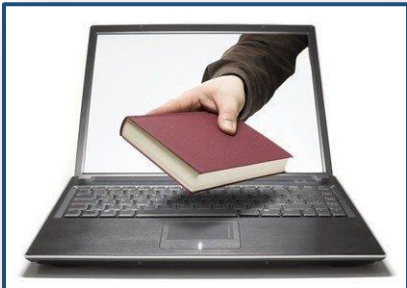




FIZIKA KAFEDRASI



Fizika I

2018

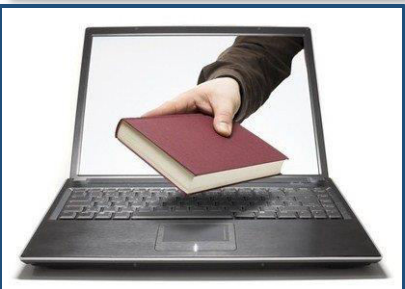
MOLEKULAR FIZIKA VA TERMODINAMIKA

8 – ma'ruza

K.P.Abduraxmanov, V.S.Xamidov



**TÁBIYIY HÁM
GUMANITAR
PÁNLER
KAFEDRASÍ**



Fizika I

2020

MOLEKULAR FIZIKA HÁM TERMODINAMIKA

8 – lekciya

**Qaraqalpaq tiline awdarmalağan
S.G. Kaypnazarov**



Lekciya rejesi

- Termodinamikanın birinshi nızamı.
- Ishki energiya.
- Gazdın atqargan jumısı.
- Jıllılıq sıyımlılıǵı hám onıń izoproceslerge qollanılıwı.
- Qaytımlı hám qaytımsız procesler.
- Cikllar.
- Entropiya.
- Termodinamikanın ekinshi nızamı.

Termodinamikanıń birinshi nızamı – bul termodinamikalıq proceslerde energıyanıń bir túrden ekinshi túrge ótiwi hám energıyanıń saqlanıw nızamı esaplanadı.

Sistemaǵa berilgen jıllılıq
sistemanıń ishki energıyasınıń
ózgeriwine hám sırtqı kúshlerge
qarsı atqarılǵan jumısqa sarplanadı.


$$Q = \Delta U + A$$

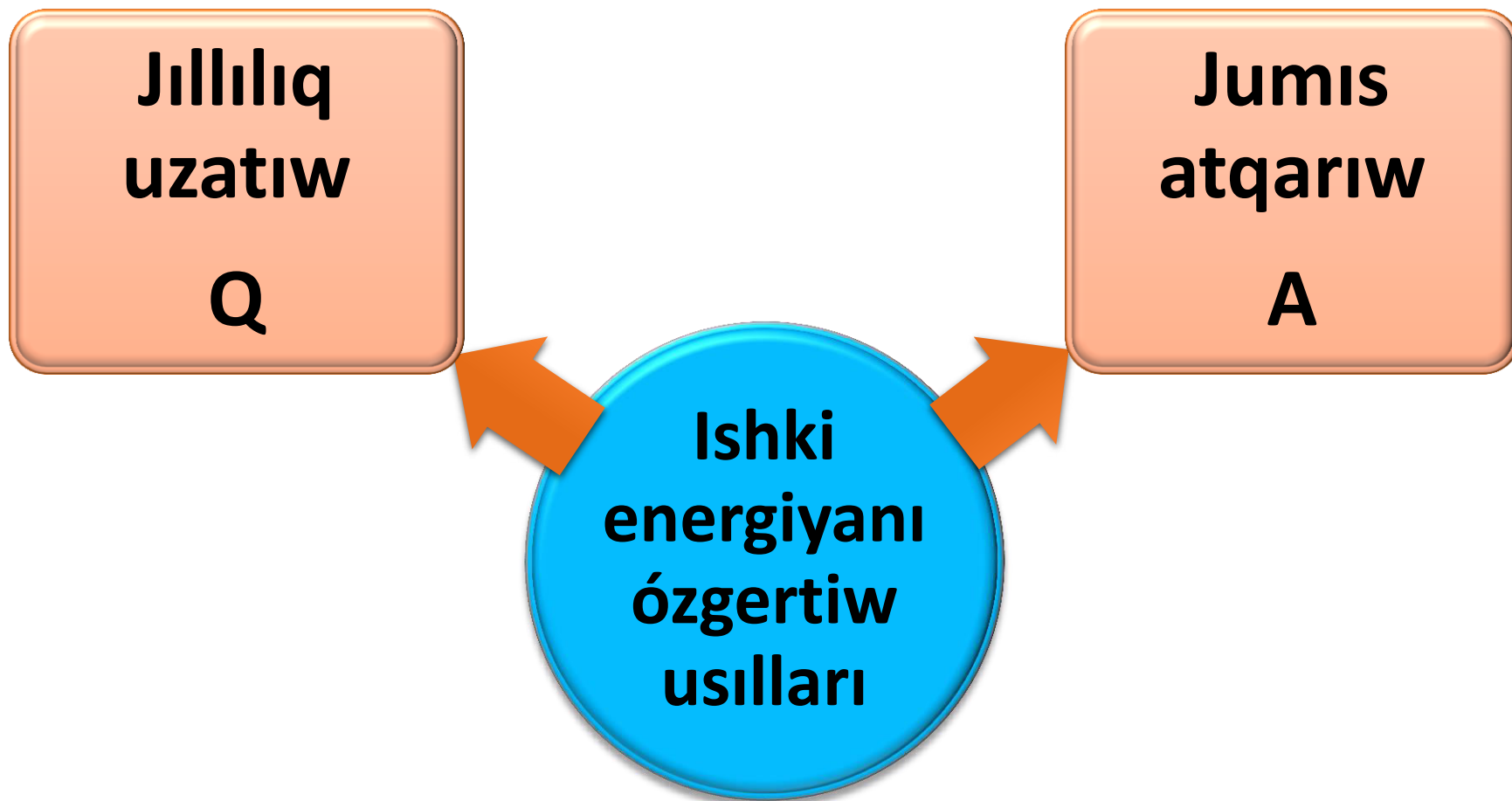
$$\delta Q = dU + \delta A$$

dU (tolıq differencial) – sistema ishki energıyasınıń sheksiz kishi ózgeriwi

δA – elementar atqarılǵan jumıs

δQ – sheksiz kishi jıllılıq muǵdarı

Sistemanıń ishki energiyasın ózgertiw usılları



Sistemağa berilip
atırğan jıllılıq

$$\delta Q > 0$$

SISTEMA
GAZ

Sistemadan alınıp
atırğan jıllılıq

$$\delta Q < 0$$

Sistema üstinen
sırtqı kúshler
atqarğan jumıs

$$\delta A < 0$$

SISTEMA
GAZ


Sırtqı deneler
üstinen sistemaniń
atqarğan jumısı

$$\delta A > 0$$


Ishki energiya

Ishki energiya – bul sistema bóleksheleri (molekulalar, atomlar hám ionlar)niń tártipsiz háreketi energiyası hám bólekshelerdiń ózara tásir energiyası esaplanadı.

Bir mol ideal gazdń ishki energiyası


$$U_{\mu} = \langle E \rangle N_A = \frac{i}{2} k T N_A = \frac{i}{2} R T$$
$$dU_{\mu} = \frac{i}{2} R dT$$

Qálegen massalı gazdń ishki energiyası


$$U = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} k T N_A = \nu \frac{i}{2} R T$$
$$dU = \nu \frac{i}{2} R dT$$

Gazdın atqargan jumısı

Gazdın atqargan jumısı

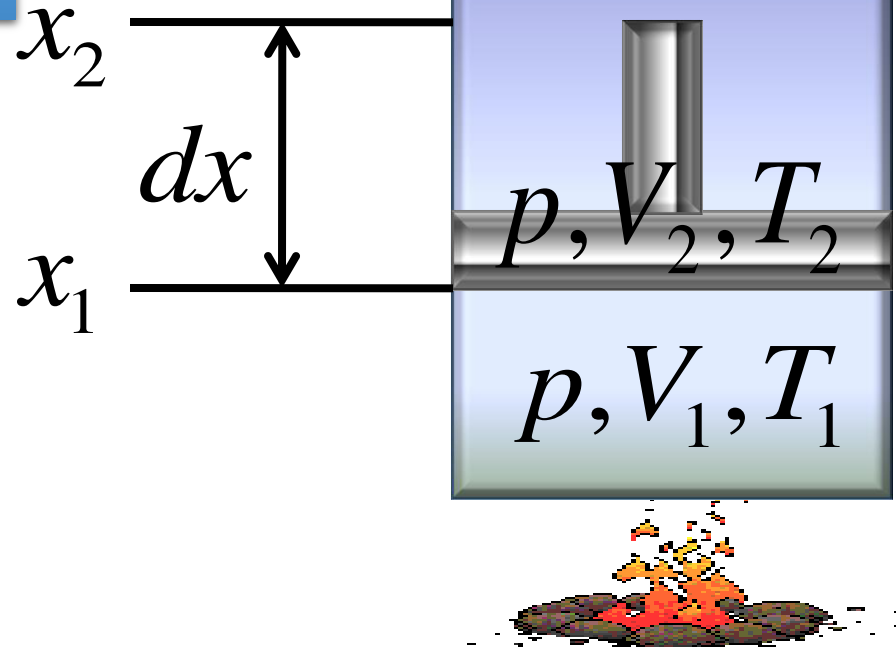


$$\delta A = F dx = p S dx = p dV$$

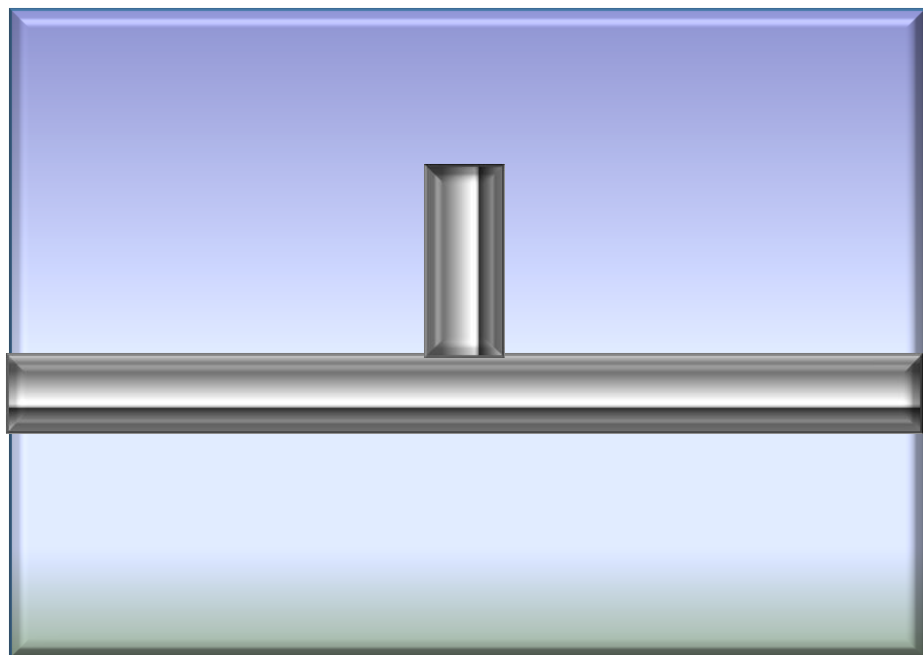
Gaz kólemin V_1 den V_2 ge shekem ózgeriwinde gazdın atqargan tolıq jumısı



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



p – gaz basımı,
 S – porshen maydanı,
 dx – orın awıstırıw,
 ΔV – kólem ózgeriwi,
 A – gazdın atqargan jumısı,
 A' – gaz ústinen atqarılğan jumıs.

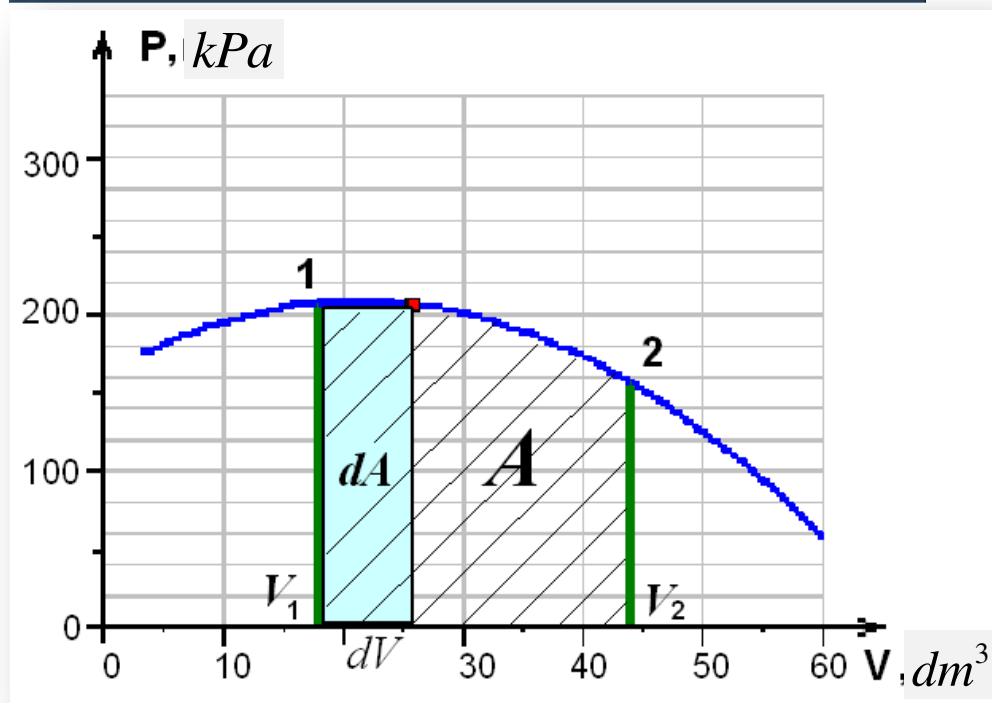


Sırtqı kúshlerdiń gaz ústinen
atqarǵan jumısı *oń*

Gazdıń atqarǵan jumısı *teris*

Sırtqı kúshlerdiń gaz ústinen
atqarǵan jumısı *teris*

Gazdıń atqarǵan jumısı *oń*



Keńeytiw

Qısıw

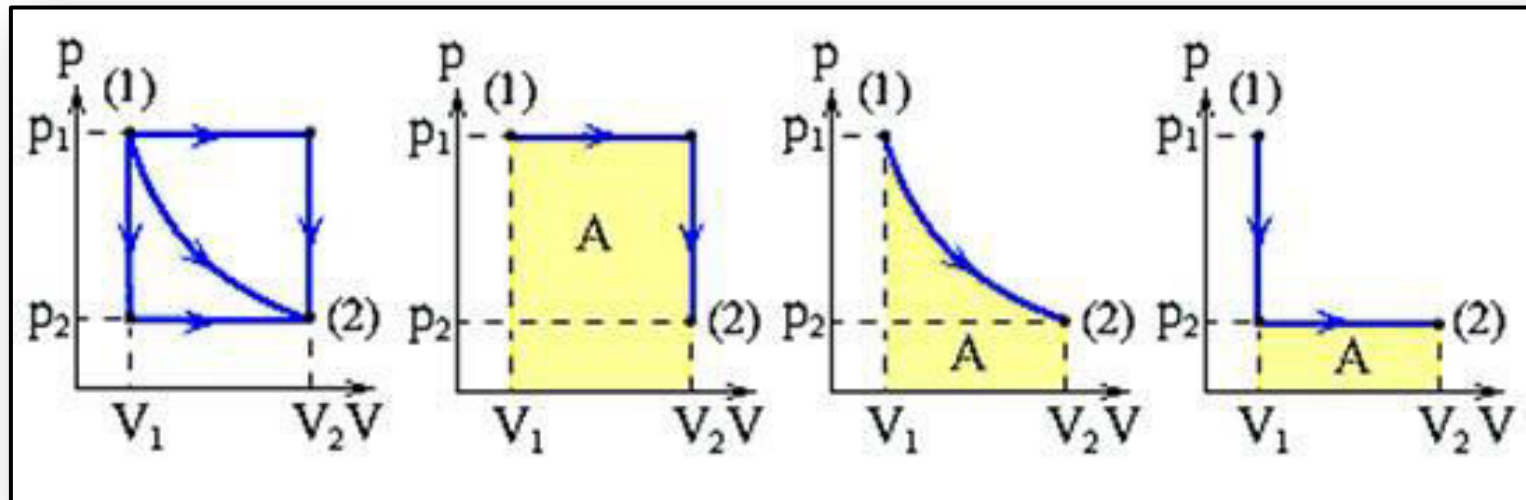
$$A > 0 \quad A' < 0 \quad A < 0 \quad A' > 0$$

$$A' = -A$$

$$A = -A'$$

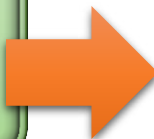
Diagrammada keltirilgen (p, V)
proces grafigi astındaǵı maydan
atqarılǵan jumısqa san jaǵınan teń
boladı.

Súwrette gazdı (1-) halattan (2-) halatqa ótkiziwshi úsh hár qıylı proces súwretlengen. Barlıq proceslerde gaz hár qıylı jumıs atqaradı.



***R* universal gaz turaqlısınıń fizikalıq mánisi**

$$A = P\Delta V = \nu R\Delta T$$



$$R = \frac{A}{\nu\Delta T} = 8,31 \frac{J}{K \cdot mol}$$

Molyar gaz turaqlısı, bir mol ideal gazdı 1K ge izobaralıq ısıtılǵanda gazdıń atqarǵan jumısına san jaǵınan teń.

Jillılıq sıyımlılığı

Zattın salıstırmalı jillılıq sıyımlılığı 1 kg zattı 1° qa ısıtıwğa sarp bolğan jillılıq muğdarına teń fizikalıq shamağa ayıladı.

Molyar jillılıq sıyımlılığı 1 mol zattı 1° qa ısıtıwğa sarp bolğan jillılıq muğdarına teń bolğan shamağa ayıladı.

$$c = \frac{\delta Q}{mdT}$$

$$[c] = \left[\frac{J}{kg \cdot K} \right]$$

$$C_{\mu} = \mu c$$

$$C_{\mu} = \frac{\delta Q}{\nu dT}$$

$$[C_{\mu}] = \left[\frac{J}{mol \cdot K} \right]$$

Turaqlı kólemdegi gazdıń molyar jıllılıq sıyımlılıǵı

Termodinamikanıń birinshi nızamınan $\delta Q = dU + \delta A$
 $\delta A = p dV$ hám $C_{\mu} = \frac{\delta Q}{\nu dT}$ esapqa alsaq

1 mol gaz ushın $C_{\mu} dT = dU_{\mu} + p dV$ iye bolamız.

$V = \text{const}$ kólem turaqlı bolǵanda, sırtqı kúshler atqargan jumıs nolge teń boladı $\delta A = 0$

Sırttan gazge berilgen jıllılıq tek onıń ishki energiyasınıń artıwına sarp boladı.

$$C_{\mu} dT = dU_{\mu} \Rightarrow C_{\mu} = \frac{dU_{\mu}}{dT} \text{ bolǵanı ushın } dU_{\mu} = \frac{i}{2} R dT$$

$$C_{\mu} = \frac{i}{2} R$$

Basım turaqlı bolǵandaǵı gazdıń molyar jıllılıq sıyımlılıǵı

$P = \text{const}$ basım turaqlı bolǵanda gazdı ısıtamız

$$C_p = \frac{\delta Q}{\nu dT} = \frac{dU + pdV}{\nu dT} = \frac{dU_\mu}{dT} + \frac{pdV_\mu}{dT}$$

Mendeleev – Klayperon teńlemesin differenciallasaǵ tómendegige iye bolamız

$$pV_\mu = RT \Rightarrow pdV_\mu = RdT \Rightarrow \frac{pdV_\mu}{dT} = R$$

$C_p = C_V + R$ - Mayer teńlemesi dep ataladı.

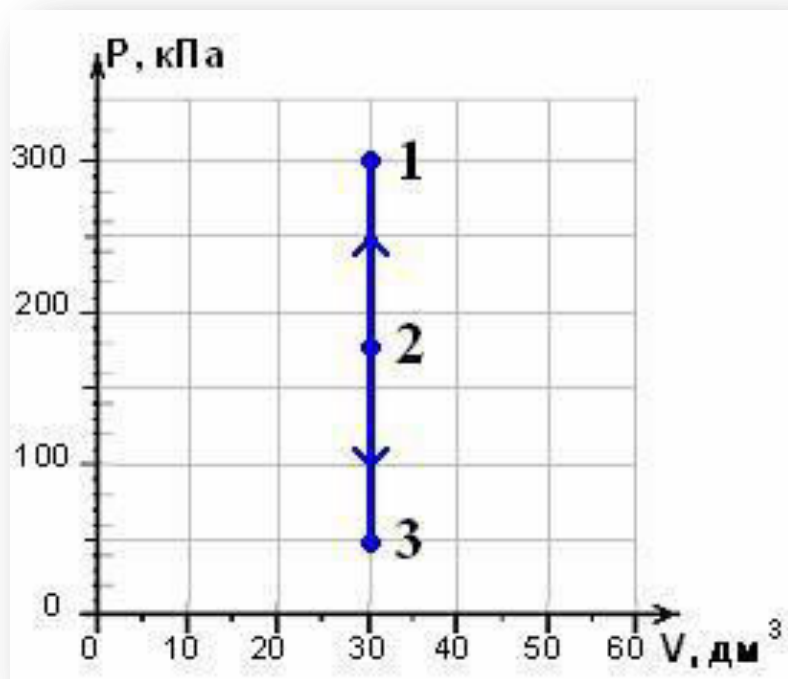
$$C_p = \frac{i}{2} R + R = \frac{i+2}{2} R$$

Termodinamikalıq proceslerdi úyreniwde tómendegı shama júda áhmiyetke iye boladı

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

hám ol Puasson koefficienti dep ataladı.

Izoxoralıq proces. $V = \text{const}$



Izoxoralıq proceste gaz sırtqı deneler
ústinen jumıs atqarmaydı

$$A = p dV = 0$$

hám gazge berilgen jıllılıq muǵdarı
ishki energiyanıń artıwına sarp boladı.

$$\delta Q = dU$$

sol sebepli,

$$dU_{\mu} = C_V dT$$

qálegen gaz massası ushın

$$\delta Q = \frac{m}{\mu} C_V dT$$

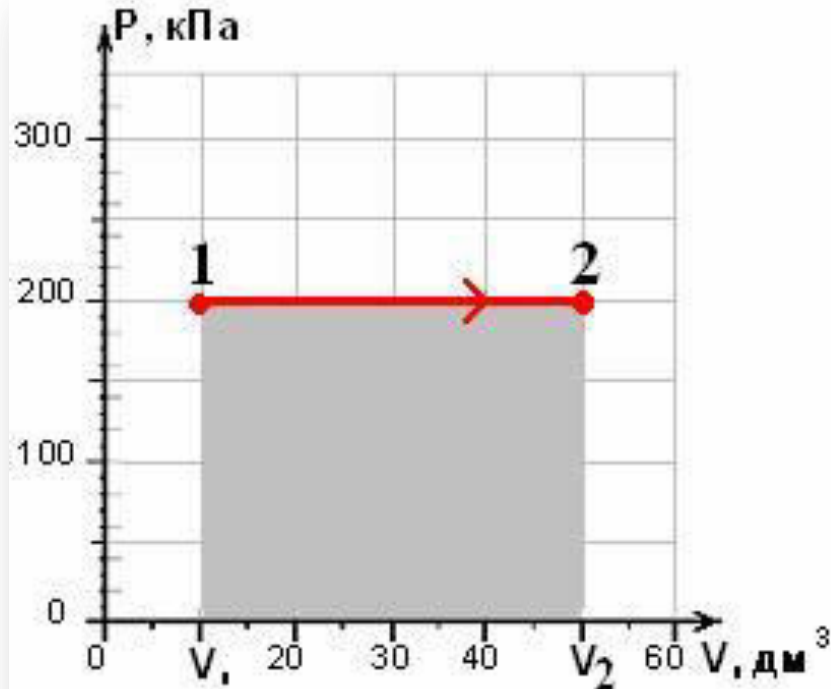
Izoxoralıq ısıtıwda gaz jıllılıqtı jutadı ($Q > 0$)

hám onıń ishki energiyası asadı.

Gazdı suwıtıwda jıllılıq sırtqı denelerge uzatıladı ($Q < 0$);

Gazdıń ishki energiyası kemeyedi.

Izobaralıq proces. $P = \text{const}$



Izobaralıq keñeyiwde $Q > 0$ – gaz jıllılıqtı jutadı hám oń jumıs atqaradı.

Izobaralıq qısıwda $Q < 0$ – jıllılıq sırtqı denelerge uzatıladı. Bul halda $A < 0$.

Izobaralıq proceste, kólem ózgergende gazdıń atqarǵan jumısı tómendegige teń boladı.

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV = p(V_2 - V_1)$$

Atqarılǵan jumıs shtrixlangan tórtmúyeshlik maydanı menen anıqlanadı. Mendeleev – Klayperon teńlemesinen paydalanıp

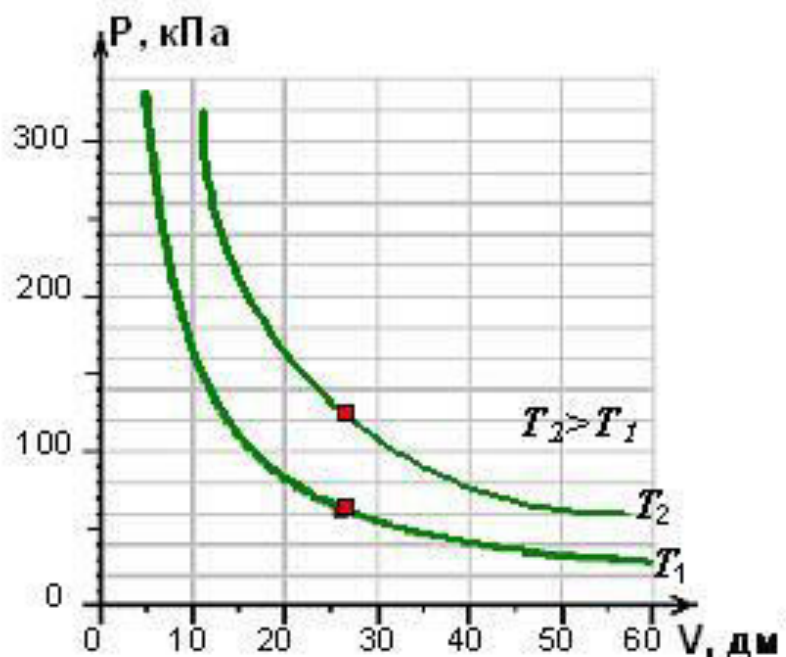
$$pV = \frac{m}{\mu} RT$$

tómendegige iye bolamız

bul jerden
$$p(V_2 - V_1) = \frac{m}{\mu} R(T_2 - T_1)$$

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

Izotermalıq proces. $T = \text{const}$



Izotermalıq keńeyiwde atqarılǵan jumıs tómendegige teń

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{m}{\mu} RT \frac{dV}{V} =$$

$$\frac{m}{\mu} RT \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{P_1}{P_2}$$

Temperatura turaqlı bolǵanda ideal gazdıń ishki energiyası turaqlı qaladı, ol halda termodinamikanıń birinshi nızamına tiykarlanıp

$$\delta Q = \delta A ,$$

yaǵnıy, gazge berilgen barlıq jıllılıq muǵdarı sırtqı kúshlerge qarsı atqarılǵan jumısqa sarp boladı.

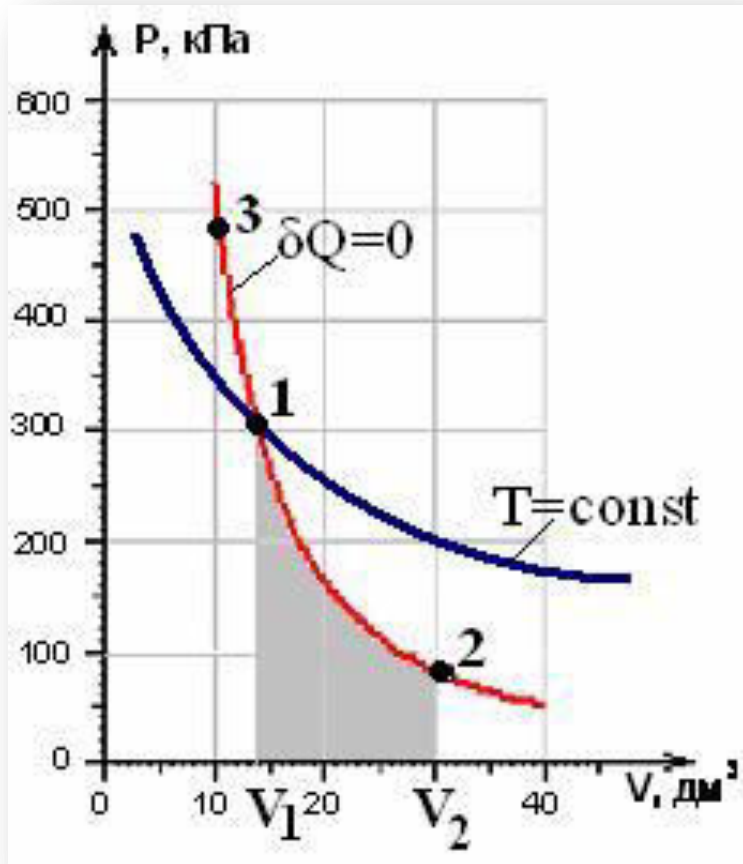
Adiabatalıq proces. $\delta Q = 0$

Sistemanıń átirap ortalıq penen jıllılıq almasıwı júz bermeytuǵın proces $\delta Q = 0$ *adiabatalıq proces* dep ataladı.

Jıllılıqtan izolyaciyalanǵan sistemalarda adiabatalıq proces júz beretuǵın yaki proces tez ótkende jıllılıq almasıwı derlik júz bermeydi.

Tez kóshetuǵın procesler: ishki janıw dvigateller hám suwıtıw qurılmalarındaǵı qısılıw hám keńeyiw ciklları *adiabatalıq procesler* dep esaplanadı.

$$\delta Q = 0$$



$\delta A = pdV$ hám $dU = \nu C_V dT$
paydalanıp tómendegige iye bolamız

$$pdV = -\frac{m}{\mu} C_V dT \quad pdV + VdP = \frac{m}{\mu} R dT$$

bóliw ámelin orınlasaқ

$$\frac{pdV + VdP}{pdV} = -\frac{R}{C_V} = -\frac{C_p - C_V}{C_V}$$

$$\frac{dP}{p} = -\gamma \frac{dV}{V}$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_V} = \frac{i+2}{i} - \text{Puasson koefficienti.}$$

$$\frac{dP}{p} = -\gamma \frac{dV}{V} \quad \text{teńlemenini integrallasaq}$$

$$\ln V^\gamma + \ln p = \ln \text{const}$$

bul jerden adiabatlıq proces ushın Puasson teńlemesin keltirip shıǵaramız

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

Mendeleev – Klayperon teńlemesinen paydalansaq tómendegige iye bolamız

$$pV = \frac{m}{\mu} R dT$$

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

$$T^\gamma V^{1-\gamma} = \text{const}$$

Adiabata izotermaga salıstırǵanda tez ózgeredi.

Adiabatalıq proceste atqarılğan jumıs.

$$\delta Q = -dU$$

sol sebepli,

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

adiabatalıq keńeyiwde temperatura páseyedi hám gazdın atqarğan jumısı tómendegige teń boladı.

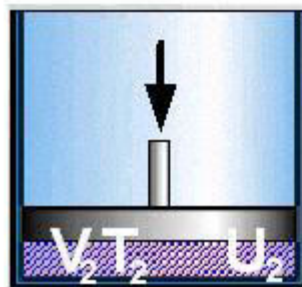
$$A = -\frac{m}{\mu} C_V \int_{T_1}^{T_2} dT = -\frac{m}{\mu} C_V (T_2 - T_1) = \frac{m}{\mu} C_V (T_1 - T_2)$$

Mendeleev – Klayperon teńlemesinen paydalansaq

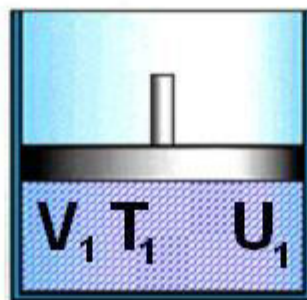
$$A = \frac{p_1 V_1}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1} \right] = \frac{RT_1}{\gamma - 1} \frac{m}{\mu} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1} \right]$$

Adiabatalıq proceste atqarılğan jumıs izotermalıq procestegiden kishi boladı. Bunıń sebebi, adiabatalıq keńeyiwde gaz suwıydı, izotermalıq keńeyiwde, sırttan jıllılıq muǵdarı kelip turǵanı ushın, temperatura turaqlı qaladı.

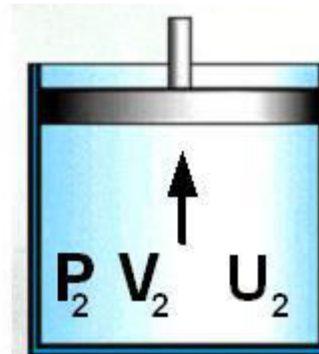
Adiabatalıq qısıw



Baslangısh halat



Adiabatalıq keńeyiw



**Sırtqı kúshler tásirinde
atqarılğan jumıs oń $A > 0$**

$$\Delta U = U_2 - U_1 > 0.$$

ishki energiya artadı

temperatura kóteriledi

$$\Delta T = T_2 - T_1 > 0.$$

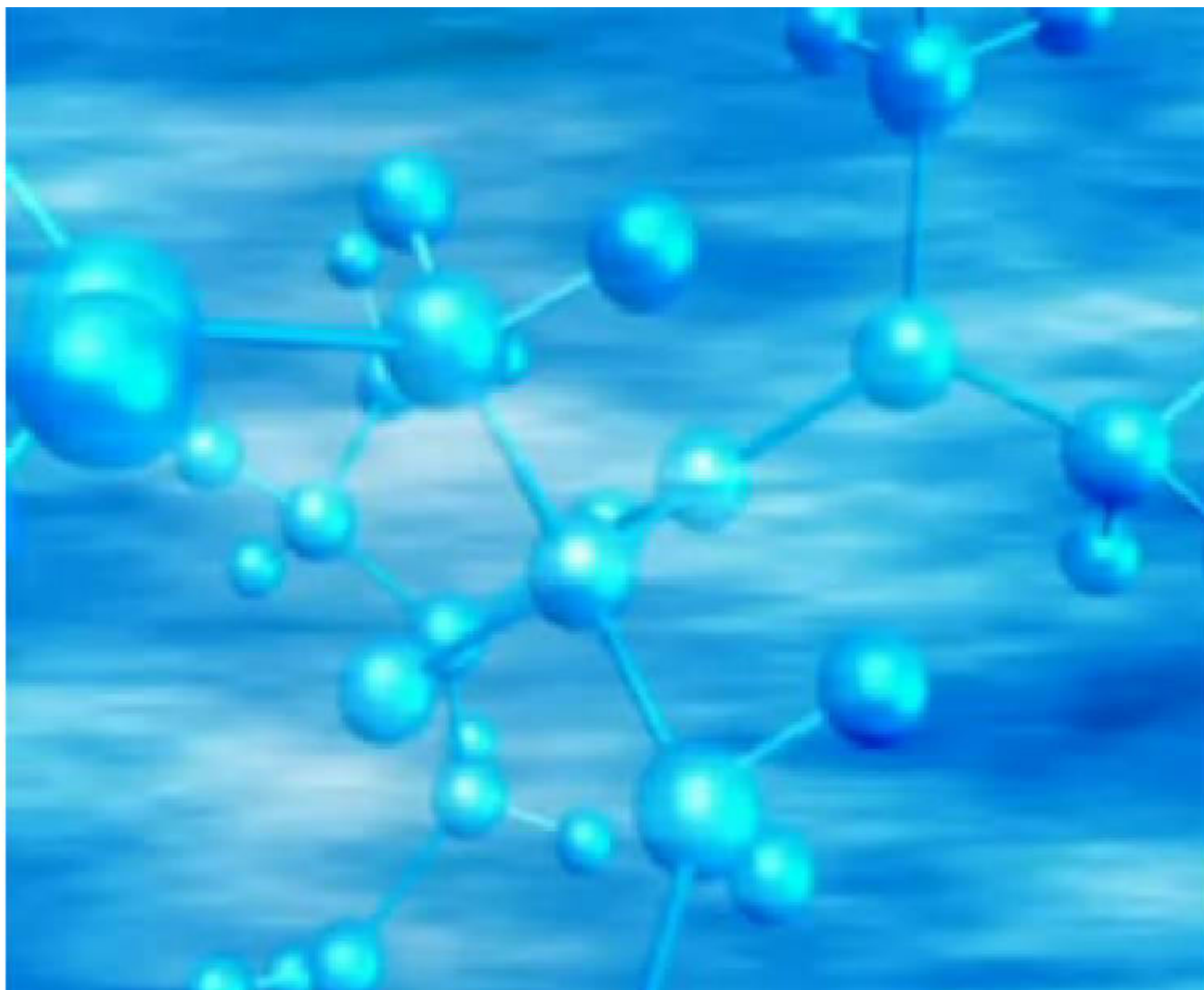
**Sırtqı kúshler tásirinde
atqarılğan jumıs teris $A < 0$**

ishki energiya kemeyedi

$$\Delta U = U_2 - U_1 < 0.$$

temperatura páseyedi

$$\Delta T = T_2 - T_1 < 0.$$



Politropik proces. $C=const$

Jıllılıq sıyımlılıǵı turaqlı qalatuǵın proces *politropik proces* dep ataladı.

Joqarıda keltirilgen *izoxoralıq, izobaralıq, izotermalıq* hám *adiabatalıq* procesler *politropik procestiń* jeke halları esaplanadı.

Politropik teńleme

$$pV^n = const$$

politropik proces kórsetkishi

$$n = \frac{C - C_p}{C - C_v}$$

Hár qıylı procesler ushın jıllılıq sıyımlılıǵı mánisleri hám kórsetkishleri

Proces	C	n
Adiabatalıq	$C = 0$	$n = \gamma$
Izotermalıq	$C = \infty$	$n = 1$
Izobaralıq	$C = C_p$	$n = 0$
Izoxoralıq	$C = C_v$	$n = \pm \infty$

$$pV^n = const$$

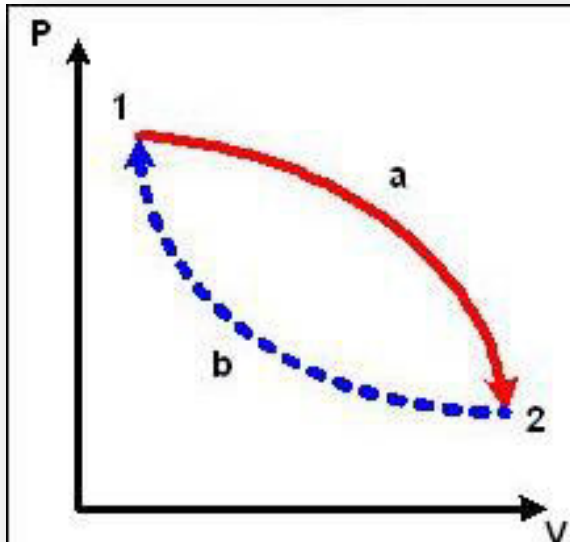
$$n = \frac{C - C_p}{C - C_v}$$

Sistema bir qatar termodinamikaliq halatlardan ótip, óziniń baslanǵısh halatına qaytatuǵın proces *aylanbalı proces* dep ataladı.

Termodinamikaliq proces egerde, áwel tuwrı ciklda hám keyin keri ciklda júz berse, ol óz halatına *qaytıwshı proces* dep esaplanadı. Sebebi bul halda átirap-ortalıq hám qaralıp atırǵan sistemada artıqsha ózgeriwler júz bermeydi.

Sol shárayatqa iye bolmaǵan barlıq procesler *qaytımsız procesler* dep esaplanadı.

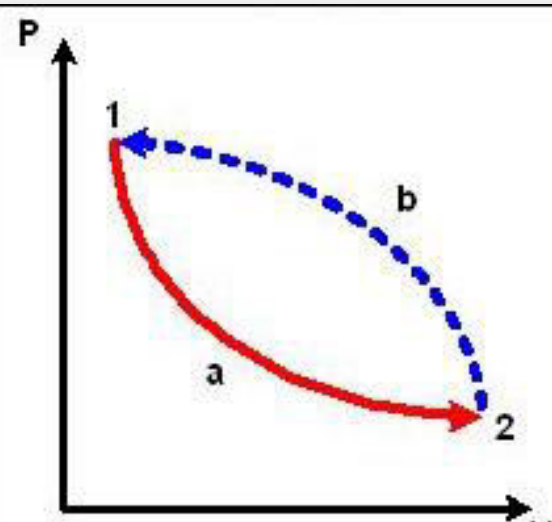
Tuwrı ciklda gazdıń qısılıwına qaraǵanda keńeyiwi joqarı temperaturada ótedi.



Issılıq dvigateli saat strelkası boyınsha, tuwrı ciklda oń jumıs atqaradı

$$A = \oint p dV > 0$$

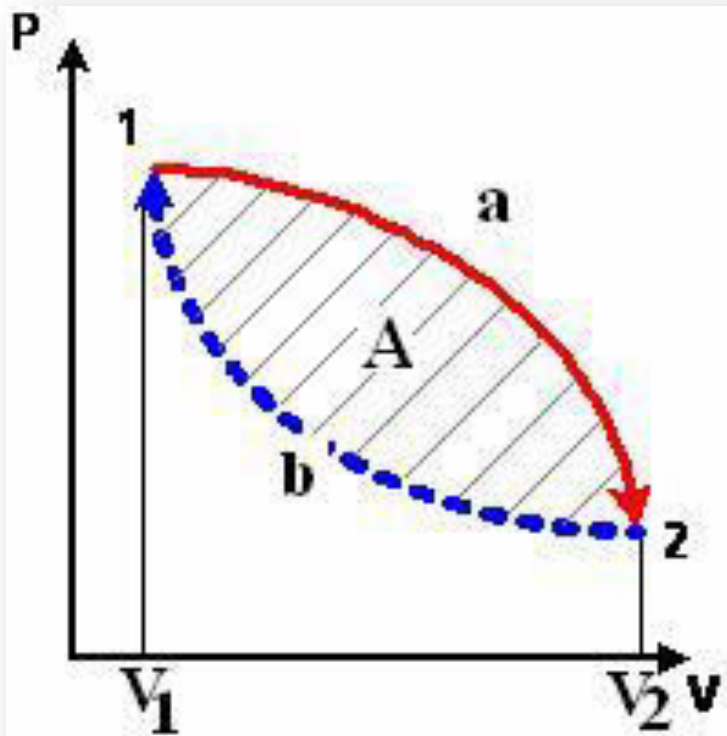
Keri ciklda gazdıń keńeyiwine qaraǵanda qısılıwı joqarı temperaturada ótedi.



Saat strelkasına keri ciklda gaz teris jumıs atqaradı

$$A = \oint p dV < 0$$

Sistema aylanbalı proces nátiyjesinde óziniń baslanǵısh halatına qaytqanda onıń ishki energiyası ózgermeydi:
 $\Delta U = 0$.



A_1 keńeyiwde atqarılǵan jumıs oń hám $1a2V_2 V_11$ maydan menen belgilenedi.

A_2 qısıw procesinde atqarılǵan jumıs teris hám $2b1 V_1 V_2 2$ maydan menen belgilenedi.

A ciklda atqarılǵan tolıq jumıs

$A = A_1 + A_2$ tuyıq iymek sızıq penen oralǵan maydan menen belgilenedi.

Solay etip, *atqarılǵan jumıs termodinamikalıq sistemaniń halatınan tısqarı júz berip atırǵan halatlardıń túrine de baylanıslı.*

Aylanbalı cikldıń paydalı jumıs koefficienti

Aylanbalı procestiń paydalı jumıs koefficienti (PJK) ciklda atqarılǵan jumıstı sol ciklda jumсалǵan jıllılıq muǵdarına qatnasına teń:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

PJK, jıllılıq mashinası alǵan jıllılıq muǵdarınıń atqarılǵan jumısqa qanshelli tolıq sarp etiliwin kórsetedi.

Issılıq mashinaları.

Tuwrı cikl dáwirli isleytuǵın mashinalarda – *ıssılıq dvigatellerinde* qollanıladı.

Bul mashinalar sırttan berilgen jıllılıq muǵdarı esabına jumıs atqaradı.

***Termostat* – derlik óz temperaturasın ózgertpesten, átiraptaǵı deneler menen jıllılıq almaspaytuǵın termodinamikalıq sistemaǵa aytıladı.**

***Jumısshı dene* – basqa deneler menen energiya almasatuǵın hám aylanbalı procesti ámelge asıratuǵın dene yaki zat esaplanadı.**

Issılıq dvigatelinin islew principi.

Isıtqış (T_1)

Q_1

Jumışşı
dene
GAZ

Q_2

Suwıtqış (T_2)

Atqarılğan
jumıs
 $A = Q_1 - Q_2$

Temperaturası joqarı bolğan «Isıtqış» dep atalıwshı termostattan (T_1) cıkl dawamında jıllılıq mashinası Q_1 jıllılıq muğdarın aladı hám temperaturası tómén bolğan termostatqa (T_2) Q_2 jıllılıq muğdarın uzatadı. Cıkl dawamında atqarılğan jumıs

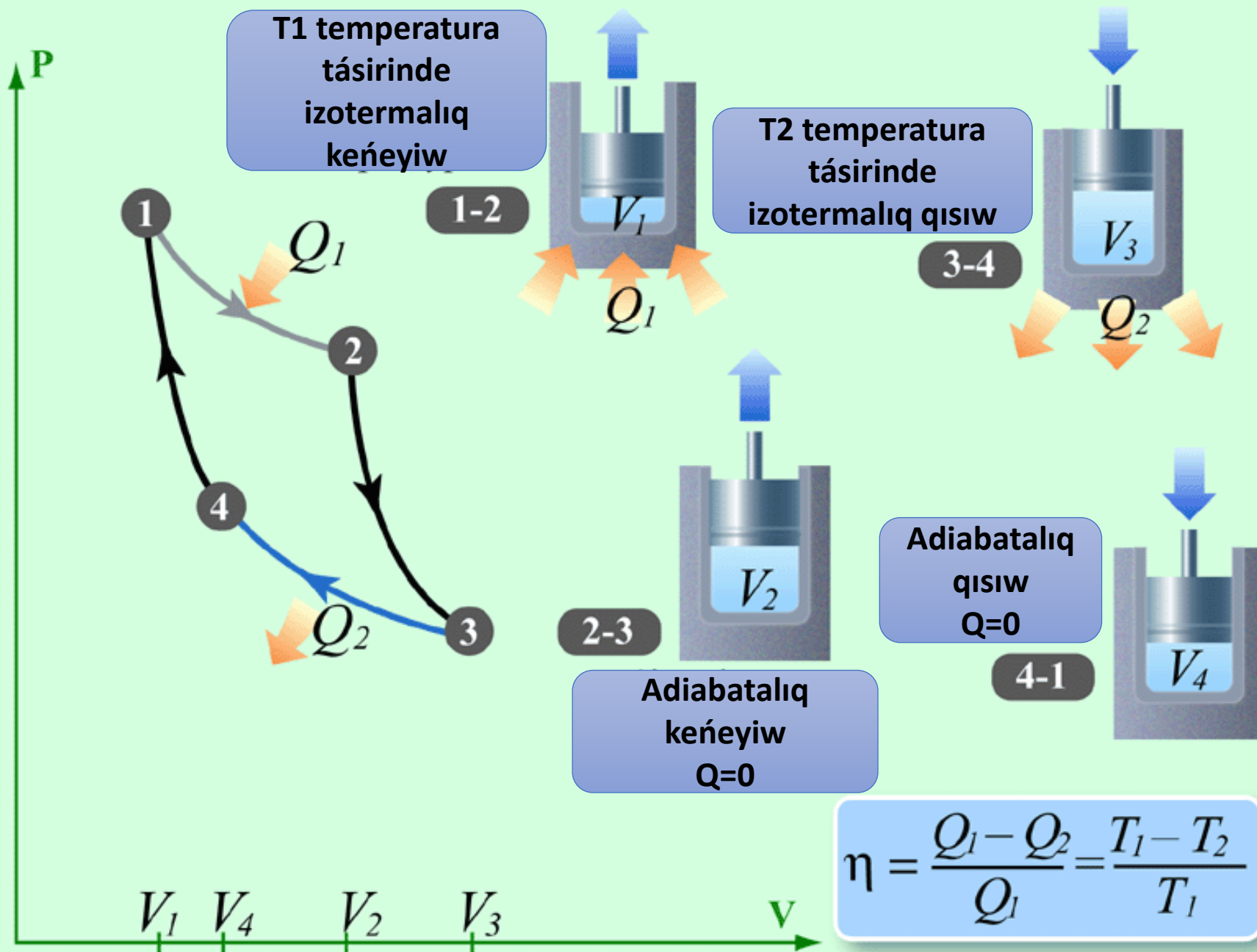
$$A = Q_1 - Q_2$$

Karno ciklı

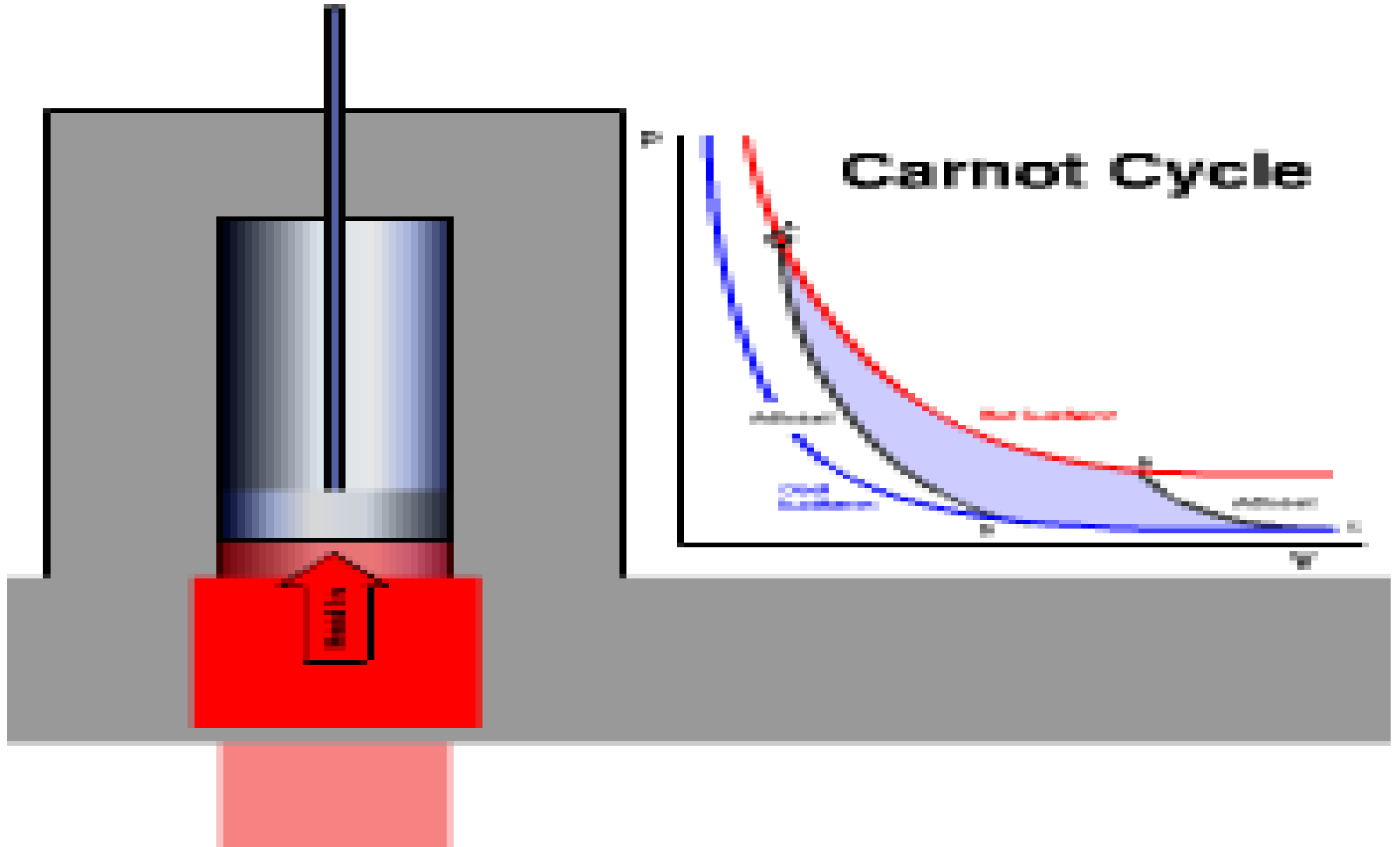
Karno ciklı, bir-birine baylanıslı, náwbetpe-náwbet júz beretuǵın eki izotermalıq hám eki adiabatalıq proceslerden ibarat esaplanadı. Karno ciklında paydalı jumıs koefficienti tómendegige teń boladı:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Karno ciklı ushın paydalı jumıs koefficienti ısıtqısh hám suwıtqıshlar temperaturalarına baylanıslı. Paydalı jumıs koefficientin asırıw ushın temperaturalar parqın asırıw zárúr.



Karno ciklı



Ishki janiw dvigatelinin' islew principi



Entropiya

S entropiya – sistemanın basımı, kólemi hám temperaturası qusağan parametrleri qatarında onıń halatın xarakterlewshi makroparametr esaplanadı.

Entropiya – bul sonday termodinamikalıq parametr onıń ósiwi sistemaǵa keliwshi jıllılıq muǵdarı menen baylanıslı.

$$dS = \frac{\delta Q}{T}$$

Termodinamikanıń birinshi nızamınan

$$\delta Q = dU + \delta A$$

Ideal gazdıń entropiyası

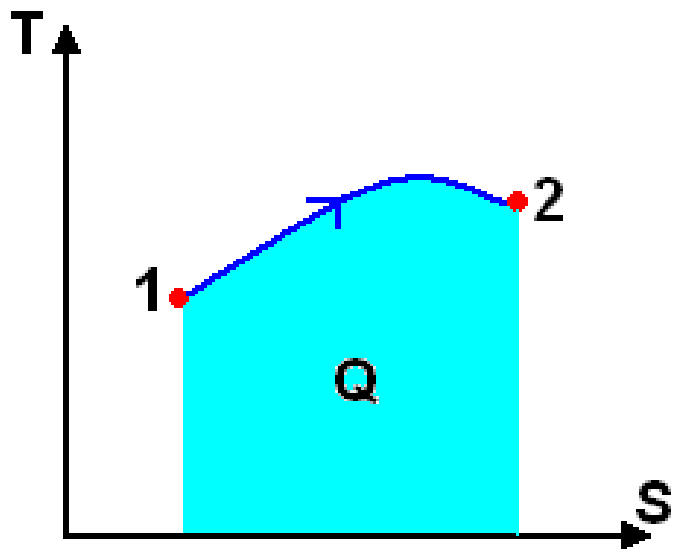
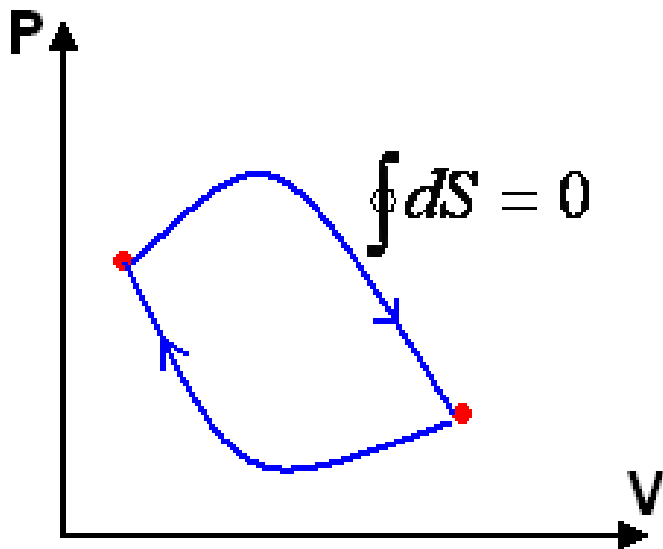
$$\frac{\delta Q}{T} = \frac{dU}{T} + \frac{\delta A}{T} = \frac{m}{\mu} C_V \frac{dT}{T} + p \frac{dV}{T} =$$

$$\frac{m}{\mu} \left(C_V \frac{dT}{T} + R \frac{dV}{V} \right) = \frac{m}{\mu} [C_V d(\ln T) + R d(\ln V)]$$

Demek, ideal gaz entropiyasınıń ósiwi tómendegige teń

$$dS = \frac{m}{\mu} [C_V d(\ln T) + R d(\ln V)] = d \left[\frac{m}{\mu} (C_V \ln T + R \ln V) \right]$$

Entropiya S sistema halatınıń funkciyası, onıń ósiwi tolıq differencialdan ibarat boladı.



Qálegen cikllıq proceste sistema óziniń baslanǵısh halatına qaytsa, entropiyanıń ózgeriwi nolge teń boladı

$$\oint dS = 0$$

tómendegini inabatqa alsaq

$$Q = \int_1^2 \delta Q = \int_1^2 T dS$$

diagrammada keltirilgen T - S proces iymek sızıǵı astındaǵı maydan berilgen jıllılıq muǵdarına teń ekenligi kórinip turıptı.

İdeal gaz 1- halattan 2 – halatqa teń salmaqlılıqlı ótken dep esaplaymız. Sol proces entropiyası ózgeriwin tabamız

$$\Delta S_{1 \rightarrow 2} = S_1 - S_2 = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T} = \int_1^2 \frac{dU + \delta A}{T}$$

Bizge málim ańlatpalardan paydalansaq

$$dU = \frac{m}{\mu} C_V dT \quad \delta A = p dV = \frac{m}{\mu} R T \frac{dV}{V}$$

$$R = C_p - C_V \quad \frac{T_2 V_1}{T_1 V_2} = \frac{p_2}{p_1}$$

ideal gaz entropiyası ózgeriwi ańlatpasına iye bolamız

$$\begin{aligned} \Delta S_{1 \rightarrow 2} = S_1 - S_2 &= \frac{m}{\mu} C_V \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} + \frac{m}{\mu} R \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = \\ &= \frac{m}{\mu} \left(C_V \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{V_2}{V_1} \right) = \frac{m}{\mu} \left(C_V \ln \frac{p_2}{p_1} + C_p \ln \frac{V_2}{V_1} \right) \end{aligned}$$

Izo – hám adiabatalıq proceslerde ideal gaz entropiyasınıń ózgeriwi

Izoxoralıq ($V=const$)	Izobaralıq ($p=const$)	Izotermalıq ($T=const$)	Adiabatalıq ($S=const$)
$\Delta S = \frac{m}{\mu} C_v \ln \frac{T_2}{T_1}$	$\Delta S = \frac{m}{\mu} C_p \ln \frac{V_2}{V_1}$	$\Delta S = \frac{m}{\mu} R \ln \frac{V_2}{V_1}$	$\Delta S = 0$

Entropiya turaqlı kóshetuǵın proces *izoentropiyalıq proces* dep ataladı ($S = const$).

Adiabatalıq proces izoentropiyalıq proces esaplanadı.

$$\delta Q = 0 \Rightarrow dS = 0 \Rightarrow S = const$$

Teń salmaqlılıqlı qaytımlı procesler ushın tómendegi teńlik orınlı esaplanadı

$$dS = \frac{\delta Q}{T}$$

Teń salmaqlılıqlı bolmağan, qaytımsız procesler ushın

$$dS > \frac{\delta Q}{T}$$

tuyıq sistemadağı qaytımlı proceslerde entropiya turaqlı qaladı $\Delta S = 0$, qaytımsız proceslerde entropiya asadı $\Delta S > 0$.

Klazijs teńsizligi: $\Delta S \geq 0$

dS hám δQ birdey belgide bolıwı sebepli, entropiya ózgeriwı xarakterine qarap jıllılıq almasıwı procesi tuwralı pikir júritiw múmkin.

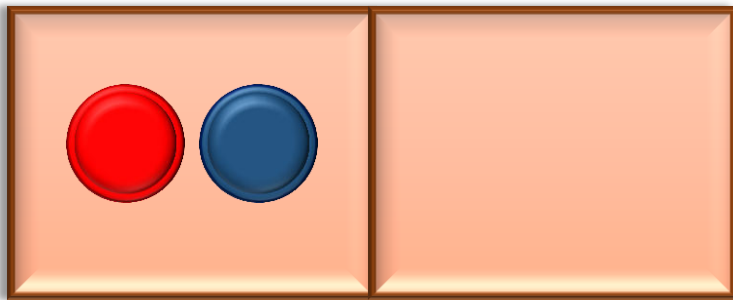
Dene ısıtılǵanda $\delta Q > 0$,
onıń entropiyası artadı $dS > 0$,
dene suwıtılǵanda $\delta Q < 0$,
onıń entropiyası kemeyedi $dS < 0$.

Entropiyanın statistikalıq talqılanıwı

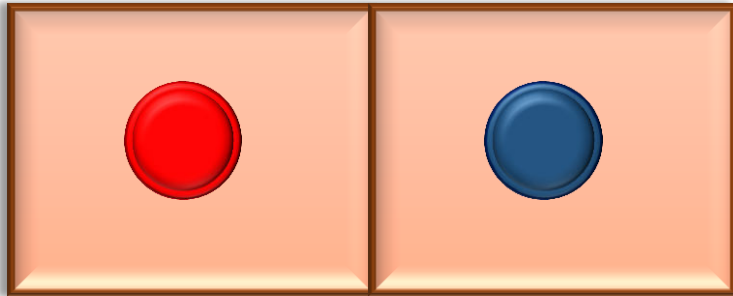
Sistemanın entropiyası onın termodinamikalıq itimallığı menen baylanısqa boladı.

Termodinamikalıq itimallıq W - bul termodinamikalıq sistemanın berilgen makrohalatı ámelge asıratuǵın usıllar sanı yaqı mikrohalatları sanı esaplanadı.

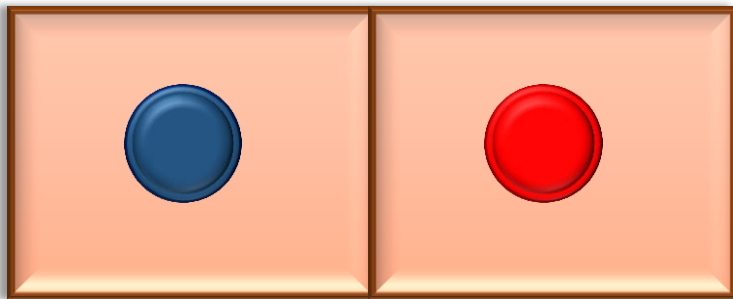
Sistemanın barlıq mikrohalatları teń itimallıqqa iye boladı.



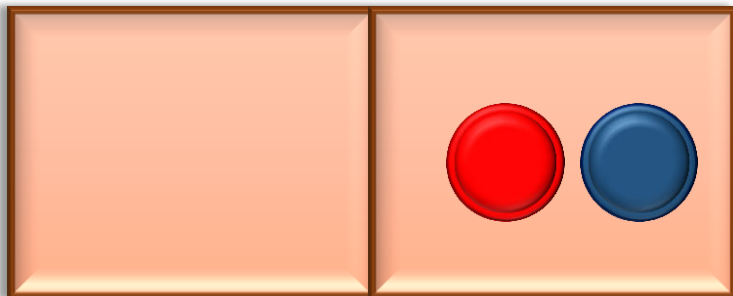
$$\langle 2-0 \rangle$$



$$\langle 1-1 \rangle$$



$$\langle 1-1 \rangle$$



$$\langle 0-2 \rangle$$

**Keltirilgen tórt
halat *sistemanıń*
mikrohalatları dep
*esaplanadı.***

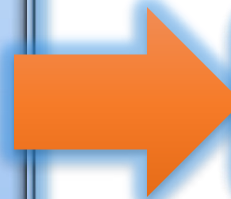
**Bul halatlardan tek ekewi
birtegis bólistirilgenligi
ushın sistemanıń bul
halatları termodinamikalıq
itimallığı *$W = 2$ ge teń.***

**Teń salmaqlılıq halatta sistemanıń
termodinamikalıq itimallığı maksimumǵa erisedi
hám teń salmaqız halatqa ótiw dáwirinde tez
kemeye baslaydı.**

**Molekulalardıń bir tegis bólistiriliwi eń úlken
itimallıqqa iye.**

Bolcman ańlatpası

Sistemanıń entropiyası
onıń termodinamikalıq itimallıǵı
logarifmine proporcional.



$$S = k \ln W$$

Entropiya sistema halatı tártipsizliginiń ólshemi –
makrohalattı ámelge asırıwshı mikrohalatlar sanı kóp bolsa,
entropiya sonsha asadı.

Sistema tártipsizligi kem bolsa, onıń termodinamikalıq halatı
itimallıǵı artadı.

Entropiya artıwı principi

Tuyıq sistemadağı barlıq procesler onıń entropiyasınıń artıwına alıp keledi.

Kishi termodinamikalıq itimallıq halattan úlken itimallıq halatqa ótiw procesi óz – ózinen erkin keshedi.

Barlıq termodinamikalıq proceslerde tártiplirek halattan tártipsizrek halatqa óz – ózinen ótiwshi ayırım bağıtlar bar boladı.

Termodinamikanıń ekinshi nızamı

Tuyıq sistemada qálegen qaytımsız procesler ósiwi sistemanıń entropiyasınıń artıwına alıp keledi.

$$\Delta S \geq 0$$

Kelvin boyınsha: ısıtqıstıan berilgen jıllılıqtı soǵan ekvivalent jumısqa sarp etiwshi aylanbalı procesler hesh qanday bolmaydı.

Klaziuss boyınsha: kemrek ısıtılǵan denedan kóbirek ısıtılǵan denega jıllılıqtı uzatıwshi aylanbalı procesler joq.

PAYDALANÍLGAN ÁDEBIYATLAR

1. Q.P.Abduraxmanov, V.S.Xamidov, N.A.Axmedova. FIZIKA. Darslik. Toshkent. “Aloqachi nashriyoti”. 2018 y. O‘zR OO‘MTV 2017.24.08 dagi “603”-sonli buyrug‘i.
2. B.A.Ibragimov, G.Q.Atajanova. “FIZIKA”. Oqiwliq. Tashkent. 2018 j.
3. Q.P.Abduraxmanov, O‘.Egamov. “FIZIKA”. Darslik. Toshkent. O‘quv-ta‘lim metodika” bosmaxonasi. 2015 y. O‘zROO‘MTV 2009.26.02. dagi “51”-sonli buyrug‘i.
4. Douglas C. Giancoli. Physics. Principles with Applicathions. 2004 USA ISBN-13 978-0-321-62592-2.
5. Physics for Scientists and Engineers, Raymond A. Serway, John W. Jewett. 9th Edition, 2012.
6. “Umumiy Fizika fani bo‘yicha taqdimot multimediali ma‘ruzalar to‘plami”. Elektron o‘quv qo‘llanma. Toshkent. 2012 y. O‘zR OO‘MTV 2012.15.08 dagi “332/1”-sonli buyrug‘i.
7. “Fizika-1 kursi bo‘yicha taqdimot multimediali ma‘ruzalar to‘plami”. Elektron o‘quv qo‘llanma. Toshkent. 2019 y. O‘zR OO‘MTV 2019.04.10 dagi “892”-sonli buyrug‘i.



PEDAGOGIKALÍQ DÁSTÚRIY QURALLAR

- <https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/energy-forms-and-changes>

Energy Forms and Changes



- Energy
- Conservation of Energy
- Energy Systems

DONATE

PhET is supported by

You?

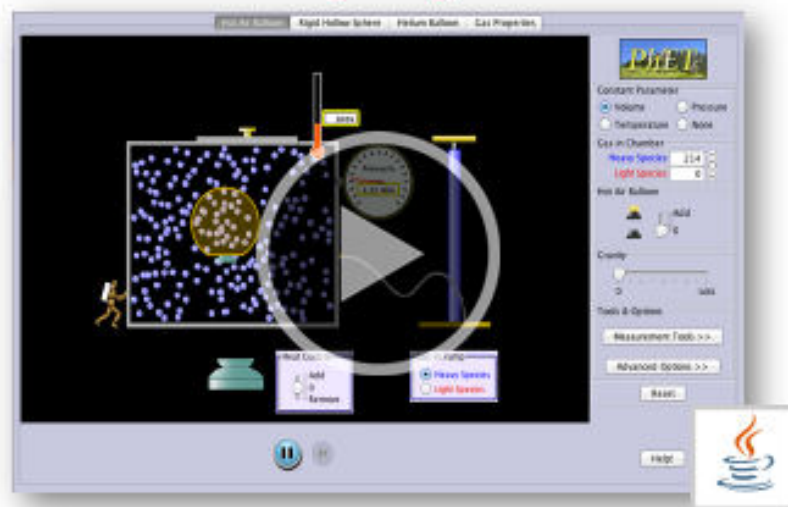
(support PhET today and help education worldwide.)



PEDAGOGIKALÍQ DÁSTÚRIY QURALLAR

- <https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/balloons-and-buoyancy>

Balloons & Buoyancy



- Gas
- Buoyancy

DONATE

PhET is supported by

Theresa Neil

STRATEGY + DESIGN

and educators like you.



DOWNLOAD



EMBED