

Termodinamikaning birinchi qonuni

Reja:

1. *Energiyaning saqlanish va aylanish qonuni.*
2. *Gazning kengayishida bajarilgan ish*
3. *Termodinamika birinchi qonunining tenglamasi*
4. *Entalpiya*
5. *Qaytar va qaytmas jarayonlar*
6. *Muvozanatli va muvozanatsiz jarayonlar.*

1. Energiyaning saqlanish va aylanish qonuni.

Energiyaning saqlanish va aylanish qonuni tabiatning umumiy tavsifga ega bo'lgan fundamental qonunidir. Bu qonun quyidagicha ta'riflanadi: energiya yo'q bo'lmaydi va qaytadan paydo bo'lmaydi, u faqat turli fizikaviy hamda kimyoviy jarayonlarda bir turdan boshqa turga o'tadi. Boshqacha qilib aytganda, izolyatsiyalangan har qanday tizimda shu tizim ichida energiya o'zgarmasdan saqlanib turadi.

Energiyaning saqlanish qonuni mexanikada ko'pdan beri mexanikaviy (kinetik va potentsial) energiyaga tatbiqan ma'lum bo'lgan. M.V. Lomonosov (1745-1748, Rossiya), D. Joul (1842-1850, Angliya), R. Mayer (1842-1845, Germaniya), G. Gess (1840, Rossiya), E. Lents (1844, Rossiya), G. Gelmgolts (1847, Germaniya) va boshqa olimlarning ishlari bilan issiqlik va ishning ekvivalentlik printsipli aniqlangandan keyin saqlanish qonuni energiya boshqa turlariga ham tadbiq qilina boshlandi va uning mazmuniga muvofiq energiya saqlanish va aylanish qonuni deb atala boshlandi.

Energiyaning saqlanish va aylanish qonuni termodinamikaning birinchi qonuni deb ham aytiladi.

Ichki energiya.

Texnikaviy termodinamikaning vazifalaridan kelib chiqib, modda mikrostrukturasi nuqtai nazaridan moddaning ichki energiyasi nimalardan iborat degan masalani ko'rib chiqishning zaruriyati yo'q. Hozirgi zamon fizikaviy dunyoqarashlarga ko'ra moddaning ichki energiyasini shu modda molekulalarining (atomlar, ionlar, elektronlarning) kinetik va potentsial energiyalari yig'indisidan iborat deb tasavvur etishimiz mumkin. Ichki energiya tushunchasini fanga 1850 yili V. Tomson kiritgan.

Moddaning ichki energiyasi quyidagiga teng:

$$U=U_{\text{kin}}+U_{\text{pot}}+U_o, \quad (1)$$

bu yerda U_{kin} – molekulalarning ichki kinetik energiyasi; U_{pot} – molekulalarning ichki potentsial energiyasi; U_0 – nolp energiya yoki absolyut nolp temperaturadagi ichki energiya.

Ma'lumki $T=0$ da atom va molekulalarning issiqlik harakati to'xtaydi, lekin atomlar ichidagi zarralarning harakati davom etadi. Ichki energiyaning absolyut qiymati kimyoviy termodinamikada, kimyoviy reaksiyalarni hisoblashda muhim rol o'ynaydi. Termodinamikaning ko'pchilik texnikaviy tadbirlarida ichki energiya U ning absolyut qiymati emas, balki bu kattalikning turli termodinamikaviy jarayonlarda o'zgarishi muhimdir. Bundan shu narsa kelib chiqadiki, ichki energiya hisobini yuritishni ixtiyoriy tanlash mumkin. Masalan, ideal gazlar uchun $t_0=0^\circ\text{S}$ temperaturada ichki energiya nolga teng deb qabul qilingan.

Aytib o'tilganlardan shu narsa kelib chiqadiki, jism ichki energiyasining biror jarayonda o'zgarishi jarayonning tavsifiga bog'liq emas va oxirgi holati bilan bir qiymatda aniqlanadi.

$$\Delta U_{1-2} = U_2 - U_1 \quad (2)$$

$$\Delta U = \int_1^2 dU = U_2 - U_1 \quad (3)$$

Ichki energiya ekstensiv xossa, yani U kattalik tizimdagi massa miqdori m ga proporsionaldir. Solishtirma ichki energiya deb aytiladigan

$$u = \frac{U}{m} \quad (4)$$

kattalik modda massasi birligining ichki energiyasidan iborat.

Qisqa bo'lish uchun, bundan keyin u kattalikni –solishtirma ichki energiyani –oddiygina ichki energiya deb, U kattalikni esa butun tizimning to'la ichki energiyasi deb ataymiz. Yuqorida keltirilgan fikrlardan moddaning ichki energiyasini quyidagicha ta'riflash mumkin:

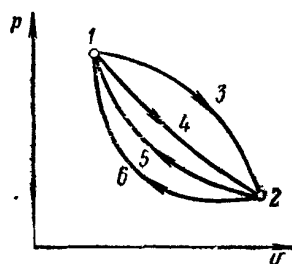
ichki energiya bevosita modda holatining funktsiyasidir:

$$u = f(p, v); u = f(p, T);$$

$$u = f(u, T) \quad (5)$$

1-rasmdagi

barcha



jarayonlarda

$$(3) \int_1^2 du = (4) \int_1^2 du - (5) \int_2^1 du = -(6) \int_2^1 du$$

ichki

energiya

o'zgarishi bir xil bo'ladi.

Tizimda

kechayotgan

1-rasm.

termodinamik

jarayon

aylanma bo'lsa, uning to'la ichki energiyasining o'zgarishi nolga teng, ya'ni

$$u_2 - u_1 = \oint du = 0 \quad (6)$$

Tizim ichki energiyasini o'zgarishini solishtirma hajm va temperatura funktsiyasi ko'rinishida yozish mumkin:

$$\left. \begin{aligned} du &= (\partial u / \partial T)_v dT + (\partial u / \partial v)_T dv, \\ du &= (\partial u / \partial T)_p dT + (\partial u / \partial p)_T dp, \\ du &= (\partial u / \partial p)_v dp + (\partial u / \partial v)_p dv \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Ideal gaz molekullari orasida o'zaro ta'sirlashish kuchlari mavjud emasligi hisobga olinsa, unda gazning ichki energiyasi ideal gaz hajmiga va bosimiga bog'liq bo'lmaydi, ya'ni

$$(\partial u / \partial v)_T = 0 \text{ va } (\partial u / \partial p)_T = 0 \quad (8)$$

Demak, ideal gazning ichki energiyasi faqat absolyut temperaturaga bog'liq bo'lar ekan. U holda, ideal gazning ichki energiyasi temperatura bo'yicha olingan to'la hosilaga teng bo'ladi.

$$(\partial u / \partial T)_p = (\partial u / \partial T)_v = du / dT \quad (9)$$

Joul qonuni deb ataluvchi bu xulosa juda muhim. U ideal gazning yangi, uning oldin aniqlangan xossalardan kelib chiqmaydigan xossasini ochib beradi. Ideal gaz uchun (8) ni hisobga olib (7) tenglamadan quyidagini hosil qilamiz.

$$du = c_v dt \quad (10)$$

Ya'ni ideal gazning ichki energiyasi faqat temperaturagina bog'liq.

Agar real gazga kelsak, uning ichki energiyasi ham temperaturaga hamda hajmga bog'liq bo'ladi, binobarin, real gaz uchun

$$\left(\frac{\partial u}{\partial v}\right)_T \neq 0 \quad (11)$$

3. Gazning kengayishida bajarilgan ish

Issiqlik –termodinamikaning eng muhim tushunchalaridan biridir. Issiqlik tushunchasi mohiyatan ish tushunchasiga yaqin. Issiqlik ham, ish ham energiya uzatish formalaridandir. Shuning uchun ham jismning biror issiqlik yoki ish zahirasi bor deb atashning hech qanday ma'nosi yo'q.

Faqat jismga ma'lum miqdorda issiqlik yoki ish berilgan (yoxud jismdan olingan) deb ta'kidlash mumkin. Gazning kengayishida bajargan ishi uning holat parametrlari p , v va T larga bog'liqdir. Gazning kengayishida bajargan ishini tenglamasini keltirib chiqarish uchun, termodinamik jarayon muvozanatda hamda bosim o'zgarmas deb qabul qilamiz. Aytaylik, silindr porsheni ostida 1 kg gaz tursin. Uning bosimi p atrof muhit bosimi p_m ga teng, solishtirma hajmi v_1 va porshen yuzasi F bo'lsin (2 rasm). Gazga elementar dq issiqlik miqdori uzatilsa, gaz o'zgarmas bosimda kengayib porshenni biror dS masofaga siljitadi hamda tashqi kuchlarga qarshi elementar ish bajaradi:

$$d\ell = pFdS = pdv \quad (12)$$

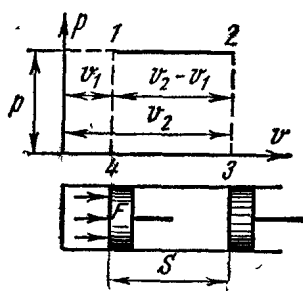
Gazning ν_1 hajmdan ν_2 gacha kengayishida bajarilgan to'la ishni (3 - rasm) quyidagicha ifodalash mumkin.

$$\ell = \int_{\nu_1}^{\nu_2} p d\nu = p(\nu_2 - \nu_1) \quad (13)$$

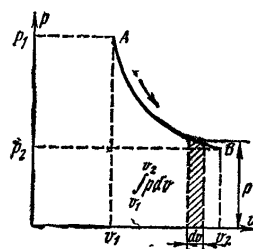
Yuqoridagi ifodadan ko'rinib turibdiki, yopiq termodinamik tizimda gazning kengayishi hisobiga bajarilgan ish bosim bilan hajm o'zgarishining ko'paytmasiga teng. Termodinamik tizimning bajargan ishi musbat yoki manfiy ishorali bo'lishi mumkin. Masalan, gaz tashqi kuchlar ta'siridan siqilsa, ya'ni porshen chap tomonga qarab harakatlansa, unda bajarilgan ish manfiy ($d\ell < 0$), aksincha kengaygan gaz porshenni o'ng tomonga qarab harakatlantirsa, unda tizim (gaz) ning bajargan ishi musbat ($d\ell > 0$) ishorali bo'ladi.

Tashqi bosim kuchlariga qarshi bajariladigan, tizim hajmining o'zgarishiga bog'liq bo'lgan ish ℓ_1 kengayish ishi deb yuritiladi. Kengayish ishini tizim atrofdagi muhit ustida bajaradi.

Shuni qayd qilib o'tish lozimki, tashqi bosim kuchlariga qarshi kengayish ishi jism hajmi ν o'zgargandagina (va tashqi bosim nolga teng bo'lmaganida) bajariladi.



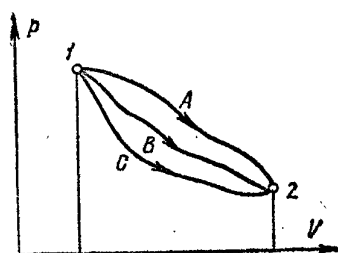
2-rasm.



3-rasm

Bundan keyin biz asosan muvozanatdagi jarayonlarni ko'rib chiqamiz, ular uchun $p=p_m$ tenglik to'g'ridir. Tizim kengayish ishining (13) tenglama bilan aniqlanadigan kattaligini $p\nu$ -diagramma yordamida hisoblash qulay. Tizim hajmi o'zgarish jarayonining shu diagrammada tasvirlanishini ko'rib chiqamiz (3-rasm).

Tizim hajmi ν_1 dan ν_2 gacha o'zgaradi. Hajm o'zgaradigan jarayonda tizim o'tadigan holatlar nuqta A va B lar orasidagi jarayon egri chizig'ida joylashadi. Tizimning kengayish ishi $p\nu$ - diagrammada jarayon egri chizig'i ostidagi yuza bilan tasvirlanishi (13) tenglamadan ko'rinib turibdi.



Tizim ν_1 hajmga ega bo'lgan holatdan ν_2 holatgacha kengayganda tizim bajaradigan ishning kattaligi bu holatlarning parametrlarigagina emas, balki, kengayish jarayonining qanday yo'l bilan amalga oshirilayotganligiga ham bog'liq. Haqiqatan ham (4)-rasmda tasvirlangan $p\nu$ - diagrammadan ko'rinib turibdiki, kengayish jarayoni qaysi yo'ldan (A, B, yoki C dan) borishiga qarab integralning kattaligi turlicha bo'ladi.

$$\ell = \int_{\nu_1}^{\nu_2} p d\nu$$

Shunday qilib kengayish ishi jarayonning funktsiyasidir.

4. Termodinamika birinchi qonunining tenglamasi

Termodinamikaning 1-qonuni massa va energiya saqlanish va aylanish qonunining issiqlik hodisalariga qo'llanishining xususiy holidir. Chunki, energiya bordan yo'q bo'lmaydi, yo'qdan bor bo'lmaydi, faqat bir turdan ikkinchi turga aylanadi.

Har qanday termodinamik tizimning parametrlari shu tizimga tashqaridan ma'lum miqdordagi Δq issiqlik miqdori kiritilganda (yoki chiqarilganda) o'zgaradi. Tizim muvozanat holatidan chiqadi yoki muvozanat holatiga qaytadi.

Demak, energiyaning saqlanish qonuni asosida termodinamikaning 1-qonunini quyidagicha ta'riflash mumkin: tizimga uzatilgan issiqlik miqdori shu tizim ichki energiyasining o'zgarishiga va tashqi kuchlarga qarshi bajarilgan foydali ishga sarflanadi. Aytib o'tilganlarni quyidagi tenglama yordamida ifodalash mumkin:

$$Q_{1-2} = \Delta U_{1-2} + \ell_{1-2} \quad (14)$$

Differentsial formada yozilgan shu munosabatning o'zi quyidagi ko'rinishda bo'ladi:

$$dQ = dU + d\ell \quad (15)$$

yoki

$$dq = du + pdv. \quad (16)$$

Bundan keyin tizimga beriladigan issiqlikni musbat (+), tizimdan olib ketiladigan issiqlikni (-) manfiy deb hisoblashni shartlashib olamiz. Tegishlixa tizim bajaradigan ishni musbat, tizim ustida bajariladigan ishni manfiy deb shartlashib olamiz. Belgilar tizimini tanlash mutloq ixtiyoriydir: albatta, xuddi shu yoʻsinda belgilarning teskari tizimini tanlash ham mumkin. Bunda faqat keyingi barcha termodinamikaviy hisoblashlarda bir xillikka rioya qilishgina muhimdir. (10), (12) termodinamika birinchi qonunining tenglamalarini va (15), (16) tenglamalarni eʼtiborga olib quyidagi koʻrinishda yozish mumkin:

$$dQ = \left[\frac{1}{T} \right] dT + p dv \cdot m \quad (17)$$

$$dq = c_v dT + p dv \quad (18)$$

5. Entalpiya

Entalpiya (yunoncha – enthalria – isitaman) tizimning holat funktsiyasi boʻlib, u H yoki h harfi bilan belgilanadi. Tizim ichki energiyasining yigʻindisi U bilan, tizimning bosimi p ning tizim hajmining kattaligi V ga koʻpaytmasi yigʻindisining kattaligi turli-tuman termodinamikaviy hisoblashlarda muhim rol oʻynaydi; bu kattalik entalpiya deb aytiladi.

$$H=U+Pv. \quad (19)$$

Entalpiya ham ichki energiyaga oʻxshab ekstentiv xossa ekanligi tushunarlidir:

$$h = \frac{H}{m}, \quad (20)$$

$$h = u + p\nu. \quad (21)$$

Entalpiya ham issiqlik, ish va ichki energiya o'lchanadigan birliklarda o'lchanadi.

Entalpiya holat funktsiyalari (p, T, ν) kattaliklarining kombinatsiyalaridan iborat bo'lganligidan, binobarin entalpiya ham holat funktsiyasi bo'ladi.

Termodinamikaning birinchi qonuni tenglamasi (16) ni e'tiborga olib (21) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$dq = du + pdv = du + d(p\nu) - \nu dp = d(u + p\nu) - \nu dp$$

U holda

$$dq = dh - \nu dp \quad (22)$$

yoki

$$q_{1-2} = h_2 - h_1 - \int_{p_1}^{p_2} \nu dp \quad (23)$$

Bu tenglamadan shu narsa kelib chiqadiki, agar tizimning bosimi o'zgarmasdan saqlansa, ya'ni izobarik jarayon ($dp=0$) amalga oshirilayotgan bo'lsa, u holda

$$dq_p = dh, \quad (24)$$

ya'ni tizimga izobarik jarayonda keltirilgan issiqlik faqat tizim entalpiyasining o'zgarishigagina sarflanadi.

Bundan izobarik issiqlik sig'imi quyidagiga teng:

$$c_p = \frac{dq_p}{dT} \quad (25)$$

Bu munosabatlardan shu narsa kelib chiqadiki, ideal gazning entalpiyasi ideal gazning ichki energiyasiga o'xshash, faqat temperaturagagina bog'liq.

$$dh=c_p dt \quad (26)$$

Termodinamikada ichki energiya, entalpiya, issiqlik sig'imi moddaning kalorik xossalari deb, solishtirma hajm, bosim va temperatura esa, moddaning termik xossalari deb aytiladi.

Turli xil bug'lar, gazlar va gazlar aralashmasining entalpiyalari texnik adabiyotlarda berilgan. Bu ma'lumotlardan foydalanib o'zgarmas bosimli jarayonda ishtirok etayotgan issiqlik miqdorini aniqlash mumkin. Ayniqsa, issiqlik va sovitish mashinalarining issiqlik hisobida entalpiyani qo'llash, bu hisoblashlarni soddalashtirib, grafik usullarni qo'llash imkoniyatini yaratadi.

6. Qaytar va qaytmas jarayonlar

Termodinamikaning eng muhim tushunchalaridan biri qaytar va qaytmas jarayonlar haqidagi tushunchadir. Termodinamikaviy jarayon termodinamikaviy tizimning uzluksiz o'zgarib turadigan holatlari to'plamidan iborat. Tizimning har qanday ikkita holati 1 va 2 oralig'ida bitta yo'lning o'zidan o'tadigan ikkita jarayonni tasavvur etish mumkin: holat 1 dan holat 2 ga va aksincha, holat 2 dan holat 1 ga; bunday jarayonlar to'g'ri va teskari jarayonlar deb aytiladi.

To'g'ri va teskari yo'nalishlardagi jarayon natijasida termodinamikaviy tizim dastlabki holatiga qaytadigan jarayonlar qaytar jarayonlar deb aytiladi; buning natijasida atrof muhitda hech qanday o'zgarish bo'lmaydi. To'g'ri va teskari yo'nalishlarda jarayon o'tkazilganda tizim dastlabki holatiga qaytmaydigan jarayonlar qaytmas jarayon deb aytiladi.

Amaliyotdan ma'lumki, birinchidan o'z-o'zidan sodir bo'ladigan barcha tabiiy jarayonlar qaytmas bo'ladi; tabiatda qaytar jarayonlar bo'lmaydi;

ikkinchidan, muvozanatga erishgan tizim keyinchalik shunday holatda qolaveradi, ya'ni holatini o'zicha o'zgartira olmaydi, bu esa o'z-o'zidan sodir bo'ladigan har qanday jarayon qaytmasligi to'g'risidagi bundan oldin ta'riflangan da'voga mos keladi.

Yuqorida aytib o'tilganlar asosida quyidagi natijaga kelish qiyin emas: tizim faqat muvozanat holatiga kelmaganiga qadargina ish bajara oladi. Haqiqatan ham, har qanday issiqlik dvigatelida kamida ikkita issiqlik manbai – issiq va sovuq manbalar bo'lgandagina ish olish mumkin. Agar issiq va sovuq manbalar temperaturalari tenglashsa, ya'ni issiq manba, ish jismi va sovuq manbadan iborat tizim issiqlik muvozanatiga kelsa, u holda issiqlik ko'chishi to'xtaydi va ish bajarilmaydi.

7. Muvozanatli va muvozanatsiz jarayonlar.

Termodinamik tizimga kirgan jismlarning holati uzoq vaqt o'zgarmasa, u holda tizim termodinamik muvozanatda bo'ladi. Agar termodinamik tizimda jismlar bir xil holatda bo'lmasa va ular bir-biri bilan issiqlik izolyatsion va absolyut qattiq to'siqlar bilan ajratilgan bo'lmasa, bu tizimda biror muddat vaqt o'tishi bilan (ertami-kechmi) turg'un termodinamik muvozanat hosil bo'ladi. Termodinamik muvozanatda tizim tarkibidagi jismlar o'zaro issiqlik almashmaydi va bir-biriga nisbatan harakatda bo'lmaydi, ya'ni issiqlik va mexanik muvozanat sodir bo'ladi.

Termodinamik muvozanatda tizimni tashkil qilgan barcha jismlar bosimi va temperaturasi atrof-muhit bosimi va temperaturasiga teng bo'ladi. Tashqi muhit o'zgarishi bilan termodinamik tizimning holati o'zgarada ya'ni u muvozanatli holatdan muvozanatsiz holatga o'tadi. Bu o'zgarish atrof-muhit va tizimning bosimi va temperaturasi tenglashguncha, ya'ni turg'un muvozanat qaror topguncha davom etadi. Amaliyot shuni ko'rsatadiki, muvozanatga erishgan tizim keyinchalik shunday holatda qolaveradi, ya'ni holatini o'zicha o'zgartira olmaydi.

Yuqorida aytib o‘tilganlar asosida quyidagi natijaga kelish qiyin emas: tizim faqat muvozanat holatiga kelmaguniga qadargina ish bajara oladi.

Xaqiqatan ham, har qanday issiqlik dvigatelida kamida ikkita issiqlik manbai - issiq va sovuq manbalar bo‘lgandagina ish olish mumkinligini bundan oldin qayd qilib o‘tilgan edi. Agar issiq va sovuq manbalar temperaturalari tenglashsa, ya’ni issiq manba, ish jismi va sovuq manbadan iborat tizim issiqlik muvozanatiga kelsa, u holda issiqlik ko‘chishi to‘xtaydi va ish bajarilmaydi.

Ko‘rib chiqilgan barcha misollardan ko‘rinib turibdiki, tizimda muvozanatning bo‘lmasligi tizimda ba’zi bir o‘ziga xos kattaliklar ayirmasining mavjudligi bilan tavsiflanadi. Agar jarayonni amalga oshirish tezligi nolga intilsa, har qanday muvozanatdagimas jarayon muvozanatdagi jarayon bo‘lib qoladi. Shu bilan bir vaqtda har qanday muvozanatdagimas jarayon qaytmas va har qanday muvozanatdagi jarayon qaytar bo‘ladi.