

Основи молекулярно-кінетичної теорії

Б.7.2.1 Будова речовини

1. Одним із видів матерії є речовина, яка може перебувати в трьох агрегатних станах – твердому, рідкому і газоподібному. Відповідно всі тіла, що існують навколо нас, поділяють на тверді тіла, рідини і гази.
2. Всі тіла складаються з частинок, між якими є проміжки.
3. Найдрібніші частинки даної речовини, називаються молекулами.
4. Молекули складаються з атомів. Причому молекули можуть містити різне число атомів.

Б.7.2.2 Дифузія

1. Дифузією називають явище, при якому речовини самі по собі змішуються одна з одною.
2. Явище дифузії вказує на те, що частинки, з яких складаються тіла (молекули, атоми) весь час перебувають у безперервному, хаотичному русі.
3. У рідинах дифузія відбувається повільніше, ніж у газах, а у твердих тілах – ще повільніше.
4. Швидкість дифузії залежить від температури: чим вища температура, тим швидше відбувається дифузія.

Це вказує на наступне: швидкість руху молекул і температура тіла взаємозв'язані – чим вища температура тіла, тим більша швидкість руху його молекул; і навпаки, якщо швидкість руху молекул в одного тіла більша, ніж у іншого, то і температура його вища.

Б.7.2.3 Взаємодія молекул

1. Для того щоб стиснути тіла потрібно прикласти зусилля. Це вказує на те, що між молекулами виявляється відштовхування.
Для того щоб розтягнути тверде тіло також треба прикласти зусилля. Це вказує на те, що між молекулами виявляється притягання.

2. Притягання і відштовхування між молекулами виявляється на відстанях, які приблизно дорівнюють розмірам самих молекул.

3. Існують такі відстані між молекулами або атомами твердого тіла, на яких відштовхування і притягання їх до сусідніх молекул або атомів однакові. Якщо цю відстань намагатися збільшити, то притягання між молекулами або атомами стає більшим за відштовхування. І навпаки, якщо намагатися зменшити цю відстань, то відштовхування між молекулами або атомами стає більшим за притягання.

Б.7.2.4 Рух і взаємодія атомів і молекул твердих тіл, рідин і газів

1. Атоми, з яких складаються тверді тіла пов'язані між собою

надто сильно. Тому вони зберігають надану їм форму.

Тверді тіла, в яких частини розміщені впорядковано і цей порядок повторюється на значних відстанях, значно більших за відстань до сусідніх атомів, називаються кристалічними.

Тверді тіла, що зберігають просторовий порядок розміщення частинок лише для найближчих сусідів, називаються аморфними.

2. Атоми і молекули твердого тіла, утворюючи кристалічну або аморфну структуру, хаотично коливаються відносно своїх стабільних положень.

3. Молекули рідини утримуються одна біля одної також внаслідок існування притягання між ними. Тому вони зберігають свій об'єм. Але в рідинах притягання між молекулами значно слабкіше, ніж у твердих тіл.

4. Молекули рідини певний час здійснюють коливання в оточенні одних сусідів, а потім стрибками переходять в оточення інших сусідів.

5. У газах відстань між атомами і молекулами набагато більша за їх розміри. Тому між ними не існує притягання і відштовхування і газ займає весь наданий йому об'єм.

6. Молекули газу хаотично рухаються між короткочасними взаємними зіткненнями, внаслідок чого змінюється напрям їх руху.

Б.10.1.1 Основні положення молекулярно-кінетичної теорії

В основі молекулярно-кінетичної теорії речовини лежать три положення:

- 1) речовина складається із частинок – молекул або атомів;
- 2) ці частинки безладно рухаються;
- 3) частинки взаємодіють одна за одною.

1. Будь-яка речовина складається з найдрібніших частинок – молекул і атомів, які перебувають у безперервному хаотичному (тепловому) русі.

2. Між молекулами (атомами) діють сили притягання і відштовхування.

3. Експериментальним підтвердженням існування цих частинок є дифузія і броунівський рух.

4. Дифузією називають явище, при якому речовини самі по собі змішуються одна з одною.

У рідинах дифузія відбувається повільніше, ніж у газах, а у твердих тілах – ще повільніше.

Швидкість дифузії тим більша, чим вища температура.

Важливий різновид дифузії – взаємне проникнення речовин через пористі перегородки – дістав назву осмос.

1. Безперервний, безладний рух завислих в рідині або газі частинок, називається броунівським рухом.

Пояснюється броунівський рух тим, що частинки речовини,

завислі у рідині або газі, зазнають поштовхів їх молекул з усіх боків. Але випадково в даний момент може виникнути тимчасова перевага ударів з якогось одного боку, тоді частинка переміщується у протилежному напрямі.

Броунівський рух є “відображенням” руху молекул рідини або газу.

Інтенсивність броунівського руху тим більша, чим вища температура рідини або газу

. Б.10.1.2 Молекули

1. Речовина складається із частинок – молекул та атомів.
2. Молекула – це найдрібніша частинка речовини, яка зберігає її хімічні властивості.
3. Для порівняння мас молекул використовують відносну молекулярну масу.
4. Відносною молекулярною (або атомною) масою речовини M_r називають відношення маси m_0 молекули(або атома) даної речовини до $^{1/12}$ маси атома карбону m_{0c} :

$$M_r = \frac{m_0}{^{1/12}m_{0c}}.$$

Б.10.1.3 Кількість речовини

1. В СІ кількість речовини вимірюють в молях.
Один моль – це кількість речовини, в якій міститься скільки ж молекул або атомів, скільки атомів міститься у вуглеці масою 0,012кг.
2. В 1 молі речовини міститься однакова кількість атомів чи молекул. Цю кількість атомів позначають N_A і називають числом Авогадро і воно рівне $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
3. Маса речовини, взята в кількості одного моля, називається молярною масою. ($M = m_0 \cdot N_A$) В СІ вимірюється у кг/моль.
Числове значення молярної маси речовини, виражене в кілограмах в 10^3 раз менше відносної молекулярної маси цієї речовини: $M = 10^{-3} M_r$.
4. Кількість речовини ν дорівнює відношенню маси речовини до її молярної маси

$$\nu = \frac{m}{M}$$

Кількість речовини ν дорівнює відношенню кількості молекул N до сталої Авогадро N_A , тобто до кількості молекул в 1 молі речовини.

$$\nu = \frac{N}{N_A}$$

Б.10.1.4 Броунівський рух.

1. Підвішені в рідині або газі частинки здійснюють безладний рух, який називається броунівським рухом.

2. Броунівський рух – це тепловий рух. Він не може припинитися. При збільшенні температури його інтенсивність збільшується.
3. Причина броунівського руху полягає в тому, що удари молекул об неї не компенсують один одного.
4. Спостерігаємо не рух молекул а результат їх дії на частинку.

Б.10.1.5 Сили взаємодії між молекулами

1. Сили притягання і відштовхування між молекулами існують одночасно, але залежать від відстані між частинками по-різному.
2. На відстані r_0 , що становить приблизно суму радіусів молекул, сила притягання дорівнює силі відштовхування. Ця відстань відповідає положенню стійкої рівноваги молекул і називається рівноважною.
3. В міру зближення молекул, що знаходились на відстані одна від одної, на якій молекули не взаємодіяли, спочатку швидше зростає сила притягання. На відстанях між молекулами $r > r_0$ переважають сили взаємного притягання.
4. На відстанях між молекулами $r < r_0$ переважають сили відштовхування.
5. Коли б теплового руху не було, то всі молекули речовини розташувалися б одна біля одної на рівноважній відстані. У газі тепловий рух розкидає молекули далеко одну від одної. Частинки рідини розміщені компактніше, ніж частинки газу, тепловий рух збільшує проміжки між ними, однак при цьому сили притягання ще великі. У твердому тілі тепловий рух недостатній, щоб відірвати одну молекулу від другої. Але і в цьому випадку частинки здійснюють тепловий рух – коливання навколо центрів, що знаходяться один від одного на рівноважній відстані.

Б.10.1.6 Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії газів

1. Фізичною моделлю реального гау ідеальний газ. Він відповідає наступним вимогам:
 - а) молекули дуже малі в порівнянні з середніми відстанями між ними;
 - б) молекули ведуть себе подібно маленьким твердим кулькам: вони пружно зіштовхуються між собою і стінками посудини, ніякої іншої взаємодії між ними не має;
 - в) молекули знаходяться в безперервному хаотичному русі.
2. Хаотичність теплового руху молекул вказує на рівноправність усіх напрямків. Це означає, що скільки молекул в середньому рухається в одному напрямку, стільки ж молекул в середньому рухається в протилежному напрямку, середній квадрат проекції швидкості на вісь дорівнює $1/3$ середньому квадрату самої швидкості.
3. Тиск газу на стінки посудини – це результат удару молекул на неї.
4. Основне рівняння молекулярно-кінетичної теорії ідеального газу:

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

де m_0 – маса молекули, n – їх концентрація.

5. Тиск ідеального газу пов'язаний з середньою кінетичною енергією поступального руху молекул:

$$p = \frac{2}{3} \cdot n \cdot \bar{E}_k$$

6. Тиск ідеального газу пропорційний добутку густини газу і середнього квадрата швидкості поступального руху молекул

$$p = \frac{1}{3} \cdot \rho \cdot \bar{v}^2.$$

Б.8.1.1 Температура

1. Словами “теплий”, “гарячий”, “холодний” позначають ступені нагрятості тіл.

Кількісною мірою ступеня нагрятості тіл є температура.

2. Температури тіл, які перебувають у певному обмеженому просторі, з часом вирівнюються і стають однаковими, тіла знаходяться в стані теплової рівноваги.
3. Температура вимірюється в градусах.
4. Приладом для вимірювання температури є термометр.

Б.8.1.2 Вимірювання температури

1. В основу вимірювання температур покладено знаходження функціональної залежності певної властивості тіл від температури і побудова за нею температурної шкали.

Так, в основу дії рідинних термометрів покладена залежність об'єму рідини від температури.

2. Рідинний термометр складається з маленького резервуару з рідиною, тонкої капілярної трубки і шкали.
3. Шкала термометра, тобто температурна шкала, градуюється так: за нормальним атмосферним тиском термометр поміщують у посудину з льодом, який тане; після встановлення теплової рівноваги між термометром і льодом відмічають відповідний рівень рідини в капілярі позначкою “0”; після цього термометр поміщають у посудину з окропом, приписавши відповідному рівню рідини в капілярі значення “100”. Якщо тепер поділити інтервал між цими двома позначками на 100 рівних частин, то одержимо температурну шкалу з ціною поділки один градус.

Таку шкалу запропонував А.Цельсій, тому одиницю температури за шкалою Цельсія називають градусом Цельсія (°C).

4. У Міжнародній системі одиниць за одиницю температури визнано кельвін (К). Шкала Кельвіна відрізняється від шкали Цельсія тим, що в неї за нуль градусів прийнята температура, яка дорівнює – 273°C.

Б.10.1.7 Температура та її вимірювання

1. При контакті два по-різному нагрітих тіла обмінюються енергією внаслідок теплопередачі. Коли при цьому одне з них передає енергію другому, то вважають, що перше тіло має вищу температуру, ніж друге.

Якщо під час контакту тіла не обмінюються енергією

теплопередачею, то вони мають однакову температуру – тіла перебувають у тепловій рівновазі.

2. Метод вимірювання температур ґрунтується на встановленні теплової рівноваги між двома тілами під час теплового контакту.

Вважають, що два тіла А і В мають однакову температуру, якщо кожне з них знаходиться в тепловій рівновазі з тілом С. Тіло С називають термометром.

3. Історично склалося, що температуру почали вимірювати за зміною об'єму тіл під час нагрівання.

Зміні температури на 100 градусів відповідає зміна об'єму термометричного тіла $V_{100} - V_0$, де V_0 – об'єм тіла, що знаходиться в тепловій рівновазі з танучим льодом, V_{100} – з водою, що кипить при нормальному атмосферному тиску.

Вважаючи, що об'єм термометричного тіла змінюється з температурою лінійно, зміні об'єму $\frac{V_{100}-V_0}{100}$ відповідає зміна температури на один градус.

Встановлену таким чином температурну шкалу називають шкалою Цельсія.

4. Досліди показують, що для всіх газів, які знаходяться в тепловій рівновазі величина $\theta = \frac{PV}{N}$ однакова. Вона і є температура виражена в джоулях.

5. В абсолютній шкалі температур початок відліку ведеться від абсолютного нуля, а одиниця температури співпадає з градусом по шкалі Цельсія.

6. В СІ температура вимірюється в Кельвінах.

7. Якщо E_k загальна кінетична енергія N молекул газу, то величину $\frac{E_k}{N}$ називають середньою кінетичною енергією $\bar{E}_k$ поступального руху молекул:

$$\bar{E}_k = \frac{m}{2} \cdot \bar{v}^2.$$

Величину $\bar{v}^2$ називають середнім значенням квадрата швидкості.

8. Температура – це міра середньої кінетичної енергії руху молекул:

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} \cdot k \cdot T,$$

де k – стала Больцмана, яка показує, наскільки зміниться кінетична енергія однієї молекули при зміні температури на один градус.

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}.$$

9. Знаючи зв'язок між абсолютною температурою і середньою

кінетичною енергією поступального руху молекул, можна стверджувати, що при $T=0$ $\bar{E}_k = 0$

10. Температура виражена в джоулях та температура виражена в Кельвінах пов'язані між собою $\theta = kT$.

11. Знаючи температуру по шкалі Цельсія, можна виразити її в Кельвінах і навпаки:

$$T = t + 273.$$

12. Зв'язок тиску газу та температури:

$$P = n kT.$$

Б.10.1.4 Швидкість молекул газу

1. Вперше експериментально визначив швидкість молекул у 1920р. німецький фізик О.Штерн.

2. Дослідна установка складалася з: двох жорстко з'єднаних між собою циліндрів; вздовж їх спільної осі натягувалася платинова дротина, покрита тонким шаром срібла; внутрішній циліндр мав вузьку щілину, розміщену вздовж його твірної; повітря з циліндрів відкачувалось до високого вакууму.

3. Проведення дослідів.

При пропусканні електричного струму по дротині срібло випаровувалось і його атоми, проходячи крізь щілину у внутрішньому циліндрі, потрапляли на внутрішню поверхню зовнішнього циліндру й утворювали смужку.

Спочатку циліндри були нерухомі, потім оберталися рівномірно з кутовою швидкістю ω .

4. Результати дослідів.

Коли циліндри були нерухомі, пучок атомів срібла осідав вузькою смужкою, утворюючи ніби зображення щілини.

Коли циліндри оберталися спостерігалось не тільки зміщення зображення щілини, а й його розпливання.

5. Висновки з дослідів.

Швидкості молекул за нормальних умов дуже великі.

При даній температурі швидкості окремих молекул газу відрізняються одні від одних.

З підвищенням температури швидкість молекул збільшується.

Б.10.1.9 Рівняння стану газу

1. Рівняння, що пов'язує тиск газу, його об'єм і температуру, називають рівнянням стану газу:

$$pV = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T,$$

де $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$ – універсальна газова стала.

Записане рівняння називають рівнянням стану ідеального газу Клапейрона-Менделєєва.

2. Якщо газ переходить з одного стану в інший при постійній масі, то до процесу використовують рівняння Клапейрона:

$$\frac{pV}{T} = \frac{m}{M} \cdot R = \text{const.}$$

Часто це рівняння записують у вигляді:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2}.$$

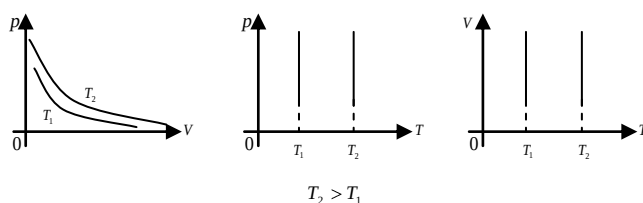
Б.10.1.10 Ізопроцеси в газах

1. Перехід газу з одного стану в інший при сталій температурі називають ізотермічним процесом.

Для ізотермічного процесу справджується закон Бойля-Маріотта: добуток тиску даної маси газу на його об'єм сталий, якщо температура газу не змінюється:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \quad \text{або} \quad p \cdot V = \text{const.}$$

На графіках ізотермічний процес зображують лінією – ізотермою.

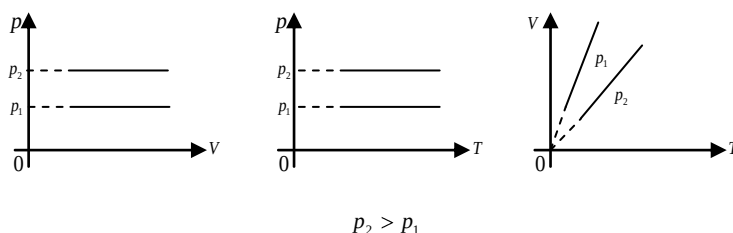


2. Перехід газу з одного стану в інший при сталому тиску, називається ізобарним процесом.

Для ізобарного процесу справджується закон Гей-Люссака: при незмінній масі газу і сталому тиску об'єм газу прямо пропорційний абсолютній температурі:

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

На графіках ізобарний процес зображується лінією – ізобарою.



3. Перехід газу з одного стану в інший при сталому об'ємі називається ізохорним процесом.

Для ізохорного процесу справджується закон Шарля: при незмінній масі газу і сталому об'ємі тиск газу прямо пропорційний його абсолютній температурі:

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

На графіках ізохоричний процес зображується ізохорою.

