

ПРО ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПОНЯТТЯ ЕНЕРГІЇ В ШКІЛЬНОМУ КУРСІ ФІЗИКИ

У статті розглядаються можливості формування в шкільному курсі фізики поняття роботи як величини, що визначає зміни в стані системи тіл, і енергії як характеристики стану системи

Ключові слова: формування понять, стан системи, робота, енергія.

Серед фізичних понять, які мають бути сформовані в учнів при вивченні фізики в середній школі, поняття роботи і енергії є найвагомішими і найскладнішими. Засвоєння цих понять є необхідною умовою формування в учнів фізичної картини світу. Незважаючи на те, що поняття роботи і енергії формуються і використовуються протягом вивчення всього курсу фізики, у більшості випадків учні не усвідомлюють їх сутності. Це проявляється, зокрема, в тому, що вони уникають використання "енергетичного підходу" до розв'язування задач навіть тоді, коли це дозволяє значно спростити розрахунки й швидше одержати результат. Причина в тому, що поняття "робота" і "енергія" носять абстрактний характер, а з'ясування їх сутностей як фізичних величин у шкільному курсі фізики є операціональним і досить загальним. У науково-технічній літературі й підручниках ці поняття є чи не найменш визначеними. До того ж, досить складно однозначно виділити властивості фізичних об'єктів, які характеризують енергія і робота як фізичні величини.

Термін "енергія" походить від грецького слова *energeia* – дія, діяльність, що було використане в роботах Аристотеля. Т. Юнг у 1807 році першим використав термін "енергія" у сучасному розумінні цього слова замість поняття "жива сила". У 1829 році Г. Г. Коріоліс увів термін "кінетична енергія", у 1853 році В. Ренкін запропонував поняття "потенційна енергія". Тривалий час велися суперечки щодо природи енергії: чи є енергія субстанцією, чи вона є лише фізичною величиною.

У 1852 р. у роботі "Динамічна теорія тепла" В.Томсон уперше дав визначення енергії близьке до сучасного її розуміння: "Під енергією матеріальної системи у визначеному стані ми розуміємо обмірювану в механічних одиницях роботи суму всіх дій, що виробляються поза системою, коли вона переходить з цього стану будь-яким способом у довільно обраний нульовий стан". Проте, навіть у наш час, видатний американський фізик Р.Фейнман говорив, що "фізиці сьогоденного дня невідомо, що таке енергія. Ми не вважаємо, що енергія передається в маленьких пігулках певної місткості. Просто є формули для розрахунку певних чисельних величин; додавши їх, ми одержуємо завжди одне й те саме число . . ." [1, 73].

Хоч енергія є одним з понять, якому не можна дати однозначне визначення, її зміну в різних процесах можна виміряти, скориставшись єдиною мірою. У природі існує вічний рух і вічне перетворення рухомої матерії. Один вид руху може перетворюватися в інший у певній, строго визначеній кількості. Енергія є кількісною характеристикою цього руху і перетворення. Звідси випливає, що "енергія – загальна кількісна міра руху і взаємодії усіх видів матерії" [2]. Без матерії, що перебуває в русі, немає енергії. Фізично існують лише матеріальні процеси, рух і взаємодія, які математично описуються такими поняттями, як енергія і робота.

У літературі, у тому числі науковій, широко використовуються усталені фізичні жаргонізми й терміни. У результаті окремі фундаментальні фізичні величини набувають субстанціонального змісту: тіла обмінюються енергією, Сонце випромінює енергію, тепло передається від одного тіла до іншого, електрична енергія передається по дротах і так далі. Для фізиків це не має особливого значення, вони розуміють сутність процесів і явищ, які характеризуються цими величинами. В учнів використання таких виразів створює уявлення про реальність енергії.

У шкільних підручниках з фізики енергія найчастіше визначається як фізична величина, "що характеризує здатність тіла або системи тіл виконувати роботу" [3, 152; 4, 135]. При цьому досить часто енергія набуває рис реально існуючої субстанції: "нині встановлено, що енергія може існувати в різних формах". [3, с. 153]. Застосування тверджень "робота є мірою перетворення енергії", "енергія одного тіла передається іншому", "унаслідок теплообміну енергія переходить від більш нагрітого тіла до менш нагрітого", конвекція – процес перенесення енергії струменями рідини або газу", "тіло має запас енергії", "енергія випромінюється і поширюється" без належного з'ясування процесів не сприяють розумінню учнями сутності енергії як фізичної величини, формують уявлення про енергію як щось реально існуюче, що може

"передаватися" у вигляді "пігулок", про які згадував Р. Фейнман. Фактично, уявлення учнів про процеси перетворення, передачі і збереження енергії закладаються на рівні уявлень теорії "теплецю". Слід відмітити і те, що ізольована система в стані рівноваги може володіти енергією, але не може виконувати роботу. Тому означення енергії як величини, що визначає здатність виконувати роботу, застосовне для всіх процесів.

Є різні підходи до вивчення поняття енергії і роботи в шкільному курсі фізики. Поняття роботи як характеристики процесу переміщення тіла під дією сили і енергії як функції стану можна увести незалежно одне від одного і потім з'ясувати зв'язок між ними. Можна увести поняття роботи як величини, що характеризує процес зміни стану тіла (системи тіл) і з'ясувати поняття енергії, як величини, що характеризує стан системи (спочатку механічної). Поняття роботи і енергії можна увести одночасно, на основі встановлення рівняння зв'язку між зміною кінетичної енергії і роботою. [5, 6].

З'ясування будь-якого поняття передбачає виділення його суттєвих ознак. Фізична величина є кількісною характеристикою властивих тілу або процесу якостей. Усвідомлення поняття фізичної величини, у тому числі понять енергії і роботи учнями, неможливе без виділення властивостей об'єктів (тіл, процесів, явищ), які можна кількісно порівнювати. Необхідно також встановити зв'язки даної фізичної величини з іншими, вже відомими, фізичними величинами та з'ясувати способи і процедури її вимірювання.

Найчастіше в шкільних курсах фізики спочатку вводиться поняття роботи, а потім поняття енергії як величини, що визначає здатність тіл виконувати роботу. При цьому основна увага приділяється з'ясуванню умов виконання роботи силою. Проте, основною ознакою роботи як фізичної величини, є те, що вона характеризує процес. Унаслідок її виконання відбувається зміна стану тіла. Саме на це і необхідно звертати увагу формуючи поняття роботи.

Механічний стан системи яблуко-Земля, що висить на гілці, можна охарактеризувати висотою (координатою) і силою тяжіння, яка діє на нього. Яблуко падає. Унаслідок дії сили тяжіння його швидкість і координата змінюються. Через деякий час яблуко має іншу координату і швидкість. Зміна стану яблука відбувається в результаті, а переміщення – під дією сили тяжіння. Новий стан дерев'яного брусочка, який за допомогою динамометра пересувають по трибометру, теж визначається переміщенням під дією сили. Так, на основі прикладів можна увести поняття роботи як фізичної величини, що дозволяє чисельно охарактеризувати процес зміни стану тіла або системи тіл.

Чим більша сила і чим більший шлях пройшло тіло під дією цієї сили, тим більші зміни відбулися в стані тіла. Очевидно, щоб змінити стан гирі масою 1 кг, піднявши її на висоту 1 метр, необхідно прикласти силу 9,8 Н. Для підняття гирі масою 10 кг, на цю ж висоту необхідно прикласти в 10 разів більшу силу і виконати у 10 разів більшу роботу. Піднімаючи десятий кілограмову гирю на висоту 2 метри, потрібно виконати ще удвічі більшу роботу, тобто – у 20 разів більшу, ніж для підняття гирі масою 1 кг на висоту 1 м. Відтак, робота як фізична величина, що характеризує зміну стану тіла, може бути охарактеризована добутком сили на переміщення. Формула $A = Fs$ і означення роботи як добутку сили на переміщення стає більш зрозумілою для учнів.

У механічних явищах зміна стану пов'язана з механічним рухом. В основі інших фізичних явищ лежать інші види руху матерії. Тому в подальшому такий підхід може бути використаний при з'ясуванні поняття роботи не лише в механіці, а й в інших розділах курсу фізики.

Слід відмітити, що з'ясування поняття роботи як характеристики процесу зміни стану системи узгоджується і з побутовим терміном "робота". Адже наслідком виконання будь-якої роботи людиною є зміна стану об'єктів праці і самої людини.

З'ясування роботи як характеристики зміни стану тіла дозволяє розкрити сутність енергії не лише як величини, яка визначає потенціальну можливість тіл виконувати роботу, а й як функції стану. Пояснити відносний характер механічної роботи і енергії. Виконання роботи пов'язане з рухом тіл. Потенціальна енергія як характеристика взаємодії проявляється через кінетичну енергію, яка характеризує стан рухомого тіла в певний момент часу. Стан тіла, піднятого на деяку висоту визначає, яку роботу воно може виконати. Нескладно показати, що значення роботи, виконаної силою тяжіння, при вільному падінні визначається

виразом mgh (або $G \frac{m_1 m_2}{r}$), який пов'язує взаємодію тіл у системі та їхнє взаємне положення. Відтак, величина mgh , яку називають потенціальною енергією, з одного боку характеризує механічний стан системи тіл (наприклад, тіло-Земля), з іншого боку визначає потенційну здатність системи тіл виконувати роботу.

Перехід системи з одного стану в інший пов'язаний з рухом і взаємодією. Можна показати, що в системі взаємодіючих тіл різні стани відносного спокою і руху характеризуються фізичними величинами, сумарне значення яких залишається незмінним. Найпростіше це зробити для випадку вільного падіння тіла. Механічний стан тіла визначається, зокрема, його координатою, швидкістю і масою. Сила тяжіння при

падінні тіла з висоти h на землю виконує роботу $A = mgh = mg \frac{v^2}{2g} = \frac{mv^2}{2}$. У основній школі до такого ж

висновку можна прийти, визначивши шлях, пройдений тілом під дією сили тяжіння, через середню швидкість. Отже, величина $E_{II} = mgh$ характеризує тіло (систему) у стані, з координатою h відносно поверхні Землі і визначає потенціальну можливість виконання роботи: $A = E_{II} = mgh$, якщо h стане рівною нулю. Унаслідок виконання роботи силою тяжіння стан тіла змінився. У момент перед зіткненням з поверхнею Землі стан тіла визначається швидкістю, якої воно набуло унаслідок взаємодії. Саме завдяки

набутій швидкості рухоме тіло може виконати роботу, значення якої $E_k = \frac{mv^2}{2}$, і реалізувати потенційну можливість її виконання в стані, який визначався величиною $E_{II} = mgh$, забити, наприклад, цвях. Отже, стан тіла, яке рухається, характеризує кінетична енергія.

У процесі падіння тіла з верхньої точки до удару, стан падаючого тіла (точніше системи Земля – тіло) визначатиметься сумою його потенціальної і кінетичної енергії. Так, нехай тіло перебуває у даний момент на висоті $h' < h$.

$$\text{Тоді, } mgh' + \frac{mv^2}{2} = mgh' + \frac{m2g(h-h')}{2} = mgh = \frac{mv^2}{2}.$$

Такий підхід дозволяє з'ясувати поняття енергії, як функції стану, дозволяє здійснювати єдиний підхід до вивчення її різних видів.

Використані джерела

1. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике, т. 1. – М.: Мир, 1967. – 266 с.
2. Физический Энциклопедический словарь. – М.: Советская энциклопедия, 1984.
3. Гендельштейн Л.Е. Фізика 8 кл.: Підручник для середніх загальноосвітніх шкіл. – Х.: Гімназія, 2008. – 256 с.
4. Сиротюк В.Д. Фізика: підручник для 8 класу загальноосвіт. навч. закл. – К.: Зодіак-ЕКО, 2008. – 240 с.
5. Методика преподавания физики в средней школе. Частные вопросы – М.: Просвещение, 1987. – С. 97–99.
6. Пайерлс Р.Е. Законы природы. – М.: Государственное издание технико-теоретической литературы, 1957. – С. 25–32.
7. Гончаренко С.У. Методика навчання фізики в середній школі. Механіка. – К.: Радянська школа, 1984. – 208 с.

Boiko M.P., Boiko L.M.

ON SOME PECULIARITIES OF THE FORMATION OF THE CONCEPTS OF ENERGY IN THE SCHOOL COURSE OF PHYSICS

The article examines the possibilities of forming in the school course of physics the concept of work as a value, which determines the changes in the system of bodies of power and as a description of a system

Key words: *formation of concepts, system status, work, energy,*

Стаття рекомендована кафедрою фізики Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя.

Стаття надійшла до редакції 23.04.2013

