

5. Вища освіта України і Болонський процес : навчальний посібник / за редакцією В. Г. Кременя. Авторський колектив : М. Ф. Степко, Я. Я. Болюбаш, В. Д. Шинкарук, В. В. Грубінко, І. І. Бабин. – К. : Освіта, 2004.
6. Гуляєва Н. М. Мобільність викладачів і студентів: проблеми та орієнтири / Н. М. Гуляєва // Матеріали VI щорічної міжнародної конференції “Розбудова менеджмент-освіти в Україні” (17–19 лютого 2005 року м. Дніпропетровськ). – К. : Навч.-метод. центр “Консорціум із удосконалення менеджмент-освіти в Україні”, 2005. – С. 76-81.
7. Закон України “Про вищу освіту” із змінами і доповненнями, внесеними Законом України від 26 грудня 2002 р. № 380-IV.
8. Модернізація вищої освіти України і Болонський процес : матеріали до першої лекції / уклад. М. Ф. Степко, Я. Я. Болюбаш, К. М. Левківський, Ю. В. Сухарніков ; відп. ред. М. Ф. Степко. – К. : Изд., 2004. – 60 с.
9. Національна доктрина розвитку освіти: Указ Президента України від 17 квітня 2002 р. № 347/2002.
10. Основні напрями реформування вищої освіти в Україні: Указ Президента України від 12 вересня 1995 р. № 832/95.
11. Савченко О. І. Створення міжнародних та національних університетських консорціумів як запорука успішного розвитку бізнес-освіти / О. І. Савченко, Р. О. Несторенко // Матеріали VI щорічної міжнародної конференції “Розбудова менеджмент-освіти в Україні” (17-19 лютого 2005 року, м. Дніпропетровськ). – К. : Навч.-метод. центр “Консорціум із удосконалення менеджмент-освіти в Україні”, 2005. – С. 71-76.

Науменко У. В. Пути структурного реформирования высшего образования в Украине.

В статье рассмотрены конкретные пути структурного реформирования высшего образования в Украине в контексте Европейских интеграционных процессов.

Ключевые слова: *высшее образование, реформирование образования, интеграционные процессы.*

Naumenko U. V. Ways of structural reformation of higher education in Ukraine.

In the article the concrete ways of structural reformation of higher education are considered in Ukraine in the context of the European integration processes.

Keywords: *higher education, reformation of education, integration processes.*

УДК 373.54

Наумчик П. І.

Чернігівський ліцей з посиленою військово-фізичною підготовкою

**МЕТОДИКА ВИВЧЕННЯ ТЕМИ “КРИТИЧНИЙ СТАН РЕЧОВИНИ”
В ЗАГАЛЬНООСВІТНІХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДАХ**

У статті розглядається питання, що стосуються методики вивчення теми “Критичний стан речовини” в загальноосвітніх навчальних закладах; наведені конкретні приклади.

Ключові слова: *методика фізики, навчання фізики, критичний стан речовини.*

Основою усіх природничих і технічних наук, безперечно, є фізика, предметом якої є тіла, їх рух, перетворення і форми прояву на різних рівнях. На сьогодні неможливо займатися жодною природничою наукою, не знаючи фізики. Протягом багатьох століть учені проводили дослідження, робили відкриття, в результаті яких підвищувався рівень технологій і покращувалися умови життя людини. Із середини XIX сторіччя почалося формування якісно нових відносин науки, техніки і технологій, колосально збільшився вплив людини на природу. Можна говорити, що людство створило для себе нову сферу життя – техносферу. Техносфера – це середовище проживання, що виникло за допомогою прямого або непрямого впливу людей і технічних засобів на природне середовище (біосферу) з метою забезпечення найкращої її відповідності соціально-економічним потребам людини [1, с. 16].

Навчання фізики в загальноосвітній школі передбачає ознайомлення учнів із деякими з цих відкриттів, елементами історії фізики і техніки. Особливо велике значення має матеріал, пов'язаний з вітчизняною наукою.

Так, у пояснювальній записці програми для загальноосвітніх навчальних закладів одним із завдань курсу фізики старшої школи є: "...формування наукового світогляду учнів, розкриття ролі фізичного знання в житті людини й суспільному розвитку, висвітлення етичних проблем наукового пізнання, формування екологічної культури людини засобами фізики" [2, с. 5].

Критичний стан речовини якраз є прикладом матеріалу, який дозволяє учням ознайомитись із досягненнями сучасної техніки і роллю українських учених у цих досягненнях.

Але, на жаль, цей цікавий і корисний матеріал виключено з програми рівня стандарту і академічного рівня. До того ж на даний час в підручниках профільного рівня взагалі відсутній матеріал з молекулярної фізики і термодинаміки [3].

Розпочати вивчення матеріалу можна з того, що у 1823 р. англійський фізик М. Фарадей висунув ідею, що при ізотермічному стисканні газу можна зблизити молекули газу до відстаней, на яких вони знаходяться у рідині, і тим самим перетворити газ на рідину. У цей період Фарадей був тільки скромним лаборантом у відомого на той час хіміка англійського королівського університету Гемфрі Деві. Провівши ряд експериментів, Фарадей зумів перетворити на рідині цілий ряд газів.

Розповідають, що одного разу, увійшовши у лабораторію під час проведення дослідів із зрідження газів, доктор Парі, друг Деві, зробив зауваження молодому лаборанту Фарадею, побачивши на стінках трубки сліди масла, які в його уявленні свідчили про недбалість, допущену під час проведення дослідів. Фарадей нічого не відповів у той момент, але на наступний день ним була послана суворому доктору коротенька записка такого змісту "Маслянисті краплі виявилися рідким хлором" [4].

Стискаючи гази, Фарадей зумів перетворити на рідину хлор, аміак, вуглекислоту. Але цілий ряд газів, (кисень, азот, водень), перетворити на рідину ізотермічним стисканням йому так і не вдалося.

Відповідь на запитання, чому деякі гази при стисканні не перетворюються на рідину, вдалося дати російському вченому Д. І. Менделєєву. Його пояснення було таким: "Якщо стискати газ, то його молекули зближуються, і це призводить до зростання сил притягання між молекулами. Ці сили можуть зв'язувати газ у рідину за умови, що вони подолають тепловий рух молекул. Якщо ці сили недостатні, то газ на рідину не перетвориться. Щоб збільшити ймовірність переходу газу в рідину, потрібно уповільнити рух молекул, тобто зменшити температуру газу".

Домовились *гази, які можна перетворити на рідину ізотермічним стисканням, називати парою, а гази, які не можна перетворити, газом.*

Так як молекули різних газів взаємодіють із різними силами, то і температури, за яких газ стає парою, також різні.

Найвищу температуру, при якій газоподібний стан речовини стає парою, називають критичною температурою.

Критичні температури різних речовин відрізняються одна від одної (таблиця 1).

При критичній температурі питома теплота пароутворення дорівнює 0.

При температурі, яка вища за критичну, газ не можна перетворити на рідину.

Т а б л и ц я 1

Речовина	$t_{кр}, ^\circ\text{C}$	$p_{кр}, \text{атм}$
H ₂ O	374	218,5
CO ₂	31	73
O ₂	-118	50
N ₂	- 147	33
H ₂	- 239,9	12,8

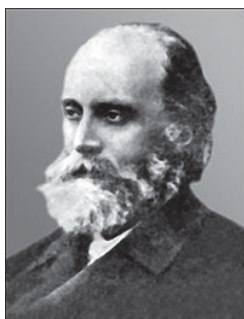
Щоб перетворити газ на рідину, недостатньо тільки знизити температуру до критичної. Так, вода за нормальних умов може бути паром. Перетворити цю пару на рідину можна стисканням, досягнувши критичного тиску.

Критичний тиск – це найменший тиск, при якому пара стає насиченою.

Варто зазначити, що над знаходженням критичних температур газів досить плідно працювали й українські вчені, зокрема Михайло Петрович Авенаріус (1835–1895) зі своїми учнями впродовж 1877–1886 рр. визначив для багатьох речовин критичні значення температури, які ввійшли в основний фонд фізичних величин і тривалий час залишалися незмінними [4, с. 40].

Зрідження газу є яскравим доказом наявності сил молекулярного зчеплення.

Відомо, що при ізотермічному процесі для ідеального газу справедливий закон Бойля-Маріотта. Графіком даного процесу у pV координатах є гілка гіперболи, яка дістала назву ізотерма. Ізотерма розміщена тим вище, чим більша температура газу. При високих температурах і низьких тисках даний графік справедливий і для реальних газів. Проте при переході речовини у стан пари вигляд графіку ізотермічного процесу змінюється, бо між молекулами газу виникають сили взаємодії, які повністю змінюють поведінку газу (рис. 1).



Авенаріус Михайло Петрович (1835 – 1895)

Фізик, член-кореспондент Петербурзької АН з 1876 року.

1865–1891рр. працював у Київському університеті. У 1875 р. створив першу в Україні лабораторію експериментальної фізики

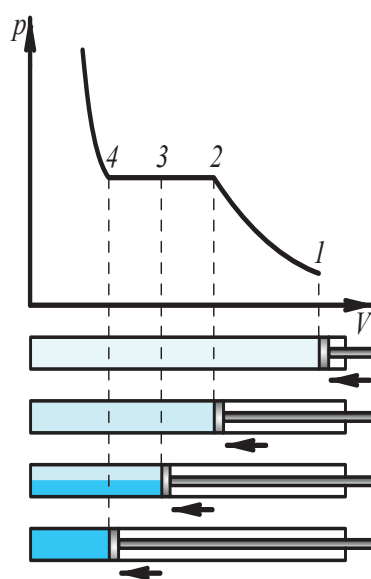


Рис. 1

Такий графік називають ізотермою реального газу. Розглянемо дослід, на основі якого будується ізотерма реального газу. Для цього розмістимо не насичену пару деякої

речовини у міцному прозорому циліндрі з рухомим поршнем і повільно будемо його стискати.

При повільному стисканні температура пари внаслідок теплообміну з навколишнім середовищем залишається постійною. На початку досліду (крива 1-2) тиск ненасиченої пари змінюється у відповідності до закону Бойля-Маріотта.

Але починаючи з певного моменту (2 точка графіка), пара стає насиченою. Подальше зменшення об'єму газу вже не призводить до збільшення тиску. У цей момент можна помітити появу на поверхні стінок циліндра краплини рідини. Отже, частина пари перетворилася на рідину, і тепер у циліндрі одночасно перебувають насичена пара і рідина. Подальше стискання насиченої пари призводить до зменшення її маси і до збільшення маси рідини. Тиск при цьому залишається постійним (частина графіка 2-3).

Нарешті, уся насичена пара перетворилася на рідину. Спроба стиснути рідину призводить до того, що тиск дуже різко зростає, бо молекули в рідині зблизилися на такі малі відстані, що подальше їхнє зближення призводить до різкого зростання сил відштовхування молекул.

Ізотерми реальних газів – це графіки ізотермічних процесів, які відбуваються з реальними газами при ізотермічному процесі за різних температур.

На рис. 2 ізотерми зображено суцільними лініями. Пунктиром зображено ізотерму ідеального газу. C – точка критичного стану речовини. Критичний стан настає за умови, коли температура і тиск газу стають критичними.

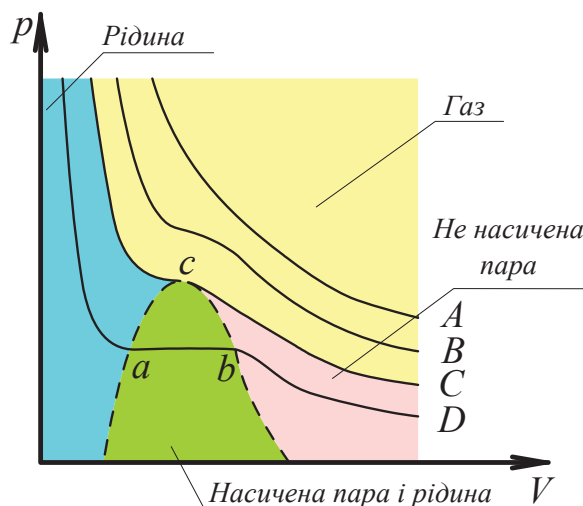


Рис. 2

Стан речовини, при якому зникає різниця між фізичними властивостями її рідини і пари, називають критичним станом.

Криві A, B, C, D – ізотерми одного і того ж газоподібного стану речовини при різних температурах. Графіки A і B виконано для речовини, взятій при температурі, вищій за критичну. Графік C виконано для речовини, взятій при критичній температурі. Графік D виконано для речовини, взятій при температурі, яка нижча за критичну. Із графіка видно, що, чим нижча температура, тим нижчий критичний тиск газу (критичний тиск відповідає тиску на горизонтальній ділянці ab).

Рідке повітря має величезне значення для промисловості. Його отримують шляхом охолодження повітря з подальшим стисканням. Чим нижча температура повітря, тим легше його перетворити на рідину. Зріджене повітря використовують для поділу повітря на складові частини. Цього досягають випаровуванням рідкого повітря. При цьому спочатку випаровуються складові частини повітря, що мають нижчу критичну температуру: неон, азот, а потім аргон і кисень.

Добуті гази широко застосовують: 1) азот – для добування аміаку; 2) аргон, неон та інші інертні гази – для наповнення електричних ламп розжарювання, а також газосвітних

ламп; 3) кисень – для ряду цілей: змішуючи його з ацетиленом (або з воднем) і спалюючи цю суміш, дістають полум'я, що має високу температуру і використовується для зварювання і різання металів. Великого значення набуває кисневе дуття для прискорення металургійних процесів, воно збільшує продуктивність доменних печей більше ніж у два рази. Використовується кисень і при газифікації палива, зокрема при підземній газифікації вугілля. Кисень потрібний для підвищення продуктивності сірчаноокислотних заводів, для добування міцної азотної кислоти тощо. Кисень використовують і для медичних цілей. Крім того, рідкий кисень використовують у вибуховій техніці. Суміш рідкого кисню з ошурками, сажею, нафталіном та іншими речовинами, які легко окислюються, являє собою вибухову речовину величезної сили (оксиліквіт). Вона вибухає через те, що в присутності кисню, який перебуває в рідкому стані, і отже, займає малий об'єм, ці речовини згорають дуже швидко. При згоранні спостерігається миттєве утворення газоподібних продуктів реакції (вуглекислоти) і їх значне нагрівання – відбувається вибух. Ця вибухова речовина має ту перевагу, що після випаровування кисню вона стає безпечною. Кисень використовують і для медичних цілей.

У наш час широко використовується природний газ в автомобільному транспорті як моторне паливо. Його виробництво не потребує глибокої хімічної переробки первинної сировини, а підготовку до застосування проводять фізичними методами, такими, як: стиснення чи зрідження (скраплення). Завдяки цьому в більшості країн світу вартість газових моторних палив для споживачів нижча за вартість рідинних палив. До того ж використання газу зменшує забруднення атмосферного повітря викидами автотранспорту.

Велике значення для народного господарства має зрідження й інших газів, наприклад, аміаку, хлору, вуглекислоти.

З метою закріплення матеріалу можна розв'язати наступну задачу.

За допомогою графіка (рис. 3) встановіть масу водяної пари m_n і води Δm при об'ємі $V = 6 \text{ м}^3$.

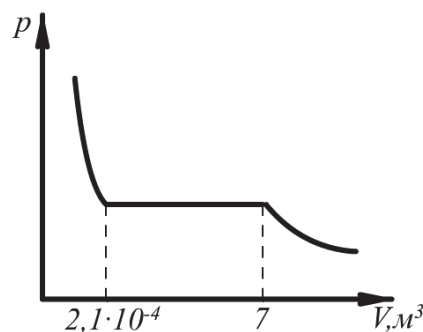
$$\begin{aligned} V_n &= 7 \text{ м}^3 \\ V_v &= 2 \text{ м}^3 \\ V &= 6 \text{ м}^3 \\ \rho &= 1000 \text{ кг/м}^3 \\ \Delta m &= ? \text{ м}_n - ? \end{aligned}$$

Розв'язання:

З графіку видно, що об'єм насиченої пари $V_n = 7 \text{ м}^3$, об'єм води $V_v = 2,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$. Запишемо скорочено умову задачі.

Знайдемо масу води $m_v = \rho V_v$. Тоді густина насиченої

$$\text{пари } \rho_n = \frac{m_n}{V_n} = \frac{\rho V_v}{V_n}$$



Масу води і насиченої пари можна знайти за рівнянням $m_v = m_n + \Delta m$, або

$$\rho V_v = \frac{\rho V_v}{V_n} (V - \Delta V) + \rho \Delta V, \text{ де } \Delta V - \text{об'єм води масою } \Delta m. \text{ Скоротимо рівняння}$$

на ρ : $V_v = \frac{V_v}{V_n} (V - \Delta V) + \Delta V$. Ми отримали рівняння з одним невідомим – ΔV .

Зробивши математичні перетворення, матимемо $\Delta V = \frac{V_v (V_n - V)}{V_n - V_v}$. Підставимо числа:

$$\Delta V = \frac{2,1 \cdot 10^{-4} (7 - 6)}{7 - 2,1 \cdot 10^{-4}} \approx 3 \cdot 10^{-5} (\text{м}^3).$$

Тоді $\Delta m = \rho \Delta V$; $\Delta m = 1000 \cdot 3 \cdot 10^{-5} = 0,03 \text{ кг}$.

Звідки маса насиченої пари

$$m_n = \rho V_v - \Delta m; m_n = 1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 2,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 - 0,03 \text{ м}^3 = 0,21 \text{ кг} - 0,03 \text{ кг} = 0,18 \text{ кг}.$$

Відповідь: $\Delta m = 0,03$ кг; $m_n = 0,18$ кг.

Запитання для самоперевірки

1. Яка різниця між парою і газом даної речовини?
2. Що розуміють під поняттями критична температура і критичний тиск?
3. Розкрийте зміст поняття “критичний стан речовини” і назвіть умови його виникнення.
4. Що розуміють під поняттям “ізотерма реального газу”?
5. Яким чином повітря розділяють на складові частини?
6. Де використовують рідкий кисень?

Якісні задачі

1. При випаровуванні рідкого повітря спочатку випаровується азот, а через якийсь час після початку випарування в посудині залишається майже чистий кисень. Чим це пояснюється?
2. При критичній температурі питома теплота пароутворення для всіх рідин дорівнює нулю. Чому?
3. В якому стані (рідкому чи газоподібному) знаходиться вуглекислий газ у балоні, якщо тиск 120 атмосфер, а температура 20 °С?
4. У міцну посудину помістили воду і нагріли її до 500 °С, тиск збільшився до 500 атмосфер. Рідина чи газ знаходиться в посудині?

Використана література :

1. Белов С. В. Безопасность жизнедеятельности : учебник / С. В. Белов, А. В. Ильницкая, А. Ф. Козьяков. – М. : Высшая школа, 2004. – 606 с.
2. Програма для загальноосвітніх навчальних закладів 10-11 класи. Фізика. Рівень стандарту академічний рівень профільний рівень. – К.; ВАТ “Поліграфкнига”, 2010. – 63 с.
3. Засекіна Т. М. Фізика: підручник для 10 кл. загальноосвіт. навч. закл. (профільн. рівень) / Т. М. Засекіна, М. В. Головка. – К. : Педагогічна думка, 2010. – 304 с.
4. Кордун Г. Г. Біографічний довідник видатних фізиків / Г. Г. Кордун. – К. : Рад. шк., 1985. – 280 с.
5. Боряк Г. В. Народжені Україною: Меморіальний альманах / Г. В. Боряк, С. В. Кульчицкий, Ю. А. Мицик, О. П. Реснт, В. О. Щербак. У 2-х т. – К. : Євролідж, 2002. – Т. 1. – 896 с.

Наумчик П. И. Методика изучения темы “Критическое состояние вещества” в общеобразовательных учебных заведениях.

В статье рассматриваются вопросы, которые касаются методики изучения темы “Критическое состояние вещества” в общеобразовательных учебных заведениях; приведены конкретные примеры.

Ключевые слова: методика физики, обучение физике, критическое состояние вещества.

Naumchik P. I. Method of study of theme the “Critical condition of matter” in general educational establishments.

In the article examined questions which touch the method of study of theme the “Critical condition of matter” in general educational establishments; concrete examples are resulted.

Keywords: method of physics, studies of physics, critical condition of matter.