

Адиабаталық және политропты процестер

Адиабата процесі - термодинамикалық процесс, онда сыртқы ортамен жылу алмасу болмайды ($dQ=0$).


Мұндай процесті газды тез ұлғайту немесе сығу арқылы жүзеге асыруға болады.

$$\partial Q = dU + \partial A = 0$$



$$\partial A = -dU$$

Жұмыс ішкі энергияның азаюы есебінен жүзеге асырылады

содан  $\partial A = -dU = -\frac{m}{\mu} C_V dT$

Клапейрон-Менделеев теңдеуінен: $\frac{m}{\mu} R dT = d(PV) = PdV + VdP$

немесе: $\frac{m}{\mu} dT = \frac{1}{R} (PdV + VdP)$

сонда: $\partial A = PdV = -\frac{C_V}{R}(PdV + VdP)$

$$PdV = -\frac{C_V}{C_P - C_V}(PdV + VdP)$$

Жақшаларды бәрін бір жылжытсақ: ашып жаққа

$$C_P PdV + C_V VdP = 0 \quad C_V PV\text{-ға бөлеміз,}$$

$$\frac{C_P}{C_V} \cdot \frac{dV}{V} + \frac{dP}{P} = 0$$

белгілесек:

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V}$$

- адиабата көрсеткіші
(Пуассон коэффициенті).

Сонда интегралдау арқылы:

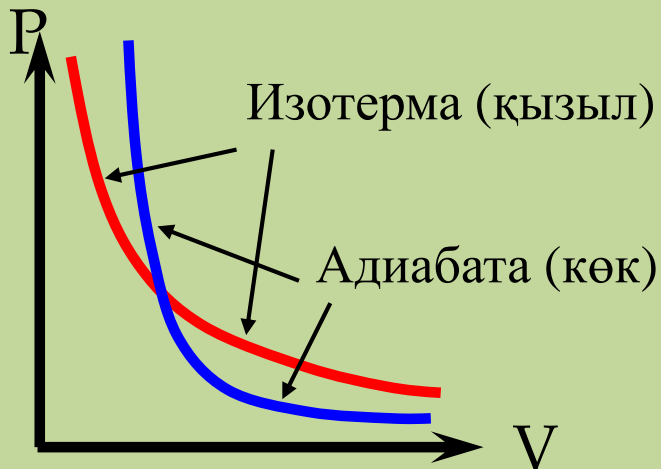
$$\ln V^\gamma + \ln P = \ln(const)$$

Пуассон теңдеуі

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

$$PT^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} = \text{const}$$

$$VT^{\frac{1}{\gamma-1}} = \text{const}$$



Адиабата қисығы изотерма қисығына ұқсас, бірақ тіктеу болады

Адиабаталық процестегі жұмыс.

$$\partial A = -dU = -\frac{m}{\mu} C_V dT$$

Интегралдасақ:

$$A = -\frac{m}{\mu} C_V (T_2 - T_1)$$

*Майер теңдеуінен және
Пуассон коэффициенті
келесідей:*

$$\left. \begin{array}{l} C_P = C_V + R \\ C_P = \gamma \cdot C_V \end{array} \right\} C_V = \frac{R}{\gamma - 1}$$

сонда:

$$A = \frac{m}{\mu} \frac{R}{\gamma - 1} (T_1 - T_2) = \frac{m}{\mu} \frac{P_1 V_1}{\gamma - 1} \left(1 - \frac{T_2}{T_1} \right)$$

Пуассон теңдеуін пайдаланып,
температура қатынасын ауыстырамыз:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

сонда, бір моль газ үшін жұмыс:

$$A = \frac{P_1 V_1}{\gamma - 1} \left(1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} \right) \quad A = \frac{P_1 V_1}{\gamma - 1} \left(1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right)$$

Жалпы жағдайда, мына теңдеумен сипатталатын политропты процесс теңдеуін аламыз:

$$PV^n = const$$

$n=0$ кезінде - изобара, өйткені: $PV^0 = const \Rightarrow P = const$

$n=1$ кезінде - изотерма, өйткені: $PV = const \Rightarrow T = const$

$n=\gamma$ кезінде - адиабата, өйткені: $PV^\gamma = const$

$n=\pm\infty$ кезінде - изохора, өйткені: $PV^{\pm\infty} = const \Rightarrow V = const$

Басқа жағдайларда – политроптық процесс.

Энергияның еркіндік дәрежелері бойынша бірқалыпты үлестіру Заңы

Дененің еркіндік дәрежелерінің саны кеңістіктегі денені толық сипаттау үшін қажет тәуелсіз координаттардың ең аз саны деп аталады.

Материалдық нүкте 3 еркіндік дәрежесіне ие: X, Y, Z.
Жазық қозғалыста X, Y.

Геометриялық денеде 3 ілгерілемелі және 3 айналмалы еркіндік дәрежесі бар (барлығы 6).

Егер дене абсолютті қатты дене болмаса, бізде + тағы 3 тербелмелі еркіндік дәрежесі бар (соңында 3+3+3=9).

Бір атомды газ молекуласы материалдық нүкте ретінде қарастырылады (3 ілгерілемелі еркіндік дәрежесі).

$$\langle \varepsilon \rangle = \frac{m_0 \langle v_{кв.}^2 \rangle}{2} = \frac{3}{2} kT$$

- бір молекуланың
орташа кинетикалық
энергиясы

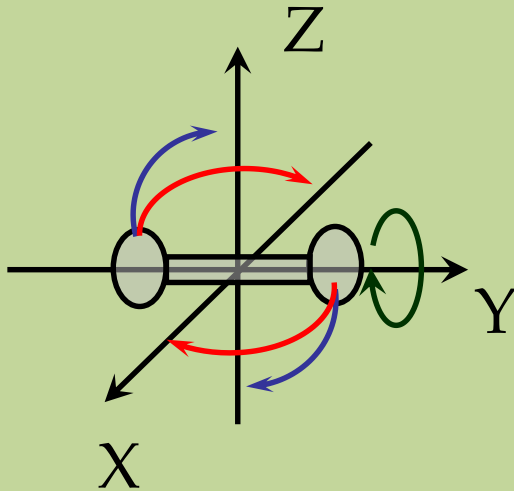
Біз Пифогор теоремасы бойынша молекулалардың қозғалысының барлық бағыттарын бірдей ықтимал деп санаймыз:

$$\langle v_{\text{кв.}}^2 \rangle = v_x^2 + v_y^2 + v_z^2$$

Сонда бір еркіндік дәрежесіге $\frac{1}{2}kT$ энергия сәйкес келеді:

$$\langle \varepsilon_{1\text{ст.своб.}} \rangle = \frac{1}{3} \langle \varepsilon_{\text{полн.}} \rangle = \frac{1}{2} kT$$

Екітомды газ молекулаларын белгілі бір қашықтықтағы екі материалдық нүкте ретінде қарастыруға болады ("гантель" моделі).



Қызыл-Х-У жазықтығындағы айналу, Z осі.
Көк-У - Z жазықтығындағы айналу, X осі.
Қара-Х-Z жазықтығындағы айналу, Y осі.

У осіне қатысты инерция моменті аз, сондықтан осы (У) осі бойындағы кинетикалық энергия нөлге тең.

Сонда үш ілгерілемелі еркіндік дәрежесі + екі айналмалы еркіндік дәрежесі, барлығы бес еркіндік дәреже бар.

Энергияның еркіндік дәрежелері бойынша бірқалыпты үлестіру Заңында былай делінген: молекуланың әрбір еркіндік дәрежесі үшін орташа есеппен бірдей кинетикалық энергия $E = \frac{1}{2} kT$ сәйкес келеді.

$$\langle \varepsilon_{\text{полн.}} \rangle = \frac{i}{2} kT \quad \text{мұнда, } i \text{ – еркіндік дәрежелерінің саны.}$$

$$U = \langle \varepsilon_{\kappa} \rangle \cdot N_A \cdot \nu = \frac{i}{2} k T N_A \nu = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT$$

Ішкі энергия

$$C_V = \frac{dU}{dT} = \frac{d}{dT} \left(\frac{i}{2} RT \right) = \frac{i}{2} R$$

$$C_P = C_V + R = \frac{i}{2} R + R = \frac{i+2}{2} R$$

$$C_V = \frac{i}{2} R \quad C_P = \frac{i+2}{2} R$$

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{i+2}{i}$$

$i=3$ кезінде
 $i=5$ кезінде
 $i=6$ кезінде

$\gamma=1,67$ – біратомды газ,
 $\gamma=1,4$ – екіатомды газ,
 $\gamma=1,33$ – көпатомды газ.