

Адіабатичний термодинамічний процес



Адіабатична хмарка за літаком

1. Рівняння адіабати.

Процес, який відбувається без теплообміну з навколишнім середовищем і в якому змінюються всі термодинамічні параметри системи - **тиск, об'єм, температура** - називають адіабатичним.

Оскільки $\Delta Q = 0$, то перше начало термодинаміки для адіабатичного процесу виглядає так:

$$\Delta U + \Delta A = 0$$

де $\Delta A = p\Delta V$, $\Delta U = c_v \cdot \Delta T$, c_v - молярна теплоємність ідеального газу при постійному об'ємі значення якої шукаємо за формулою через кількість ступенів вільності $c_v = (i/2) \cdot \nu R T$.

$$c_v \cdot \Delta T + p \Delta V = 0$$

Останнє рівняння називають *рівнянням адіабати в диференціальній формі*.

Підставивши у нього значення тиску p з формули Клапейрона, перепишемо його так:

$$c_v \cdot dT/T + R \cdot dV/V = 0$$

Проінтегрувавши, отримаємо:

$$c_v \cdot \ln T + R \cdot \ln V = \ln C,$$

де C - константа інтегрування.

$$\ln T + \ln V^F = \ln C,$$

де $F = R/c_v$.

$$\ln(TV^F) = \ln C$$

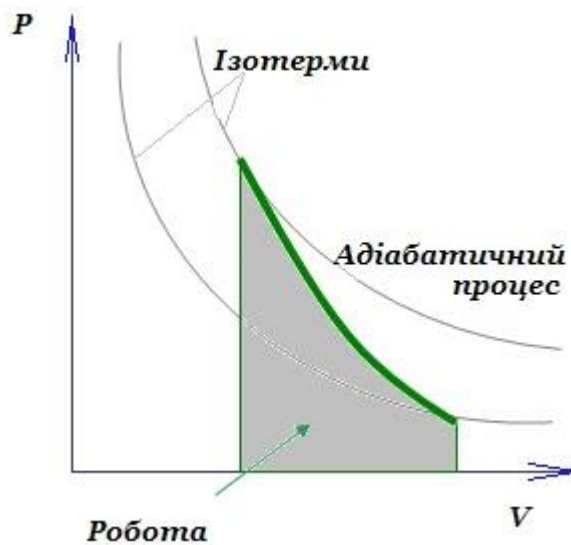
з останнього виразу знаходимо рівняння адіабати

$$TV^{\gamma-1} = \text{const},$$

де $\gamma = c_p/c_v$ - показник адіабати.

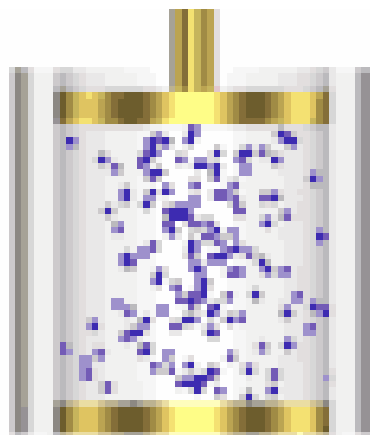
Рівняння адіабати, записане в параметрах p, V називають *рівнянням Пуассона*:

$$PV^\gamma = \text{const}$$



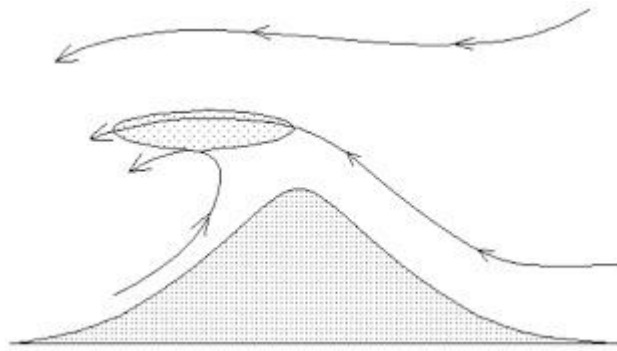
Адіабата "крутіша" за ізотеру

Адіабатичний процес, як і інші ізопроцеси, є оборотним, проте його важко отримати на практиці, оскільки в природі немає матеріалів, які б забезпечували тривалу теплову ізоляцію системи під час дуже повільного такого процесу. Тому реальний адіабатний процес треба проводити швидко, щоб не відбулось теплообміну між термодинамічною системою і навколишнім середовищем. З іншого боку, швидкість процесу не може бути дуже великою, бо процес повинен бути оборотним.



Адіабатичний процес

Наприклад, так відбувається в циліндрах дизельних двигунів, де повітря внаслідок швидкого стискання нагрівається до високої температури; охолоджується фреон у холодильних установках внаслідок його розширення. Адіабатне охолодження відбувається в атмосфері Землі, коли нагріте повітря, швидко піднімаючись вгору, розширюється, в результаті чого водяна пара конденсується й утворюються хмари.



Адіабатичні процеси в атмосфері

Робота при адіабатичному процесі

Знайдемо роботу при адіабатичному процесі:

$$A = \int p dV = - \int c_v \cdot dT = - c_v (T_2 - T_1)$$

Знак мінус в цій формулі означає, що роботу газ виконує завдяки зменшенню внутрішньої енергії.

Оскільки $\gamma = c_p / c_v = (c_v + R) / c_v = 1 + R / c_v$, то роботу перепишемо так:

$$A = c_v (T_1 - T_2) = R(T_1 - T_2) / (\gamma - 1)$$

Замінімо універсальну газову постійну з рівняння стану

$$A = [p_1 V_1 / (\gamma - 1)] \cdot [1 - (V_1 / V_2)^{\gamma - 1}]$$

Адіабатичне розширення газу з виконанням роботи часто застосовують для охолодження газу, наприклад, у холодильниках

Задачі для самоперевірки

Підручник фізика 10 клас, за редакцією Бар'яхтара В.Г., розділ 3, §§ 38,39 опрацювати

вправи 38, 39 розв'язати