**Лекція 11. ОСНОВИ МОЛЕКУЛЯРНОЇ ФІЗИКИ І ТЕРМОДИНАМІКИ.**

1. Абсолютна температура задає енергію газу. Температура міра середньої енергії системи молекул.
2. Абсолютної температури однієї молекули не буває. Температура є у набора ( ансамблю ) молекул. Нема значної кількості молекул – не існує поняття середня енергія.
3. Якщо температура – міра енергії, то її потрібно вимірювати в джоулях. Ми міряємо в «К». Постійна Больцмана є переводний множник між температурою, що вимірюється в «К» в енергетичну температуру «Дж».

**Закон Максвелла про розподіл молекул ідеального газу за швидкостями**

Загальні міркування про розрахунки середньої швидкості руху молекул:



Якщо знати функцію ймовірності в залежності від швидкості руху

, то питання про швидкості буде розв’язано. Цю функцію знайшов Максвел.

****





ймовірність того, що швидкість молекул газу знаходиться в інтервалі від *v*  до *v+dv* .

Взаємозв’язок середньоквадратичної швидкості руху молекули ідеального газу з абсолютною температурою:



Найбільш ймовірна швидкість молекул ідеального газу знаходиться з умови відповідності максимуму функції розподілу:



Середня енергія молекул газу зв’язана з середньою квадратичною швидкістю:



**ОСНОВИ ТЕРМОДИНАМІКИ.**

**Внутрішня енергія. Число ступенів свободи молекули. Закон рівномірного розподілу енергії за ступенями свободи молекул.**

Важливою характеристикою термодинамічної системи є її внутрішня енергія: *U* - енергія хаотичного (теплового) руху мікрочастинок системи (молекул, атомів, електронів, ядер ) та енергія взаємодії цих частинок. До внутрішньої енергії не відносяться кінетична енергія руху системи як цілого і потенційна енергія системи в зовнішніх полях.

Для ідеального газу, коли його енергія створюється тільки хаотичним рухом молекул, внутрішня енергія дорівнює тільки кінетичної енергії руху всіх молекул газу. Вона знайдена в попередній лекції:





 - число молів речовини. Тоді далі маємо:



Л.Больцман знайшов **закон про рівномірний розподіл енергії** за ступенями свободи молекул: для системи, яка перебуває в стані термодинамічної рівноваги, на кожну поступальну, обертальну і коливальну ступені свободи доводиться в середньому кінетична енергія, рівна - кТ.

**

Узагальнення на багатоатомні молекули:





Загальний вираз для внутрішньої енергії газу:



**Перший початок термодинаміки**

Внутрішня енергія системи може змінюватися в результаті вчинення над системою роботи або надання їй теплоти. Так, усуваючи поршень в циліндр, в якому знаходиться газ, ми стискаємо цей газ, в результаті чого його температура підвищується, тобто тим самим змінюється (збільшується) внутрішня енергія газу.

Температуру газу та його внутрішню енергію можна збільшити за рахунок повідомлення йому деякої кількості теплоти шляхом теплообміну.

Таким чином, можна говорити про двох формах передачі енергії від одних тіл до інших: роботи і теплоту. Енергія механічного руху може перетворюватися в енергію теплового руху, і навпаки. При цих перетвореннях дотримується закон збереження і перетворення енергії; стосовно до термодинамічних процесів цим законом і є перший початок термодинаміки, встановлений в результаті узагальнення багатовікових експериментальних даних.

**Перший початок термодинаміки:** теплота, що повідомляється системі, витрачається на зміну її внутрішньої енергії і на здійснення нею роботи проти зовнішніх сил.

Математичний вираз першого початку термодинаміки наступний :



**Слідство:** Якщо система періодично повертається в початковий стан, то зміна її внутрішньої енергії *dU* = 0. Тоді, згідно першому закону термодинаміки:



Вічний двигун першого роду - періодично діючий двигун, який здійснював би роботу, більшу ніж надана йому ззовні енергія, неможливий (одна з форм першого початку термодинаміки).

**Робота газу при зміні його об'єму**

Знайдемо зовнішню роботу, що здійснюються газом при зміні його об'єму. Розглянемо газ, що знаходиться під поршнем в циліндричній посудині (рис.).



Якщо газ, розширюючись, пересуває поршень на нескінченно малу відстань *dl,* то він виробляє над ним роботу:



де *S* - площа поршня; *Sdl = dV* - зміна об’єму системи.

Повну роботу *А,* що здійснюються газом при зміні його об'єму від V1 доV2, знайдемо інтегруванням останньої формули:



Вироблену при тому чи іншому процесі роботу можна зобразити графічно за допомогою кривої в координатах *р, V.* Нехай зміна тиску газу при його розширенні зображується кривої 1-2 на рис.



При збільшенні об’єму на *dV* робота, що здійснюється газом, дорівнює *pdV,* тобто визначається площею смужки з основою *dV* , що затонована на малюнку.

Повна робота, що здійснюються газом при розширенні від обсягу *V1* до обсягу *V2,* визначається площею, обмеженою віссю абсцис, кривою *р=f(V)* та прямими *V1* , *V2*.

**Теплоємність**

Питома теплоємність за визначенням:



Одиницею виміру питомої теплоємності є Джоуль па кілограм-кельвін [Дж / (кг-К)].

Мольна теплоємність за визначенням:



Це величина, що дорівнює кількості теплоти, необхідного для нагрівання 1 моль речовини на 1 К.

Одиниця молярної теплоємності - Джоуль на моль-кельвін [Дж / (моль • К)].

Питома теплоємність з пов'язана з молярної Сm співвідношенням



где *М***—** молярна маса речовини.

Розрізняють ***теплоємності при постійному обсязі і постійному тиску,*** коли в процесі нагрівання речовини його об'єм або тиск підтримується сталими. Запишемо вираз першого закону термодинаміки для 1 моль, коли використані формули для кількості теплоти і роботи:





Якщо газ нагрівається при постійному об’ємі (*dV* = 0), то робота зовнішніх сил дорівнює нулю і тоді теплота, що повідомляється газу ззовні, йде тільки на збільшення його внутрішньої енергії:



тобто молярна теплоємність газу при постійному обсязі *СV* дорівнює зміні внутрішньої енергії 1 молю газу при підвищенні його температури на 1 К. Якщо продиференцювати формулу для внутрішньої енергії *(U = (i/2)RT)*, то можна отримати: *dU = (i / 2) RdT*, тоді



Якщо газ нагрівається при постійному тиску, то вираз першого початку термодинаміки записується у вигляді:





Якщо продифененцювати при постійному тиску в системі рівняння стану ідеального газу ( *pV=RT), можна отримати:*

*pdV=RdT*

 Подстановка останнього виразу до формули першого початку термодинаміки дає формулу Майєра:



Таким чином маємо для мольної теплоємністі при постіному обємі:



Мольна теплоємність при постіному тиску



Основні положення термодинаміки ідеальних газів присвячено відповідні розділи завдання в пропонованому методичному посібнику.

Детально теоретичний матеріал по термодинаміки ідеального газу наведено в рекомендованій літературі (Трофімова).