

## Термодинамика. Жүйенің ішкі энергиясы.

$$E_{\text{тол.}} = E_{\text{кин.}}^{\text{мех.}} + E_{\text{пот.}}^{\text{сырт.}} + U$$

$E_{\text{кин.}}^{\text{мех.}}$  - механикалық қозғалыстың кинетикалық энергиясы;

$E_{\text{пот.}}^{\text{сырт}}$  - сыртқы өрістегі потенциалдық энергия;

$U$  - ішкі энергия (жүйенің күйіне байланысты).

Біз қарастыратын жүйелер:  $E_{\text{кин.}}^{\text{мех.}}, E_{\text{пот.}}^{\text{сырт}} = 0$

***Ішкі энергия мыналардан тұрады:***

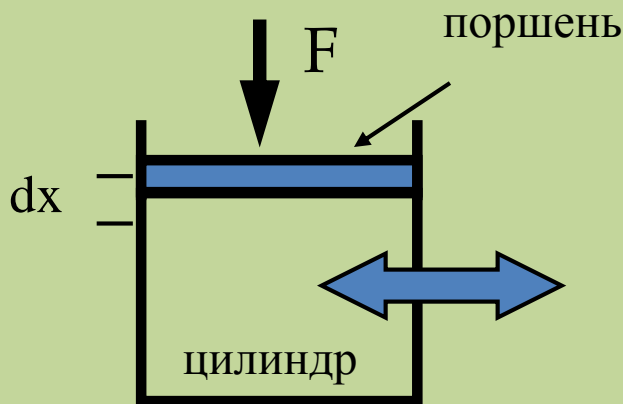
- Молекулалардың ретсіз қозғалысының кинетикалық энергиясы (ілгерілемелі, айналмалы, тербелмелі);
- Молекулааралық өзара әрекеттесудің потенциалдық энергиясы;
- Атомдар ішіндегі электрондардың энергиясы және т. б.

## Жұмыс және жылу

Термодинамикалық жүйелер арасындағы энергия алмасу не жұмыс жасау арқылы немесе жылу алмасу арқылы (конвекция, сәулелену және т.б.) жүруі мүмкін.

Термодинамикалық жүйеге күш, механикалық өзара әрекеттесу арқылы берілетін энергия сыртқы денелердің жүйеге жасаған **жұмысы** деп аталады.

Сыртқы денелер жүйеге жылу алмасу арқылы берілетін энергия жүйенің сыртқы ортадан алатын **жылуы** деп аталады.



$A = F \cdot dx$  - сыртқы күштердің газға жасаған жұмысы

$Q$  - жылу (газ сыртқы ортамен жылу алмасу арқылы салқындатылады).

$A$  және  $Q$  процестің түріне байланысты (олар жүйенің күйінің функциясы емес).

$U$  - жүйенің бастапқы және соңғы күйіне байланысты (бұл жүйенің күйі функциясы).

### Термодинамиканың бірінші заңы

Жүйеге берілетін жылу ішкі энергияны өзгертуге және жүйенің сыртқы күштерге қарсы жұмыс жасауына жұмсалады.

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

$\partial Q$  және  $\partial A$  - толық дифференциалдар емес, өйткені олар күй функциялары емес.

$$A_{1-2} = \int_1^2 \partial A = \int_1^2 F dx = \int_1^2 P S dx = \int_1^2 P dV \quad \partial A_{1-2} = P dV$$

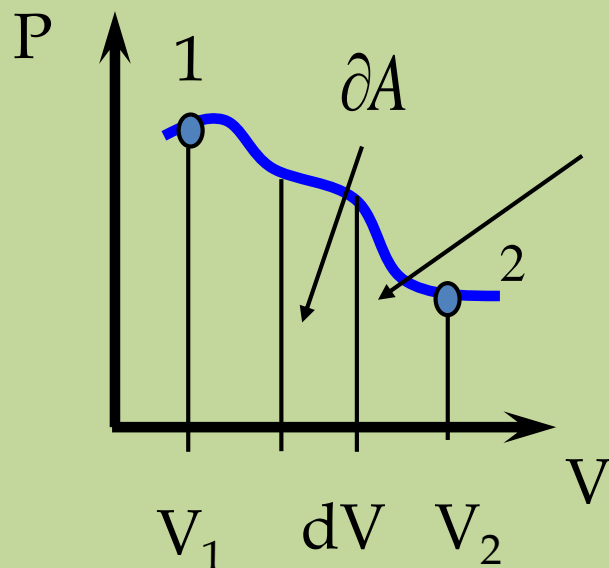
$dV > 0$  кезінде атқарған жұмыс оң болады (газдың ұлғаюы);

$dV < 0$  кезінде атқарған жұмыс теріс болады (газдың сығылуы).

Егер жүйе периодты түрде бастапқы күйіне оралса, онда ішкі энергияның өзгерісі нөлге тең болады.

$$\Delta U = 0 \Rightarrow A = Q$$

Осылайша, бірінші типтегі мәңгілік қозғалтқыш - оған сырттан берілген энергиядан (жылудан) гөрі көп жұмыс жасайтын периодты қозғалтқыш-мүмкін емес!



Жұмыстың графикалық мәні:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} P dV$$

- PV координатасындағы қисық астындағы ауданға тең

## Заттың жылу сыйымдылығы

Заттың жылу сыйымдылығы - бұл денеге берілетін жылудың дене температурасының өзгерісіне қатынасы.

$$C = \frac{\partial Q}{dT}$$

$C$  - заттың түріне, массасына, оның күйіне,  $Q$  жылу беру процесіне байланысты.

$$C = c \cdot m \quad c = \frac{1}{m} \frac{\partial Q}{dT} \quad - \text{меншікті жылу сыйымдылығы.} \quad \partial Q = c \cdot m \cdot dT$$

$$C_{\mu} = c \cdot \mu = \frac{\mu}{m} \frac{\partial Q}{dT} \quad - \text{молярлық жылу сыйымдылығы}$$

$$\partial Q = \frac{m}{\mu} C_{\mu} \cdot dT \quad \text{Содан кейін термодинамиканың бірінші заңын қайта жазсақ.}$$

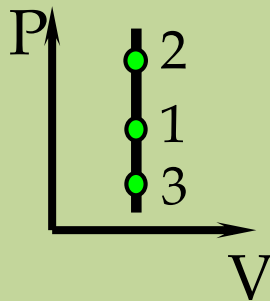
$$(+)$$

$$\frac{m}{\mu} C_{\mu} \cdot dT = dU + PdV$$

- термодинамиканың бірінші заңының жалпы теңдеуі

Изопроцестерді қарастырсақ:

1) **изохоралық процесс  $V = \text{const.}$**



1-2-қыздыру  
1-3-салқындату

$$\partial A = PdV = 0$$

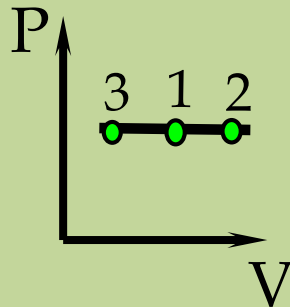
(газ жұмыс атқармайды)

Изохоралық процестегі барлық жылу ішкі энергияның өзгеруісіне кетеді  $dU = \partial Q$

$$dU = \frac{m}{\mu} C_V \cdot dT$$

мұндағы  $C_V$  - изохоралық процестегі мольдік жылусыйымдылық.

## 2) Изобаралық процесс $P=\text{const}$



1-2 - қыздыру

1-3 - салқындату

$$\partial Q = \frac{m}{\mu} C_P \cdot dT$$

мұндағы  $C_P$  - изобар процесінде мольдік жылу сыйымдылығы.

$$\partial A = PdV = \frac{m}{\nu} RdT \quad - \text{Клапейрон-Менделеев теңдеуінен}$$

Термодинамиканың бірінші заңының теңдеуіне  $\partial Q$  және  $\partial A$  қоямыз:

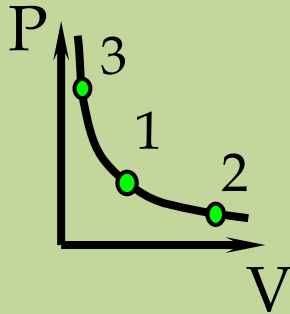
$$\left\{ \star \right\} \frac{m}{\mu} C_P dT = \frac{m}{\mu} C_V dT + \frac{m}{\mu} RdT \quad \text{қысқартсақ:}$$

$$C_P = C_V + R \quad - \text{Майер теңдеуі}$$

немесе меншікті жылу сыйымдылығы үшін:

$$C_P - C_V = \frac{R}{\mu}$$

### 3) Изотермиялық процесс $T=\text{const}$ , $PV=\text{const}$



$$dU = \frac{m}{\mu} C_V \cdot dT = 0 \quad \text{себебі, } dT=0$$

$$Q_{1-2} = A_{1-2} = \int_{V_1}^{V_2} P dV = \frac{m}{\mu} RT \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} =$$

$$Q_{1-2} = A_{1-2} = \frac{m}{\mu} RT \cdot \ln \left( \frac{V_2}{V_1} \right)$$

Жылу изотермиялық процесте атқарған жұмысқа тең.

Егер газ изотермиялық түрде кеңейсе ( $V_2 > V_1$ ), онда оған  $Q_{1-2} > 0$  жылу беріледі, ал газ  $A_{1-2} > 0$  оң жұмыс жасайды.