

“Toshkent irrigatsiya va qishloq  
xo’jaligini mexanizatsiyalash  
muhandislari instituti”  
Milliy tadqiqot universiteti



## Termodinamika va Issiqlik uzatish asoslari fani

**Mavzu:**  
**Termodinamikaning ikkinchi**  
**qonuni.**



texnika fanlari nomzodi, dotsenti  
Nuritov Ikrom Rajabovich



# **Termodinamikaning ikkinchi qonuni.**

***Reja:***

***1.Aylanma jarayonlar (yoki sikllar)***

***2.Karno sikli. Teskari Karno sikli. Karno teoremasi***

***3.Termodinamika II qonunining mazmuni va matematik ifodasi***

***4.Qaytmas siklda entropiyaning o'zgarishi.***

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

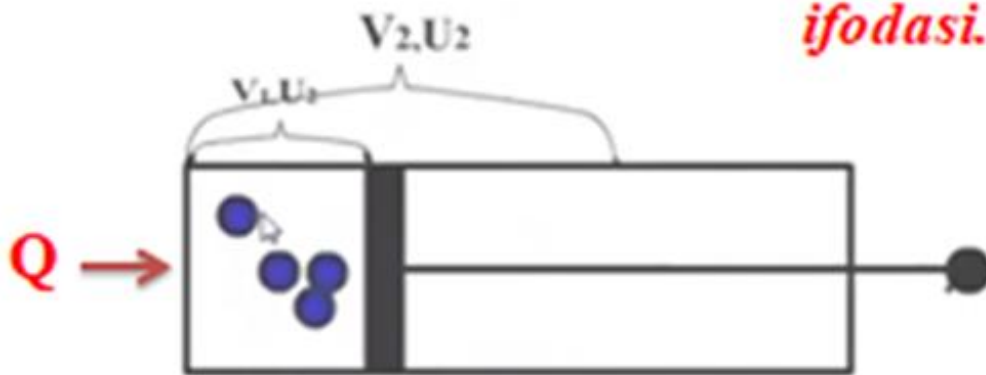
1. Joseph M Powers. LECTURE NOTES ON THERMODYNAMICS. Department of Aerospace and Mechanical Engineering University of Notre Dame, Notre Dame, Indiana 46556-5637, USA, updated 01 July 2014.
3. R.A.Zohidov, M.M.Alimova, Sh.S.Mavjudova. Issiqlik texnikasi (darslik). – T.: “O’zbekiston faylasuflari milliy jamiyati” nashriyoti, 2010. – 200 b.
4. T.S.Xudoyberdiev, B.P.Shaymardanov, R.A.Abduraxmonov, A.N.Xudoyorov, B.R.Boltaboyev. Issiqlik texnikasi asoslari (darslik)–T.: “Cho’lpon” nashriyoti, 2008. – 216 b.
5. Ш. Ж. Имомов, И. Р. Нуритов, К.Э.Усмонов. Сборник задач по основам термодинамики и теплопередачи /Учебное пособие–Т.:ТИИИМСХ.2021.-116 с.  
<https://m.youtube.com/watch?v=mY5X45X1P4Q>  
<https://m.youtube.com/watch?v=Eptk8l7eCxA>  
<https://m.youtube.com/watch?v=Q7tUcOAKDHc>

# Termodinamikaning birinchi qonuni

$\Delta U = Q + L$  gaz ustida tashqik kuchlaning bajargan ishi

$\Delta U = Q - L$  gazning bajaradigan ishi

*Termodinamika birinchi qonunining mohiyati va uning matematik ifodasi.*



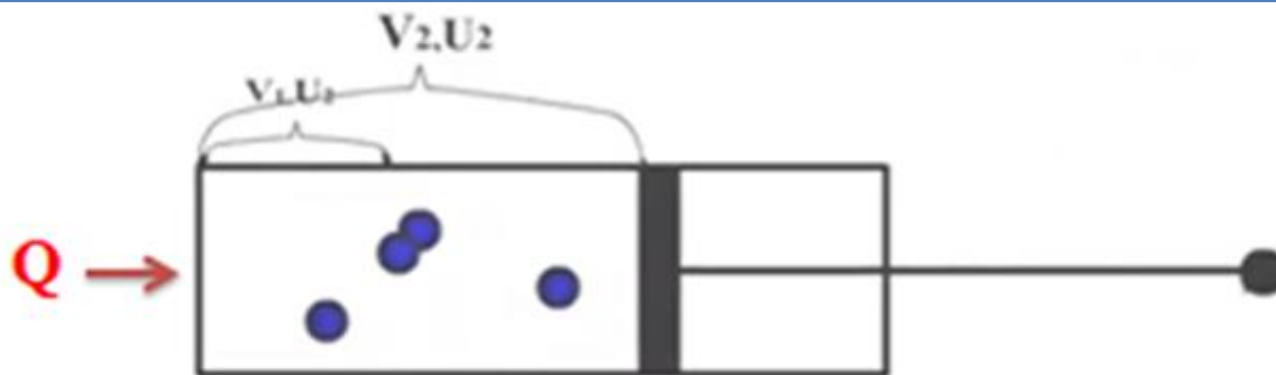
$$Q = \Delta U + L$$

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

$$Q = \Delta U + P \Delta V$$

$$\Delta V = V_2 - V_1$$

$$L = P \Delta V$$



$$Q = \Delta U + P \Delta V$$

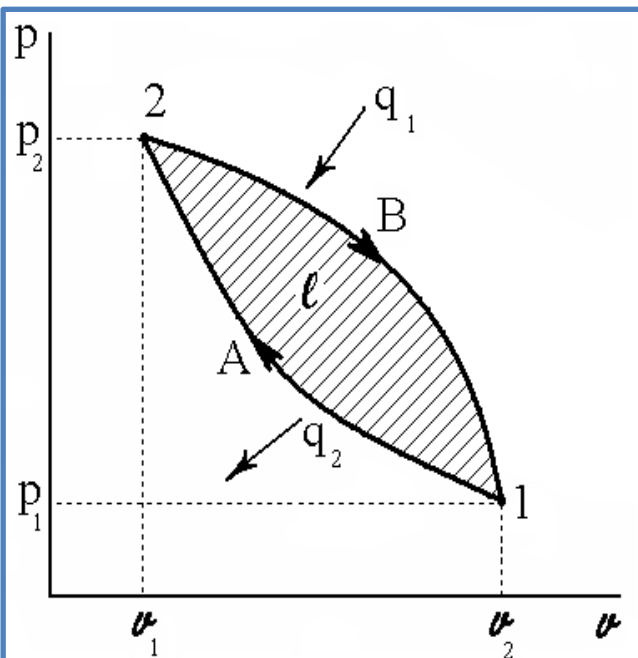
$$dQ = dU + PdV$$

$$dU = dQ - PdV$$

$$L = \int_{V_1}^{V_2} PdV$$

## 1. Aylanma jarayonlar (yoki sikllar)

Issiqlik mashinasida qisish jarayonida sarflanadigan ish kengayish jarayonida gazdan olinadigan ishdan ancha kam bo'lishi kerak, aks holda issiqlik mashinasi ishlamaydi.



Boshqacha qilib aytganda (*1-shaklga qarang*), *pV*- diagrammasida qisishni ifodalovchi egri chiziq (*1-A-2*), kengayishni ifodalovchi chiziq (*2-B-1*) dan ancha pastroqda joylashishi kerak. Mashina ishchi jismining holati *1-A-2-B-1* yopiq kontur bo'yicha o'zgarib turadi, ya'ni goh kengayib, goh qisilib dastlabki holati (*1*) ga kelib turadi. *Bunday yopiq jarayonlarni aylanma jarayonlar yoki sikllar deyiladi.*

Issiqlik mashinalarida sodir bo'ladigan hodisalar takroriy xarakterga ega bo'lganligi uchun termodinamika tadqiqotlarida faqat bir siklni qarab chiqsak yetarli bo'ladi.

Sikl uchun termodinamikaning birinchi qonuni quyidagicha yoziladi:

$$q_1 - q_2 = u_2 - u_1 + \ell$$

bu yerda  $q_1$  - kengayish jarayonida gazga berilgan issiqlik miqdori;

$q_2$  - qisish jarayonida gazdan sovitgichga o'tgan issiqlik miqdori.

Aylanma jarayonda gazning keyingi holati dastlabki holatiga to'g'ri keladi, shuning uchun siklda ichki energiyaning o'zgarishi nolga teng:  $u_2 - u_1 = 0$

$$q_1 - q_2 = \ell$$

Shuning uchun *siklning termik foydali ish koeffitsenti (F.I.K.)* degan tushuncha kiritiladi:

$$\eta_t = \frac{q_1 - q_2}{q_1} = 1 - \frac{q_2}{q_1}$$

Termodinamika siklida hamma vaqt ( $q_1 > q_2$ ) bo'lganligi uchun termodinamika f.i.k. doimo *1 dan* kichik bo'ladi.

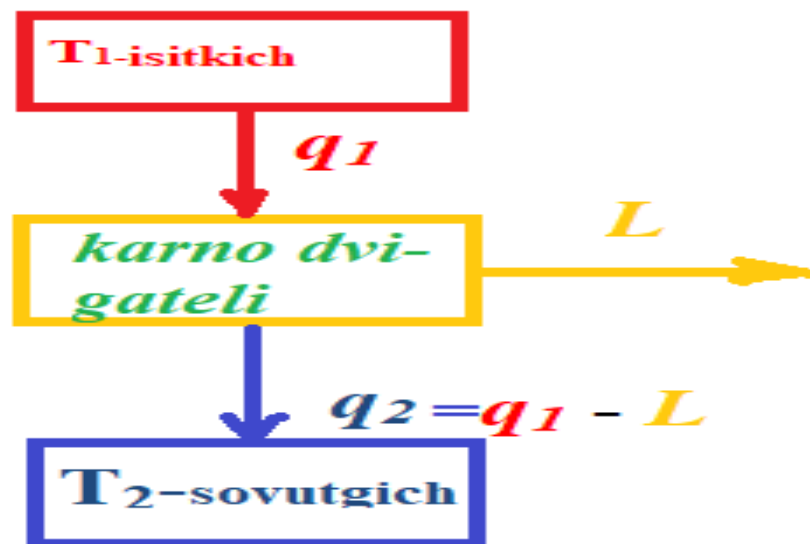
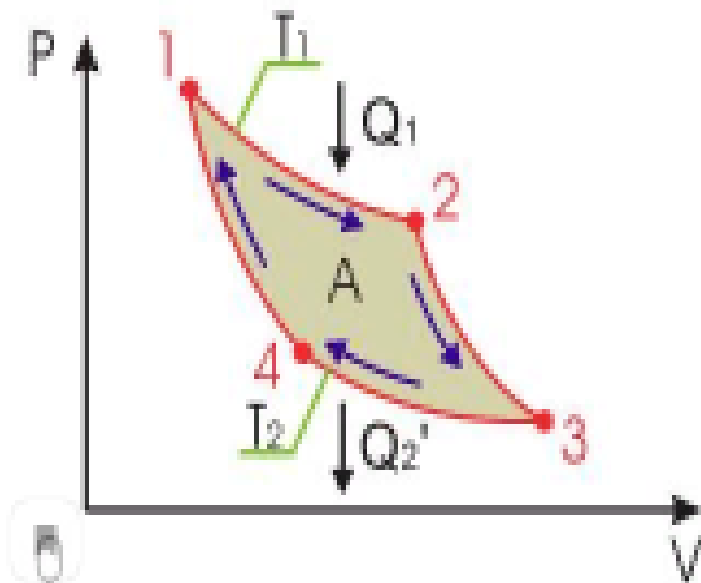
## 2. *Karno sikli. Teskari Karno sikli. Karno teoremasi.*

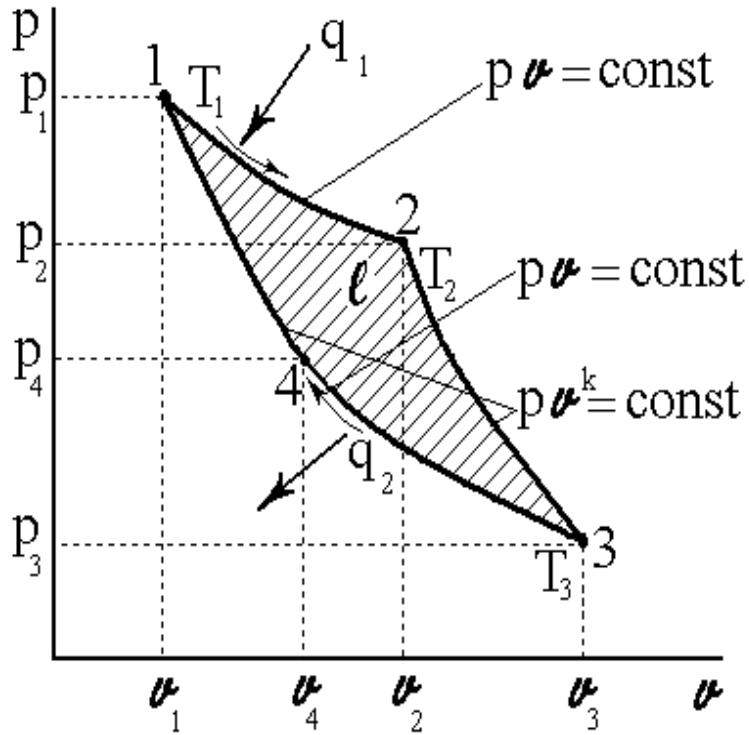
Eng mukammal termodinamika siklini **1824** yilda fransuz injeneri **Sadi Karno** taklif qildi.

Karno taklif qilgan sikl ikkita izotermik va ikkita adiabatik jarayonlardan tashkil topgan ( **1-2** va **3-4** izotermik jarayonlar, **2-3** va **4-1** adiabatik jarayonlar).

**T<sub>1</sub>** - ishchi jismning dastlabki harorati bo'lib, issiqlik manbaining haroratiga teng.

**T<sub>2</sub>** - adiabatik kengayish oxiridagi harorat bo'lib, sovitgichning harorati hisoblanadi.





$$\eta_t = \frac{q_1 - q_2}{q_1}$$

$q_1$  issiqlik miqdori gazga **1-2** izotermik jarayonda beriladi

$$q_1 = RT_1 \ln \frac{v_2}{v_1}$$

**3-4** jarayonida gazni siqish (izotermik) uchun  $q_2$  issiqlik miqdori sovitgichga beriladi:

$$q_2 = RT_2 \ln \frac{v_3}{v_4}$$

$$\eta_t = \frac{RT_1 \ln \frac{v_2}{v_1} - RT_2 \ln \frac{v_3}{v_4}}{RT_1 \ln \frac{v_2}{v_1}} = \frac{T_1 \ln \frac{v_2}{v_1} - T_2 \ln \frac{v_3}{v_4}}{T_1 \ln \frac{v_2}{v_1}}$$



$$\eta_t = \frac{RT_1 \ln \frac{g_2}{g_1} - RT_2 \ln \frac{g_3}{g_4}}{RT_1 \ln \frac{g_2}{g_1}} = \frac{T_1 \ln \frac{g_2}{g_1} - T_2 \ln \frac{g_3}{g_4}}{T_1 \ln \frac{g_2}{g_1}}$$

Demak,

$$\ln \frac{g_2}{g_1} = \ln \frac{g_3}{g_4}$$

bo'lganligi uchun tenglikda ular o'zaro qisqaradi, ya'ni

$$\eta_t = \frac{T_1 - T_2}{T_1}, \quad \eta_t = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

*Shunday qilib, qaytar Karno siklining termik f.i.k. issiqlik manbaining va sovitgichning absolyut haroratlariga bog'liq.*

*$T_2=0$  ( $t_2 = -237,15$  °S) yoki  $T_1 = \infty$ . Ma'lumki, ikkala shart ham bajarilishi mumkin emas.*

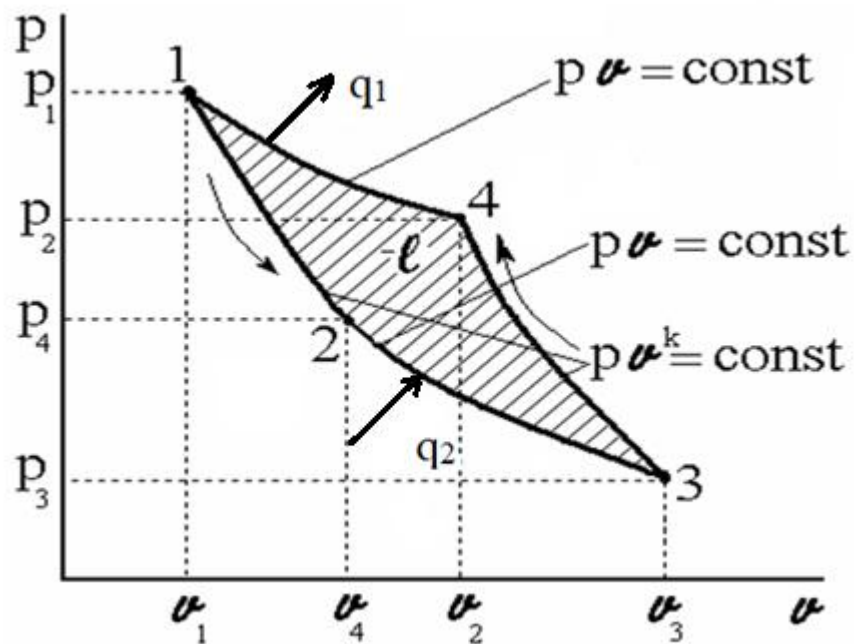
*Agar sovitgich va issiqlik manbalarining haroratlariga teng bo'lsa, ya'ni  $T_1 = T_2$  bo'lsa,  $\eta_t = 0$  bo'ladi.*

***Teskari Karno sikli deyiladi*** va sovitish mashinalarining ideal sikli bo'lib hisoblanadi. Bunda sikldan foydali ish olinish o'rniga, siklni bajarish uchun ish sarflash kerak bo'ladi.

Teskari Karno siklining sovitish koeffitsienti quyidagicha bo'ladi:

$$\varepsilon = \frac{q_2}{\ell} \quad \text{yoki} \quad \varepsilon = \frac{T_1}{T_1 - T_2}$$

$q_2$  – sovitgichdan olingan issiqlik miqdori;  
 $\ell$  - siklni bajarish uchun sarflanadigan ish miqdori.  
 Sovitish koeffitsienti  $\varepsilon$  ning ortishi uchun  $T_2$  ning ortishi va ayniqsa  $T_1$  ning kamayishi kerak



## Karno teoremasi

Qaytar Karno siklining termik f.i.k. ishchi jismning turiga bog'liq bo'lmay, u faqat issiqlik manbai va sovitgichlar haroratlariganing farqiga bog'liq. Chunki, termik f.i.k. ni aniqlaydigan ifodada  $T_1$  va  $T_2$  haroratlar bor xolos, **ishchi jismning fizik ko'rsatkichlari** esa ifodada ishtirok etmaydi.

***Teoremani shunday tushunish kerak;***

***Karno siklini bajarishda ishchi jism bo'lib, ideal gaz bo'lsa ham, real gaz bo'lsa ham, suv bug'i bo'lsa ham, uning termik f.i.k. bir xil bo'lib qolaveradi ( $T_1$  va  $T_2$  larning teng qiymatlarida),***

$$\overset{\text{ideal gaz}}{\eta_t} = \overset{\text{real gaz}}{\eta_t} = \overset{\text{suv bug'i}}{\eta_t} = \dots$$

chunki termik f.i.k. ni aniqlaydigan ifoda  $T_1$  va  $T_2$  haroratlar bor xolos, ishchi jismning fizik ko'rsatkichlari esa ifodada ishtirok etmaydi.

### 3. Termodinamika II qonunining mazmuni

Termodinamikaning birinchi qonuni energiyaning bir turdan ikkinchi turga aylanish yo'nalishini ham, aylanish sharoitini ham ko'rsatmaydi.

R.Klauzius (1850 y.) ta'rifi bo'yicha, *issiqlik ancha sovuq jismdan ancha issiq jismga o'z-o'zidan o'ta olmaydi.*

*Eng mukammal issiqlik dvigatellarida ham termik f.i.k. 60 % dan ortmaydi.*

## **Termodinamika II qonunining matematik ifodasi**

Qaytuvchan Karno siklining termik f.i.k. quyidagicha aniqlangan edi:

$$\eta_r = 1 - \frac{q_2}{q_1} \quad \text{yoki} \quad \eta_r = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Ikkala tenglikni o'ng tomonlarini yozamiz:

$$1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

yoki matematik o'zgartirib yozish mumkin:

$$\frac{q_1}{T_1} = -\frac{q_2}{T_2} \quad \text{yoki} \quad \frac{q_1}{T_1} + \frac{q_2}{T_2} = 0$$

Umumiy xolda

$$\sum \frac{q}{T} = 0$$

***Klauzius ta'biri bilan aytganda - keltirilgan issiqlik.***

Yuqorida aytilgan qoida faqat qaytar Karno sikli uchun bo'libgina qolmasdan, balki hamma qaytuvchan sikllarga ham yaroqlidir.

Buni isbotlash uchun ixtiyoriy qaytuvchan siklni ko'rib chiqamiz

Elementar Karno sikli **a-b-s-d** uchun yozamiz:

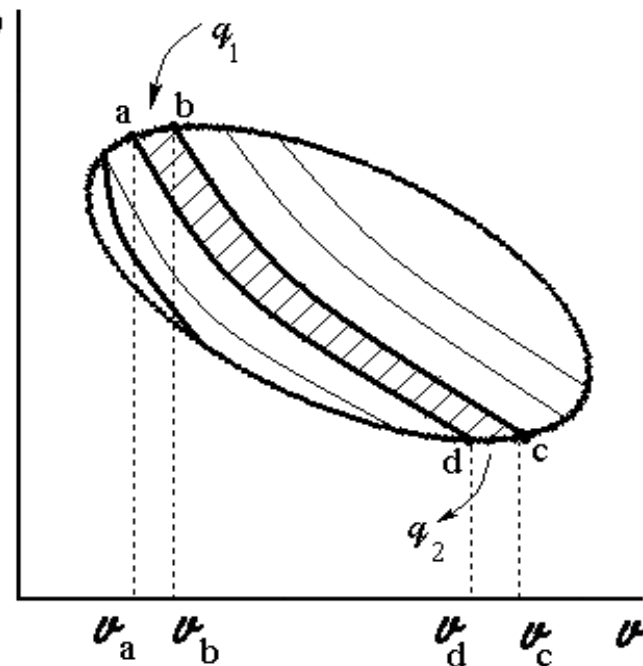
$$\sum \frac{dq}{T} = 0$$

Agar butun kontur bo'yicha integrallasak, qaytar sikl uchun quyidagiga ega bo'lamiz:

$$\oint \frac{dq}{T} = 0$$

Demak, *ixtiyoriy qaytuvchan sikl uchun keltirilgan issiqliklarning integral yig'indisi nolga teng.*

$$\oint \frac{dq}{T} = 0 \quad \text{yoki} \quad \oint dS = 0$$



Har qanday *qaytmas sikl* uchun esa

$$\frac{dq_1}{T_1} - \frac{dq_2}{T_2} < 0$$

Demak,

$$\sum \frac{dq}{T} < 0$$

Agar bajarilayotgan siklni to'la kontur bo'yicha ifodalovchi funktsiyani to'la differentsialini hisobga olsak quyidagiga ega bo'lamiz;

$$\oint \frac{dq}{T} < 0 \quad \text{yoki} \quad \oint \frac{dq}{T} \leq 0$$

*Bu ifoda termodinamika ikkinchi qonunining matematik ifodasi hisoblanadi.*

Termodinamikaning birinchi qonuni jarayonlarning bir turdan boshka turga utish jarayoning urgansa.

Termodinamikaning ikkinchi qonuni jarayonlarning shartlarini, qonuniyatlarini va sharoitlarini o'rganadi.

## **Termodinamikaning ikkinchi qonuni va entropiya**

Termodinamikaning 2-qonunida sistemaning entropiyasi doimiy ravishda ortadi

GULXAN-Ochiq sistema.



MUZLATGICH-yopiq sistema



*Tizim entropiyasining ortib borishi issiqlik manbai hamda sovitgichlarning haroratlarning tenglashib borishi va demak, tizim ish qobiliyatini yo'qolishi bilan bog'lik, chunki haroratlarning farqi yo'q joyda issiqlik ishga aylanmaydi.*



## ***Klauzius nazariyasining xatoligi***

Biz yashab turgan tabiatda sodir bo'ladigan jarayonlarning barchasi qaytmas jarayonlardir, demak, entropiyaning ortib borishi bilan tizimning bosimi, harorati va boshqa ko'rsatkichlari tenglashadi, ya'ni muvozanat holatiga keladi.

Bunda tizimning energiyasi miqdor jihatidan o'zgarmagan holda, sifat jihatdan o'zgaradi. Shuning uchun tizim muvozanat holiga kelganda uning ish qobiliyati nolgacha kamayadi.

Tizimning bu xususiyatini birinchi bo'lib 1865 yilda R.Klauzius aniqladi (keyinroq U.Tomson va boshqalar) va asossiz ravishda bu xususiyatni butun olamga qo'lladi. Uning nazariyasiga ko'ra, butun olam izolyatsiyalangan tizim va unda qaytmas jarayonlar sodir bo'ladi. Bunday tizimning entropiyasi ortib boraveradi va o'zining maksimal miqdoriga yetadi. Bundan keyin entropiya orta olmaydi.

Tizim ish qobiliyatini yo'qotadi, hech qanday harakat qolmaydi, Olam to'la tinchlik holatiga o'tadi, ya'ni issiqlikning o'limi sodir bo'ladi.

***Klauziusning issiqlikning o'limi nazariyasidagi xato shundan iboratki,***

XIX asrning ikkinchi yarmida ijod qilgan u va boshqa olimlar *olamni noto'g'ri ravishda izolyatsiyalangan tizim deb qaradilar.* Ma'lumki, *izolyatsiyalangan tizim* - ideal tizim bo'lib tabiatda **deyarli uchramaydi.**

Butun olam bo'lsa, *fazo bo'yicha ham, vaqt bo'yicha ham cheksizdir. Olam cheksiz ko'p miqdordagi holatlarga ega bo'lib, hatto cheksiz ko'p vaqt davomida ham ishlatib tugatib bo'lmaydi.*

Shuning uchun butun Olam uchun entropiyaning maksimum qiymati bo'lmaydi.



## ***Nazorat savollari va topshiriqlar***

1. Termodinamika ikkinchi qonuni formulasini keltiring va ma'nosini ayting. Issiqlik hodisalari bilan boradigan makroskopik jarayonlari tahlili uchun nimaga termodinamika birinchi qonuniga qo'shimcha ikkinchi qonun kerak bo'ladi?

2. Siklning issiqlik FIK va sovutish koeffitsientining tahlilini bering.

3. Karno sikli uchun asosiy asosiy hollarni ifodalang. Karno sikli har qanday qaytar sikllar etalon ekanligini isbotlang.

4. Umumlashgan Karno sikli issiqlik FIK Karno sikli FIK teng ekanligini isbotlang.

5. Qaytar jarayonlar kechadigan izolyatsiyalangan tizim uchun  $\oint \frac{dq}{T} = 0$

ekanligini ko'rsating, qaytmas uchun esa  $\oint \frac{dq}{T} > 0$  ekanligini. Entropiya o'zgarishi bilan  $S$  ( $\delta q/T$ ) orasidagi bog'lanishlarni izolyatsiyalangan tizimdagi qaytmas jarayonlar uchun asoslang.

6. Ts koordinatalarda kengayish va siqish jarayonlarni tasvirlang. Ts koordinatalarda Karno sikli, qaytmas adiabatik kengayish va siqish jarayonlar ko'rinishini keltiring.

*E`TIBORINGIZ UCHUN  
RAHMAT*