

Молекулярно-кінетична теорія та термодинаміка

Основні положення молекулярно-кінетичної теорії

1. Усі речовини складаються з частинок — атомів, молекул, йонів, тобто мають дискретну будову; між частинками є проміжки
2. Молекули знаходяться в стані неперервного хаотичного (невпорядкованого) руху, що називається тепловим і у загальному випадку є сукупністю поступального, обертального і коливального рухів.
3. Молекули взаємодіють одна з одною із силами електромагнітної природи, причому на великих відстанях вони притягуються, а на малих - відштовхуються. Сили притягання і відштовхування між молекулами діють постійно.

Статистична механіка

Незважаючи на те, що рівняння руху атомів та молекул відомі, марно сподіватись розв'язати ці рівняння з огляду на велику кількість цих частинок.

Натомість розглядають усі можливі стани системи та розраховують імовірність реалізації того чи іншого значення фізичної величини.

Явища переносу

Дифузія - розповсюдження речовини в деякому середовищі в напрямі зменшення її концентрації, зумовлене тепловим рухом атомів, молекул, іонів і інших більш великих частинок.

Теплопровідність – один з видів теплообміну, при якому перенесення енергії в формі теплоти в нерівномірно нагрітому середовищі має атомно-молекулярний характер (не пов'язаний з макроскопічним рухом речовини).

В'язкість (внутрішнє тертя) рідин і газів - властивість рідин і газів чинити опір переміщенню однієї їх частини відносно іншої.

Атомна одиниця маси

Атомною одиницею маси називається $1/12$ маси ізотопу вуглецю ^{12}C .

Маса молекули(атома), виражена в атомних одиницях маси, називається відносно молекулярною(атомною) масою A .

$$1 \text{ а.о.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

Кількість речовини

Кількістю речовини називається фізична величина, що визначається кількістю специфічних структурних елементів, атомів, молекул або іонів, - з яких складається речовина. Так як маси окремих структурних елементів, наприклад, молекул, відрізняються, то однакові кількості різних речовин мають різну масу. Підкреслимо, що маса не є мірою кількості речовини.

Одиниця вимірювання - моль.

Кількість атомів чи молекул, що містяться в 1 молі речовини, називається числом Авогадро.

$$N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

Ідеальний газ

- молекули – пружні кульки, розмірами яких можна знехтувати (матеріальні точки), що рухаються хаотично, при цьому між ними відбуваються пружні зіткнення;
- сили притягання між молекулами газу нехтовно малі бо молекули знаходяться на значних відстанях одна від одної. Сили відштовхування між молекулами виявляються тільки в моменти взаємозіткнень останніх;
- кількість взаємозіткнень між молекулами набагато менше в порівнянні з кількістю ударів об стінки посудини, в якій газ знаходиться;
- об'єм молекул газу в порівнянні з об'ємом посудини, в якій газ знаходиться, можна знехтувати

Теплова рівновага

це такий стан макроскопічної системи, коли всі макроскопічні параметри системи залишаються незмінними як завгодно довго.

Температура — фізична величина, яка характеризує стан теплової рівноваги макроскопічної системи.

Нульове начало термодинаміки

будь-яке макроскопічне тіло або система тіл за незмінних зовнішніх умов самочинно переходять у термодинамічний рівноважний стан (стан теплової рівноваги), після досягнення якого всі частини системи мають однакову температуру.

Як працюють термометри?

Як будується шкала температур?

Основне рівняння МКТ

$$p = \frac{1}{3} m_0 n \overline{v^2}$$

m - маса молекули

n - концентрація молекул

v^2 - середнє значення квадрата швидкості молекул

Це рівняння пов'язує *макроскопічні* параметри системи із *мікроскопічними*.

$$p = \frac{2}{3} n E_{\text{к.с.}}$$

$E_{\text{к.с.}}$ - середня кінетична частинок газу

Абсолютна шкала температур

Середня кінетична енергія поступального руху молекул ідеального газу прямо пропорційна абсолютній температурі

$$E_{\text{к.с.}} = 3/2 \cdot k \cdot T$$

де k - стала Больцмана. $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К.

Абсолютну нижню межу температури, за якої рух молекул і атомів має припинитися, називають **абсолютним нулем температури**.

Ми можемо записати основне рівняння МКТ у вигляді:

$$p = nkT$$

Рівняння стану ідеального газу (рівняння Менделєєва — Клапейрона)

$$pV = \nu RT$$

ν - кількість речовини

p - тиск газу

V - об'єм газу

T - абсолютна температура

$$R = N_A k = 8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{K)}$$

Рівняння Клапейрона

Для даного газу деякої маси відношення добутку тиску на об'єм до температури газу є незмінним.

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}, \text{ тобто } \frac{pV}{T} = \text{const}$$

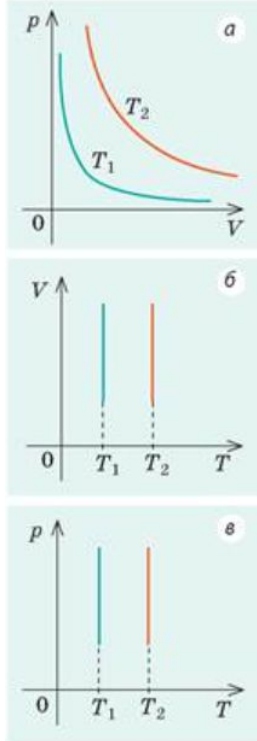
Ізотермічний процес

Процес змінювання стану даного газу деякої маси, що відбувається за незмінної температури.

Закон Бойля — Маріотта:

Для даного газу деякої маси добуток тиску газу на його об'єм є незмінним, якщо температура газу не змінюється

$$pV = \text{const}$$



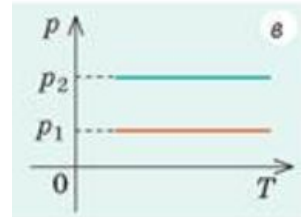
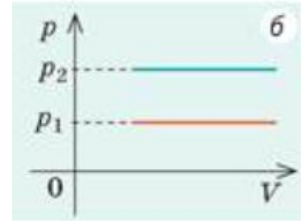
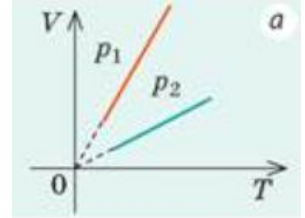
Ізобарний процес

процес змінювання стану даного газу деякої маси, що відбувається за незмінного тиску.

Закон Гей-Люссака:

Для даного газу деякої маси відношення об'єму газу до температури є незмінним, якщо тиск газу не змінюється

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}, \text{ або } \frac{V}{T} = \text{const}$$



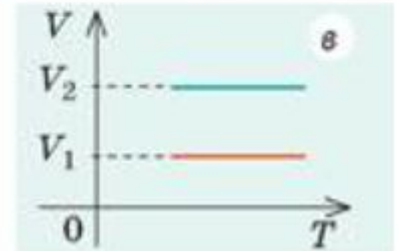
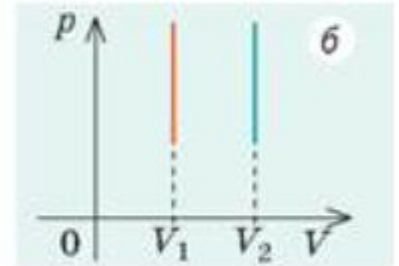
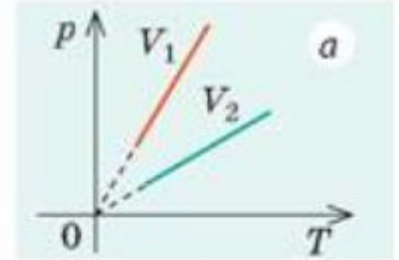
Ізохорний процес

процес змінювання стану даного газу деякої маси, що відбувається за незмінного об'єму.

Закон Шарля:

Для даного газу деякої маси відношення тиску газу до його температури є незмінним, якщо об'єм газу не змінюється.

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}, \text{ або } \frac{p}{T} = \text{const}$$



Перший закон термодинаміки

Зміна внутрішньої енергії системи (ΔU) при переході з одного термодинамічного стану в інший дорівнює сумі роботи A' зовнішніх сил і кількості теплоти Q , переданої системі або переданої системою навколишнім тілам у процесі теплообміну.

$$\Delta U = A' + Q$$

Для ідеального одноатомного:

$$A' = p\Delta V \quad \text{якщо} \quad p = \text{const}$$

$$U = \frac{3}{2} pV$$

Адіабатичний процес

це процес, який відбувається без теплообміну з навколишнім середовищем.

При адіабатному процесі кількість теплоти Q , передана системі, дорівнює нулю.

СТРУКТУРА МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ ТА ТЕРМОДИНАМІКИ

Основа	Ядро	Наслідки (виведення)	Інтерпретація
<i>Емпіричний базис:</i> основні положення МКТ. Ряд експериментальних фактів: дифузія, легка стисливість газу, здатність займати увесь наданий йому об'єм. <i>Система понять:</i> Атом, молекула, моль, речовина; <u>величини, що описують поведінку ідеального газу</u>: маса молекули, середня відстань між молекулами, кількість речовини, молярна маса, температура, об'єм, тиск та ін. <i>Моделі:</i> ідеальний газ	<i>Закони:</i> 1,2,3-й закони Ньютона. <i>Закони збереження:</i> енергії, імпульсу. <i>Принципи:</i> нульове, перше, друге і третє начала термодинаміки. <i>Фунд. фіз. постійні:</i> стала Больцмана, число Авогадро, універсальна газова стала	<i>Пояснення</i> агрегатних станів речовини. Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії, рівняння Клазіуса, рівняння стану газу, застосування теорії до пояснення властивостей газів. <i>Застосування</i> законів в техніці (теплові двигуни) <i>Передбачення:</i> властивості матеріалів	<i>Межі застосування теорії:</i> швидкості значно менші за швидкість світла; інерціальні системи відліку.

Можливі варіанти вивчення молекулярної фізики та термодинаміки у шкільному курсі фізики

Структуру розділу «Молекулярна фізика» визначають дві обставини: обраний метод вивчення газових законів (індуктивний чи дедуктивний) та метод введення поняття температури.

При індуктивному вивченні газових законів спочатку на доступному рівні розглядають основні положення молекулярно-кінетичної теорії, потім деякі питання термодинаміки, газові закони вводять емпірично і пояснюють з точки зору молекулярних уявлень і на основі термодинамічного підходу. Методична ідея в цьому випадку полягає у спільному вивченні теплових явищ та молекулярної фізики, в дослідному вивченні властивостей речовин і їх пояснення на основі теорії.

Індуктивне вивчення МКТ

У цьому випадку розділ має наступну структуру:

- основні положення молекулярно-кінетичної теорії
- основи термодинаміки (теплова рівновага, параметри стану, температура, газові закони, абсолютна температура, перший закон термодинаміки)
- молекулярно-кінетична теорія ідеального газу (основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії газів, температура - міра середньої кінетичної енергії молекул)
- властивості газів, рідин і твердих тіл та їх взаємні перетворення.

Індуктивне вивчення МКТ

Емпіричний підхід до вивчення газових законів цілком доступний для учнів, при його використанні уявлення і поняття формують на чуттєво-конкретній основі, він не вимагає високого рівня абстрактного мислення, відповідає історії відкриття газових законів і дозволяє знайомити учнів із шляхами розвитку фізики. Недоліком цього підходу є те, що він не дозволяє повністю використовувати молекулярно-кінетичну теорію для опису властивостей ідеального газу.

Дедуктивний підхід до вивчення МКТ

При дедуктивному підході спочатку вивчають молекулярно-кінетичну теорію ідеального газу: виводять основне рівняння МКТ газів, постулюють чи виводять зв'язок температури з середньою кінетичною енергією поступального руху молекули газу, і встановлюють рівняння стану ідеального газу.

Газові закони розглядають як наслідки рівняння стану ідеального газу та підтверджують експериментально. Далі можна вивчати закони термодинаміки і розглядати застосування першого закону термодинаміки до ізопроцесів.

Дедуктивний підхід до вивчення МКТ

У цьому випадку розділ має наступну структуру:

- основи молекулярно-кінетичної теорії (основні положення молекулярно-кінетичної теорії, основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії газів)
- температура (теплова рівновага, температура, абсолютна температура, температура - міра середньої кінетичної енергії молекул)
- рівняння стану ідеального газу, газові закони
- властивості газів, рідин і твердих тіл

Дедуктивний підхід до вивчення МКТ

Такий підхід має цілий ряд переваг в порівнянні з індуктивним, одна з яких полягає у відповідності його основній ідеї сучасного шкільного курсу - посиленню ролі наукових теорій. Крім того, він дозволяє наочно продемонструвати той факт, що фундаментальних законів фізики не так багато, більшість же можуть бути отримані як окремі випадки з більш загальних законів. Застосування тут дедуктивного методу відіграє велику роль у формуванні наукового світогляду і розвитку мислення школярів. Він також дозволяє отримати виграш у часі. З точки зору відповідності дидактичним принципам слід визнати, що дедуктивне вивчення газових законів у цілому доступно старшокласникам, так як рівень абстрактного мислення у них досить високий.