

10-mavzu: Issiqlik jarayonlarining qaytmasligi. Termodinamikaning qonunlari

Reja:

1. *Issiqlik jarayonlarining qaytmasligi.*
2. *Termodinamika asoslari.*
3. *Ichki energiya.*
4. *Termodinamikaning birinchi va ikkinchi qonunlari.*

Termodinamika asoslari. Makroskopik sistemalarda sodir bo'layotgan turli xil jarayonlarda energiya bir turdan ikkinchi turga o'tadi. Fizik jarayon ichidagi munosabatlarni o'rganadigan molekulyar fizikaning bo'limiga termodinamika deyiladi. Termodinamikada jismning xossalari faqat energiya almashinishi nuqtayi nazaridan o'rganib, ularning molekulyar tuzilishiga alohida e'tibor berilmaydi.

Ichki energiya. Molekulyar-kinetik nazariyaga asosan makroskopik jismni tashkil qilgan barcha molekulalar tartibsiz harakatlanadi. Jismni tashkil qilgan barcha zarralarning kinetik va potensial energiyalari yig'indisida jism (modda) ichki energiyasining yig'indisiga tengdir, ya'ni:

$$U = E_k + E_p \quad (10.1)$$

Bunda E_k va E_p jismni tashkil etgan barcha molekulalarning, mos ravishda kinetik va potensial energiyalari.

Ideal gazning ichki energiyasini hisoblash qattiq va suyuq jismlarning ichki energiyasini hisoblash kabi murakkab emas. Ideal gaz molekulalari bir-biri bilan to'qnashmasligi sababli, ularning o'zaro ta'sir potensial energiyasini nolga teng deb olish mumkin. U holda ideal gazning ichki energiyasi uni tashkil qilgan barcha molekulalari tartibsiz harakati kinetik energiyasining yig'indisidan iborat bo'ladi, ya'ni:

$$U = E_{k1} + E_{k2} + \dots + E_{kn} \quad (10.2)$$

Ideal gaz molekulasi uchun o'rtacha kinetik energiyasi: $\overline{E_k} = 3kT/2$ ekanligini etiborga olib, quyidagicha yozishimiz mumkin:

$$U = N \cdot \overline{E_k} = \frac{3}{2} NkT \quad (10.3)$$

Suningdek, $N = \frac{m}{M} \cdot N_A$ va $kN_A = R$ ekanligini etiborga olsak ideal gazning ichki energiyasi quyidagicha ko‘rinishga bo‘ladi:

$$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT \quad (10.4)$$

bu tenglik ideal gazning ichki energiyasini hisoblashga inkon beradi. Demak, *ideal gazning ichki energiyasi uning massasi bilan absolyut temperaturasi ko‘paytmasiga to‘g‘ri, molyar massasiga teskari proporsional ekan.*

Termodinamikada sistema bir holatdan ikkinchi holatga o‘tganda uning ichki energiyasining o‘zgarishi muhim hisoblanadi. Ichki energiyaning o‘zgarishi deganda sistemaning dastlabgi va oxirgi holati orasidagi ichki energiyalarfarqi tushuniladi, ya’ni:

$$\Delta U = U_2 - U_1 \quad (10.5)$$

Agar gazning temperaturasi T_1 dan T_2 gacha o‘zgarsa, (10.4) dan uning ichki energiyasining o‘zgarishini quyidagicha yozish mumkin:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{3}{2} \frac{m}{M} R \Delta T = \frac{3}{2} \nu R \Delta T \quad (10.6)$$

Ideal gazning holat tenglamasiga ko‘ra $pV = \frac{m}{M} RT$ bo‘lgani uchun (10.4) tenglikni quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

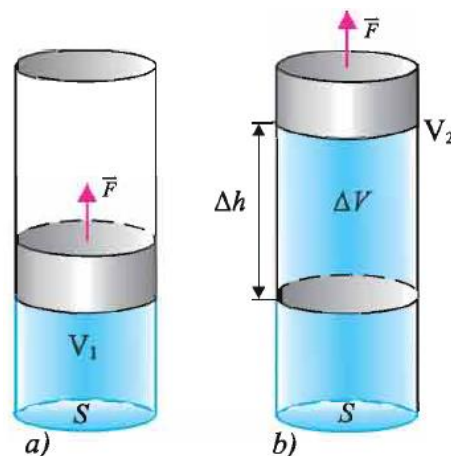
$$U = \frac{3}{2} pV \quad (10.7)$$

bu tenglikdan gazning ichki energiyasi gaz bosimi va hajmiga ham bog‘liq ekanligi ko‘rinadi. (10.4) va (10.7) tengliklardan bir atomli gaz uchun:

$$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT = \frac{3}{2} pV \quad (10.8)$$

Har qanday jismning ichki energiyasi uning issiqlik holatiga bo‘liq. Jismda issiqlik holatining o‘zgarishi bilan uning ichki energiyasi ham o‘zgaradi. Modda bir agregat halatdan boshqa agregat holatga o‘tganda, M: modda suyuq holatdan gaz holatiga o‘tganda va qattiq holatdan suyuq holatga o‘tganda uning ichki energiyasi o‘zgaradi. Qattiq holatdan suyuq holatga o‘tganda ichki energiya ortsa, aksincha, suyuq holatdan qattiq holatga o‘tganda jism ichki energiyasi kamayadi. Shuningdek, modda suyuq holatdan gaz holatiga o‘tganda uning ichki energiyasi ortadi.

Gazning kengayishida bajaragan ish. Biror sistemaning ichki energiyasini o'zgarishiga ish bajarish va issiqlik almashinish jarayonlari sabab bo'ladi. Gazda sodir bo'ladigan ko'pchilik jarayonlarda uning hajmi o'zgaradi. Gaz biror hajmni egallab turishi uchun u idishga qamalgan bo'lib, biror tashqi kuch ostida turishi kerak. Faraz qilaylik, m massali gaz erkin siqilayotgan porshenli silindirik idishda qamalgan bo'lsin. Gazni bu holatdagi temperaturasi T_1 , hajmi V_1 va bosimi p_1 bo'lsin. Agar gazni T_2 temperaturagacha qizdirsak (porshen erkin erkin siljiy olganligi



55-rasm

uchun, gaz bosimini o'zgarimas deb qaraladi, ya'ni $p_1=p_2$), gaz izobarik kengayib V_2 hajmni egallaydi (55-rasm). Gazning hajmi o'zgarganda, u tashqi bosim kuchiga qarshi ish bajaradi. Bu ishga termodinamik ish deyiladi. Gaz qizdirilganda, gaz molekulalari porshenga borib urilishi natijasida porshenni biror Δh masofaga siljitadi va ish bajaradi. Mexanik ish formulasiga ko'ra gazning tashqi kuchga qarshi bajaragan ishi quyidagiga teng:

$$A = F\Delta h \quad (10.10)$$

Bosim ta'rifidan $F=pS$ ekanligidan (10) ifoda quyidagi ko'rinishga keladi: $A = p \cdot$

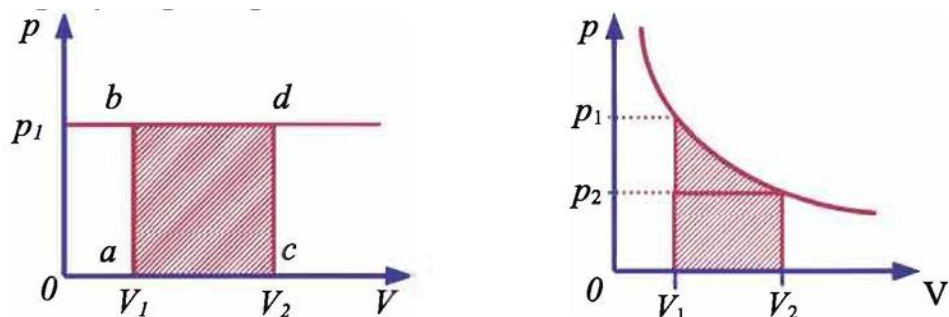
$$S \cdot \Delta h = p \cdot \Delta V \quad (10.11)$$

Bunda $\Delta V=V_2-V_1$ gaz hajmining o'zgarishidir. Demak, gazning izobarik kengayishida bajaragan ishi uning bosimi bilan hajmi o'zgarishining ko'paytmasiga teng ekan. Bu jarayonda gaz kengayib tashqi kuchlarga qarshi musbat ish bajaradi, chunki kuch yo'nalishi bilan porshenning ko'chish yo'nalishi bir xil. Gaz siqilganda gaz ustidan tashqi kuchlar ish bajaradi.

Gaz bajaragan ishning geometrik talqini. Ishning geometrik talqini bu jarayonda bajarilgan ishni geometrik yo'l bilan izohlashdir. Bunda gaz bosimining hajmiga bog'lanish grafigi chiziladi, masalan, gaz izobarik kengaysin. O'zgarimas p bosimga ega bo'lgan gazning hajmi V_1 dan V_2 ga kengayganda bajarilgan ish $abcd$ to'g'ri to'rtburchakning yuziga son jihatdan teng, ya'ni:

$$A = p_1(V_2 - V_1) = |ab| \cdot |ac| \quad (10.12)$$

Izotermik jarayonda bosim hajmga teskari proporsional ravishda o'zgaradi. Bu holda gazning bajargan ishi son jihatdan izoterma grafigi ostidagi shtrixlangan yuzaga teng bo'ladi (56-rasm).



56-rasm

Issiqlik miqdori. Bir jismdan ikkinchi jismga ish bajarmasdan energiya uzatish jarayoniga issiqlik almashinuv yoki issiqlik uzatish deyiladi.

Issiqlik almashinish jarayonida jism olgan yoki yo'qotgan ichki energiya miqdorini belgilovchi fizik kattalikka issiqlik miqdori deyiladi.

Issiqlik miqdorining o'lchov birligi ishning birligi bilan bir xil, ya'ni **Joul (1 J)**. Issiqlik miqdorini hisoblash uchun **kaloriya (1 kal)** deb ataladigan birlik ham kiritilgan. Issiqlik miqdorini **Q** harfi bilan belgilash qabul qilingan.

1 gramm distillangan suvni 1°C ga isitish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdori 1 kaloriya deb qabul qilingan.

Kaloriya bilan birgalikda kilokaloriya ham qo'llaniladi ($1 \text{ kkal} = 1000 \text{ kal}$).

Issiqlik miqdorining Joul bilan kaloriya birliklari orasidagi munosabat quyidagicha ifodalanadi: $1 \text{ J} = 0,24 \text{ kal}$ yoki $1 \text{ kal} = 4,19 \text{ J}$.

Issiqlik uzatilish jarayonida jismning temperaturasi t_2 qiymatidan t_1 qiymatiga o'zgargan bo'lsa, jism olgan yoki yo'qotgan issiqlik miqdori quyidagicha hisoblanadi:

$$Q = mc(t_2 - t_1) \quad (10.13)$$

bunda m - jismning massasi, c - proporsionallik koeffitsiyenti bo'lib, unga moddaning solishtirma issiqlik sig'imi deyiladi, t_1 - jismning boshlang'ich temperaturasi, t_2 - jismning oxirgi temperaturasi. Issiqlik almashinish jarayonidan keyin jismning temperaturasi $t_2 > t_1$ munosabatda bo'lsa $Q > 0$ bo'lib, jism issiqlik

miqdori olganligini va aksincha $t_2 < t_1$ munosabatda bo'lsa $Q < 0$ bo'lib, jism issiqlik miqdori berganligini anglatadi. (10.13) ifodaga ko'ra moddaning solishtirma issiqlik sig'imi quyidagicha hisoblanadi:

$$c = Q/m(t_2 - t_1) \quad (10.14)$$

tenglikka ko'ra solishtirma issiqlik sig'imining Xalqaro birliklar sistemasidagi birligi $J/kg \cdot K$ ekanligi kelib chiqadi.

Jism (modda)ning bergan yoki olgan issiqlik miqdorini kalorimetr yordamida aniqlash mumkin. *Kalorimetr* so'zi *issiqlikni o'lchash* degan ma'noni bildiradi (lotincha *calor* - *issiqlik*, grekcha *metreo* - *o'lchash*).

Massasi 1 kg bo'lgan moddaning temperaturasini 1°C ga o'zgartirish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdorini tavsiflovchi fizik kattalikka moddaning solishtirma issiqlik sig'imi deyiladi.

Gazlarning issiqlik sig'imini xarakterlashda solishtirma issiqlik sig'imi va molyar issiqlik sig'im tushunchalaridan foydalaniladi.

a) *gazning solishtirma issiqlik sig'imi* – 1 kg massali gaz temperaturasini 1 K ga oshirish uchun kerak bo'ladigan issiqlik miqdori bilan aniqlanuvchi kattalikdir. U $J/kg \cdot K$ larda o'lchanadi.

b) *gazning molyar issiqlik sig'imi* - 1 mol gaz temperaturasini 1 K ga oshirish uchun lozim bo'ladigan issiqlik miqdori bilan xarakterlanuvchi kattalik. U $J/(mol \cdot K)$ larda o'lchanadi.

Solishtirma issiqlik sig'imi c (kichik harfi), molyar issiqlik sig'im C (kata harf) – bilan belgilanadi.

Moddalarning solishtirma issiqlik sig'imlarining son qiymatlari quyidagi 7-jadvalda keltirilgan.

7-jadval

Ba'zi moddalarning solishtirma issiqlik sig'imlari

	Modda turi	Solishtirma issiqlik sig'imlari ($J/(kg \cdot K)$)		Modda turi	Solishtirma issiqlik sig'imlari ($J/(kg \cdot K)$)
1	Qo'rg'oshin	130	6	Shisha	830

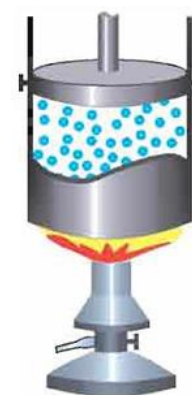
2	Kumush	230	7	Alyuminiy	890
3	Qalay	230	8	Muz	2100
4	Mis	390	9	Kerosin	2140
5	Po'lat	460	10	Suv	4200

Termodinamikaning birinchi qonuni.

Issiqlik hodisalarini o'rganish bo'yicha kuzatish va tajribalar umumlashtirilib, **energiyaning saqlanish qonuniga** quyidagicha ta'rif berilgan:

Tabiatda energiya yo'qdan bor bo'lmaydi va yo'qolmaydi. Energiya miqdori o'zgarmaydi, energiya faqat bir turdan boshqa turga aylanadi.

Energiyaning saqlanish qonuni tabiatda bo'ladigan barcha hodisa va jarayonlarda bajariladi. **Termodinamikaning birinchi qonuni** energiya saqlanish qonunining issiqlik hodisalariga tatbiqini ifodalaydi.



57-rasm

Aytaylik, ichiga gaz qamalgan silindr porsheni og'irlik kuchi ta'sirida turgan bo'lsin. U silindr devorlariga ishqalanmasdan erkin harakat qila olsin. Gazga Q issiqlik miqdori berilsin. Berilgan bu issiqlik gazning ichki energiyasini ΔU ga oshirishga va porshenni Δh balandlikka ko'tarishga sarflanadi. Gaz porshenni Δh balandlikka ko'tarishi uchun tashqi kuchlarga qarshi, jumladan, porshenning og'irlik kuchiga qarshi A ish bajaradi (57-rasm).

$$Q = \Delta U + A \quad (10.15)$$

Sistemaga berilgan issiqlik miqdori sistemaning ichki energiyasini o'zgartirishga va sistemaning tashqi kuchlarga qarshi ish bajarishiga sarflanadi.

Bu ta'rif va formula **termodinamikaning birinchi qonunini** ifodalaydi. Bu qonunni XIX asming o'rtalarida nemis olimlari **R. Mayer, G. Gelmgols** va ingliz olimi **J.Joul** ta'riflagan.

Termodinamika birinchi qonunining izojarayonlarga tatbiqi:

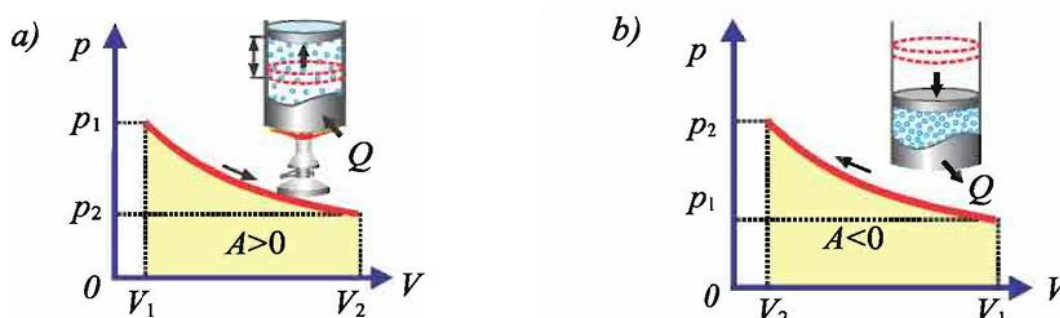
1. Izotermik jarayon ($T = const$). Ideal gazning temperaturasi o'zgarmasa, ichki energiyasi ham o'zgarmaydi va (10.15) formulada $\Delta U = 0$ bo'ladi. Bunday holat uchun termodinamikaning birinchi qonuni quyidagicha ifodalanadi:

$$Q = A \quad (10.16)$$

Izotermik jarayonda ideal gazga berilgan issiqlik miqdori ish bajarishga sarflanadi.

Izotermik jarayonda gaz issiqlik olayotgan ($Q > 0$) bo'lsa, gaz ΔV hajmga kengayadi va musbat ish ($A > 0$) bajaradi. 58 a - rasmdagi diagrammada bajarilgan ish bo'yalgan yuzaga teng bo'ladi.

Agar gaz tashqi muhitga issiqlik berayotgan ($Q < 0$) bo'lsa, gaz manfiy ish ($A < 0$) bajarayotgan bo'ladi. Bunda tashqi sistema gaz ustida ish bajarayotgan bo'ladi. Bajarilgan ishning kattaligi diagrammada ko'rsatilgan yuzaga tengdir (58 b - rasm).



58-rasm

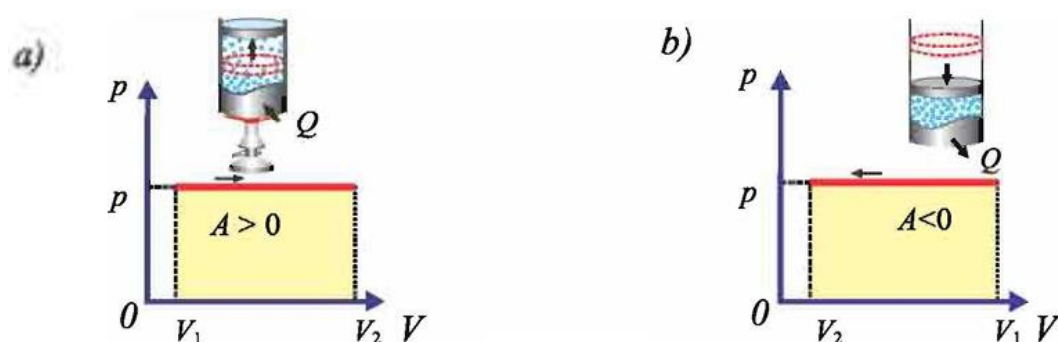
Izobarik jarayon ($p = const$). O'zgarmas bosim sharoitida gazga issiqlik berilayotgan bo'lsa, bajarilgan ish $A = p\Delta V$ bo'ladi. U holda termodinamikaning birinchi qonuni quyidagicha ifodalanadi:

$$Q = \Delta U + p\Delta V \quad (10.17)$$

Izobarik jarayonda sistemaga berilgan issiqlik sistemaning ichki energiyasini o'zgartirishga va o'zgarmas bosimda ish bajarishga sarflanadi.

Agar gaz o'zgarmas bosimda isitilayotgan ($Q > 0$) bo'lsa, gazning ichki energiyasi ortadi ($\Delta U > 0$) va shu bilan bir vaqtda gaz kengayib, musbat ish ($A > 0$) bajaradi. Bajarilgan ishning miqdori diagrammadagi yuzaga teng bo'ladi (59 a-rasm).

Gaz o'zgarmas bosimda sovitilayotganda ($Q < 0$) gazning ichki energiyasi kamayadi ($\Delta U < 0$), shu bilan bir vaqtda manfiy ish bajariladi ($A < 0$). Bajarilgan ishning kattaligi diagrammada ko'rsatilgan yuzaga teng bo'ladi (59 b - rasm).



59-rasm

Izoxorik jarayon ($V = \text{const}$). Izoxorik jarayonda gazning hajmi o'zgarmas bo'lganligi uchun ($\Delta V = 0$), gaz tashqi kuchlarga qarshi ish bajarmaydi, ya'ni: $A = p\Delta V = 0$ bo'ladi. Bunday holat uchun termodinamikaning birinchi qonuni quyidagicha ifodalanadi:

$$Q = \Delta U \quad (10.18)$$

Izoxorik jarayonda sistemaga berilgan issiqlikning hammasi sistemaning ichki energiyasini o'zgartirishga sarflanadi.

Gaz isitilganda ichki energiyasi ortadi ($\Delta U > 0$), sovitilganda esa ichki energiyasi kamayadi ($\Delta U < 0$).

Termodinamikaning ikkinchi qonuni. Bu qonun ta'rifining bir nechta shakllari mavjud bo'lib, ularning eng soddasi Klauzius ta'rifi ni keltiramiz.

Issiqlik o'z-o'zidan past temperaturali jismdan yuqori temperaturali jismga o'tmaydi.

Amalda cheksiz katta bo'lgan okean suvlaridagi issiqlik o'z-o'zidan temperaturasi suvnikidan pastroq bo'lgan jismgagina o'tishi mumkin. Issiqlikni temperaturasi past jismdan temperaturasi yuqori jismga o'tkazish uchun qo'shimcha ish bajarish kerak. Shu bilan birga, issiqlik miqdori ishga to'la aylanmay, uning bir qismi atrof-muhitni qizdirishga sarflanadi. Shu nuqtayi nazardan ikkinchi qonunning

Plankning quyidagi ta’rifi ham e’tiborga molik: **tabiatda issiqlik miqdori to’laligicha ishga aylanadigan jarayon bo’lishi mumkin emas.**

Issiqlik ishga aylanishi uchun isitkich va sovitkich bo’lishi kerak. Barcha issiqlik mashinalarida isitkichdan sovitkichga beriladigan energiyaning bir qismigina foydali ishga aylanadi. Unda issiqlik mashinalarining FIK qanday kattaliklarga bog’liq va uni oshirish uchun nima qilmoq kerak degan savol tug’iladi. Bu savolga termodinamikaning ikkinchi qonunning Karno ta’rifi javob beradi: **ideal issiqlik mashinasining foydali ish koeffi tsiyenti issiqlik beruvchi va issiqlik oluvchilarning temperaturalari farqi bilangina aniqlanadi.**

Termodinamika qonunlari amalda qanday issiqlik mashinalari yasash mumkinligi va ularning FIKni orttirish uchun nimalarga e’tibor berish zarurligi haqida yo’llanma beradi.

Ikkinchi tur “perpetuum mobile”. Ikkinchi tur “perpetuum mobile” okean suvlaridagi ulkan miqdordagi energiyadan ish bajarmasdan foydalanish mumkin degan g’oyaga asoslangan. Termodinamikaning ikkinchi qonuni esa **issiqlik miqdori faqat issiq jismdan sovuq jismga o’z-o’zidan o’tishi mumkin, teskarisi uchun esa qo’shimcha ish bajarish zarur deb ta’kidlaydi.** Bu esa ikkinchi tur “perpetuum mobile”ni yasash mumkin emasligini ko’rsatadi.

Agar ikkinchi tur “perpetuum mobile”ni yasash mumkin bo’lganda edi insoniyat juda ulkan energiya manbayiga ega bo’lardi. Okeanlarda mavjud 10^{21} kg suvning temperaturasini $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ga pasaytirishga erishilsa, bu 10^{24} J issiqlik miqdori ajratib olishga imkon beradi. Shuncha energiya beruvchi ko’mirni temir yo’l sostaviga yuklasak, uning uzunligi 10^{10} km ni tashkil etadi. Bu esa qariyb Quyosh sistemasining diametriga teng masofadir.

Nazorat savollari

1. Ichki energiya deb nimaga aytiladi.
2. Gazning kengayishida qanday ish bajaradi.
3. Issiqlik miqdori deb nimaga aytiladi.
4. 1 kaloriya deb nimaga aytiladi.
5. Moddaning solishtirma issiqlik sig’imi deb nimaga aytiladi.

6. Issiqlik sig'imi deb nimaga aytiladi.
7. Termodinamikaning birinchi qonuniga ta'rif bering.
8. Termodinamikaning ikkinchi qonuniga ta'rif bering.
9. Termodinamika ikkinchi qonunining ahamiyati nimada?
10. Tabiatda issiqlik miqdori to'laligicha ishga aylanadigan jarayon bo'lishi mumkinmi?
11. Issiqlik mashinasining foydali ish koeffi tsiyenti nimalarga bog'liq?