

6-Amaliy mashg‘ulot

Mavzu: Gazning bajargan ishi. Issiqlik sig‘imi. Termodinamikaning birinchi qonuni, uni izojarayon va adiabatik jarayonlarga tadbiqi. Entropiya.

Ichki energiya

Har qanday moddaning molekulalari uzluksiz tartibsiz harakatda bo‘lganligi sababli, molekulalar kinetik energiyaga ega bo‘ladi. Shuningdek, molekulalar orasida tortishish va itarish kuchlari mavjudligi tufayli fazoda ular bir – biridan ma’lum masofada joylashadi. Demak, molekulalar potensial energiyaga ham ega bo‘ladi.

Molekulyar kinetik nazariyaga asosan makroskopik jismni tashkil etgan barcha molekulalarning tartibsiz (xaotik) harakatining kinetik energiyalari bilan barcha molekulalarning bir-biri bilan qiladigan o‘zaro ta’sirining potensial energiyalari yig‘indisi modda (jism)ning ichki energiyasiga tengdir, ya’ni

$$U = E_k + E_p \quad (1)$$

bu yerda E_k va E_p jismni tashkil etgan barcha molekula (atom)larning mos ravishda kinetik va potensial energiyalari.

Ideal gazning ichki energiyasini hisoblash qattiq va suyuq jismlarning ichki energiyasini hisoblashga nisbatan uncha murakkab emas. Chunki ideal gaz molekulalari bir – biri bilan o‘zaro ta’sirlashmasligi sababli, ularning o‘zaro ta’sir potensial energiyasi nolga teng. Shuning uchun, ideal gazning ichki energiyasi uning molekulalari tartibsiz harakati kinetik energiyasining yig‘indisidan iboratdir, ya’ni

$$U = E_{k1} + E_{k2} + \dots + E_{kn} \quad (2)$$

Ideal gaz molekulasining o‘rtacha kinetik energiyasi $\bar{E}_k = \frac{i}{2}kT$ ekanligini e’tiborga olsak (2) ifodani quyidagicha yozish mumkin:

$$U = N \cdot \bar{E}_k = \frac{i}{2} N k T \quad (3)$$

Shuningdek, $N = \frac{m}{M} \cdot N_A$ va $k \cdot N_A = R$ ekanligini e’tiborga olsak (3) ifoda quyidagi ko‘rinishga keladi:

$$U = \frac{i}{2} \frac{m}{M} \cdot RT \quad (4)$$

(4) tenglik ideal gazning ichki energiyasini hisoblashga imkon beradi va bu tenglikka ko‘ra, ideal gazning ichki energiyasi uning massasi bilan absolyut temperaturasi hamda erkinlik darajalari sonining ko‘paytmasiga to‘g‘ri, molyar massasiga teskari proporsional ekan. (4) tenglikdan ideal gazning ichki energiyasi faqat uning temperaturasi o‘zgarganda o‘zgaradi degan xulosa kelib chiqadi. Agar gazda biror jarayon sodir bo‘lib, uning temperaturasi T_1 dan T_2 gacha o‘zgarsa, uning ichki energiyasi ham

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{i}{2} \frac{m}{M} \cdot R \Delta T \quad (5)$$

ga o‘zgaradi. Gazning holat tenglamasiga ko‘ra $PV = \frac{m}{M} RT$ bo‘lgani uchun (4) tenglikni

$$U = \frac{i}{2} PV \quad (6)$$

ko‘rinishda yozish mumkin. (6) tenglikdan gazning ichki energiyasi gaz bosimi va hajmiga ham bog‘liq ekanligi ko‘rinadi. Chunki gazning hajmi o‘zgarganda, gaz molekulalari orasidagi masofa o‘zgaradi. Hajm juda kichrayganda, molekulalar o‘zaro ta’sir potensial energiyasiga ega bo‘la boshlaydi. Xulosa qilib aytganda, gazning ichki energiyasi uning mikroskopik parametrlariga ham bog‘liq ekan. Xususiy holda, bir atomli gazlar uchun erkinlik darajasi $i = 3$ bo‘lib, ikki atomli gaz molekulalari uchun esa $i = 5$, uch va ko‘p atomli gaz molekulalari uchun $i = 6$ ga tengdir. U holda yuqoridagi (4), (5) va (6) tenglamalarni bir atomli gazlar uchun qo‘yidagicha yozamiz:

$$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} \cdot RT, \quad \Delta U = U_2 - U_1 = \frac{3}{2} \frac{m}{M} \cdot R \Delta T, \quad U = \frac{3}{2} PV \quad (7)$$

ISSIQLIK MIQDORI

Issiqlik almashinuvি jarayonida jism olgan yoki yo‘qotgan ichki energiya miqdorini belgilovchi fizik kattalikka issiqlik miqdori deyiladi. Issiqlik uzatilish jarayonida jism olgan yoki yo‘qotgan issiqlik miqdori quyidagicha hisoblaniladi:

$$Q = mc(t_2 - t_1) \quad (1)$$

bu yerda m – jismning massasi, s – proporsionallik koeffitsienti bo‘lib, unga moddaning solishtirma issiqlik sig‘imi deyiladi, t_1 - jismning boshlang‘ich temperaturasi, t_2 - jismning oxirgi temperatuasi. 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 bergenligini anglatadi.

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

(1) ifodaga ko‘ra moddaning solishtirma issiqlik sig‘imi quyidagicha hisoblanadi:

$$c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)} \quad (2)$$

(2) tenglikka ko‘ra solishtirma issiqlik sig‘imining XBS dagi birligi

$$[c] = \frac{J}{kg \cdot K} \text{ ekanligi kelib chiqadi.}$$

YOQILG‘INING YONISH ISSIQLIGI

Yoqilg‘idan foydalanish atomlar birikib molekulaga hosil bo‘layotgan paytda energiya chiqishi hodisasiga asoslangan. Odatdagи yoqilg ilarda (ko‘mir, neft, benzin va boshqalarda) uglerod bor. Yonish vaqtida uglerod atomi havodagi kislород molekulasi bilan birikib (CO_2) karbonat angidrit molekulasi hosil bo‘ladi. Karbonat angidritning hosil bo‘lish jarayonida issiqlik ajralib chiqadi. Turli yoqilg‘ilar yonganda turli xil miqdordagi issiqlik miqdorini chiqarishligi tajribalarda tasdiqlangan. **1 kg yoqilg‘i butunlay yonib ketganda chiqadigan issiqlik miqdori shu yoqilg‘ining yonish issiqligi deyiladi.** Massasi m bo‘lgan har qanday yoqilg‘i yonganda ajralib chiqqan issiqlik miqdori Q ni hisoblash uchun uning yonish issiqligi q ni yondirilgan yoqilg‘ining massasiga ko‘paytirish kerak:

$$Q = q \cdot m \quad (3)$$

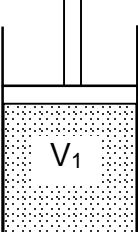
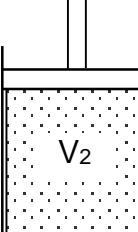
(3) formulaga ko‘ra yoqilg‘ining yonish issiqligi birligi XBS da

$$[q] = \left[\frac{Q}{m} \right] = \frac{1J}{1kg} = 1 \frac{J}{kg}$$

o‘lchanadi.

TERMODINAMIKADA ISH TUSHUNCHASI

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, t massali gaz erkin siljiydigan porshenli silindirik idishga qamalgan bo‘lsin(1-a rasm).

 1-a rasm	 1-b rasm	<p>Gazning bu holatdagi temperaturasi T_1 hajmi V_1 va bosimi r_1 bo‘lsin. Agar gazni izobarik ravishda T_2 temperaturagacha qizdirsaq (porshen erkin siljiy olganligi uchun, gaz bosimini o‘zgarmas deb qarash mumkin, ya’ni $p_1=p_2$) gaz kengayib V_2 hajmni egallaydi (1-b rasm).</p>
--	--	---

Gazning hajmi o‘zgarganda, u tashqi bosim kuchiga qarshi ish bajaradi. Bu ishga **termodinamik ish** deb ataladi. Gaz qizdirilganda, gaz molekulalarining o‘rtacha kvadratik tezligining hamda o‘rtacha kinetik energiyasi ortadi, bu hol gazning ichki energiyaining ortishiga olib keladi. Tezliklari (kinetik energiyasi) ortgan gaz molekulalarning porshenga borib urilishi natijasida porshenni biror Δh masofaga siljitadi. Mexanik ish formulasiga ko‘ra gazning tashqi kuchga (qarshi) bajargan ishi quyidagiga teng

$$A = F \cdot \Delta h \quad (1)$$

Bosim ta’rifidan $F = p \cdot S$ ekanligini e’tiborga olsak (1) ifoda quyidagi ko‘rinishga keladi

$$A = p \cdot S \cdot \Delta h = p \cdot \Delta V \quad (2)$$

bu yerda $\Delta V = V_2 - V_1$ gaz hajmining o‘zgarishidir.

Demak, gazning izobarik kengayishida bajargan ishi uning bosimi bilan hajmi o‘zgarishining ko‘paytmasiga teng ekan. Gaz kengayganda musbat ish bajaradi, chunki kuch yo‘nalishi bilan porshenning ko‘chish yo‘nalishi bir xil. Kengayish jarayonida gaz o‘z atrofidagi jismlarga energiya uzatadi. Gaz siqilganda ham, bajargan ishi (2) ifodaga ko‘ra aniqlanadi, ammo $A < 0$ bo‘ladi. Gaz tashqi kuch yo‘nalishida siqilganda tashqi kuch musbat ish bajaradi, chunki tashqi kuch yo‘nalishida porshen ko‘chadi. Tashqi jismlar gaz ustidan musbat ish bajarib, gazga energiya beradi. 1-a,b rasmlarda tasvirlangan har ikki holatlar uchun Mendeleev – Klapeyron tenglamasini yozib

$$p_1V_1 = \frac{m}{M} RT_1 \text{ va } p_2V_2 = \frac{m}{M} RT_2$$

ularni bir-biridan ayirsak

$$p_2V_2 - p_1V_1 = \frac{m}{M} RT_2 - \frac{m}{M} RT_1$$

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

Agar $T_2 - T_1 = \Delta T$ va $V_2 - V_1 = \Delta V$ deb olsak, yuqoridagi ifoda quyidagi ko‘rinishga keladi.

$$p\Delta V = \frac{m}{M} R\Delta T \quad (3)$$

(2) ifodaga ko‘ra gaz ΔT temperaturaga qizdirilganda tashqi kuchlar ustidan bajarilgan ish quyidagicha aniqlanadi.

$$A = p\Delta V = \frac{m}{M} R\Delta T \quad (4)$$

bu ifodani 1 mol miqdordagi gaz uchun yozsak, u quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

$$A = R\Delta T \quad (5)$$

bundan $R = \frac{A}{\Delta T}$ kelib chiqadi, bu ifodaga ko‘ra universal gaz doimiysining fizik ma’nosi kelib chiqadi.

Universal gaz doimiysi son jihatdan bir mol gazni bir gradus kelvinga izobarik qizdirilganda shu gaz tomonidan bajarilgan ishga teng.

TERMODINAMIKANING BIRINCHI QONUNI

Energiyaning saqlanish va aylanishining issiqlik xodisalarga joriy etilgan qonuni **termodinamikaning birinchi qonuni** deb ataladi. Termodinamikaning birinchi qonuni quyidagicha ta’riflanadi: **sistema bir holatdan boshqa holatga o‘tganda uning ichki energiyasining o‘zgarishi tashqi kuchlar sistema ustida bajargan ish bilan sistemaga uzatilgan issiqlik miqdorining yig‘indisiga teng, ya’ni**

$$\Delta U = A + Q \quad (1)$$

bu yerda A - tashqi kuchlarning sistema ustidan bajargan ishi, Q – sistemaga uzatilgan issiqlik miqdori.

Agar sistema yakkalangan ya’ni faqat bitta jismdan iborat bo‘lsa, unga tashqi kuchlar ta’sir qila olmaganligidan $A=0$ bo‘ladi va bu sistema atrofdagi jismlar bilan issiqlik almashmaydi ($Q=0$). Termodinamikaning birinchi qonuniga asosan ichki energiyaning o‘zgarishi $\Delta U = U_2 - U_1 = 0$ yoki $U_1 = U_2$ bo‘ladi. Yakkalangan sistemaning ichki energiyasi o‘zgarmaydi.

Tashqi kuchlarning sistema ustida bajargan ishi manfiy ishora bilan olingan sistemaning tashqi kuchlarga qarshi bajargan ishiga teng ($A = -A'$), bo‘lganligi uchun (1) ifodani quyidagicha yozamiz:

$$Q = A' + \Delta U \quad (2)$$

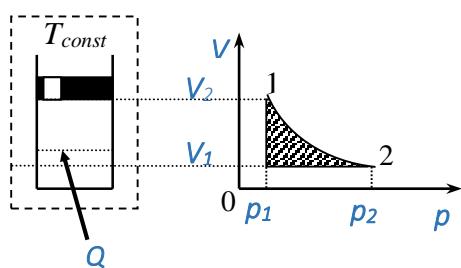
(2) munosabatdan quyidagi xulosa kelib chiqadi: sistemaga berilgan issiqlik miqdori sistemaning ichki energiyasining o‘zgarishiga va sistemaning tashqi jismlar (kuchlar) ustida ish bajarishiga sarf bo‘ladi.

Termodinamikaning birinchi qonunidan abadiy dvigatearning yaratilishi mumkin emasligi kelib chiqadi. Abadiy dvigate tel tashqaridan issiqlik (energiya) olmasdan ($Q=0$) ish bajaradigan qurilmadir. (2) tenglikni abadiy dvigate tel sistemasi uchun qo‘llasak, $A' = -\Delta U$ kelib chiqadi. Demak, abadiy dvigate tel sistemaning ichki energiyasining kamayishi hisobiga ish bajarar ekan. Har bir sitemaning ichki energiyasi chekli bo‘lganligi uchun bunday qurilma faqat sistemaning ichki energiyasi tugaguncha ishlab, so‘ngra to‘xtab qoladi.

IZOJARAYONLARGA TERMODINAMIKANING BIRINCHI QONUNINING QO'LLANILISHI

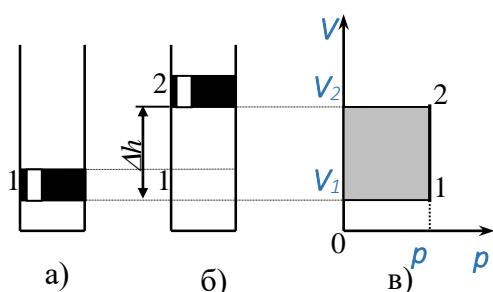
Izotermik jarayon. Izotermik jarayonning yuzaga kelishi uchun ichida erkin harakatlana oladigan porsheni bo'lgan silindr gaz bilan to'ldirilib, temperaturani o'zgartirmay ushlab turadigan asbob termostatga joylashtiriladi (1-rasm). Izotermik jarayonda gazning harorati o'zgarmas ($T=const$) bo'lganligi uchun uning ichki energiyasi ham o'zgarmaydi ($\Delta U=0$). Izotermik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$Q=A' \quad (1).$$



1-rasm

Demak, iztermik jarayonda gaz kengayganda A' ish bajaradi va termostatdan bajarilgan ishga teng bo'lgan issiqlik miqdori oladi. Izotermik jarayonda (p,V) diagramma giperbolaiq egri chiziqdan iborat bo'lib, bu jarayonda gaz V_1 hajmdan V_2 hajmgacha kengayganda bajarilgan ish 1-rasmda shtrixlangan yuza orqali ko'rsatilgan.



2-rasm

Izobarik jarayon. Izobarik jarayon o'zgarmas bosimda ($p=const$) amalgaganligi uchun bu jarayonning (p,V) diagrammasi ordinata o'qlariga parallel bo'lgan to'g'ri chiziqdan iborat bo'ladi (2-rasm). U holda gaz haj mining V_1 dan V_2 gacha izobarik kengayishida bajarilgan ishning qiymati rasmdagi shtrixlangan to'g'ri to'tburchakning yuzi bilan aniqlanadi:

$$A'=p(V_2-V_1)=p\Delta V \quad (2)$$

Ideal gazga berilayotgan issiqlik miqdori Q ning qolgan qismi termodinamikaning birinchi qonuniga ko‘ra ichki energiyaning o‘zgarishiga sabab bo‘ladi. Izobarik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni $Q=\Delta U+A'$ ko‘rinishda o‘zgarmay qoladi. Shuningdek,

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{i}{2} \frac{m}{M} \cdot R \Delta T$$

$$\text{va} \quad A' = p \Delta V = \frac{m}{M} R \Delta T \quad (3)$$

bo‘lganligi uchun termodinamikaning birinchi qonuni izobarik jarayon uchun quyidagi ko‘rinishda yozish mumkin:

$$Q = \frac{(i+2)}{2} \cdot \frac{m}{M} \cdot R \cdot \Delta T \quad (4)$$

Izoxorik jarayon. Izoxorik jarayonda berilgan gaz massasining hajmi o‘zgarmas ($V=const$) bo‘lganligi uchun gaz tashqi kuchlarga qarshi ish bajarmaydi ($A'=0$). Shuning uchun termodinamikaning bu jarayon uchun quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi $Q=\Delta U$. Demak, izoxorik jarayonda ideal gazga beriladigan issiqlik miqdorining hammasi gaz ichki energiyasining o‘zgarishiga sarflanadi. Gaz ichki energiyasining o‘zgarishi

$$\Delta U = \frac{i}{2} \frac{m}{M} R \cdot \Delta T \quad (5)$$

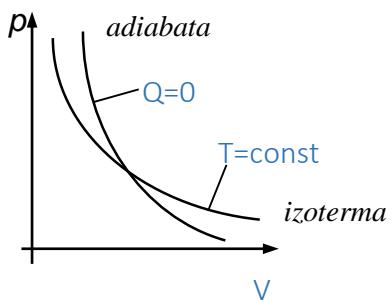
bo‘lganligi uchun

$$Q = \frac{i}{2} \frac{m}{M} R \cdot \Delta T \quad (6)$$

ga teng bo‘ladi

Adiabatik jarayon. Tashqi muhit bilan issiqlik almashmasdan sodir bo‘ladigan jarayon adiabatik jarayon deyiladi. Tabiatda tez sodir bo‘ladigan jarayonlarning hammasi adiabatik jarayonga misoldir. Adiabatik jarayonda $Q=0$ bo‘lganligi uchun termodinamikaning birinchi qonuni quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi:

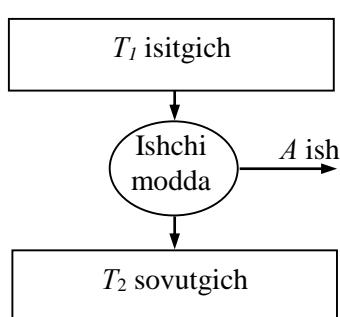
$$A = -\Delta U \quad (7)$$



3-rasm

Gaz adiabatik jarayonda ichki energiyaning kamayishi hisobiga ish bajaradi. Demak, adiabatik jarayonda gaz kengayganda soviydi. Aksincha, agar adibatik jarayonda tashqi kuchlar gaz ustida gazni siqib ish bajarsa, gaz isiydi, ya’ni gazning ichki energiyasi ortadi. 3 - rasmda adiabatik jarayonning (p, V) diagrammasidagi grafigi tasvirlangan. Grafikdan ko‘rinib turibdiki, adiabata chizig‘i izoterma chizig‘idan tikroq ekan.

ISSIQLIK DVIGATELLARI VA ULARNING FOYDALI ISH KOEFFITSIENTINI HISOBBLASH



1-rasm

Issiqlik dvigatellari deb, issiqlik energiyasini mexanik energiyaga aylantirib beradigan mashinalarga aytildi. Masalan, bug‘ trubinalari, ichki yonuv dvigatellari shular jumlasidandir.

Har qanday issiqlik dvigateli Q_1 issiqlik miqdorini beradigan T_1 temperaturali isitkichdan, Q_2 issiqlik miqdorini oladigan T_2 temperaturali sovutkichdan va mexanik ish bajaradigan modda ishchi jismdan tashkil topgan(1-rasm).

Issiqlik dvigatelining ishlash prinsipi quyidagicha:

- Istalgan issiqlik dvigatela yonilg‘ining ichki energiyasi mexanik energiyaga aylanadi.

Issiqlik dvigatellarining ishlashi uchun turli temperaturali isitkich va sovutkichning bo‘lishi shart.

Istalgan issiqlik dvigatelining ishlashi ishchi jism (masalan, gaz) holati o‘zgarishining takrorlanuvchi **sikllaridan** iborat.

Birinchi bo‘lib fransuz injeneri Sadi Karko tomonidan to‘rt taktli ideal issiqlik dvigatelning ishslash prinsipini tushuntirib berdi. Bu issiqlik dvigatelining ishslash sikli ikkita izoterma va ikkita adiabatadan iborat (2-rasm).

1-holatda turgan gaz T_1 haroratda izotermik kengayib, 2-holatga o‘tadi. Bu paytda gaz isitkichdan Q_1 ga teng issiqlik miqdori olib tashqi kuchga qarshi $A_{1,2}$ ish bajaradi. Ayni paytda $A_{1,2}=Q_1$ bo‘ladi.

Gaz 2-holatga o‘tgandan so‘ng gaz isitkich bilan kontakda ajraladi. Natijada gazning adiabatik kengayishiga imkoniyat yuzaga keladi va 3-holatga o‘tadi. Bunda gaz o‘zining energiyasi hisobiga tashqi kuchlarga qarshi $A_{2,3}$ ish bajaradi. Shuningdek gazning ichki energiyasi kamayganligi uchun uning temperaturasi T_1 dan T_2 gacha pasayadi.

Gaz 3-holatga o‘tgandan so‘ng uning temperaturasi T_2 bo‘lgansovutkich bilan kontaktga keladi. Bu holatdan gazni tashqi kuchlar ta’sirida 4-holatga kelguncha izotermik siqamiz. Bunda tashqi kuchlar gazni siqib $A_{3,4}$ ish bajaradi. Shuningdek sistemasovutkichga Q_2 issiqlik beradi.

Gaz 4-holatga erishgandan so‘ng unisovutkichdan ajratamiz va 1-holatga adiabatik ravishda siqib o‘tkazamiz. Bunda gaz adiabatik siqilib uning ustidan tashqi kuchlar $A_{4,1}$ ish bajaradi. Shuningdek, gaz temperaturasi T_2 dan T_1 gacha ko‘tarilib, 1-holatga o‘tadi.

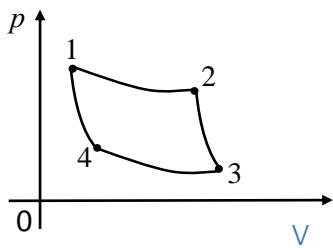
Karko sikli bilan issiqlik dvigatelining bajargan foydali ishi $A=Q_1-Q_2$ ga teng bo‘ladi. Bunda Q_1 – isitkichdan olingan issiqlik miqdori, Q_2 –sovutkichga berilgan issiqlik miqdori.

Issiqlik dvigatelining foydali ish koeffitsienti (FIK) deb, dvigatel bajara-yotgan A ishning isitkichdan olingan Q_1 issiqlik miqdoriga nisbatiga aytildi, ya’ni:

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

Karko ideal dvigatelning FIKi faqat isitkich bilansovutkichning temperaturalariga bog‘liqligini orqali quyidagicha hisoblashni topdi:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (2)$$



2-rasm.

Bug'lanish jarayoni. Kondensatsiya.

Suyuqlikni bug'ga aylantirish uchun unga ma'lum miqdor issiqlik berish lozim. Suyuqlikning bug'ga o'tish jarayoni bug'lanish deb ataladi. Modda tuzilishining molekulyar - kinetik nazarayasiga asosan bug' hosil bo'lish jarayoni quyidagicha tushuntiriladi. Har qanday suyuqlikda ma'lum sondagi «sekin» va «tez» harakatlanuvchi molekulalar mavjud. Biror molekula suyuqlikdan tashqariga ajralib chiqishi uchun u suyuqlik sirtiga yaqin joylashgan boshqa molekulalarning ta'sir kuchini yengishi zarur. Buning uchun u katta energiyaga ega bo'lishi kerak. Tez harakatlanuvchi ba'zi molekulalarning tezliklari suyuqlikning sirtiga qarab yo'nalgan bo'lsa ular suyuqlikdan ajralib chiqadi. Tezligi katta molekulalar ajralib chiqqanligi uchun har qanday temperaturada ham suyuqlikda mavjud bo'lganligi uchun bug'lanish suyuqlikning har qanday temperaturasida ham sodir bo'ladi. Bug'lanish jarayonida suyuqlikdan kinetik energiyasi katta molekulalar ajralib chiqqanligi uchun suyuqlikning ichki energiyasi kamayadi. Natijada bug'lanayotgan suyuqlikning temperaturasi pasayadi.

Vaqt birligi ichida suyuqlikning bir birlik sirt yuzasidan bug'langan suyuqlikning massasi yoki bug'langan suyuqlik molekulalari soni bug'lanish tezligi (intensivligi) deyiladi. Bug'lanish tezligi suyuqlikning turiga bog'liq. Molekulalari bir-biri bilan kuchsizroq bog'langan suyuqliklarda bug'lanish tezligi katta bo'ladi. Suyuqlik temperaturasi ortishi bilan bug'lanish tezligi ham ortadi. Bug'lanish tezligi suyuqlik ustidagi havoning holatiga ham bog'liq. Shamol esib

turganda suyuqlik sirtidagi molekulalarga shamol qo'shimcha energiya berilganligi tufayli suyuqlik tezroq bug'lanadi. Agar har xil yuzali idishlarga bir xil miqdorda suyuqlik quysak, keng yuzali idishdagi suyuqliknинг tezroq bug'lanib ketganligini ko'ramiz. Demak, bug'lanish tezligi suyuqliknинг sirtining kattaligiga ham bog'liq. Bug'lanish tezligi suyuqlik sirtiga ta'sir qilayotgan atmosfera bosimiga ham bog'liq. Bosim kamayishi bilan bug'lanish tezligi oshadi.

Bug'lanish jarayoniga bir vaqtda teskari jarayon ham mavjud, ya'ni bug'molekulasi yana suyuqlikka aylanadi. Bug'ning suyuqlikka aylanish jarayoni **kondensatsiya** deyiladi. Og'zi yopiq idishdagi suyuqlik miqdorining o'zgarmay qolishiga ayni shu bug'ning kondensatsiyalanishi sababdir.

BUG' HOSIL BO'LISHINING SOLISHTIRMA ISSIQLIK SIG'IMI

Biror suyuqlik massasini o'zgarmas temperaturada bug'lantirish uchun unga biror energiya, ya'ni issiqlik miqdori berishi kerak. Bu issiqlik miqdori **bug'lanish issiqligi** deyiladi. Suyuqliknинг bug'lanish issiqligi (Q) bug'langan suyuqlik massasi (m) ga to'g'ri proporsionaldir, ya'ni

$$Q = \lambda \cdot m \quad (1)$$

Bu yerda λ - suyuqliknинг turiga bog'liq bo'lган proporsionallik koeffitsienti bo'lib, **bug' hosil bo'lishining solishtirma issiqligi** deyiladi. (1) ifodadan

$$\lambda = \frac{Q}{m} \quad (2)$$

XBSda bug' hosil bo'lishining solishtirma issiqligi [J/kg] da o'lchanadi.

(2) tenglikdan bug' hosil bo'lishining solishtirma issiqligining quyidagi fizik ma'nosi kelib chiqadi. O'zgarmas temperaturada 1 kg suyuqlikni bug'lantirish uchun ketgan issiqlik miqdoriga son jihatdan teng bo'lган fizik kattalik bug' hosil bo'lishining solishtirma issiqligi yoki solishtirma bug'lanish issiqligi deyiladi.

Energiyaning saqlanish va aylanish qonuniga ko'ra berilgan suyuqlikni bug'lantirish uchun qancha issiqlik miqdori sarflangan bo'lsa, bug' kondensatsiyalanib o'shanday temperaturali suyuqlikka aylanganda bug'lanish

issiqligiga teng bo‘lgan issiqlik miqdori ajralib chiqadi. Bu issiqlik kondensatsiyalanish issiqligi deyiladi.

$$Q_{kon} = -Q_{bug} = -\lambda \cdot m \quad (3)$$

To‘yingan va to‘yinmagan bug‘lar

O‘z suyuqligi bilan dinamik muvozanatda bo‘lgan bug‘ **to‘yingan bug‘** deyiladi. Bug‘ to‘yinganda uning kondensatsiyalanish tezligi doim bug‘lanish tezligiga aynan teng bo‘ladi. Tajribalarning ko‘rsatishicha, to‘yingan bug‘ning holatini ideal gazning holat tenglamasi taqriban ifodalaydi. To‘yingan bug‘ning bosimini

$$P = nkT \quad (4)$$

tenglama orqali ifodalash mumkin.

O‘z suyuqligi bilan dinamik muvozanatda bo‘lmagan bug‘ **to‘yinmagan bug‘** deyiladi. Usti ochiq idishdan bug‘lanayotgan bug‘lar to‘yinmagan bug‘lardir. Bug‘lanishning bu holatida bug‘lanish tezligi doim kondensatsiyalanish tezligidan katta bo‘ladi. Shuning uchun bir xil temperaturadagi to‘yinmagan bug‘ning zichligi to‘yingan bug‘ning zichligidan kichik bo‘ladi.

Havoning namligi

Absolyut va nisbiy namlik

Yer sharining 2/3 qismini suv tashkil qiladi. Suvning bug‘lanishi tufayli atmosferaning tarkibida har doim suv bug‘i bo‘ladi. Tarkibida suv bug‘i bo‘lgan havo nam havo yoki **namlik** deyiladi. yerda bo‘ladigan ko‘p jarayonlar ma’lum darajada havoning namligi bilan bog‘liq. Shuning uchun namlikning miqdorini bilish va uni o‘lchay olish amaliy ahamiyatga ega. Atmosfera turli xil gazlar va suv bug‘ining aralashmasidan iborat. Atmosfera bosimi Dalton qonuniga ko‘ra gazlar va suv bug‘i parsial bosimining yig‘indisiga teng. Berilgan hajmda boshqa gazlar bo‘lmagan holda faqat suv bug‘i berishi mumkin bo‘lgan bosim, suv bug‘inining parsial bosimi deyiladi, va bu bosim havoning temperaturasi o‘zgarmaganda, faqat havodagi suv bug‘ining massasiga bog‘liq, ya’ni:

$$n = \frac{N}{V} = \frac{m_0 N_A}{M \cdot V} \quad (5)$$

Berilgan sharoitda havoda mavjud bo‘lgan suv bug‘ining parsial bosimiga teng bo‘lgan fizik kattalikka **absolyut namlik** deyiladi. Havodagi suv bug‘ining parsial bosimi uning zichligiga to‘g‘ri proporsional bo‘lganligi uchun absolyut namlikni bug‘ning zichligi orqali ifodalash mumkin. Absolyut namlik [kg/m^3] da o‘lchanadi.

Temperaturasi T bo‘lgan havoda mavjud bo‘lgan suv bug‘i parsial bosimi r ning shu temperaturada to‘yingan bug‘ning bosimi r_0 ga nisbatining foizlarda olingan qiymati havoning nisbiy namligi deyiladi, ya’ni

$$\varphi = \frac{P}{P_0} 100\% \quad \text{ёки} \quad \varphi = \frac{\rho}{\rho_0} 100\% \quad (6)$$

bu yerda ρ - havoda mavjud bo‘lgan suv bug‘ining zichligi, ρ_0 – to‘yingan suv bug‘ining zichligi. Nisbiy namlik 100% ga teng bo‘lganda havodagi suv bug‘ining to‘yinganligi, bug‘lanish sodir bo‘lmayotganligi bildiradi.

Havodagi suv bug‘i to‘yinadigan temperatura shudring nuqta deyiladi. Havoning absolyut namligini shudring nuqta orqali aniqlaydigan asbobga **gigrometr** deyiladi. Havoning nisbiy namligi **psixrometr** yordamida o‘lchanadi. Psixrometr ikki termometrdan iborat bo‘lib, termometrlardan birining uchi quruq, ikkinchi termometr esa ho‘l latta orqali suvgaga botirilgan bo‘ladi. Quruq termometr havoning, uchi hul termometr esa bug‘lanayotgan suyuqlikning temperurasini o‘lchaydi. Quruq va ho‘l termometrlarning ko‘rsatishlari orasidagi farqqa ko‘ra (jadval asosida) havoning nisbiy namlik aniqlanadi.

Mavzuga oid masalalar

6.1. Idishdagи $8 \cdot 10^{23}$ ta molekulaga ega bo‘lgan bir atomli ideal gazning temperaturasi 100 K ga ortganda, uning ichki energiyasi qanchaga o‘zgaradi (J)?

6.2. Agar ballondagi gazning temperaturasi 100 K ga ortganda, uning bosimi 4 marta oshgan bo‘lsa, uning ichki energiya necha marta o‘zgargan?

6.3. Agar ideal gazning bosimi 2 marta ortsа va hajmi 2 marta kamaysa, uning ichki energiyasi necha marta o‘zgaradi?

6.4. Bir atomli ideal gazning hajmi 2 m^3 va ichki energiyasi 1500 J bo‘lsa, uning bosimini toping (Pa)?

6.5. Agar ballondagi gazning yarmi chiqib ketishi natijasida uning temperaturasi 57°C dan 2°C gacha pasaygan bo‘lsa, ichki energiya necha marta kamaygan bo‘ladi?

6.6. Massasi $0,4 \text{ kg}$ va solishtirma issiqlik sig‘imi $3800 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ bo‘lgan jism 4°C dan 24°C gacha qizdirilganda, qancha issiqlik miqdorini qabul qiladi?

6.7. Masasi 8 kg va 90°C haroratga ega bo‘lgan suvga 20°C haroratdagi suvdan qancha qo‘shganda, aralashma harorati 30°C teng bo‘ladi?

6.8. 100 g massali metall bolg‘ani 20 dan 50°C gacha isitish uchun 1200 J issiqlik kerak bo‘lgan. Shu metallning solishtirma issiqlik sig‘imini ($\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$) hisoblang.

6.9. Harakat tezligi $36 \text{ km}/\text{soat}$ bo‘lgan $4,8 \text{ t}$ massali avtomobil tormoz berib to‘xtaganida, qancha issiqlik miqdori ajraladi (kJ)?

6.10. Harorati 100°C , massasi 2 kg suvni 60°C gacha sovutish uchun 20°C temperaturali qancha suv (kg) qo‘sish kerak?

6.11. Temperaturasi 10°C bo‘lgan 1 kg suvga 200 g qaynoq suv qo‘shib aralashdirildi. Aralashma temperaturasini toping (${}^\circ\text{C}$)

6.12. 20 kg massali toshni qancha balandlikka ko‘targanda (m), uning potensial energiyasi 0°C temperaturadagi 11 suvni qaynatish uchun kerak bo‘ladigan energiyaga teng bo‘ladi?

6.13. Taxtani teshib o‘tgan qo‘rg‘oshin o‘qning tezligi 500 m/s dan 300 m/s gacha kamaydi. Ajralib chiqqan issiqlikning yarmi o‘qqa o‘tgan bo‘lsa, o‘qing harorati qanchaga yetadi (K)? Uning boshlang‘ich harorati 60°C . Qo‘rg‘oshining solishtirma issiqlik sig‘imi $130 \text{ J}/\text{kg}\cdot\text{K}$.

6.14. Dvigatel $1\text{kW}\cdot\text{soat}$ elektr energiyasi hosil qilish uchun 160 g yoqilg‘i sarflaydi. yoqilg‘ining yonish issiqligi $4,5\cdot10^7 \text{ J/kg}$. Dvigatelning foydali ish koeffitsienti necha % bo‘ladi?

6.15. 1 soatda dvigatel 20 kg dizel yonilg‘isini sarflaydi. Dvigatelning mexanik quvvati 75 kW bo‘lsa, uning FIK ini toping (%). Dizel yonilg‘isining solishtirma yonish issiqligi 42 MJ/kg ga teng.

6.16. Tashqi kuchlar 10^6 Pa o‘zgarmas bosimli gaz ustida 100 kJ ish bajardi. Bu jarayonda gazning hajmi qanday o‘zgardi?

6.17. Ideal gazga 200 J issiqlik berildi va tashqi kuchlar gaz ustida 300 J ish bajardi. Gaz ichki energiyasining o‘zgarishi necha joul bo‘ladi?

6.18. Bosimi 760 mm simob ustuniga teng bo‘lgan gaz yuzi 1000 sm^2 bo‘lgan porshenni 90 sm ga surdi. Gaz bajargan ishni aniqlang (kJ).

6.19. Berilgan 1 mol ideal gaz o‘zgarmas bosimda 100° C ga qizdirildi. Bajarilgan ishni aniqlang (J).

6.20. Silindriddagi gazning o‘rtacha bosimi 1 MN/m^2 . Porshenning yuzasi 200 sm^2 , yurish uzunligi 0,5 m. Porshenning bir marta yurishida gaz qancha ish bajaradi (kJ)?

6.21. 40 g massaga ega bo‘lgan karbonat angidrid (CO_2) gazi o‘zgarmas bosimda 44°C ga qizdirilsa, gaz qancha ish bajaradi(J)?

6.22. Gaz ustida 7,2 kJ ish bajarildi. Bu jarayonda atrof muhitga 6 kJ issiqlik miqdori uzatildi. Gazning ichki energiyasi qanchaga o‘zgardi (kJ)?

6.23. Agar erkin siljiy oladigan porshenli tik turgan silindrik idishdagi bir atomli gazga 375 J issiqlik miqdori uzatilsa, qancha ish bajariladi (J)?

6.24. Bir atomli gazga issiqlik berilganda, gaz izobarik ravishda $0,05 \text{ m}^3$ kengaydi. Agar gazning bosimi 10^5 Pa bo‘lsa, gazning ichki energiyasi necha kJ ortgan?

6.25. Erkin siljiydigan porshenli silindrik idishda bir atomli gaz bor. Gazga Q issiqlik miqdori berilishi natijasida uning ichki energiyasi 72 J ga oshdi. Gazga berilgan issiqlik miqdorini toping (J).

6.26. Ideal gazga 14 J issiqlik miqdori berilganda, gaz izotermik kengayib, qancha ish (J) bajaradi?

6.27. Gaz izotermik kengayib 28 kJ ish bajardi. Bunda gazga qancha issiqlik miqdori berilgan?

6.28. Silindrik idishdagi erkin siljiydigan porshen ostida 2 mol bir atomli gaz bor. Gazga qancha issiqlik miqdori berilsa, uning temperaturasi 40 K ga oshadi (J)?

6.29. Biror T temperaturadagi 1 mol bir atomli gazning temperaturasini doimiy bosimda 2 marta oshirish uchun qancha issiqlik miqdori kerak bo‘ladi?

6.30. 4 kg massali geliyni izoxorik ravishda 100 K ga qizdirish uchun qancha issiqlik miqdori kerak (MJ)?

6.31. Ballon ichidagi geliy gaziga 25 J issiqlik miqdori berilganda, uning temperaturasi 2 K ga oshdi. Gaz massasini toping (g).

6.32. Metall ballondagi 1 mol bir atomli gazning temperurasini 20 K ga ko‘tarish uchun unga qancha issiqlik miqdori berish kerak (J)?

6.33. Metall ballondagi massasi 1 g bo‘lgan geliy gaziga 25 J issiqlik miqdori berilsa, uning temperurasini qanchaga ortadi (K)?

6.34. Gaz adiabatik kengayib, ichki energiyasi 0,5 kJ ga kamaydi. Bunda gaz qancha ish bajargan (kJ) bo‘ladi?

6.35. Siklda issiqlik mashinasi 21 kJ ish bajarib,sovutkichga 29 kJ issiqlik miqdorini beradi. Mashinaning foydali ish koeffitsientini aniklang.

6.36. Isitkichning harorati 477 °C, sovutkichniki 27 °C bo‘lgan issiqlik mashinasining maksimal FIKni hisoblang (%).

6.37. Bug‘ turbinasiga bug‘ 500°C harorat bilan kirib, undan 30°C harorat bilan chiqib ketadi. Bug‘ turbinasini ideal issiqlik mashinasi deb hisoblab, uning FIK ni aniqlang (%).

6.38. FIK 40% bo‘lgan issiqlik mashinasi bitta siklda 34 kJ ish bajaradi. Mashina bir siklda sovutkichga qancha issiqlik miqdori berishini aniqlang (kJ).

6.39. Issiqlik mashinasining FIK 25%, isitkichdan olgan issiqlik mikdori 400 J bo‘lsa, foydali ishi qancha bo‘ladi (J)?

6.40. Qaynash temperurasida 10 kg suv bug‘i olish uchun necha joul issiqlik miqdori kerak? Suvning solishtirma bug‘lanish issiqligi $2,2 \cdot 10^5$ J/kg.

6.41. Qaynash temperurasida 300 g ruxni bug‘ga aylantirishda qancha issiqlik miqdori (kJ) sarflanadi?

6.42. To‘yingan suv bug‘ining bosimi 20°C da 2,33 kPa ga teng. Ushbu xonada shudring nuqtasi 9°C ga teng. Nisbiy namlikni (%) larda aniqlang. 9°C haroratda to‘yingan bug‘ bosimi 1,15 kPa.