УДК 382.853

Дідович М.М.

КОМПЛЕКСНЕ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ НАВЧАННЯ ПРИ РОЗВ′ЯЗУВАННІ ФІЗИЧНИХ ЗАДАЧ НА ЗАКЛЮЧНИХ УРОКАХ ТЕМИ

Розглянуто приклад комплексного вирішення завдань навчання при розв'язуванні задач на заключному уроці вивчення теми "Основи молекулярно-кінетичної теорії".

***Ключові слова**: розв'язування задач, завдання навчання.*

Задачі розв'язуються на різних етапах вивчення навчального матеріалу, причому завдання, які вирішуються на кожному етапі, відрізняються одне від одного. На початку вивчення теми чи розділу розв'язуються прості задачі на розуміння фізичних явищ і закономірностей їх протікання, на запам'ятовування фізичних законів. На заключних уроках вивчення теми чи її важливої частини завдання ускладнюються. Задачі розв'язують складніші, які дають можливість глибше проникнути в суть явища, поглибити розуміння зв'язків між фізичними величинами, повторити найбільш важливий матеріал. Такі задачі вимагають від учнів більших інтелектуальних зусиль, більш напруженої розумової роботи для з'ясування фізичної суті задачі та відшукання шляхів її розв'язку, але вони більш розвивають розумові можливості учнів.

Оскільки тема являє собою цілісну структурну одиницю навчального матеріалу, то задачі для розв'язування потрібно підбирати у певній системі. Система задач має охоплювати всі основні явища, поняття і закони, а задачі треба розв'язувати в порядку зростання їх складності, щоб кожна попередня задача, була певним підґрунтям для розв'язання наступної і т.д.

Інколи вчителі прагнуть розв'язати на уроці якомога більшу кількість задач. Таке прагнення похвальне, але воно часто приводить до того, що задачі змінюються як картинки в калейдоскопі, учні здебільшого не встигають достатньо глибоко проникнути в суть задачі і в результаті ефективність уроку виявляється низькою. Вважаємо, що розв'язування великої кількості простих задач майже нічого не дає для розвитку учнів. Задачі треба підбирати такі, щоб у процесі розв'язування якомога більше працювала думка учнів, щоб вони набували досвіду пошуку розв'язування задач в якомога більшій кількості різноманітних ситуацій.

Буває так, що вчителі планують вивчення нового матеріалу майже на кожному уроці, але невеликими частинками. Це в більшості випадків не дає позитивного ефекту, бо учні не бачать цілісної картини виучуваного матеріалу, а тільки його окремі фрагменти. При такому розподілі матеріалу немає можливості відвести достатньо часу на уроці для того, щоб розглянути навчальний матеріал в усіх його зв'язках, розв'язати на уроці серйозні задачі.

Пропонуємо один із заключних уроків вивчення теми "Властивості газів, рідин і твердих тіл" відвести для розв'язування певним чином підібраних споріднених задач, що дасть можливість повторити значний за обсягом навчальний матеріал, зробити певні порівняння і висновки. Це такі задачі.

1. Оцінити середню відстань між молекулами води в рідкому і твердому станах.
2. Порівняти середні відстані між молекулами води і насиченої пари при 100°С.

Почнемо з першої задачі. Сама її постановка для учнів незвичайна, бо в умові задачі не вказано жодного числового значення. Вчитель має сказати, що хоча в умову задачі не наведені числові значення, але вказано речовину та її стани, тому можна вважати відомими значення фізичних величин, що характеризують речовину і даються в таблицях фізичних величин, тому подібні дані можна взяти з таблиць. Дещо конкретизуємо умову задачі. Вода за нормального тиску може перебувати в твердому і рідкому станах при температурі 0°С, тому за цих умов і будемо визначати шукані величини.

Далі уточнюють розуміння терміну "оцінити". Молекули речовини у будь-якому стані приймають участь у тепловому русі. Згадують особливості теплового руху молекул у різних агрегатних станах речовини. Для твердих (кристалічних) тіл відстанню між молекулами будемо вважати відстані між положеннями рівноваги коливального руху молекул. Але кристалічні ґратки різних речовин різні, а вигляду кристалічної ґратки льоду ми не знаємо. Для оцінки відстані між молекулами води у твердому стані (льоду) потрібно вибрати конкретні модель молекулярної будови льоду. Оскільки вимагають зробити оцінку відстані, то модель можна вибрати найпростішу, щоб легше можна було провести розрахунки. Будемо вважати молекули маленькими кульками, які знаходяться в центрі кубиків, а кубики вважатимемо розміщеними впритул один до одного. За такої моделі відстані між молекулами будуть дорівнювати ребру кубика. Об'єм кубика, тобто об'єм, що припадає на одну молекулу, позначимо V_1. Тоді кубічний корінь з цього об'єму буде дорівнювати середній відстані між молекулами. Отже, задача зводиться до знаходження об'єму, що припадає на одну молекулу.

Середня відстані між молекулами не залежить від маси речовини. Візьмемо шматок льоду довільної маси m. Об'єм, що припадає на одну молекулу, буде дорівнювати об'єму шматка, поділеному на кількість молекул в ньому *N*. Знаходження об'єму шматка льоду і кількості молекул в ньому – стандартні задачі.

$V = \dfrac{m}{\rho_л}$, де $\rho_л$ – густина льоду. $N = \dfrac{m}{M}N_A$. Тоді $V_1 = \dfrac{V}{N} = \dfrac{mM}{\rho_л m N_A} = \dfrac{M}{\rho_л N_A}$, а $d_л = \sqrt[3]{\dfrac{M}{\rho_л N_A}}$.

$d_л = \sqrt[3]{\dfrac{18\cdot10^{-3}}{900\cdot6,02\cdot10^{23}}}м = 3,2\cdot10^{-10}м.$

Тепер оцінимо середні відстані між молекулами води. Що нового, порівняно з попередньою ситуацією, вносить рідкий стан? Інший характер руху молекул, а саме – молекул здійснюють коливання навколо тимчасових положень рівноваги. Оскільки ми робимо оцінку, то застосуємо для води ту ж саму модель, що і для льоду, та одержимо:

$$d_в = \sqrt[3]{\frac{M}{\rho_в N_A}};\quad d_в = \sqrt[3]{\frac{18\cdot10^{-3}}{10^3\cdot6,02\cdot10^{23}}}м = 3,1\cdot10^{-10}м.$$

Порівняння середніх відстаней між молекулами води в твердому і рідкому станах показує, що для льоду ці відстані дещо більші. Причина цього криється в особливостях будови молекул води, що розглядалось нами в (1). Цей приклад показує, що немає універсальних моделей. Навіть для одного хімічного елемента чи сполуки моделі можуть бути різні, про що свідчить поліморфізм – різні модифікації кристалічної гратки однієї речовини в різних інтервалах температур. Модель молекули-кульки теж має обмежений характер, для цього досить згадати існування різних кристалів. Для газів теж розрізняють різні моделі. Модель ідеального газу, в якій нехтують розмірами молекул та їх взаємодією між собою, та модель реального газу, де враховують розміри молекул та їх взаємодію.

Далі переходять до другої задачі. Відстань між молекулами води ми вже оцінили, щоправда для температури 0°С. оскільки ми робимо оцінку, то можемо обмежитись цим значенням відстані. Можна провести розрахунки і для і для густини води при 100°С, яка дорівнює 958 $\dfrac{кг}{м^3}$. Виконуючи обчислення до двох значущих цифр, одержимо такий же результат.

Перш за все потрібно з’ясувати, що означає середня відстань між молекулами для газоподібного стану, адже характер руху молекул у цьому стані відрізняється від характеру руху молекул речовини в рідкому і твердому станах. Варто поставити це питання учням, воно викликає певні труднощі. Один із варіантів відповіді, який можуть дати учні, такий. Визначимо для певного моменту часу відстань довільної молекули до її найближчих сусідів, до однієї, потім це зробимо для другої, третьої і т.д. та знайдемо середнє значення цих відстаней. Процедура досить складна і неоднозначна. Невідомо скільки брати сусідів, як шукати середнє значення тощо. Але для даної ситуації головне інше, чи можна таким способом дати відповідь на поставлене питання. Відповідь негативна. Тому треба шукати іншу інтерпретацію відповіді на питання про середню відстань.

Обговорюють із учнями питання, чи не можна скористатися досвідом розв’язування попередньої задачі і приходять до такого варіанту розв’язку. Нехай у деякий момент часу молекули води будуть знаходитись у центрах однакових кубиків (або у вершинах), причому кількість кубиків буде дорівнювати кількості молекул. Тоді задача зводиться до попередньої і можна скористатись тим же самим виразом для знаходження середньої відстані між молекулами $d = \sqrt[3]{\dfrac{M}{\rho_п N_A}}$, де $\rho_п$ – густина насиченої пари при температурі 100°С.

Для проведення розрахунків треба знати густину насиченої пари при температурі 100°С, але такі дані у збірниках для середньої школи відсутні. Виникає нове завдання, яким чином можна знайти потрібну густину. Згадують, що рідина кипить тоді, коли тиск її насиченої пари у бульбашках всередині рідини дорівнює тиску над рідиною. За нормального атмосферного тиску вода кипить при 100°С і тиск насиченої пари буде дорівнювати нормальному атмосферному, тобто $1,01\cdot10^5$ Па. Густину насиченої пари можна знайти використавши рівняння Менделєєва-Клапейрона $PV = \dfrac{m}{M}RT.$ Оскільки $\rho = \dfrac{m}{V}$, то поділимо обидві частини рівняння на об’єм і одержимо $p = \dfrac{\rho_п}{M}RT.$ Звідси $\rho_п = \dfrac{pM}{RT}.$ Підставимо цей вираз у формулу для розрахунку середньої відстані та виконаємо обчислення.

$$d_п = \sqrt[3]{\frac{M}{\rho_п N_A}} = \sqrt[3]{\frac{MRT}{pMN_A}} = \sqrt[3]{\frac{RT}{pN_A}};\quad d_п = \sqrt[3]{\frac{8,31\cdot373}{1,01\cdot10^5\cdot6,02\cdot10^{23}}}м = 34\cdot10^{-10}м.$$

Запитуємо учнів, як вони розуміють термін "порівняти". З’ясовуємо, що це можна сказати, що більше чи менше, на скільки більше чи менше, у скільки разів, на яку частину. У даному випадку визначимо, у скільки разів середня відстань між молекулами пари більша, ніж між молекулами води.

$$\frac{d_п}{d_в} = \frac{34\cdot10^{-10}м}{3,1\cdot10^{-10}м} \approx 11$$

Привертаємо увагу учнів до того, що в остаточній формулі для визначення середньої відстані між молекулами водяної пари відсутні величини, що є характеристиками води. Це означає, що для всіх речовин у газоподібному стані при однакових тисках і температурах відстані між молекулами будуть однаковими. Такий висновок випливає з формули запису одного з наслідків основного рівняння молекулярно-кінетичної теорії для ідеального газу $p = nkT$. Цю формула можна взяти за основу для визначення середньої відстані між молекулами ідеального газу, що буде становити інший спосіб розв'язування задачі. Оскільки $V_1 = \frac{V}{N} = \frac{1}{n}$, а з рівняння $p = nkT$ $n = \frac{p}{kT}$, то $d_n = \sqrt[3]{V_1} = \sqrt[3]{\frac{kT}{p}}$.

$$d_n = \sqrt[3]{\frac{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 373}{1,01 \cdot 10^5}} м = 37 \cdot 10^{-10} м.$$

Результат майже такий, як і при розв'язування першим способом. Деяка відмінність пояснюється точністю числових значень фізичних величин, які бралися для розрахунків. Порівняємо вирази $d_n = \sqrt[3]{\frac{RT}{pN_A}}$ і $d_n = \sqrt[3]{\frac{kT}{p}}$. Вони однакові, оскільки $k = \frac{R}{N_A}$.

Об'єм, що припадає на одну молекулу, обернено пропорційний концентрації молекул, а концентрація молекул визначає густину речовини $\rho = m_0 n$, де m_0 – маса однієї молекули. Це можна покласти в основу розв'язування другої задачі третім способом.

З формули $d = \sqrt[3]{\frac{M}{pN_A}}$ видно, що для даної речовини середня відстань між її молекулами в різних агрегатних станах обернено пропорціональна кубічному кореню з густини. Тоді: $\frac{d_n}{d_в} = \sqrt[3]{\frac{\rho_в}{\rho_n}}$.

Визначимо густину насиченої пари води при 100^0C (373 К) за раніш одержаною формулою $\rho_n = \frac{pM}{RT}$: $\rho_n = \frac{1,01 \cdot 10^5 \cdot 18 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 373} \frac{кг}{м^3} = 58,7 \frac{кг}{м^3}$.

Густина води при 100°C дорівнює 958 $\frac{кг}{м^3}$ (для оцінки можна брати 1000 $\frac{кг}{м^3}$). Отже: $\frac{d_n}{d_в} = \sqrt[3]{\frac{958}{0,587}} = 11,8$.

Зробимо висновки. Практично на прикладі розв'язування двох задач, не витрачаючи часу на вивчення умов різних задач, можна повторити значний за обсягом основний матеріал розділу: особливості внутрішньої будови речовини в різних агрегатних станах та рух молекул у цих станах, рівняння Менделєєва-Клапейрона, формулу для тиску ідеального газу $p = nkT$, кристалічні ґратки твердих тіл та поліморфізм, кількість молекул у тілі, насичену пару та її властивості, роль моделей у фізиці, межі застосування моделей та ін.

Використані джерела

1. Дідович М.М., Цоколенко О.А. Розвиток мислення і розширення світогляду учнів при розв'язуванні задач. – 51-54 с. Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка. Випуск 46, т.1. Серія: педагогічні науки. Чернігів – 2007. – 179 с.

Didovich M.M.

THE COMPLEX SOLVING OF THE PURPOSES OF EDUCATION DURING SOLVING PROBLEMS AT THE FINAL LESSONS OF THE TOPIC

The example of the complex solving of the purpose of education during solving problems at the final lessons of the topic "Foundations of the molecular-Kinetic theory is considered".

Key words: *solving tasks, task training.*

Стаття рекомендована кафедрою педагогіки, психології та методик навчання фізики й математики Чернігівського національного педагогічного університету імені Т.Г. Шевченка.

Стаття надійшла до редакції 25.03.2013