформлення фізичної хімії у самостійну науку. Цьому дуже сприяв розвиток хімічної термодинаміки, виключне значення якої полягає в тому, що вона на одній теоретичній основі об'єднала “сім'ю” фізико-хімічних дисциплін.

В ці й наступні роки все тісніше взаємодіють теорія та експеримент: теорія передбачає нові явища та факти, а експеримент, у свою чергу, здійснює генеральну перевірку гіпотез і теорій, безоглядно відкидаючи все те, що виявилось спекуляцією або похибкою. В цей період із величезною мірою виростають запити електрохімічної, металургійної та хімічної промисловості – ті рушійні сили, що дуже спонукали розвиток фізичної хімії.

У світовій історико-хімічній літературі відносять виникнення фізичної хімії до 80-90-х років XIX ст., коли з'явились праці **Вант-Гоффа, Оствальда, Ареніуса, Нернста, Таммана** та ін. Але не можна погодитись, що фізична хімія в цей період виникає, правильніше буде сказати, що вона в ці роки остаточно оформлюється в самостійну науку.

Третій (сучасний) період охоплює час від 1913 року (приблизно) до наших днів.

1913 рік був відзначений відкриттями фундаментального значення: **Нільс Бор** розвив квантову теорію будови атома, **Ернест Резерфорд** розробив планетарну модель атома, **Генрі Мозлі** відкрив закон, який зв'язує частоту ліній спектра рентгенівського випромінювання з порядковим номером елемента. Усі ці відкриття справили революційний вплив на розвиток усього природознавства та поклали початок принципово нового етапу розвитку фізичної хімії, адже проблеми будови атома та молекули розпочинають займати провідну роль у науці.

В зв'язку з цим у розвитку багатьох напрямків фізичної хімії та в їх відносній значимості відбуваються великі зміни. Центр фізико-хімічних досліджень переходить на вивчення та вирішення кардинальних проблем будови речовини, її реакційної здатності, умов і механізму хімічних реакцій. З 20-х років ХХ ст. розпочинається період бурхливого розвитку хімічної кінетики, як науки про механізми та швидкість хімічних процесів. В 50-х роках увага фізичної хімії зосереджується на вирішенні проблем механізмів біохімічних процесів та ферментативного каталізу.

Виникнення термодинаміки. Хімічна термодинаміка.

Фізики розпочали інтенсивне дослідження потоків теплоти у зв'язку зі створенням парових машин та потребами виробництва. Видатних успіхів у цій області досягли англійський пивовар і фізик – аматор *Джеймс Прескотт Джоуль* (1818-1889) та німецькі фізики *Юліус Роберт Майєр* (1814-1878) і *Герман Людвіг Фердінанд Гельмгольц* (1821-1894). До кінця 40-х років ХІХ ст. в результаті виконання ними робіт стало ясно, що енергія не створюється і не зникає. Цей принцип отримав назву закону збереження енергії чи перший принцип термодинаміки.

У своїх роботах французький фізик *Ніколя Леонард Саді Карно* (1796-1823), англійський фізик *Вільям Томсон, лорд Кельвін* (1824 -1907) та німецький фізик *Рудольф Джуліус Емануель Клаузіус* (1822-1888) розвили механічну теорію теплоти та показали, що частина теплоти в усіх самовільних процесах неминуче розсіюється в навколишнє середовище.

В 1840 р. російський хімік *Герман Іванович Гесс* (1802-1850), до речі, прибічник теорії теплороду, відкрив закон, який ми називаємо законом Гесса, завдяки чому, як вважає історик Азімов, межа між фізикою та хімією була зруйнована.

В 1850 р. Клаузіус, пробуваючи знайти співвідношення між кількістю теплоти в ізолюваній системі та абсолютною температурою цієї системи, ввів в хімію термін ентропія. Він показав, що за будь-якими самовільними змінами енергії ентропія системи повинна збільшуватися. Цей висновок назвали другим принципом термодинаміки. *В. Томсон* увів шкалу абсолютних температур (шкала Кельвіна) та ввів поняття енергії замість поняття сили.

В 60-ті роки ХІХ ст. видатний французький синтетик хімік-органік *Марселен Бертло* винайшов калориметричну бомбу Бертло та виміряв теплоти декількох сотень хімічних реакцій. Незалежно від Бертло подібні експерименти виконав датський хімік *Ханс Петер Юрген Юліус Томсен* (1826-1909). Бертло висунув принцип максимальної роботи, згідно з яким самовільна реакція супроводжується виділенням тепла, а зворотна – поглинанням тепла. Цей принцип виявився не зовсім правильним, адже зустрічаються самовільні реакції, які йдуть із поглинанням тепла, це, по-перше, а, по-друге, в оборотних реакціях є два самовільних процеси, один із яких іде з виділенням, зворотний – із поглинанням тепла. Багато уваги Бертло та інші хіміки, особливо *Олександр Вільям Вільямсон* (1824 -1904), приділяли швидкостям реакцій етерифікації. Вони показали, що ці реакції оборотні та знаходяться в рівновазі. Ці роботи послужили основою для розвитку поняття динамічної хімічної рівноваги.

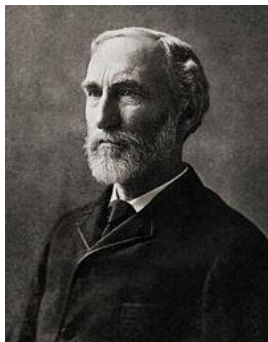


Рис. 55. Дж.В. Гіббс

В 1863 р. норвезькі хіміки *Като Максиміліан Гультберг* (1836-1902) та *Петер Вааге* (1833-1900) відкрили закон діючих мас для рівноваги.

Математика – це мова!

Д. В. Гіббс

Джозайя Уіллард Гіббс (1839-1903) – видатний американський фізик і хімік, який народився в місті Нью-Хейвен, штат Коннектикут. Його батьком був професор духовної літератури в Йельській богословській школі (згодом увійшла до складу Йельського університету). Хоча батька теж звали Джозайя Віллард, з ім'ям сина ніколи не вживали слово

«молодший»: крім того, п'ять інших членів сім'ї носили те ж ім'я.

Від будинку, де жив вчений було півкваралу до школи, де навчався Гіббс в юності, один квартал до коледжу, де він провів студентські роки, два квартали до університету, де він викладав, і стільки ж до кладовища, де він був похований...

Тихе провінційне містечко - американська "глибинка" - давало Гіббсу все, що потрібно для роботи: спокійне розмірене життя серед рідних, необхідні книги в бібліотеці, вільний час для роздумів, мальовничі околиці для прогулянок.

На дозвіллі Гіббс іноді пригощав домочадців власноруч приготованими вишуканими салатами, які називалися цілком науково - "гетерогенні рівноваги".

Після навчання в Хопкінс-школі, у віці 15 років Гіббс вступив в Йельський коледж. В 1858 р. вчений закінчив коледж в числі кращих в своєму класі і був премійований за успіхи в математиці і латині. В 1863 р. фізхімік був удостоєний першого в США ступеня доктора філософії (PhD) з технічних наук за дисертацію **«Про форму зубців коліс для зубчастої передачі»**.

Наступні роки він викладав в Йелі: два роки вів латинь і ще рік - те, що згодом було названо натурфілософією і прирівнянно з сучасним поняттям «природничі науки».

В 1866 р він виїхав до Європи для продовження навчання, проводячи по одному році в Парижі, Берліні та потім - в Гейдельберзі, де вчений зустрічає *Кірхгофа* і *Гельмгольца*. У той час ці німецькі вчені були провідними авторитетами в хімії, термодинаміці і фундаментальних природничих науках. Ці три роки, власне, і складають ту частину життя Гіббса, яку він провів за межами Нью-Хейвена.

Систематичні дослідження з термодинаміки хімічних реакцій в 1874 -1878 роках провів американський вчений, будучи викладачем Йельського коледжу в штаті Коннектикут. Він увів поняття вільної енергії та хімічного потенціалу системи, на основі яких пояснив суть закону діючих мас. Вчений застосував принципи термодинаміки для вивчення переходів між фазами, розробив правило фаз. Роботи Гіббса відзначаються граничною всебічністю та дивовижною витонченістю, вони склали фундамент сучасної хімічної термодинаміки. При цьому Гіббс зробив так багато, що його послідовники по суті лише розвивали його ідеї. Але про роботи видатного вченого в Європі узнали не одразу, адже вони були опубліковані у виданні, яке зовсім було невідоме ведучим хімікам та фізікам – в “Працях Коннектикутської Академії”.

У сорок років Гіббс був обраний до Національної академії наук США, хоча перед цим опублікував у пресі всього три наукових статті. Не дивно: Гіббс писав рідко, але "влучно". Наприклад, за цілих 13 років (з 1890 – по 1903 р.р.) Він написав всього вісім невеликих статей і одну книгу. У 1880 році Джозайя Гіббс став членом Американської академії мистецтв і наук - авторитетного наукового товариства, створеного в Бостоні ще в 1780 році.

В 1880 р. нововідкритий Університет Джонса Хопкінса в Балтіморі, штат Меріленд, запропонував Гіббсу посаду професора та заробітну плату - 3 тис. доларів в місяць, на що Йель міг собі дозволити підвисити платню лише до 2 тис. доларів. Проте Гіббс не залишив Нью-Хейвен. Він все життя прожив в цьому місті і тут був похований після смерті.

Гіббс ніколи не шукав або нехотів мати широке коло знайомих; однак він не був людиною асоціальною, а навпаки завжди був вкрай доброзичливим і відкритим, здатним підтримати будь-яку тему і завжди спокійним. Експансивність була чужа його натурі, як і нещирість. Він міг легко розсміятися і володів живим почуттям гумору. Хоча і рідко, розповідаючи про себе, вчений любив іноді наводити приклади зі свого особистого досвіду.

Жодне з якостей професора Гіббса не вражало його колег і студентів більше, ніж його скромність і досконала неусвідомленість його безмежних інтелектуальних ресурсів. Характерним прикладом є фраза, сказана ним в компанії близького друга

щодо власних математичних здібностей: «Якби я був успішний в математичній фізиці, то, я думаю, це тому що мені пощастило уникнути математичних труднощів». Навіть в літньому віці Гіббс не втратив стрункої фігури, завжди був ретельно одягнений і причесаний. Він ніколи не поспішав і тим не менше ніколи нікуди не спізнювався.

Видатний фізхімік Джозайя Вілард Гіббс, був дуже небагатослівною людиною і зазвичай мовчав на засіданнях Вченої ради університету, в якому викладав. Проте на одному із засідань, коли вирішувалось питання щодо розподілу навчальних годин між математикою та мовою, Гіббс не витримав і сказав: «Математика – це мова!». Мабуть, це єдиний вислів видатного вченого за його членства у Вченій раді університету.

Відкрив Гіббса для Європи видатний німецький фізико-хімік **Фрідріх Вільгельм Оствальд** (1853-1932), який переклав статті Гіббса на німецьку мову в 1892 році.

Динамічні рівноваги вивчав також видатний фізико-хімік **Вант-Гофф**. В 80-х роках XIX ст. він дійшов тих же висновків, що і Гіббс. В 1884 р. він у своєму відомому творі “Нариси з хімічної динаміки” дав аналіз декількох прикладів гомогенних рівноваг, обґрунтував принцип рухомої рівноваги та вплив на неї температури, також запропонував рівняння залежності рівноваги від температури, які відомі тепер як ізобара та ізохора Вант-Гоффа.

Праці Гіббса були перекладені на французьку мову в 1899 р. французьким фізико-хіміком **Анрі Луї Ле-Шательє** (1850-1936), одним із видатних хіміків того періоду. Він технолог, займався хімією цементу, металургією. В 1888 р. відкрив правило, яке тепер відоме як принцип Ле-Шательє.

Видатний німецький фізик, Нобелівський лауреат з хімії **Вальтер Герман Нернст** (1864 -1941), хобі якого було вирощування коропів, в 1906-1911 роках виказав твердження, яке нині називають третім принципом термодинаміки (теплова теорія Нернста):

$$\Delta S = -\frac{dF}{dT} = -\frac{dA}{dT} = 0, \text{ при } T=0$$

В 1911 р. фізик **Макс Планк** підтвердив цей висновок Нернста. Теплову теорему Нернста стали широко застосовувати для розрахунків ентропії та інших термодинамічних функцій. Особливе значення теорема мала для розрахунків режимів різних технологічних процесів. Так, **Фріц Габер** (1868-1934), директор Інституту фізичної хімії у Мюнхені обчислив константу рівноваги реакції синтезу амоніаку з елементів у 1907 р. Пізніше він організував промислове виробництво амоніаку в Германії, що оживило хімічну промисловість і дало Германії можливість вести Першу та Другу світові війни, адже амоніак – вихідна сировина для виробництва вибухових речовин. Від своїх досліджень Габер і постраждав, зазнавши переслідувань фашистів як єврей, внаслідок чого вимушений був емігрувати з Германії в 1933 р., помер у вигнанні.

Подальший розвиток термодинамічних досліджень мав місце в працях видного фізико-хіміка **Джільберта Ньютона Люїса** (1875-1946). Спочатку він інструктор Гарвардського університету, потім професор Масачусетського технологічного інституту в Бостоні, а з 1912 р. – професор Каліфорнійського університету в Берклі. Люїс в 1907-1923 роках розробив теорію термодинамічної активності, ним уведено поняття леткості, активності, коефіцієнта активності.

Розчини та електролітична дисоціація. Рауль і кріоскопія.

Ще англієць **Чарльз Бледен** (1748 – 1820) відзначив (1788), що зниження точки замерзання розчинника пропорційно кількості розчиненої речовини. Це спостереження згодом підтвердили **Депре, Рюдорф** та **де Копе**, вивчаючи точки замерзання соляних розчинів.

В серії чисельних робіт, опублікованих в 1882 – 1886 роках, француз **Франсуа Марі Рауль** (1830 – 1901), професор університету в Греноблі, замість соляних розчинів вивчав зниження точки замерзання водних та неводних розчинів органічних сполук і розробив метод кріоскопії. Цим терміном він назвав метод, що дозволяв вивчати

розчинені речовини, виходячи зі спостережень температур замерзання їх розчинів. Він вивів, що *молекулярне зниження точки замерзання розбавлених розчинів різних речовин є постійна величина*. Це і є **закон Рауля**, встановлений в 1882 році. Він дозволяє визначати молекулярну вагу розчиненої речовини, якщо між нею та розчинником не виявляється кріоскопічних аномалій. Таке визначення молекулярної маси методом кріоскопії, введене в практику **Ернстом Бекманом** (1853 – 1923) в 1888 році, виявилось настільки простим і швидким, що скоро витіснило метод, що базується на визначенні густини парів речовини.

Рауль також вивчав пружність (тиск) пари розчинника над розчином і в 1887 році встановив, що вона пропорційна молярній концентрації розчинника. Те ж саме стосується і температури кипіння розчину: підвищення температури кипіння розчину пропорційне концентрації розчиненої речовини. Ці закономірності є основою методів тонометрії та ебуліоскопії, які, як і метод кріоскопії, дозволяють визначати молекулярну вагу розчиненої речовини.

Електролітична дисоціація та її розвиток.



Рис. 56. С.А. Арреніус

Заслуга відкриття електролітичної дисоціації належить шведові **Сванте Августу Арреніусу** (1859 – 1927). Арреніус був другим сином Кароліни Христини (Тунберг) і Сванте Густава Арреніуса, який був управляючим маєтком. Сванте був племінником шведського ботаніка **Юхана Арреніуса**.

Будучи маленькою дитиною, Арреніус із задоволенням складав числа в звітах, які писав його батько; в три роки самостійно навчився читати, а у 8 років відвідуючи кафедральне училище в Упсалі, проявив виняткові здібності до біології, фізики і математики.

В 1876 році він вступив до Упсальського університету (спеціалізувався з фізики і хімії), де в 1878 р. отримав ступінь бакалавра природничих наук, а потім протягом ще трьох років продовжував вивчати там фізику.

Ще **Фарадей** установив, що електрика обумовлена найдрібнішими частками, які він назвав іонами і які переносять електричний струм через розчин. Але після цього протягом півстоліття ніхто серйозно не займався природою цих часток, хоч роботи в цьому напрямку все ж таки велись. Так, в 1853 році німецький фізик **Йоганн Гітторф** (1824 – 1914) встановив, що йони переносяться з різною швидкістю. Це призвело до появи поняття **число переносу** – характеристики, пов'язаної зі швидкістю, із якою йони переносять електричний струм. Але питання про природу цих часток залишалося відкритим.

Ще будучи студентом Упсальського університету, Арреніус зацікавився електролітами, тобто розчинами, що проводять електричний струм.

Вчений написав дисертацію, яку представив до захисту в 1884 році в Упсальському університеті. Новизна і удавана парадоксальність його ідеї про можливість одночасного існування в розчинах електролітів різнойменно заряджених іонів призвела до неприйняття теорії Вченою радою, в результаті Арреніус при захисті дисертації отримав найнижчу, четверту ступінь, яка навіть не давала йому можливості викладати. Дисертацію ледве не відхилили, тому вчений вирішив опублікувати свої роботи французькою мовою.

Якщо для розчинів неелектролітів зниження температури замерзання відповідало кількості моль речовини в розчині, тоді як для електролітів кількість часток у розчині в порівнянні з кількістю молекул була подвоєна (NaCl) чи потроєна (CaCl_2). Це навело Арреніуса на думку, що неелектроліти в розчині не розпадаються на йони і не проводять електричний струм, тоді як молекули електролітів під дією розчинника розпадаються на йони, які до того ж несуть на собі електричні заряди, позитивні чи негативні. Арреніус також прийняв, що дисоціація посилюється з розведенням розчину.

Крім того, він ототожнив хімічну активність із ступенем дисоціації на йони, стверджуючи, що сполука тим активніша, чим більше вона дисоціює на йони.

Проте, як зазначалося, науковцями Швеції, зокрема, вчителем Арреніуса, професором **П.Т. Клеве**, нова теорія була прийнята вороже. Саме тоді Арреніус познайомився з **Оствальдом**, на той час відомим професором у Ризькому політехнічному інституті. Оствальд підтримав Арреніуса і запропонував місце у своїй лабораторії. За свої роботи Арреніус в 1903 році отримав Нобелівську премію (за іронією долі резолюцію для присудження премії своєму нездібному учневі Арреніусу писав секретар Шведської академії наук, той самий професор Клеве).

В 1888 році Оствальд сформулював закон розведення, який застосував для великої кількості електролітів. Згідно цього закону константа електролітичної дисоціації (K) визначається рівнянням:

$$K = \alpha^2 / (1 - \alpha) \nu,$$

де α – ступінь дисоціації, ν – розведення або число літрів розчину, в яких розчинений один моль електроліту.

Вчений із широким діапазоном інтересів, Арреніус, проводив дослідження в багатьох областях фізики: опублікував статтю про шарові блискавки (1883), вивчав вплив сонячної радіації на атмосферу, шукав пояснення таким кліматичним змінам, як льодовикові періоди, намагався застосувати фізико-хімічні теорії до вивчення вулканічної активності.

Веселий і добродушний велетень Сванте Арреніус, справжній "син шведської сільської місцевості", завжди був душею товариства, привертав до себе увагу колег і просто знайомих. Він був двічі одружений; його двох синів звали Олаф і Свен. Він отримав широку популярність не тільки як фізикохімік, а й автор безлічі підручників, науково-популярних і просто популярних статей і книг з геофізики, астрономії, біології та медицини.

Сванте Август Арреніус все життя був огрядною (великою) людиною. Ось курйозний випадок із життя вченого з цього приводу. Якось Арреніус приїхав на хімічну конференцію. Чисто випадково сталося, що в цій же будівлі, де проходила конференція, був з'їзд м'ясників. Коли вчений вже було йшов на конференцію, його наздогнав охоронець будинку з такими словами: «Прошу, пане, не туди! Збори м'ясників відбуваються поверхом нище!». Вчений просто посміявся з цієї ситуації, а охоронець, побачивши, врешті – решт, свою помилку, вибачився.

Розвиток ТЕД.

Процес дисоціації Арреніус вважав суто фізичним: розпад молекул на йони відбувається за рахунок дії електричного струму, проте, процес дисоціації був лише однією стороною монети. Іншою стороною цієї ж монети, як виявилось, була гідратна теорія Менделєєва – вічного суперника і противника ТЕД Арреніуса. Проте, «з'єднання двох частин цієї монети» відбулося завдяки співпраці двох російських вчених. Уявлення про дисоціацію електролітів отримали розвиток в роботах російських хіміків **І. О. Каблукова** і **В.А. Кістяківського**. Вони застосували до пояснення процесу електролітичної дисоціації хімічну теорію розчинів (так звана, гідратна теорія) Д. І. Менделєєва. Як відомо, геніальний російський хімік експериментально довів, що при розчиненні електролітів відбувається хімічна взаємодія розчиненої речовини з водою, що призводить до утворення гідратів, а потім вони дисоціюють на йони. Ці йони сполучені з молекулами води, тобто є гідратованими. Гідратовані йони в розчині знаходяться в постійному хаотичному русі.

Подальшого розвитку ТЕД здобула в працях Бренстеда і Лаурі. Ґрунтуючись на теорії Косселя та Льюїса – Ленгмюра, датський хімік Йоханес Ніколаус Бренстед та британець Томас Мартін Лаурі розробили протонну теорію кислот і основ, а Гілберт Льюїс розширив уявлення про кислоти і основи, запропонувавши електронну теорію, відповідно до якої кислота є акцептором, а основа – донором електронних пар.

Подальшого розвитку теорія дисоціації набула в дослідженні неводних розчинів електролітів – узагальнена теорія кислот і основ **М.І. Усановича**, теорії жорстких і м'яких кислот **Пірсона** і т.д.

Кінетика хімічних реакцій. Закони газового стану. Кінетична теорія.

В 1834 р. французький інженер і фізик **Бенуа Поль Еміль Клапейрон** (1799-1864) увів поняття газової сталої R у рівняння, яке, зазвичай, називають його іменем ($PV = RT$). Основоположниками кінетичної теорії газів та теплоти слід вважати **Даниїла Бернуллі** (1700-1782), медика та математика, члена Петербурзької Академії, і **М.В. Ломоносова**.

Остаточну розробку кінетична теорія мала в працях **Дж. Джоуля**, **Р. Клаузіуса** та **Джеймса Кларка Максвелла** (1831-1879).

У другій половині XIX ст. було встановлено, що всі гази відхиляються від закону Бойля, особливо при високому тиску, у зв'язку з чим було введено поняття ідеального та реального газів. В 1871 р. студент **Ян Дідерік Ван-дер-Ваальс** (1837-1923), пізніше професор фізики Амстердамського університету, вивів рівняння стану реальних газів, яке враховує притягання молекул газу та їх власний об'єм: $(p + \frac{a}{V^2})(V - b) = RT$.

Виходячи з кінетичної теорії, були розраховані швидкості та середні шляхи пробігу молекул газу. В 1865 р. **Йоганн Йозеф Лошмідт** (львівська транскрипція Льюшмід) (1821-1895) розрахував число молекул газу в 1 см^3 за стандартних умов (число Лошмідта).

Дж.К. Максвелл в 1860 р. та **Л. Больцман** (1844 - 1906) в 1884 р., використовуючи криві розподілу похибок Гаусса, отримали закон розподілу часток за енергією (за швидкостями руху), відомий тепер як закон розподілу Максвелла-Больцмана.

Згадаємо декілька слів про Броунівський рух, який уперше спостерігав в 1827 році шотландський ботанік **Роберт Броун** (1773-1858). В 1905 р. німецький фізик **Альберт Ейнштейн** показав, що цей рух обумовлений бомбардуванням завислих часток молекулами води, які штовхають ці частки то в одну, то в іншу сторону. Ейнштейн вивів рівняння, за допомогою якого можна обчислити дійсні розміри молекул води, якщо визначити параметри часток, що рухаються. Французький фізик **Жан Батист Перен** (1870-1942) в 1908 р. провів необхідні вимірювання та вперше оцінив діаметр молекул і, відповідно, атомів. З відкриттям Броунівського руху вчені вперше змогли безпосередньо спостерігати дію окремих молекул, завдяки чому, навіть Оствальд, який до тих пір уперто заперечував атомістичну теорію, змушений був здатися й визнати її.

Дослідження властивостей газів допомогло розв'язати проблему їх зрідження. Зріджений амоніак був отриманий ще в 1799 році шляхом охолодження газоподібного амоніаку під тиском, оскільки з підвищенням тиску знижується температура, при якій зріджується газ, що полегшує процес зрідження. Особливо ретельно цим питанням займався **М. Фарадей**, якому до 1845 року вдалося зрідити ряд газів, у тому числі хлор та діоксид сірки. Зразу ж, як тільки тиск знижувався до нормального, зріджений газ розпочинав швидко випаровуватись, поглинаючи велику кількість тепла, внаслідок чого температура залишку рідини різко знижувалась. В цих умовах зріджений вуглекислий газ переходив у твердий стан. Змішуючи твердий вуглекислий газ з ефіром, Фарадей зміг знизити температуру до -78°C . Однак усі спроби зрідити такі гази як кисень, азот, водень, оксид вуглецю (II) та метан, виявилися даремними. Фарадею не вдалося їх зрідити навіть при дуже високих тисках, внаслідок чого ці гази стали називати “постійними газами”.

В 60-ті роки XIX століття ірландський хімік **Томас Ендрюс** (1813 – 1885), повільно нагріваючи зріджений вуглекислий газ, встановив, що при цьому обов'язково треба підвищувати тиск. Нагріваючи цей зріджений газ, він дійшов до

температури -31°C , вище якої ні при будь-якому тиску газ не переходить у рідину. В 1869 році Ендрюс висунув припущення, що для кожного газу існує *критична температура*, вище якої зрідити газ не вдається навіть при дуже високих тисках. Таким чином, “постійні гази” – це всього-на-всього гази, критичні температури яких значно нижчі досяжних у лабораторних умовах температур.

Тим часом згадані вище *Джоуль* та *Томсон* установили, що гази можуть охолоджуватись, якщо дати їм можливість розширюватись. Таким чином, якщо дати газу розширитись, а потім знову стиснути, відводячи тепло, що при цьому виділяється, і повторити цей цикл багато разів (принцип дії в побутових холодильниках), тоді можна досягти дуже низьких температур. Як тільки температура газу знизиться нижче критичної, можна, підвищуючи тиск, зрідити будь-який газ.

Користуючись цим методом, французький фізик *Луї Поль Кайєте* (1832 – 1913) та швейцарський хімік *Рауль Пікте* (1846 – 1929) до 1877 року зрідили кисень, азот та чадний газ, але перевести в рідкий стан водень їм так і не вдалося через його надто низьку критичну температуру.

В 90-х роках того ж століття над цією проблемою став працювати шотландський хімік *Джеймс Дюар* (1848 – 1923). Він приготував велику кількість рідкого кисню, який зберігав у винайденій ним посудині, що отримала назву **посудини Дюара**. Посудина Дюара – це колба з подвійними стінками, із міжстінкового простору якої викачане повітря. Теплопровідність розрідженого газу між стінками настільки мала, що температура речовини, що знаходиться в посудині, довгий час залишається постійною. Щоб ще дужче уповільнити процес передачі тепла, Дюар посріблів стінки посудини (побутовий термос – це всього-на-всього посудина Дюара, що закривається пробкою).

Газоподібний водень був охолоджений у посудині Дюара з рідким киснем, а потім зріджений методом Джоуля-Томсона. Саме Дюар в 1898 році вперше отримав зріджений водень. Але через те, що вчений не зміг вчасно роздобути гелій в великій кількості для досліджень, а, отже, не зміг його зрідити, то Нобелівську премію з фізики «за зрідження газів» одержав інший ...

Водень зріджується при температурі, яка всього на 20 К вище абсолютного нуля, але це не найнижча температура зрідження. В 80-х роках XIX століття були відкриті інертні гази, і один із них, а саме гелій, зріджується ще при більш низькій температурі. Отримати рідкий гелій першим вдалося в 1908 році голландському фізику *Гейке Каммерлінг-Оннесу* (1853 – 1926), який охолоджував гелій у рідкому водні, а потім зріджував за тим же самим методом Джоуля-Томсона. Температура зрідження гелію всього 4°K . Вчений вперше зумів досягти рекордно низької на той момент температури $0,9\text{ K}$. Основною метою експериментів було не досягнення абсолютного нуля, а дослідження властивостей речовин при наднизьких температурах, в тому числі спектри поглинання елементів, фосфоресценцію різних сполук, в'язкість зріджених газів і магнітні властивості речовин.

В 1911 році Каммерлінг-Оннес вперше спостерігав різке падіння електричного опору ртуті при температурі нижче $4,1\text{ K}$. Це явище отримало назву **надпровідності**. В 1912 році фізик також вперше отримав новий стан рідкого гелію, який тепер називається **надтекучим** після відкриття Нобелевським лауреатом, видатним російським фізиком *Петром Леонідовичем Капіцею* (1894 – 1984) надплинності рідкого гелію.

В 1913 році Камерлінг-Оннес був удостоєний Нобелівської премії з фізики «за дослідження властивостей речовини при низьких температурах, які привели до виробництва рідкого гелію». Вчений одержав від своїх колег почесне прізвисько «Пан Абсолютного Нуля».

Хімічна кінетика.

Той факт, що реакції йдуть із різними швидкостями, був відомий давно (згадайте

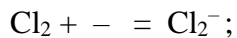
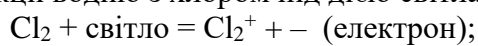
Венцеля та його визначення швидкостей розчинення металів у кислотах). Однак уперше кількісне дослідження швидкості хімічних реакцій було виконане **Людвігом Фердінандом Вільгельмі** (1812-1864) в 1850 р., який за допомогою поляриметра вивчав реакцію інверсії сахарози у присутності кислот і дав логарифмічний розв'язок залежності ходу реакції у часі.

В розділі з термодинаміки вже згадувались **Гульдберг** та **Вааге**, які встановили закон дії мас для динамічної рівноваги (1862 р.). **Л. Пфаундер** в 1867-1874 роках, виходячи із закону розподілу часток Максвелла (робота Больцмана з'явилась на 10 років пізніше) за швидкостями, дійшов висновку, що реакції можуть відбуватись лише в результаті зіткнення молекул, енергія яких вища за деяку критичну величину. Число таких молекул зростає з підвищенням температури. Виходячи з цих уявлень, Гульдберг та Вааге вдосконалили в 1879 р. закон діючих мас для швидкостей реакцій, а швед Сванте Август Арреніус в 1889 р. розвинув теорію активних молекул та запропонував рівняння залежності константи швидкості реакції від енергії активації.

Вант-Гофф в 1884 р. у згаданій вище книзі "Нариси з хімічної динаміки" застосував закон діючих мас до швидкостей реакцій. Він дав класифікацію реакцій за їх порядком та розрізняв реакції першого (розпад та ізомеризація) та другого порядку (заміщення та обмін).

Володимир Олександрович Кістяківський (1865-1952), директор Колоїдо-електрохімічного інституту (нині Інститут фізичної хімії у Москві), в 1890 р. вивів рівняння для швидкості оборотних реакцій. В той же час отримала поширення пероксидна теорія **Баха-Енглера**, що розкрила механізм реакцій повільного окислення.

Розпочались дослідження швидкостей фотохімічних реакцій. Так, в 1913 р. **Макс Боденштейн** (1871-1942), професор фізичної хімії у Берліні та Дуксі, вивчаючи реакції водню з хлором під дією світла, запропонував механізм:



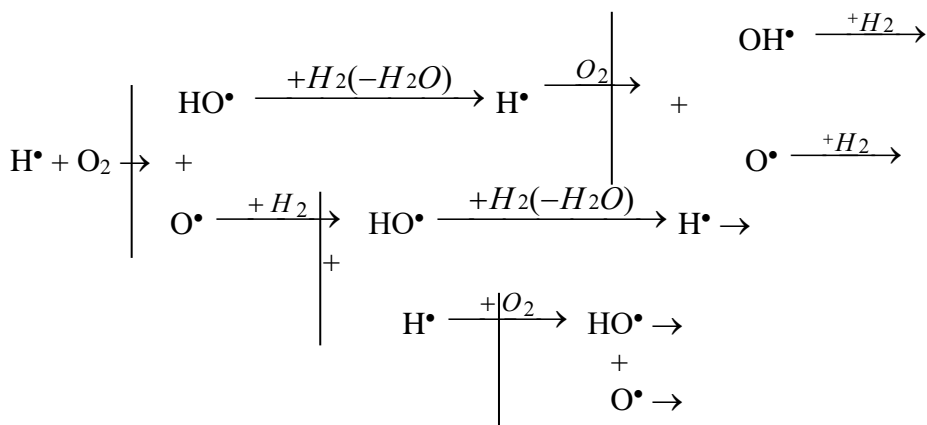
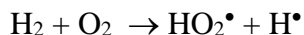
Іонізація хлору зустріла заперечення, тоді пізніше вчений запропонував, що під дією світла молекула Cl_2 активується без іонізації, а потім реагує з молекулою водню. Ця теорія активних (гарячих) молекул послужила для копенгагенських учених **Христіансена** та **Крамерса** основою для створення теорії енергетичних ланцюгів.

Подальше виявлення механізму фотохімічного ініціювання ланцюгових реакцій було пов'язане з поясненням незвичайно високого квантового виходу реакції H_2 із Cl_2 під дією світла. В 1912 р. Ейнштейн установив фотохімічний закон, що один квант світла діє на одну молекулу і викликає її первісні зміни. У зв'язку з цим виникло поняття **квантового виходу**, який для згаданої реакції склав 10^5 . Щоб пояснити цей факт, в 1918 році згаданий вище фізхімік **Вальтер Нернст** запропонував ланцюговий механізм цієї реакції:



Новий етап у розвитку теорії ланцюгових реакцій розпочався з 1926 року, коли **Микола Миколайович Семенов** (1896 – 1986) та його співробітники стали досліджувати реакції окислення фосфору, а також з 1928 р. утворення води з H_2 та O_2 . Так виникла теорія розгалужених ланцюгових реакцій, що відбуваються за схемою, вказаною нижче.

Проти цієї теорії виступав уже згаданий вище **Макс Боденштейн**, але, провівши власні досліди, він переконався в її справедливості. Не можна не згадати величезного вкладу у розвиток уявлень про механізми реакції англійського фізико-хіміка **Сіріла Нормана Хіншельвуда** (1897-1967), професора в Оксфорді і Імперському коледжі науки та технології у Лондоні, та англійського хіміка **Кристофера Інгольда** (1893 – 1970), професора Лідського та Лондонського університетів.



Вони вивчали механізми багатьох реакцій, розпочинаючи з мономолекулярних процесів і закінчуючи ланцюговими. Хіншельвуд разом із Семеновим в 1956 році отримали Нобелівську премію за дослідження в галузі механізмів хімічних реакцій, а Інгольд запропонував номенклатуру механізмів реакцій ($\text{S}_{\text{N}}1$, $\text{S}_{\text{N}}2$, і т.д.), якою ми широко користуємося й зараз. І лише в 1988 р. ІЮПАК (Міжнародна спілка чистої та прикладної хімії) запропонувала нову номенклатуру механізмів хімічних реакцій.

Слід утриматися від міркувань, коли говорить досвід.

Антоні ван Левенгук



Рис.57. Б.П. Білоусов

Ще одним цікавим розвитком вчення про механізми реакцій є відкриття **автокаталітичних** та **коливальних процесів**. Одним із перших, хто зацікавився такими процесами був російський хімік **Борис Павлович Білоусов** (1893 – 1970).

Він народився в 1893 році і був шостою дитиною в родині банківського службовця Павла Миколайовича і Наталії Дмитрівни. Разом з братами був залучений в революційну діяльність (виготовляв бомби для повстанців 1905 року) і в віці 12 років був заарештований, через що був змушений емігрувати з родиною до Швейцарії.

У Цюриху він захопився хімією. Хімік прослухав повний університетський курс хімії, але не зміг викупити диплом через відсутність коштів.

В 1914 році повернувся в Росію, однак в діючу армію не потрапив через нестачу ваги, а тому поступив на роботу в хімічну лабораторію заводу Гужона (завод «Серп і молот»).

Займався роботами в області військової хімії. Як військовий хімік Б. П. Білоусов займався розробкою способів боротьби з отруйними речовинами, складів для протигазів, газових аналізаторів, препаратів, що знижують вплив радіації на організм.

В 1937 році німецький хімік **Ганс Адольф Кребс** (1900 – 1981) відкрив цикл окислення лимонної кислоти. Відкриття важливе, адже не дарма Кребс отримав за нього Нобелівську премію (1953). Цикл Кребса - ключова реакція, що лежить в основі кисневого дихання, енергопостачання та росту клітини.

Борис Павлович Білоусов проводив дослідження циклу Кребса, намагаючись знайти його неорганічний аналог. В результаті одного з експериментів в 1951 році, а саме окислення лимонної кислоти броматом калію в кислому середовищі в присутності каталізатора – іонів церію Ce^{3+} , він виявив автоколивання. Перебіг реакції змінювався з часом, що проявлялося періодичною зміною кольору розчину від безбарвного (Ce^{3+}) до жовтого (Ce^{4+}) і назад. Ефект ще більш помітний в присутності індикатора фероїну.

Періодична реакція, відкрита Білоусовим, в якомусь сенсі простий аналог життя –

нерівноважна хімічна пульсація, схожа на серцебиття.

До лабораторії вченого, де «тікав» рідкий хімічний годинник або билосся «хімічне серце», потягнулися друзі і співробітники.

Білоусов сів писати статтю про своє відкриття. Друкованих праць і патентів у хіміка було багато, але в академічних журналах він не публікувався і зі звичаями тамтешніх рецензентів знайомий не був. На жаль, рецензенти наукових журналів були віртуозами. Це неформальне звання рідко кому вдається заслужити.

В 1951 році стаття Білоусова про відкриття дивовижної реакції потрапила в журнал Академії наук СРСР. І швидко повернулася з відмовою в публікації. Рецензент загорнув статтю, категорично стверджуючи, що така хімічна реакція неможлива, ажде на той час вважалося, що такі процеси протирічать другому закону термодинаміки. Зазвичай небагатослівний Білоусов з гиркотою зауважив, що нинішні вчені втратили повагу до фактів.

Борис Павлович взявся за подальше дослідження цієї нової реакції. П'ять років він проводив вимірювання і аналізи. У цей час наука також не стояла на місці. В 1952 році англійський математик *Алан Тьюринг* (1912 – 1954) висловив припущення про те, що поєднання хімічних реакцій з процесами дифузії може пояснити цілий клас біологічних явищ, зокрема періодичні смужки на шкірі тигра. Російський фізик і хімік *Ілля Романович Пригожин* (1917 – 2003) в 1955 році прийшов до висновку, що в нерівноважних термодинамічних системах, до яких відносяться і всі біологічні системи, можливі хімічні коливання.

Ні Тьюринг, ні Пригожин навіть не підозрювали, що обговорюваний ними феномен вже відкритий, просто стаття на цю тему не опублікована.

Нарешті, Білоусов відправляє новий варіант своєї роботи в інший науковий журнал. Стаття знову повертається з відмовою в публікації! Рецензент запропонував автору скоротити її до пари сторінок. Такого нахабства вчений не витримав – він викинув статтю в смітєву корзину і назавжди припинив спілкування з академічними журналами.

Племінник Білоусова, що вже став студентом-хіміком, пропонував дядькові принести колбу до редакції - нехай самі побачать хімічний годинник в дії! Вчений сердито відмовився: «Що я їм клоун?»

Минуло вісім років після відкриття коливальної реакції, ле як і раніше про неї ніхто, крім співробітників і друзів Білоусова, не знав. Правда, по Москві поповзли чутки про незвичайну склянку, в якій б'ється кольорове «хімічне серце». Хімік з Московського університету *Симон Ельйович Шноль* (народився 21 березня 1930 року в єврейській сім'ї), почувши про цю реакцію, загорівся нею і почав шукати її відкривача, проте безуспішно. У Шноля навіть увійшло в звичку, виступаючи на наукових семінарах, розпитувати присутніх хіміків про невідомого автора коливальної реакції.

Восени 1958 року після чергового семінару до Шноля підійшов студент і сказав, що цю реакцію відкрив його двоюрідний дід - Борис Павлович Білоусов. Шноль взяв номер телефону Білоусова у студента і подзвонив хіміку.

Борис Павлович був стриманий, від зустрічі відмовлявся, але рецепт реакції продиктував. Симон Шноль рецептуру повністю витримати не зміг, яскравих кольорів не досяг, але все-таки отримав коливання жовтуватого кольору і був захоплений ними. У лабораторію вченого цікаві співробітники влаштували паломництво і незабаром звістка про чудесну реакцію рознеслася по Москві.

Шноль був стурбований: будь-яка друкована праця, присвячена циклічній реакції, представлялася йому неетичною, тому що не було можливості послатися на друковану роботу автора відкриття.

Симон Ельйович знову подзвонив Білоусову, довго умовляв його і незабаром отримав збірник праць радіаційної медицини, в якому Борис Павлович опублікував короткий опис коливальної реакції. Ніяких рецензентів у збірника не було, зате його

укладачі відмінно знали і глибоко поважали Білоусова і блискавично опублікували його коротку замітку.

Трьохсторінкова замітка 1959 року стає єдиною друкованою роботою Білоусова про відкриту ним циклічну реакцію. Але цей маленький камінчик викликав лавину. Шноль доручив своєму аспіранту *Анатолію Марковичу Жаботинському* (1938 – 2008) детально дослідити коливальний хімічний феномен. У 1961 році А. М. Жаботинський досліджував механізм реакції, що зараз носить ім'я реакції Білоусова-Жаботинського.

Спроби Жаботинського встановити особистий контакт з Білоусовим виявилися безуспішними. Навіть після публікації результатів роботи Жаботинським і отримання чудових відгуків про неї з боку Білоусова вони так ніколи не зустрілися віч-на-віч, не дивлячись на те, що працювали лише в кількох кілометрах один від одного. Жаботинський завжди підозрював, що Білоусов, який працював в секретному військовому інституті і в роки сталінських «чисток» втратив багато друзів, просто побоювався неформальних відносин.

Незабаром у вивченні цієї реакції брали участь вже десятки людей. Вони публікували сотні статей, отримували кандидатські і докторські ступені. Білоусов в цій діяльності участі не брав. Йому було глибоко за сімдесят і він продовжував працювати в своєму інституті. А потім якийсь бюрократ все-таки добрався до хіміка-віртуоза і відправив його на пенсію. Залишившись без роботи, Борис Павлович незабаром помер в Москві в 1970 року.

Каталіз.

Поняття каталітичної дії було введено Берцеліусом в 1835 р. Він називав здатність речовин впливати на швидкість реакцій каталітичною силою. Уведення цього поняття критикували багато вчених, в тому числі Лібіх та Велер.

В 40-х роках позаминулого століття виникло декілька теорій каталізу. *В. Грін* висунув ідею, що каталізатор переносить реагуючі частки. *Мерсер* розглядав каталіз як виявлення слабкої хімічної спорідненості, *Кекуле* вважав, що каталізатор зближує реагуючі частки, внаслідок чого зв'язок між їх атомами послабляється.

Могутній поштовх у розвитку вчення про каталіз надало промислове застосування каталітичних процесів. Прикладів безліч, але не можна не згадати вже розглянуті раніше свинцеві башти Гей-Люсака, що застосовуються при окисленні SO_2 . Як приклад також можна вказати застосування платини як каталізатора окислення SO_2 до SO_3 та амоніаку до NO .



Рис. 58. В. Оствальд

Німецький фізхімік *Вільгельм Фрідріх Оствальд* (1853–1932), другий син німецького бондаря, вихідця з Росії, народився в Ризі.

Оствальд вчився у Дерптському університеті і став професором Ризького політехнічного училища (пізніше інституту), а з 1887 р. перейшов у Лейпциг, де заснував першу у світі кафедру фізичної хімії. В 1888 році він прийняв німецьке громадянство і переїхав в Лейпциг, де теж викладав в університеті і очолював Фізико-хімічний інститут.

В 1880 р. Оствальд одружився на Неллі фон Рейер, дочці хірурга із Риги. Вільгельм і Неллі прожили все життя щасливо, у них народилося три сина і дві дочки. Один із синів *Вільгельм Вольфганг Оствальд* став видатним вченим в області колоїдної хімії, а одна з дочок *Грета Оствальд*, в 1953 році написала книгу про свого знаменитого батька, і описала там багато його дивацтв.

У віці сорока років Оствальд мав вельми ефектну зовнішність: абсолютно сиве волосся, високе чоло, вогненно-руді бороду і вуса, живі виразні очі. Вчений відчував огиду до примірки одягу і взуття, стрижці волосся, не терпів зубних лікарів і ніколи не

лікував зубів, а з секретарем спілкувався за допомогою велосипедного дзвінка, який він власноруч встановив на двері свого кабінету. Свої статті, записки та письмові доручення він складав в кошик, виставляв за двері і дзвонив. Секретар забирав кошик в свою кімнату і виконував роботу, а потім повертав кошик на місце.

Значні заслуги в розвитку уявлень про каталіз належать видатному Оствальду, який дав сучасне визначення поняття каталізатор. Багато істориків хімії вважають його засновником сучасної фізичної хімії (разом із Вант-Гоффом).

В 1890 р вчений зацікавився поглядами на енергію як на першооснову всього фізичного світу. Скептично ставлячись до всіх матеріалістичних концепцій, і особливо до атомно-молекулярної теорії, Оствальд думав, що природні явища можуть пояснюватися перетвореннями енергії. Відповідно до цього підходу він вивів закони термодинаміки на рівень філософських узагальнень.

Вчений розробив в 1902 р. спосіб каталітичного окислення амоніаку до азотної кислоти, встановив зв'язок між хімічною термодинамікою, кінетикою та каталізом. Він показав, що утворення проміжного продукту у вигляді сполуки одного з реагентів із каталізатором вимагає меншої енергії активації, ніж безпосереднє (некаталітичне) утворення кінцевих продуктів реакції.

Після того як в рамках вперше здійсненого обміну науковцями Оствальд протягом року читав лекції в Гарвардському університеті (за цей час він вивчив есперанто і розробив свою власну штучну мову), він, вийшовши у відставку в 1906 р, присвятив себе вивченню світла, а також організаторській та письменницькій діяльності. Вчений створив кількісну теорію кольорів зі шкалою порядку визначення кольору, яку виклав в атласі квітів, і розробив систему колірної гармонії.

Оствальд заснував першу в світі кафедру фізичної хімії в Лейпцигському університеті, багато займався історією хімії, перекладом і виданням рідкісних книг видатних хіміків світу. Йому було присуджено Нобелівську премію з хімії за 1909 рік.

Оствальд помер у віці 78 років в своєму будинку неподалік Лейбцига в 1932 році. В 1970 році Міжнародний астрономічний союз присвоїв ім'ям Вільгельма Фрідріха Оствальда кратер на зворотному боці Місяця.

Видатний хімік у книзі «**Великі люди**», поділяв вчених на два розряди – **класиків** (здатні до докладних емпіричних досліджень, індуктивному мисленню) та **романтиків** (здатні до сміливого висунення гіпотез, цілісному баченню проблемних ситуацій, інтуїтивного мислення).

Риси характеру притаманні класикам це ґрунтовність, пунктуальність, повільність, замкненість, багаторазова перевірка отриманого результату, робота наодинці. Такі вчені, як правило не мають учнів та послідовників. Романтики емоційні, говіркі, мають нестійкий інтерес, не доводять розпочате до кінця, прагнуть передавати знання оточуючим, тому мають велику кількість учнів та створюють власні школи. Романтики творять «швидко та багато», класики – «повільно, мало але ґрунтовно».

Основи електрохімії.

Перші уявлення про взаємозв'язок хімічних і електричних явищ виникли ще в XVIII столітті, так як було виконано величезну кількість фізико-хімічних експериментів з електричним і грозовим розрядами, з зарядами, що знаходяться в Лейденських банках, але всі вони мали випадковий характер через відсутність постійного потужного джерела електричної енергії.

Зародження електрохімії пов'язано з іменами **Луїджіо Гальвані** і **Алессандро Вольт**. Займаючись дослідженням фізіологічних функцій жаби, Гальвані випадково створив електрохімічний ланцюг. Він складався з двох різних металів і препаратів лапок жаби. Лапка одночасно була електролітом і індикатором електричного струму, але висновок був зроблений неправильний, адже, згідно Гальвані, цей електричний струм, який виникав у ланцюзі, мав тваринне походження, тобто, був пов'язаний з

функціональними особливостями організму жаби (теорія «тваринної електрики»).

Правильне тлумачення дослідам Гальвані дав його вічний суперник Вольт. Він створив першу батарею гальванічних елементів – **Вольтів стовп**. Елементи батареї склалися з мідних і цинкових дисків, а електролітом служив просочений солоною водою або кислотою губчастий матеріал. Саме таке поєднання дозволило отримати електричний струм. Незабаром, завдяки працям великих вчених *А. Вольт*, *Дж. Даніеля*, *Б.С. Якобі*, *П.Р. Багратіона*, *Г. Планте* і ін. з'явилися зручні в роботі потужні гальванічні елементи і акумулятори.

Потім *А. Вольт* розробив ряд напруг металів. Якщо два різних метали привести в зіткнення, а потім роз'єднати, то за допомогою фізичних засобів, наприклад, електроскопа, можна побачити, що один метал набув позитивний заряд, а інший – негативний. Цей ряд металів, в якому кожен попередній метал заряджається позитивно, але після контакту з будь-яким подальшим, тобто, ряд Вольт, виявився аналогічним ряду напруг.

Далі, на початку XIX століття, був розроблений електроліз, а *М. Фарадей* встановив кількісні закони електролізу.

Великий внесок у розвиток електрохімії внесли вчені: *С.А. Арреніус*, *В.Ф. Оствальд*, *Р.А. Коллі*, *П. Дебай*, *В. Нернст*, *Г. Гельмгольц* і ін. Зараз електрохімія ділиться на теоретичну і прикладну. Завдяки використанню електрохімічних методів, вона пов'язана з іншими розділами фізичної хімії, а також з аналітичною хімією та іншими науками.

Питання для самоперевірки:

1. Що ви знаєте про історію терміну «фізична хімія»?
2. На які періоди можна поділити історію фізичної хімії (за Соловйовим)?
3. Що вам відомо про історію виникнення та розвитку хімічної термодинаміки?
4. Що ви можете розповісти про життя та наукову діяльність Дж. В. Гіббса?
5. Яка є історія розвитку вчення про розчини та електролітичну дисоціацію? Ким був Арреніус?
6. Ким було здійснено розвиток ТЕД?
7. Що вам відомо про історію виникнення і розвиток вчення про кінетику та кінетичну теорію?
8. Ким і коли була заснована хімічна кінетика?
9. Хто такий Б.П. Білоусов?
10. Вчення про каталіз. Ким був Вільгельм Освальд?
11. Що вам відомо з історії виникнення, занепаду та розвитку електрохімії?

РОЗДІЛ 4. Новітній період розвитку хімії

§9. Сучасна хімічна наука в Україні

Основні короткі відомості про історію хімії на межі XX – XXI ст.

1. Вступ. Донауковий період хімії в Україні.
2. Роль наукових і освітянських центрів у становленні та розвитку хімії в Україні. Предтечі університетів.
3. Університети в Україні до 1917 р.
4. Національна Академія Наук України. Профільні інститути.
5. Хімічна промисловість в Україні.
6. Деякі видатні українські хіміки.

Вступ. Донауковий період хімії в Україні.

На території сучасної України хімічні виробництва, якщо так можна сказати, існували споконвіку. Одним з найдавніших було чинбарство – чинення та дублення шкір. Для їхньої обробки тоді використовували попіл, відвари дубової кори та інших рослин. Три-чотири тисячоліття тому Кіммерійці, які мешкали в Північному Причорномор'ї, уже вміли виплавляти із болотної руди залізо. У Скіфських похованнях (VI-IV ст. до н.е.) було виявлено бронзові, срібні та золоті вироби. Тут, у Стародавній Скіфії (сучасна Запорізька область), археологи знайшли визначний центр металургії та металообробки. Знахідки біля Бахмута (нині Артемівськ) свідчили про виробництво міді ще 4000 років тому. Внаслідок ретельних досліджень та порівнянь учені припускають, що давня мідна індустрія на теренах сучасного Донбасу існувала значно раніше копалень на острові Кіпр, від якого й походить латинська назва елемента № 29 – «Купрум».

В добу Середньовіччя в Україні високого рівня досягли технології фарбування тканин, виготовлення ліків, барвників, винокуріння, скловаріння, а особливо – виробництва поташу, селітри та курного пороху. Так, запорізькі козаки у бою з ворогом в 1516 р. застосували дивовижний винахід – шестиступінчасті порохові ракети, що падаючи вибухали, летіли далі, знову падаючи вибухали, і так шість разів, чим нанесли не тільки великих утрат орді Мелік-Гірея біля Сіверського Дінця, але й наробили немалого переполоху на довгі часи..

Іноземців, які за різних часів побували в Україні, приводило в захват селітроваріння і порохове ремесло.

У другій половині XIX ст. в Україні почала бурхливо розвиватися нова галузь хіміко-харчової технології – цукроваріння. А на рубежі XIX і XX ст. вівся інтенсивний видобуток кам'яного вугілля й залізної руди, набирала сили коксохімія.

Хімія, як наука, в Україні почала розвиватись лише в кінці XIX ст., головним чином, в університетах, котрих на той час в Україні нараховувалось чотири: Львівський, Харківський, Київський та Одеський.

На Заході, як відомо, в цей час відбувалось становлення фізичної хімії, як науки, а такі галузі науки, як неорганічна, органічна і аналітична хімії виникли набагато раніше. Наша Україна в той час була розділена між двома імперіями – Російською та Австро-Угорською, і різні долі були у обох частин нашої Батьківщини. Треба сказати, що в Австро-Угорщині ця доля була дещо легшою, принаймні тут на державному рівні не заборонялась і не переслідувалась українська мова та культура. В Російській же імперії на той час уже діяло аж 4 старих царських укази про заборону української мови та культури в усіх її проявах: перший був виданий ще Петром I і стосувався церковних книг українською мовою, останній – Валуєвський – носив тотальний характер.

В Європі був донауковий алхімічний період. У нас донауковий період сягає ще старої України-Русі, але алхімічного періоду не було з різних причин, проте зачатки

іатрохімії все ж були як мистецтво лікування травами ще з дуже давніх часів. Перші літописні свідоцтва залишилися про народного лікаря і фармацевта *Аганіма Печерського*, що жив десь наприкінці X ст. Деякі писемні пам'ятки залишилися про лікування та рецептури з пізніших козацьких часів (травники, рецептурні збірники).

У відділі рукописних фондів Публічної бібліотеки України в Києві в 60-ті роки зберігався рукопис “Типика” Нектарія, який приписують єпископові Нектарію, сербові за походженням. Це збірник кінця XVI ст. Перша частина “Типика” містить рецептури (так звані укази) і технології виготовлення свинцевих білил, свинцевого сурику, кіноварі та інших пігментів. Детально описана технологія нанесення золота на срібло, мідь, папір, приводяться методи одержання штучного (твореного) золота. Описані способи дублення шкіри, фарбування хутра, виготовлення запалювальних ядер і ракет, виготовлення порошу, зберігання плодів, виготовлення чорнил, вугільної солі (поташу). Друга частина “Типика” присвячена техніці іконного та настінного письма.

В указах “Типика” для виготовлення твореного золота рекомендувалося взяти живу курку-насідку, яка слугувала термостатом. В указі “**Як золото творене составит**” говориться: “Поклади курячий жовток з ртуттю і тримай місяць під куркою” у шкаралупі і тоді “таки ртуть і жовток составит аки злато” (для писання ікон). Застосовували також гаряче фільтрування, герметизований посуд, снігову й дощову воду замість дистильованої. Складачі “Типика” знали кислоти, вміли замінити оцтову кислоту на молочну в солях.

Роль наукових і освітянських центрів у становленні та розвитку хімії в Україні. Предтечі університетів.

Становлення хімії, як науки, й подальший її розвиток в Україні пов'язаний передовсім з університетами, а також із численними профільними інститутами та науково-дослідними закладами.

Предтечами наших університетів були такі відомі освітні заклади, як **Острозька** та **Києво-Могилянська академія**. Острозька академія (колегія) була заснована князем *Костянтином Острозьким* в 1580 р. До речі, в ній навчався гетьман Петро Конашевич – Сагайдачний.

Києво-Могилянська академія була заснована в 1620 р. великим просвітителем і громадським діячем митрополитом *Петром Могилою* за підтримки гетьмана Петра Конашевича – Сагайдачного. На той час вона звалась Богоявлена Братська школа і була добре відомим освітнім закладом у Східній Європі, звідки Московщина весь час брала кадри для розвитку науки та освіти у себе. Звідти був узятий Петром I знаменитий *Феофан Прокопович*, який і заснував у Петербурзі Російську Академію Наук і був її першим президентом.

За часів Хмельниччини та гетьмана Івана Мазепи в Харкові, Полтаві та Чернігові були створені Колегії за взірцем Колегії, які існували у Львові, Луцьку і Вінниці. Україна тоді була висококультурною країною. Знаменитий арабський мандрівник *аль Халебі*, відомий в Європі під прізвиськом *Павла Алепського*, в своїх описах подорожей Східною Європою відзначав: “По всій Козацькій землі (Україні) ми помітили прегарну рису, що нас дуже здивувала: всі вони, за малим винятком, навіть здебільшого їх жінки та дочки, вміють читати та знають порядок богослужби та церковний спів.” В той час як у Московії навіть цар та бояри не тямали грамоти і не вміли навіть підписатися. Треба було 300 років царського правління, щоб перетворити покріпачену Україну всуціль безграмотну країну, якою вона була на 1917 р.

Треба відзначити, що в тодішніх освітянських закладах алхімія не привилася. Але в Києво-Могилянській Академії на філософському курсі викладалась фізика – загальне вчення про природу, включаючи й елементи хімії.

Університети в Україні до 1917 р.

Найстаріший **Львівський** університет був заснований в 1661 р. Значно пізніше цей університет відіграв важливу роль в розвитку органічної хімії в Україні. З цим університетом пов'язане ім'я видатного українського біохіміка **Івана Горбачевського** (1854-1942), викладача у Відні та Празі, ректора Українського університету в Празі. Він вперше синтезував сечову кислоту із сечовини та гліцину (1882), опрацював українську хімічну термінологію, написав підручник з органічної хімії, один із кращих на той час у Східній Європі. У Львівському університеті працював професор **Мар'ян Смолуховський** – творець (розробник) молекулярно-кінетичної теорії броунівського руху. З цим університетом тісно пов'язана діяльність НТШ – наукового товариства ім. Шевченка.

Харківський університет був заснований в 1803 р. видатним українським вченим **Василем Каразіним** (1773-1842), відомим своїми працями про видобування селітри, консервування продуктів, із метеорології, агрономії, селекції, а також своїми винаходами. Переслідувався царизмом за ліберальні проекти з перебудови державного та господарського управління. Першим професором хімії був німець **Шнауберг**, якого на цю посаду рекомендував сам Гьоте попечителю Харківського учбового округу графові Потоцькому. Працював він в основному над аналізом природних мінеральних ресурсів Харківщини. Його наступником в 1804 р. став теж німець **Йоганн Гізе** (1781-1821), який пробув професором Харківського університету до 1814 р., а з 1814 р. став професором Дерптського (нині Тартуського, Естонія) університету. Він надзвичайно багато зробив для становлення хімії у цьому учбовому закладі та на Україні взагалі.

Гізе разом із **Давидом Ієронімом Грінцелем** (1776-1836), прибалтійським хіміком та фармацевтом видавав "Russische Jahrbuch fur die Chemie und Pharmacie" (Російське щорічне видання з хімії та фармації) (1803-1810), яке складалося з п'яти томів. Перші 2 томи присвячені металам, 3-й том – оксидам металів та кислотам, 4-й – солям, 5-й – органічним сполукам. Він запропонував сучасну назву для **Берилію**, який раніше називали Гліцинієм. Займався хімічним аналізом і застосовував об'ємні методи визначення поташу та соди оцтовою кислотою, а в якості індикатора використовував настойку фіалки. Знайшов метод розпізнавання чавуну, заліза та сталі дією на поверхню металу каплі HNO_3 (на залізі пляма сріблиста, на сталі – чорна за рахунок вуглецю, що виділяється зі сталі).

Дуже помітною фігурою того часу в галузі неорганічної та фізичної хімії був професор **Бекетов Микола Миколайович** (1827-1911), випускник Казанського університету, який спочатку працював у Зініна в Медико-хірургічній академії, а з 1855 р. по 1886 р. працював у Харківському університеті, очолюючи з 1857 р. кафедру хімії. Його вважають одним з основоположників фізичної хімії, адже він в 1864 р. у ХДУ заснував фізико-хімічну лабораторію, а в 1865 р. – фізико-хімічне відділення. Це було перше фізико-хімічне відділення у вузах Європи. Він став засновником видатної харківської школи фізико-хіміків, наступником якої стала школа **Миколи Аркадійовича Ізмайлова** (1907-1961). Ізмайлов займався, головним чином, неводними розчинами електролітів, розробив кількісну теорію дисоціації електролітів у розчинах, розвинув теорію дії скляного електрода, розробив адсорбційні методи виділення морфіну з маку (Ізмайлов написав підручник з електрохімії, який не втратив фундаментального значення і зараз).

Видатну школу хіміків-органіків створив у Харківському університеті професор **Лаврушин Володимир Федорович**, який був почесним доктором ряду університетів світу. Треба підкреслити, що в кінці XIX-го та на початку XX-го століття Харківський університет не мав конкурентів на Україні в галузі хімії та був тут провідним хімічним центром і кузницею хімічних кадрів.

Київський університет заснований в 1834 році. Одним із засновників і першим ректором університету був видатний український учений-енциклопедист – природознавець, філософ, історик, ботанік **Михайло Максимович** (1804 – 1873).

Першим професором хімії у ньому був **С. Зенович**, який розпочав свою роботу із пошуків засобів на відкриття хімічної лабораторії. Вона була організована в травні 1834 року, мала, крім професора, ще й 1-го лаборанта, містилася у двох маленьких кімнатках підвального приміщення приватного будинку і мала лише те устаткування, яке Зенович привіз із Волинського ліцею, де він до цього викладав хімію, мінералогію та технологію. Не вистачало ні устаткування, ні реактивів (як і тепер). Проте і сам університет тоді не мав власного будинку.

Новий будинок лабораторії був побудований в 1873 році. Тут першим завідувачем кафедри органічної хімії був професор **Петро Алексєєв**, який друкував огляди з органічної хімії в “**Университетских известиях**” російською мовою, оскільки на той час українська була офіційно заборонена, за неї карали звільненням із роботи. Він написав підручник з органічної хімії. Видатною особистістю також був професор **Сергій Реформатський**, відомий своїми синтетичними дослідженнями. Він виховав тут плеяду українських хіміків-органіків: **Е. Гришкевича – Трохимовського, Я. Михайленко, В. Яворського, М. Ждановича**. Проте хімічний факультет був утворений лише в 1905-1906 роках, але матеріальний його стан залишався важким.

Уже при радянській владі в Київському університеті працював академік **Андрій Кіпріанов**, тепер тут існує відома школа академіка **Ф.Бабичева**. Велику роль відігравала кафедра аналітичної хімії академіка **А. Бабко**, кафедра неорганічної хімії професора **Голуба**, який дуже багато зробив для розвитку української хімічної термінології.

Одеський університет був відкритий 1 травня 1865 року на базі Рішельєвського ліцею. Першим професором органічної хімії був **Микола Соколов**, прихильник учення Жерара – Лорана. Він заснував у цьому університеті першу хімічну лабораторію. Тут 2 роки очолював кафедру хімії і викладав **В.В. Марковніков**. Також професор **П. Мелікішвілі** разом із **Львом Писаржевським** працював над проблемою пероксидних кислот. В цьому ж університеті розпочинав свою хімічну діяльність і **Микола Дмитрович Зелінський** – винахідник першого в світі вугільного протигазу. Випускник цього університету, хімік-органік **П. Петренко-Критченко** 40 років працював тут у галузі гетероциклічних сполук.

Хоча до революції в Одеському університеті переважали дослідження в області органічної хімії, тут розвинулась і міцна школа з фізичної хімії професора **О. Саханова**, що вивчала неводні розчини електролітів. З цієї школи вийшов відомий учений, академік **О. Фрумкін**, який виконав в Одесі частину своїх знаменитих досліджень з електрокапілярних явищ.

Університет “**Львівська політехніка**” (колишній політехнічний інститут, первісна назва – Технічна академія) був заснований в 1844 році. Це був один із перших таких закладів, які стали тільки відкриватися в Європі, починаючи з Паризької політехніки. Його створення на півстоліття випередило відкриття аналогічних закладів у Росії. Він завжди мав і готував добрі хімічні кадри.

Чернівецький та **Дніпропетровський** університети були засновані відповідно в 1875 та в 1916 роках. Усі створені до революції університети після перемоги більшовиків були перетворені на якісь народні учбові заклади, яким лише в 1933 році повернули статус університетів.

Донецький університет (тепер уже Національний) був заснований в 1965 році академіком НАН України **Литвиненком Леонідом Михайловичем** (1921-1983) на базі колишнього Педагогічного інституту, де вчився, до речі, великий український поет, замучений у гулазі, **Василь Стус**. Відразу ж був створений і хімічний факультет університету. Першим завідувачем кафедри органічної хімії став перший ректор університету академік **Л.М. Литвиненко**. Першим завідувачем кафедри фізичної хімії був академік **Роман Володимирович Кучер** (1925 – 1991).

Початок ХХ століття позначився зростанням національної свідомості українського народу, пробудженням в українців прагнення до освіти, культури, до

національного самопізнання. Зі створенням у березні 1917 року в Києві Центральної Ради розпочався процес демократизації суспільного життя, розв'язання наболілих соціально-культурних питань.

За доби гетьманського уряду в Житомирі стало відомо, що із Кишиніва переводиться до одного з українських міст учительський інститут. Саме тому в червні 1918 року губернська управа звернулася до Міністерства освіти з проханням перевести Кишинівський учительський інститут до Житомира.

Порівняно легко визначилися з приміщенням для вузу. Ним став будинок, споруджений ще в 1862 році за спеціальним призначенням як навчальний корпус для Житомирської чоловічої гімназії, що перестала функціонувати в 1918 році. Саме в цьому будинку 16 жовтня 1919 року відкрився педагогічний інститут — перший вищий навчальний заклад у Поліському краї. Він успадкував матеріальну базу гімназії, її бібліотеку, музей, метеорологічну станцію. Спочатку називався Волинським, а згодом Житомирським педагогічним інститутом.

Справу організації педагогічної ради було доручено активному громадському діячові, досвідченому працівникові народної освіти, відомому фольклористу-етнографу і знавцю української мови **Петру Никандровичу Абрамовичу**, який очолив раду і став першим директором (ректором) інституту. Серед перших викладачів інституту були відомий дослідник природи Полісся, фізик і метеоролог **М.П. Кудрицький**, який до 1901 року працював у Коростишівській учительській семінарії (там він написав книгу «**Клімат Коростишева**», яка на Паризькій всесвітній виставці в 1900 році одержала бронзову медаль). Через кілька днів до складу викладачів були залучені ще фахівці, серед них **С.В. Більський** — дослідник поліських надр, геолог; **Ю.Ю. Бругер** — зоолог; **О.Г. Поздняков** — хімік і ботанік. Згодом до колективу приєдналися викладачі дворічних педагогічних курсів: історик **М.П. Лятошинський**, батько композитора **Бориса Лятошинського**, математики **С.С. Олійник**, **А.Є. Олійниченко**, літератор **О.О. Ричков**.

16 жовтня 1919 року о 18-й годині розпочалися заняття на трьох факультетах інституту: словесно-історичному, фізико-математичному та природничо-географічному.

Свій перший випуск інститут зробив у 1922 році, коли урочисто направив на роботу в школи губернії своїх вихованців. Серед них були **О.Ф. Лаговська**, **О.Я. Теодорович**, **К.Д. Прищенко**, які стали відомими вчителями, а також **М.В. Хомичевський (Борис Тен)**, яким завжди буде пишатися Житомирський педуніверситет.

1926 рік був знаменним в історії інституту. Український народ разом з прогресивною громадськістю світу відзначав 70-річчя з дня народження І.Я. Франка. На клопотання трудящих вшанувати пам'ять Івана Франка уряд України прийняв рішення про присвоєння його імені Житомирському інституту народної освіти.

Національна Академія Наук України. Профільні інститути.

В розвитку хімії на Україні дуже велике значення, що виходило за рамки України, відіграли інститути системи Академії наук України та науково-дослідницькі інститути прикладного характеру (в тому числі й оборонного). Академія наук (до 1936 року УУАН — Усеукраїнська Академія Наук) була створена за указом гетьмана Скоропадського в 1918 році. Першим її президентом був всесвітньо відомий учений, академік **Володимир Іванович Вернадський** (1863-1945), який ще в 1918 році заснував при АН хімічну лабораторію. В 1931 році виникло відразу два інститути: **Інститут хімії**, куди входили лабораторії з неорганічної, аналітичної, фізичної та органічної хімії, та **Інститут хімічної технології** Академії Наук.

В 1945 році Інститут хімії розділився на **Інститут загальної й неорганічної хімії АН** та **Інститут органічної хімії (ІОХ АН)**. Останнім керував академік **Андрій Іванович Кіпріанов** (1896-1972), який переслідувався комуністами і був знятий з

роботи за праці з теорії кольору барбників та будови органічних сполук, де використовувалася теорія резонансу Лайнуса Полінга – двічі лауреата Нобелівської премії (наукової саме за теорію резонансу за 1954 та миру за 1962 рік) та лауреата Ленінської премії миру (о парадокс!) за 1970 рік. Директором ІОХ АН України в 1960 році став академік **Олександр Васильович Кірсанов** (праці в галузі фосфоро- та сіркоорганічних сполук), якому радянська влада пробачила те, що він, як учень російського хіміка, одного з творців фармацевтичної промисловості в СРСР **О.Є. Чічібабіна** (1871-1945, емігрував у Францію в 1930 році), хотів через Туреччину втекти до вчителя, але був затриманий на морі.

В 1927 році в Дніпропетровську створено перший у колишньому СРСР науково-дослідний **Інститут фізичної хімії** на базі науково-дослідної кафедри електронної хімії на чолі з директором академіком **Левом Писаржевським** (1874-1938), переважаюча кількість робіт якого присвячена електронній хімії. В 1934 році цей інститут увійшов у систему АН України.

В 1965 році згаданий вище академік **Л.М. Литвиненко** заснував у Донецьку теперішній **Інститут фізико-органічної хімії й вуглехімії** АН (ІнФОВ АН). В 1977 році був організований Фізико-хімічний інститут АН в Одесі, першим директором якого став академік **О.Богатський**.

Значні сили хіміків були зосереджені також і в політехнічних інститутах, найбільш відомими з яких є Київський (заснований у 1888 році) та Харківський (заснований у 1885 році).

Інститут фізики напівпровідників імені В.Є. Лашкарьова НАН України було засновано у 1960 році на базі відділів та лабораторій Інституту фізики АН УРСР на виконання постанови Ради Міністрів УРСР від 3 вересня 1960 р. №1449 «Про організацію у складі Академії наук УРСР Інституту напівпровідників» та відповідної постанови Президії АН УРСР від 7.10.1960 р.

На той час в Інституті фізики діяли наукові школи з фізики нерівноважних процесів у напівпровідниках і теорії напівпровідників, очолювані академіком АН УРСР, проф. **Вадимом Євгеновичем Лашкарьовим** і д.ф.-м.н., проф. **Соломоном Ісаковичем Пекарем**.

Великий внесок у створення і організацію подальшої діяльності Інституту зробили також перші керівники науково-дослідних відділів і лабораторій, створених у 1960-1961 роках: д.ф.-м.н. М.Ф. Дейген, к.ф.-м.н. М.П. Лисиця, д.ф.-м.н., проф. В.І. Ляшенко, к.х.н. І.Б. Мізецька, к.ф.-м.н. О.Г. Міселюк, к.ф.-м.н. А.І. Даценко, к.ф.-м.н. Е.Й. Рашба, к.т.н. С.В. Свєчніков, к.ф.-м.н. О.В. Снітко, к.ф.-м.н. Г.А. Федорус.

У 1992 р. Інститут напівпровідників перейменовано на «Інститут фізики напівпровідників», а в 2003 р. Інституту присвоєно ім'я В.Є. Лашкарьова. З 1960 р. по 1970 р. першим директором Інституту був академік АН УРСР **Вадим Євгенович Лашкарьов** (1903-1974 рр.). З 1970 р. по 1990 р. Інститут очолював академік АН УРСР **Олег В'ячеславович Снітко** (1928-1990 рр.). З 1991 р. по 2003 р. директором Інституту був академік НАН України **Сергій Васильович Свєчніков**. З 2003 р. по 2014 р. Інститут очолював академік НАН України **Володимир Федорович Мачулін**. З 2014 р. Інститут очолює член-кореспондент НАН України **Олександр Євгенович Беляєв**.

Інститут хімії поверхні імені О.О. Чуйка НАН України було створено 8 травня 1986 року як першу в Радянському Союзі академічну установу з вивчення фундаментальних та прикладних проблем хімії, фізики та технології поверхні твердого тіла. Його основою стало Відділення хімії поверхні (два наукових відділи та Спеціальне конструкторсько-технологічне бюро) Інституту фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського АН УРСР. Засновником та директором Інституту впродовж 1986 – 2006 рр. був академік НАН України **Олексій Олексійович Чуйко** (1930 – 2006). Сьогодні установу очолює академік НАН України **Микола Тимофійович Картель**.

До числа найбільш суттєвих одержаних в Інституті результатів, що сприяли подальшому розвитку хімічної науки, слід віднести наступні:

- встановлено основні закономірності реакцій заміщення атома водню в структурних силанольних групах, процесів заміщення груп біля атома силіцію, реакцій приєднання та елімінування;
- розвинуто уявлення про вплив протоно- та електронодонорних молекул на перебіг хімічних реакцій за участю центрів поверхні кремнезему;
- виявлено особливості процесів адсорбційного і хімічного модифікування поверхні оксидних та вуглецевих матеріалів різноманітними неорганічними і органічними сполуками, полімерами, лікарськими та біологічно активними речовинами.

Хімічна промисловість в Україні. Азотна промисловість в Україні.

В 1913 році на території тодішньої Росії і на Україні шляхом промивки сірчаною кислотою газів коксохімічних заводів отримували всього 0,8 % від світового виробництва сульфату амонію. Азотну кислоту, необхідну для виробництва вибухівки, отримували з чилійської селітри, яку в роки Першої світової війни завозили через Владивосток та транспортували залізною дорогою через усю країну в центральні райони країни на порохові заводи. В СРСР імпорт чилійської селітри тривав аж до 1932 року.

В зв'язку з труднощами імпорту селітри з Чилі в Росії, як і в Германії, виникла нагальна потреба в її заміні. Проблему вирішив талановитий російський хімік-технолог **Іван Іванович Андрєєв** (1880 – 1919), який в 1915 році розробив спосіб одержання азотної кислоти шляхом окиснення амоніаку, джерелом якого був коксовий газ, що окислювався в присутності платинового каталізатора. В 1916 році він побудував у Макіївці на коксовому заводі дослідно-промислову установку. За його проектом у рекордно короткий строк (за 1 рік) у Юзівці був побудований азотний завод (нині Донецький завод хімреактивів) з виробництва азотної кислоти та аміачної селітри. За технікою обладнання контактного відділу завод на той час був найкращий у світі, тут уперше в якості каталізатора замість складних спіралей Оствальда були застосовані платинові сітки. Діаметр контактних апаратів становив 30 см, тоді як в апаратах Оствальда – 10 см. Вартість будівництва заводу була в 6 раз меншою, ніж заводу подібної потужності, побудованого англо-норвезькими фірмами. Будівництвом заводу відала комісія з російських хіміків та інженерів під керівництвом академіка **Володимира Миколайовича Іпатьєва** (1867 – 1952). Після реконструкції в 1923 році цей завод випускав крім азотної кислоти амонійну та калієву селітри, нітрит натрію, нітробензол, нашатирний спирт та вуглекислий амоній. Юзівський завод став базою підготовки кадрів для майбутніх підприємств азотної промисловості в СРСР.

Безумовно, коксового амоніаку не вистачало для задоволення потреб промисловості в азотній кислоті та нітратах. Проблема могла бути розв'язана лише розробкою методів фіксації атмосферного азоту. Виробництво синтетичного амоніаку в СРСР було розпочато з використанням закордонного обладнання на Чорноріченському хімічному заводі, де готувались технічні кадри для Горлівського азотнотукового заводу в Донецькій області. Проект цього першого на Україні заводу з виробництва синтетичного амоніаку розробила в 1929 році азотна група при Діпрококсі (м. Харків). Перша черга заводу була побудована протягом 1929 – 1933 року, причому, паралельно з виробництвом синтетичного амоніаку з використанням водню коксового газу було також запущено виробництво азотної кислоти та аміачної селітри. Друга черга заводу, оснащена вітчизняним обладнанням, була уведена в експлуатацію в 1937 році.

В 1934 році було закладено азотнотуковий завод у м. Каменському (нині Дніпродзержинськ). Першим було уведено в експлуатацію в 1938 році цех синтезу амоніаку, на повну потужність завод вийшов в 1940 році. Цей завод став першим на Україні виробництвом, яке було спроектовано, побудовано, оснащено повністю

вітчизняним обладнанням та введено в експлуатацію своїми спеціалістами без іноземної допомоги.

Після Другої світової війни, як Горлівський, так і Дніпродзержинський заводи були повністю відбудовані. Паралельно з цим створювалися нові азотні виробництва. Так, в 1951 році на Лисичанському (пізніше Сіверськодонецькому) комбінаті було введено в експлуатацію цехи азотної кислоти та аміачної селітри, які працювали на привозному амоніаку. А в 1953 році на цьому комбінаті стали виробляти продукцію на основі синтетичного амоніаку. В 1965 році став давати продукцію Черкаський завод мінеральних добрив, а в 1969 році Рівненський хімічний комбінат з виробництва рідкого амоніаку та аміачної води на базі природного газу Дашавського родовища.

Промисловість барвників та напівпродуктів в Україні.

Текстильна промисловість Росії до Першої світової війни отримувала барвники та напівпродукти з Німеччини. Після початку війни постачання припинилось. З метою створення промисловості барвників та проміжних продуктів у кінці 1914 року в Москві було організовано Російське акціонерне товариство хімічної промисловості “Російсько-фарба”. Відразу ж розпочалось будівництво хімічного заводу біля станції Рубіжне (Донбас). Близькість вугільних шахт, коксобензолних заводів, содового заводу, багаті поклади кам'яної солі, значні масиви вапняку забезпечували завод дешевою сировиною. Система озер та наявність артезіанських вод розв'язали задачу водопостачання.

Власники заводу збиралися організувати тут виробництво барвників та органічних напівпродуктів, але з початком війни виникла потреба в сірчаній кислоті, фенолі тощо. Тому в 1916 році рубіжанський завод розпочав випускати сірчану кислоту і фенол. Виробництво фенолу провадили шляхом сульфування бензолу та лужного плавлення бензолсульфокислоти.

Націоналізований після громадянської війни рубіжанський завод був об'єднаний з поряд розміщеним заводом “Коксобензол” в одне підприємство під назвою “Червоний прапор”. Розпочалося інтенсивне відновлення заводу та будівництво нових цехів. В 1933 році завод освоїв випуск чорного барвника нігрозину, сурику, глауберової солі, в 1924 році – сульфідного чорного та коричневого барвників на основі динітронфтолу. В 1926 році були запуснені два нових виробництва – саліцилової кислоти та бета-нафтолу, що мало велике значення для анілінофарбної промисловості всього СРСР.

В 1929 – 1931 рр. на цьому ж заводі запуснені цехи нітробензолу, нітрохлорбензолів, хлорбензолу, аніліну, алкокси- та оксинітроамінів, хлору, соляної та сірчаної кислот. В 1932 році був запуснений перший промисловий цех з виробництва фталевого ангідриду з нафталіну. В тому ж році завод був перейменований на Рубіжанський хімічний комбінат.

Оскільки на початку 30-х років на комбінаті отримували лише нігрозин та сульфідні барвники, вимагалось організувати виробництво азотолів та кубових барвників. Азотолі є ариламидами бета-оксинафтойної кислоти, яку отримують карбонізацією безводного нафтолята натрію вуглекислим газом. Азотолі застосовуються для одержання нерозчинних у воді азобарвників безпосередньо на текстильному волокні (для якісного фарбування, щоб фарба довго трималася) шляхом азопоеднання з ароматичними діазосполуками. Будівництво дослідно-промислового цеху з виробництва азотолів було завершено в 1934 році. А в 1935 році на комбінаті було налагоджено виробництво такого кубового барвника як індиго.

Необхідність термінового забезпечення гумотехнічної промисловості антиустарювачем гуми неозоном Д (N-феніл-β-нафтиламін) змусила в 1935 році запустити на Рубіжанському хімкомбінаті його багатотоннажне виробництво, проминувши стадію попередньої перевірки на пілотних установках. До 1941 року на Рубіжанському комбінаті було освоєно випуск восьми марок кубових барвників, у виробничих цехах в передвоєнний період отримували біля семидесяти найменувань

органічних напівпродуктів, а з неорганічних продуктів – сірчану та азотну кислоти, хлор, каустик (гідроксид натрію), сульфід натрію. Після війни Рубіжанський комбінат був повністю відбудований та реконструйований, його потужність та асортимент продукції значно збільшились. Основні напрямки роботи комбінату: виробництво барвників та напівпродуктів для них; виробництво матеріалів для промисловості пластичних мас; одержання багатотоннажних органічних продуктів для анілінофарбної, гумової, медичної та інших галузей промисловості; випуск хімікатів для сільського господарства та товарів побутової хімії.

До 40-х років єдиним малоефективним способом одержання синтетичного фенолу в СРСР було лужне плавлення бензолсульфокислоти. Перша стадія процесу – одержання бензолсульфокислоти – проводилась в малопродуктивних котлах періодичної дії. Пізніше було розроблено більш продуктивний неперервний процес сульфування бензолу шляхом барботування його парів через сірчану кислоту. На Рубіжанському хімкомбінаті цей спосіб було впроваджено в 1928 році.

В 1942 році хімік-органік **Рудольф Юрієвич Удріс** (1899 – 1949) відкрив реакцію рідиннофазного окиснення кумолу до гідропероксиду та його наступного кислотного розщеплення з утворенням фенолу та ацетону. В 1942 – 1949 роках Р.Ю. Удріс разом із **П.Г. Сергєєвим**, **Б.Д. Кружаловим** та **М.С. Нємцовим** розробили кумольний метод синтезу фенолу та ацетону, який за економічністю займає одне з перших місць серед хімічних процесів, що з'явилися в світовій промисловості органічного синтезу в останній період. Уперше у світі цех виробництва фенолу кумольним способом був уведений на Дзержинському ВО "Оргсинтез" (м. Дзержинськ біля станції Ясиновата Донецької області).

Деякі видатні українські хіміки.

Алексєєв Петро Петрович (1840-1891) закінчив Петербурзький університет зі ступенем кандидата природничих наук. За власні кошти 1860-1864 р.р. подорожував і знайомився з закордонними хімічними лабораторіями. Був певний час у лабораторіях Вюрца (Париж), Ерленмейєра (Гейдельберг), Штреккера (Тюбінген), Велера (Гетінген). В 1864 р. І.А. Тютчев передав П.П. Алексєєву запрошення зайняти місце доцента кафедри хімії Київського університету. Саме він з осені 1864 р. почав читати органічну хімію у Київському університеті, а неорганічну хімію читав проф. І.А. Тютчев.

До кола наукових інтересів П.П. Алексєєва входила хімія азосполук, частково хімія анілінових барвників. Особисто він надрукував 37 наукових робіт та ще 44 виконано під його керівництвом учнями, з яких найбільш плідно працювали Я.Н. Барзиловський, І.А. Кисель, Н.В. Молчановський, Н.В. Володкевич, В.Д. Поспєхов, Н.Н. Успенський. Вчений досконало володів німецькою, французькою та італійською мовами. Проф. Алексєєв 25 років підряд читав курс органічної хімії в Київському університеті і видав чотири підручники:

1. **"Лекции органической химии"** (Київ, 1868-1873) пізніше перетворились на курс **"Органическая химия"**, який витримав три видання - у 1877, 1880 та 1884 роках.
2. **"Методы превращения органических соединений"**, Київ, 1889.
3. **"Анализ газов"**, Київ, 1887.
4. **"Элементарный органический анализ"** - надруковано у книзі "Аналитическая химия", що вийшла у Петербурзі у 1866 р. під загальною редакцією Д.І. Менделєєва.

Громадська діяльність проф. П.П. Алексєєва помітна не лише у рамках Києва, але й на тлі імперії. Він працював у міській управі, один час був навіть депутатом міської думи. Вчений був одним з засновників Російського хімічного товариства (1868), членом редакції Журналу Російського фізико-хімічного товариства, підтримував тісні дружні стосунки з відомими хіміками О.П. Бородиним, О.М. Бутлеровим та Д.І. Менделєєвим.

Ададуров Іван Євграфович (1879-1938) – вдосконалив технології виробництва сульфатної та нітратної кислот і їх солей.

Бекетов Микола Миколайович (1827-1911) – харківський професор і ректор; виклав теорію витіснення металів, установив ряд активності металів, дав формулювання закону діючих мас, описав відкритий ним метод відновлення металів (алюмінотермія).

Бунге Микола Андрійович (1842-1915) – працював у галузях електрохімії та хімічної технології. Досліджував електроліз розчинів і органічних сполук, удосконалив методику газового аналізу. Вивчав процес виробництва цукру з цукрового буряку та умови його перебігу. Зробив вагомий внесок у розвиток вітчизняної цукрової промисловості.

Вернадський Володимир Іванович (1863-1945) – засновник геохімії, біогеохімії та радіогеології, космізму. Збагатив науку глибокими ідеями, що лягли в основу нових провідних напрямків сучасної мінералогії, геології, гідрогеології, визначив роль організмів у геохімічних процесах. Організатор та директор Радієвого інституту (1922—1939), Біохімічної лабораторії (з 1929; зараз Інститут геохімії та аналітичної хімії НАН України ім. Вернадського). Дійсний член НТШ та ряду інших академій (Паризької, Чеської). Перший президент Академії наук України.

Горбачевський Іван Якович (1854-1942) – автор понад сорока ґрунтовних наукових праць переважно експериментального характеру з біологічної хімії. Він першим у світі здійснив синтез сечової кислоти з гліцину. Одним з перших вказав, що амінокислоти є складовими білків. Встановив шляхи утворення сечової кислоти в організмі. Відкрив фермент ксантиноксидазу. Його заслугою стало також те, що вчений запропонував нову методику визначення вмісту азоту в сечі та інших речовинах. Створив підручники з органічної і неорганічної хімії.

Зелінський Микола Дмитрович (1861-1953) – провів низку досліджень зі встановлення органічного походження нафти, дослідив хімічний склад продуктів її переробки, синтезував низку органічних сполук, в тому числі бензен з ацетилену та винайшов вугільний протигаз.

Кістяківський Володимир Олександрович (1865-1952) – автор низки фундаментальних закономірностей у фізичній хімії, зокрема у електрохімії. Робив досліді з електрохімії магнію, хрому, заліза, алюмінію та інших металів.

Корнілов Михайло Юрійович (народився у 1937 році) – випускник Київського університету (1959). В різні роки проходив стажування у проф. З. Арнольда (Прага, Чехія) та проф. Р.М. Ачесона (Оксфорд, Англія). Захистив під керівництвом А.І. Кіпріанова у 1965р. кандидатську дисертацію на тему: "Ионогенное присоединение галоидов к бисметиленовым основаниям азотистых гетероциклов". В 1980 році захистив докторську дисертацію на тему: "Исследование конформаций и структуры пяти- и шестичленных гетероароматических соединений, содержащих азот, кислород, серу и селен, методами ЯМР и электронной спектроскопии с применением ЭВМ".

З 1981 року професор кафедри, у 50 років очолив її (1988). З 1995 р. Соросівський професор.

З 1982 р. читає загальний курс органічної хімії. Ініціатор викладання студентам курсу з фізичних методів дослідження хімічних сполук (з 1967 р.). У різні роки читав спецкурси з хімії антибіотиків, спецкурс з електронної теорії органічних сполук.

Автор посібника з хімії для вчителів "**Будова і властивості органічних сполук**" (1971р., разом з Ф.С. Бабичевим). Для студентів та викладачів написав "**Довідник з хімії**" (разом з А.І. Гончаровим), який витримав три видання (1974, 1977, 1979 рр), "**Тлумачний довідник з теоретичної хімії**" (1998 р., разом з 4 авторами), підручник "**Ядерний магнітний резонанс в хімії**" (1985 р., разом з Г.П. Кутровим), посібники "**Ядерний магнітний резонанс у запитаннях і відповідях**" (1995р., разом з О.В. Туровим, Р. Борсдорфом, Е. Кляйнпетером), "**С.М. Реформатський та його**

знаменита реакція" (1997р., разом з 4 авторами), "Термінологічний посібник з хімії" (1996, разом з О.І. Білодідом та О.А. Голубом) та "Англо-українсько-російський словник. Хімія" у двох томах (1994, разом з 3 соавторами). "Чотиримовний (англо-німецько-українсько-російський) комп'ютерний словник з формулами для хіміків" (2000).

Палладін Олександр Володимирович (1885-1972) – засновник ряду актуальних наукових напрямків, що стали основою сучасної біохімії і молекулярної біології, теоретичної і практичної медицини. Серед них біохімія нервової діяльності (нейрохімія), м'язевої діяльності, харчування, зокрема біохімія вітамінів, гіпо- та авітамінозних станів, порівняльна й еволюційна, а також біохімія спорту.

О.В. Палладін – один із засновників міжнародного нейрохімічного товариства, товариств фізіологів, біохіміків і фармакологів СРСР і України, Харківського медичного товариства, Товариства «Знання» України, а також засновник «Українського біохімічного журналу» і міжнародних журналів «The Journal of Neuroscience», «The International Journal of Neuroscience». У 1924 р. видано перший в СРСР «Підручник фізіологічної хімії» О.В. Палладіна, що протягом 30 років був єдиним, витримав 25 видань дев'ятьма мовами. Наукова школа О.В. Палладіна налічує понад 150 докторів і кандидатів наук, що працюють у різних кінцях світу.

Писаржевський Лев Володимирович (1874-1938) – наукова діяльність вченого була присвячена вивченню пероксидних сполук, дослідженню ролі розчинників в хімічних процесах та створенню основ електронної хімії. Вчений створив основи електронної теорії окислювально-відновлювальних реакцій, запропонував теорію гальванічного елементу, яка враховує термодинамічну рівновагу між іонами та електронами в металі. Створивши електронну теорію каталізу, увів уявлення про роль електронів провідності при взаємодії твердого каталізатора як єдиного цілого з молекулою реагента. В підручнику «Вступ до хімії» (1926) вперше виклав весь матеріал хімії з позиції електронної теорії будови атомів і молекул.

Реформатський Сергій Миколайович (1860-1934) – випускник Казанського університету, учень відомого хіміка О.М. Зайцева. В 1889 р. захистив в Казані магістерську дисертацію на тему: "Пределные многоатомные алкоголи". Майже два роки знайомився з досвідом роботи німецьких університетів у Гейдельберзі, Гьотінгені та Лейпцізі. В 1890 р. у Варшавському університеті захистив докторську дисертацію на тему: "Действие смеси цинка и монохлоруксусного эфира на альдегиды и кетоны".

В Києві С.М. Реформатський написав відомий по всій Російській імперії підручник "Начальный курс органической химии", який, починаючи з 1893 р., витримав 17 видань. У 1899 р. разом зі своїм першим учнем Я.І. Михайленком вчений видав "Таблицы качественного химического анализа", що витримали 3 видання. Для початківців у хімії він видав посібник "Элементарные сведения по химии", який перевидавався також тричі і останній раз у 1929 р. Він першим в університеті організував роботу студентського наукового фізико-хімічного гуртка. Особисто С.М. Реформатський опублікував 53 друковані праці.



Рис. 59. М.І. Усанович

Усанович Михайло Ілліч (1894 – 1981). В 1981 році московське видавництво «Мир» випустило з друку книгу німецьких авторів «Біографії великих хіміків». Серед тих кого автори цієї книги віднесли до числа знаменитостей є і **Михайло Ілліч Усанович**. Про наукову діяльність цього видатного вченого-хіміка, академіка, заслуженого діяча науки мало хто знає навіть на його «малій батьківщині» - у Житомирі.

Народився Михайло Усанович 16 червня 1894 року у місті Житомирі, в родині відомого лікаря-дантиста, що мешкала в триповерховому будинку по вулиці Михайлівській, 22 (нині тут музична школа). Освіту здобував у Першій житомирській

чоловічій гімназії (нині тут фізико-математичний факультет Житомирського університету ім. Івана Франка) і в Київському університеті на природничому відділенні фізико-математичного факультету.

Наукову діяльність розпочав співробітником біогеохімічної лабораторії Академії наук України, яку створив академік В.І. Вернадський.

Надалі молодому Михайлу Усановичу довелося працювати в кількох установах Житомира і Києва. Зокрема в 1920 році в Житомирському інституті народної освіти (тепер фізико – математичний факультет) та викладати хімію в школах рідного міста тощо.

Перші наукові уявлення про кислоти і основи почали з'являтися десь із середини XVII століття. Тоді вже дещо знали про кислоти, луги і продукти їх взаємодії – солі. Це був період, коли висувалися і відкидалися механічні, флогістонні, кисневі і водневі теорії кислот, кожна з яких пов'язувалась з певним носієм кислотності. У зв'язку з розвитком хімії число речовин, що мали кислотні властивості постійно зростало і вони не вписувались в рамки тієї чи іншої теорії. Створення С. Арреніусом теорії електролітичної дисоціації (1887) – це досить важливий етап на шляху розвитку уявлень про кислоти і основи. Згідно цієї теорії кислота і основа – це сполуки, що утворюють при дисоціації у воді гідроген-йони і гідроксид-йони відповідно. Дана теорія добре пояснювала електропровідність водних розчинів. Проте вона неспроможна була пояснити, що відбувається з речовинами у неводних розчинах і в газовому середовищі.

Факти такого роду сприяли появі у 1928 – 1929 роках чергової теорії кислот і основ Йохансена Бренстеда і Томаса Лаурі. Відповідно до цієї теорії, кислота – це речовина, що прагне віддати протон, а основа – речовина, що прагне його приєднати. Бренстед і Лаурі вже відмовилися від ОН-групи як єдиного носія основності, тобто вони вийшли за межі водних розчинів. Однак вони не відмовлялися від твердження: гідроген є єдиним носієм кислотності, хоча в той час уже було відомо: не всі кислоти містять протон.

Такими були уявлення про кислоти і основи, коли М. І. Усанович приступив до вивчення електропровідності неводних розчинів. Він почав займатися дослідженням неводних розчинів електролітів.

Як розчинник Михайло Ілліч вибрав етери, у яких діелектрична стала була близька до діелектричної постійної води. У дослідях з'ясувалося, що в діетилетері стибій хлорид проводить струм, а в іншому етері, анізолі, - ні. Усанович зробив висновок, що різне поведіння галоїдів в анізолі і в діетилетері не пов'язане з їх діелектричною сталою. Компоненти розчину взаємодіють хімічно, і в результаті з'являється електроліт, тобто йони. Але оскільки з йонів складаються солі, а сіль, у свою чергу, - продукт кислотно-основної взаємодії, то звідси випливає, що електропровідність розчину виникає в результаті кислотно-основної взаємодії між його компонентами: стибій хлоридом і естером. Вчений припустив, що в цих розчинах утворюється сіль, подібна оксонієвим, і виходить, що стибій хлорид–кислота. Таким чином, вивчаючи причини електропровідності розчинів, він прийшов до необхідності більш загального визначення кислот.

Вчений усвідомлював те, що його припущення вимагають всебічного підтвердження. Він вивчив кілька систем, утворених SbCl_3 з органічними основами, що не належать до класу етерів, зокрема з піридином. До своєї радості, він виявив, що при цьому також утворюється сіль. Далі Усанович у такий же спосіб довів кислотність AlCl_3 , AsBr_3 , PBr_3 і інших подібних сполук, які ніяк не можуть бути кислотами відповідно до теорії Бренстеда, оскільки не містять протона.

Вперше вчений коротко написав про це в 1932 році в «Журналі загальної хімії».

Продовжуючи вивчення електропровідності неводних розчинів, Усанович вибрав як об'єкт дослідження досить складну подвійну систему: $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{SO}_4$, що використовується в реакціях нітрування ароматичних сполук. Механізм цієї реакції

вивчали багато хіміків, але тільки М.І. Усанович довів, що дві кислоти, всупереч тодішнім уявленням, реагують між собою. Причому нітратна кислота, будучи сильною кислотою відносно води, відносно більш сильної сульфатної кислоти поводить себе як сильна основа. А це говорить про амфотерність нітратної кислоти:



Приєднання протону до молекули нітратної кислоти можна пояснити утворенням ковалентного зв'язку за донорно-акцепторним механізмом між вільною орбітальною атома Гідрогену та неподіленою електронною парою атома Оксигену. Оскільки у Оксигена є дві неподілені е-пари, то й протонів приєднується два. Позитивний заряд протону розподіляється між атомами Гідрогену і атомом Нітрогену, за рахунок чого молекула кислоти розпадається на дві позитивно заряджені частинки: йон гідроксонію (H_3O^+) та йон нітрозонію (NO_2^+).

Така смілива думка вимагала ретельної перевірки. Усанович поставив досліди з нітрування бензену в присутності різних кислот: сульфатної, оцтової, моно-, ди- і трихлороцтової. В першому випадку реакція пройшла миттєво з утворенням нітробензену. У другому реакція не пішла. У третьому і четвертому досліді реакція спочатку йшла енергійно, а потім зупинилася. При цьому утворилася однакова кількість нітробензену. І нарешті, у присутності трихлороцтової кислоти, рівної за силою сульфатній, як і очікувалося, реакція протікала бурхливо і до кінця, з утворенням нітробензену. (Бензольне кільце реагує саме із нітрозоній-катіоном, зміщуючи рівновагу в бік його утворення).

Таким чином, Усановичу вдалося одержати перше якісне підтвердження своєї гіпотези про амфотерність нітратної кислоти.

На весні 1938 року погляди Усановича на проблему остаточно сформувались, і він написав у ЖОХ статтю «**Про кислоти і основи**». Вона надійшла до друку 7 червня 1938 року, а вийшла у світ в 1939. Звичайно ж Михайло Усанович не знав про те, що всього за кілька днів до цього на іншому континенті американський хімік Гілберт Льюїс послав до друку статтю з такою ж назвою, за що, врешті – решт, а також за теорію хімічного зв'язку отримав Нобелівську премію з хімії!

В 1938 році ВАК за дослідження в галузі фізики та хімії розчинів присудив Усановичу вчений ступінь доктора хімічних наук без захисту дисертації (але це не Нобелівська премія). В той час, коли Усанович заявив про свою теорію, він уже працював в Ташкенті, куди його запросили на посаду завідувача кафедрою фізичної хімії Середньоазіатського державного університету і директора Інституту хімії при САГУ. Пізніше він переїхав в Алма-Ату, де пропрацював більше сорока років.

М.І. Усанович помер в 1981 році, у день свого народження, у віці 87 років. Він не встиг побачити у видавництві «Мир» книгу німецьких авторів «Біографії великих хіміків», що вийшла в тому ж році, у якій його біографія наводиться поряд з біографіями Д.І. Менделєєва, О.М. Бутлерова тощо.

Ім'я Усановича Михайла Іллєча дійсно незнайоме більшості житомир'ян, хоча багато результатів його наукової діяльності в області фізичної, неорганічної, органічної, аналітичної хімії стали класичними і потрапили в навчальну та наукову літературу. Він увійшов в історію науки як автор узагальненої теорії кислот і основ. Головний висновок, що випливає з цієї теорії: кислоти і основи – це не клас сполук; кислотність і основність – це функції речовин. Чи буде речовина кислотою або основою залежить від її партнера, з яким вона вступає в реакцію.

Питання для самоперевірки:

1. Які хімічні знання існували на території України від Давніх часів до Середньовіччя?
2. Коли і ким створена Києво-Могилянська академія? А Острозька академія?

3. Що вам відомо про історію виникнення Львівського та Харківського університетів?
4. Ким і коли заснований Київський університет?
5. Що вам відомо про Одеський, Чернівецький та Дніпропетровський університети?
6. Історія створення та розвитку Донецького університету?
7. Розкажіть про історію створення ЖДУ ім. І. Франка
8. Коли і ким створена Національна Академія наук України?
9. Що вам відомо про історію створення та розвитку провідних науково-дослідних інститутів НАН України?
10. Що ви знаєте про створення та розвиток хімічної промисловості в Україні?
11. Що ви можете розповісти про деяких видатних українських хіміків?
12. Що вам відомо про видатного житомирянина, хіміка та академіка М.І. Усановича?

Додатки

Альфред Нобель – засновник Нобелівської премії

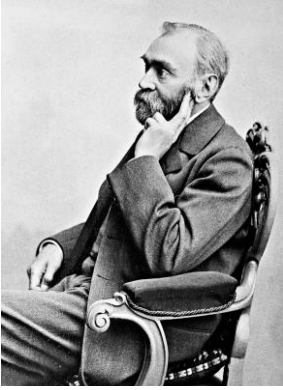


Рис. 60. Альфред Нобель

Альфред Бернхард Нобель (1833 – 1896) народився 21 жовтня 1833 року в Стокгольмі в родині талановитого винахідника-самоучки Еммануїла Нобеля, вихідця з селян південного шведського округу Нобелеф, з чим і пов'язане походження прізвища.

Глава сім'ї прославився і розбагатів на російській службі, особливо під час Кримської війни. Міни, зроблені на його заводі, захищали рейди Кронштадта і Ревеля від нападу англійської ескадри. За свої заслуги перед Росією Емануїл Нобель отримав велику імперську золоту медаль, якою, як правило, не нагороджували іноземців.

Альфред Нобель хоча і був дуже талановитий- але не отримав, навіть, середньої освіти.

Ранньою осінню 1842 роки сім'я Нобелів переїхала в Санкт-Петербург, де Еммануїл почав роботу з розробки торпед.

В 1849 році, після семи років перебування сім'ї Нобелів в Петербурзі, батько за рекомендацією російського хіміка **Миколи Миколайовича Зініна** відправив сина на навчання в Європу і Америку. Там майбутній винахідник проходить практичний курс хімії та фізики в лабораторії знаменитого хіміка **Жюля Пелуеа**, який займався дослідженнями нафти і відкрив нітрили. Закордонна поїздка зайняла близько двох років. Повернувшись до Росії, А. Нобель зайнявся веденням справ сімейних фабрик, які виконували військові замовлення для російської армії

Після від'їзду батька в Стокгольм Альфред Нобель займався дослідженням властивостей нітрогліцерину, який був відкритий італійським хіміком **Асканіо Соберро** в 1847 році. Ймовірно, що цьому також сприяло часте спілкування Нобеля з видатним російським хіміком Миколою Миколайовичем Зініним.

У Парижі молодий Нобель був представлений при дворі Наполеона III, де він читав романтичні вірші і закохався в молоду чорнооку брюнетку з Провансу, яка незабаром померла від сухот. Убитий горем, винахідник їде в Америку, де зустрічається з відомим шведським інженером **Джоном Еріксоном**, який побудував для президента Лінкольна незвичайний корабель "Монітор", який відважно громив флот південців.

Еріксон проводив дослідження з використання сонячної енергії і долучив співвітчизника до винахідництва. У Стокгольмі, куди Альфред поїхав в 1863 році, він продовжив свої дослідження. Але 3 вересня 1864 року сталася трагедія. Під час вибуху загинули кілька людей, в тому числі молодший брат Альфреда Еміль-Оскар, якому було всього 20 років. Незабаром після нещастя батька розбив параліч і останні вісім років він провів прикутим до ліжка.

14 жовтня 1864 Альфред Нобель взяв патент на право виробництва вибухової речовини, що містить нітрогліцерин. Потім пішли патенти на детонатор ("нобелівський запал"), динаміт, желатинізований динаміт, бездимний порох тощо. Всього ж йому належать 350 патентів, причому далеко не всі вони пов'язані з вибуховими речовинами. Серед них патенти на водомір, барометр, холодильний апарат, газовий пальник, удосконалений спосіб отримання сірчаної кислоти, конструкцію бойової ракети і багато іншого.

В 1867 році Нобель отримав патент на динаміт - суміш нітрогліцерину з пористим наповнювачем. Рекламуючи своє відкриття, він проводив публічні демонстрації нової вибухової речовини і читав лекції про те, як вона працює. В результаті до винаходу Нобеля почали проявляти інтерес все більше і більше людей.

Інтереси вченого були надзвичайно різноманітні. Він займався електрохімією і оптикою, біологією і медициною, конструював автоматичні гальма і безпечні парові

котли, намагався виготовити штучні гуму і шкіру, досліджував нитроцелюлозу і штучний шовк, працював над отриманням легких сплавів.

Це був один з найосвіченіших людей свого часу. Він читав багато книг з техніки і медицини, історії та філософії, художню літературу (і навіть сам намагався писати), був знайомий з королями і міністрами, вченими і підприємцями, митцями і письменниками, наприклад з **Віктором Гюго**.

27 листопада 1895 року в Шведсько-норвезькому клубі в Парижі Альфред Нобель підписав свій заповіт, згідно з яким велика частина його статків - близько 31 мільйона шведських марок - мала піти на заснування премій за досягнення у фізиці, хімії, медицині, літературі і за діяльність по зміцненню миру у світі. А з 1969 року за пропозицією Шведського банку вручається також премія в галузі економіки.

Не багато хто знає про те, що такої нагороди, як Нобелівська премія, могло й не бути, якби не випадкова помилка преси. Справа в тому, що в 1888 році в пресі вийшов помилковий некролог про смерть Альфреда Нобеля, переплутавши його з братом Людвігом, що помер в Каннах. У некролозі про великого винахідника стали писати «мільйонер на крові», «торговець вибуховою смертю», «динамітний король» - тобто, сварили його за те, що він створив динаміт. Коли Нобель прочитав свій некролог, він вирішив написати заповіт так, що б після його смерті люди говорили й пам'ятали про його заслуги, а не про динаміт, за який його тролють. Так з'явився останній заповіт Нобеля.

Проте математику Нобель навмисно не включив у цей список. Саме через це Нобелівська премія не поширюється на цю галузь науки. Про справжні причини цього вчинку можна тільки здогадуватися.

Можливо, це пов'язано з особистими переживаннями Нобеля. *По-перше*, у нього були не дуже хороші відносини з **Міттаг-Леффлером**, лідером шведської математичної науки. *По-друге*, можливо, Нобель був закоханий в жінку-математика **Софію Ковалевську**, а вона зробила вибір на користь його недруга. Інша кохана Альфреда Нобеля, **Ганна Дезрі**, також залишила Нобеля і вийшла заміж за Франца Лемаржа, який збирався стати математиком.

Ця легенда пов'язана із сумною історією кохання Альфреда. У Петербурзі, де жила сім'я Нобеля, в одному зі світських будинків, Альфред познайомився з датчанкою Анною Дезрі. Молодий чоловік закохався в дівчину без пам'яті. Батьки вже готувалися до весілля, були розіслані запрошення. Але тут, на біду Альфреда, з'явився в Петербурзі син австрійського дипломата, красень і ловелас, **Франц Лемарж**. Йому теж дуже сподобалася Анна, і недовго думаючи, він вирішив усунути суперника, який просто заважав йому зачарувати красуню. І зробив він це дуже оригінально. У присутності безлічі гостей Франц запропонував Нобелю вирішити математичну задачу, яку написав на серветці. Але Альфред дуже сильно хвилювався, та й до того ж десятки цікавих очей з цікавістю стежили за його діями. Саме це і завадило йому впоратися із завданням. Ну а хитрий Франц тут же цим скористався і з легкістю вирішив задачу. Анна та Франц з часом поборалися, а Нобель залишився один.

Альфред Нобель був ще й драматургом. Уже при смерті він дописав трагедію «**Немезида**» в чотирьох актах. Після видання п'єси католицька церква визнала її богохульною і весь тираж, окрім трьох примірників, був знищений. Перше ціліле видання було опубліковано тільки в 2003 році, а в 2005, через 109 років після смерті автора, в Стокгольмі відбулася прем'єра.

10 грудня 1896 Альфред Нобель помер на своїй віллі в Сан-Ремо, Італія, від крововиливу в мозок. Йому було 63 роки. Він похований на кладовищі Північний цвинтар в Стокгольмі. Протягом усього життя Нобель сповідував пацифістські ідеї. Як і деякі інші винахідники (зокрема, творець першого кулемета **Річард Гатлінг**), він вважав, що якщо у противників з'явиться зброя, за допомогою якого вони зможуть

моментально знищити один одного, то вони зрозуміють, що нічого не виграють від війни і припинять конфлікт.

Заповіт розкрили в січні 1897 року. Після чого він викликав найсуперечливіші чутки та судження. Тоді молодий хімік і особистий секретар Нобеля **Рагнар Сульман** провів переговори з кожним із спадкоємців і в кінцевому підсумку йому вдалося схилити Еммануеля Нобеля - сина Людвіга, єдиного з сімейства Нобелів, який залишився в Росії, де він керував підприємством у Баку, - відмовитися від своєї частки.

Після того як була підтверджена сила заповіту, адвокати **Лілеквіст** і **Сульман** починають розробляти статут майбутнього Нобелівського фонду. І в 1900 році в Швеції була заснована щорічна Нобелівська премія в галузі фізики, хімії, літератури, медицини та фізіології.

Імена лауреатів стають відомими з 5 по 12 жовтня, проте, за традицією церемонія нагородження проводиться 10 грудня, в день смерті Нобеля.

102-й елемент періодичної системи Менделєєва носить ім'я Нобелій. Його майже одночасно вдалося отримати в шістдесятих роках в радянському Об'єднаному інституті ядерних досліджень в Дубні і Каліфорнійському університеті Берклі. Примітно, що радянські вчені назвали елемент *жоліотій* в честь французького фізика Фредеріка Жоліо-Кюрі (Jl), а американці - *нобелій* (No). При чому, певний час вживалися обидві назви, поки Міжнародний союз теоретичної і прикладної хімії не затвердив остаточно – **Нобелій**.

Декілька цікавих фактів про Нобелівську премію.

1. Першим Нобелівським лауреатом з хімії був **Я. Г. Вант – Гофф**, який її отримав у 1901 році.

2. **Лоренс Брегг** - це наймолодший вчений, удостоєний Нобелівської премії. Він отримав нагороду у віці 25 років. Найстарішим нобелівським лауреатом є 90-річний **Леонід Гурвіц**.

3. Цікаво, що Нобелівську премію миру хотіли в 1918 році присудити Леніну, за його «Декрет про мир». Однак через початок червоного терору нобелівський комітет переглянув своє рішення. Більше того, в 1939 році на премію миру номінувався Гітлер, але через агресію проти Польщі фюрер з нагородою «пролетів».

4. Всі знають пародійну версію Нобелівської премії - Шнобелівську (також її називають Ігнобелівської), яка вручається за найнепотрібніші дослідження. Єдина людина, яка отримала обидві премії, - **Андрій Гейм**, голландський вчений, що народився в СРСР. Шнобелевку він отримав 2000 року за використання магнітів для левітації жаб, а Нобелівську премію - в 2010-му разом з **Костянтином Новосьоловим** за експерименти з дослідження графену.

5. Найбільше Нобелівських премій з наукових дисциплін - фізики, хімії та медицини - діставалося американцям. Їх частка - 43 відсотки. На другому місці з фізики і хімії - німці, на третьому - англійці. Що стосується медицини, то тут порядок зворотний. На четвертому місці - французи.

6. Найчастіше лауреатами Нобелівської премії ставали люди, що народилися 21 травня і 28 лютого.

7. Середній вік удостоєних Нобелівської премії у всіх шести номінаціях - 59 років. Трохи молодші лауреати премій з дисциплін природознавства. Серед хіміків і фізиків це 57 років, а з медицини - 55.

8. Двічі в історії Нобелівську премію присудили посмертно: Нобелівську премію миру за 1961 рік - **Дагу Хаммершельду**, а премію з літератури за 1931 рік - **Еріку Акселю Карлфельдту**. Офіційні правила дозволяють висувати кандидатів на премію тільки при їх житті. Хаммершельд і Карлфельдт були номіновані за життя, але до моменту оголошення імен лауреатів відійшли в інший світ. В 1974 році нагороду вирішили більше померлим не видавати. Проте в 2011 році Нобелівської премії знову удостоїли небіжчика. Коли Нобелівський комітет оголошував ім'я **Ральфа**

Стайнмана, номінованого на премію з медицини, ще не було відомо, що за три дні до церемонії він помер. Пізніше премію Стайнмана отримали його спадкоємці.

9. Четверо вчених виявилися лауреатами премії двічі. Американський фізик **Джон Бардін** отримав її в перший раз в 1956 році за винахід транзистора, а вдруге - в 1972 році за розробку теорії надпровідності (здатності деяких матеріалів володіти строго нульовим електричним опором). Англієць **Фредеріку Сенгеру** два рази присуджували Нобелівську премію з хімії - в 1958 році за встановлення структури інсуліну і в 1980 році - за фундаментальні дослідження біохімічних властивостей нуклеїнових кислот, особливо рекомбінантних ДНК. Дві різні премії отримував американський хімік **Лайнус Карл Полінг** - в 1954 році з хімії, а в 1962-му - премію миру. Полінг був активним противником випробувань ядерної зброї.

10. Серед лауреатів мало жінок. В цілому жінок нагороджували Нобелівською премією 44 рази, причому за досягнення в області однієї з трьох дисциплін природознавства - тільки 16 разів. Це всього 3 відсотки від загального числа лауреатів премії в цих областях. Дві жінки отримали премії з фізики, чотири - з хімії та 10 - з медицини.

11. Лауреати Нобелівської премії миру **Ле Дих Тхо** і премії в області літератури **Жан-Поль Сартр** відмовилися прийняти нагороди. Сартр взагалі не хотів ніяких офіційних вшанувань, а Ле Дих Тхо мотивував в 1973 році свою відмову триваючої громадянською війною у В'єтнамі.

12. За часів перебування при владі в Німеччині націонал-соціалістів німецьким вченим було заборонено приймати Нобелівську премію. В результаті без премій залишилися в 1938 і 1939 роках хіміки **Ріхард Кун** і **Адольф Бутенандт**, а також **Герхард Домагк** - лауреат Нобелівської премії 1939 року з медицини. Після закінчення Другої світової війни вони все-таки отримали дипломи та медалі, але не фінансову частину премії.

Відомі жінки – хіміки

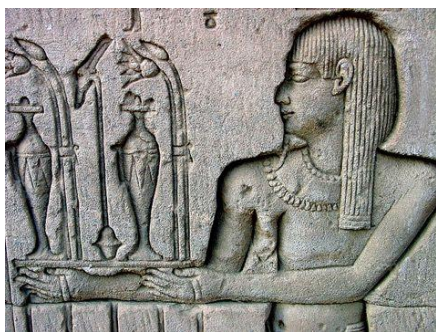


Рис.61. Таппуті

Мабуть однією із перших жінок – парфумерів, яка жила в XII столітті до н. е. в Стародавньому Вавилоні, була **Таппуті-Белатекаллім**, яка була також першою жінкою – хіміком. Вона згадується в месопотамських клинописних табличках, що належать до II тисячоліття до н. е., разом з помічницею, від імені якої збереглася лише закінчення: «...ніну». Таппуті використовувала в своїй роботі при виготовленні парфумів квіти, масла, аїр, мірру, дистильовану і фільтровану воду. Швидше за все, аромати виходили досить солодкими і пряними. До речі, аїр, рослина, яку

вона використовувала, володіє наркотичними властивостями (на нашу думку, якщо Таппуті випускала продукцію з цією рослиною, то та користувалася великим попитом) та має здатність відновлювати потенцію. В XIX столітті засушений аїр був популярним в Європі десертом. Мірра - пряна деревна смола, яку часто використовували в якості пахощів, чий аромат сприяє підняттю настрою. До речі, Таппуті є персонажем мультиплікаційного серіалу «Супернаукові друзі», вона, як володар таємних ароматичних знань, зводить з розуму всіх чоловіків без розбору.

Після занепаду Вавилону поступово піднеслася єгипетська цивілізація. У александрійській столиці Єгипту правила знаменита любительниця косметики та парфумів **Клеопатра** (69-30 р.р. до н.е.). Їй приписують винахід алембіка – стародавнього перегінного куба; спостереження за розчиненням перлів в оцті, а також авторство «Хрізопеї» - малюнка, що зображує перетворення свинцю або ртуті в золото.

Там же, але пізніше (час її життя точно не відомі), жила легендарна *Марія Пророкисса*, тобто «пророчиця», вона ж *Марія Еврейка*, *Іудейська Марія*, *Марія Коптська*. Її дуже поважали алхіміки і в Середні віки їй приписували складання латинського трактату «**Про філософський камінь**», а також кілька важливих винаходів, таких, як водяна і парова баня особливої конструкції, піщана баня і перегінний апарат. Вона описала отруйні властивості ртуті, а також чорний порошок, який отримують при нагріванні з сіркою свинцевої бронзи - сплав міді зі свинцем. Марія Пророкисса вважається засновником Александрійської алхімічної школи. Її теоретичні погляди були типово алхімічними: вона розділяла метали на чоловічі і жіночі, вважала, що у кожного з них є тіло і душа, про які можна дізнатися шляхом особливих алхімічних процесів.

Алхіміком була сестра і співавтор знаменитого Зосима з Панополіса, який працював в Александрійській академії.

Психіатр *Карл Густав Юнг* в книзі «**Психологія перенесення**» писав: «Алхімія, як різновид філософії, була в основному чоловічим заняттям, внаслідок чого її формулювання в більшості випадків носять маскулінний характер. Однак не слід випускати з уваги той факт, що жіночий елемент в алхімії не так вже незначний, оскільки навіть за часів її зародження в Александрії зустрічаємо автентичні свідчення про жінок-філософів, таких, як *Теосебейя*, сестра Зосима, а також *Пафнутія* і *Марія Пророкиса*. З більш пізнього часу нам відомі алхіміки *Ніколя Фламель* і його дружина *Перонель*. («**Mutus liber**» – лат. «**Німа книга**», один з найвідоміших алхімічних трактатів, що містить 15 гравюр без тексту, видана в 1677 році. В ній розповідається про чоловіка і дружину, які працювали разом.)

Нарешті, в XIX столітті зустрічаємо пару англійських алхіміків - *Томаса Саута* і його дочку, яка пізніше стала місіс *Етвуд* ».

«**Soror mystica**» (лат. «**Містична сестра**») - алхімічний термін: жінка, яка працює разом з алхіміком, коли він змішує субстанції в своїх ретортах.

Порівняно недавно в Європі стали відомі досягнення китайських алхіміків, в числі яких були і жінки. У трактаті китайського алхіміка *Ге Хуна* (281-341 р.р. н.е.) розповідається про жінку з родини *Фан*, яка вчилася алхімії разом з однією з дружин знаменитого імператора і полководця *Хань У-Ті*. Їй приписується отримання срібла з ртуті, але, мабуть, вона просто використовувала ртуть для виділення срібла з руди: при нагріванні амальгами срібла ртуть відганяється і залишається чисте срібло.

Жила в X столітті *Кен Сянь-Сен*, яка демонструвала алхімічні досліди в імператорському палаці. У старовинних китайських текстах збереглося ще кілька імен жінок-алхіміків, але відомості про отримані ними результати до нас не дійшли.

Хоча алхімія була чоловічим заняттям, проте, в Середньовічній Європі дехто з жінок все ж займався філософією і іншими науками. Найбільше можливостей для цього було у черниць, настоятельок жіночих монастирів. Найзнаменитіша з них - *Хільдегарда Бінгенська* (1098-1179), вона є автором містичних праць, релігійних піснеспівів і музики до них, а також праць з природознавства та медицини; в її честь названо один з астероїдів.

Трохи раніше жила ще одна німецька аббатиса з Саксонії - *Хросвіта (Росвіта) з Гандерсхайм* (935-1000?), Перша німецька поетеса, яка писала на латині. Про алхімічну діяльність цих черниць майже нічого не відомо.

Анна Марія Ціглерін (1550-1575) походила зі знатної німецької сім'ї. Разом з чоловіком Генріхом вона допомагала алхімікові *Філіпу Зоммерінгу*, який працював при дворі герцога Юлія Брауншвейг-Вольфенбюттельського. Їх метою було, як у всіх придворних алхіміків, отримання філософського каменю, а з його допомогою - золота і дорогоцінних каменів. Зоммерінг був шахраєм, він отримав у герцога «грант» в дві тисячі талерів - величезну суму, еквівалентну майже 60 кг срібла, і втік. Решту алхіміків заарештували і судили. Однак не за марно витрачені гроші (герцог не міг

зізнатися, що його довго дурили), а за безліч злочинів, в основному вигаданих. За вироком суду Генріх був четвертован, а його дружина спалена живцем (втім, тоді по-іншому і не спалювали). Залишилися документи, в тому числі протоколи допитів, з яких випливає, що Анна Марія не була обманщицею і вірила в можливість отримання філософського каменю.

Однак, практично до середини ХХ ст. жінкам заборонялось займатись наукою, зокрема, хімією. Проте, в історії хімії потрібно згадати ще декілька видатних жінок, які змогли змінити науковий світ або, жоча б, внести свою таку необхідну лепту.

Напевне, першою жінкою хіміком була **Елізабет Фулхем**, яка проживала у ХVІІІ ст. З 1780 р. вона проводить систематичні дослідження з осадження золота та срібла, а також інших металів на шовкових тканинах, використовуючи при цьому різні відновники. Про результати своєї роботи Е. Фулхем розповіла в книжці **“Розмірковування про горіння”**, яка була опублікована в США. Книжка дістала позитивні відгуки. Згодом Фулхем було обрано членом-кореспондентом хімічного товариства у Філадельфії.



Рис. 62. Маркіза дю Шатле

Габріель Емілі Ле Тунельє де Бретеіль, маркіза дю Шатле (1706 – 1749) - французький математик і фізик. Вона була музою і натхненницею **Вольтера**.

Батько, який звернув увагу на обдарованість Емілі, дав їй чудову класичну освіту. Вона, крім іншого, вивчала англійську та італійську мови, серйозно займалася фехтуванням, співом, танцями, театральною майстерністю, грала на спінеті. У 16 років Емілі була прийнята при дворі. Вона користувалася успіхом в вищому світі і мала кілька невеликих романів при дворі, зокрема з **маркізом де Гебріаном, маршалом Рішельє**.

В 19 років Емілі вийшла заміж за тридцятирічного **маркіза Флорена Клода дю Шателле** (Вольтер пізніше переробив Шателле в Шатле). Вона поїхала разом з чоловіком в Семюр-ан-Оксуа, де маркіз обіймав посаду королівського губернатора. У подружжя було троє дітей. У Семюр-ан-Оксуа вона познайомилася з **де Мезьєром**, який розбудив її пристрасть до занять математикою. В 1730 році Емілі повернулася в Париж. В той час в аристократичному середовищі шлюби рідко укладалися через кохання, швидше це були договірні відносини між чоловіком і дружиною. Маркіза дю Шатле вважала, що її зобов'язання перед чоловіком були повністю виконані після народження трьох дітей. Вона користувалася свободою, не переступаючи меж пристойності, визначених для світської жінки. У Емілі було кілька коротких романів, в тому числі з математиком і астрономом **П'єром де Монпертюї** і математиком **Алексісом Клеро**. Однак вона зберігала довірчі відносини з чоловіком, підтримувала листування з ним і прислухалася до його порад. В 1733 році маркіза познайомилася з Вольтером і стала його коханкою.

В 1745 році Емілі почала переклад **«Математичних початків натуральної філософії» Ньютона** на французьку мову і цю роботу вона виконувала до самої смерті. Її головна заслуга полягає не стільки в перекладі праці з латини на французьку, скільки в інтеграції математичної аргументації Ньютона в створену **Лейбніцем** і визнану на континенті методику обчислення нескінченно малих величин. Крім того, дю Шатле забезпечила текст Ньютона своїми коментарями. Вона наполягала, що термін **«кількість руху»** (яким Ньютон називав похідне маси на швидкість) краще підходить для похідної маси на квадрат швидкості (яке, за Лейбніцем, в той час називали **«живою силою»**). Вона не змогла змусити вчене співтовариство того часу погодитися з цим твердженням. Лише через багато років старі терміни були визнані невдаливими і були замінені відповідно на **«імпульс»** і **«кінетичну енергію»**.

В 1737 році Емілі дю Шатле видала манускрипт **«Твір про вогонь»**, в якому висловлювала ідеї, схожі з сучасними уявленнями про інфрачервоне випромінювання. В 1738 році дю Шатле і Вольтер незалежно один від одного взяли участь в конкурсі,

оголошеному Французькою Академією, на кращу роботу про природу вогню. Так як роботи подавалися анонімно, в конкурсі могла взяти участь і жінка. Премію отримав швейцарський математик **Леонард Ейлер**, але «Твір про вогонь» дю Шатле було опубліковано в 1744 році за рахунок Академії. В 1746 році дю Шатле стала членом Болонської Академії наук, адже в Паризьку Академію жінки не приймалися.

Переклад «Математичних початків натуральної філософії» був виданий Клеро в 1759 році з передмовою Вольтера. Це до теперішнього часу єдиний переклад роботи Ньютона на французьку мову.



Рис. 63. Джейн Марсе

Джейн Марсе (1769 – 1858) – ця англійська жінка – хімік написала відому книгу **"Бесіди про хімію"** в 1805 році. Ця книга витримала шістнадцять перевидань.

Книга Марсе з послідовним викладом предмета в доступній формі відкрила хімію для широкого кола читачів, а у деяких зумовила їх життєвий шлях.

Через те, що книга не була підписана автором, незабаром після виходу підручник стали приписувати відомим хімікам.

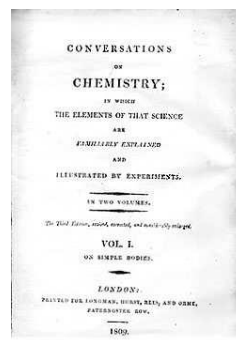


Рис. 64. Бесіди про хімію

Природно, що це були чоловіки, хоча, вже з перших рядків передмови до першого і наступним виданням було ясно, що автор – жінка.

І ось в 1837 році в 13-му лондонському виданні підручника **"Бесіди про хімію"**, більш ніж через 30 років після появи цієї книги у пресі, коли авторові було вже 68 років, на титульному аркуші з'явилося ім'я – Джейн Марсе.

"Бесіди про хімію" була першою, але не останньою книгою Марсе науково-популярного характеру. За своє довге життя, Джейн написала ще 31 книгу.



Рис. 65. Г.Ф. Волкова

Ганна Федорівна Волкова (рік народження не відомий – померла в 1876) – російський хімік, перша жінка у світі, що опублікувала дослідження з хімії. Працювала з 1869 року в лабораторії російського вченого **О.М. Енгельгардта**. Під керівництвом Д.І. Менделєєва вела практичні заняття із слухачками Петербурзьких публічних курсів. В 1870 році уперше отримала в чистому вигляді ортотолуолсульфокислоту, її хлорангідрид і амід. З паракрезолу Волкова уперше отримала пара-трикрезолфосфат – складову частину важливого нині пластифікатора. За дослідження сульфокислот Г. Волкова в 1870

р. першою з жінок була прийнята в члени Російського хімічного товариства.

На жаль, рання смерть не дала змоги повністю реалізувати себе.

Марія Михайлівна Корнукова (Манасеїна) (1843 – 1903) – була першою жінкою – вченим, яка експериментально вирішила суперечку між прихильниками **біологічної (Луї Пастер)** та **хімічної (Юстус фон Лібіх)** теорій природи спиртового бродіння.

В 1897 р. було опубліковано статтю **Едуарда Бюхнера** **"Алкогольне бродіння без дріжджових клітин"**, яка повторювала відкриття, зроблене Манасеїною. Але її робота на той час не мала підтримки, проте Бюхнер одержав Нобелівську премію у 1907 р. з хімії.

Агнесс Луїза Вільгельміна Покелс (1862 – 1935) – німецька жінка-хімік, працювала в галузі фізико-хімії поверхневого натягу.

В 1862 році народилася у Венеції, в Італії. Її батько служив в австрійській армії. Коли він захворів на малярію, сім'я в 1871 році переїхала в нижньосаксонське місто Брауншвейг, де жінка прожила все своє життя і була звичайною домогосподаркою.

Вона росла дивною дитиною, її не цікавили ляльки і гра в дочки-матері, що переходить в гру жених-наречена, вона



Рис. 66. А. Покелс

відчувала протиприродній, на думку оточуючих, потяг до природничих наук, займатися якими дівчатам було непристойно і неможливо в силу особливостей їх мислення. Адже не дарма жінок не приймали до німецьких університетів! Агнесс залишалася тільки із заздністю дивитися на свого молодшого брата Фрідріха, який вступив до знаменитого Гьоттінгенського університету, а потім став професором теоретичної фізики в Гейдельберзі і обезсмертив прізвище Покелс в назві відкритого ним одного фізичного ефекту.

Поки ж Агнесс читала підручники з фізики свого брата-студента і займалася домашнім господарством, проводячи велику частину часу на кухні. Вона мила посуд і міркувала про поверхневий натяг води, про те, що вода, яка хлюпає в тазику, робить це з кожною хвилиною по-різному, що, очевидно, пов'язано, з одного боку, з поверхневим натягом води, а з іншого - з жиром, який змивається з тарілок.

Це явище настільки її зацікавило, що Агнесс вирішила зайнятися вивченням впливу різних речовин на поверхневий натяг води. І в першу чергу, звичайно ж, мила, без якого не обходилася жодна господиня, яка хотіла до блиску відмити жирний посуд.

Для досліджень Агнесс сконструювала нехитрий пристрій: його ключовим елементом був випуклий гудзик, який вона підвішувала на нитці і клала пластом на поверхню води, а потім вимірювала силу відриву від поверхні (так звана «**ванна Покелс**»). Так кухня стала науковою лабораторією для Агнесс.

Завзятість, наполегливість, акуратність - ці властивості вигідно відрізняють жінок від чоловіків і Агнесс Покелс володіла ними в повній мірі. А ще німецька методичність! Все це дозволило їй отримати величезний масив даних, що проливають світло на практично невивчену в той час область поверхневих явищ. Вона не побоялася представити їх на суд *лорда Релея*. Релей виявився людиною з широкими і неупередженими поглядами, він не тільки прочитав лист молодої жінки, але, оцінивши важливість отриманих даних, наполіг на їх публікації в найпрестижнішому журналі «Nature» (звісно ж, йому довелося натиснути на редакцію журналу).

Стаття Агнесс Покелс вийшла в 1891 році зі скромною назвою: «**Поверхневий натяг**». Буде великим перебільшенням сказати, що ця стаття справила ефект бомби, яка розірвалася. Її прочитали і відклали в сторону. Як це часто буває, наукове співтовариство довго перетравлює нову інформацію, а, особливо, від жінки – домогосподарки.

Інтенсивні дослідження в цій області почалися лише через чверть століття, в основному, завдяки зусиллям *Ірвінга Ленгмюра* (1881-1957).

Практично не змінила ця стаття нічого в житті самої Агнесс Покелс. Вона поступово залишила заняття наукою. Лише через сорок років до неї прийшло визнання.

В 1931 році вона отримала нагороду Колоїдного товариства, а в наступному році Технічний університет Брауншвейга присвоїв їй звання почесного доктора філософії. За дивним збігом, в тому ж році Ленгмюр отримав Нобелівську премію з хімії «за відкриття і дослідження в області хімії поверхневих явищ». Агнесс так і залишилася домогосподаркою, не вийшла заміж і все життя прожила одна. Померла вона в 1935 році.



Рис. 67. Ю.В. Лермонтова

Юлія Всеволодівна Лермонтова (1847 – 1919) – російський вчений – хімік.

Початкову освіту Юлія отримала вдома, де була багатюща бібліотека. Навчалася вона охоче. Чудово володіла європейськими мовами. Хімією захопилася рано, вирішивши вивчити цю науку ґрунтовно.

У Гейдельберзькому університеті Лермонтова за рекомендацією Менделєєва виконала своє перше наукове дослідження щодо розділення рідкісних металів, супутників

платини.

З 1875 року ім'я Лермонтова офіційно занесено до списку членів Російського хімічного товариства.

В 1880-і роки Лермонтова досягла zenіту своєї слави: серед хіміків і нафтовиків її ім'я називалося поряд з іменами великих вчених і інженерів.

Дослідницьким шляхом вона зуміла довести, що нафта більш придатна для отримання світільного газу, ніж вугілля. До наукових заслуг Лермонтової відносяться і її роботи, які зіграли важливу роль у техніці каталізу. Своїми дослідженнями вона першою з учених-хіміків визначила найкращі умови розкладання нафти і нафтопродуктів для отримання максимального виходу ароматичних вуглеводнів.

Євдокія Олександрівна Фоміна – Жуковська (1860 – 1894) – російський вчений, яка свій науковий ступінь доктора одержала в Швейцарії. Женевські професори пропонували їй місце асистента з органічної хімії, однак вона повернулася до Москви, де спочатку працювала у В.В. Марковнікова, а потім допомагала М.Д. Зелінському в дослідженні тіофену. На жаль, життя талановитої дослідниці обірвалося в 34 роки.



Рис. 68. Віра Богдановська – Попова

Віра Богдановська – Попова (1867 – 1890) – одна з перших російських жінок - хіміків. Народилася в Петербурзі. Закінчила Вищі жіночі курси в Петербурзі (1887) і Женевський університет (1892). В 1892—1895 р.р. займалася педагогічною діяльністю.

З 1895 року працювала в своєму маєтку у В'ятській губернії у власній хімічній лабораторії. Основні наукові дослідження відносяться до органічного синтезу. Приймала участь в підготовці посмертного публікування О.М. Бутлерова «**Вступ до повного вивчення органічної хімії**». Вперше синтезувала (1891) дибензолкарбофенол і дослідила його властивості. Встановила (1892), що існують кетони, які здатні подібно альдегідам, окислюватися без розриву вуглецевого зв'язку. Автор «**Навчального підручника хімії**» (1897). Загинула в лабораторії при спробі синтезувати фосфорний аналог синильної кислоти.



Рис. 69. І. Жоліо - Кюрі

Ірен Жоліо – Кюрі (1897 – 1956) – французький фізик і хімік, лауреат Нобелівської премії з хімії (1935). Народилася в Парижі. Марія Кюрі вперше отримала Радій, коли Ірен був всього рік.

У ранні роки Ірен виховував дід по лінії батька - лікар **Ежен Кюрі**. Виховання діда сформувало у Ірен глибоко антиклерикальні політичні погляди.

У віці 10 років Ірен почала займатися в кооперативній школі, організованою матір'ю і кількома її колегами, в тому числі фізиками **Полем Ланжевеном** і **Жаном Перреном**, які також викладали в цій школі. Два роки по тому вона вступила до коледжу Севін'ї, закінчивши його напередодні Першої світової війни.

Ірен здобула свою вищу освіту в Паризькому університеті (Сорбонні).

Перші досліди були пов'язані з вивченням радіоактивного Полонію – елементу, відкритого її батьками понад 20 років тому.

Подружжя Жоліо-Кюрі опромінили зразки Алюмінію і Бору альфа-частками. На їхнє здивування, вихід позитронів продовжувався протягом кількох хвилин після того, як було видалено полонієве джерело альфа-часток. Пізніше Жоліо-Кюрі прийшли до переконання, що частина Алюмінію і Бору в підданих аналізу зразках перетворилася на нові хімічні елементи. Більш того, ці нові елементи були радіоактивними, алюміній перетворився на радіоактивний Фосфор, а бор — в радіоактивний ізотоп Нітрогену. Протягом нетривалого часу Жоліо-Кюрі отримали багато нових радіоактивних елементів.



Рис. 70. К. Блоджетт

Кетрін Берр Блоджетт (1898 – 1979) – американська дослідниця, яка працювала в області фізичної хімії поверхневих явищ. Разом з Ірвінгом Ленгмюром винайшла спосіб отримання багатошарових плівок на металах і склі.

За кілька тижнів до її народження в родині сталася трагедія: озброєний грабіжник, який проник в їх будинок, застрелив батька Кеті, начальника патентного відділу компанії «Дженерал електрик». Компанія оголосила нагороду в п'ять тисяч доларів за упіймання вбивці, але втрати було не повернути. Втім, родина була досить забезпечена фінансово, що дозволило молодій вдові з сином Джорджем і маленькою Кеті перебратися спочатку в Нью-Йорк, а в 1901 році - до Франції, де вони прожили одинадцять років.

Після повернення в США Кеті вступила в приватну жіночу школу в Нью-Йорку, а потім в жіночий Коледж вільних мистецтв у Брін-Маре, штат Пенсільванія. Не варто зневажливо ставитися до слів «жіночий» і «вільні мистецтва». У той час в США, як і в більшості інших розвинених країн, панувала система роздільного навчання, що було, безсумнівно, кроком вперед в порівнянні з виключно чоловічою освітою. А «вільні мистецтва» включали також вивчення математики і фізики. За рівнем їх викладання жіночі коледжі групи «Сім сестер», в яку входив і Коледж Брін-Мар, не сильно поступалися чоловічий «Лізі плюща».

Незадовго до закінчення коледжу відбулася знаменна подія. У різдвяні канікули групу школярок направили на екскурсію в Скенектад, в дослідницьку лабораторію компанії «Дженерал електрик». Там ще працювали люди, які пам'ятали батька Блоджетт, так що Кеті зустріли як рідну. Її представили нову «зірку» компанії, досить молодого, тридцятирічного чоловіка, докторанта Гьоттінгена, блискучого вченого і просто красеня **Ірвінга Ленгмюра**.

Доля Кеті була вирішена: вона буде працювати разом з ним і буде займатися тим, що й він. «Спочатку навчися», - сказав Ленгмюр, відклавши вирішення проблеми на потім. Дівчина справила на нього сильне враження - своєю допитливістю і ентузіазмом, проблема ж полягала в тому, що в дослідницький центр «Дженерал електрик» не приймали жінок.

В 1917 році Блоджетт вступила до Чиказького університету. Її дипломна робота була присвячена вивченню адсорбції різних речовин активованим вугіллям. Ця «вічна» тема мала найбезпосередніше відношення до вдосконалення протигазу, єдиного засобу захисту від отруйних газів, що широко застосовувався в Першій світовій війні. Не менше значення для Кеті мало й те, що її робота знаходилася в руслі наукових інтересів Ленгмюра. Кеті стала-таки співробітницею дослідного центру «Дженерал електрик».

Підозрюю, що при цьому керівники компанії в першу чергу віддавали шану пам'яті її батьку і лише в другу віддавали належне здібностям дівчини, але їм не довелося каятися в своєму рішенні. Займатися їй випало не адсорбцією, а лампами розжарювання. Компанію очолював **Томас Едісон**, винахідник цих самих ламп. Він був переконаний, що ідеальна лампочка виходить тільки при використанні високого вакууму. Ленгмюр, незабаром після свого приходу в компанію в 1909 році, довів хибність цього погляду. Лампи, заповнені азотом при нормальному тиску, світили сильніше і яскравіше, були простіші у виробництві і безпечніші. А ще Ленгмюр виявив, що нанесення найтоншого, нанометрового шару окису торію на поверхню вольфрамової нитки покращує її характеристики. Всі ці зміни в технології принесли компанії величезний прибуток, не дивно, що на роботу в цій області були кинуті кращі сили.

В 1924 році компанія направила Блоджетт на стажування до Англії, в Кавендішську лабораторію, якою на той час керував Ернест Резерфорд. Кеті не було важко в суто чоловічому колективі, до складу якого входив, зокрема, П. Л. Капіца.

Вона стала першою жінкою, що отримала докторський ступінь з фізики, в історії Кембриджського університету.

Після повернення з Англії Блоджетт нарешті зайнялася справою свого життя - вивченням шарів поверхнево-активних речовин. До цього часу Ленгмюр винайшов пристрій, яке увійшов в історію під його ім'ям, «**ванна Ленгмюра**», яка дійсно нагадувала ванну, але з рухомими стінками. За рахунок цього можна було розтягувати і стискати шар мила на поверхні води. Ванна, мило - ці слова асоціювалися з жінками, можливо, тому Ленгмюр віддав ці дослідження саме Кеті.

Вони навчилися робити з молекулами мила все, що побажаєш. При низьких концентраціях молекули плавали поодиночі на поверхні води і вели себе як своєрідний двовимірний газ. З ростом концентрації вони конденсувались в плоскі «рідкі» краплі, а потім «застигали» в суцільний шар товщиною в одну молекулу, який при стисненні набував строго регулярну структуру, подібну кристалу. Ці та багато інших отриманих ними результатів, були надзвичайно цікаві з наукової точки зору і цілком заслуговували присудження Нобелівської премії, але їх практична значущість була нульовою. Адже всі ці шари отримували на поверхні води, субстанції, як відомо, текучої та мінливої.

Все змінилося, коли Блоджетт придумала, як переносити ці шари на тверду підкладку. У тому, що придумала це саме Кеті, сумнівів немає. Так, в науковій літературі вживають словосполучення «шари (метод) Ленгмюра- Блоджетт», але в патентах фігурує тільки одне прізвище – Блоджетт. Метод надзвичайно простий, як і все велике. Щільний шар мила на поверхні води можна уподібнити міцному покривалу, одна сторона якого, звернена до води, гідрофільна, а інша - гідрофобна. Візьмемо тепер тонку пластинку, підведемо її під шар мила і почнемо піднімати вертикально вгору. Вода стікатиме по стінках, а «покривало» буде щільно облягати поверхню пластинки. Цей дослід ви можете відтворити у себе вдома, в тазу або ванні. Все, що вам потрібно, - це вода, мило і добре відмита скляна пластинка, на якій вода розтікається тонким шаром. Зробивши всі описані вище маніпуляції, ви отримаєте пластинку, на якій вода збирається в краплі. Вітаю, ви тільки що нанесли на поверхню пластинки шар товщиною в два нанометра і практично здійснили один з класичних процесів нанотехнологій.

Технологія, звичайно ж, більш складна. Ви і самі, виходячи з побутового досвіду, вже здогадалися, що «покривало» при такому підйомі неодмінно повинно натягнутися і розтягуватися, а там і до розриву недалеко. Ось тут-то і стали в нагоді рухливі стінки, яких, на жаль, немає в нашому випадку. У сконструйованому Блоджетт пристрої стінки поступово зближуються, підтримуючи постійним тиск (натяг) в поверхневому шарі. Мистецтво експериментатора, який бажає отримати якісне покриття, полягає в точному узгодженні швидкості підйому пластинки і швидкості руху стінок ванни. Як і у всякій справі, найважчим був перший крок. Перед Блоджетт, яка придумала, як нанести мономолекулярний шар на тверду поверхню, відкрилися найширші перспективи.

Зараз в науково-популярній та навіть і в науковій літературі можна зустріти твердження, що в 1930-ті роки метод Ленгмюра – Блоджетт викликав чисто академічний інтерес, практичну ж його реалізацію стимулював лише розвиток нанотехнологій - дітища нашого часу. Насправді це не так. Не будемо забувати, що Ленгмюр з Блоджетт працювали в компанії «Дженерал електрик», яку цікавили в першу чергу практичні результати.

Блоджетт виявила, що колір одержаних нею «лишкових пирогів» залежить як від хімічної природи молекул поверхнево-активної речовини, так і від числа шарів. Вона склала детальну кольорову шкалу, яка дозволяла легко визначати товщину нанесеного покриття без будь-яких вимірювань. А ще вона виявила, що за певних умов покриття взагалі практично не відображає світло, яке падає, пропускаючи більше 99% світла.

Воно не тільки саме стає невидимим, але і робить ідеально прозорим скло, на яке воно нанесено.

«Просвітлена оптика» - так це називається, і люди, які професійно займаються фотографією, прекрасно знайомі з цим терміном. Про створення «невидимого» скла компанія «Дженерал електрик» оголосила в 1938 році, не вдаючись в технічні деталі. Вони стали відомі з патенту, отриманого Блоджетт в 1940 році. Найкращі результати були отримані нею при нанесенні 44 (!) мономолекулярних шарів стеарату барію на поверхню скла.

Проте, на жаль, ці дослідження були зупинені. Таке було рішення компанії, крім того, в справу втрутилася Друга світова війна.

Блоджетт розробляла склади, що запобігають обмерзанню літаків, і рецептуру димових сумішей, вона займалася тим же, чим займався в ті роки Ірвінг Ленгмюр. За сорок років своєї наукової діяльності Блоджетт опублікувала тридцять наукових статей і отримала вісім патентів. У належний час вона все ж вийшла на пенсію і прожила ще майже двадцять років в своєму будинку в Скенектаді, містечку, де вона народилася і пропрацювала все життя. Чоловіком вона так і не обзавелася і дітей не народила. Єдиний рідний їй чоловік, брат Джордж, загинув на початку 1950-х років в джунглях Коста-Ріки, розбившись на пілотованому їм спортивному літаку. А ще в 1957 році пішов з життя Ірвінг Ленгмюр.

За спогадами сучасників, Кетрін була дуже активною дамою: грала в аматорському театрі, брала участь в різних цивільних і благодійних заходах, вдень поралася в садку, вечорами грала в бридж з друзями, а ночами спостерігала зірки в телескоп. Ось вже воістину інтелігентній людині ніколи не буває нудно, навіть наодинці з самим собою вона завжди знайде чим зайнятися.



Рис. 71. Л. Мейтнер

Ліза Мейтнер (1878 – 1968) – австрійський фізик і радіохімік. Проводила дослідження в області ядерної фізики, ядерної хімії та радіохімії.

Ліза Мейтнер народилася у Відні, була третьою з восьми дітей в єврейській родині; її батько Філіп Мейтнер був відомим в кінці XIX століття шахістом.

Роботи Мейтнер привели до створення атомної бомби, а в подальшому і атомної енергетики.

Дівчаток на рубежі століть в Австро-Угорській імперії в основному вчили малюванню, музики, танцю, а також веденню домашнього господарства. Вважалося, що цього цілком достатньо для доброї жінки та матері і більшості дівчат навіть в голову не приходило, що вони можуть мати якусь професію. Однак у Лізи вже в шкільні роки проявився інтерес до математики і природничих наук.

Розумна і допитлива дівчина мріяла про навчання у Віденському університеті, але в той час австрійські університети були закриті для жінок, навчання стало можливим лише в кінці 1890-х років. Прагнучи скористатися наданим шансом, Ліза починає готуватися до вступу в університет і в липні 1901 роком стає студенткою Віденського університету. З чотирнадцяти дівчат, що проходили в тому році випробування, успішно витримали його лише четверо. Там вона почала вивчати фізику під керівництвом **Людвіга Больцмана** і **Франца Екснера**.

Закінчивши бакалаврат, Ліза приступила до роботи над докторською дисертацією. В 1906 році вона захистила роботу на тему «Теплопровідність неоднорідних тіл», ставши другою жінкою, яка отримала ступінь доктора з фізики, за 541 рік існування Віденського університету. Дізнавшись про успіхи Марії Кюрі, Мейтнер починає вивчати радіоактивність, досліджує в Фізичному інституті Віденського університету поведінку альфа-частинок. А в 1907 році вона відправляється в Берлін, щоб відвідувати лекції Макса Планка з теоретичної фізики. Жінкам тоді офіційно не

дозволяли вчитися в німецьких університетах, але Планк в якості винятка дозволив Мейтнер бути присутньою на своїх заняттях.



Рис. 72. Отто Ган і Ліза Мейтнер в лабораторії

У вересні 1907 року в Берліні Мейтнер знайомиться з молодим хіміком **Отто Ганом**, який працював в Хімічному інституті Берлінського університету під керівництвом знаменитого хіміка **Еміля Фішера**. Ган запропонував Мейтнер вивчати радіоактивність разом, і через місяць Ліза вже почала свою наукову діяльність в його лабораторії.

Оскільки жінки в інституті не мали ніякого офіційного статусу як дослідники, платні Ліза не отримувала і жила на скромну підтримку, яку надавали

їй батьки.

Еміль Фішер спочатку не дозволяв Лізі працювати в його інституті, оскільки вважав, що жінки не повинні займатися науковими дослідженнями. Однак через деякий час він все-таки пішов на компроміс і дозволив Мейтнер працювати з Ганом, виділивши їм місце в колишній столярній майстерні в підвалі інституту і поставив умову, що Мейтнер ніколи не буде підніматися на верхні поверхи будівлі, де знаходилися хімічні лабораторії, в яких працюють чоловіки. Крім того, Лізі не дозволили користуватися парадним входом, вона повинна була заходити в інститут через запасний вихід. Це був уже не перший і, на жаль, не останній випадок дискримінації за статевою ознакою в її науковій кар'єрі. Поступово навіть сам Фішер змінив до неї відношення і не раз допомагав Лізі в роботі.

Перші роки співпраці Гана і Мейтнер були в основному спрямовані на дослідження бета- і гамма-променів. Постійні експерименти з радіоактивним випромінюванням з короткими перервами на сигарету, чорну каву і бутерброд, та й все це без оплати - в таких умовах працювала Ліза в той період. Вчені пропрацювали в столярній майстерні п'ять років, виконуючи всі експерименти самостійно. Звичайно, ця лабораторія була абсолютно не пристосована до проведення наукових досліджень. І Ліза, і Отто часто страждали від головного болю. Незважаючи на це, колеги зробили кілька важливих спостережень і розробили ряд цінних методів.

В 1912 році Планк запропонував Мейтнер місце свого асистента – так Ліза вперше отримала оплачувану посаду, ставши до того ж першою жінкою-помічником в Берлінському університеті. У тому ж році «дослідницька група» Гана і Мейтнер перебралася в тільки що побудований будинок Інституту кайзера Вільгельма, який займався вивченням радіоактивних речовин. Умови там були незрівнянно комфортніші, але Отто взяли на посаду професора, а Ліза продовжувала працювати як запрошений дослідник без оплати. Лише через рік вона стала науковим співробітником, причому з набагато більш низькою заробітною платою, ніж у Гана.

В 1917-1918 роках їм вдалося виявити довгоіснуючий ізотоп нового радіоактивного елемента Протактинію, передбаченого ще Менделєєвим, який став відсутньою ланкою в Періодичної таблиці між Торієм і Ураном.

Незабаром Фішер розділив лабораторію Гана-Мейтнер на дві частини. Лізу призначили керівником відділу радіофізики (вона повертається до дослідження альфа-, бета- і гамма-випромінювання), а Ган очолив відділ радіохімії.

В 1922 році Ліза стає доцентом Берлінського університету. Першу публічну лекцію вона прочитала 31 жовтня 1922 на тему «Значення радіоактивності для космічних процесів». Коли Ліза увійшла в аудиторію, то була здивована великою кількістю присутніх на лекції жінок. Виявляється, щоденна берлінська газета, оголошуючи про це, написала замість «космічних» - «косметичних». Кореспондент порахував неймовірним, щоб жінка займалася такою складною і до того ж суто чоловічою справою, як дослідження космосу. В 1926 році Мейтнер стає професором Берлінського університету і першою жінкою в Німеччині, що досягла таких висот у

науці. Колеги поважали її за наукові досягнення, Ейнштейн називав Лізу «нашої Марією Кюрі», ставлячи її за рівнем таланту навіть вище Склодовської-Кюрі. До 1930 року Мейтнер опублікувала понад вісімдесят статей, її наукова репутація зміцнювалася з кожним роком.

В 1933 році до влади прийшов Гітлер, а 7 квітня вийшов закон, що не дозволяв євреям перебувати на державній службі. Німеччину залишають **Фріц Габер, Альберт Ейнштейн, Макс Борн** і багато інших єврейських вчених. Ган і Планк намагалися захистити Мейтнер від звільнення, перераховуючи її наукові досягнення, але це не допомогло: 6 вересня Мейтнер поряд з 47 іншими викладачами звільняють з Берлінського університету, залишивши її, проте, як австрійську піддану, в Інституті кайзера Вільгельма.

В 1934 році під впливом робіт італійського фізика **Енріко Фермі** Мейтнер після 12-річної перерви відновлює співпрацю з Ганом, намагаючись знайти відповідь на питання, що ж все-таки відбувається з ураном при дії на нього нейтронів. Їх дослідницька група, до якої незабаром в якості хіміка-аналітика приєднався **Фріц Штрассман**, починає змагання з італійським колективом Енріко Фермі і французькою групою Ірен Кюрі.

В 1943 році **Отто Фріш** (племінник вченої) запропонував Мейтнер приєднатися до Манхеттенського проекту, але та категорично відмовилася: «Я не буду робити бомбу!». Коли війна закінчилася, Мейтнер була вражена, дізнавшись про смерть і нестатки мільйонів жертв нацистських концентраційних таборів. Визнаючи аморальним своє перебування в Німеччині з 1933 по 1938 рік, вона критикувала також Гана і інших німецьких вчених, які співпрацювали з нацистами і нічого не зробили в знак протесту проти злочинів гітлерівського режиму. Мейтнер пише Гану: «Всі ви втратили стандарти правосуддя і справедливості ... Всі ви працювали на нацистську Німеччину і ніколи не намагалися надати навіть пасивний опір ...»

В 1944 році Шведська королівська академія наук присудила Отто Гану Нобелівську премію з хімії за відкриття ділення важких атомних ядер. Ліза Мейтнер в списку нобелівських лауреатів не значилася. Цей факт часто згадують як приклад дискримінації жінок, поширеною в науковому співтоваристві в першій половині ХХ століття. На думку багатьох вчених, Ліза звичайно ж заслуговувала цієї нагороди, проте Ган заявив, що премія повинна вручатися тільки за досягнення в хімії. Він якось також сказав, що коли було скоєно відкриття, Ліза в його лабораторії вже не працювала. Мейтнер не отримала премію і тому, що була жінкою, і тому, що жила у вигнанні. Деякі вчені стверджували, що жінці – вченому не дали премію через те, що серед членів Нобелівського комітету був **Карл Сігбан** (директор інституту, де вона працювала), який недолюбливав її

Те, що Ган не включив Мейтнер в число авторів статті при нацистському режимі, ще якось можна зрозуміти. Але навіть через багато років, ставши провідною фігурою в післявоєнній німецькій науці, він продовжував применшувати роль Лізи в спільних дослідженнях. Однак саме ідеї Мейтнер були багато в чому визначальними для його відкриття і пояснення ядерних процесів, що поклали початок атомної ери. Ейнштейн, даючи інтерв'ю в 1945 році, сказав: «Я не вважаю себе творцем вивільненої атомної енергії. Я зіграв при цьому лише другорядну роль. ... Вона була відкрита в Берліні Ганом, який ще неправильно інтерпретував своє відкриття. Правильну інтерпретацію дала Ліза Мейтнер.».

Сама Мейтнер ніколи і не намагалася добитися справедливої оцінки свого вкладу у відкриття і завжди підкреслювала заслуги Гана і Штрассмана. Можливо, Мейтнер не хотіла, щоб її ім'я було пов'язане з ядерним діленням, який привів до створення і застосування атомної бомби. У 1945 році наукові досягнення Лізи Мейтнер отримали несподіване визнання. Після атомного бомбардування Японії Лізу запросили в США, де преса охрестила її «матір'ю атомної бомби». Елеонора Рузвельт в радіоінтерв'ю з Мейтнер на NBC заявила: «Ми пишаємося вашим внеском у науку». На обіді для

жінок в Прес-клубі в 1946 році, присвяченому присвоєння Лізі звання «Жінки року», президент США Гаррі Трумен сказав: «Так Ви та маленька леді, завдяки якій ми отримали це!» Однак Мейтнер ніколи не працювала над створенням атомної бомби і згодом багато разів на цьому наголошувала.

Ліза була скромною і дуже сором'язливим людиною. Вона ніколи не була заміжня і у неї не було дітей. На питання, чому вона не вийшла заміж, вона відповідала, що у неї на це просто не було часу.

Отто Ган помер 8 липня 1968 року, в віці 89 років. Родичі не повідомили Лізі про його смерть, вважаючи, що це буде для неї важкою звісткою, адже її здоров'я також залишало бажати кращого. Незважаючи на її критику Гана за співпрацю з нацистами і його непорядне ставлення до неї, ці дві людини залишалися близькими друзями, і Мейтнер щорічно отримувала від Отто з Німеччини традиційні поздоровлення з днем народження.

Ліза Мейтнер померла 27 жовтня того ж року, не доживши до дев'яноста років лише десять днів. На скромному надгробку на прохання Отто Фріша – племінника Мейтнер, було зроблено напис: «Ліза Мейтнер: фізик, який ніколи не втрачав людяності».

Іменем Лізи Мейтнер назвали астероїд, кратери на Місяці і Венері. У Берліні є Інститут Гана-Мейтнер. На честь Лізи названа вулиця в Мюнхені. Відділення ядерної фізики Європейського фізичного товариства встановило премію Лізи Мейтнер, яку присуджують кожні два роки за видатні роботи в галузі експериментальної, теоретичної та прикладної ядерної фізики.

Про життя і діяльність Мейтнер в Німеччині знято фільм «Розподіл атомних ядер: історія Лізи Мейтнер і Отто Гана».

Віддаючи данину заслугам цієї видатної жінки, в 1997 році 109-й елемент Періодичної системи елементів Менделєєва був названий Мейтнерій.



Рис. 73. М. Перей

Маргарита Перей (1909 – 1975) – французький радіохімік, член Паризької АН (з 1962). Народилася в Вільмомблі. Учениця Марії Склодовської-Кюрі. Закінчила Паризький університет (1929). З 1929 працювала в Інституті радію в Парижі З 1949 професор Страсбурзького університету. З 1958 — директор відділу ядерної хімії Центру ядерних досліджень в Страсбурзі.

Основні наукові роботи присвячені вивченню радіоактивних елементів.

В процесі очищення препарату актинія відкрила (1939) ізотоп нового хімічного елемента, який спочатку назвала „актинієм К”. Встановила, що елемент являється передбаченим Д.І. Менделєєвим елементом (№ 87) Після Другої Світової війни висновки вченої підтвердилися, і вона запропонувала назвати елемент № 87 Францієм (Fr) на честь своєї Батьківщини.

Дороті Кроуфут Ходжкін (1910 – 1994) – британський біохімік, відома у зв'язку з розробкою рентгеноструктурного аналізу білків, встановлення структур пеніциліну та вітаміну В₁₂.

В 1964 році отримала Нобелівську премію з хімії «за визначення за допомогою рентгенівських променів структур біологічно активних речовин».

В 1969 році, за п'ять років після отримання Нобелівської премії, Дороті Ходжкін також встановила структуру інсуліну. В її лабораторії свого часу працювала майбутній прем'єр – міністр Великобританії і «Залізна леді» - **Маргарет Тетчер** (1925 – 2013).



Рис. 74. Д. Ходжкін



Рис. 75. А.Г. Бондар

Алла Григорівна Бондар (1921-1981) – засновниця кафедри кібернетики хіміко-технологічних процесів хіміко-технологічного факультету НТУУ "КПІ".

Підручник **"Математичне моделювання в хімічній технології"** А.Г. Бондар видала в 1973, а в 1974 р. його удостоєно срібної медалі ВДНГ СРСР. Статті в престижних журналах, виступи на конференціях, підручники та монографії, захист дисертацій заклали міцний фундамент нової в Україні наукової школи – кібернетики хіміко-технологічних процесів.

Оксана Іванівна Бодак (1942 – 2005) – видатний український кристалохімік. Оксана Бодак провела ґрунтовний аналіз усіх відомих на той час систем із рідкісноземельними металами (понад 1600 систем). Встановила ряд важливих кристалохімічних закономірностей інтерметалічних сполук, структури яких належали до 141 структурного типу (27 типів відкрито О. Бодак). Широко використовують вчені запропоновану О. Бодак систематику видів споріднення між структурними типами, систематику способів перетворення структурних типів.

За наукову, педагогічну та організаторську діяльність проф. О.І. Бодак одержала ряд почесних звань і нагород: Лауреат Всесоюзної молодіжної премії в галузі науки і техніки (1976); Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки (1984); Соросівський професор (1994); Почесне звання "Людина року" (2000). Вона була дійсним членом Міжнародної спілки кристалографів, членом редколегії журналу Вісник Львівського університету, редактором міжнародного реферативного журналу "Red Book", членом оргкомітетів багатьох міжнародних наукових конференцій, членом комітету Міжнародного центру порошкової дифрактометрії, головою секції хімії Західного наукового центру НАН України.



Рис. 76. Ігуменя Серафима

Ігуменя Серафима (в миру **Варвара Василівна Чорна**) (1914 – 1999) - радянський учений-хімік, інженер, черниця. Настоятелька московського Новодівичого монастиря (1994-1999). Варвара Василівна закінчила Московський нафтохімічний технікум в 1931 році, Московський інститут тонкої хімічної технології в 1939 році. В 1951 році успішно захистила дисертацію на здобуття кандидата хімічних наук, з 1970 - доктор технічних наук, а потім професор (1972 рік).

З 1931 року працювала у Військово-технічній академії та Інституті органічної хімії АН СРСР. В 1939 році була направлена на роботу на Московський завод «Каучук». З 1942 року - заступник головного інженера заводу.

В 1946 році переведена на наукову роботу в НДІ гумової промисловості (зокрема, брала участь в розробці космічних скафандрів), де була заступником директора протягом 16 років. Пропрацювала в інституті до 1986 року, коли пішла на пенсію. Творець нової галузі гумового виробництва - латексної технології.

Варвара Василівна з дитинства була вихована в православній вірі. В юності значний вплив на неї мав дід, якого вона майже щодня відвідувала під час його проживання в Москві. Потім в 1936-1937 роках, будучи студенткою вечірнього факультету інституту, жила в його будинку поблизу станції «Удельная» - до арешту митрополита Серафима. Згадувала, що вечорами «дідусь сідав за фісгармонь - з нею він ніколи не розлучався - і грав або складав духовну музику, а я сиділа на дивані, дивилася на нього чи читала і відчувала благодать, яка від нього виходить».

З 1986 року протягом шести років вона несла послух за свічним ящиком в московській церкві в ім'я пророка Божого Іллі, де знаходиться образ Спасителя, написаний її дідом. Паралельно у себе вдома вела православні семінари за участю столичної інтелігенції.

Під керівництвом свого духовного наставника, митрополита Крутицького і Коломенського Ювеналія (Пояркова) займалася збором і публікацією матеріалів для канонізації її діда. В 1993 році випустила у світ двотомник праць митрополита Серафима під назвою **«Хай буде воля Твоя»**. Автор передмови і відомостей про учасників подій в сучасному (1995) виданні книги **«Щоденник перебування імператора Олександра II в Дунайській армії 1877-1878 р.р.»**, автором якої був майбутній митрополит Серафим.

13 жовтня 1994 року в Успенському храмі московського Новодівичого монастиря митрополит Ювеналій звершив її чернечий постриг з ім'ям Серафима в честь преподобного Серафима Саровського (чернече ім'я було обрано не випадково: так звали в чернецтві її матір і тітку). 27 листопада 1994 року в тому ж храмі її було зведено в ігумені.

В 1994-1999 роках Варвара Василівна була настоятелькою Новодівичого монастиря. При ній був введений монастирський статут, організований чернечий хор, створений шеститомний синодик для поминання священнослужителів, монахинь і упорядників монастиря з дня його заснування. Вона постійно піклувалася про райське життя храмів (при ній було відтворено внутрішнє оздоблення храму святителя Амвросія Медіоланського, відреставровано зовні і всередині Успенський храм), про богослужіння в монастирі. З придбанням ткацького верстата почалося відродження рукоділля в монастирі: килимарства, пошиття та ремонту шат. Були створені іконописна і золотошвейні майстерні.

Після смерті ігуменя Серафима була похована в огорожі Успенського храму Новодівичого монастиря з північного боку. В Успенському храмі у 2000 році відкрито її меморіальну кімнату-музей.



Рис. 77. А. Йонат

Ада Йонат – народилась в Ізраїлі в 1939 році. Ада Йонат — ізраїльський вчений – кристалограф, лауреат Нобелівської премії з хімії за 2009 рік спільно з **Венкатраману Рамакрішнаном** і **Томасом Стейц** «за дослідження структури і функцій рибосоми».

Дослідження впливу антибіотиків на рибосому і механізмів опору організму антибіотиків були важливим кроком у процесі вивчення клінічної ефективності лікарської терапії.

На даний момент Ада Йонат очолює Центр біомолекулярної структури ім. Елен і Мілтона Кіммельман при Інституті

Вейцмана в Реховоті.

Рекомендована література

Базова

1. Олійник М., Історія та методологія хімії. Курс лекцій: методичний посібник / М. Олійник, Ю. Романенко. – Донецьк, 2006. – 159 с.
2. Азимов. А. Краткая история химии. Развитие идей и представлений в химии / А. Азимов; пер. с англ. З.Е. Гельмана, под ред. А.Н. Шамина. – М.: Мир, 1983. – 187 с.
3. Джуа. М. История химии / М.Джуа; пер. с итал. Г.В. Быкова, под.ред. С.А. Погодина– М.: Мир, 1966. – 452 с.
4. Ковтун Г.О. Про хіміків / Г.О. Ковтун. – К.: Академперіодика, 2006. – 264с.
5. Развитие органической химии на Украине / Под общ.ред. А.В. Кирсанова. – К.: Наук.думка, 1979. – 237 с.
6. Сабадвари Ф. История аналитической химии / Ф. Сабадвари, А. Робинсон; пер. с англ. Н.А. Васиной, под ред. А.Н. Шамина. – М.: Мир, 1984. – 304 с.
7. Семрад О.О. Історія хімії: навч. посібник / О.О. Семрад, В.Г. Лендел, О.П. Кохан. – Ужгород: ВАТ «Патент», 2003. – 207 с.
8. Соловьев Ю.И. История химии: Развитие химии с древнейших времен до конца XIX в. Пособие для учителей / Ю.И. Соловьев. – 2-е изд., перераб.– М.: Просвещение, 1983. – 368 с.
9. Штраубе В. Пути развития химии: в 2-х т. / В. Штраубе; пер. с нем. В.А. Крицмана, / под ред. Д.Н. Трифонова. – М.: Мир, 1984. – Т.1. – 239 с.
10. Штраубе В. Пути развития химии: в 2-х т. / В. Штраубе; пер. с нем. А.Ш. Гладкой, / под ред. В.А. Крицмана. – М.: Мир, 1984. – Т.2. – 278 с.

Допоміжна

1. Волков В.А. Выдающиеся химики мира: Биографический справочник. / В.А. Волков, Е.В. Вонский, Г.И. Кузнецов, под ред. В.И. Кузнецова – М.: Высш. шк., 1991. – 656 с.
2. Биографии великих химиков / под.ред. К. Хайнига. – М.: Из-во «Мир», 1981. – 387 с.
3. Манолов К. Великие химики. в 2 т. / К. Манолов; пер. с болг. С. Тасева, под ред. Н.М. Раскиной, В.М. Тютюнника. – 3-е изд., испр., доп. – М.: Мир, 1985. – Т.1. – 465 с.
4. Манолов К. Великие химики. в 2 т. / К. Манолов; пер. с болг. С. Тасева, под ред. Н.М. Раскиной, В.М. Тютюнника. – 3-е изд., испр., доп. – М.: Мир, 1985. – Т.2. – 438 с.
5. Мусабеков Ю.С. Выдающиеся химики мира: Библиографический указатель / Ю.С. Мусабеков, А.Я. Черник. – М.: Книга, 1971. – 359 с.
6. Роут Дж. Химия XX века / Дж. Роут; пер. с англ. Ю.Г. Бунделя, А.Б. Нейдинга, под ред. Г.Д. Вовченко. – М.: Мир, 1966. – 423 с.
7. Таубе П.Р. От водорода до Нобеля? / П.Р. Таубе, Е.И. Руденко. – М.: Высш. шк., 1961. – 330 с.
8. Трофимов Д.Н. Как были открыты химические элементы: Пособие для учащихся. / Д.Н. Трофимов, В.Д. Трофимов. – М.: Просвещение, 1980. – 224 с.

Інформаційні ресурси

1. Курс «История и методология химии» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.chem.msu.ru/rus/chemhist/istkhim/welcome.html. - Назва з екрану.
2. Химический факультет МГУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.chem.msu.ru/rus/history/element/welcome.html. - Назва з екрану
3. The Alchemy web site on Levity.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.levity.com/alchemy/. - Назва з екрану
4. Журнал «Химия». Рубрика Летопись важнейших открытий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://him.1september.ru/topic.php?TopicID=8&Page=1>. - Назва з екрану.
5. Алхимик [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.alhimik.ru/teleclass/pril/slovo.shtml. - Назва з екрану.

А

Ададуров І.Є. 169
Абрамович П.Н. 164
Авіцена 19, 23, 24
Авогадро А. 60, 65, 66, 71, 74, 75
Алексеев П.П. 163
Алепський П. 161
Ампер А.М. 65, 69
Анаксимен 8
Андрєєв І.І. 166
Арістотель 6, 9, 10, 14, 34
Арнольд з Вілланови 21
Арреніус С.А. 137, 140, 150, 151, 154, 159, 171
Архімед 11, 16, 117
Африканус Л. 7

Б

Бабичев Ф. 163, 169
Бабко А. 163
Багратіон П.Р. 159
Байєр А. 78, 89
Бальмер Й.Я. 112
Бартлед Н. 122
Бауер Г. 23
Бах О. 154
Бекетов М.М. 89, 162, 169
Беккерель А.А. 101, 102, 103, 104, 105
Беккерель Е. 102, 103
Бекман Е. 150
Бекон Веруламський Ф. 31
Бекон Р. 20, 50
Бемон Ж. 104, 105
Бенедиктус Е. 141
Бергман Т.У., 45, 47, 77
Бернуллі Д. 152
Бертло М. 60, 130, 131, 147
Бертолле К.Л. 45, 46, 47, 57, 58, 60, 64, 66
Берцеліус Й.Я. 58, 60, 63, 65, 66, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 129, 130, 132, 133, 134, 144, 157
Бете Х.А. 115
Беттгер Р. 75
Бетгер Й.Ф. 22
Бехер І.І. 36, 58
Беляєв О.Е. 165
Білоусов Б.П. 155, 156, 157, 159
Більський С.В. 164
Блегден Ч. 149
Блек Дж. 38
Блекет П. 107

Блоджетт К.Б. 183, 184, 185
Богатський О. 165
Богдановська-Попова В. 182
Бодак О.І. 189
Боденштейн М. 154
Бодлендер Г. 120
Бойль Р. 21, 28, 29, 30, 34, 35, 37, 38, 44, 50, 58, 152
Болос із Менде 17
Больштедський А. 19
Больцман Л. 152, 154, 185
Бондар А.Г. 189
Бор Н. 93, 96, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 121, 122, 124, 125, 127, 146
Бор О. 115, 116
Борн М. 94, 118, 187
Браконно А. 130
Бранд Х. 28, 29
Браунер Б. 87, 92
Бренстед Й.Н. 122, 151, 171
де Бройль Л. 124, 125
Броун Р. 152
Бунге М.А. 169
Бунзен Р. 78, 79, 87
Бургаве Г. 37, 45
Бутлеров О.М. 79, 118, 129, 135, 136, 137, 138, 144, 168, 172, 182
Бюхнер Е. 180

В

Вааге П. 147, 154
Валеріус Ю. 145
Ван Гельмонт Й.Б. 26, 27, 28, 29, 37, 50, 54
Ван-дер-Ваальс Я.Д. 152
Вант-Гофф Я.Г. 87, 138, 139, 140, 144, 145, 146, 149, 154, 158, 176
Вей По-Ян 12
Велер Ф. 72, 73, 130, 132, 134, 144, 157, 168
Венцель К.Ф. 45, 154
Вернадський В.І. 138, 164, 169, 171
Вернер А. 122, 123, 124, 127
Вернер Г. 115, 125, 126
Віллард П. 106
Вільгельмі Л.Ф. 154
Вільямсон О.В. 84, 134, 147
Вінклер К.О. 91
Вінсент Н. 122
да Вінчі Л. 22, 23
Вісліценус Й. 140
Воклен Л.Н. 57

Воластон В.Г. 60, 62, 63, 71
Волкова В.А. 5, 14
Волкова Г.Ф. 180
Вольта А. 37, 41, 67, 69, 158, 159
Вонський Є.В. 5, 14
Воскресенський О.А. 85
Вюрц А. 47, 77, 78, 79, 80, 134, 135, 168

Г

Габер Ф. 149, 187
Галілей Г. 31
Гальвані Л. 41, 67, 158, 159
Ган О. 107, 108, 111, 184, 187, 188
Ганч А. 123
Гасенді П. 31
Гаудсміт С.А. 118
Гаусс К.Ф. 65, 152
Гебер 18, 20, 21
Гейгер Х.В. 110
Гейзенберг В. 115, 116, 120, 125
Гейлс С. 38, 42
Гей-Люссак Ж.Л. 37, 47, 64, 65, 69, 71, 72, 131, 132, 157
Гейтлер В. 126
Гельмгольц Г. 147, 148, 159
Генкель І. 12, 55
Геракліт 8
Герберт 19, 27
Герлах В. 118
Герц Г. 93
Геттар Ж.Е. 47
Гіббс Дж. В. 147, 148, 149, 159
Гізе Й. 105, 162
Гізель Ф. 105
Гілберт 67, 120, 122, 126, 151, 172
Гіппократ 11, 44
Гітторф Й. 100, 150
Глаубер Й.Р. 28, 29
Гмелін Л. 81, 84
Годен М.А. 66, 91
Голуб О.А. 163, 170
Гольдшмідт Г. 123
Гольдштейн Е. 99
Горбачевський І.Я. 162, 169
Гофман А. 99, 145
Гофман Р. 78
Гофман Ф. 37
Гришкевич – Трохимовський Е. 163
Грін В. 157
Грінцель Д.І. 162
Гуд'їр Ч.Н. 142
Гук Р. 33, 34, 38
Гульдберг К. 147, 154
Гумбольдт А. 47, 64

Гюйгенс Х. 31

Д

Дальтон Дж. 60, 61, 62, 63, 64, 71, 75, 84
Даніель Дж. 72
Дебай П. 115, 159
Дебьєрн А.Л. 105
Деві Г. 67, 68, 69, 70, 71, 72, 75, 76, 77, 82
Декарт Р. 31
Демокріт 10, 11, 17, 62, 126
Депре 149
Джоуль Дж.П. 147, 153
Джуа М. 5, 14, 37, 191
Дірак П. 125
Доберейнер І.В. 93
Дорфман Я.Г. 48, 49
Дюар Дж. 153
Дюлонг П.Л. 60, 66, 72
Дюма Ж.Б. 29, 44, 50, 65, 66, 73, 78, 81, 84, 129, 131, 132, 133, 134, 144
Дюфе Ш. 67, 96

Е

Евклід 11, 16, 96
Едісон Т. 98, 183
Ейнштейн А. 32, 41, 94, 95, 96, 97, 98, 108, 112, 124, 125, 127, 152, 154, 187
Екснер Ф. 185
Емпідокл 8
Енгельгардт О.М. 180
Енглер 154
Ендрюс Т. 152, 153
Епікур 11
Еренфест П. 127
Еріксон Дж. 174
Ерленмєєр Е. 80, 87, 168

Й

Йонат А. 190

Ж

Жаботинський А.М. 157
Жданович М. 163
Жерар Ш.Ф. 73, 74, 78, 133, 134, 163
Жером Ж.Л. 140
Жоліо –Кюрі І. 98, 100, 106, 107, 182
Жоліо –Кюрі Ф. 107, 108, 176
фон Жоллі Ф. 95
Жоффруа Е.Ф. 45

З

Зайцев О.М. 137, 170
Зелінський М.Д. 163, 169, 182
Зенович С. 163
Зінін М.М. 74, 87, 136, 144, 145, 162, 174
Зоммерфельд А.Й. 115, 119, 122

Зосимус Панополітанський 6, 17, 178

I

Іпатсьв В.М. 166

Ізмайлов М.А. 162

Інгольд К. 154, 155

Іов Едемський 18

K

Каблуков І.О. 151

Кавендіш Г. 39, 40, 41, 42, 50, 51, 58, 60, 110, 111, 114, 183

Кайєте Л.П. 153

Каммерлінг – Оннес Г. 153

Каніцарро С. 60, 73, 74, 75, 84

Капіца П.Л. 117, 153, 183

Кар Лукрецій Тит 11, 50

Каразін В. 162

Карозе У.Х. 143, 144

Картель М.Т. 165

Кекуле Ф.А. 74, 77, 78, 79, 80, 90, 131, 135, 139, 157

Кіпріанов А.І. 163, 164

Кірсанов О.В. 165

Кірхгоф К.С. 130, 148

Кістяківський В.О. 151, 154, 169

Клапейрон Б.П. 152

Клапрот М.Г. 57, 66, 77

Клаузіус Р. 147, 152

Клаус К.К. 137

Клеве П.Т. 151

Клечковський В.М. 118

Коллі Р.А. 159

Кольбе А. 87, 130, 134, 139

Комптон А.Х. 118

де Копе 149

Копп Г. 44

Корнілов М.Ю. 169

Корнукова М.М. 180

Коссель В. 121, 122, 126, 151

Крамерс Г. 154

Кребс Г.А. 155

Кремонський Герард 19

Кружалов Б.Д. 168

Крукс В. 98, 105, 127

Кудрицький М.П. 164

Кузнецова Г.І. 5

Кук Дж. 81, 84, 99

Кулон Ш. 41

Кун Р. 120, 177

Кункель Й. 50, 145

Купер А.С. 79, 135

Купрат Г. 145

Курнаков М.С. 46

Кучер Р.В. 163

Кюрі П. 115, 104

L

Лаврушин В.Ф. 162

Лавуазьє А.Л. 36, 38, 42, 47, 53

Ладенб А. 135

Лайман Т. 112

Ландау Л. 117

Ланде А. 118

Ланжевен П. 182

Лаплас П.С. 47, 52, 57

Лаурі Т. 122, 151, 171

фон Лауе М. 115, 116

Лашкарьов В.Є. 165

Ле Бель Ж.А. 140

Ле –Шательє А.А. 149

Левкіпп 10, 126

Лейбніц Г.В. 31, 33, 179

Лекок де Буабодрен П.Е. 91

Лемері Н. 44, 58, 129

фон Ленард Ф. 100, 109

Ленгмюр І. 122, 126, 151, 181, 183

Леннард – Джонс Дж.Е. 126

Ленсен Е. 81, 84

Лермонтова Ю.В. 181

Ле-Руа Е. 49

Лефевр Н. 145

Литвиненко Л.М. 163, 165

Лібау А. 25

Лібіх Ю. 72-74, 78, 93, 99, 131, 157

Лівшиц Е. 134

Ломоносов М.В. 50, 54, 88, 117, 129, 152

Лондон Ф. 126

Лоран О. 73, 74, 133, 134

Лошмідт Й.Й. 135, 152

Лулій Р. 15, 21

Лунга Г. 123

Льюїс Г.Н. 121, 122, 126, 151, 172

де Ля Метрі 48

M

Майєр Ю.Г. 147

Макє П. 51

Максвелл Дж.К. 41, 111, 152

Максимович М. 162

Маллікен Р.С. 126, 127

Манолов К. 48

Маріотт Е. 34, 37

Марковніков В.В. 137, 163, 182

Марсден Е. 110

Марсе Дж. 180

Мачулін В.Ф. 165

Мейєр В. 140

Мейєр Ю.Л. 82, 83, 86

Мейов Дж. 38

Мейтнер Л. 107, 185, 186, 187, 188
Мелікішвілі П. 163
Менделєєв Д.І. 71, 76, 77, 82 - 92, 94,
107, 135, 137, 140, 168, 172, 180
Меншуткін М.О. 50, 76, 84, 87, 90
Мечніков І.І. 141
Михайленко Я. 163, 170
Мітуар 50
Мітчерліх Е. 66
Могила П. 161
Мозлі Г. 115, 146
Монж Г. 51, 57
Монсо А.-Л. де 58
Морво Л. де 56, 57
Муассан А. 89, 140

Н

Н'єпс А. 102, 103
Нагаокі Х. 108, 109
Наке А. 77, 80
Нектарій 161
Нернст В. 146, 149, 154, 159
Нестор 17
Нємцов М.С. 168
Нільсон Л. 91
Нобель А.Б. 89, 174, 175, 176
Ньюлендс Дж. 82, 84, 86
Ньютон І. 21, 31, 32, 33, 44, 45, 111,
120, 179

О

Одлінг В. 77, 79, 81, 91
фон Осецький К. 115
Оствальд В. 87, 145, 146, 149, 151, 152,
157, 158, 166

П

Паліссі Б. 27, 28
Палладін О.В. 170
Парацельс 15, 23, 24, 25, 29, 30
Паскаль Б. 31, 33
Пастер Л. 132, 140, 180
Паулі В. 118
Пашен Ф. 112
Пекар С.І. 165
Пелуеа Ж. 174
Пепіс В. 52
Перей М. 188
Перрен Ж. 108, 182
Перрен Ж.Б. 123, 176
Петренко – Критченко П. 163
Петтенкофер М. 81
Печерський А. 161
Писаржевський Л.В. 163, 165, 170
Пікте Р. 153
Пірсон 152

Піфагор 11
Планк М. 94, 95, 112, 114, 140, 149, 185,
186, 187
Планкетт Р. 142
Плант А. фон 78
Планте Г. 159
Пліній Старший 14
Поздняков О.Т. 164
Покелс А. 180, 181
Полінг Л. 115, 126, 165, 177
Праут В. 66, 67, 81
Пфафф К. 77
Пригожин І.Т. 156
Прістлі Дж. 39, 41, 42, 50, 51, 58
Прокопович П.Ф. 161
Пруст Ж.Л. 46, 60, 75
Псевдо – Гебер 20, 21
Пті А.Т. 66, 72
Пуанкаре А. 97, 101
Пулюй І.П. 100
Пфаундер Л. 154

Р

Рабі І.А. 115
Разес 18
Рамзай В. 92, 102, 105, 121, 140
Рауль Ф.М. 149, 150, 153
Резерфорд Д. 38, 39
Резерфорд Е. 106, 109, 110, 111, 112,
114, 115, 146
лорд Релей (В. Стретт) 111, 127, 140,
181
Рентген В.К. 99, 100, 101, 103
Реформатський С. М. 163, 169, 170
Ріхтер І.В. 45, 46, 60, 71
Розе Г. 77
Рюдорф Ф. 149

С

Саді Карно Н.Л. 147
Саханов О. 163
Свєчніков С.В. 165
Семенов М.М. 154, 155
Сергєєв П.Т. 168
Сефстрем Г. 73
Сільвій Д. 25, 28
Склодовська – Кюрі М. 103-105, 185,
187
Слеттер Дж.К. 126
Смолуховський М. 162
Снітко О.В. 165
Собреро А. 174
Содді Ф. 106, 107
Соколов М. 85, 163
Стенхаус Д. 78

Столетов О.Г. 94, 95, 117

Т

Тамман Г. 146

Таппуті-Белатекалім 177

Тахей О. 25, 28

Теннар Л.Ж. 57

Тетчер М. 188

Томсен Х.П. 147

Томсон В. (лорд Кельвін) 102, 108, 147

Томсон Дж.Дж. 77, 107, 110, 121

Томсон Дж.Т. 121

Томсон Т. 63

Торрічеллі Е. 31

Траубе В. 108

Тредуелл Ф. 123

Тьольде І. (Василь – Валентин) 21

Тьюринг А. 156

У

Уатт Дж. 52

Удріс Р.Ю. 168

Уленбек Дж.Ю. 118

Усанович М.І. 152, 170-172

Ф

Фалес 8

Фальберг К. 142

Фарадей М. 68-70, 150, 152, 159

Фермі Е. 107, 108, 119, 127, 187

Фіданца Б. 21

Фішер Г. 45

Фішер Е. 140, 186

Фламель Н. 20, 21, 178

Флемінг О. 143

Флорі Г. 143

Фоміна – Жуковська Е.О. 182

Франк Д. 115, 116, 119

Франкланд Е. 77, 84, 135

Франклін Б. 42

Фрезеніус К. 77, 81

Фріш О. 187, 188

Фрумкін О. 163

Фукруа А.Ф. 62

Фулхем Е. 179

Х

Хевеші Г. де 114

Хіншельвуд С.Н. 154, 155

Ходжкін Д.К. 188

Христіансен І. 154

Хунд Ф. 118, 126

Хюккель Е. 126

Ц

Ціммерман Г. 91, 92

Цин Шихуанді 12

Ч

Чай Лунь 12

Чедвік Дж. 107

Чейн Е.Б. 143

Чжао Чжу 12

Чічібабін О.Е. 165

Чуйко О.О. 165

Ш

де Шанкуртуа О. 81, 84, 86

дю Шатле Е. 179, 180

Шварц Б. 20

Швейдлер Е. 105

Шесле К.В. 39, 42, 43, 44, 50, 51, 58, 76, 77

Шенбайн Х.Ф. 141

Шмідт Р. 105

Шнауберт І.А. 162

Шредінгер Е. 125

Шталь Г.Е. 36, 37

Штарк Й. 121

Штерн О. 118, 120

Штрассман Ф. 107, 108, 187

Ю

Юнгіус І. 44

Я

Яворський В. 163

Навчальне видання

Камінський Олександр Миколайович, Денисюк Роман Олександрович,
Кондратенко Олена Улянівна, Чайка Микола Володимирович,
Євдоченко Олена Сергіївна, Авдєєва Ольга Юріївна

Історія хімії

Навчальний посібник

За загальною редакцією Камінського О.М.

Дизайн обкладинки: М. В. Чайка, О.М. Камінський, Р.О. Денисюк
Комп'ютерне верстання: О. М. Камінський

Підп. до друку 07.12.2018.

Формат 60х84/16. Папір офсетний Гарнітура Times New Roman Cyr. Друк
різографічний.

Ум. друк. арк. Обл.-вид. арк.

Наклад 200 пр.

Зам. №

Видавництво Житомирського державного університету імені Івана
Франка

10008, м. Житомир, вул. Велика Бердичівська, 40

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ЖТ № 10 від 07.12.2004 р.

електронна пошта (E-mail): zu@zu.edu.ua