

Дәріскер
Медициналық биофизикамен
информатика кафедрасының
аға оқытушысы

Умирбекова

Замзагуль Климқызы

Биологиялық үрдістер термодинамикасы



Қарастырылатын сұрақтар

- Биологиялық жүйелерді оқып үйренудегі термодинамикалық әдістің маңызы мен ерекшеліктері.
- Биологиядағы термодинамиканың бірінші және екінші заңдарының қолданылуы.
- Биологиялық жүйелердің энтропиясы.



Термодинамика – материя қозғалысының жылулық формасының заңдылықтарын және онымен байланысты болатын физикалық құбылыстарды қарастыратын физиканың бөлімі.

**Термодинамиканың негізін қалаушы –
Никола Леонара Сади Карно.**



Термодинамиканың негізгі түсініктері

- Термодинамикалық жүйе
- Жүйенің күйі
- Термодинамикалық үрдіс (процесс)
- Ішкі энергия
- Жұмыс.Жылу мөлшері



**Термодинамикалық жүйе деп
белгілі бір құбылыстағы
қасиеттері қарастырылатын
кез-келген дене немесе денелер
жиынтығы аталады.**



Тұйық термодинамикалық жүйе – сыртқы ортамен энергия және зат алмасуы орындалмайтын жүйе.



Термодинамикалық жүйе:
оқшауланған, жабық және ашық
болып келеді.

Жабық жүйе сыртқы ортамен
ешқандай зат алмасу да, энергия
алмасу да болмайды.

Ашық жүйе сыртқы ортамен зат
алмасу да, энергия алмасу да
бола алады.

Жүйенің күйі

Жүйенің күйі -өлшенетін физикалық шамалар болып табылатын жүйе параметрлерінің жиынтығымен анықталады.

Термодинамикалық жүйе параметрлерінің негізгілері: көлем **V**, температура **T** және қысым **P**.

Сыртқы ортамен немесе басқа денемен әсерлескенде жүйенің күйін сипаттайтын параметрлері өзгереді.

Жүйенің параметрлерінің өзара байланысын сипаттайтын теңдеуді жүйе күйінің теңдеуі деп атайды: $f(p, T, V) = 0$

Термодинамикалық үрдіс (процесс)

Жүйенің бір күйден екінші күйге өтуін
(бір күйден екінші күйге өткенде бір
параметрдің мәні өзгерсе болғаны)
немесе параметрлердің біреуінің
өзгеруінен пайда болатын жүйе күйі
өзгерісін *термодинамикалық үрдіс* деп
атайды.



**Термодинамикалық үрдістер
циклді түрде жүреді.**

**Циклдік немесе дөңгелектік үрдіс
термодинамикадағы бірнеше
өзгерістен кейін жүйенің
бастапқы күйіне оралады.**



Термодинамикалық тепе-теңдік –
уақытқа қатысты
термодинамикалық
жүйенің күйі өзгермейтін
жағдай.



Ішкі энергия

Макроденелерде механикалық энергиямен қатар, өздерінің іштеріне тұйықталған энергияға ие. Ол – ішкі энергия. Ол барлық энергетикалық түрленулердің балансына кіреді.



Механикалық жұмыс жасамай-ақ денелерді қыздырғанда, олардың ішкі энергиясы ұлғаяды.

Ішкі энергияның механикалық энергияға айналуының кері процесі болатыны сөзсіз.



**Жүйенің барлық бөлшектерінің
кинетикалық және
потенциалдық энергияларының
қосындысын жүйенің ішкі
энергиясы (U) деп атайды, ол
жүйе сыртқы ортамен
(денелермен) әсерлескенде
өзгереді.**

**Жабық жүйе үшін: $U = \text{const}$
($\Delta U=0$)**

Ішкі энергия тек қана жүйенің күйі арқылы анықталады, яғни белгілі бір күйге тек қана бір ғана ішкі энергияның шамасы сәйкес келеді.



Егер дене бір күйден екiшi бiр күйге өтсе, онда iшкi энергияның өзгеруi:

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

бұл өзгерiстiң өту жолына байланысты болмайды.



Жұмыс. Жылу мөлшері

**Термодинамикалық жүйенің
күйін өзгертудің екі жолы бар:
жылу алмасу немесе жұмыс
істеу.**



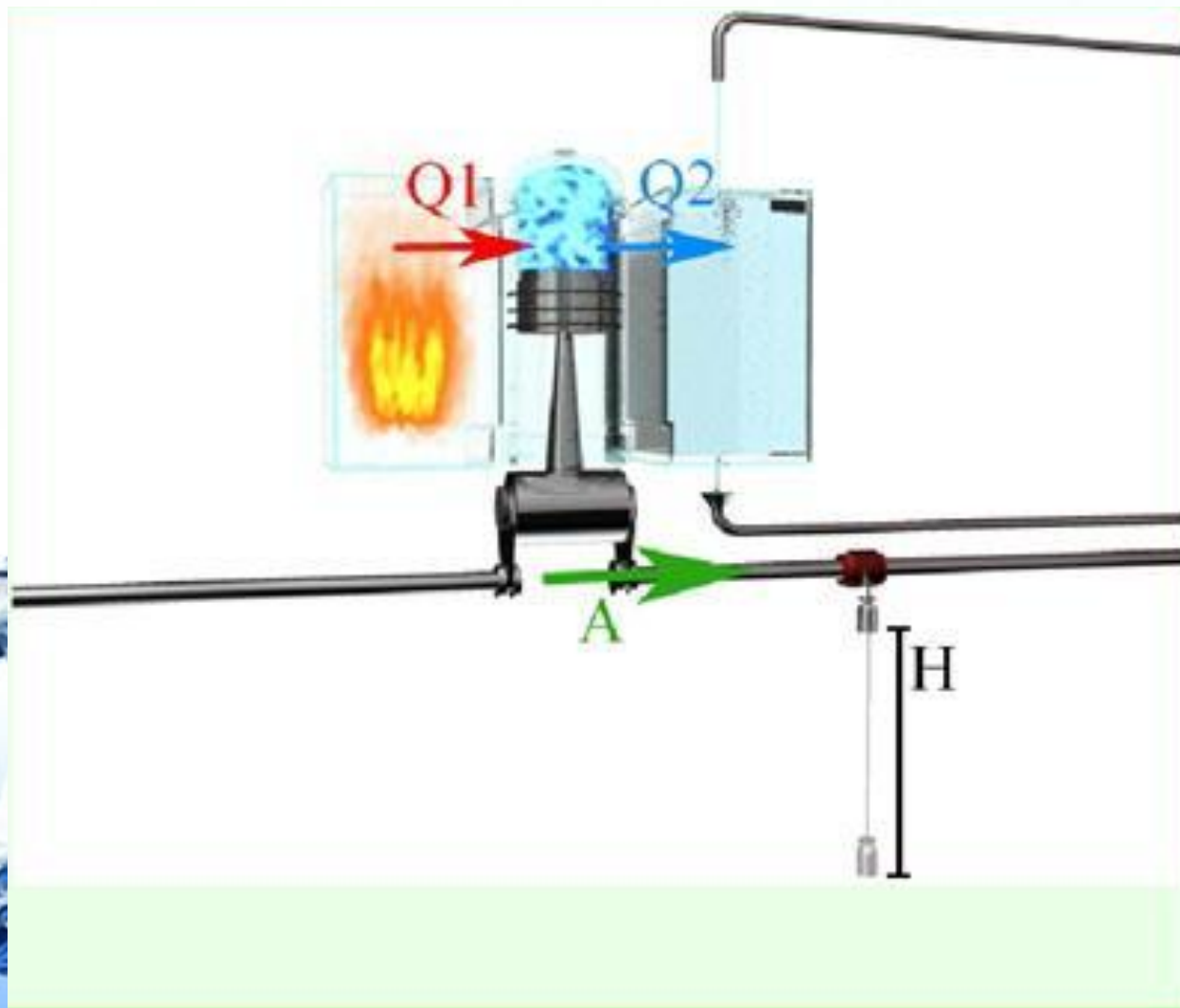
Жұмыс классикалық механикадағы сияқты анықталады, бірақ ол дененің кинетикалық энергиясының өзгеруіне емес, ***оның ішкі энергиясының өзгеруіне тең болады.***



Мысалы, газдардың сығылуы кезінде поршень өзінің механикалық энергиясының бір бөлігін газдарға бергендіктен, молекулалардың кинетикалық энергиясы ұлғаяды, газ қызады.

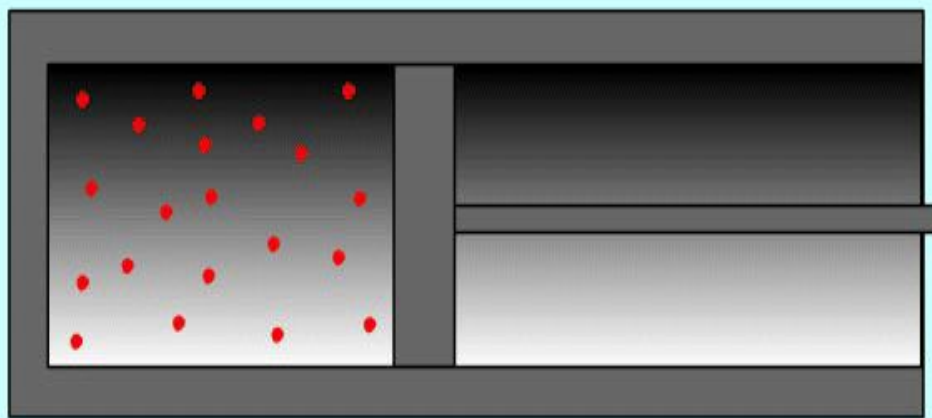


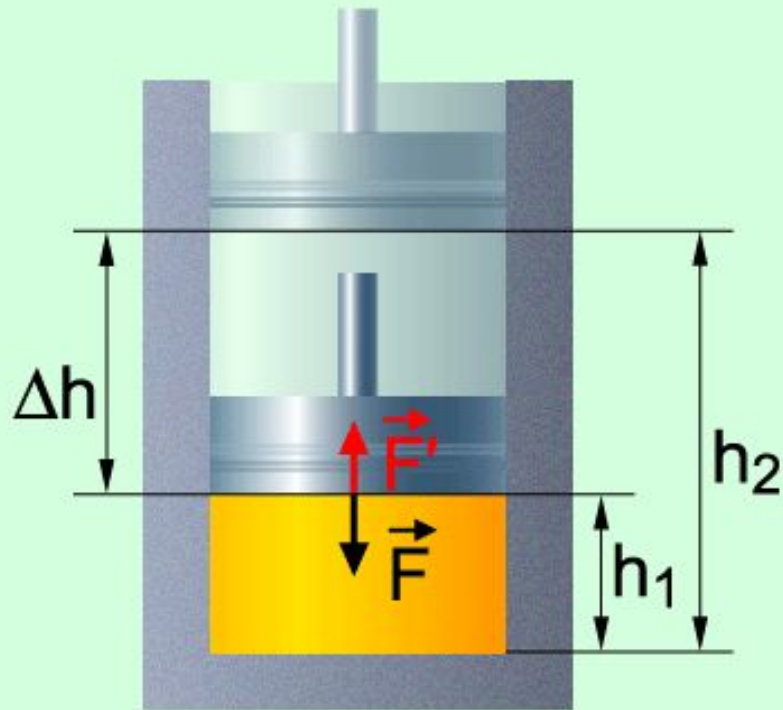
Жылу машинасының жұмысы



**Керісінше, егер газ ұлғайса, онда
алыстаған поршеньмен
соқтығысқаннан кейін
молекулалардың жылдамдығы
азайып, газ суиды.**

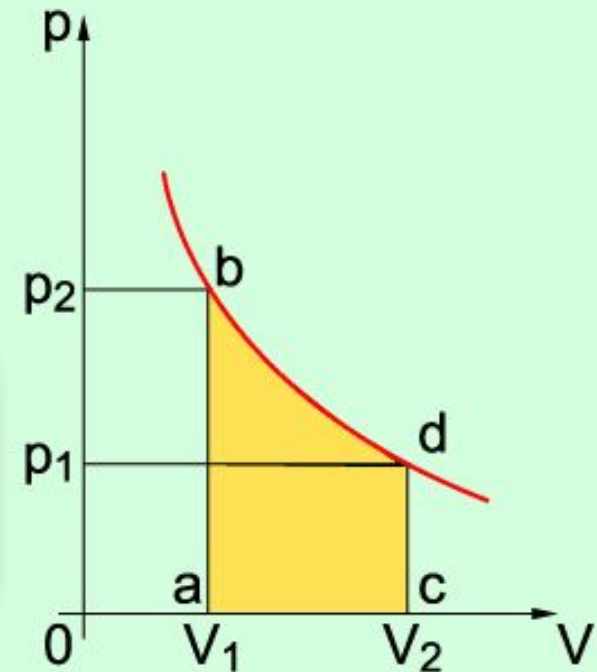
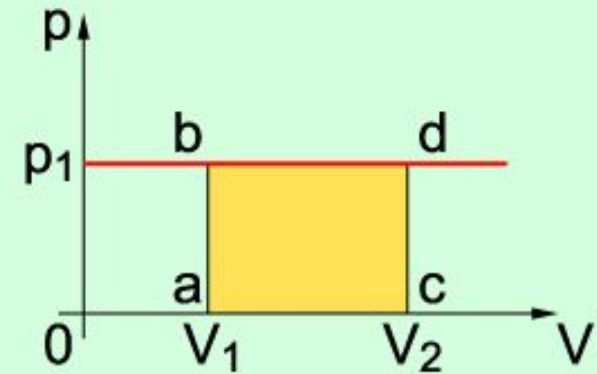
Газ ұлғайғандағы жұмыс





$$A' = F'\Delta h = pS(h_2 - h_1) = p(S h_2 - S h_1)$$

$$A' = p(V_2 - V_1) = p\Delta V$$

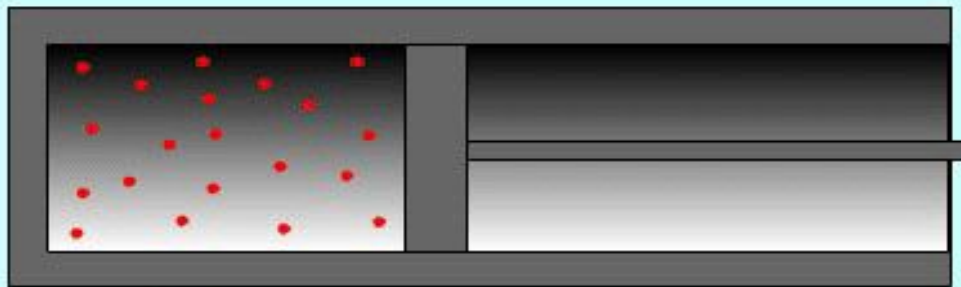


**Қозғалмалы ортаның көлемі өзгергендегі
істелген жұмыс мынаған тең болады**

$$A' = p \cdot (V_2 - V_1) = p \cdot \Delta V$$

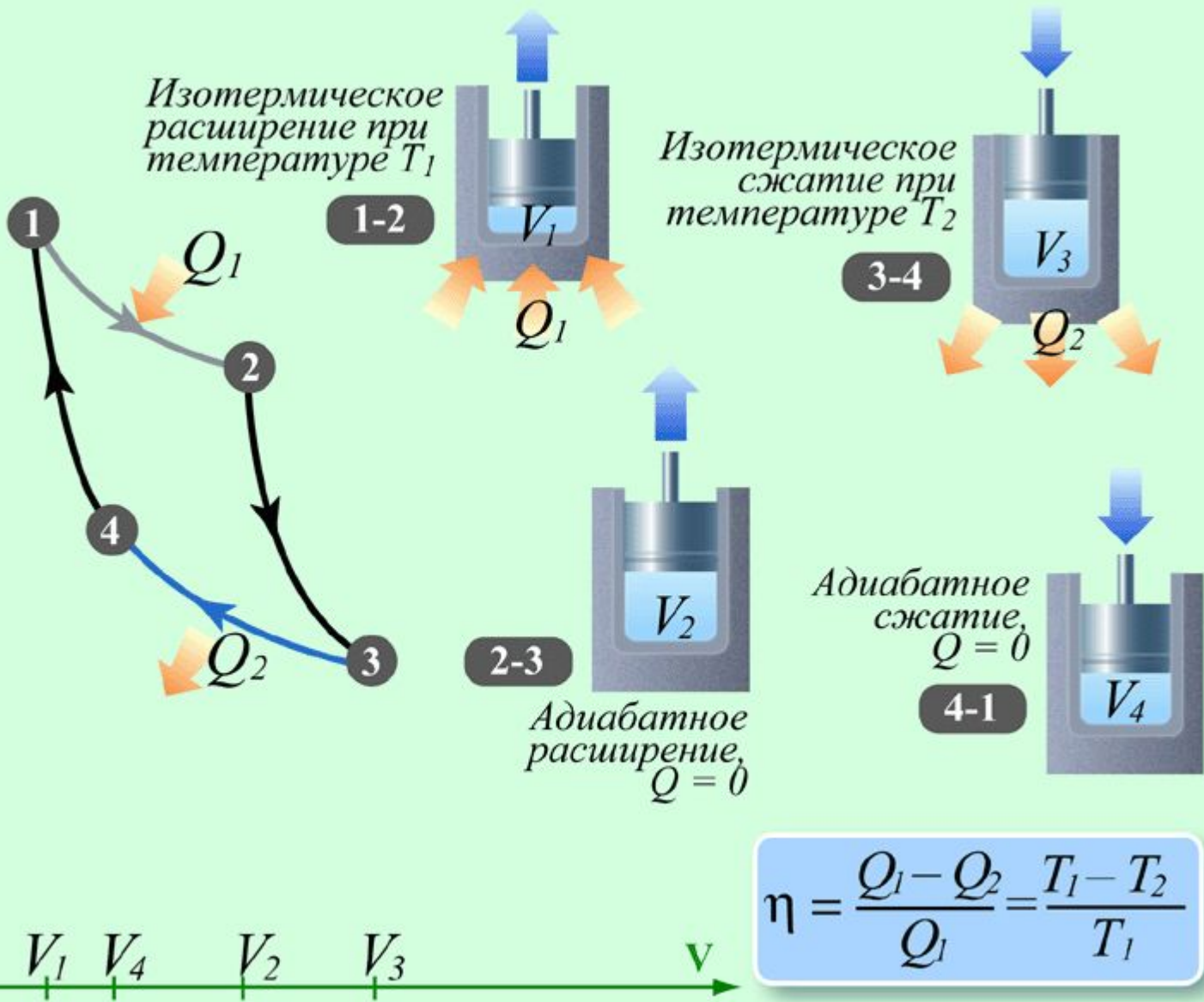
**Ұлғаю кезінде ($V_2 > V_1$) газ оң жұмыс
жасайды: $A' > 0$.**

**Сығылу кезінде $V_2 < V_1$, сондықтан оның
жұмысы теріс болады: $A' < 0$.**



**Газ
ұлғайғандағы
жұмыс**

P



$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

**Ағзада зат алмасуы энергиялардың
алмасу үрдістермен жүріп отырады:
өмір сүру негізінде жататын энергия
мен зат алмасуынан тұратын
бірлескен үрдіс.**

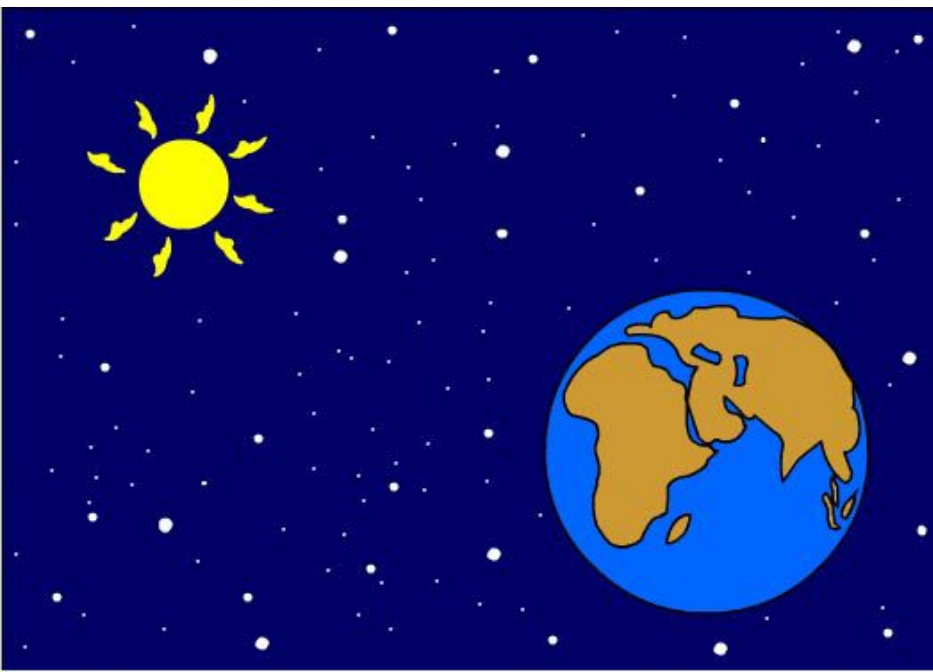


Тірі ағза азық-түлік заттардың химиялық энергиясын жұмсап, осы энергияны ағзада орындалатын барлық жұмыстар энергияларының бір түріне айналады және артық болған жылу мөлшерін бөледі.



Жұмыс жасалынбай-ақ, бір денеден екінші денеге энергияның берілу үдерісі **жылу алмасу** немесе **жылу берілу** деп аталады.

Жылу алмасу кезіндегі ішкі энергияның өзгеруінің мөлшерлік шамасын **жылу мөлшері** деп атайды.



**Сәуле шығару
энергиясының берілуі**



*Термодинамика негізгі заңдары:
I және II бастамалары*

Термодинамиканың негізі болып
*энергияның сақталу және айналу
заңы* табылады:

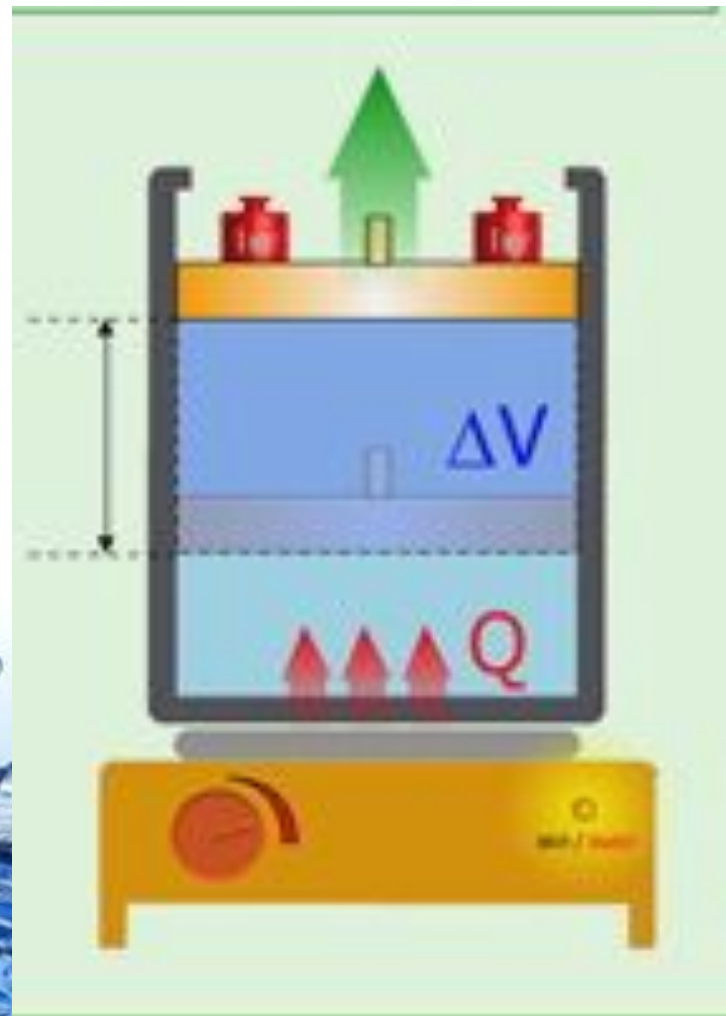
*Оқшауланған жүйенің толық
энергиясы осы жүйеде өтетін кез
келген үрдісте өзгеріссіз қалады.*

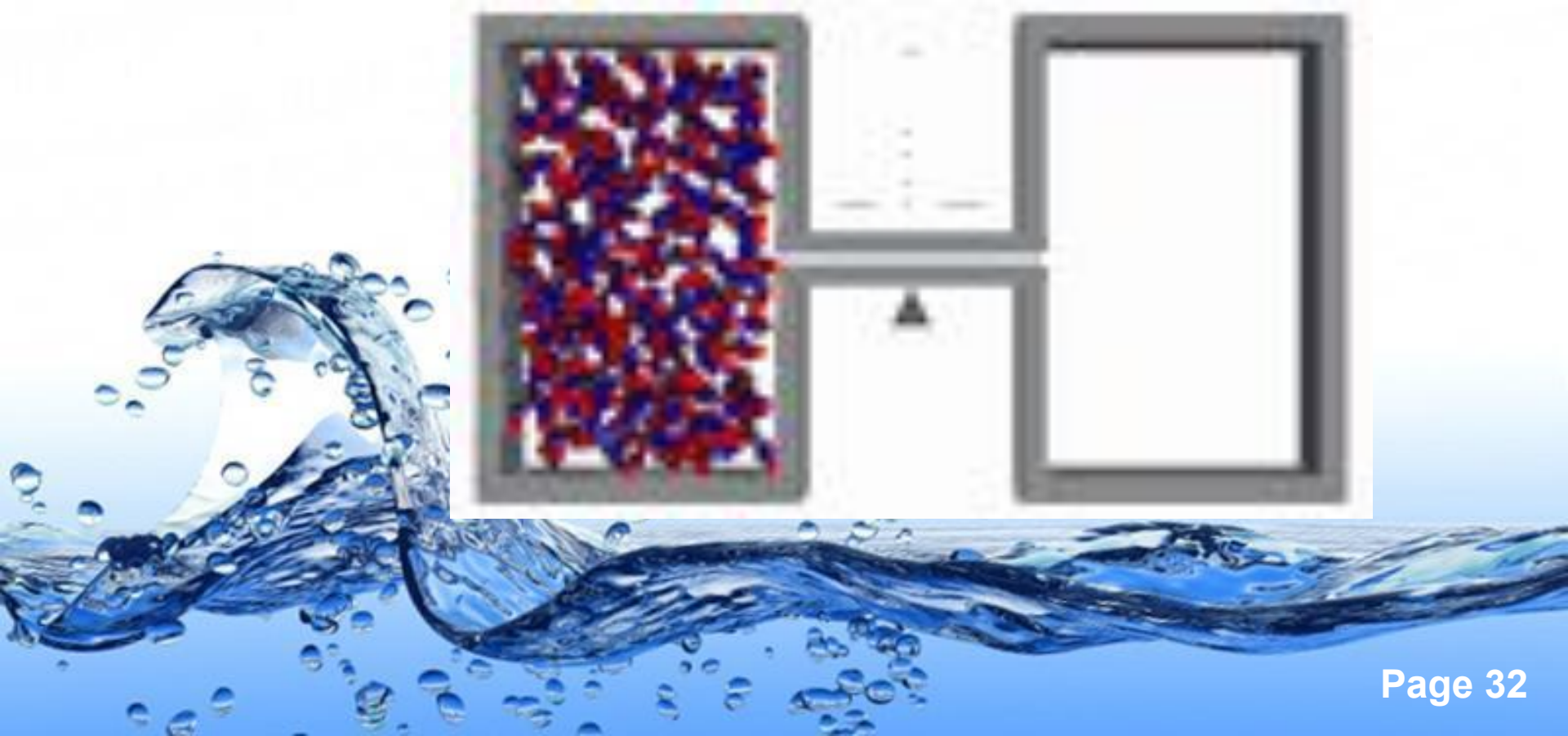
**Энергия пайда болмайды және жоғалмайды,
ол тек бір түрден екінші түрге айналады.
Дене бір күйден екінші күйге өткенде
оның ішкі энергиясының өзгеруі денеге
жасалған жұмыс пен дененің қабылдаған
жылу мөлшерінің қосындысына тең
екенін білеміз.**



Термодинамиканың бірінші заңы

$$Q = \Delta U + A$$

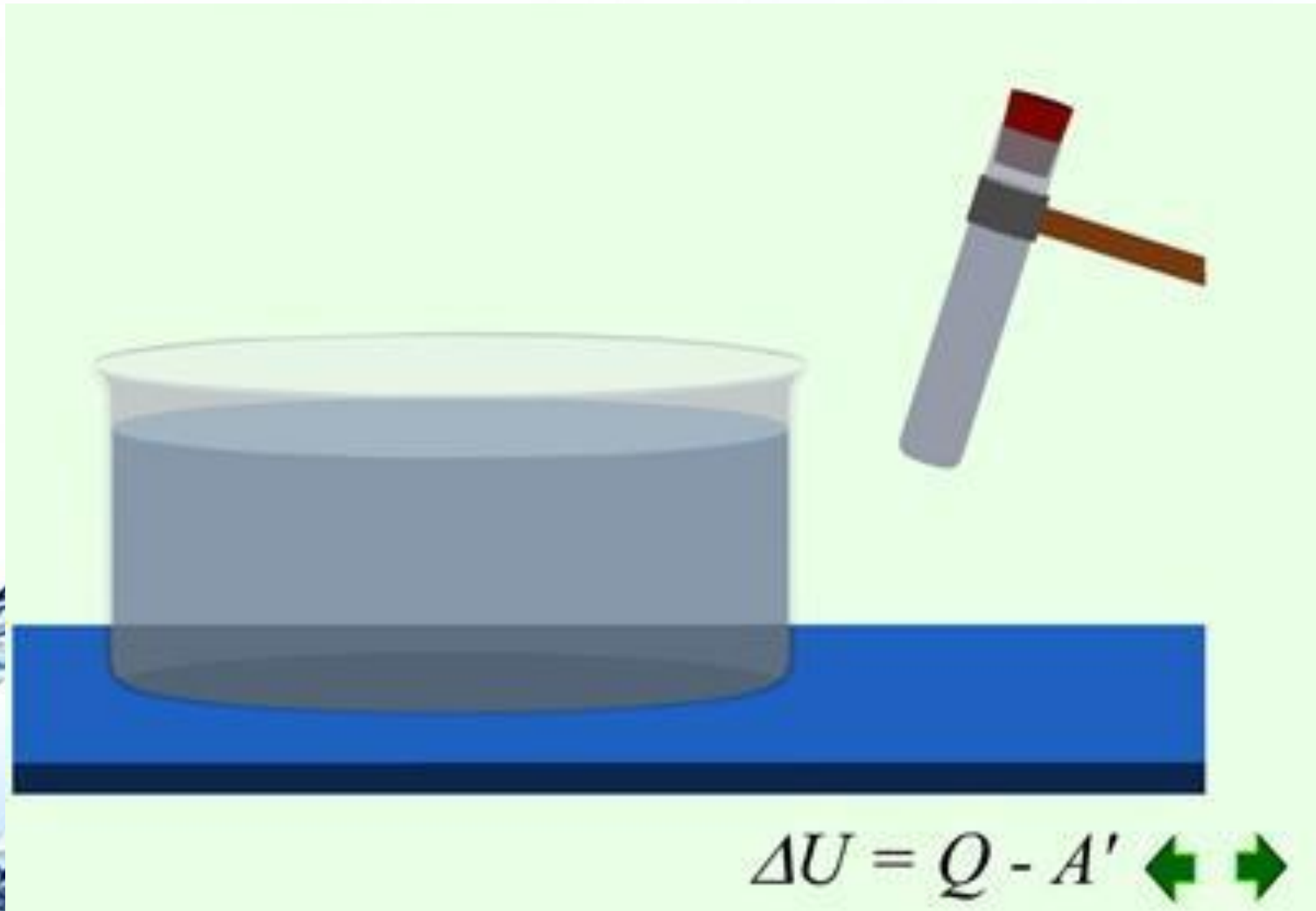




Жылу мөлшері мен жұмысты қандай да бір параметрдің бастапқы және соңғы күйлеріндегі екі шаманың айырмасы түрінде өрнектеуге болмайды, ал ішкі энергия берілген күйде белгілі бір мәнге ие болатындықтан, мына түрде өрнектей аламыз:

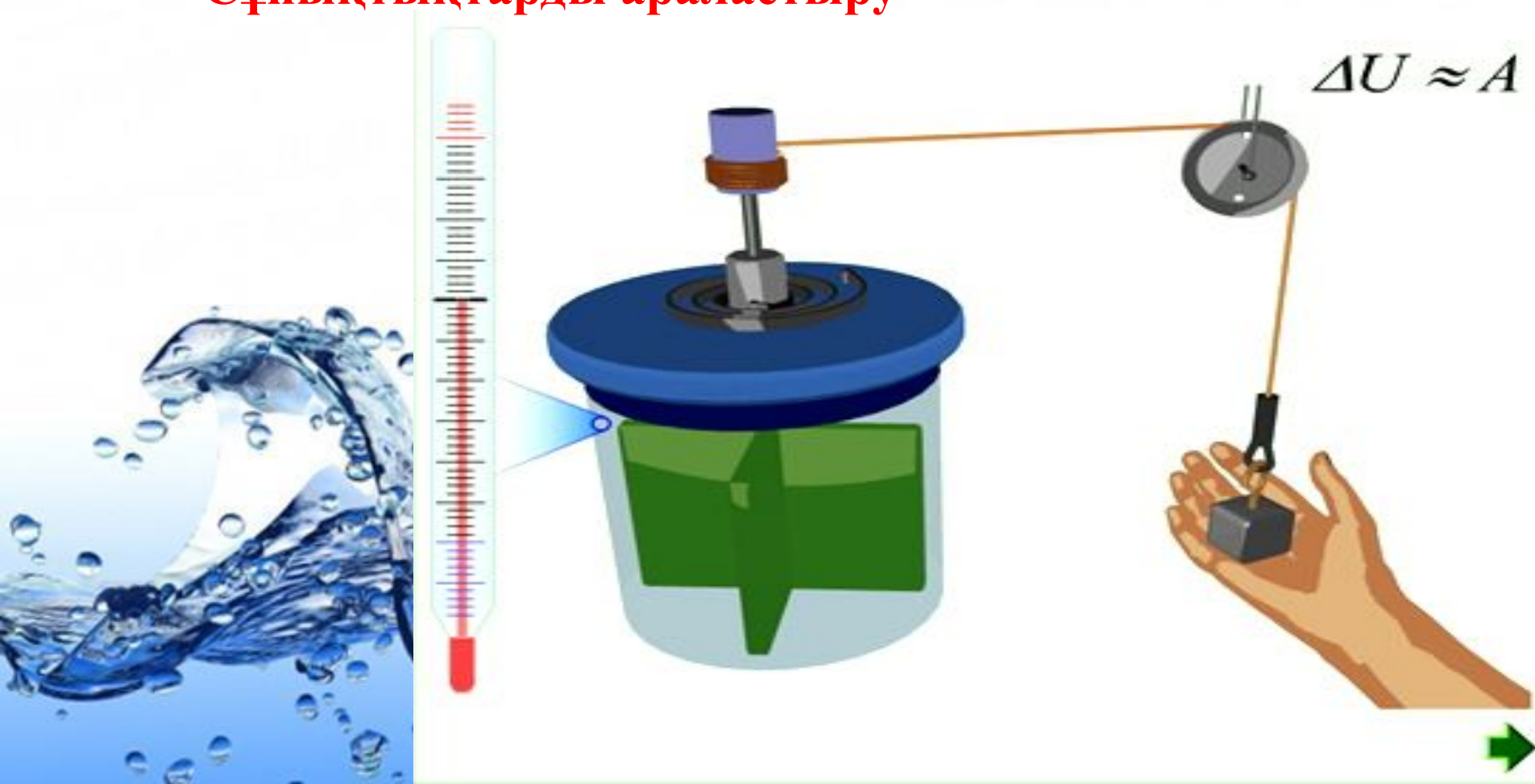
$$\Delta U = U_2 - U_1$$

Ішкі энергияның айналуы



Жұмыс жасай отырып ішкі энергияны өзгерту

Сұйықтықтарды араластыру



Егер ағза энергия көзі болып саналмаса, екіншіден ағзаға келіп түскен тамақтың тотығуы нәтижесінде ағзаның жұмыс істеуіне қажетті энергия бөлініп шығатыны дәлелденсе, онда термодинамиканың бірінші бастамасын тірі ағзаға қолдануға болады екен.

Бұл мәселені дәлелдеу үшін сонау XVIII ғасырдан бастап көптеген тәжірибелер жүргізілді.

**Ақыр соңында ағзаға келіп түскен
тамақтан пайда болатын
энергияның мөлшері жұмыс
істегенде кететін энергияның
ағза мөлшеріне тең екені
анықталды.**



Адам организмінде бір тәулік ішінде жүретін жылу балансы

Кіріс	кДж	Шығыс	кДж
Берілген тамақ		Бөлінген жылу	5743
Белок (56, 82)	991	Газбен	180
Майлар (140, 2)	5463	Дәретпен	96
Углеводтар 79, 92	1400	Дем алғанда	757
		Тері арқылы	949
		Әр түрлі түзетулер	46
Барлығы	7854		7771

*Термодинамиканың екінші бастамасы
бойынша*

**Энергияның әр түрі жылуға айналады да, ал
кері бағытта жылудың энергияға айналуы
толық болмайды.**





Невозможно создание периодически действующей тепловой машины, совершающей работу за счет получения количества теплоты от одного тела и не вызывающей при этом никаких изменений в других телах

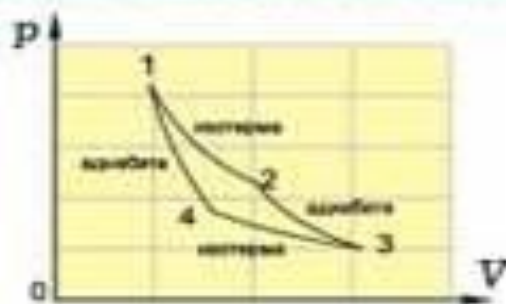
КПД ТЕПЛОВОЙ МАШИНЫ

$$\eta = \frac{A'}{Q_1} \quad A' = Q_1 - Q_2 \quad \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

МАКСИМАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ КПД ТЕПЛОВОЙ МАШИНЫ



Сади Карно



Цикл Карно

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

КПД идеальной тепловой машины

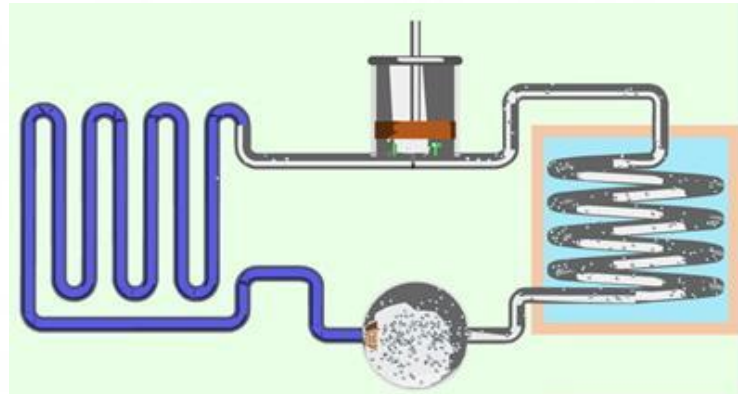
Тепе - теңдік күйі жүйенің максималды тұрақтылығымен сипатталады: жүйеде болған кез келген өзгеріс тепе - теңдікке келеді.

Ашық жүйелердегі өтетін үрдістер *қайтымсыз сипатта* болады.



Бұл заңды сипаттайтын бірнеше анықтама бар, олар біріне-бірі эквивалентті. Соларға тоқталайық.

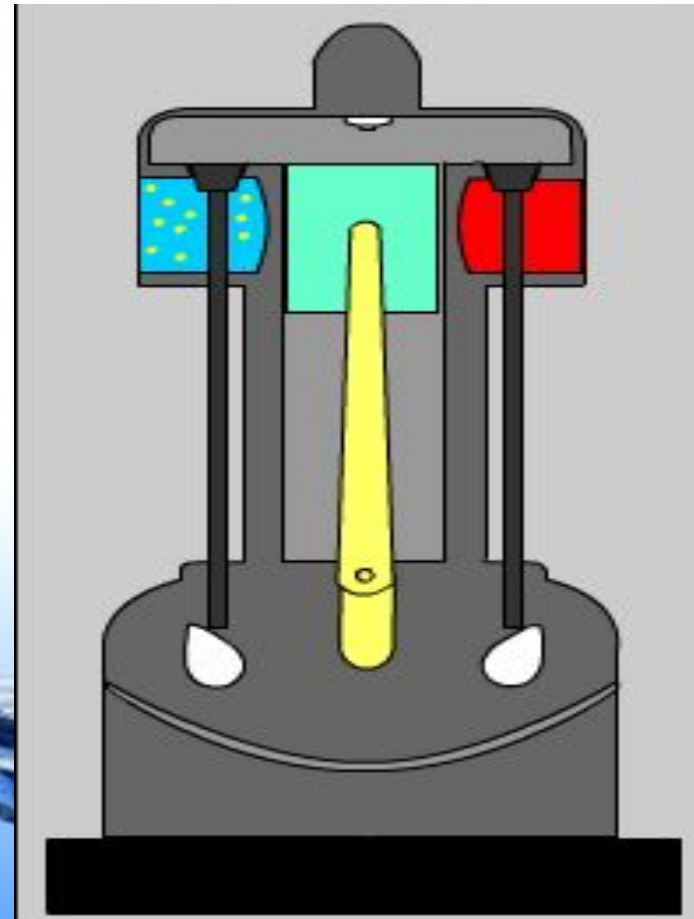
- **Клаузиус анықтамасы.** *Жылу ешқашан да суық денеден ыстық денеге берілмейді.*



- **Томсон-Планк анықтамасы:** *Қыздырғышты суыту арқасында онан алынған жылу мөлшерін түгелімен жұмысқа айналдыру мүмкін емес.*

Оствальд анықтамасы:
Мәңгі двигательдің екінші түрін жасау мүмкін емес.

Төрт тактылы іштен жану қозғалтқышының моделі



Термодинамиканың екінші бастамасының биологияда қолданылуы

Термодинамиканың бірінші бастамасы өлі табиғатқа да, тірі табиғатқа да қолданыла беретін болса, термодинамиканың екінші бастамасының тірі табиғатқа бірден қолдануға болмайды.

Оның себебі тірі ағза жабық жүйе емес ашық жүйеге жатады.

**Жабық жүйеде өзінен-өзі жүретін
үрдістер энтропияның өсуіне
 $\Delta S > 0$, бос энергияның азаюына
әкеліп соқтыратын болса, ашық
жүйеде, яғни тірі ағзада тепе-
теңдік емес үрдістер пайда
болады.**



**Термодинамикалық тепе-
теңдіктің жоқ болуына
қарамастан жүйенің ұзақ уақыт
бойына өзінің кейбір**

***физикалық және химиялық
қасиеттерін сақтап тұру
қасиеті стационар күй деп
аталады.***

Стационарлық күй

ашық жүйеге тән болады.

Жүйе стационарлық күйге ие болу үшін ол жүйеге сырттан зат және энергия келіп түсуі керек те, сонан кейін жүйеден сыртқа зат пен энергия шығып отыруы керек.

**Тірі ағза ашық стационар күйдегі
термодинамикалық жүйе
болғандықтан, оның күйінің
параметрлерінің уақытқа
байланысты тұрақтылық
сипаты да сақталады.**



Бұл сипатты ағзаның стационар күйі – гомеостаз деп атайды. Сонымен қатар стационар күйде барлық биохимиялық түрленулер желісі жүріп отырады.



**Егер сыртқы ортаның өзгеруіне
(айталық қысымның,
температураның) байланысты ағза
стационарлық күйде тұра алатын
болса, онда ағза осы ортаға үйренеді де
(адаптацияланады), өмір сүре береді.**

**Ал қоршаған ортаның өзгеруіне
байланысты ағза стационарлық
күйден ауытқып кететін болса, онда
ағза өмір сүруін тоқтатады.**

Термодинамикалық үрдістердің бағыты, шегі, мүмкін болған ағымын жүйенің күйін сипаттайтын шама — энтропия S болып табылады. Ол жүйенің жылулық күйін бейнелейді.

$$dS = \frac{dQ}{T}$$

Егер $dQ=0$ болса, онда $dS=0$ және болғандықтан $S=const.$

Сонда энтропияның толық өзгерісі мына формуламен анықталады:

$$S = \int \frac{dQ}{T} + const$$

мұндағы S- энтропия, T- абсолюттік температура, Q- жылу мөлшері.

Бұл формуладан энтропия жүйе күйінің функциясы екендігін байқауға болады.

**Ағза мен сыртқы орта арасындағы
энтропия алмасуын сипаттайтын
Пригожин формуласы:**

$$\frac{dS}{dt} = \frac{dS_i}{dt_{a\ \zeta}} + \frac{dS_e}{dt_{opma}}$$

Ал термодинамиканың бірінші және екінші бастамаларын біріктірсек, онда мынаны аламыз:

$$TdS = \Delta U + dA$$



Больцман физикалық және химиялық үрдістерде жүйе күйінің ықтималдылығын энтропиямен байланыстырып термодинамиканың екінші бастамасын негізеді. Больцман формуласы бойынша энтропия мынаған тең:

$$S = k \ln w$$

- мұндағы k - Больцман тұрақтысы, w - термодинамикалық ықтималдылық.

Ағзада градиентті (мысалы, заттың пассивті тасымалы), градиентке қарсы (заттың активті тасымалы) үрдістер де жүріп отырады. Биологиялық жүйелердің жұмыс жасау қабілеті уақытқа байланысты азаймайды – олардың өмір сүруі жылдарға созылады.

Классикалық термодинамика көзқарасы бойынша

өмір – “керемет” күй.

Ағзада пайда болған әртүрлі градиенттерге (химиялық, электрлік, диффузиялық, жылулық және т.б.) байланысты жүйенің тепе - теңдігі бұзылып, заттың диффузиялық ағыны, иондар, электрондар және т.б. ағындар туады. Ағындар тудыратын күштер жүйені, яғни ағзаны термодинамикалық тепе - теңдіктен ауытқытады.

Адам ағзасын сипаттайтын кейбір шамалар

Қанның меншікті жылу сыйымдылығы	3900 Дж/(кг К)
Адам денесінің меншікті жылу сыйымдылығы	3350 Дж/(кг К)
Бұлшық еттің жылу өткізгіштігі	0,5 Вт/ (м К)
Терінің жылу өткізгіштігі (сыртқы қабатының)	0,25 Вт/ (м К)
Судың жылу өткізгіштігі	0,59 Вт/ (м К)
Ағзаның бір тәулікте қабылдайтын жылу мөлшері	10050-10900 кДж

Сыртқы ортаға бөлінетін жылу мөлшері

Жылу өткізгіштік және конвекция арқылы

2260 кДж

Сәуле шығару арқылы (излучением)

3390 кДж

Булану арқылы

1880 кДж

Жұмыс істеген кезде

2510-3350 кДж



энергиясы 3000 ккал. Берілген тағамдардан күндік рацион құрастырып көріңіз

Кейбір тағамдардың бөліп шығаратын меншікті жылу мөлшері

Тағам	Меншіктік жылу мөлшері, Дж/кг
Қара нан	8880
Сиыр еті	7524
Айран	2700
Сүт	2800
Балық	12900

Бақылау сұрақтары

- Термодинамика нені зерттейді?
- Биологиялық жүйелерді оқып үйренудегі термодинамикалық әдістің маңызы мен ерекшеліктері қандай?
- Биологиядағы термодинамиканың бірінші және екінші заңдарының қолданылуы қандай?
- Биологиялық жүйелердің энтропиясының ерекшеліктері.