

3 - MA'RUZA. TEMODINAMIKANING BIRINCHI QONUNI

REJA:

- 3.1. *Issiqlik va ish.*
- 3.2. *Termodinamika birinchi qonunining tenglamasi.*
- 3.3. *Entalpiya.*
- 3.4. *Entropiya.*

3.1. Issiqlik va ish

Issiqlik va ish termodinamikaning eng muhim tushunchalaridan biridir. Issiqlik tushunchasi mohiyatan ish tushunchasiga yaqin. Issiqlik ham, ish ham energiya uzatish shakllaridandir. Shuning uchun ham jismning biror issiqlik yoki ish zaxirasi bor deb aytishning hech qanday ma'nosi yo'q. Faqat jismga ma'lum miqdorda issiqlik yoki ish berilgan deb ta'kidlash o'rinli bo'ladi.

Issiqlik energiya uzatishning shunday shakliki, u jismlarning bevosita o'zaro kontaklashishi (issiqlik o'tkazuvchanlik, konvektsiya), yoki energiyani nur holida uzatish bilan ifodalanadi. Energiya uzatishning bu shakli issiqlik uzatish deb, uzatilgan energiya miqdori esa issiqlik miqdori deb ataladi. Binobarin, issiqlik miqdori ham energiya birliklarida o'lchanishi lozim. Shuning uchun SI da issiqlik miqdori joul (J) hisobida o'lchanadi. Ixtiyoriy issiqlik miqdori $Q(J)$, solishtirma issiqlik miqdori $q (J/kg)$ bilan belgilanadi. Jism olgan issiqlik miqdorini musbat, jism bergan issiqlik miqdorini esa manfiy deb atash qabul qilingan.

Ish energiya uzatishning boshqacha mexanizmidan iborat, ya'ni ish doimo jismlar yoki jism qismlarining makroskopik siljishlari bilan bog'liq.

Mexanikaviy ish bajarilgan holda jismning hajmi albatta o'zgaradi. Bu usul energiyaning ish shaklida uzatilishi, protsessda uzatilgan energiya miqdori esa ish deb ataladi. Jismning ish shaklida qabul qilgan energiya miqdori jismning sarflangan ishi deyiladi.

Jismning sarflangan ishi manfiy, bajargan ishi musbat deb qabul qilingan. Ixtiyoriy miqdordagi ish shaklida uzatilgan energiya $L,(J)$, solishtirma ish miqdori $l (J)$ bilan belgilanadi.

Issiqlik miqdori va bajarilgan ish holat funktsiyasi bo'lmasdan, balki protsess funktsiyasidir. U faqat jismning boshlang'ich va oxirgi holatlari bilan emas, balki jism holatining o'zgarishi amalga oshgan yo'l bilan ham aniqlanadi.

Jismning holati 1 dan 2 ga o'zgaranda uzatilgan issiqlik miqdori va bajarilgan ish termodinamik protsessga bog'liq bo'lganligi uchun quyidagicha belgilanadi.

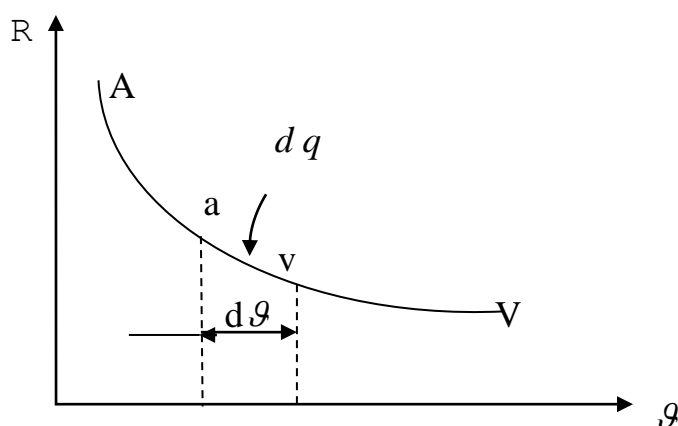
$$\int_1^2 \delta Q = Q_{1-2}; \int_1^2 \delta L = L_{1-2}; \quad (3.1)$$

Demak, jismning holatini termodinamik protsessda o'zgarishida, bir jismdan ikkinchi jismga energiya uzatilishi faqat ish va issiqlik shaklida bo'ladi.

3.2. Termodinamika birinchi qonunining tenglamasi

Termodinamikaning birinchi bosh qonuni issiqlik - harakat muhim o'rin tutadigan sistemalar uchun energiyaning saqlanish va aylanish qonunining tatbikidir.

Agar 1 kg ishchi jism AV-termodinamik protsessni amalga oshirib (3.1-rasm), a-v elementar uchastkada cheksiz kichik energiyani-dq issiqlik miqdori shaklida uzatsa, uning temperaturasi va hajmi mos ravishda cheksiz kichik miqdor dT va dV ga o'zgaradi.



3. 1-pacm.

Jism temperaturasi dT ga ortganda molekular harakati tezligi va uning ichki kinetik energiyasi ortadi. Jism hajmi dV ga ortganda molekular orasidagi masofa uzoklashadi, bu uning ichki potentsial energiyasini ortishiga olib keladi.

Ichki kinetik va potentsial energiyaning o'zgarishi jismning solishtirma ichki energiyasi du ning to'liq o'zgarishiga teng. Hajm dV ga ortganida ishchi jism tashqi kuchlarga qarshi dl ish bajaradi.

U holda energiyaning saqlanish va aylanish qonuniga ko'ra:

$$dU = dq - dl; \quad U_2 - U_1 = q_{1-2} - l_{1-2} \quad (3.2)$$

yoki qaytar protsesslar uchun :

$$dq = du + dl; \quad q_{1-2} = U_2 - U_1 + \int_{\mathcal{G}_1}^{\mathcal{G}_2} Pd\mathcal{G} \quad (3.3)$$

Bu bog'lanish termodinamika birinchi qonunining matematik ifodasi bo'lib, u quyidagicha ta'riflanadi: sistema atrofidagi jismlar bergan issiqlik miqdori sistema ichki energiyasini o'zgartirishga va sistemaning tashqi jismlar ustida ish bajarishiga sarflanadi.

Ixtiyoriy miqdordagi ishchi jism uchun (3.3) quyidagicha o'zgaradi:

$$dQ = dU + dL; \quad Q_{1-2} = (U_2 - U_1) + L_{1-2} \quad (3.4)$$

(3.2), (3.3), (3.4) tenglamalar sistemasi bajaradigan ishning birdan bir turi kengayish ishi bo'lganda o'rinli bo'ladi.

Termodinamikaning birinchi qonuni birinchi tur abadiy dvigatel yasash yo'lidagi urinishlarga chek qo'ydi: issiqlik dvigatellarida yonilg'ining yonishi tufayli ajratiladigan issiqlik miqdori evaziga ish bajariladi, lekin sistema davriy ravishda o'zining boshlang'ich holatiga qaytadi.

Demak, sistema ichki energiyasi o'zgarmaydi, ya'ni $\Delta U = U_2 - U_1 = 0$ U holda (3.4) ga ko'ra $Q=L$ bo'lib, davriy ravishda ishlaydigan dvigatelning bajaradigan ishi unga berilayotgan issiqlik miqdoridan katta bo'la olmaydi. Oladigan issiqlik miqdoriga nisbatan ko'proq ish bajaradigan xayoliy mashinani birinchi tur abadiy dvigatel deb ataladi. Bunga ko'ra termodinamika birinchi qonunini quyidagicha ta'riflash mumkin: birinchi tur abadiy dvigatel yasash mumkin emas.

3.3. Entalpiya

Termodinamika birinchi qonunining tenglamasini (3.3) ko'rib chiqamiz:

$$dq = du + dl = du + pd\mathcal{G}$$

Lejandr o'zgartirishidan foydalanib:

$$Pd\mathcal{G} = d(P\mathcal{G}) - \mathcal{G}dP$$

quyidagiga ega bo'lamiz :

$$dq = du + d(p\mathcal{G}) - \mathcal{G}dp = d(u + p\mathcal{G}) - \mathcal{G}dp$$

ya'ni:

$$dq = di - \mathcal{G}dp \quad (3.5)$$

$$\text{yoki } q_{1-2} = i_2 - i_1 = \int_{p_1}^{p_2} \mathcal{G} d p$$

bu yerda $U + P\mathcal{G}$ kattalik entalpiya deyiladi va i harfi bilan belgilanadi, ya'ni:

$$i = U + P\mathcal{G} \quad (3.6)$$

Entalpiya i gazning ichki energiyasi U va o'zgarmas bosimda hajmi \mathcal{G}_1 dan \mathcal{G}_2 ga qadar o'zgarganida gaz bajarishi mumkin bo'lgan ish $P\mathcal{G}$ ning yig'indisiga teng bo'lib, jismning to'liq energiyasini xarakterlaydi:

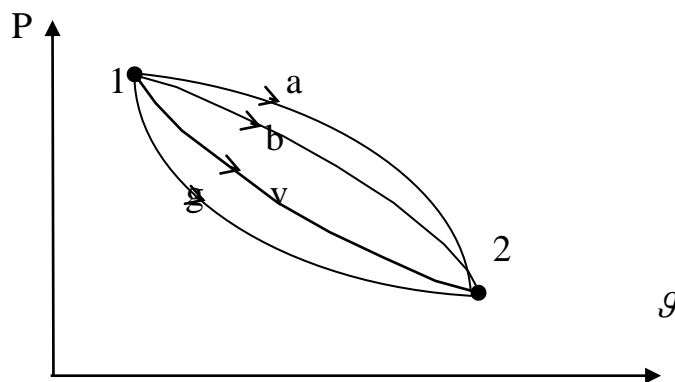
Entalpiya birligi Joule (J) $I = m \cdot i$

Solishtirma entalpiya i birligi J/kg .

Entalpiya-holat funktsiyalari (U, P, \mathcal{G}) kattaliklarining kombinatsiyalaridan iborat bo'lganligi uchun, holat funktsiyasi bo'ladi.

Jism solishtirma entalpiyasining biror protsessda o'zgarishi protsessning xarakteriga bog'liq bo'lmasdan, uning boshlang'ich va oxirgi holatlari bilan aniqlanadi. Solishtirma entalpiyaning o'zgarishi 1 va 2 nuqta orasida boradigan barcha protsesslar uchun bir xil bo'ladi. (3.2-rasm)

$$a) \int_1^2 d i = (b) \int_1^2 d i = (c) \int_1^2 d i = z \int_1^2 d i \quad (3.7)$$



3.2 rasmi.

Sikllarda entalpiyaning o'zgarishi nolga teng bo'ladi:

$$\oint d i = 0 \quad (3.8)$$

Agar termodinamik sistemada qaytar protsess sodir bo'layotgan bo'lsa, kengayish ishi $Pd\mathcal{G}$ dan tashqari sistema hajmining o'zgarishiga bog'liq bo'lmagan va tashqi ob'ektga beriladigan ish bajariladi. U holda (3.3) va (3.4) quyidagi ko'rinishga keladi:

$$dq = du + pd\mathcal{G} + dl_{\mathcal{G}} \quad (3.9)$$

$$dq = di - \mathcal{G}d p + d l_{\mathcal{G}} \quad (3.10)$$

(3.9) va (3.10) tenglamalar termodinamik sistema holatini o'zgarishida sodir bo'ladigan qaytar protsesslar uchun termodinamika birinchi qonunining umumiy analitik ifodasi hisoblanadi.

P=const bo'lganda (3.5) tenglama

$$dp_p = di \quad (3.11)$$

ko'rinishga keladi.

O'zgarmas bosimda boradigan protsessda issiqlik miqdori faqat jismning entalpiyasini o'zgarishiga sarf bo'ladi:

$$q_p = \int_1^2 di = i_2 - i_1 \quad (3.12)$$

3.4. Entropiya

Termodinamikaning birinchi qonuniga ko'ra:

$$dq = C_{\mathcal{G}}\delta T + Pd\mathcal{G}, \quad P \text{ ni } \frac{RT}{\mathcal{G}} \text{ ga o'zgartirib}$$

$$dq = C_{\mathcal{G}}dT + RT \frac{d\mathcal{G}}{\mathcal{G}},$$

ga ega bo'lamiz.

Tenglikni har ikkala tomonini T ga bo'lib quyidagini olamiz:

$$\frac{dq}{T} = C_{\mathcal{G}} \frac{dT}{T} + R \frac{d\mathcal{G}}{\mathcal{G}} \quad (3.13)$$

dq/T kattalik qaytar protsessda o'zgaruvchan funktsiyalar T va \mathcal{G} ning to'liq differentsialidir. Klauzius kiritgan bu funktsiya S bilan belgilanib entropiya deb ataladi:

$$dS = \frac{dq}{T} \quad (3.14)$$

Entropiyaning o'lchov birligi J/K

Modda massasi birligining entropiyasi solishtirma entropiya deyilib:

$$S = \frac{S}{m}, \quad \frac{\mathcal{K}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \text{ da o'lchanadi.}$$

Entropiya ta'rifidan ko'rinishicha (3.14) entropiya birligining temperatura birligi bo'linmasiga teng.

Jismning har bir holatiga entropiyaning aniq bitta qiymati mos keladi. Binobarin, entropiya ham ichki, energiya va entalpiya kabi holatning bir qiymatli funktsiyasidir.

Har qanday termodinamik protsessda jism entropiyasining o'zgarishi o'tish yo'liga bog'liq bo'lmasdan, boshlang'ich va oxirgi holatlar bilan aniqlanadi.

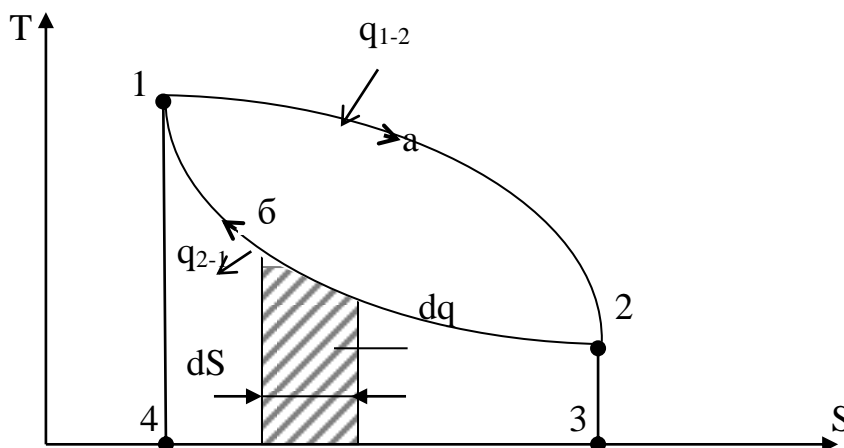
Sistemaning entropiyasi turli qaytar protsesslarda ortishi va kamayishi mumkinligi (3.14) munosabatdan ko'rinib turibdi. Temperatura kattaligi T har doim musbat, bo'lganligidan sistemaga issiqlik berilganda ($dq > 0$) uning entropiyasi ortadi ($ds > 0$), issiqlik olinganda esa ($dq < 0$) uning entropiyasi kamayadi ($ds < 0$).

Solishtirma entropiyaning o'zgarishini T va \mathcal{G} funktsiyasi sifatida aniqlash uchun (3.13) tenglikni quyidagicha yozamiz:

$$dS = C_g \frac{dT}{T} + R \frac{d\mathcal{G}}{\mathcal{G}};$$

Bu tenglikni $C_g = const$ bo'lganda integrallab ideal gaz uchun entropiyaning o'zgarishini topamiz: .

$$S_2 - S_1 = C_g \ln \frac{T_2}{T_1} + R \ln \frac{\mathcal{G}_2}{\mathcal{G}_1} \quad (3.15)$$



3.3-pacm.

Entropiya tushunchasi issiqlik dvigatellarining tsikllarini analiz qilish uchun juda qulay bo'lgan holat diagrammasini kiritishga imkon beradi. Holat diagrammasida abtsissa bo'yicha entropiya, ordinata bo'yicha esa absolyut temperatura qo'yiladi.

Ts-diagrammada gazning holati nuqta bilan, protsess esa egri chiziq bilan tasvirlanib uning tenglamasi quyidagicha $T=f(s)$ ifodalanadi.

Protsess issiqligi Ts-diagrammada protsess chizig'i ostidagi yuza bilan aniqlanadi.

Agar Ts-diagrammada 1-2 chiziq ixtiyoriy protsessni tasvirlasa, u holda protsessning elementar issiqlik miqdori dq son jihatdan balandligi T va asosi dS bo'lgan yuzaga teng bo'ladi.

Protsessning barcha issiqligi protsess egri chizig'i 1-a-2 ostidagi yuzaga son jihatdan teng:

$$q_{1-2} = \text{yuza } 1-a-2-3-4-1 = \int_{S_1}^{S_2} T dS \quad (3.16)$$

$dq=TdS$ tenglikdan ko'rinib turibdiki dq va dS bir xil ishoraga ega. Agar protsessda solishtirma entropiya ortsa, u holda ishchi jismga issiqlik beriladi, agar kamaysa issiqlik olinadi.

Qaytar aylanma protsess Ts-diagrammada 1-a-2-b-1 yuza bilan tasvirlanadi.

Keltirilgan va olingan issiqlik miqdori farqi ishchi jism qaytar aylanma protsessni amalga oshirishi natijasida olingan foydali tashqi ishni ifodalaydi:

$$q_{1-2} = l' = \oint T dS = \oint dq = \oint dl' \quad (3.17)$$

Demak, qaytar aylanma protsessda ishchi jism bajargan ish berk egri chiziq bilan chegaralangan yuzaga teng bo'ladi:

$$l' = \text{yuza } 1-a-2-b-1 \quad (3.18)$$

Ts-diagrammaning qulayligi shundaki, qaytar aylanma protsessda temperaturaning o'zgarishi, keltirilgan va olingan issiqlik miqdori hamda protsessni amalga oshirish natijasida olingan ish diagrammada yaqqol tasvirlanadi.

Nazorat savollari:

1. Energiya uzatishning asosiy shakllari.
2. Termodinamikaning birinchi qonuni.
3. Entalpiya.
4. Entropiya.
5. P ϑ va TS – diagrammalar.
6. Issiqlik nima?
7. Ish nima?

Tayanch iboralar

Issiqlik, ish, ichki energiya, termodinamikaning birinchi qonuni, entalpiya, holat funktsiyasi, entropiya, protsess funktsiyasi, qaytar protsess, qaytmas protsess, dvigatel.

Adabiyotlar

1. Нашокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача М., 1980. 45-59 б.
2. Черняк О.В. Теплотехника ва гидравлика асослари. Тошкент, 1997 й. 91-102 б.
3. Эфендиев А.М., Асраев Р.А. Иссиқлик техникасидан қисқача лекция курси. Бухоро. 1992 й. 18-31 б.