

ИДЕАЛ ГАЗДЫҢ ІШКІ ЭНЕРГИЯСЫ

Идеал газдың молекуласының орташа энергиясы

$$\frac{m_0 \overline{v^2}}{2} = \frac{3}{2} kT \quad (1)$$

$$U = N \frac{m_0 \overline{v^2}}{2} = \frac{3}{2} N kT \quad (2)$$

$$U = \frac{3}{2} N_A kT = \frac{3}{2} RT$$

Осы (2) өрнекпен анықталатын энергияны идеал газдың (бір молі үшін) *ішкі энергиясы* деп атайды.

Жылу мөлшері

Кез келген денені жұмыс атқармайақ қыздыруға немесе суытуға болатыны тәжірибеден белгілі. Мұндай қыздыру немесе суыту тәсілі температурасы әр түрлі денелер бір-бірімен түйіскенде немесе сәулелену кезінде жүзеге асырылады

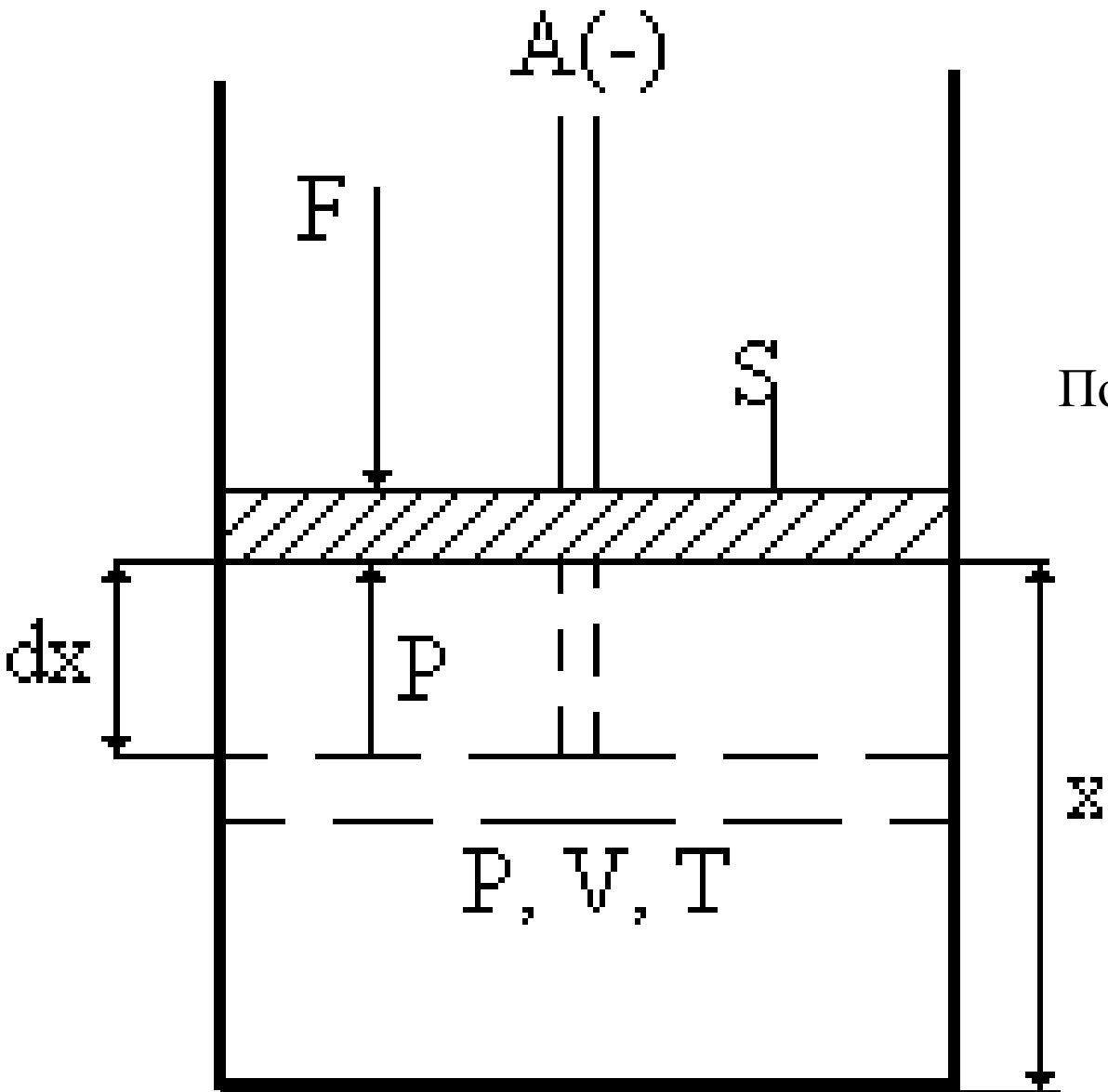
(1)-ші формула бойынша газдың температурасының өзгеруі, оның энергиясының өзгеруімен байланысты. Олай болса, денелер түйіскенде энергия қандай да бір себеппен беріледі (қыздыру) немесе денеден энергия алынады (суыту).

Жылу алмасу кезінде берілген (немесе алынған) энергия мөлшерін *жылу мөлшері* деп атап кеткен.

Жылу алмасу кезінде жұмыс істеледі, бірақ бұл жұмысты ретті қозғалыстағы макроскоптық денелер істемейді, олардың құрамындағы хаосты қозғалыстағы микробөлшектер істейді.

Осы айтылғаннан, жүйенің энергиясы тек қана жылу алмасу кезінде өзгерсе, онда $Q = \Delta U$, яғни Q жылу мөлшері жүйенің жылу алмасу кезіндегі *энергияның өзгерісінің өлшеуіші* болады.

Газдың көлемі өзгергендегі жұмыс



Теңестірілуші күш

$$F = pS$$

Поршенді dx -қа жылжыту

үшін жұмсалған жұмыс

$$dA = F dx = pS dx$$

(3)

$$S dx = -dV$$

Газдың сығылғанда көлемінің өзгеруі кезінде істелетін жұмыс

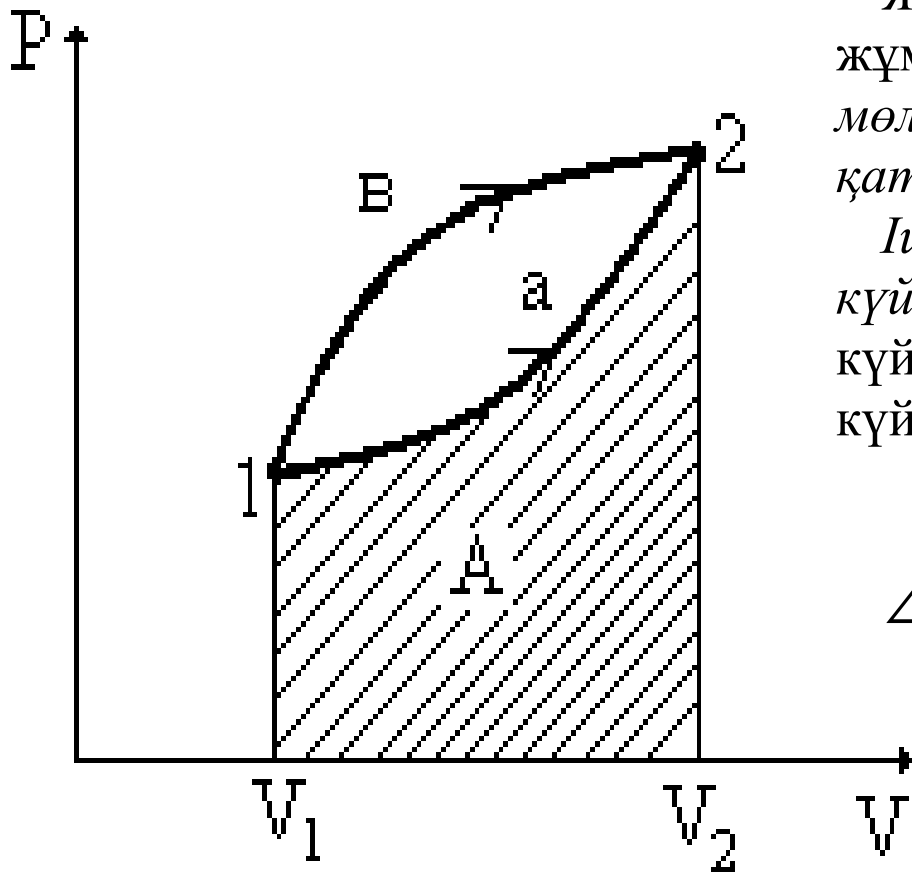
$$dA = pSdx = -pdV \quad (4)$$

Егер жүйенің күйі өзгергенде істелетін сыртқы жұмыс көлемінің өзгеруі есебінен болса, онда термодинамиканың бірінші бастамасы былай жазылады:

$$dQ = dU + pdV \quad (5)$$

Егер дене 1 күйден 2 күйге өтсе, онда істелетін жұмыс (4) теңдеуді интегралдау арқылы табылады:

$$A = \int_1^2 dA = \int_1^2 pdV \quad (6)$$



Жылу мөлшері сияқты жүйе ішінде жұмыстың қоры болмайды. Жылу мөлшері және жұмыс тек процеске қатысты анықталады.

Ішкі энергияны алсақ, ол тек жүйенің күйіне тәуелді, оның өзгерісі дене бір күйден екінші күйге өткен аралықтағы күйлерге тәуелсіз:

$$\Delta U = \int_1^2 dU = U_2 - U_1 \quad (7)$$

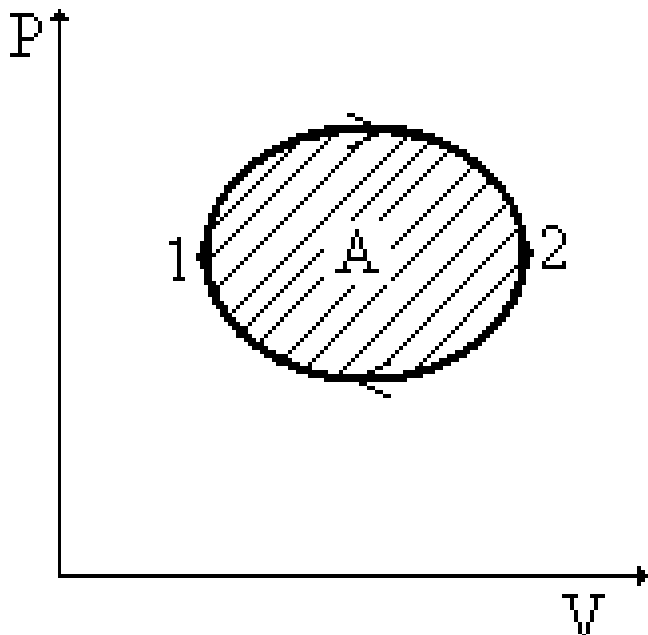
Ішкі энергияның шексіз аз өзгерістері үшін термодинамиканың бірінші заңын былай жазуға болады:

$$dU = dQ - dA = dQ - pdV \quad (8)$$

– ішкі энергияның *толық дифференциалы*, ол екі күйлер аралығындағы энергияның айырымын көрсетеді

dQ және dA *толық дифференциал бола алмайды*, себебі олар шексіз аз берілген (алынған) жылу мөлшері мен жүйенің істеген жұмысы, өтетін процестерге тәуелді. Сондықтан (5) теңдеуді былай жазуға болады:

$$\int_1^2 dQ = U_2 - U_1 + \int_1^2 pdV \quad (9)$$



Дербес жағдайда, газ барлық күй өзгерістерінің нәтижесінде бастапқы күйіне қайтып оралды делік, демек $U_1 = U_2$, ал $\Delta U = 0$.

Жұмыс тұйықталған интеграл бойынша былай анықталады:

$$A = \oint p dV \quad (10)$$

ИДЕАЛ ГАЗДЫҢ ЖЫЛУСЫЙЫМДЫЛЫҒЫ

Дененің температурасын бір кельвинге (1 К) өзгерту үшін, оған берілетін немесе одан алынатын жылу мөлшерін – *жылуsыйымдылық* деп атайды. Жылуsыйымдылық – *меншікті* және *мольдік* жылуsыйымдылық деп бөлінеді.

Заттың бірлік массасына қатысты жылуsыйымдылықты – *меншікті жылуsыйымдылық* деп атайды. Бұл жылуsыйымдылық дененің құрамындағы затты сипаттайды.

Меншікті жылуsыйымдылық пен мольдік жылуsыйымдылықтың арасындағы қатынас

$$c = \frac{C}{M} \quad (11)$$

Анықтамасы бойынша жылуsыйымдылық мына қатынасқа тең болады:

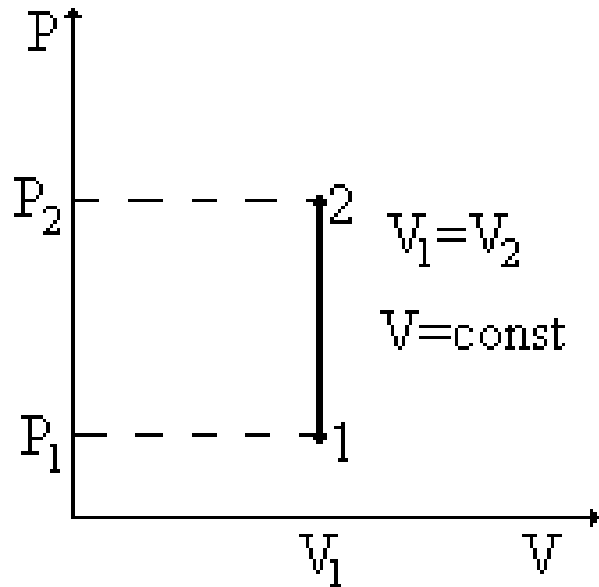
$$C_X = \left(\frac{dQ}{dT} \right)_X \quad (12)$$

ИЗОХОРАЛЫҚ ПРОЦЕСТЕГІ ЖЫЛУСЫЙЫМДЫЛЫҚ

$$C_V = \left(\frac{dQ}{dT} \right)_V \quad (13)$$

Термодинамиканың бірінші заңы тұрақты көлем кезіндегі процесс үшін

$$dQ = dU \quad (14)$$



Бұл процестің жұмысы

$$dA = p dV = 0 \quad (15)$$

Онда барлық газға берілген жылу мөлшері оның ішкі энергиясының өзгеруіне жұмсалады. Сондықтан, тұрақты көлем кезіндегі жылусыйымдылық мынаған тең болады:

$$C_V = \left(\frac{dU}{dT} \right)_V \quad (16)$$

Осыдан ішкі энергия былай анықталады:

$$dU = C_V dT \quad (17)$$

Осы (17)-ші формуланы ескеріп, термодинамиканың бірінші заңын мына түрде жазамыз:

$$dQ = C_V dT + p dV \quad (18)$$

ИЗОБАРЛЫҚ ПРОЦЕСТЕГІ ЖЫЛУСЫЙЫМДЫЛЫҚ

$$C_P = \left(\frac{dQ}{dT} \right)_P \quad (19)$$

Тұрақты қысым кезінде газға берілген жылу мөлшері, оның ішкі энергиясын өзгертуге және жұмыс істелуіне жұмсалады:

$$dQ = C_V dT + p dV$$

$$C_P = \left(\frac{C_V dT + p dV}{dT} \right)_P = C_V + p \left(\frac{dV}{dT} \right)_P \quad (20)$$

Бір моль идеал газдың күйінің теңдеуі

$$pV = RT$$

онда изобарлық процессте көлем және температура өзгереді,
демек

$$pdV = RdT$$

Себебі, $(Vdp = 0)$

$$p \left(\frac{dV}{dT} \right)_P = R \quad (21)$$

$$C_P = C_V + R$$

$$C_P - C_V = R \quad (22)$$

(17)-шы өрнекті ескеріп, (22)-ші формуланы былай жазамыз:

$$C_P = \frac{3}{2}R + R = \frac{5}{2}R$$

(23)

$$R = 8,314 \text{ Дж/моль}$$

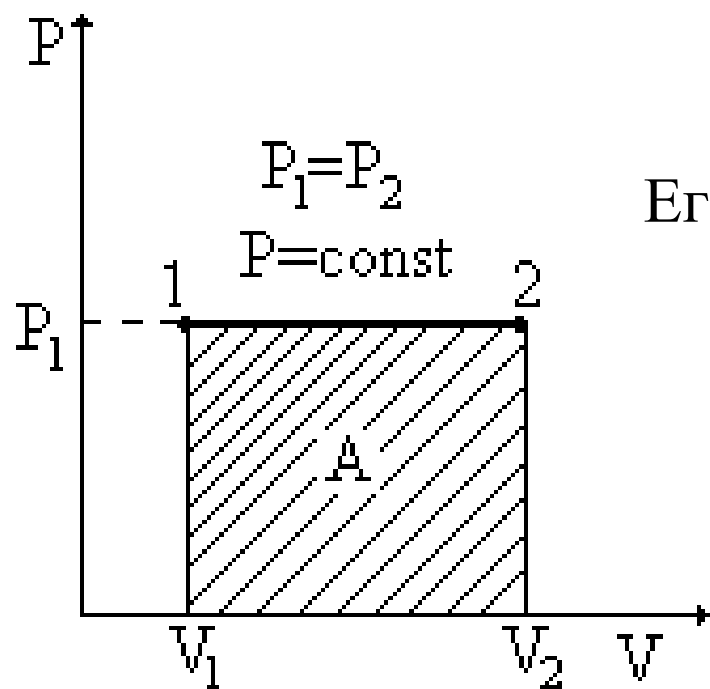
Біратомды идеал газ үшін

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V} = 1,66$$

(24)

Изобарлық процесте сыртқы күштердің әсерінен немесе газ тарапынан сыртқы денелерге әсер ететін күштердің жұмысы:

$$A = \int_1^2 p dV = p(V_2 - V_1) \quad (25)$$



$$V_2 > V_1 \longrightarrow A > 0$$

$$V_2 < V_1 \longrightarrow A < 0$$