

ФОРМУВАННЯ ЛОГІЧНОГО МИСЛЕННЯ УЧНІВ ОСНОВНОЇ ШКОЛИ ПРИ ВИВЧЕННІ ТЕМИ "ТЕПЛОВІ ЯВИЩА" НА УРОКАХ ФІЗИКИ

У статті розглядається дидактичний аспект розвитку розумових здібностей учнів при вивченні фізики в основній школі. Пропонується упорядкування послідовності вивчення теми "Теплові явища" і генералізація методики навчання розділу навколо уявлень про функціональну залежність між зміною внутрішньої енергії та температурою.

Ключові слова: *теплова рівновага, температура, внутрішня енергія, кількість теплоти, функціональна залежність.*

Період реформування, який переживає українська школа, характерний глобальним і радикальним переглядом усієї системи і структури навчального процесу. Намагання скоротити і спростити процес оволодіння учнями знаннями про природу відкриває можливість внести суттєві зміни в методику навчання, розробити нові підходи до трактування фізичних явищ, удосконалити і раціоналізувати процес засвоєння знань.

Визнаючи значну долю раціоналізму у цій тенденції сучасної дидактики, не варто забувати гуманістичні завдання, які стоять перед загальноосвітньою школою, особливо перед її базовою компонентою. Декларуючи пріоритетність завдань з озброєння учнів системою фізичних знань, формування уявлень про сучасну наукову картину світу, усі нормативні документи сучасної школи вимагають формувати здатності учнів до самостійної продуктивної діяльності, до неперервного (протягом усього життя) навчання і інтелектуального вдосконалення. Яскравою ілюстрацією цього стратегічного напрямку розвитку фізичної освіти в українській школі є процес запровадження компетентнісного підходу, оснований на чіткій регламентації вимог щодо кінцевого результату навчання.

Не вдаючись у детальний аналіз сутності компетентнісного підходу, що не входить в мету даної статті, відмітимо, що з детально розписаних програмних документів про реформування середньої освіти випає критерій загальнорозвивального характеру шкільного навчання. Розписуючи вимоги щодо формування компетентностей практичного, прикладного характеру, укладачі документів опустили проблему розвитку логічного мислення і розумових здібностей учнів. А практика і теорія навчання, відображена в предметних дидактиках, побудованих на глибоких і тривалих наукових дослідженнях, одним з важливих завдань і наслідків навчання фізики поруч із загальноосвітніми завданнями називає розвиток розумових здібностей, як глобальне, потенційно важливе для загального розвитку учня завдання.

Особливо чіткими і виразними в цьому плані є твердження одного з корифеїв української методики навчання фізики – професора Бугайова О.І., який серед великого переліку завдань навчання фізики вказував, що потрібно "...не тільки збагатити пам'ять учнів, але й розвинути їх мислення, творчі здібності" [1, с. 32].

Мислення, підпорядковане законам логіки, маючи великі потенції подальшого розвитку, є діалектичним процесом і підпорядковане універсальним законам логіки, серед яких є закон каузальності (причинності), згідно з яким кожне явище чи подія мають причину і наслідок. Дія цього закону чітко прослідковується у фізичних явищах і є системовизначальною у фізиці як науці і навчальному предметі. Пізнання закономірностей природних явищ не тільки дозволяє спрогнозувати подальші події, але і розрахувати їх наслідки, що важливо при плануванні наукових досліджень і розробці шляхів практичного втілення їх наслідків.

Причинно-наслідковий зв'язок відображений у законі каузальності як філософська категорія, має свої особливості, завдяки чому його можна виявити й дослідити. Він відображає певну послідовність явищ в часі, коли причина передуює наслідку. Це визначається тим, що між причиною й наслідком існує "генетичний" зв'язок. На певному етапі розвитку явища причина породжує наслідок, який може стати причиною наступного явища.

У математиці, яка є теоретичною базою фізики-науки, цей генетичний зв'язок – "причина-наслідок" – відображається категорією функціональної залежності. **Функціональною залежністю**, або **функцією** називається така залежність між змінними x та y , у якій кожному значенню змінної x (аргумент) із деякої множини D відповідає єдине значення змінної y (функція). Така функціональна залежність відображена у формулюваннях більшості фізичних законів, чим відображається зв'язок причини (аргумента) і наслідку (функції).

Таку функціональну залежність чітко відображено у формулюванні II закону механіки Ньютона у формі "прискорення пропорційно силі", закону Ома – "сила струму пропорційно напрузі" і в формулюваннях багатьох інших законів. У них чітко прослідковуються причинно-наслідкові зв'язки: "сила-причина, прискорення тіла – наслідок", "напруга – причина, сила струму – наслідок".

Разом з тим у фізиці широко вживаються твердження, побудовані на основі способу розрахунку: "Сила дорівнює добутку маси на прискорення ($F = ma$)", "швидкість дорівнює відношенню шляху до інтервалу часу ($v = s/t$)" і т.п. З огляду на пізнавальне значення таких формулювань, вони сприяють лише формуванню практичних навичок – способу розрахунку значень фізичних величин через зв'язки між ними в математичній формі. У математиці ж, формули такого типу називають просто рівняннями. Не заперечуючи значимість такого випробуваного шляху використання отриманих знань про природу, варто відмітити його обмеженість щодо процесу формування логічного мислення і ролі в пізнанні природних явищ.

Первинним мусить бути встановлення функціональних зв'язків у природних явищах. Адже в ланцюжку пізнання природи перше місце займає фізичне явище, яке відкриває шлях для подальшого дослідження його сутності і ролі в природі.

Виходячи з цього, закономірно зробити висновок, що для формування в учнів логічного (творчого) мислення та формування основних уявлень про наукову картину світу доцільно в узагальненнях вживати формулювання через фіксацію функціональних залежностей. Цим буде реалізовуватися не тільки логічний підхід, але і навчання учнів логіці мислення через логіку природи.

Хоча прагматична (практична) частина фізики, яка передбачає прогноз і розрахунки наслідків, оперує математичними залежностями, які вказують лише кількісний зв'язок між фізичними величинами, які описують явище чи фізичне тіло, такі залежності отримали назву рівнянь.

А на мові фізики в фізичному розумінні функції і рівняння мають різні ознаки: функція містить слово "залежить" (аналог – причина/наслідок), а рівняння оперує терміном "дорівнює". І якщо функціональна залежність дозволяє встановити можливість чи умови протікання явища, то рівняння дає лише рецепт розрахунку. З точки зору логіки і принципу розвитку мислення функціональне вираження певного закону чи закономірності має принципове значення: без нього не можна реалізувати логічне мислення і формувати уявлення про єдність природи, відображену в науковій картині світу.

На жаль, у сучасних підручниках і посібниках з фізики, не виключаючи науково-популярну літературу, не враховуються закономірності пізнання природи і завдання, які стоять перед фізикою як навчальним процесом.

Зокрема, програма з фізики для 7-9 класів (розвантажений варіант) передбачає ознайомлення учнів з основами термодинаміки через засвоєння змісту теми "Теплові явища". Ключовими уявленнями цієї теми є внутрішня енергія, кількість теплоти, температура, термодинамічна рівновага.

Названа вище тема є узагальненим варіантом розділу "Основи термодинаміки", адаптованим до програми основної школи. Тут учні отримують початкові уявлення про природу теплових явищ, про внутрішню енергію, кількість теплоти і температуру. Генеральна системоутворююча лінія цього розділу базується на трьох законах термодинаміки, які хоча і не формулюються, а лише визначають способи розрахунків теплових процесів, розкривають напрям протікання теплових процесів.

Особливістю розділу є те, що він базується на використанні енергетичного підходу в аналізі теплових процесів. Відповідно до цього внутрішня енергія визначається як сукупність кінетичної та потенціальної енергій молекул речовини. Кількість теплоти ж означається як зміна внутрішньої енергії при теплопередачі без виконання роботи.

Важливо відмітити, що в цьому розділі одночасно поглиблюється уявлення учнів про важливу фізичну величину – температуру. Крім дуже нечіткого означення температури як міри нагрітості тіла, учні отримують знання про температуру як **параметр термодинамічної системи, від якого залежить внутрішня енергія**. Такий підхід знайшов місце в деяких підручниках і посібниках з фізики.

Деякі приклади цього вибірково показані нижче.

"Змінити швидкість, тобто кінетичну енергію, частинок тіла можна збільшивши або зменшивши температуру тіла. "... зміна внутрішньої енергії ... залежить від того, якою буде зміна температури тіла" [2, с. 22].

"... можемо сказати, що зміна внутрішньої енергії довільного тіла при нагріванні залежить від трьох факторів: 1) маси тіла; 2) зміни температури; 3) виду речовини, з якої виготовлене тіло" [2, с. 23].

"... зміна температури тіла приводить до зміни його внутрішньої енергії" [9, с. 265].

"Середня кінетична енергія хаотичного руху молекул газу пропорціональна абсолютній температурі" [8, с. 49].

Такі твердження на нашу думку, стали можливими унаслідок абсолютизації калориметричного рівняння, яке проходить через усі без виключення підручники у вигляді: $Q = cm\Delta t^0$.

У такому рівнянні кількість теплоти постає як функція зміни температури. Тобто, температура виступає як причина зміни внутрішньої енергії при теплообміні. Це суперечить фізичним законам термодинаміки. Адже у функціональній залежності аргумент виступає як визначальник функції. Усі зміни, які відбуваються з функцією є наслідком зміни аргумента. У поширеній же формі запису калориметричного рівняння зміна температури як аргумент визначає зміну внутрішньої енергії системи (тіла).

Не маючи жодних зауважень щодо математичної коректності даного запису рівняння, ми вважаємо, що за своєю сутністю з точки зору логіки і фізичної теорії такий запис дає лише рецепт розрахунку кількості теплоти за відомою зміною температури для даної речовини. Тут можна послатися на один з популярних підручників О.В. Пьоришкіна [5, с. 18-21], де автор прямим текстом вказує, що рівняння теплового балансу служить способом розрахунку кількості теплоти.

Зміна температури тіла є наслідком зміни внутрішньої енергії тіла. І якщо зміна внутрішньої енергії реальна при теплообміні, то температура може виражатися в різних шкалах і не відображати

конкретного явища чи об'єкта, який вона характеризує. У теплообміні реальним є перехід енергії від одного тіла до другого. Виявляється, що коли внутрішня енергія, пов'язана з речовиною, може передаватися від одного тіла до другого, то температура такою властивістю не володіє.

Отже, температуру не можна вважати фізичним явищем чи властивістю. Немає жодних підстав для твердження про перехід температури від тіла до тіла. А такі твердження зустрічаються не тільки в розмовній мові, але і науковій літературі.

Тому строго означення температури відсутнє. Температура жодним чином не виводиться з інших фізичних термодинамічних величин і є самодостатньою, на зразок електричного заряду чи електромагнітного поля. За твердженням деяких фізиків вона значною мірою є штучно введеною величиною, яка визначає напрям протікання термодинамічних процесів: "... температура як наш власний винахід пов'язана з приладом для її вимірювання [3, с. 471].

Отже, зміна температури відбувається унаслідок зміни внутрішньої енергії, яка при теплопередачі дорівнює кількості теплоти, відданої, чи отриманої тілом. Зміна температури є функцією кількості теплоти. А кількість теплоти пов'язана безпосередньо з речовиною, тобто, реально існуюча величина. Вона може переходити від тіла до тіла і змінювати його температуру, чи агрегатний стан. Кількість теплоти – аргумент, а зміна температури – функція.

Якщо для вимірювання температури існує прилад – термометр, який дозволяє визначити стан теплової рівноваги і описувати його кількісно, то для зміни внутрішньої енергії такого приладу не існує. Тому і користуються похідною формулою для розрахунку кількості теплоти при відомій (виміряній) зміні температури. Це може бути ще одним свідченням, що температура не може "переходити", "надаватися тілу" і т.п.

Отже, температура є величиною, яка визначає стан термодинамічної рівноваги в термодинамічній системі. Як показує практика, таким приладом для визначення стану рівноваги можуть бути довільні фізичні тіла, властивості яких залежать від внутрішньої енергії тіла. Тому відомі газові термометри, біметалеві термометри, електричні термометри, термометри на металевих провідниках, напівпровідникові, пірометричні тощо.

"Кожне з цих явищ може служити основою для побудови вимірювального приладу, який називають термометром" [4, с. 342].

"Міру нагрятості термометра можна визначити на основі того дослідного факту, що зміна рівня нагрятості тіла однозначно зв'язана зі зміною різних його властивостей, які характеризуються тиском, об'ємом та іншими легко вимірюваними величинами" [7, с. 23].

Однією з вимог щодо використання термометрів будь-якого типу є безпосередній тепловий контакт з тілом, температура якого вимірюється. Якщо термометричне тіло і досліджуване тіло мають різну внутрішню енергію, то стан термометричного тіла поступово змінюється, доки не припиниться перехід енергії між тілами. Такий стан системи в термодинаміці називають рівноважним.

Тоді можна твердити, що тепловий стан даного тіла такий, як термометричного тіла, яке знаходиться в термодинамічній рівновазі з танучим льодом, киплячою водою, в рідким азотом у відкритій посудині Дьюара тощо. Теплові властивості порівнюються з механічними, електричними, оптичними, магнітними і т.п. Відповідно обираються типові стани, які стають еталонними.

"... Температура до певної міри є умовною величиною, тому що вона лише відображає кінетичні процеси, які відбуваються в тілі. У загальному випадку температура пов'язана з середньою кінетичною енергією руху частинок, які складають тіло, тобто, температура визначається енергією, і зрозуміло, що фізичний зміст має саме ця енергія" [6, с. 11].

Опираючись на необхідність надання навчальному процесу розвивального характеру, приходимо до висновку, що при вивченні основ термодинаміки в основній школі доцільно при математичній інтерпретації теплових процесів відійти від традиційних калориметричних рівнянь, які є рецептом для обчислення зміни внутрішньої енергії, і розглядати залежність зміни температури від зміни внутрішньої енергії (кількості теплоти).

Такий варіант не тільки встановлює строгу залежність температури від кількості теплоти, але і відкриває можливість переконливішої ілюстрації такої залежності засобами фізичного експерименту.

На вказаних засадах методика вивчення основного калориметричного рівняння матиме наступний вигляд. Розмістимо посудину з водою, в якій розміщений термометр, у посудину з гарячою водою. Спостереження покажуть, що температура води у внутрішній посудині буде збільшуватися поступово. Звідси робимо висновок, що поступове надходження енергії веде до поступового збільшення температури: $\Delta t^0 \sim Q$.

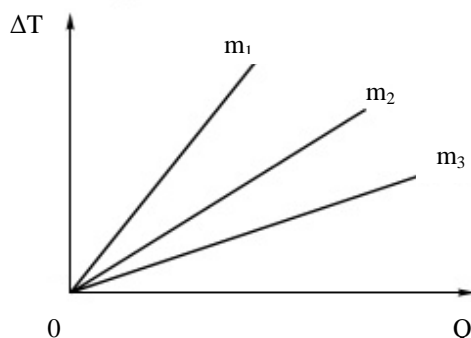
Повторивши досліди по черзі з різними масами рідини у внутрішній посудині, виявимо, що зміна температури за один і той же час буде знаходитися в оберненій пропорціональній залежності від маси: $\Delta t^0 \sim 1/m$.

Повторення дослідів з різними рідинами покаже залежність зміни температури від роду речовини:

$$\Delta t^0 \sim 1/c.$$

Об'єднання трьох залежностей дає можливість отримати формулу залежності зміни температури тіла при теплопередачі від кількості теплоти, маси і роду речовини: $\Delta t^0 = \frac{Q}{cm}$.

Для кращого усвідомлення учнями такої залежності викладене вище твердження доцільно проілюструвати графіком, показаним на малюнку 1.



Мал. 1. Залежність зміни температури від зміни внутрішньої енергії для тіл різної маси при теплообміні

Подальші математичні дії над формулою дозволяють отримати формулу для розрахунку кількості теплоти, потрібної для зміни теплового стану тіла:

$$Q = c m \Delta t^{\circ}.$$

Отже, чітке визначення функціональних залежностей у термодинамічних процесах сприятиме не тільки ґрунтовнішому засвоєнню і розумінню навчального матеріалу, але і формуванню в учнів навичок логічного мислення при аналізі фізичних процесів. Подальшим кроком у вирішенні означеної в статті проблеми є побудова системи практичних вправ і задач з урахуванням принципу каузальності у фізичних явищах і теорії.

Використані джерела

1. Бугайов А.И. Методика преподавания физики в средней школе. Теоретические основы / А.И. Бугаев. – М.: Просвещение, 1981. – 288 с.
2. Исаченкова Л.А. Физика. 8 класс / Исаченкова Л.А., Лещинский Ю.Д. – Минск: Народная асвета, 1999. – 231 с.
3. Роджерс Э. Физика для любознательных. – Том 2. Наука о Земле и Вселенной. Молекулы и энергия / Э. Роджерс. – М.: Энергия, 1970. – 471 с.
4. Поль Р.В. Механика, акустика и учение о теплоте / Р.В.Поль. – М.: Наука, 1971. – 372 с.
5. Перышкин А.В. Физика, 8 класс / А.В. Перышкин, Н.А. Родина. – М.: Просвещение, 1993. – 200 с.
6. Дутчак Я.Й. Молекулярна фізика / Я.Й.Дутчак. – Львів: В-во Львівського університету, 1973. – 264 с.
7. Коновалов В.М. Курс теоретичної фізики. Термодинаміка / В.М. Коновалов. – К.: Рад. школа, 1962. – 295 с.
8. Мякішев Г.Я. Фізика. 9 клас / Г.Я. Мякішев. – К.: Рад. школа, 1973. – 325 с.
9. Касьянов В.А. Физика. 10 класс / В.А. Касьянов. – М.: Дрофа, 2003. – 265 с.

Savchenko V.F.

DEVELOPING LOGICAL REASONING IN STUDENTS OF A BASIC SECONDARY SCHOOL WHEN TEACHING THE TOPIC "THERMAL PHENOMENA" AT THE LESSONS OF PHYSICS

The article covers didactic aspect of developing mental capabilities of students when teaching physics in a basic secondary school. The author offers streamlining in teaching the topic "Thermal Phenomena" and generalizing the method of teaching this topic with a focus on functional dependence between the change of internal energy and temperature.

Based on the requirement to turn the educational process into developing process, when teaching fundamentals of thermodynamics in the basic school with the help of mathematical interpretation of thermal processes, the author suggests avoiding traditional calorimetric equations used to calculate change in the internal energy and, instead, analyze temperature change depending on change of the internal energy (quantity of heat). In this case, not only strict dependence of the temperature on the quantity of heat is established, but there is also possibility to clearly show such dependence by a physical experiment.

Key words: thermal equilibrium, temperature, internal energy, quantity of heat, functional dependence.

Стаття надійшла до редакції 20.052017