

Основи термодинаміки

Б.8.2.1 Тепловий рух атомів і молекул

1. Хаотичний рух мікрочастинок тіла називається тепловим рухом.
2. Швидкість руху молекул і атомів, з яких складаються тіла, залежить від температури.
3. Атоми і молекули мають неоднакові швидкості, оскільки в результаті їх взаємодій між собою одні з них рухаються швидше, інші повільніше. Тому тепловий рух атомів і молекул даного тіла характеризується середньою кінетичною енергією.
4. Якщо середня кінетична енергія частинок, з яких складаються тіла, у одного тіла більша, ніж у іншого, то й температура його вища.

Б.8.2.2 Внутрішня енергія

1. Частинки, з яких складаються тіла, не тільки знаходяться в безперервному хаотичному русі, а й взаємодіють між собою. Це означає, що частинки тіла мають кінетичну та потенціальну енергію.
2. Суму кінетичної і потенціальної енергій всіх молекул тіла називають його внутрішньою енергією.
3. У газах середня кінетична енергія молекул значно перевищує потенціальну енергію взаємодій.
- У рідинах кінетична енергія теплового руху атомів і молекул та потенціальна енергія їхньої взаємодії приблизно рівні.
- У твердих тілах потенціальна енергія взаємодії частинок перевищує їхню кінетичну енергію.
4. Внутрішню енергію можна змінити шляхом виконання роботи і шляхом теплопередачі.
5. Теплопередача (теплообмін) відбувається через різницю температур між тілами: більш нагріті тіла віддають частину внутрішньої енергії менш нагрітим, і ніколи самочинно не може статися навпаки.

Б.8.2.3 Теплопровідність

1. Передавання внутрішньої енергії від більш нагрітих тіл до менш нагрітих, при їх контакті, яке веде до вирівнювання температур без перенесення речовини, називають теплопровідністю.
2. Теплопровідність пояснюється взаємодією частинок, з яких складаються тіла. Молекули або атоми більш нагрітого тіла взаємодіють з молекулами або атомами менш нагрітого тіла і передають їм частину своєї енергії.
3. Речовини відрізняються одні від одних їхньою теплопровідністю. Найвищу теплопровідність мають метали, найменшу – гази. Погану теплопровідність мають рідини, дерево, пластмаса.

Б.8.2.4 Конвекція

1. Теплообмін у наслідок перенесення речовини у газах і рідинах називається конвекцією.

2. Конвекція пояснюється дією сили Архімеда. Густина теплих шарів рідини або газу менша за густину холодних їх шарів. Тому теплі шари спливають на поверхню в менш нагрітих шарах рідини або газу.

3. У стані невагомості та в твердих тілах конвекція не відбувається.

Б.8.2.5 Теплове випромінювання

1. Енергія від більш нагрітих тіл до менш нагрітих тіл може передаватися при відсутності контакту між ними і без перенесення речовини шляхом теплового випромінювання.

2. Теплове випромінювання подібне до світлового. Частина внутрішньої енергії перетворюється в енергію випромінювання, що поширюється у просторі і поглинається іншими тілами. Внаслідок поглинання тілом енергії випромінювання відбувається зворотне перетворення у внутрішню енергію.

3. Випромінюють енергію всі тіла. Чим вища температура тіла, тим більшу енергію воно випромінює. Темні поверхні тіл поглинають і випромінюють енергію краще ніж світлі поверхні.

Б.8.2.6 Кількість теплоти

1. Зміна внутрішньої енергії тіла внаслідок теплообміну називається кількістю теплоти і позначається буквою Q .

2. Кількість теплоти вимірюється в джоулях (Дж). На практиці користуються й іншими одиницями: кілоджоулем (кДж) і мегаджоулем (МДж):

$$1\text{кДж} = 1000\text{Дж} = 10^3\text{Дж};$$

$$1\text{МДж} = 1000000\text{Дж} = 10^6\text{Дж}.$$

3. Коли стверджують, що тіло віддало кількість теплоти, то цим визначають наскільки зменшилась внутрішня енергія тіла внаслідок теплопередачі. Стверджуючи, що тіло отримало кількість теплоти, визначають наскільки збільшилась внутрішня енергія внаслідок теплопередачі.

4. Сума кількості теплоти, яку отримали тіла, дорівнює сумі кількості теплоти, що віддали тіла внаслідок теплообміну: $Q_{\text{від}} = Q_{\text{отр}}$ – це рівняння має назву рівняння теплового балансу.

Б.8.2.7 Питома теплоємність речовини

1. Речовини відрізняються одні від одних тим, що для зміни їх температури на одну й ту саму величину, при умові, що вони мають однакову масу, потрібні різні кількості теплоти. Іншими словами, речовини відрізняються питомими теплоємностями.

2. Питома теплоємність – це фізична величина, що дорівнює відношенню

кількості теплоти, яка йде на нагрівання тіла, виготовленого з даної речовини, до добутку його маси на зміну температури тіла. Позначається питома теплоємність буквою c .

$$c = \frac{Q}{m \cdot (t_2 - t_1)}.$$

3. Питома теплоємність вимірюється в $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$.

4. Питома теплоємність не залежить від маси тіла і зміни його температури. Для даної речовини вона має одне й те саме значення.

5. Кількість теплоти, що йде на нагрівання тіла, або кількість теплоти, яку віддає тіло під час охолодження, визначається формулою:

$$Q = c \cdot m \cdot (t_2 - t_1).$$

Б.8.2.8 Теплота згоряння палива

1. Види палива відрізняються одні від одних тим, що під час повного згоряння, при умові однакових їх мас, виділяється різна кількість теплоти. Іншими словами, палива відрізняються їх питомою теплотою згоряння.

2. Питома теплота згоряння палива – це фізична величина, що дорівнює відношенню кількості теплоти, яка виділяється при повному згорянні палива, до його маси. Позначають питому теплоту згоряння палива буквою q .

$$q = \frac{Q}{m}.$$

3. Вимірюється питома теплота згоряння палива в $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$.

4. Питома теплота згоряння палива не залежить від маси палива, що згоряє.

5. Кількість теплоти, що виділяється при повному згорянні палива масою m , визначається формулою:

$$Q = q \cdot m.$$

Б.8.2.9 Плавлення і кристалізація твердих тіл

1. Перехід речовини з твердого стану в рідкий називають плавленням.

Перехід речовини з рідкого стану в твердий називають твердненням. У випадку кристалічних тіл цей процес називають кристалізацією.

2. Під час нагрівання кристалічних тіл їх температура спочатку підвищується і при деякій температурі, яка називається температурою плавлення, вони починають плавитися.

У процесі плавлення кристалічних тіл температура не змінюється.

3. Плавлення відбувається обов'язково з поглинанням кількості теплоти. Це

пояснюється тим, що потрібна енергія для руйнування впорядкованого розміщення частинок тіла.

4. Кристалізація відбувається з виділенням кількості теплоти, що пішла на плавлення тіла.

Температура плавлення і кристалізації одна й та сама.

Б.8.2.10 Питома теплота плавлення

1. Кристалічні тіла, виготовлені з різних речовин, відрізняються одні від одних тим, що для їх плавлення, при умові однакових їх мас, потрібні різні кількості теплоти. Іншими словами, ці речовини відрізняються їх питомою теплотою плавлення.

2. Питома теплота плавлення – це фізична величина, яка дорівнює відношенню кількості теплоти, що потрібна для плавлення кристалічного тіла, виготовленого з даної речовини, до його маси. Позначається питома теплота плавлення буквою L .

$$L = \frac{Q}{m}.$$

3. Вимірюється питома теплота плавлення в $\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$.

4. Питома теплота плавлення не залежить від маси речовини, з якої виготовлено тіло, що плавиться.

5. Кількість теплоти, яка потрібна для плавлення кристалічного тіла, визначається формулою:

$$Q = L \cdot m.$$

6. Питома теплота плавлення для даної речовини дорівнює питомій теплоті кристалізації.

Б.10.2.1 Зміна внутрішньої енергії тіла при виконанні роботи

1. Внутрішня енергія тіла може змінюватися в результаті виконання роботи, причому ця зміна внутрішньої енергії завжди має дорівнювати виконаній над тілом роботи.

2. Робота, виконана газом при ізобарному розширенні проти зовнішніх сил, дорівнює добуткові тиску газу на приріст його об'єму:

$$A = p \cdot (V_1 - V_2).$$

3. Якщо газ ізобарно стискується, в цьому випадку роботу виконують над ним зовнішні сили, збільшуючи його потенціальну енергію.

4. При будь-якому процесі виконана газом робота чисельно дорівнює площі, обмеженій графіком цього процесу в системі координат V, p , віссю абсцис і двома ординатами.

Б.10.2.2 Перший закон термодинаміки

1. Відповідно до закону збереження і перетворення енергії зміна внутрішньої енергії системи ΔU дорівнює сумі наданої їй кількості теплоти Q і роботі A' , виконаної над системою зовнішніми силами:

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

Це твердження прийнято називати першим законом (началом) термодинаміки.

2. Перший закон термодинаміки можна записати так:

$$\Delta U = Q + A$$

Кількість теплоти частково йде на збільшення внутрішньої енергії і частково на виконання системою роботи над зовнішніми тілами.

3. Перший закон термодинаміки стверджує неможливість побудови “вічного” двигуна першого роду, який би нескінченно довго виконував роботу без надходження теплоти зовні: неможливо нескінченно довго виконувати роботу за рахунок скінченного значення внутрішньої енергії деякої системи (машини).

Б.10.2.3 Застосування першого закону термодинаміки до ідеального газу

1. При ізохорній зміні стану газу вся кількість підведеної до нього теплоти йде на зміну внутрішньої енергії газу.

2. При ізотермічному процесі вся підведена до газу кількість теплоти витрачається на виконання ним роботи.

3. При ізобарному розширенні кількість підведеної до газу теплоти більша за виконану ним роботу на величину, яка дорівнює зростанню його внутрішньої енергії.

4. Процес зміни стану газу, який відбувається без теплообміну з навколишніми тілами, називають адіабатним.

При стисканні газу без теплообміну з навколишнім середовищем його внутрішня енергія збільшується, при розширенні – зменшується.

Б.10.2.4 Необоротність теплових процесів

1. Процес називають оборотним, якщо можливе повернення системи у початковий стан без будь-яких змін у навколишньому середовищі.

Якщо таке повернення здійснити не можна, тобто після закінчення процесу в навколишніх тілах чи в даній системі залишилися деякі зміни, процес є необоротним.

2. Другий закон термодинаміки стверджує необоротність природних процесів.

Одним із формулювань цього закону є наступний: теплота не може переходити само собою від тіла до тіла менш нагрітого до тіла більш нагрітого.

3. Якщо перший закон термодинаміки забороняє можливість існування машини, за допомогою якої можна було б виробляти енергію з нічого, то другий закон забороняє можливість створення машини, здатної виконувати роботу лише за рахунок охолодження одного тіла.

Б.8.2.11 Принцип дії теплової машини

1. В основу дії теплових машин покладено перетворення внутрішньої енергії

палива в механічну енергію.

2. Теплова машина складається з нагрівника, робочого тіла і охолоджувача.

3. Коефіцієнт корисної дії теплової машини становитиме:

$$ККД = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1},$$

Q_1 – кількість теплоти, яку одержує робоче тіло від нагрівника;

Q_2 – кількість теплоти, яку віддає робоче тіло холодильнику.

4. ККД теплової машини завжди менший за 1.

5. Прикладами теплових машин є парова і газова турбіни, двигун внутрішнього згоряння.

Б.10.2.5 Принцип дії теплової машини

1. В основу дії теплової машини покладено перетворення внутрішньої енергії палива в механічну енергію.

2. Теплова машина має нагрівник, робоче тіло, яке внаслідок нагрівання виконує роботу, і холодильник.

3. Як робоче тіло використовується газ (пара).

Сукупність змін стану газу, в результаті яких він повертається у вихідний стан, називають круговим процесом, або циклом.

Цикл, що складається з двох ізобарних і двох адіабатних процесів, дістав назву циклу Карно.

4. Для характеристики ефективності циклу перетворення внутрішньої енергії в механічну, а значить і теплової машини, вводиться коефіцієнт корисної дії циклу, або машини:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1},$$

Q_1 – кількість теплоти, яку одержує робоче тіло від нагрівника;

Q_2 – кількість теплоти, яку віддає робоче тіло холодильнику.

5. За умови ідеального проходження процесу перетворення внутрішньої енергії в механічну найвищий тепловий ККД був би

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1},$$

T_1 – максимальна температура робочого тіла;

T_2 – мінімальна температура, при якій робоче тіло віддає частину внутрішньої енергії холодильнику.

6. Для збільшення ККД теплових машин необхідно прагнути до підвищення

температури нагрівника і до зниження температури холодильника. Крім цього істотне значення у підвищенні ККД теплової машини мають й інші фактори: зниження втрат енергії на подолання тертя в деталях машини, зменшення теплопередачі навколишньому повітрю тощо.