

4–LABORATORIYA ISH

HAVONING ISSIQLIK SIG'IMLARI NISBATINI ADIABATIK KENGAYISH YORDAMIDA ANIQLASH

Ishning maqsadi: Po‘lat zoldirning ossiliyasiya davrini o‘lchash. Havoning uchun adiabatik koeffitsientini aniqlash.

Nazariy ma'lumotlar

Gazlarning kinetik nazariyasi ideal gazlarning adiabatik koeffitsientini ko‘rsata oladi. Gazning ichki energiyasini U unga tashqaridan uzatilayotgan issiqlik miqdorini ΔQ oshirish yoki uning ustida mexanik ish ΔW bajarish orqali o‘zgartirish mumkin:

$$\Delta U = \Delta Q + \Delta W . \quad (5.1)$$

Holatni adiabatik o‘zgartirishlarda tashqi atrof muhit bilan issiqlik o‘zgarmaydi: $\Delta Q = 0$ (ya’ni entropiya doimiy qoladi).

Ideal gaz qonunidan

$$p \cdot V = m \cdot R \cdot T ; \quad \Delta U = C_v \cdot m \cdot \Delta T$$

hamda (5.1) tenglamadan Puasson tenglamasi kelib chiqadi, u temperatura o‘zgarganda holatning adiabatik o‘zgarishini ifodalaydi:

$$p \cdot V^k = const , \quad (5.2)$$

bu yerda k adiabatik ko‘rsatkichi va u quyidagicha aniqlanadi:

$$k = \frac{C_p}{C_v} \quad \text{va} \quad C_p = C_v + R , \quad (5.3)$$

bu yerda C_p –doimiy bosimda solishtirma issiqlik sig‘imi, C_v –doimiy hajmda solishtirma issiqlik sig‘imi

C_p bilan C_v haqida nazariy bashorat qilish

Bir mol ideal gazni hajmda (izoxorik jarayon) ΔT gacha qizdirish uchun quyidagi energiya kerak bo‘ladi:

$$\Delta Q = C_v \cdot \Delta T \quad (5.4)$$

bu yerda C_v molyar issiqlik sig'imi. Doimiy hajmda holatning o'zgarishida mexanik ish bajarilmaydi, ya'ni (5.1) tenglamada $\Delta W = 0$. Shunday qilib, sistemaga berilayotgan issiqlik ΔQ faqat zarrachalarning kinetik energiyasini oshiradi. Gazlar kinetik nazariyasidagi zarrachalar erkinlik darajasi bo'yicha energiyaning bir tekis taqsimlanishi qonuniga asosan zarrachalar o'rtacha kinetik energiyasining ortishi quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta \bar{E}_{kin} = \frac{1}{2} \cdot f \cdot R \cdot \Delta T, \quad (5.5)$$

bu yerda f –bir zarrachaga to'g'ri keladigan erkinlik darajasining soni, R –universal gaz doimiysi, ΔT –temperaturaning o'zgarishi. (5.4) va (5.5) formulalarni taqqoslashdan ideal gazning molyar issiqlik sig'imi faqat gaz molekulasining erkinlik darajasi bilan aniqlanishi kelib chiqadi:

$$C_v = \frac{1}{2} \cdot f \cdot R. \quad (5.6)$$

Bir atomli gazlarning zarrachalari faqat uchta erkinlik darajasiga ega bo'ladi. Bir atomli gazlarda o'rtacha issiqlik energiyalarida ($\sim 25 meV$) burchak momentlarining kvantlanishi natijasida aylanma erkinlik darajasining yuzaga kelishi kuzatilmaydi. Ikki atomli va chiziqli ko'p atomli molekular aylanma erkinlik darajalariga ega. Ammo, o'q bo'yicha inersiya momenti kichik bo'lganligi sababli, ikki atomli va chiziqli ko'p atomli molekular o'qqa nisbatan faqat perpendikulyar aylanadi.

Chiziqli molekular uchta ilgarilanma erkinlik darajasiga qo'shimcha 2 ta aylanma erkinlik darajasiga ega ($f=5$). Xona haroratida faqat nochiziqli molekular uchun barcha uchta aylanma erkinlik darajasi qo'zg'aladi ($f=6$).

Ideal gaz qonunini qo'llash, erkinlik darajasi soni bilan adiabat ko'rsatgichi orasidagi quyidagi munosabatni olishga imkon beradi (jadval 1 ga qarang):

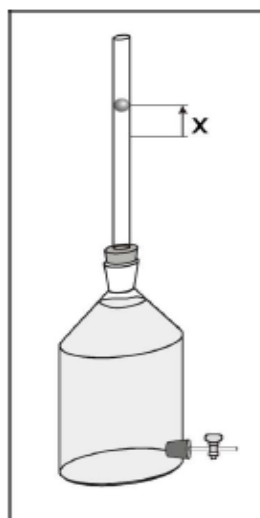
$$k = \frac{C_p}{C_v} = \frac{f+2}{f} \quad (5.7)$$

Jadval 1. Ideal gaz uchun (5.7) formula bilan hisoblangan adiabat ko'rsatgichlari:

Gaz turi	f	k
Bir atomli (He, Ar)	3	1,67
Chiziqli ikki atomli molekulalar (O_2, N_2, H_2)	5	1,40
Nochiziqli ko'p atomli molekulalar	6	1,33

Richard metodi bo'yicha nisbati aniqlash

Bu tajriba gazli trubkaga kiritilgan va gaz hajmini zich bekituvchi po'lat zoldirning tebranish davri orqali havoning adiabatga ko'rsatgichi k aniqlanadi.



5.1–rasmda binoan, agar balondagi bosim p atmosfera bosimi p_0 bilan po'lat zoldir og'irligi yuzaga keltirayotgan bosim yig'indisiga teng bo'lsa, shisha trubkadagi zoldir muvozanat holatida bo'ladi:

$$p = p_0 + \frac{mg}{A} \quad (5.8)$$

bu yerda m – po'lat zoldir massasi, g – erkin tushish og'irligi, A – Shisha trubkaning ko'ndalang kesimi yuzasi.

Zoldir muvozanat holatidan x masofaga siljisa, unda bosim dp ga o'zgaradi. Shu sababdan $F = A \cdot dp$ kuch po'lat zoldirni harakatlantiradi va unga Nyutonning ikkinchi qonuniga asosan tezlanish beradi:

$$A \cdot dp = m \cdot \frac{d^2x}{dt^2} \quad (5.9)$$

mumkin.

5.1–rasm. Richard metodi bilan adiabata ko‘rsatgichini k aniqlash uchun tajriba qurilmasi.

Bu jarayon juda tez amalga oshgani uchun, uni amalda adiabatik deb hisoblash mumkin va bu (2) tenglamani differensialash orqali kelib chiqadi:

$$V^k dp + p \cdot k \cdot V^{k-1} dV = 0 \quad (5.10)$$

$$dp = -\frac{k \cdot p}{V} dV \quad (5.11)$$

Po‘lat zoldir shisha trubkaning ichida x masofaga siljiydi deb faraz qilindi, bu esa hajmning o‘zgarishiga olib keladi:

$$dV = A \cdot x \quad (5.12)$$

dV ni (5.11) tenglamaga va dp ni (9) tenglamaga qo‘yib, zoldir harakat tenglamasini quyidagi ko‘rinishda olamiz:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{k \cdot p \cdot A^2}{m \cdot V} x = 0 \quad (5.13)$$

(5.13) formula garmonik ossilyator tenglamasi hisoblanadi va undan siklik chastotani ω aniqlash

$$\omega = \sqrt{\frac{k \cdot p \cdot A^2}{m \cdot V}} \cdot \quad (5.14)$$

Bu munosabatdan po‘lat zoldir bajarayotgan garmonik ossilyatsiyalarning davrini aniqlash mumkin:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{m \cdot V}{k \cdot p \cdot A^2}} \cdot \quad (5.15)$$

Bu tenglamadan adiabata ko‘rsatgichi uchun quyidagi formulani olish mumkin:

$$k = \frac{4\pi^2 m \cdot V}{A^2 p T^2} \quad (5.16)$$

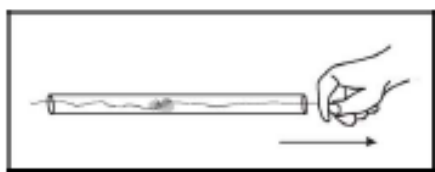
(5.16) tenglamadagi tenglik belgisining o‘ng tomonidagi barcha miqdorlarni ($4\pi^2$ dan tashqari) tajribada aniqlash mumkin va ular asosida adiabat ko‘rsatgichni aniqlash mumkin.

Kerakli asboblari va ashyolari: Marriot kolbasi, 10l, Ossilyatsion trubka, Taymer, Aneroid barometr, Plastik menzurka, 1000 ml, Vazelin, 50 g.

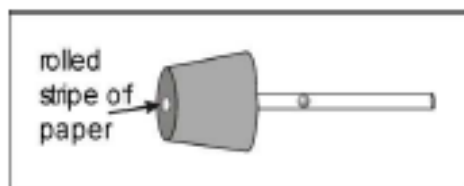
Tajriba o‘tkazish bo‘yicha maslahatlar

(5.15) tenglama bo‘yicha, idishning hajmi qanchalik katta bo‘lsa, po‘lat zoldirning ossilyatsiya davri shunchalik katta. Boshqa tarafdin, tajriba aniqligi ossilyatsion davri T aniqlash aniqligi bilan belgilanib, bu davr (5.16) tenglamadagi kvadrat ildizdan topiladi. Shuning uchun, mazkur tajribada aspirator (so‘rib oluvchi qurilma) qo‘llaniladi.

Po‘lat zoldirning ossilyatsiyasi shisha trubkaning va po‘lat zoldirning tozaligiga juda kuchi bog‘liq. Har bir tajribadan oldin 5.2–rasmda ko‘rsatilganidek, ipga bog‘langan yumshoq mato yoki teri parchasi bilan shisha trubkani diqqat bilan tozalash kerak. Shisha trubkani yumshoq mato parchasi bilan tozalashda tozalovchi vositalardan foydalaning.



5.2–rasm. Har bir tajribadan oldin yumshoq mato parchasi bilan shisha trubkani diqqat bilan tozalash zarur.



5.3–rasm. Tajribani o‘tkazish uchun qulaylik yaratish maqsadida jipslashtiruvchi halqa sifatida rezina tiqinga kiritilgan qog‘oz o‘ramidan foydalanish mumkin.

5.2–rasm. Har bir tajribadan oldin yumshoq mato parchasi bilan shisha trubkani diqqat bilan tozalash zarur.

Eslatma

Asbobdan foydalanilmagan vaqtda, prezion shisha trubkani toza saqlash maqsadida, uni rezina qopqoq bilan berkiting.

Tajriba qurilmasi

–Shisha trubkani 5.2–rasmda keltirilganidek tozalang.

–Po‘lat zoldirni tozalang.

Eslatma

Faqat prezitsion shisha trubkani va po‘lat zoldirni tozalashgina zoldirning yaxshi ossilliyatsiyasiga olib keladi.

Shisha trubkani rezina tiqinga o‘rnatib. Siz rezina tiqinning oldingi tarafiga jipslagich halqadan foydalanishingiz mumkin, buni soddagina oddiy qog‘oz bilan amalga oshirish mumkin (5.3–rasm). Tajribani o‘tkazish uchun qulaylik yaratish maqsadida jipslashtiruvchi halqa sifatida rezina tiqinga kiritilgan qog‘oz o‘ramidan foydalanish mumkin.

Tajribani o‘tkazish tartibi

–Aspiratorning pastki teshigi berk ekanligiga amin bo‘ling.

–Prezision shisha trubkani rezina tiqinni aspiratorning yuqorigi teshigiga qilib joylashtiring

–Agar endi zoldir trubkaga kiritilsa, u idishdagi havo hajmi shakllantirgan havo yostig‘ida garmonik tebranishlar bajaradi.

Ishqalanish energiyasiga yo‘qotishlar muqarrar bo‘lgani uchun tebranishlar so‘nadi.

–Bir necha marta (masalan 20) tebranishlar davrini T 10 ossilliyatsiya uchun o‘lchang.

–Barometr ko‘rsatishi bo‘yicha bosim qiymatini yozib oling.

– l hajmli plastik menzurkadan foydalangan holda, idishni suv bilan to‘ldirib, aspiratorning hajmini aniklang. Suvni to‘kgandan keyin idishni yaxshilab quriting.



Foydali maslahatlar:

–Tajribani boshlashdan oldin, po‘lat zoldirning tegmay, prezitsion shisha trubkaning yuqorigi uchini kaft bilan berkitish va rezina tiqinli prezitsion shisha trubkani 5.4–rasmda keltirilgandek qilib, aspiratordan ajratish kerak.

–Trubkaga ozgina havo miqdorini kiritish orqali, prezitsion shisha trubkaning yuqorigi uchiga po‘lat zoldir o‘tishi uchun imkon yaratish kerak.

–Yana qaytadan prezitsion shisha trubkaning yuqorigi uchini kaft bilan berkitib, rezinali tiqin bilan uni aspiratorga o‘rnating.

–Tajribani boshlash uchun prezitsion shisha trubkadan qo‘llingizni oling.

Prezitsion shisha trubkadagi po‘lat zoldirning muvozanat balandligi (5.1–rasm) bosimga bog‘liq. Agar atmosfera bosimi juda kichik bo‘lsa, po‘lat zoldir prezitsion shisha trubkadan aspiratorga tushib ketishi mumkin. Zoldirning aspiratorga tushib ketishini oldini olish hamda tajribani boshlashda mos balandlikni tanlash uchun sterjen magnitdan foydalanish mumkin (5.5–rasm).

Tajriba namunasi

Jadval 5. 2. N=10 ta ossilliyatsiya uchun po‘lat zoldirning
ossiliyatsiya davri T.

11,5 s	11,7 s	11,7 s	11,1 s	12,0 s
11,9 s	11,6 s	11,0 s	11,5 s	11,2 s
11,5 s	11,8 s	11,4 s	11,5 s	11,5 s
11,5 s	11,6 s	11,7 s	11,3 s	11,5 s

Hajm=11,5 l

Hisoblashlarvanatijalar

Jadval 8.2. bo‘yicha hisoblash, ossiliyatsiya davri uchun ko‘yidagi qiymatni beradi:

$$T = 1,15s$$

Po‘lat zoldirning massasi: $m = 16,5g$

Prezitsion shisha trubkaning diametri: $d = 16mm$

Trubka ko‘ndalang kesimining yuzasi:

$$A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot \frac{d^2}{4} = 2 \cdot 10^{-4} m^2$$

Bosim: $p = 1020gPa$

Kolba hajmi: $V = 1,5l$

(5.16) formulaga asosan adiabat ko‘rsatgichi: $k = 1,37$

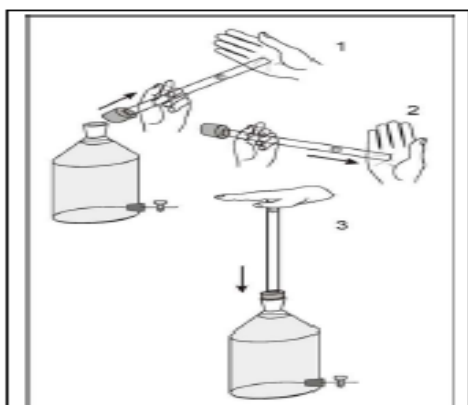
Adabiyotdagi natijalar:

Gazturi	O_2	N_2	Havo	CO_2
K	1,40	1,40	1,40	1,30

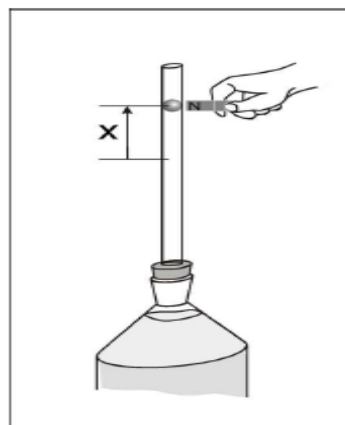
Qo‘shimcha ma’lumot

Solishtirma issiqlik sig‘imi va mos ravishda adiabat ko‘rsatgichi temperaturaga bog‘liq. Past temperaturalarda faqat ilgari tanima erkinlik darajalari

qo'zg'aladi. Temperatura oshishi bilan ikki aylanma erkinlik darajasi qo'zg'aladi. Va nihoyat keyingi temperatura oshishida molekullarning tebranma erkinlik darajalari qo'zg'aladi. Tebranishlarda potensial va kinetik energiya mavjudligi sababli, (5.6) formula bilan hisoblashda tebranma erkinlik darajasi ikki marta hisobga olinishi kerak. Qo'shimcha tebranma erkinlik darajasi natijasida, molyar issiqlik sig'imi yana bir bor universal gaz doimiysi qiymatiga ortadi.



5.4–rasm. Qayta tajribani boshlashning sxematik namoyishi (to'liq tajribani o'tkazish uchun foydali maslahatlarga qarang).



5.5–rasm. Sterjenli magnitdan (jihazlar ro'yxatiga kiritilgan) ixtiyoriy holatdan x tajribani boshlashda qanday foydalanishning sxematik namoyish (batafsil tajribani o'tkazish va foydali maslahatlarga qarang).

Chiziqli molekula CO_2 to'rtta tebranma erkinlik darajasiga ega (5.5–rasm). Tebranishlarning ikkita normal modasi molekular o'q bo'ylab va ikkita boshqasi molekular o'qqa perpendikulyar amalga oshadi. CO_2 molekulaning qayishayotgan tebranishlari xona temperaturasida qo'zg'aladi va shuning uchun xona temperaturasida hisobga olinishi kerak.

Bu tajriba gazsimon CO_2 bilan o'tkazilishi mumkin. Bunda zoldirni aniqlangan ossilyatsiya davrining qiymati quyidagiga teng bo'ladi:

$$T = 1,2s$$

va shunda $k = 1,26$ adiabata ko'rsatgichiga ega bo'lamiz.

Tovush to'lqinlarining tarqalishi holatlarning adiabatik almashuvidir. Bosimning mahalliy o'zgarishi shunchalik tez amalga oshadiki, bunda hech qanday

issiqlik almashuvi bo'lmaydi, ya'ni: $\Delta Q = 0$. Oqibatda adiabata ko'rsatgichi havodagi tovush tezligi uchun Laplas tenglamasiga kiradi.

Nazariy savollar?

- 1 Adiabatik jarayon deb qanday jarayonga aytiladi?
- 2 Gazning solishtirna issiqlik sig'imi deb nimaga aytiladi?
- 3 Gazadiabatik kengayganda uning ichki energiyasi qanday o'zgaradi?
- 4 Puasson koeffitsiyenti nimani ifodalaydi?

