

ФОРМУВАННЯ ПОНЯТЬ ПРОСТОРУ І ЧАСУ В УЧНІВ ПРИ ВИВЧЕННІ КУРСУ ФІЗИКИ

В статті освітлюються питання формування в школярів наукового світогляду в процесі вивчення шкільного курсу фізики. Показано, на якому матеріалі з фізики розкриваються основні властивості простору і часу, зв'язок між ними і рухомою матерією.

Науковий світогляд ґрунтується на тому, що різноманітні явища у світі є різними видами рухомої матерії, яка не може рухатися інакше, ніж у просторі й часі.

Стосовно фізики це означає, що всі фізичні явища і процеси протікають у просторі й часі, тому пояснити і зрозуміти природні процеси без наукового розуміння простору і часу неможливо. Від правильного розуміння простору і часу в значній мірі залежить світогляд людини, розуміння нею оточуючого світу.

Вивчення курсу фізики у середній школі дає всі необхідні можливості для формування в учнів елементарних, але наукових уявлень про простір і час. Ці можливості значно розширюються при введенні в шкільний курс фізики елементів теорії відносності, бо, як відомо, сучасні уявлення про простір і час ґрунтуються саме на висновках з цієї теорії. Наше завдання полягає в тому, щоб з'ясувати, на якому матеріалі фізики формувати в учнів наукове розуміння простору й часу і тим самим розвивати у них елементи наукового світогляду.

Ще до вивчення систематичного курсу фізики учні повсякденно стикаються з поняттями простору і часу та звикають вважати їх чимсь інтуїтивно зрозумілим. Проте тільки на перший погляд ці поняття дуже прості, насправді вони неймовірно складні. Тому й формувати ці поняття потрібно поступово, протягом вивчення всього курсу фізики у старших класах, переходячи від з'ясування найпростіших властивостей простору і часу до складніших.

Уже на першому уроці з механіки учні дізнаються, що оточуючий нас світ являє собою матерію, що рух матерії відбувається у просторі й часі. На цьому ж уроці учнів потрібно ознайомити і з найпростішими властивостями простору і часу.

Існування тіл у просторі означає, що кожне з них має певні розміри і форму, займає цілком певне місце відносно інших тіл. Кожне з тіл має три виміри: довжину, ширину і висоту. Це свідчить про тримірність простору. Під час руху тіло змінює своє положення відносно інших тіл, проходить при цьому цілком певний шлях. Отже, і рух тіл відбувається у просторі.

Поруч з протяжністю фізичні процеси характеризуються тривалістю існування, послідовністю стадій розвитку. Різні фізичні явища відбуваються або одночасно, або одне з них раніше від іншого чи пізніше. Це й означає, що матеріальні тіла існують і рухаються в часі.

Відомості про простір і час розширюються при розгляді питання "Система відліку. Відносність механічного руху." Положення тіла у просторі можна визначити тільки відносно якогось іншого тіла. Його називають тілом відліку. Така властивість простору, яка характеризує положення тіл, немислима без самих матеріальних тіл. Рух тіла безвідносно до інших тіл теж немислимий.

Всякий матеріальний процес протікає не миттєво, а характеризується цілком певною тривалістю, тобто протікає в часі. Це свідчить про те, що і час нерозривно зв'язаний з рухом матерії.

На жаль, ідея протікання фізичних процесів у просторі й часі підкреслюється у більшості випадків лише при розгляді відносності механічного руху, а далі забувається. Вона ж повинна підкреслюватись при розгляді рівномірних і нерівномірних рухів, закону інерції й інерціальних та неінерціальних систем, другого закону Ньютона, принципу відносності Галілея і т.д. Не менші можливості для з'ясування нерозривного зв'язку простору і часу з рухом матерії дає вивчення складніших фізичних форм руху (теплової, електричної, внутріатомної та внутріядерної).

Той факт, що простір і час є формами руху матерії, проявляється в тому, що в будь-який фізичний закон в явній чи неявній формі входять просторові й часові характеристики. Це підкреслюється учням, починаючи з закону рівномірного руху $s=vt$ і закінчуючи законами теорії відносності.

Така систематична робота застереже студентів від субстанційного розуміння простору і часу. Згідно з субстанційною концепцією, простір і час розуміються як незалежно існуючі поруч з матерією, як її порожні вмістителища. Простір - це чиста протяжність, а час - чиста тривалість, в які ніби занурені матеріальні тіла. Субстанційний погляд на простір і час одним з перших висловив Демокрит. Своє завершення субстанційна концепція простору і часу отримала у класичній механіці, зокрема Ньютона.

Для опису руху тіла у просторі й часі вводяться просторові й часові характеристики. Оскільки реальний простір тривимірний, то і просторових характеристик три. Часова характеристика – проміжок часу одна. Це обумовлено тим, що час на відміну від простору одномірний. Для фіксування певної події в часі досить однієї величини – проміжку часу, відрахованого від деякого початкового моменту. Сукупність тіла відліку, годинника, просторових і часових координат становить систему відліку, стосовно якої положення матеріальної точки визначається цілком точно.

Важливою рисою часу є його незворотність. Час протікає в одному напрямі від минулого через сучасне у майбутнє. У минуле ніколи не можна повернутись. Ніколи не повториться той момент часу, коли людина вперше стала на ноги, вперше переступила поріг, склала останній екзамен на атестат зрілості.

На відміну від часу простір оборотний у тому розумінні, що в довільну його точку можна повернутись скільки завгодно разів.

Майже ніхто з випускників середніх шкіл не може відповісти на запитання: на якій підставі за тіло відліку вибирають довільне тіло, або чому за початок відліку часу вибирають довільний момент часу. Виявляється, що абсолютна більшість випускників середніх шкіл не чула про однорідність простору і часу.

Однорідність простору означає рівноправність усіх його точок, відсутність будь-яких особливих точок. Тому байдуже, з яким саме тілом зв'язується інерціальна система відліку. Однорідністю простору пояснюється однакове протікання фізичних процесів при однакових умовах в усіх точках простору. Завдяки однорідності простору всі закони фізики мають місце на всій земній кулі. У кожній точці земної кулі тіла рухаються рівномірно і прямолінійно або перебувають у стані спокою при рівності нулю рівнодійної всіх сил, що діють на розглядуване тіло. Якщо рівнодійна цих сил не рівна нулю, то всі тіла набувають прискорення, яке визначається за другим законом Ньютона. У будь-якій точці на Землі явище електролізу підлягає законам Фарадея.

Однорідність часу означає рівноправність усіх його моментів. Протікання часу саме по собі не впливає на протікання природних процесів. Закони фізики, хімії, біології та інших наук, відкриті вченими багато років тому, мають місце і тепер. Закони небесної механіки, відкриті ще в XVII ст., тепер з успіхом використовуються при запуску штучних супутників Землі. Закон електромагнітної індукції, відкритий Фарадеєм у першій половині XIX ст., з великим успіхом застосовується у сучасній електро- і радіотехніці. Завдяки рівноправності всіх моментів часу ми й вибираємо за початок відліку часу будь-який з цих моментів.

Ізотропність простору означає рівноправність усіх можливих напрямків. Жоден з напрямків у просторі не має переваг над іншими. Світло від джерела поширюється в усіх напрямках за одними і тими ж законами. Під дією однакових сил тіла рівних мас отримують однакове прискорення незалежно від напрямку дії цих сил. На відміну від простору час ізотропний. Він протікає лише в одному напрямі від минулого до майбутнього.

Однорідність та ізотропність простору й однорідність часу лежать в основі галілейського принципу відносності та в основі спеціальної теорії відносності.

Розуміння простору і часу класичною механікою повністю виражається перетвореннями Галілея. З них випливає, що просторова координата у рухомій системі залежить як від просторової, так і від часової координати в нерухомій системі $x' = x - vt$. Часова ж координата в рухомій системі залежить тільки від часової координати в нерухомій системі й зовсім не зв'язана з просторовими $t' = t$. Таким чином, час у класичній механіці розглядається абсолютно незалежно від простору.

Основними метричними характеристиками простору і часу в класичній механіці є віддаль між двома точками і проміжок часу між двома подіями, що відбуваються у цих точках. З перетворень Галілея випливає абсолютний характер довжин і проміжків часу. Проміжки часу і довжини не залежить одне від одного і від системи відліку. Це ньютонівський абсолютний простір і ньютонівський абсолютний час. Класична механіка розглядає швидкості, малі, порівняно із швидкістю світла. При таких малих швидкостях проявляються лише зовнішні, найпростіші властивості простору і часу, і не проявляється ні зв'язок простору і часу з рухом матерії, ні зв'язок між простором і часом. На основі цього й було зроблено висновок про абсолютний простір і абсолютний час. У цьому обмеженість класичної механіки. Знімає цю обмеженість спеціальна теорія відносності.

Наступне поглиблення понять простору і часу повинні отримати учні при вивченні елементів спеціальної теорії відносності. Ідея єдності простору і часу з рухомою матерією в спеціальній теорії відносності виступає найчіткіше порівняно з іншими розділами фізики. Теорія Ейнштейна розкрила конкретні зв'язки простору і часу з рухомою матерією і першого з другим, виразивши ці зв'язки строго математично певними законами. Зв'язок простору і часу з рухомою матерією виражається зокрема в тому, що одночасність події є не абсолютною, а відносною. Події, одночасні в одній з матеріальних систем, не одночасні в інших матеріальних системах.

Математичним апаратом теорії відносності служать перетворення Лоренца, в які просторові та часові координати входять на рівних правах. Просторова і часова координати у рухомій інерціальній системі залежать і від просторової, і від часової координат у нерухомій системі. Цим самим стверджується нерозривний зв'язок простору і часу.

З перетворень Лоренца і з відносності поняття одночасності впливає відносність довжин і проміжків часу. На відміну від класичної механіки у спеціальній теорії відносності довжини і проміжки часу втрачають свій абсолютний характер. Довжина і проміжок часу перестають характеризувати лише самі матеріальні тіла, вони стають відносними величинами і характеризують відношення матеріальних об'єктів.

Щоб полегшити студентам зрозуміти відносний характер простору і часу, необхідно виконати певну попередню роботу. Відносність значної кількості величин не таке вже рідкісне явище як у фізиці, так і в повсякденному житті. До з'ясування відносності простору і часу у попередніх розділах фізики повинна бути з'ясована відносність руху і спокою, переміщення і траєкторії, рівномірного і прямолінійного руху, швидкості й т.д. Така пропедевтика у значній мірі застереже учнів від динамічної концепції розуміння кінематичних релятивістських ефектів скорочення довжини і сповільнення часу.

Суть цієї концепції, висунутої Лоренцом і Фіджеральдом ще до виникнення теорії відносності, полягає в тому, що всі тіла в напрямі свого руху скорочуються за формулою:

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad (1)$$

Таке скорочення викликане дією певних сил на тіло й аналогічне до зміни розмірів тіл при нагріванні або при деформаціях. Згідно з динамічною концепцією у формулі (1) l_0 - абсолютна довжина тіла. Динамічне тлумачення релятивістських ефектів носить механістичний характер, бо зв'язане з абсолютним простором і намагається зберегти абсолютну довжину.

Насправді ж релятивістська формула (1) стверджує, що всяке тіло, як би швидко воно не рухалось відносно деякої системи відліку, в нерухомій відносно нього системі буде мати одну і ту ж довжину l_0 . Ця довжина l_0 називається власною довжиною тіла. Теорія відносності стверджує, що скорочення довжини і сповільнення часу реальні, але відносні ефекти. Скорочення довжини і сповільнення часу залежать від швидкості взаємного руху інерціальних систем. В одній і тій же системі час по-різному тече відносно цієї ж системи і системи, яка рухається стосовно першої прямолінійно і рівномірно. У кожній системі свій час. Скільки існує інерціальних систем, стільки ж існує довжин одного і того ж тіла. Безглуздо ставити питання, у якій системі відліку час тече по-справжньому або у якій системі тіло має справжню довжину. З точки зору спеціальної теорії відносності всі інерціальні системи рівноправні. Довжина виражає відношення тіла до системи відліку і має зміст щодо конкретної системи. Так само проміжок часу не є характеристикою подій самих по собі, а виражає їх відношення до системи відліку і тільки в ній має зміст. Релятивістські ефекти стають помітними при наближенні швидкості інерціальних систем до швидкості світла. Класична механіка займалась вивченням повільних рухів і не могла виявити внутрішнього зв'язку між простором і часом, а також зв'язку простору і часу з рухом матерії.

Завершення формувань понять простору і часу здійснюється при розгляді основних положень загальної теорії відносності. У ній встановлюється ще глибший, ніж у спеціальній теорії відносності, зв'язок між матерією і простором та часом. Загальна теорія відносності твердить, що простір є евклідовим лише при відсутності мас. Наявність мас призводить до зміни простору і часу. Простір набуває кривизни. Чим більші маси тіл, тим більша кривизна простору. Рух тіла з інерції у такому просторі відбувається не по прямій, як у просторі Евкліда, а по деякій кривій. В області дії мас (інакше кажучи, в полі тяжіння) змінюється і ритм часу. Чим сильніше поле тяжіння (чим більші маси тіл), тим повільніше тече час.

Наслідком систематичної роботи вчителя, спрямованої на формування наукових понять простору і часу, повинно бути розуміння учнями в елементарній формі, що рухома матерія визначає властивості простору і часу. Поза рухомою матерією не існує ні простору, ні часу. Не існує матерія поза простором і часом. Простір і час як форми буття рухомої матерії, перебувають у нерозривній єдності. Вони нерозривно зв'язані одне з одним і з матерією, але разом з тим об'єктивно розрізняються. Простір характеризує протяжність матеріальних об'єктів, їх розміщення щодо інших об'єктів. Час характеризує послідовність матеріальних процесів, їх тривалість.

Вецицький Панас Анатолійович - кандидат педагогічних наук, доцент кафедри фізики Житомирського державного педагогічного інституту ім. І. Франка.

Наукові інтереси:

- теорія і методика викладання фізики.

Вецицький Сергій Панасович - курсовий офіцер Житомирського військового інституту радіоелектроніки.

Наукові інтереси:

- теорія і методика викладання фізики.