

**O‘ZBEKISTON ALOQA VA AXBOROTLASHTIRISH
AGENTLIGI**

**TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI
UNIVERSITETI**

**RADIOTEXNIKA, RADIOALOQA VA
TELERADIOESHITTIRISH FAKULTETI**

Fizika kafedrası

**Fizika fanidan laboratoriya ishlari va
uslubiy ko‘rsatmalar**

III - qism

**Termodinamika, molekulyar fizika, qattiq
jismlar va yadro fizikasi**

Toshkent-2007

Ushbu uslubiy qo'llanma fizika fanining "Termodinamika, molekulyar fizika, qattiq jismlar va yadro fizikasi" bo'limlari bo'yicha bajarilishi lozim bo'lgan o'nta laboratoriya ishlari va ularga doir uslubiy ko'rsatmalarni o'z ichiga olgan.

Bu qo'llanma fizika fani bo'yicha "Informatika va axborot texnologiyasi", "Telekommunikatsiya", "Radiotexnika", "Televideniye, radioaloqa va radio-eshittirish", "Axborot xavfsizligi", "Elektron tijorat", "Pochta xizmati", hamda "Kasb ta'limi" yo'nalishlari bo'yicha birinchi bosqich bakalavrlari uchun ishlab chiqilgan ishchi dasturga mos ravishda tayyorlangan.

Unda talabalar o'zlashtirgan nazariy bilimlarni tekshirish uchun nazorat savollari va zaruriy adabiyotlar ro'yxati berilgan.

Mas'ul muharir fizika-matematika fanlari doktori,
prof. Abduraxmonov Q.P.

Tuzuvchilar: Prof. Abduraxmonov Q.P., prof. Abduqodirov M.A.,
dots. Haydarov Q.H., katta o'qit. Xolmedov H.M.,
katta o'qit. Masharipova S.Yu.

1-laboratoriya ishi

Suyuqliklarning ichki ishqalanish koeffisientini Stoks usuli bilan aniqlash

Ishning maqsadi: Ko'chish hodisasini o'rganish, suyuqliklarning ichki ishqalanish koeffisientini hisoblash .

Kerakli asboblari va materiallar: taglikka o'rnatilgan va ichiga qovushqoq suyuqlik solingan shisha silindr qurilma; kichik diametrli pitra-metal sharchalar; mikrometrik okulyarli mikroskop; masshtabli chizg'ich; areometr; termometr; sekundomer.

Asosiy nazariy ma'lumotlar

Ichki ishqalanish ko'chish hodisalaridan biri bo'lib, ixtiyoriy muhitda kuzatiladi. Suyuqliklarda ichki ishqalanishning hosil bo'lish sabablarini gidrodinamik va molekulyar kinetik nazariya asosida qarab chiqamiz. Suyqlikning qovushqoqligi, ya'ni impulsning qatlamdan qallamga ko'chishi asosan molekulalar tufayli sodir bo'ladi. . Suyqlikning molekulalari gaz molekulalari kabi erkin harakat qila olmaydi, ular tebranma harakat qilib, vaqti-vaqti bilan ko'chadi, bunda siljish masofasi ularning o'lchamlari tartibida bo'ladi. Suyuqlik zichligi katta bo'lganligi sababli molekulalarning ilgariylanma harakati cheklangandir. Past haroratlarda suyuqlik molekulalarining sakrab ko'chishi juda siyrak bo'lganligi sababli, suyuqlikning qovushqoqligi gazlarnikiga nisbatan juda katta bo'ladi. Suyuqlikning qovushqoqligi haroratga kuchli bog'liq bo'lib, harorat ortishi bilan tez kamaya boradi.

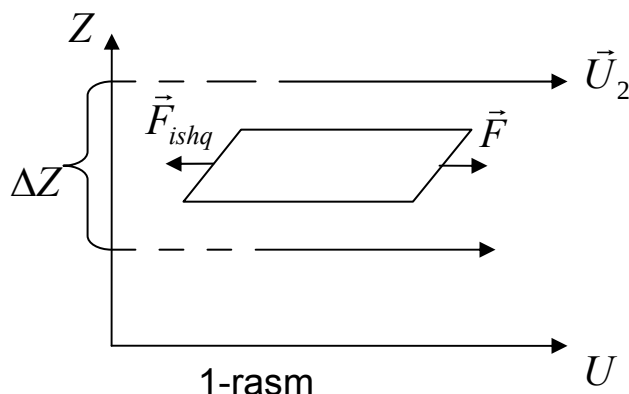
Suyuqlik harakatlanganda uning qatlamlari orasida ichki ishqalanish kuchlari yuzaga kelib, ular qatlamlar tezliklarini tenglashtirishga intiladi. Bu kuchlarning yuzaga kelishini quyidagicha tushuntirish mumkin: har xil tezlikli bilan harakatlanuvchi qatlamlar molekulalari bilan o'zaro almashinadi, natijada katta tezlik bilan harakatlanuvchi qatlam molekulalari sekinroq harakatlanuvchi qatlamga bir miqdor impuls uzatishi sababli sekinroq harakatlanuvchi qatlamning harakati tezlashadi. Aksincha, bunday almashinish natijasida tezligi katta bo'lgan qatlam sekinlashadi. Shunday qilib, qatlamdan qatlamga impulsning ko'chishi, impulsning o'zgarishiga sabab bo'ladi. O'z o'rnida impulsning o'zgarishi esa qatlamlararo parallel joylashtirilgan tekislikka urinma

ravishda yo'nalgan ichki ishqalanish kuchini hosil qiladi. Nyuton qonuniga binoan ichki ishqalanish kuchi quyidagiga tengdir(1-rasm):

$$F_{ishq} = -\eta \frac{dU}{dz} \Delta S \quad (1)$$

(1) dan ko'rinadiki, suyuqlik qatlamlari orasidagi ichki ishqalanish kuchi qatlamlar orasidagi $\frac{dU}{dz}$ tezlik gradientiga to'g'ri proporsionaldir.

Bu ifodadagi η - proporsionallik koeffisienti bo'lib, u suyuqlik tabiatiga, holatiga va haroratiga bog'liq. Unga *ichki ishqalanish koeffisienti* yoki *qovushqoqlik koeffi-sienti*, yoki qisqacha *suyuqlikning qovushqoqligi* ham deyiladi.



Agar (1)da $\frac{dU}{dz} = 1$ va

$\Delta S = 1$ bo'lsa, $|F_{ishq}| = 1$ bo'lganligidan ichki ishqalanish koeffisientini quyidagicha ta'riflash mumkin:

Dinamik qovushqoqlik koeffisienti deb, tezlik gradienti bir birlikka teng bo'lganda qatlamlararo joylashgan yuza birligiga urinma ravishda ta'sir qiluvchi ichki ishqalanish kuchiga miqdor jihatdan teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi.

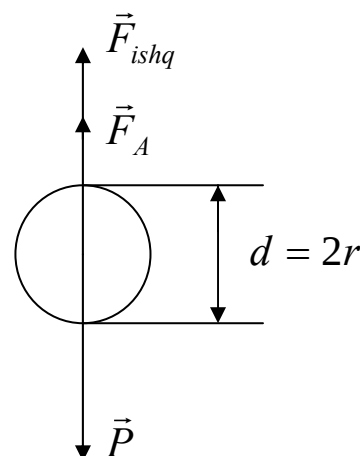
Ichki ishqalanish koeffitsienti SI sistemasida $|\eta|_{SI} = \frac{N \cdot s}{m^2} = kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$ larda o'lchanadi.

Qovushqoqlik muhitida tushayotgan sharchaga vertikal bo'ylab quyidagi uchta kuch ta'sir qiladi(2- rasm):

1) pastga tomon yo'nalgan og'irlik kuchi:

$$P = mg = \rho g V = \rho g \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{1}{6} \pi d^3 \rho g \quad 2)$$

2) yuqoriga yo'nalgan, sharcha siqib chiqargan suyuqlikning og'irligiga miqdor jihatdan teng bo'lgan Arximed kuchi:



$$F_A = P_0 = \rho_0 g V = \rho_0 g \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{1}{6} \pi d^3 \rho g \quad (3)$$

3) o'z orqasida uyurmalar hosil qilmay, kichik tezlik bilan tushayotgan sharchaga, Stoks ko'rsatishicha, ichki ishqalanish kuchi

$$F_{ishq} = 6\pi\eta r\eta = 3\pi\eta d\eta \quad (4)$$

ta'sir etadi. Bu formulalarda ρ va ρ_0 mos ravishda sharcha va suyuqlik zichliklari ; V - sharcha hajmi ; r va d - sharchaning radiusi va g - erkin tushish tezlanishi; η - sharchaning qovushqoq suyuqlikdagi barqarorlashgan tezligi.

Sharchaning suyuqlik ichidagi harakatini ikki bosqichga ajratish mumkin:

Birinchi bosqichda sharcha tezlanuvchan harakat qilib , bu harakat davomida sharchaga ta'sir qiluvchi natijalovchi kuch kamaya boradi. Birinchi bosqichda sharcha harakat tengla-masini Nyutonning 2-qonuni asosida quyidagicha yozamiz:

$$m \frac{d\vec{\eta}}{dt} = \vec{P} - \vec{F}_A - \vec{F}_{ishq} \quad (5)$$

bunda m - sharchaning massasi, $\frac{d\eta}{dt}$ - sharchaning tezlanishi.

Ikkinchi bosqichda , sharchaning tezligi muayyan qiymatga ega bo'lganda, natijalovchi kuch nolga teng bo'lib, sharcha doimiy tezlik bilan harakatlanadi. U holda (5) tenglama quyidagi ko'rinishga keladi:

$$\vec{P} - \vec{F}_A - \vec{F}_{ishq} = 0 \quad (6)$$

(6)dagi $\vec{P}$ - og'irlik, $\vec{F}_A$ - Arximed va $\vec{F}_{ishq}$ - Stoks kuch vektorlari bir to'g'ri chiziq bo'ylab yo'nalganligi uchun uning skalyar ko'rinishdagi ifodasi ham shunday bo'ladi:

$$P - F_A - F_{ishq} = 0 \quad (6a)$$

(2), (3), (4) lardan, P, F_A, F_{ish} kuchlarning ifodalarini (6a)ga qo'yilsa

$$\frac{1}{6} \pi d^3 g (\rho - \rho_0) - 3\pi\eta d\eta = 0 \quad (7)$$

tenglamani olamiz va bundan η -ichki ishqalanish koeffitsientini aniqlasak:

$$\eta = \frac{1}{18} \frac{\rho - \rho_0}{g} g d^2 \quad (8)$$

Bu yerda g - sharchaning barqaror topgan tezligi bo'lganligidan, u quyidagiga tengdir:

$$g = \frac{\ell}{\tau} \quad (9)$$

(9) ni (8) ga qo'yilsa, nihoyat ishchi formula kelib chiqadi:

$$\eta = \frac{1}{18} \frac{\rho - \rho_0}{\ell} g d^2 \tau \quad (10)$$

Bunda ℓ -sharcha tekis harakatlanib o'tadigan, qo'shni belgilar orasidagi masofa, τ - sharchaning shu masofani o'tish vaqti.

(10) formuladagi $\rho, \rho_0, d, \ell, \tau$ - kattaliklarning qiymatlarini bilgan holda ushbu ifoda yordamida suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsientini aniqlash mumkun.

Bu (10) ishchi formula sharcha harakatlanadigan muhitning chegaralari cheksiz uzoqlashgan hollar uchun, ya'ni sharcha harakatiga idish devorining ta'siri bo'lmagan hol uchun o'rinlidir. Shu maqsadda juda kichik diametrli sharchalar olingan.

Ikkinchi tomondan, Stoks formulasidagi ichki ishqalanish kuchlari, faqat suyuqlikning *laminar oqimi* uchungina o'rinlidir.

Laminar oqim (*lamina* - qatlam) deb, suyuqlik yoki gaz qatlamlarining bir-biriga nisbatan sirpanib oqishiga, boshqacha qilib aytganda, qatlamli oqimga aytiladi. Laminar oqimda suyuqlik (yoki gaz) qatlamlari o'zaro parallel siljiydi. Laminar oqimda vaqt bo'yicha oqim chizig'i o'zgarmasligi sababli, u statsionar- barqaror harakatdan iboratdir. Biroq yetarlicha katta tezliklarda laminar oqim beqaror bo'lib qoladi va *turbulent oqim* deb ataluvchi oqimga aylanadi.

Turbulent oqim (*turbulentus* – jo'shqin, tartibsiz) deb, suyuqlik yoki gaz zarrachalarining tezigi doim tartibsiz o'zgarib turadigan, uyurmali oqimga aytiladi.

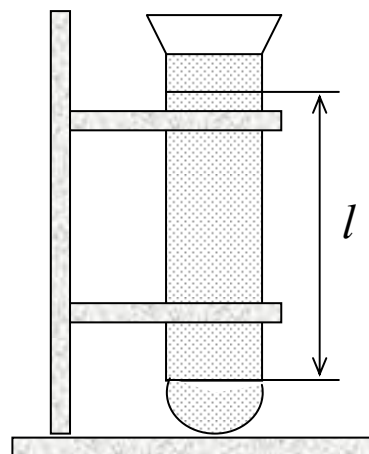
Turbulent oqimda, oqim chizig'i har doim o'zgarib turganligi sababli, bu harakat nostatsionar – beqaror harakatdan iboratdir.

Shunday qilib, (10) ishchi formula suyuqlikning laminar oqimidan iborat bo'lgan statsionar- barqaror harakati uchun o'rinlidir.

Qurilmaning tuzilishi va o'lchash usuli

Suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsientini Stoks usuli bilan aniqlashda ishlatiladigan qurilma (3-rasm), diametri ~5 sm, uzunligi ~50 sm bo'lgan shisha idishdan iborat bo'lib, unga tekshirilayotgan suyuqlik (glitsirin) quyiladi. Tajribada ishlatiladigan sharchalarning diametri mikrometrik okulyarli mikroskop yordamida aniqlanadi. O'lchanadigan sharchalar mikroskopning buyum stolchasiga o'rnatilib, uning tasviri aniq ko'runguncha fokuslanadi.

Tajribalarni turli sharchalar bilan kamida 10 marta takrorlash kerak.



3 - rasm

1. Tajribani o'tkazish tartibi va hisoblashlar

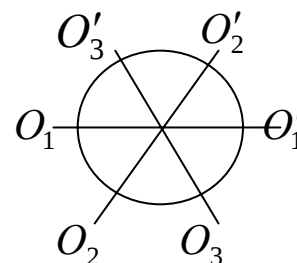
1. Millimetrli chizg'ich yordamida tekshiriladigan suyuqlik solingan idishning A va B (3-rasm) belgilari orasi o'lchanadi.
2. Areometr yordamida tekshirilayotgan suyuqlikning ρ_0 zichligi, termometr bilan harorati t° o'lchanadi.
3. Sharcha zichligi ρ ning qiymati tegishli jadvaldan aniqlanadi.
4. O'lchanadigan har bir sharchani mikroskopning buyum stolchasiga o'rnatib, uning har 60° burchak ostidagi $0_10'_1, 0_20'_2$ va $0_30'_3$ yo'nalishlardagi (4-rasm) diametrining uchta:

$$\Delta N_1 = N_2' - N_1'; \quad \Delta N_2 = N_2'' - N_1''; \quad \Delta N_3 = N_2''' - N_1'''$$

qiymatlari mikrometrik shkalalar bo'limida o'lchanadi.

5. Har bir sharchaning o'rtacha diametri, mikrometrik shkalalar bo'limida ifodalanadi:

$$\langle \Delta N \rangle = \frac{\Delta N_1 + \Delta N_2 + \Delta N_3}{3} \quad (11)$$



4 - rasm

6. Har bir sharchaning o'rtacha diametri $\langle d \rangle$ santimetrlarda ifodalanadi:

$$\langle d \rangle = \alpha \langle \Delta N \rangle \quad (12)$$

bunda $\alpha = 1 \cdot 10^{-3}$ sm bo'lib, mikrometrik shkala har bir bo'limning santimetrdagi ifodasidir. Bu ma'lumotlarning barchasi 1- jadvalga yoziladi.

1-jadval

No	N'_1	N'_2	N''_1	N''_2	N'''_1	N'''_2	ΔN_1	ΔN_2	ΔN_3	$\langle \Delta N \rangle$	$\langle d \rangle$	Doimiylar
1												$t^\circ =$
2												$\rho_0 =$
3												$\rho =$
...												$l =$
...												
...												
10												

7. Har bir sharchaning A va B belgilar orasini bosib o'tish vaqti τ sekundomer yordamida aniqlanadi.
8. Tajribada aniqlangan kattaliklar ρ, τ, ρ_0, ℓ va $\langle d \rangle$ ning qiymatlari (10) hisoblash formulasiga qo'yib, har bir tajriba uchun suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsienti aniqlanadi. 6, 7 va 8 bandlardan olingan natijalar 2- jadvalga yoziladi.

Tajriba xatoliklarini hisoblash

1. 2-jadval asosida aniqlangan suyuqlikning ichki ishqalanish koeffisientlarining o'rtacha qiymati hisoblanadi:

$$\langle \eta \rangle = \frac{\eta_1 + \eta_2 + \dots + \eta_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n \eta_i}{n} \quad (13)$$

2. Har bir tajribada qilingan absolyut xatolik hisoblanadi:

$$\Delta \eta_i = \langle \eta \rangle - \eta_i \quad (14)$$

3. Tajriba paytida qilingan o'ratacha absolyut xatolik topiladi:

$$\langle \Delta \eta \rangle = \frac{|\Delta \eta_1| + |\Delta \eta_2| + \dots + |\Delta \eta_n|}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta \eta_i|}{n} \quad (15)$$

4. Suyuqlik ichki ishqalanish koeffitsientining ishonch intervali quyidagicha yoziladi:

$$\eta = \langle \eta \rangle \pm \langle \Delta \eta \rangle \quad (16)$$

5. Tajribada qilingan nisbiy xatolik hisoblanadi:

$$\delta(\eta) = \frac{\langle \Delta \eta \rangle}{\eta} \cdot 100\% \quad (17)$$

Bu topilgan ma'lumotlarning barchasi 2-jadvalga yoziladi.

2-jadval

No	d_i	τ_i	η_i	$\langle \eta \rangle$	$\Delta \eta_i$	$\langle \Delta \eta \rangle$	η	$\delta(\eta)$
1								
2								
3								
...								
...								
10								

Nazorat uchun savollar

1. Suyuqliklarda ichki ishqalanish kuchining hosil bo'lishini gidrodinamik va molekulyar–kinetik nazariya asosida tishuntiring.
2. Ichki ishqalanish (qovushqoqlik) koeffitsientini ta'riflang.
3. Hisoblash formulasi asosida ichki ishqalanish koeffitsientining SI sistemasidagi o'lchov birrligini chiqaring.
4. Suyuqliklarning qanday harakatini laminar va turbulent oqim deb ataladi.
5. Stoks qonunini ta'riflang.
6. Suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsientini aniqlash – Stoks usulini tushuntiring.
7. Suyuqlikka tushirilgan sharchaga ta'sir qiluvchi kuchlarni tushuntirib bering.
8. Suyuqlikning ichki ishqalanishi haroratga nisbatan qanday o'zgaradi?
9. O'lchash xatoliklari qanday hisoblanadi?

Adabiyotlar

1. Frish S.E, va Timoreva A.V. Umumiy fizika kursi.- 1 tom. T. O'qituvchi. 1965.§42,46

2. Savelev N.V. Umumiy fizika kursi.- 1 tom.T.:O'qituvchi.1973. § 58, 59, 69.
3. Sivuxin D.V. Umumiy fizika kursi "Mexanika" T.:O'qituvchi. 1961, 194, 96, 97, 98, 99.
4. Fizikadan praktikum. Mexanika va molekulyar fizika. Professor Iveronova V.I. tahriri ostida. T.:O'qituvchi.1973. 46-vazifa.
5. Nazirov E.N. va boshqalar. Mexanika va molekulyar fizikadan praktikum. T.:O'qituvchi.1979, 14-ish.

2-laboratoriya ishi

Gazlar issiqlik sig'implarining nisbatini Kleman-Dezor usuli bilan aniqlash

Ishning maqsadi: Termodinamikaning birinchi qonunini, ichki energiya va uning formulasini o'rganish, issiqlik sig'implari bilan tanishish

Kerakli asbob va materiallar: qurilma , U–simon suvli manometr, nasos yoki kompressor

Asosiy nazariy ma'lumotlar

Tekshirilayotgan jismlar to'plamiga jismlar tizimi yoki soddagina qilib tizim deb ataladi. Juda kichik o'lchamlar va massalarga ega bo'lgan jismlar sifatida qaraluvchi ko'p sonli molekulalardan tuzilgan tizimlarga misol qolib gazlarni olish mumkun.

Molekulalari o'zaro ta'sirlashmaydigan moddiy nuqtalar to'plamiga o'xshash xossalarga ega bo'lgan gazlarga *ideal gazlar* deyiladi.

Har qanday gazning holati, holat parametrlari deb ataluvchi bosim P , harorat T va gaz egallagan hajm V bilan xarakterlanadi.

Barcha holat parametrlari uzoq vaqt davomida o'zgarmay qolgan tizimning holatiga *muvozanatli holat* deyiladi.

Tizimning bir holatdan ikkinchi holatga o'tishiga *jarayon* deyiladi. Muvozanatli holatlarning uzluksiz ketma-ketligidan iborat bo'lgan jarayonga muvozanatli jarayon deb ataladi.

Muvozanatli holat va muvozanatli jarayon tushunchalari termodinamikada katta rol o'ynaydi. Termodinamikaning barcha

miqdoriy xulosalarini faqat muvozanatli jarayonlargagina qo'llash mumkun.

Gaz(yoki tizim)ga berilgan issiqlik miqdori, uning holatini o'zgartiradi, natijada biror ish bajaradi. Bunday o'zgarishni energiyaning saqlanish qonunidan iborat bo'lgan, quyidagi termodinamikaning bosh qonuni to'liq izohlab beradi.

Tizimga berilgan issiqlik miqdori (dQ) tizimning ichki energiyasining o'zgarishi (dU) ga va tizimning tashqi kuch ustidan bajargan ishi (dA)ga sarflanadi, ya'ni

$$dQ = dU + dA \quad (1)$$

Agar tizim ideal gazdan iborat bo'lsa, gazning ichki energiyasi molekulalar harakatining o'rtacha kinetik energiyasi $\langle \varepsilon \rangle = \frac{1}{2}kT$ ning yig'indisiga tengdir. Agar berilgan gazda N ta molekula bo'lsa uning ichki energiyasi

$$U = N \langle \varepsilon \rangle = N_A \frac{m}{\mu} \cdot \frac{i}{2} kT = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} RT \quad (2)$$

bunda $N_A = 6,022 \cdot 10^{26} \text{ kmol}^{-1}$ – Avogadro soni;

$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ – Boltsman doimiysi;

$R = 8,31 \cdot 10^3 \text{ J/(kmol} \cdot \text{K)}$ - universal gaz doimiysi;

T – absolyut harorat, K ;

m – gazning massasi, kg ; μ – gazning molyar massasi;

i - gaz molekulalarining erkinlik darajasi.

Gaz molekulalarining o'rtacha erkinlik darajasi deb, gaz molekulalarining fazodagi harakati holatini aniqlab beruvchi erkin koordinatalar soniga aytiladi. Masalan,

bir atomli gaz molekulalari uchun $i = 3$;

ikki atomli gaz molekulalari uchun $i = 5$;

uch va ko'p atomli gaz molekulalari uchun $i = 6$ ga tengdir.

(2)dan gaz ichki energiyasining o'zgarishi

$$dU = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{i}{2} R dT \quad (3)$$

Nihoyat, gaz hajmining o'zgarishida bajarilgan ish gaz bosimi P ning hajm o'zgarishi dV ga ko'paytmasiga tengdir:

$$dA = p \cdot dV \quad (4)$$

(3) va (4) larni (1) ga qo'yilsa, termodinamika birinchi qonunining matematik ifodasi quyidagi umumiy ko'rinishga keladi

$$dQ = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} R dT + p dV \quad (5)$$

Termodinamikada tizimlarning issiqlik olish xususiyatlarini xarakterlash uchun issiqlik sig'imi tushunchasi kiritilgan.

Termodinamika birinchi bosh qonunining (5) ko'rinishidagi matematik ifodasidan ideal gazning holat tenglamalarini va gaz jarayonlaridagi issiqlik sig'imlarining matematik ifodalarini osongina isbotlash mumkun.

1. Moddaning issiqlik sig'imi (C_m) deb, uning haroratini $1K$ ga o'zgartirish uchun zarur bo'lgan issiqlikka miqdor jihatidan teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi, ya'ni

$$C_m = \frac{dQ}{dT}, \quad dQ = C_m dT \quad (6)$$

2. Moddaning solishtirma issiqlik sig'imi (C) deb, massasi bir birlikka teng bo'lgan moddani $1K$ ga isitish uchun zarur bo'lgan issiqlikka miqdor jihatdan teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi, ya'ni

$$C = \frac{dQ}{m dT}, \quad dQ = C m dT \quad (6a)$$

3. Moddaning molyar issiqlik sig'imi (C_μ) deb, 1 mol moddani $1K$ ga isitish uchun zarur bo'lgan issiqlikka miqdor jihatdan teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi, ya'ni

$$C_\mu = \frac{dQ}{\frac{m}{\mu} dT}, \quad (7)$$

$$dQ = \frac{m}{\mu} \cdot C_\mu dT \quad (7a)$$

Solishtirma issiqlik sig'imi C bilan molyar issiqlik sig'imi C_μ orasida quyidagi munosabat mavjud

$$C = \frac{1}{\mu} C_{\mu} \quad (8)$$

$$C_{\mu} = \mu \cdot C \quad (8a)$$

Gazlarning ussiqlik sig'implari, ularning qanday sharoitda isitilishiga bog'liqdir. Agar modda o'zgarmas hajmda, ya'ni $V = \text{const}$ ($dV = 0$) sharoitda isitilsa, **o'zgarmas hajmdagi issiqlik sig'imi** yoki **izoxorik issiqlik sig'imi** deb ataladi va C_V bilan belgilanadi.

Agar moddani isitishda bosim o'zgarmas $P = \text{const}$ bo'lsa, **o'zgarmas bosimdagi issiqlik sig'imi** yoki **izobarik issiqlik sig'imi** deyilib, u C_P bilan belgilanadi.

Biror gazga o'zgarmas hajmda, ya'ni $V = \text{const}$ ($dV = 0$) issiqlik berilsa, u faqat gaz ichki energiyasining o'zgarishiga sarf bo'ladi. U vaqtda (5) va (7a) larga asosan quyidagilarni yozish mumkin

$$dQ_V = \frac{m}{\mu} \cdot \frac{i}{2} R dT \quad (9)$$

$$dQ_V = \frac{m}{\mu} \cdot C_V dT \quad (9a)$$

(9) va (9a)dan o'zgarmas hajmdagi molyar issiqlik sig'imi C quyidagiga teng bo'ladi

$$C_V = \frac{i}{2} R \quad (10)$$

Agar gazga o'zgarmas bosimda ($P = \text{const}$) issiqlik miqdori berilsa, u gaz ichki energiyasining o'zgarishi dU va kengayishidagi bajarilgan ish dA_p ga sarf bo'ladi, ya'ni

$$dA_p = p \cdot dV = \frac{m}{\mu} R dT \quad (11)$$

$$(11)\text{dan} \quad R = \frac{A_p}{\frac{m}{\mu} dT} \quad (11a)$$

Binobarin, universal gaz doimiysi R o'zgarmas bosimda 1mol ideal gazni 1 K ga isitishda gazning kengayishidagi bajargan ishiga miqdor jihatdan teng.

U vaqtda dQ_p ning ifodasini (5), (7a) va (11) tenglamalar asosida yozilsa

$$dQ_p = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} R dT + \frac{m}{\mu} R dT = \frac{m}{\mu} \left(\frac{i}{2} R + R \right) \quad (12)$$

$$dQ_p = \frac{m}{\mu} C_p dT \quad (12a)$$

Bu (12) va (12a) tenglamalarni o'zaro tenglashtirib, o'zgarmas bosimdagi molyar issiqlik sig'imi C_p ni aniqlash mumkun

$$C_p = \frac{i}{2} R + R \quad (13)$$

yoki
$$C_p = \frac{i+2}{2} R \quad (13a)$$

(13)da $\frac{i}{2} R = C_v$ bo'lganligi uchun

$$C_p = C_v + R \quad (13b)$$

Bu ifodaga Robert-Mayer formulasi deyiladi .

Gazlarning o'zgarmas bosimdagi C_p sig'imining o'zgarmas hajmdagi C_v issiqlik sig'imiga nisbati $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ adiabatik jarayonlarda tovushning gazlarda tarqalishida, gazlarning naylarda tovush tezligiga yaqin tezliklarda oqishida katta ahamiyatga egadir.

(13) ni (10) ga bo'lib, har bir gaz uchun o'ziga xos bo'lgan C_p ning C_v ga nisbatini topamiz

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{i+2}{2} \quad (14)$$

(14)dan ko'rinadiki, γ kattalik gaz molekula tuzilishini tavsiflovchi molekulaning erkinlik darajasi bilan aniqlanar ekan.

γ berilgan gaz uchun o'zgarmas bo'lib, Puasson koeffitsienti ham deyiladi.

Gazlarning solishtirma issiqlik sig'irlarining $\gamma = \frac{C_P}{C_V}$ nisbatini topishning quyida bayon etilgan Kleman-Dezor usuli juda ham soddadir .

Qurilmaning tuzilidhi va o'lchash usuli

Qurilma havo bilan to'ldirilgan 10-20 litr hajmli B shisha balondan iborat (1-rasm). Rezina naylar yordamida balonga ulangan U–simon manometrning tirsaklaridagi gazning hajmini balonning hajmiga nisbatan nazarga olmasa ham bo'ladi. Balonga yana N qo'l nasos yoki kompressor ulangan bo'lib, uning yordamida balonga gaz damlanadi. Po'kak tiqin yoki elektromagnit tiqin balon ichidagi gazni tashqi atmosferadan ajratib turadi. Balonda siqilgan gazning ortiqchasi juda kichik vaqtda tashqariga chiqib ketishga ulgurishi va yuz beradigan kengayish adiabatik jarayondan iborat bo'lishi uchun tiqin o'rnatilgan teshik yetarlicha katta bo'lishi kerak.

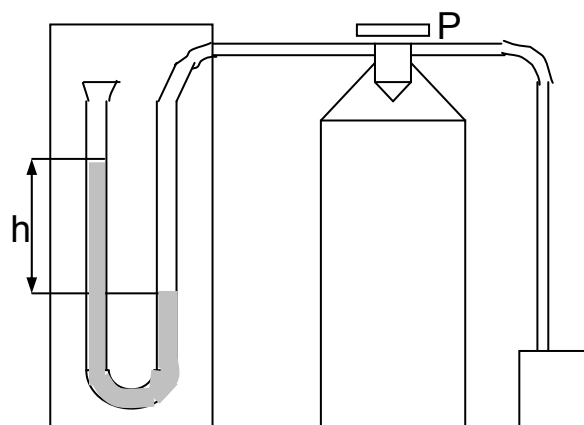
Usulning nazariyasi

Balonga nasos yoki kompressor yordamida havo damlab, tiqin tez ochib yopilgan-da balondagi gaz quyidagi uchta holatlardan o'tadi.

1. Agar tiqinni berkitib balonga nasos bilan havo damlansa, idishning issiqlik o'tkazuvchanligi sababli

idishdagi havoning harorati tashqi havoning harorati T_1 ga tenglashguncha osha borishi sababli, idishdagi gazning bosimi ham osha boradi. Nihoyat idishdagi gazning harorati tashqi harorat T_1 ga teng bo'lgandagina ortiqcha bosimni ifodalovchi manometr sathlarining farqi aniq h_1 qiymatga erishadi. Gazning bu holati T_1 va P_1 parametrlar bilan xarakterlanadi (1-holat: T_1 va P_1).

Agar atmosfera bosimi P_0 bo'lsa, balondagi gazning bosimi quyidagiga teng bo'ladi



1 - rasm

$$P_1 = P_0 + h_1 \quad (15)$$

2. Agar endi tiqin tez ochilsa, idishdagi havoning bosimi P_1 tashqi P_0 ga tenglashguncha idishdagi gaz adiabatik ravishda kengaya boradi, natijada havo T_2 haroratgacha soviydi. Bu holat gazning ikkinchi holatidir (2 holat: T_2, P_0).

3. Agar tiqin ochilgan zahotiyoq qaytadan berkitilsa, balondagi gaz izoxorik ravishda isiy boshlaydi. Gaz harorati ortishi bilan bosim ham orta boradi va nihoyat gazning harorati tashqi T_1 harorat bilan tenglashganda bosimning oshishi to'xtaydi. Bu holat gazning uchunchi holati bo'ladi. (3-holat: T_1, P_2). Idishdagi havoning shu paytdagi bosimini P_2 bilan, manometrning shu bosimni munosib ko'rsatishini h_2 bilan belgilansa, P_2 quyidagiga teng bo'ladi

$$P_2 = P_0 + h_2 \quad (16)$$

Shunday qilib gazning birinchi holatdan 2-holatga o'tishi adiabatik jarayondan iborat bo'lganligi uchun, Puasson tenglamasini quyidagi ko'rinishda yozish mumkun

$$\frac{P_1^{\gamma-1}}{T_1^{\gamma}} = \frac{P_0^{\gamma-1}}{T_2^{\gamma}} \quad (17)$$

Bu yerda γ gazning o'zgarmas bosimdagi issiqlik sig'imini o'zgarmas hajmdagi issiqlik sig'imiga nisbatiga tengdir, ya'ni

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V}$$

Gaz ikkinchi holatdan 3- holatga izoxorik-o'zgarmas hajmda o'tganligi uchun Gey-Lyussak qonuniga binoan quyidagini yozamiz

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_0}{T_2} \quad (18)$$

(17) tenglamaga P_1 ning ifodasini (15) dan qo'yib hadlarning joyini almashtirish orqali quyidagi tenglamani hosil qilamiz

$$\left(\frac{P_0 + h_1}{P_0} \right)^{\gamma-1} = \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^{\gamma} \quad (18a)$$

$$\text{yoki} \quad \left(1 + \frac{h_1}{P_0}\right)^{\gamma-1} = \left(1 + \frac{T_1 - T_2}{T_2}\right)^{\gamma} \quad (19)$$

Bu tenglamada $\frac{h_1}{P_0}$ va $\frac{T_1 - T_2}{T_2}$ lar birdan juda kichik bo'lgani uchun, tenglamaning ikki hadini Nyuton binomi bo'yicha yoyib, birinchi tartibli aniqlik bilan olinsa

$$\begin{aligned} \left(1 + \frac{h_1}{P_0}\right)^{\gamma-1} &= 1 + (\gamma-1)\frac{h_1}{P_0} + \dots \approx 1 + (\gamma-1)\frac{h_1}{P_0}, \\ \left(1 + \frac{T_1 - T_2}{T_2}\right)^{\gamma} &= 1 + \gamma\frac{T_1 - T_2}{T_2} + \dots \approx 1 + \gamma\frac{T_1 - T_2}{T_2}. \end{aligned}$$

Shunday qilib, (10) tenglamani taxminan quyidagi ko'rinishda yozish mumkun:

$$1 + (\gamma-1)\frac{h_1}{P_0} = 1 + \gamma\frac{T_1 - T_2}{T_2} \quad (20)$$

$$\text{Bundan} \quad P_0 \frac{T_1 - T_2}{T_2} = \frac{\gamma-1}{\gamma} h_1 \quad (20a)$$

Ikkinchi tomondan (16)dan P_2 ning igodasini (18)ga qo'yib quyidagini osongina hosil qilish mumkin:

$$h_2 = P_0 \frac{T_1 - T_2}{T_2} \quad (21)$$

$$\text{Demak,} \quad h_2 = h_1 \frac{\gamma-1}{\gamma} \quad (22)$$

Bu tenglamadan gazning o'zgarmas bosimdagi va o'zgarmas hajmdagi issiqlik sig'imining nisbati γ ni aniqlasak:

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{h_1}{h_1 - h_2} \quad (23)$$

Bu tenglama yordamida γ ni hisoblash uchun gazning adiabatik kengayishigacha va adiabatik kengayishidan keyingi bosimining atmosfera bosimidagi ortiqcha qismlar h_1 va h_2 larni o'lchash kerak.

Ishni bajarish tartibi va o'lchash natijalarini hisoblash

1. O'lchashni boshlashdan oldin qurilmaning ulanish joylari yetarlicha germetik ekanligiga ishonch hosil qilish kerak. Buning uchun manometrdagi suv sathlari farqi 15-20 sm ga yetguncha balonga nasos yordamida havo damlanadi. Vaqt o'tishi bilan balondagi gaz bosimining o'zgarishi kuzatib boriladi.

Agar qurilma germetik bo'lsa, ma'lum vaqtdan keyin termo-dinamik muvozanat yuz berib, bosimning kamayishi to'xtaydi.

2. Damlangan balon ichidagi gazning bosimi barqarorlashgach, bosimning atmosfera bosimidan ortiqcha qismi h_1 o'lchanadi. U suvli manometrdagi sathlar ayirmasiga tengdir.

3. So'ngra P tiqin (ventil) juda kichik muddat ichida ochib yopiladi. Termodinamik muvozanat hosil bo'lgandan keyin yana balon ichidagi gaz bosimining atmosfera bosimidan ortiqcha qismi h_2 suvli manometrdagi sathlar ayirmasidan olinadi.

4. Tajribalar kamida 10 marta takrorlanib, har bir tajriba natijalarini (23) formulaga qo'yib, γ hisoblanadi. Havo uchun tajribadan aniqlangan γ ning qiymati $i = 5$ deb, (14) formula bo'yicha hisoblangan γ ning qiymatiga yaqin bo'lishi kerak.

5. Har bir o'lchash uchun γ_i , uning o'rtacha qiymati $\langle \gamma \rangle$, har bir o'lchashning absolyut xatoligi $\Delta \gamma_i$ va o'rtacha absolyut xatolik $\langle \Delta \gamma \rangle$, γ ning haqiqiy qiymati $\gamma = \langle \gamma \rangle \pm \langle \Delta \gamma_i \rangle$ va $\delta(\gamma) = \frac{\langle \Delta \gamma \rangle}{\langle \gamma \rangle}$ nisbiy xatolik hisoblanadi.

Olingan barcha ma'lumotlar quyidagi jadvalga yoziladi.

No	h_1	h_2	γ_i	$\langle \gamma \rangle$	$\Delta \gamma_i$	$\langle \Delta \gamma \rangle$	γ	$\delta(\gamma), \%$
1								
2								
.								
.								
.								
10								

Nazorat savollari

1. Qanday gazga ideal gaz deyiladi?

2. Ideal gazning ichki energiyasini ta'riflang va ifodasini yozing.
3. Termodinamikaning birinchi bosh qonunini ta'riflang?
4. Moddalar issiqlik sig'implarining turlarini ta'riflang.
5. Ideal gazning o'zgarmas hajm va o'zgarmas bosimdagi molyar issiqlik sig'implarining ifodasini yozing.
6. Robert – Mayer tenglamasini yozing.
7. Gaz molekulalarining erkinlik darajasi deb nimaga aytiladi?
8. Adiabatik jarayonni ta'riflang va uning tenglamasini yozing.
9. Hisoblash formulasini isbotlang.
10. Tajribani bajarish tartibini tushuntiring.

Adabiyotlar

1. Savelev I.V. Umumiy fizika kursi. 1 tom.T.:O'qituvchi.1973. §93, 94, 95, 101, 102, 103.
2. Kikoin A.K., Kikoin I.K. Molekulyarnaya fizika T. O'qituvchi. 1973. § 20, 21, 23, 24, 25, 26, 30.
3. Fizikadan praktikum. Mexanika va molekulyar fizika. Prof. Iveronova V.I. tahriri ostida. T. O'qituvchi.1973. 40-vazifa.
4. Nazirov E.N. va boshqalar. Mexanika va molekulyar fizikadan praktikum. T. O'qituvchi.1979, 12-ish.

3-laboratoriya ishi

Qattiq jismlarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentini kalorimetrik usul bilan aniqlash

Ishning maqsadi: Ko'chish hodisasi, issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti tushunchasi, harorat gradiyenti tushunchalari bilan tanishish.

Kerakli asbob va materiallar: issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentini aniqlash uchun kerakli qurilma: qaynatgich va isitgich; texnik tarozi va toshlar (yoki kvadrant tarozi); tekshiriluvchi qattiq jism; shtangensirkul; termometr; sekundomer.

Asosiy nazariy ma'lumotlar

Agar qattiq jismning turli qismlari orasida haroratlar farqi mavjud bo'lsa, u holda gazlar va suyuqliklarda bo'lgani kabi, qattiq jismlarda ham issiqlik uning ko'proq isigan qismidan kamroq isigan qismiga uzatiladi.

Issiqlik o'tkazuvchanlik hodisasi deb, moddaning issiqroq qismidan sovuqroq qismiga, massasi ko'chmasdan molekulalarning tartibsiz harakati bilan issiqlikning ko'chish hodisasiga aytiladi.

Qattiq jismda issiqlikning ko'chishi miqdoriy jihatdan xuddi suyuqlik va gazlardagi singari Fyurje qonunining quyidagi tenglamasi bilan ifodalanadi

$$dQ = -\alpha \frac{dT}{dx} ds dt, \quad (1)$$

bu yerda dQ - yuza dS orqali dt vaqt oralig'idagi ko'chib o'tgan issiqlik miqdori; dT/dx - harorat gradiyenti; α - proporsionallik koeffitsiyenti bo'lib, unga issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti deyiladi. Birinchi tenglamaga asosan issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentini quyidagicha ta'riflash mumkin: **issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti** deb, harorat gradiyentiga perpendikular yo'nalishda bir birlik yuzadan vaqt birligi ichida ko'chgan issiqlikka miqdor jihatdan teng bo'lgan fizik katalikka aytiladi.

Moddalarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentlari haroratga bog'liq bo'lib, harorat oralig'ida deyarli o'zgarmas qoladi.

Moddalar agregat holatining o'zgarishi bilan issiqlik o'tkazuvchanligi ham o'zgarishi mumkin.

Moddaning gaz ko'rinishidagi agregat holatidagi issiqlik o'tkazuvchanlik jarayonida gaz molekulalarining tartibsiz harakati sababli o'zaro diffuziyalanishi muhim rol o'ynaydi. Gazlarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti gazning zichligi ρ ga, molekulalarning o'rtacha arifmetik tezligi $\langle v \rangle$ ga, o'rtacha erkin yugurish yo'lining uzunligi $\langle \lambda \rangle$ va gazning o'zgarmas hajmdagi solishtirma issiqlik sig'imi C_V ga proporsional bo'lib, u quyidagiga tengdir

$$\alpha = \frac{1}{3} \rho \langle v \rangle \cdot \langle \lambda \rangle C_V \quad (2)$$

Gazning ichki ishqalanish koeffitsiyenti

$$\eta = \frac{1}{3} \rho \langle v \rangle \cdot \langle \lambda \rangle \quad (3)$$

bo'lgani uchun (2) tenglamani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\kappa = \eta \cdot C_V \quad (4)$$

Shunday qilib, gazlarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti gazlarning ichki ishqalanish koeffitsiyenti va izoxorik solishtirma issiqlik sig'imiga proporsionaldir.

(2) tenglamadan ko'rinadiki, gazning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti harorat o'zgarishi bilan xuddi $\langle v \rangle = \sqrt{8RT/\pi\mu}$ kabi o'zgarishi, ya'ni $\sqrt{T}$ ga proporsional o'zgarishi kerak edi. Aslida issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti harorat ortganda $\sqrt{T}$ dan ko'ra birmuncha tezroq o'sishini tajriba ko'rsatadi.

Moddalarning suyuqlikdan iborat agregat holatidagi issiqlik o'tkazuvchanligi, xuddi gazlardagi kabi, harorat gradiyenti bo'lgan holdagina mavjud bo'ladi. Agar gazlarda energiya tartibsiz harakat qilayotgan molekulalarning to'qnashuvida uzatilsa, suyuqliklarda zarrachalarning muvozanat holati atrofida tebranishi jarayonida amalga oshadi. Kattaroq energiyaga ega bo'lgan zarrachalar kattaroq amplituda bilan tebranib, boshqa zarrachalar bilan to'qnashganda ularga energiya uzatib, ularni tebratadi. Energiyaning bunday mexanizm asosida uzatilishi, xuddi gazlardagi uzatilishdek, energiyaning tez uzatilishini ta'minlay olmaydi va shuning uchun ham suyuqliklarning issiqlik o'tkazuvchanligi juda kichik bo'ladi.

Moddalarning qattiq jism agregat holatidagi issiqlik o'tkazuvchanlik mexanizmi undagi issiqlik harakatlarining xarakteridan kelib chiqadi. Qattiq jismlar atomlar to'plamidan iborat bo'lib, ular hamma vaqt tebranib turadi. Tebranishlar bir atomdan boshqalariga tovush tezligida uzatiladi, natijada tebranishlar energiyasini tashuvchi to'lqin hosil bo'ladi. Tebranishlarning ana shunday tarqalishida issiqlikning ko'chishi ro'y beradi.

Qattiq jismning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentini kvant tasavvurlar yordamida taxminiy ravishda hisoblash mumkin. Kvant nazariyasi qattiq jismda tovush tezligida tebranishlarni **fononlar** deb

ataluvchi fiktiv zarralar bilan taqqoslashga imkon beradi. Har bir fononning energiyasi uning tebranish chastotasi bilan xarakterlanib, u Plank formulasiga binoan quyidagiga tengdir

$$\varepsilon = h \nu \quad (5)$$

Bunda $h=6,625 \cdot 10^{-34}$ J.s. - Plank doymiyisi. Shunday qilib, qattiq jismlarni fononlar gazi bilan to'ldirilgan idish deyish mumkin. Agar harorat uncha yuqori bo'lmasa, fononlar gazini ideal gaz deb qarash mumkin. Odatdagi gazlarda bo'lgani singari, fonon gazida issiqlik fononlarning panjaradagi atomlar bilan to'qnashishlari tufayli uzatiladi va ideal gazlarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentini hisoblashdagi barcha mulohazalar bu yerda ham o'rinli bo'ladi. Shuning uchun ham qattiq jismning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentining matematik ifodasini xuddi (2) formula ko'rinishida yozish mumkin

$$\kappa = \frac{1}{3} \rho \langle \lambda \rangle C \cdot V, \quad (6)$$

bunda ρ - qattiq jismning zichligi; $\langle \lambda \rangle$ - fononlarning o'rtacha erkin yugurish yo'lining uzunligi bo'lib, uni hisoblash birmuncha murakkabdir; C -qattiq jismning solishtirma issiqlik sig'imi, V -qattiq jismda fononlarning tarqalish tezligiga teng.

Qattiq jismlarda fononlarning o'rtacha erkin yugurish yo'li uzunligi absolyut harorat T ga teskari proporsional bo'lganligi uchun issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti ham teskari proporsionaldir, ya'ni

$$\kappa = \frac{\alpha}{T}, \quad (7)$$

bu yerda α turli modallar uchun turlicha bo'lgan o'zgarmas kattalik.

Metallarda issiqlikning ko'chishida panjaralarning tebranishidan tashqari, zaryadlangan zarrachalar – elektronlar ham qatnashadi. Metallarda elektronlar undan tashqari elektr toki tashuvchilar hamdir.

Yuqori haroratlarda issiqlik o'tkazuvchanlikning elektronlarga tegishli qismi fononlarga tegishligidan ancha kattadir. Shunday qilib, metallar issiqlik o'tkazuvchanligining metalmas qattiq jismlar issiqlik o'tkazuvchanligidan yuqori bo'lishining sababi metalmas jismlarda fononlar yagona issiqlik tashuvchilardir.

Metallarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti - κ solishtirma elektr o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti γ ga proporsionaldir.

Shunday qilib, metallarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti (α) ning solishtirma elektr o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti (γ) ga bo'lgan nisbati absolyut harorat (T) ga to'g'ri proporsionaldir (Videman-Frans qonuni), ya'ni

$$\frac{\alpha}{\gamma} = 3 \left(\frac{K}{e} \right)^2 T, \quad (8)$$

bu yerda $K=1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K Bolsman doimiysi, $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Kl-elektronning zaryadi.

Usulning nazariyasi

Issiqlik miqdori, harorati T_θ o'zgarmas saqlanadigan issiqroq muhitdan, sovuqroq muhitga Δx qalinlikdagi jism orqali uzatilsa, sovuqroq muhit isiy boshlaydi. Sovuqroq muhit suv solingan kalorimetrdan iborat bo'lsa, Δx qalinlikdagi jism orqali o'tgan dQ issiqlik miqdori kalorimetrik tenglamadan aniqlanadi

$$dQ = (c_1 m_1 + c_2 m_2) dT, \quad (9)$$

bunda c_1 – suvning solishtirma issiqlik sig'imi, c_2 – aralashtirgichli kalorimetrning solishtirma issiqlik sig'imi; m_1 va m_2 - suv va kalorimetrning massasi; dT - suvli kalorimetr haroratining o'zgarishi. Qisqa vaqt oralig'ida qattiq jismning Δx qatlam sirtlaridagi haroratlar farqi ($T_\theta - T$) deyarli o'zgarmas qolganligidan issiqlik o'tkazuvchanlik jarayoni kvazistatsionar bo'lganligidan, qattiq jism orqali o'tgan issiqlik miqdori dQ Furiye qonuniga binoan quyidagiga tengdir:

$$dQ = \alpha \frac{T_\theta - T}{\Delta x} S \cdot dt \quad (10)$$

bunda T_θ va T – tekshirilayotgan qattiq jismning 100 °S li bug' va kalorimetr bilan tutashgan sirtlarning mos haroratlari; S - issiqlik o'tayotgan qattiq jism sirtining yuzasi (1- rasm).

(9) va (10) tenglamalarni tenglashtirib, quyidagi ifodani olamiz

$$(c_1 m_1 + c_2 m_2) dT = \alpha \frac{T_\theta - T}{\Delta x} S \cdot dt \quad (11)$$

bundan

$$(c_1 m_1 + c_2 m_2) \Delta x \frac{dT}{T_B - T} = \kappa \cdot S \cdot dt \quad (12)$$

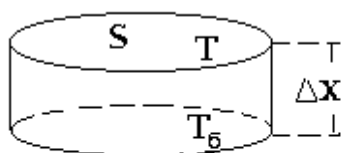
Agar tekshirilayotgan jismning kalorimetr bilan tutashgan qatlami-ning, ya'ni kalorimetrdagi suvning, harorati T_0 dan T gacha τ vaqt oralig'ida o'zgargan bo'lsa, (12) ni integrallab, quyidagini topamiz:

$$\int_{T_0}^T (c_1 m_1 + c_2 m_2) \Delta x \frac{dT}{T_B - T} = \int_0^{\tau} \kappa \cdot S \cdot dt ,$$

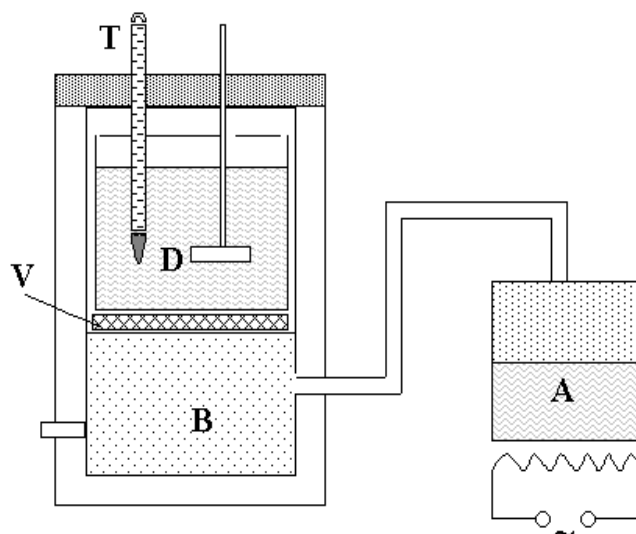
bundan

$$(c_1 m_1 + c_2 m_2) \Delta x \cdot \ln \frac{T_B - T_0}{T_B - T} = \kappa \cdot S \cdot \tau \quad (13)$$

bu yerda T_0 va T tajribani o'lchash intervalidagi kalorimetrdagi suvning boshlang'ich va oxirgi harorati.



1-rasm



2-rasm

Shunday qilib, tajriba asosida $C_1, C_2, m_1, m_2, \Delta x, S$ larni va bug'ning harorati $T_b = 100^\circ \text{C}$ ni hamda tajriba vaqti τ oralig'idagi kalorimetrdagi suvning boshlang'ich va oxirgi harorati T_0 va T larni bilgan holda (13) formula asosida qattiq jismning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti aniqlanadi.

Qurilmaning tuzilishi va o'lchash usuli

Tajriba qurilmasi 2-rasmda tasvirlangan A elektr bug'latgich, B metal bug' isitgich, V tekshirilayotgan qattiq jism va D kalorimetrdan iboratdir. A elektr bug'latgichdan rezina trubka orqali B idishga bug'ning uzluksiz kelishi natijasida B idish devorlarining harorati tajriba paytida deyarli o'zgarmasdan 100°S da saqlanadi. B idishning yuqori qismiga tekshiriladigan moddadan yasalgan V disk joylashtiriladi. D kalorimetrdagi suvning haroratini o'lchash uchun T termometr tushirilgan. V disk shaklidagi qattiq jismining Δx qalinligi, S kesim yuzasi shtangensirkul yordamida o'lchanadi.

Ishni bajarish tartibi

1. Texnik tarozi (yoki kvadrant tarozi) yordamida aralashtirgichli kalorimetrning massasi m_2 o'lchanadi.
2. Idishga suv solib, uning massasi m_1 o'lchanadi.
3. Shtangensirkul yordamida disk shaklidagi qattiq jismning qalinligi Δx va diametri d o'lchanadi. Uning ko'ndalang kesim yuzasi S hisoblanadi.
4. Elektr plitkasini tok manbaiga ulab, A bug' qozonchasida suv bug'ga aylantiriladi. Bug' rezina trubka orqali B idishga kelib, idishning pastki qismidan bug' chiqa boshlagach, T termometr yordamida har 2 daqiqadan oralatib kalorimetrdagi suvning harorati o'lchana boradi. Tajriba 20-30 daqiqa davom ettirilib, suv harorati T ning vaqt τ ga bog'lanish $T = f(\tau)$ grafigi tuziladi.
5. $T = f(\tau)$ grafikdan suvning bir tekis isishdan iborat bo'lgan vaqtlar oraliqlarini ajratib olinib, unga mos kelgan boshlang'ich T_{0i} va oxirgi T_i haroratlarning qiymatlari yozib olinadi.

Olingan tajriba natijalarining SI xalqaro o'lchov birliklar tizimida ifodalangan qiymatlari 1-jadvalga yoziladi.

6. Tajribadan olingan 1- jadvaldagi kattaliklarning qiymatlari (13) formulaga qo'yilib, qattiq jismning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti α hisoblanadi va uning natijasi 1 va 2 jadvallarga yoziladi.

1- jadval

	C_1	C_2	m_1	m_2	Δx	d	S	τ_i	T_{0i}	T_i	α
--	-------	-------	-------	-------	------------	-----	-----	----------	----------	-------	----------

№	j/kg.K	j/kg.K	kg	kg	m	m	m ²	s	K	K	$\frac{J}{m \cdot s \cdot K}$
1.											
2.											
3.											
.											
.											
.											

O'lchash xatoliklarini hisoblash

O'lchash davomida o'lchash asboblari beradigan xatoliklardan boshqa har xil sistematik va qo'pol xatoliklar yo'qotilgan deb faraz qilib, bevosita o'lchash xatoliklari nazariyasining asosiy qoidalarini qarab chiqamiz.

1. Ayrim o'lchashlar natijalari ($\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_n$)ning o'rtacha qiymati topiladi:

$$\langle \bar{x} \rangle = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_n}{n} = \frac{\sum \bar{x}_i}{n} \quad (14)$$

2. O'lchash natijasida topilgan qiymatlar bir-biridan farqli bo'lib, ularning o'rtacha qiymatidan farqi ayrim o'lchashning absolyut xatoligi deyiladi:

$$\Delta \bar{x} = \langle \bar{x} \rangle - \bar{x}_i \quad (15)$$

3. Agar n ta takroriy o'lchash natijasida $\Delta \bar{x}_n$ absolyut xatoliklar yuz bergan bo'lsa, o'lchashlarning o'rtacha absolyut xatoliklari quyidagicha topiladi:

$$\langle \Delta \bar{x} \rangle = \frac{|\Delta \bar{x}_1| + |\Delta \bar{x}_2| + \dots + |\Delta \bar{x}_n|}{n} \quad (16)$$

4. Aniqlangan kattalik $\bar{x}$ ning haqiqiy qiymati o'rtacha $\langle \bar{x} \rangle$ qiymatidan $\pm \langle \Delta \bar{x} \rangle$ qadar farq qiladi, ya'ni:

$$\bar{x} = \langle \bar{x} \rangle \pm \langle \Delta \bar{x} \rangle \quad (17)$$

5. Nihoyat, o'rtacha absolyut xatolik $\langle \Delta \epsilon \rangle$ ning topilgan kattalikning o'rtacha qiymati $\langle \epsilon \rangle$ ga nisbati $\delta(\epsilon)$ ga o'lchashning o'rtacha nisbiy xatoligi deyiladi, ya'ni:

$$\delta(\epsilon) = \frac{\langle \Delta \epsilon \rangle}{\langle \epsilon \rangle} = \frac{(\Delta \epsilon)}{\langle \epsilon \rangle} \cdot 100 \% \quad (18)$$

Xatoliklarni hisoblash natijalari 2-jadvalga yoziladi.

2-jadval

Tartib raqami	ϵ_i	$\langle \epsilon \rangle$	$\Delta \epsilon_i$	$\langle \Delta \epsilon \rangle$	ϵ	$\delta(\epsilon)$
	J/(m.s.K)					%
1						
2						
.						
.						
.						

Nazorat savollari

1. Issiqlik o'tkazuvchanlik hodisasini moddalarning molekulyar- kinetik nazariyasi asosida tushuntiring.
2. Issiqlik o'tkazuvchanlik hodisasini ta'riflang.
3. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentini ta'riflang.
4. Suyuqlik va qattiq jismlarning issiqlik o'tkazuvchanligi asosan gazlarnikidan qanday farq qiladi?
5. Gaz, suyuqlik va qattiq jismlarda issiqlik o'tkazuvchanlik mexanizmini tushuntiring.
6. Harorat gradiyenti deb nimaga aytiladi, u qanday yo'nalgan va qanday birlikda o'lchanadi?
7. Hisoblash formulasini isbotlang.
8. Gaz va qattiq jismlar issiqlik o'tkazuvchanligi haroratga qanday bog'liq?
9. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti qanday birliklarda o'lchanadi?

Adabiyotlar

1. Savelyev I.V. Umumiy fizika kursi. T. O'qituvchi 1973 § 112, 113.
2. Kikoin A.K., Kikoin I.K. Molekulyar fizika. T. O'qituvchi 1978

4-laboratoriya ishi

Qattiq jismlarning issiqlik o'tkazuvchanlik ko'effitsiyentini harorat gradiyenti usulida aniqlash

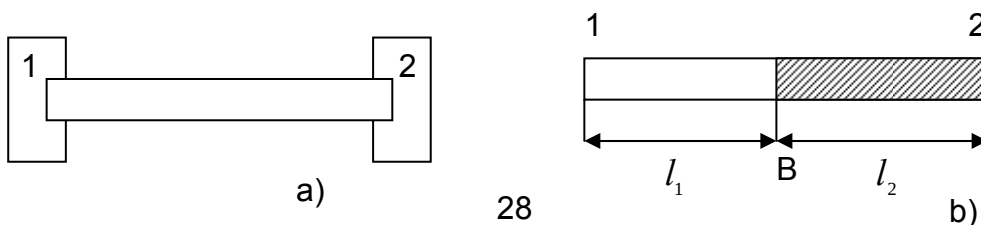
Ishning maqsadi: Harorat gradiyenti usulida qattiq jismlarning issiqlik o'tkazuvchanlik ko'effitsiyentini aniqlash.

Kerakli asbob va materiallar: Namunalar to'plami, kalorimetrik asbob, elektr plitkasi, bug'lovchi bachok (idish), rezinali naycha, termoparalar.

Asosiy nazariy ma'lumotlar

Harorat gradiyenti usulini oddiy tajribada (1-rasm) ko'rishimiz mumkin. 1 (a) rasmda ko'rsatilgan sterjenning bir uchi qaynayotgan suvli idishga, ikkinchi uchi esa harorati past bo'lgan suvli kalorimetrga botiriladi. Sterjen issiqlikdan izolatsiya qilib qo'yilgan.

Tajribadan oldin va bir necha vaqt $d\tau$ dan so'ng kalorimetr



haroratini o'lchab, sterjendan o'tgan dQ issiqlik miqdorini aniqlash mumkin.

Agar sterjen ikki xil materialdan yasalgan bo'lib, AB kesma (1b-rasm) ularning chegarasi bo'lsa, unda quyidagi jarayon kuzatiladi. Tajriba boshlangandan bir necha vaqt o'tgandan keyin statsionar holat yuzaga keladi, ya'ni AB kesmaning (dS) yuzasiga yuqori haroratli jismdan kelayotgan dQ_1 issiqlik miqdori shu kesmadan past haroratli jismga tarqalayotgan dQ_2 issiqlik miqdoriga teng bo'ladi.

Shunday qilib $dQ_1 = dQ_2$ bo'lganda

$$\alpha_1 \frac{dT_1}{d\ell_1} dS d\tau = \alpha_2 \frac{dT_2}{d\ell_2} dS d\tau \quad (1)$$

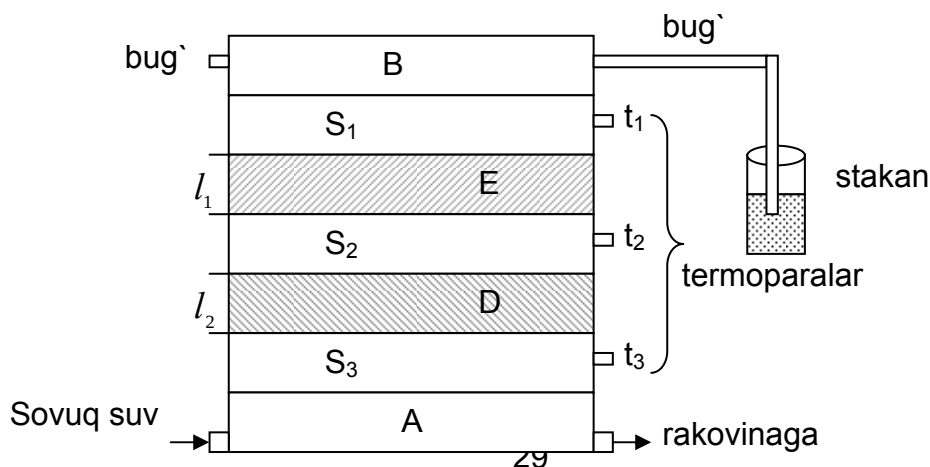
Bunda ℓ_1 va ℓ_2 – ikki xil materialdagi sterjenning uzunliklari. Tenglikning ikki tomonidagi $dS d\tau$ larni qisqartirib yuborsak, quyidagi nisbatni hosil qilamiz

$$\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{dT_2/d\ell_2}{dT_1/d\ell_1} = \frac{dT_2 \cdot d\ell_1}{dT_1 \cdot d\ell_2} \quad (2)$$

Bu bog'lanishdan ko'rinadiki, issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti katta bo'lgan materialdan tuzilgan sterjenda harorat tushuvi (harorat gradiyenti - $\frac{dT}{d\ell}$) kichik bo'ladi (issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti bilan harorat gradiyenti o'zaro teskari bog'langan).

Qurilmaning tuzilishi va o'lchash usuli

Ushbu ishda qo'llaniladigan qurilma (2-rasm) yuqorida ko'rsatilgan prinsipga asoslangan. Asbob pastki A mis idishdan iborat



2-rasm

bo'lib, undan sovuq suv oqib o'tadi va xuddi shunday B idishga qaynayotgan suvning bug'i kelib tushadi.

Bu ikkala idish orasiga har biriga t_1, t_2 va t_3 termometrlar yoki termoparalar o'rnatilgan uchta qalin mis va o'rtadagi plastinkalar orasiga issiqlik o'tkazuvchanligi α_1 aniqlanishi kerak bo'lgan E modda qo'yilgan. O'rtadagi va pastki plastinka orasiga esa issiqlik o'tkazuvchanligi (α_2) ma'lum bo'lgan D jism qo'yiladi. Ikkala qatlamlar ko'ndalang kesim yuzalari mis plastinkalar ko'ndalang kesim yuzalariga S_1, S_2, S_3 teng bo'ladi.

Tajriba boshlanishida termopara yoki termometr ko'rsatkichlari t_1, t_2 va t_3 o'zgaradi, ammo biroz vaqt o'tishi bilan o'zgarmay qoladi, bu jarayonning statsionarligini bildiradi. Buning natijasida E va D moddalar orqali bir xil vaqtda bir xil issiqlik miqdori o'tadi. Tekshirilayotgan E qatlamdan $d\tau$ vaqt oralig'ida o'tgan issiqlik miqdori:

$$dQ_1 = \frac{\alpha_1(T_1 - T_2)Sd\tau}{\ell_1}$$

ℓ_1 - tekshirilayotgan E qatlamning qalinligi.

D qatlamdan $d\tau$ vaqt oralig'ida oqib o'tgan issiqlik miqdori:

$$dQ_2 = \frac{\alpha_2(T_2 - T_3)Sd\tau}{\ell_2}$$

ℓ_2 - D qatlamning qalinligi, $dQ_1 = dQ_2$ bo'lganligi uchun

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_2(T_2 - T_3)\ell_1}{\ell_2(T_1 - T_2)} \quad (3)$$

Ishni bajarish tartibi

1. Tekshirilayotgan va ma'lum materiallarning ℓ_1 va ℓ_2 qalinligi o'lchanadi.
2. Asbob chizmada ko'rsatilgandek yig'iladi.
3. A idishdan rakovinaga bimalol suv chiqib ketadigan qilib vodoprovoddan sovuq suv ochib qo'yiladi.
4. Yuqoridagi B idishga bug'lovchi qurilmadan bug' yubo-riladi.

5. Bir-biriga jipslashgan qatlamlardan T_1, T_2, T_3 vaziyatga ega bo'lgan barqarorlashgan statsionar jarayonda millivoltmetr ko'rsatishiga binoan termo EYUK aniqlanadi.

Olingan termo EYUK natijalari asosida graduirovka qilingan egri chiziq orqali pastki, o'rtadagi, yuqoridagi plastinkalarning T_1, T_2, T_3 harorati aniqlanadi.

6. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti ma'lum bo'lgan D modda va (3) formula orqali tekshirilayotgan materialning α_1 issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti hisoblanadi.

7. Ma'lum va noma'lum materiallarning (D va E) joylarini o'zgartirib tajribani qaytariladi.

Tajriba asosida olingan natijalarni quyidagi jadvalga yoziladi va hisoblanadi.

jadval

№	EYUK ₁ mV	T ₁ , K	EYUK ₂ mV	T ₂ , K	EYUK _{3m} V	T ₃ , K	ℓ_1 , m	ℓ_2 , m	α_{1i}	$\Delta\alpha_{1i}$	$\langle\alpha\rangle$
1.											
2.											
3.											
.											
.											
.											
.											

Nazorat savollari

1. Issiqlik o'tkazuvchanlik hodisasini moddalarning molekulyar kinetik nazariyasi asosida tushuntiring.
2. Issiqlik o'tkazuvchanlik hodisasini ta'riflang.
3. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentini ta'riflang.
4. Suyuqlik va qattiq jismlarning issiqlik o'tkazuvchanligi gazlarnikidan qanday farq qiladi?
5. Gaz, suyuqlik va qattiq jismlarda issiqlik o'tkazuvchanlik mexanizmini tushuntiring.

6. Harorat gradiyenti deb nimaga aytiladi, u qanday yo'nalgan va qanday birlikda o'lchanadi?
7. Hisoblash formulasi isbotlang.
8. Gaz va qattiq jismlar issiqlik o'tkazuvchanligi haroratga qanday bog'liq?
9. Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti qanday birliklarda o'lchanadi?

Adabiyotlar

1. Savelyev I.V. Umumiy fizika kursi. T. O'qituvchi 1973 § 112, 113.
2. Kikoin A.K., Kikoin I.K. Molekulyar fizika. T. O'qituvchi 1978, § 45, 46, 47, 50, 97, 140.
3. Telesnin R.V. Molekulyarnaya fizika. M. Vysshaya shkola, 1965 VI bob.

5 - laboratoriya ishi

Termoparani darajalash va termoelektr yurituvchi kuchni aniqlash

Kerakli asbob va materiallar: Tayyor termopara, sezgirligi yuqori bo'lgan galvanometr, termostat yoki isitgichli kalorimetr.

Ishning maqsadi: Qattiq jismlarda yuz beruvchi kontakt hodisalarni termopara yordamida va termoelektr yurituvchi kuchlarni aniqlash asosida o'rganish.

Asosiy nazariy ma'lumotlar

Ikki xil metal sim uchlari kavsharlanganda ularning haroratiga va moddalarning kimyoviy tabiatiga bog'liq holda erkin elektronlarining diffuziylanishi sababli o'tkazgichlarning uchlari hosil bo'lgan potentsiallar farqiga kontakt potentsiallar farqi deb ataladi. Bu hodisani birinchi marta 1797 yili italiyalik fizik A.Volta tajribada tekshirib, o'zining quyidagi ikkita qonunini kashf qildi.

Voltaning birinchi qonuni: ikki har xil metal – o'tkazgichlar tutashtirilganda, ular uchlari hosil bo'lgan kontakt potentsiallar farqi ularning fizikaviy–kimyoviy xususiyatlariga va haroratga bog'liqdir.

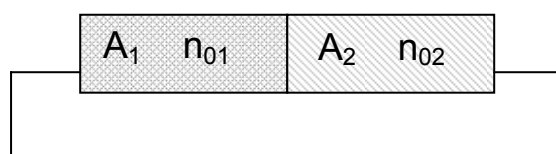
Voltaning ikkinchi qonuni: o'zaro ketma-ket ulangan bir qancha metal o'tkazgichlar uchlari hosil bo'lgan kontakt potentsiallar farqi o'zgarmas haroratda faqat eng chekkadagi o'tkazgichlarning fizikaviy–kimyoviy xususiyatlariga bog'liq. Volta metallarning shunday qatorini tuzdiki, bu qatorda har bir oldingi metal o'zidan keyingilariga tutashtirilganda musbat zaryadlanar ekan. Volta qatori quyidagichadir: Sb-43; Fe-15; Mo+7,6; Cd+4,6; W+3,6; Cu+3,2; Zn+3,1 $\left(\frac{MKB}{zpa\delta}\right)$

Metallarning klassik elektron o'tkazuvchanlik nazariyasiga binoan, tutashtirilgan ikki metal o'tkazgich (1-rasm) uchlari kontakt potentsiallar farqi tashqi

$$\Delta\varphi_{tashqi} = -\frac{A_1 - A_2}{e}$$

va ichki

$$\Delta\varphi_{ichki} = \frac{kT}{e} \ln \frac{n_{01}}{n_{02}}$$



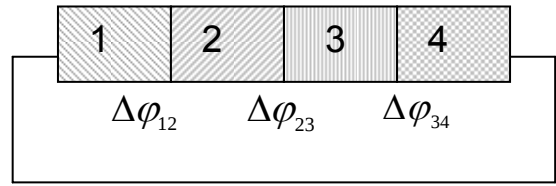
$\Delta\varphi_{12}$
1-rasm

kontakt potentsiallar farqlarining yig'indisiga tengdir, ya'ni

$$\Delta\varphi_{12} = \Delta\varphi_t + \Delta\varphi_i = -\frac{A_1 - A_2}{e} + \frac{kT}{e} \ln \frac{n_{01}}{n_{02}} \quad (1)$$

bunda A_1, A_2 – birinchi va ikkinchi metallardan elektronning chiqish ishi, e – elektronning zaryadi, k – Bolsman doimiysi, T – absolyut harorat, n_{01}, n_{02} – birinchi va ikkinchi o'tkazgichlardagi erkin elektronlar konsentratsiyasi. (1) formula Volta birinchi qonunining matematik ifodasi bo'lib, haqiqatdan ham tutashtirilgan ikki o'tkazgich uchlaridagi kontakt potentsiallar farqi $\Delta\varphi_{12}$ harorat T ga va ularning fizik-kimyoviy xususiyatlari A_1, A_2, n_{01}, n_{02} ga bog'liqdir.

Volta ikkinchi qonunini isbotlash uchun, 2-rasmda tasvirlangan, o'zgarmas haroratda o'zaro ketma-ket ulangan o'tkazgich zanjirini qarab chiqaylik. (1) dan foydalanib quyidagini yozamiz:

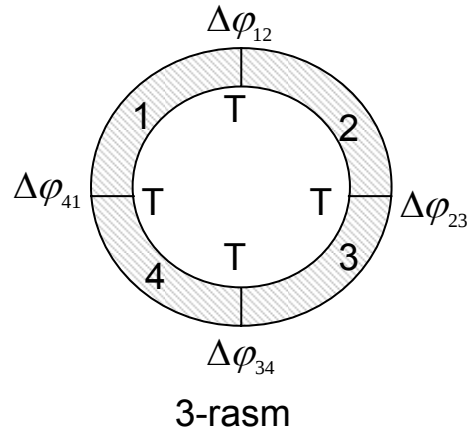


$$\Delta\varphi_{14} = \Delta\varphi'_{12} + \Delta\varphi'_{23} + \Delta\varphi'_{34} = -\frac{A_1 - A_2}{e} + \frac{\kappa T}{e} \ln \frac{n_{01}}{n_{02}} - \frac{A_2 - A_3}{e} + \frac{\kappa T}{e} \ln \frac{n_{02}}{n_{03}} - \frac{A_3 - A_4}{e} + \frac{\kappa T}{e} \ln \frac{n_{03}}{n_{04}}$$

Bundan

$$\Delta\varphi_{14} = -\frac{A_1 - A_4}{e} + \frac{\kappa T}{e} \ln \frac{n_{01}}{n_{04}}, \quad (3)$$

bunda $\Delta\varphi_{14}$ – kontakt potentsiallar farqi oraliqdagi o'tkazgichlarning fizik-kimyoviy xususiyatlariga bog'liq emas. Agar bu o'zaro ketma-ket ulangan to'rtta o'tkazgichlarning uchlari tutashtirilib, yopiq zanjir hosil qilinsa (3-rasm) u vaqtda (1) ga asoslanib quyidagi munosabat kelib chiqadi:



$$\Delta\varphi = \Delta\varphi'_{12} + \Delta\varphi'_{23} + \Delta\varphi'_{34} + \Delta\varphi'_{41} = \frac{A_1 - A_2}{e} + \frac{\kappa T}{e} \ln \frac{n_{01}}{n_{02}} - \frac{A_2 - A_3}{e} + \frac{\kappa T}{e} \ln \frac{n_{02}}{n_{03}} - \frac{A_3 - A_4}{e} + \frac{\kappa T}{e} \ln \frac{n_{03}}{n_{04}} - \frac{A_4 - A_1}{e} + \frac{\kappa T}{e} \ln \frac{n_{04}}{n_{01}} = 0 \quad (4)$$

Bundan ko‘rinadiki, kontaktlardagi haroratlar bir xil bo‘lganda, yopiq zanjirda kontakt potentsiallar farqi hosil bo‘lmas ekan.

Termoelektr hodisasi. Kontaktlardagi haroratlar turlicha bo‘lgan yopiq zanjirda noldan farqli bo‘lgan **termoelektr kuch** yuzaga keladi. Agar ikkita metallardan yopiq zanjir tuzib payvandlangan uchlaridan biri T_1 haroratgacha sovutilib, ikkinchisi T_2 haroratgacha isitilsa, zanjirda termoelektr yurituvchi kuch hosil bo‘ladi (1-rasm).

Har xil o‘tkazgichlardan tuzilgan yopiq zanjirda termo EYUK ning hosil bo‘lish effektiga termoelektr hodisa deyiladi. Termoelektr hodisasidan texnikada haroratni aniqlashda foydalaniladi. Bu maqsadda ikkita ikki xil metallardan yoki qotishmadan iborat termoelement – termoparadan o‘lchashda foydalanish uchun u termometr yordamida darajalanib, TEYUK ning haroratga bog‘lanish grafigi olinadi. Termoparaning sezgirligi juda katta bo‘ladi.

Masalan, temir-konstantan materiallardan tayyorlangan termopara 800 K gacha, platina va 10 % li radiy elementi qo‘shilgan platina qotishmasidan tayyorlangan termopara 1800 – 2100 K gacha haroratni o‘lchashi mumkin.

4-rasmda tasvirlangan ikkita ikki xil o‘tkazgichdan hosil bo‘lgan termopara-termoelementda hosil bo‘lgan TEYUK, uning kontaktlaridagi $\Delta\phi'_{12}$ va $\Delta\phi'_{21}$ kontakt potentsiallar farqlarining yig‘indisiga teng

$$\varepsilon_T = \Delta\phi_{12} = \Delta\phi_{21} = -\frac{A_1 - A_2}{e} + \frac{\kappa T}{e} \ln \frac{n_{01}}{n_{02}} - \frac{A_1 - A_2}{e} + \frac{\kappa T}{e} \ln \frac{n_{01}}{n_{02}} \quad (5)$$

bunda

$$\varepsilon_T = \frac{\kappa T}{e} \ln \frac{n_{01}}{n_{02}} (T_2 - T_1) = C(T_2 - T_1)$$

Bu yerda $C = \frac{\kappa T}{e} \ln \frac{n_{01}}{n_{02}}$ - har bir juft o‘tkazgich tizimi uchun xarakterli

o‘zgarmas kattalik bo‘lib, unga solishtirma termoelektr yurituvchi kuch deyiladi.

(5) dan termoparaning asosiy tavsifi C - solishtirma TEYUK quyidagiga teng bo‘ladi

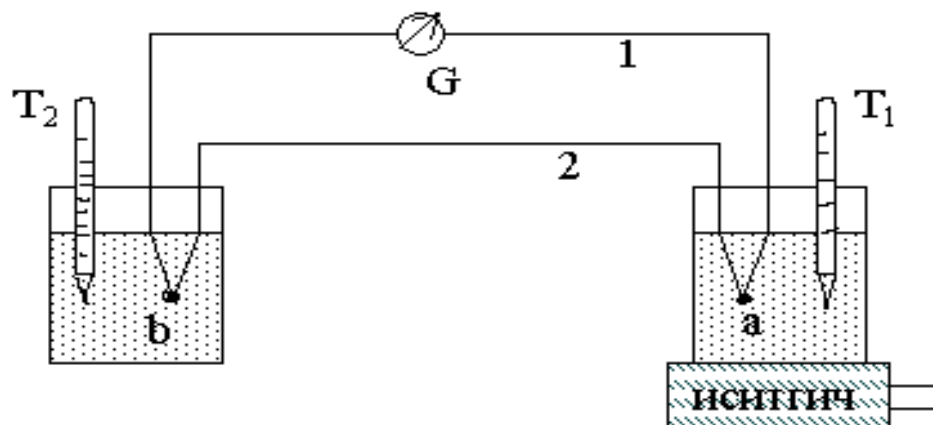
$$C = \frac{\varepsilon_T}{T_2 - T_1} \quad (6)$$

Solishtirma termoelektr yurituvchi kuch deb, termopara kontaktlarida temperatura farqi 1 K ga teng bo'lganda, hosil bo'lgan TEYUK teng bo'lgan kattalikka aytiladi.

Qurilmaning tuzilishi va o'lchash usuli

4-rasmda laboratoriyada termoparani darajalash uchun mo'ljallangan qurilma sxemasi keltirilgan.

1. 4-rasmda ko'rsatilgan tajriba qurilmasining elektr sxemasi yig'iladi va yig'ilgan sxemaning to'g'ri ekanligiga ishonch hosil qilingach, termoparaning kavsharlangan uchlaridan biri ichida sovuq suv yoki muz bo'lgan idishga tushiriladi, ikkinchi uchi esa qizdiriladigan suyuqlik ichiga tushiriladi.
2. Boshlangich holda idishlar ichida suyuqliklarning harorati bir xil bo'lganligi uchun $\Delta T = 0$ va demak $\varepsilon'_T = 0$ bo'ladi.
3. Galvonometr strelkasi aniq nolga keltirilgach, muz yoki sovuq suvning harorati tajriba davomida o'zgarmas saqlanadi.



4-rasm

4. Termostatdagi yoki ikkinchi idishdagi suyuqlik juda sekinlik bilan isitiladi va $\Delta T_1 = 0$ holatdan boshlab, suyuqlik harorati to (90-100) $^{\circ}\text{C}$ ga ko'tarilguncha har 5 $^{\circ}\text{C}$ oraliqda mazkur haroratga mos kelgan galvonometrning ko'rsatishi olinadi va ε' millivolt (mV) larda ifodalanib, jadvalga yoziladi.

jadval

№	t	Δt	ε'_T	ε''_T	$\langle \varepsilon_T \rangle$	C_i	$\langle C \rangle$	ΔC_i	$\langle \Delta C \rangle$	δ
	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	mV	mV	mV	$\frac{\text{mV}}{\text{grad}}$	$\frac{\text{mV}}{\text{grad}}$	$\frac{\text{mV}}{\text{grad}}$	$\frac{\text{mV}}{\text{grad}}$	%
1		0								
2		5								
3		10								
4		15								
5		..								
.		..								
.		..								
16		75								
17		80								

5. Isitkichni tok manбайдan uzib, suvning asta-sekin sovushiga imkon beriladi va 4-banddagi oxirgi qiymatdan haroratning pasayishi tomonga qarab ularga mos kelgan galvonometrning ko'rsatishlari (ε'') jadvalga yozib boriladi.

6. $\langle \varepsilon_T \rangle$ ning Δt ga bog'lanish grafigi $\varepsilon_T = f(\Delta t)$ chiziladi.

7. Jadvaldagi qiymatlardan foydalanib, termoparaning solishtirma termoelektr yurituvchi kuchi C_i ning qiymati (6) formula asosida hisoblanadi va uning o'rtacha qiymati $\langle C \rangle$ topiladi.

8. Tajriba paytida qilingan xatoliklar - absolyut xatolik $\Delta C_i = \langle C_i \rangle - C_i$, o'rtacha absolyut xatolik $\langle \Delta C \rangle = \frac{\varepsilon \cdot C_i}{n}$ va o'lchashning nisbiy xatoligi

$$\delta = \frac{\langle \Delta C \rangle}{\langle C \rangle} 100\% \text{ hisoblanadi.}$$

Nazorat savollari

1. Metallardagi kontakt potentsiallar farqini tushuntiring.
2. Voltaning birinchi va ikkinchi qonunlarini ta'riflang.
3. Volta qatorlari nima?
4. Ichki va tashqi kontakt potentsiallar farqi nima?
5. Termoparani darajalash deganda nimani tushunasiz?
6. Termoelektr yurituvchi kuch nima? U qanday aniqlanadi?
7. Termopara nima? Termobatareya-chi? Ular qayerda ishlatiladi?
8. Termoparaning solishtirma termoelektr yurituvchi kuchi deb, nimaga aytiladi?

Adabiyotlar

1. Savelyev I.V. Umumiy fizika kursi. T.2. Toshkent. 1975.
2. Епифанов Г.И. Физика твердого тела. М. Высшая школа. 1977. стр.229-233.

6 - laboratoriya ishi Fotoqarshilikni o'rganish

Kerakli asbob va materiallar: fotoqarshilik, yorug'lik manbai, tok manbai, reostat, voltmetr, mikrovoltmetr, kalit

Ishning maqsadi: Fotoqarshilikning volt-amper va yorug'lik tavsiflarini (xarakteristikalarini) o'rganish, uning solishtirma sezgirligini hisoblash, qarshilikning karrali o'zgarishini aniqlash

Asosiy nazariy ma'lumotlar

Ichki fotoeffekt ta'sirida ishlaydigan yarim o'tkazgich elementlar fotoqarshiliklar (FQ) deb ataladi. Ichki fotoeffekt yorug'lik kvanti yutilishidagi energiya hisobiga elektronlarning valent zonadan o'tkazuvchanlik zonasiga o'tishi bilan bog'liq. Aralashmali yarim o'tkazgichlarda ma'lum sharoitlarda elektronlar valent zonadan aralashma sathiga o'tishi yoki aralashma sathidan o'tkazuvchanlik zonasiga o'tishi mumkin. Bu o'tishlar natijasida tok tashuvchilar (elektronlar va kovaklar) soni ortadi hamda yoritilgan yarim o'tkazgichning elektr o'tkazuvchanligi oshadi.

FQ ning sezgirligi fotoelementlarga nisbatan juda yuqoridir. FQ signal berish va avtomatlashtirishda keng qo'llaniladi hamda yorug'lik nurlanishini o'lchashda foydalaniladi. FQ ni tavsiflovchi asosiy tavsiflar: volt-amper, yorug'lik, spektral va chastotaviy tavsiflardir.

1. Volt-amper tavsifi fototok I_F ning (o'zgarmas yorug'lik oqimidagi tokning yoki qorong'ulikdagi tokning) berilgan U kuchlanishga bog'lanishini ifodalaydi. Ko'pchilik FQ lar uchun yuqoridagi bog'lanish ish rejimida chiziqlidir. Fototok yorug'lik toki bilan qorong'ulik toki orasidagi farqdan topiladi

$$I_F = I_{yorug'} - I_q \quad (1)$$

2. Yorug'lik tavsifi fototokning berilgan o'zgarmas kuchlanishda FQ ga tushayotgan spektral tarkibi o'zgarmas bo'lgan yorug'lik oqimiga bog'lanishini ifodalaydi. FQ ning yorug'lik tavsifi chiziqli emas.

3. Spektral tavsif FQ sezgirligining berilgan kuchlanish va o'zgarmas yorug'lik oqimida yorug'likning to'lqin uzunligiga bog'lanishini ko'rsatadi.

4. Chastotaviy tavsif FQ sezgirligining o'zgarmas yorug'lik oqimida yorug'lik chastotasiga bog'lanishini ifodalaydi.

FQ ning asosiy parametrlariga solishtirma, spektral, integral sezgirlilik, qorong'ulik qarshiligi, qarshilikning karrali o'zgarishlari kiradi. FQ ning sezgirligini aniqlashda fototokning tushayotgan yorug'lik oqimining spektral tarkibiga va miqdoriga, shuningdek berilgan kuchlanishning kattaligiga bog'liqligini hisobga olish kerak.

Solishtirma sezgirlilik K quyidagi tenglikdan aniqlanadi

$$K = \frac{I_F}{dU} = \frac{I}{ESU} \quad (2)$$

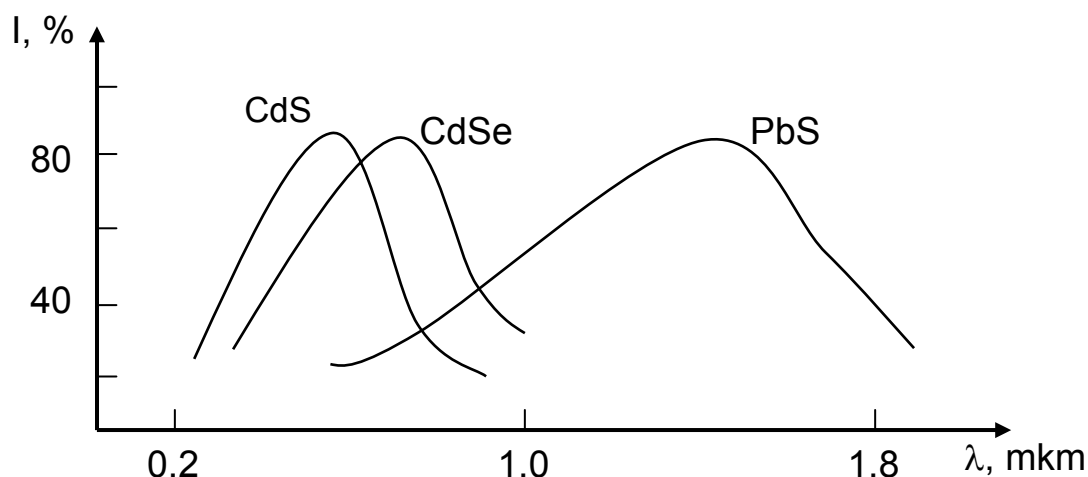
bunda E – FQ ning yoritilganligi; S – FQ ning yorug'lik tushayotgan yuzasi; U – kuchlanish. Ushbu ishda yoritilganligi 200 lk, harorati 250 K bo'lgan rangli yorug'lik nurlantiruvchi manbadan foydalaniladi.

Integral sezgirlilik (γ) solishtirma sezgirlilikning ishda qo'llanilayotgan kuchlanishga ko'paytmasi bilan aniqlanadi:

$$\gamma = KU \quad (3)$$

Spektral sezgirlilik.

Har xil yarim o'tkazgichlardan tayyorlangan FQ larning berilgan monoxromatik nurlanishga nisbatan sezgirligi turlicha bo'ladi. Shuning uchun FQ ning spektral sezgirligi eng asosiy tavsiflardan biri bo'lib hisoblanadi. Buni bilish FQ ni qaysi sohada qo'llash mumkinligini aniqlashga imkon beradi. Spektral sezgirlikni fotoqarshilikning spektral tavsifi ko'rsatadi. 1-rasmda har xil materiallardan tayyorlangan fotoqarshiliklar uchun nisbiy birliklarda tok kuchining tushayotgan yorug'lik to'lqin uzunligiga bog'liqligi ko'rsatilgan.



1 - rasm

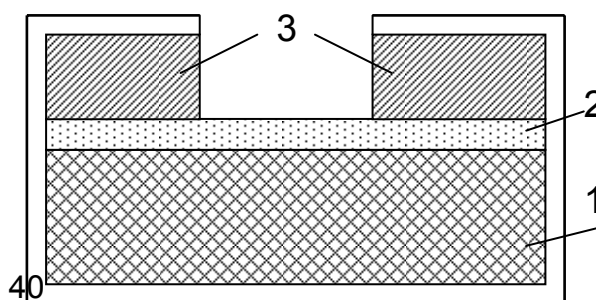
200 lk yoritilganlik olinganda 30 s dan keyin 20°S haroratdagi FQ ning qarshiligi qorong'ulik qarshiligi r_q deyiladi. Qarshilikning karrali o'zgarishi deb $\frac{r_q}{r_y}$ - FQ qorong'ulik qarshiligining 2850 K haroratda

rangli yorug'likka ega bo'lgan yoritilganligi 200 lk bo'lgan yorug'lik oqimining ta'sirida bo'lgan FQ qarshiligiga nisbatiga aytiladi.

FQ ning ma'lum qiymatlarida uning parametrlari o'zgarimas bo'lib, ko'rsatilgan ishlatish muddatida foydalanish mumkin bo'lgan kuchlanishga ishchi kuchlanish deyiladi. Eng ko'p tarqalgan FQ turlari FS-A1, FS-A4 oltingugurtli qo'rg'oshindan, FS-YE2 oltingugurtli vismutdan, FS-K1, FS-K2, FSK-M1, FSK-M2 oltingugurtli kadmiydan tayyorlangan. Agar FQ nomlariga M harfi qo'shilsa, FQ monokristalldan yasalgan bo'ladi.

Qurilmaning tuzilishi va o'lchash usuli

FQ silliqlangan taglik (1) ustiga surtilgan yarim o'tkazgich (2) qatlamdan hamda ikkita tok o'tkazuvchi (3) elektrodlardan iborat bo'lgan asbobdir (2-rasm). FQ ning qabul qiluvchi yuzasi odatda shaffof lak bilan himoya qilinadi, u kvadrat, to'rtburchak yoki aylana shaklida tayyorlanadi. Monokristalli FQ larda yarim-



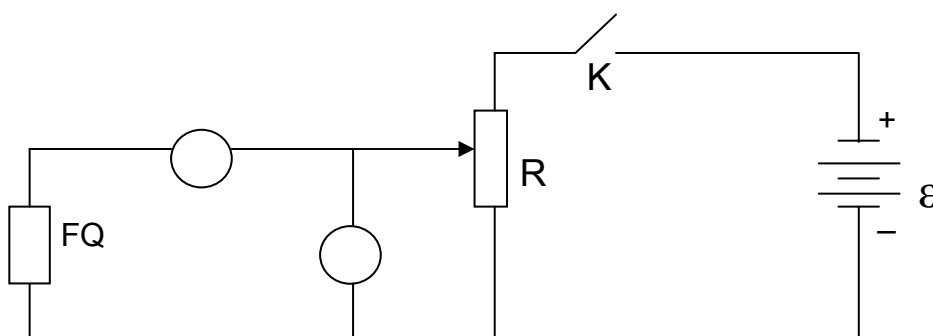
2 - rasm

o'tkazgich qatlami monokristall bilan almashtiriladi.

1-vazifa

FQ ning volt-ampér va yorug'lik tavsiflarini olish

1. 3-rasmda ko'rsatilgan sxemaga qarab elektr zanjiri yig'iladi.
2. FQ ning qorong'ulik volt-ampér tavsifi olinadi, bunda yorug'lik manbaini yoqmasdan, FQ ga berilayotgan kuchlanishni o'zgartirib tok kuchining qiymatlari yozib boriladi. Natijalar 1(a)-jadvalga yoziladi.



3 - rasm

3. Yorug'lik manbai ulanadi. O'zgarmas ($E = const$) yoritilganlikda (FQ bilan yorug'lik manbai orasidagi l masofa o'zgarmas) kuchlanishni o'zgartirib, FQ yoritilgan tok kuchining qiymatlari olinadi. Natijalar 1(b)-jadvalga yoziladi. (1) ifodadan foydalanib I_F topiladi.
4. Qorong'ulik toki va fototokning kuchlanishga bog'lanish grafiklari chiziladi, $I_q = f(U)_E$, $I_F = f(U)_E$
5. O'zgarmas kuchlanishda l masofani o'zgartirib har xil yoritilganlik uchun $E = \frac{I_{yk}}{l^2}$ (I_{yk} -yorug'lik kuchi) tok kuchining qiymatlari o'lchanadi. Olingan natijalar 1(v)-jadvalga yoziladi.
6. Fototok bilan yoritilganlik orasidagi $I_F = f(E)$ bog'lanish grafigi chiziladi.

1-jadval

a) $E = 0$

b) $E = const$

v) $U = const$

№	U_q, V	I_q, A
1		
2		
.		
.		
.		

l, m	U_y, V	I_y, A	I_F, A

U, V	l, m	I_y, A	I_F, A

2-vazifa

Fotoqarshilikning solishtirma sezgirligi va qarshiligining o'zgarish darajasini aniqlash

1. FQ ga berilgan (U) kuchlanishning bir xil qiymatida, I_y -yoritilganlik toki (uning sirti 200 lk yoritilganlik qiymatida yoritilganda) va I_q - qorong'ulik toki ($E=200$ lk yoritilganlik ta'siri olib tashlangandan 30 s o'tgandan keyin) o'lchanadi. Bu (U) kuchlanishning 3 ta qiymatida bajariladi.

2. Qarshilikning o'zgarish karraligini quyidagi ifoda yordamida hisoblanadi

$$\frac{r_q}{r_y} = \frac{I_y}{I_q}$$

3. (2) ifodadan foydalanib FQ ning solishtirma sezgirligi (K) hisoblanadi. Hisoblash natijalari 2-jadvalga yoziladi.

Izoh: O'lchashlarni bajarishdan oldin FQ sirtining yoritilganligi 200 lk bo'lgan masofa luksmetr yordamida yoritilganlik o'lchanib aniqlanadi va belgilab qo'yiladi.

2-jadval

№	E, lk	U, V	I_y, A	I_q, A	$\frac{r_q}{r_y} = \frac{I_y}{I_q}$	K
1	200					
2						
.						
.						
.						

Nazorat savollari

1. Ichki fotoeffekt deb nimaga aytiladi?
2. Ichki va tashqi fotoeffekt o'rtasida qanday farq bor?
3. Fotoqarshilik deb nimaga aytiladi?
4. Fotoqarshiliklar qayerlarda qo'llaniladi?
5. Fotoqarshilikning asosiy tavsiflari haqida tushuncha bering?
6. Fotoqarshiliklarni o'rganish uchun qanday qurilmadan foydalaniladi?

Adabiyotlar

1. Savelyev I.V. "Umumiy fizika kursi" T.2 Toshkent. "O'qituvchi", 1975
2. Епифанов Г.И. «Физика твердого тела» Москва «Высшая школа» 1965

7 - laboratoriya ishi

Yarim o'tkazgich moddalar qarshiligining haroratga bog'liqligini o'rganish va uning man etilgan zona kengligini aniqlash

Kerakli asbob va materiallar: elektron termometr, Ommetr, kuchlanishni stabillashtiradigan tok manbai, yarim o'tkazgich modda.

Ishning maqsadi: laboratoriya ishini bajarib, talaba qattiq jismlarning zonalar nazariyasini o'rganishi, metallar va yarim o'tkazgichlar qarshiliklarini haroratga bog'lanisini bilishi va tushuntirishi kerak.

Asosiy nazariy ma'lumotlar

Qattiq jismlar elektr o'tkazuvchanligiga qarab 3 guruhga bo'linadi. Elektr o'tkazuvchanligi $\sigma = 10^5 \div 10^7 \text{ Om}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ ga teng bo'lgan moddalar o'tkazgichlar yoki metallar deyiladi. Elektr o'tkazuvchanligi $\sigma = 10^{-8} \div 10^{-15} \text{ Om}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ bo'lgan moddalar dielektriklar yoki izolyatorlar deyiladi va elektr o'tkazuvchanligi bular oralig'ida bo'lgan

moddalar yarim o'tkazgichlar deb atalib, ularning elektr o'tkazuvchanligi $\sigma = 10^{-3} \div 10^4 \text{ Om}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ ga tengdir.

Yarim o'tkazgichlar va metallarning elektr o'tkazuvchanligini solishtirib, bular o'rtasidagi tafovutni ko'rib chiqamiz.

Hamma metallarda harorat ortishi bilan ularning qarshiligi ortib boradi, ya'ni

$$R(t) = R_0(1 + \alpha t)$$

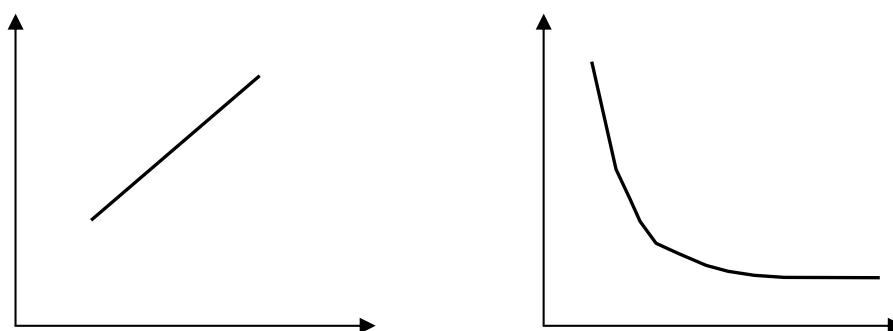
bu yerda R_0 - harorat $t=0^\circ \text{C}$ bo'lganda o'tkazgichning qarshiligi va $R(t)$ - esa $t^\circ \text{C}$ haroratdagi qarshilik, α - metall qarshiligining harorat koeffitsienti.

Yarim o'tkazgichlarda harorat ortishi bilan ularning qarshiligi kamayib boradi.

$$R(T) = R_0 e^{\frac{b}{T}}$$

bu yerda R_0 va b -berilgan yarim o'tkazgich moddalar uchun o'zgarmas kattalikdir.

1-rasmda metall va yarim o'tkazgich moddalar uchun qarshiliklarni haroratga bog'lanish grafiklari berilgan.



1 - rasm

Metallarning klassik nazariyasiga ko'ra metallarda elektr tokini tashuvchi bo'lib elektronlar va ba'zi metallarda kovaklar xizmat qiladi.

Agar metallarga ma'lum yo'nalishda tashqi elektr maydoni qo'yilsa zaryadlangan zarrachalar maydon yo'nalishiga mos ravishda o'zlarining issiqlik harakat tezliklariga ma'lum tartibli qo'shimcha tezlik oladi. Natijada metallardagi hamma erkin elektronlar tashqi maydon ta'sirida metallarning bir qismidan ikkinchi qismiga qarab ko'chib boradi, demak metallarda elektr toki hosil bo'ladi. Bu tok

$$j = en\Delta\overline{\mathcal{G}}_g \quad (1)$$

ga tengdir. Bunda e – elektron zaryadi. Elektr maydoniga kiritilgan o'tkazgichning elektronlari maydon ta'sirida uning yo'nalishiga qarama-qarshi a tezlanish oladi. Elektroniga ta'sir etuvchi kuch $\vec{F} = e\vec{E}$ bu formuladan $ma = eE$ tezlanishni topamiz.

$$a = \frac{eE}{m} \quad (2)$$

Metallarning klassik nazariyasiga ko'ra metaldagi o'tkazuvchi elektronlar tabiati ideal gaz molekulalariga o'xshagan deb faraz qilinadi. Elektronlar xotik harakat davomida bir-biri bilan va kristal panjara bilan to'qnashishi mumkun . To'qnashish orasidagi vaqtlarda ular deyarli erkin harakatlanib, o'rtacha A yo'lni bosib o'tadi. Elektron gazga gazlarning kinetik nazariyasini tatbiq etish mumkun. Bu holda elektronlarning issiqlik harakati o'rtacha tezligining qiymatini hisoblash mumkin. ya'ni

$$\langle \mathcal{G} \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}, \quad \text{bunda } k=1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}, \quad m=9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$$

va uy haroratini $T \sim 300 \text{ K}$ deb olib, elektronlarning o'rtacha tezligini hisoblaymiz.

$$\langle \mathcal{G} \rangle = \sqrt{\frac{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300}{3,14 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}}} \approx 10^5 \text{ m/s}$$

Bunday tezlik bilan xotik harakat qiluvchi elektronlarga endi elektr maydoni ta'sir etsa ular tartibli harakat qilib, biror tezlikka erishadi. Bu tartibli harakatning tezligi dreyf tezlik deyiladi. Tok zichligini hisoblashdagi $\Delta\overline{\mathcal{G}}_g$ bu dreyf tezligidir.

Elektronning kristall panjara ioni bilan o'zaro to'qnashuvida elektronning tartibli harakat tezligi nolga teng bo'ladi. Maydon kuchlanganligi o'zgarmas bo'lganda elektron yugurishining oxuridagi tezligi $\mathcal{G} = a\tau$ ga teng bo'ladi. Bu yerda τ - elektronning panjara ionlari bilan o'zaro ikkita ketma-ket urilishi uchun ketgan vaqt.

Agar elektronlarning tezliklar bo'yicha taqsimotini etiborga olmasak va ularning barchasini bir xil qiymatli $\mathcal{G}$ - tezlik bilan harakat qiladi deb $\tau = \lambda/\mathcal{G}$ ni olishimiz mumkun. Bunda λ - erkin yugurish

yo'lining o'rtacha qiymati. Bu holda tezlik uchun (2) formulani e'tiborga olib, quyidagini yozish mumkun

$$U_{\max} = a\tau = \frac{eE\lambda}{m\vartheta} \quad (3)$$

Yugurish vaqtida ϑ tezlik chiziqli o'zgaradi. Shuning uchun uning o'rtacha qiymati maksimal qiymatning yarmiga teng

$$U = \frac{1}{2}U_{\max} = \frac{eE\lambda}{2m\vartheta} \quad (4)$$

Bu ifodani (1)ga qo'ysak

$$j = \frac{ne^2\lambda}{2m\vartheta} E \quad (5)$$

Bu formulani Om qonunining differensial ko'rinishi $j = \sigma E$ bilan solishtirib

$$\sigma = \frac{ne^2\lambda}{2m\vartheta} \quad (6)$$

ni hosil qilamiz.

Demak, metallarning elektr qarshiliklari erkin elektronlarning metallning kristal panjara tugunlarida joylashgan ionlari bilan to'qnashishlari natijasida yuzaga keladi.

(4) formuladan $\mu = \frac{U}{E} = \frac{e\lambda}{2m\vartheta}$. Bu yerda μ - elektronlarning

harakatchanligi deyiladi, U –elektronlarning dreyf tezligi.

Maydon kuchlanganligining bir-birlikka o'zgarishiga mos kelgan dreyf tezligiga teng kattalik zarrachalarning harakatchalligi deyiladi.

Xulosa qilib, shuni aytish mumkunki, metallardagi elektr o'tkazuvchanlik zarrachalarning konsentratsiyasiga, zaryadiga va ularning erkin yugurish yo'liga to'g'ri va zarrachalarning massasi va issiqlik harakat tezligiga teskari proporsionaldir.

Metallarning klassik elektron nazariyasida ulardagi erkin elektronlarni oddiy molekulyar zarracha kabi faqat kristall panjara tugunlari bilan ta'sirlashadi, shuning natijasida metallarning qarshiligi vujudga keladi, deb tushuntiriladi. Kvant nazariyasiga ko'ra elektron, to'lqin xususiyatlariga ega bo'lgan zarrachadir. Elektronning metall

ichidagi harakati elektron to'liqlarining metall ichidagi tarqalishi deb qaralib, bu to'liqlarning uzunligi de-Broyl to'liq uzunligiga tengdir.

Kvant nazariyasiga ko'ra elektronlarning metall ichidagi erkin yugurish yo'li

$$\bar{\lambda} = \frac{E_{el}d}{\pi n k T} \quad (7)$$

Bu yerda E_{el} – elastiklik moduli, d -kristall panjara doimiysi, n – metall atomlarining konsentratsiyasi.

(7) formulani (6)ga qo'yib

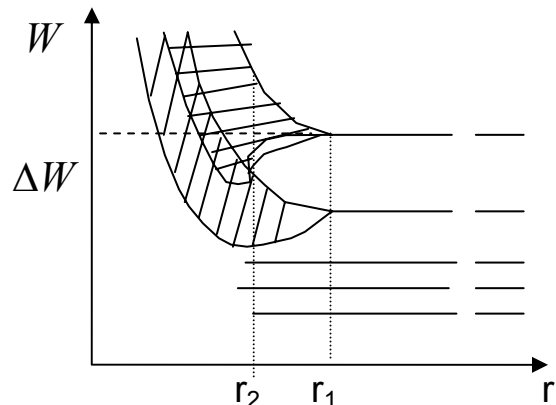
$$\sigma = \frac{e^2 E_{el} d}{m g \pi k T} \quad (8)$$

ni hosil qilamiz. Bu formula aynan tajriba natijalariga mos keladi.

Kvant nazariyasiga ko'ra kristall jismdagi elektronlar energiyasi xuddi atomdagi elektron energiyasi kabi kvantlanish xususiyatiga ega. Elektronlar energiyasi energetik sath deb ataluvchi faqat diskret qiymatlarni qabul qila olishi mumkun. Kristallardagi ruxsat etilgan energetik sathlar zonalarga guruhlanadi.

2-rasmda atomlar orasidagi r masofaning funksiyasi sifatida turli sathlarning bo'linishi ko'rsatilgan. r_1 va r_2 ikki xil kristalldagi atomlar orasidagi masofaga mos keladi.

Kristall tuzilishida valent zona bilan undan keyin keladigan o'tkazuvchanlik zonasi man etilgan zona bilan ajralib turadi. Valent zona bilan o'tkazuvchanlik zonasi orasidagi man etilgan zona juda kichik bo'lsa, bunday zonalar qo'shib ketgandek bo'ladi yoki o'tkazuvchanlik zonasi elektronlar bilan qisman

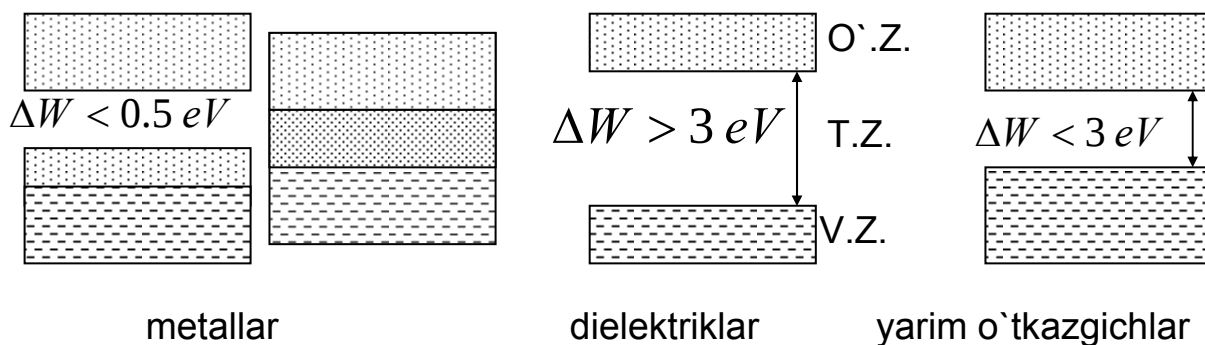


2 - rasm

to'ldirilgan, ya'ni ikki energetik zonaning qo'shib ketishi kuzatiladigan kristallar elektr tokini yaxshi o'tkazadi. Bular metallar guruhidir.

Valent zona bilan o'tkazuvchanlik zonasi man etilgan zona bilan ajralgan kristallar dielektriklar yoki izolyatorlar deyiladi.

Man etilgan zonaning kengligi ΔW (3 eV) kichik bo'lgan kristallar yarim o'tkazgichlar deyiladi (3-rasm).



3 - rasm

Agar biror usul bilan valent zonadagi elektronning energiyasini ΔW dan oshirsak, u o'tkazuvchanlik zonasiga o'tib ketadi. Valent zonada qolgan bo'sh o'rin o'zini musbat zarracha kabi tutadi va o'tkazuvchan kovak (teshik) deb atalib o'tkazuvchanlikda ishtirok etadi. Hech qanday aralashmasi bo'lmagan toza sof yarim o'tkazgich xususiy yarim o'tkazgich deyiladi. Yarim o'tkazgichdagi aralashmalar ularning elektr o'tkazuvchanligini keskin o'zgartirib yuboradi. Xususiy yarim o'tkazgichlarda zaryad tashuvchilarning konsentratsiyalari bir-biriga teng $n = p$. Yarim o'tkazgichlardagi tokning zichligi quyidagi formula orqali topiladi:

$$j = ne^{-U_n} + pe^{+U_p}; \quad |e^{-}| = |e^{+}|; \quad n = p$$

bo'lgani uchun μ_n va μ_p elektron va kovaklarning harakatchanligi

$$j = n_i e(\mu_n + \mu_p) E; \quad \sigma = ne(\mu_n + \mu_p) \quad (9)$$

Yarim o'tkazgichlardagi zaryad tashuvchilarning konsentratsiyasi xususiy yarim o'tkazgichlar uchun

$$\left. \begin{aligned} n &= 2 \frac{(2\pi m_n^* kT)^{3/2}}{h^3} \cdot e^{\frac{\mu}{kT}} \\ p &= 2 \frac{(2\pi m_p^n kT)^{3/2}}{h^3} \cdot e^{-\frac{\Delta E + \mu}{kT}} \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

bu yerda
$$\mu = \frac{\Delta W}{2} + \frac{3}{4} kT \ln \frac{m_p^n}{m_n^*} \quad (11)$$

Fermi sathi aralashmali yarim o'tkazgichlar uchun. Donor yarim o'tkazgichlar uchun

$$\left. \begin{aligned} n &= \sqrt{2N_d} \frac{(2\pi m_n kT)^{3/4}}{h^{3/2}} e^{-\frac{\Delta W_d}{kT}} \\ p &= \sqrt{2N_A} \frac{(2\pi m_p kT)^{3/4}}{h^{3/2}} e^{-\frac{\Delta W_A}{kT}} \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

$$\mu = \frac{\Delta E_d}{2} + \frac{kT}{2} \ln \left[\frac{N_d \cdot h^3}{2(2\pi m_n kT)^{3/2}} \right] \quad (13)$$

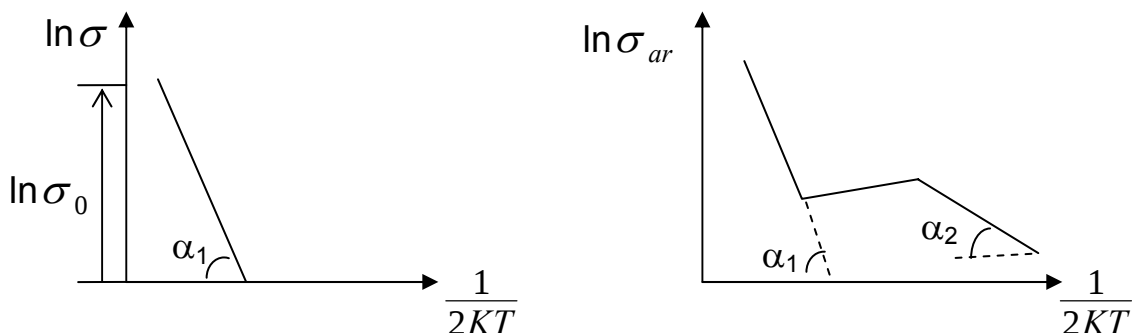
(10) yoki (12) va (9) formulaga qo'yib, xususiy va aralashmali yarim o'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanligi uchun quyidagi formulalarni hosil qilamiz, xususiy yarim o'tkazgichlar:

$$\sigma_i = \sigma_0 e^{-\frac{\Delta W}{2kT}}; \quad \ln \sigma_i = \ln \sigma_0 - \frac{\Delta W}{2kT} \quad (14)$$

va aralashmali yarim o'tkazgichlar

$$\sigma_n = \sigma'_0 e^{-\frac{\Delta W_{ap}}{2kT}}; \quad \ln \sigma_n = \ln \sigma'_0 - \frac{\Delta W_{ap}}{2kT} \quad (15)$$

(14) va (15) formulalardagi $\frac{\Delta W}{2k}$ va $\frac{\Delta W_{ap}}{2k}$ xususiy va aralashmali yarim o'tkazgichlar uchun har xil qiymatlarni beradi va quyidagi grafikdan topiladi (4-rasm)



$$\frac{\Delta W}{2K} = \operatorname{tg} \alpha_1, \quad \frac{\Delta W_{ar}}{2K} = \operatorname{tg} \alpha_2 \quad (16)$$

(16) formuladan

$$\Delta W = 2K \cdot \operatorname{tg} \alpha_1; \quad \Delta W_{ar} = 2K \cdot \operatorname{tg} \alpha_2 \quad (17)$$

Qurilmaning tuzilishi va o'lchash usuli

(14) formulani e'tiborga olib xususiy yarim o'tkazgich umumiy qarshiligining haroratga bog'lanish formulasini yozamiz:

$$R(T) = \rho(T) \frac{\ell}{S} = \frac{1}{\sigma(T)} \cdot \frac{\ell}{S} = R_0 e^{\frac{\Delta W}{2kT}} \quad (18)$$

bu yerda $R_0 = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{\ell}{S} = \text{const}$ haroratga deyarli bog'liq bo'lamagan o'zgarmas son.

(18) formulani ikki harorat T_1 va T_2 lar uchun logarifmlab R_1 va R_2 larning logarifmlarini hosil qilamiz

$$\left. \begin{aligned} \ln R_1 &= \ln R_0 + \frac{\Delta W}{2k} \cdot \frac{1}{T_1}; \\ \ln R_2 &= \ln R_0 + \frac{\Delta W}{2k} \cdot \frac{1}{T_2} \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

Bu tenglamalar tizimidan R_0 ni yo'qotib ΔW ga nisbatan yechamiz:

$$\ln R_1 - \ln R_2 = \frac{\Delta W}{2k} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

va bu yerdan

$$\Delta W = \frac{2k(\ln R_1 - \ln R_2)}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} \quad (20)$$

Yarim o'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanligi metallarnikidan farq qilib, ular harorat ortishiga qarab keskin kamayib ketadi. Chunki,

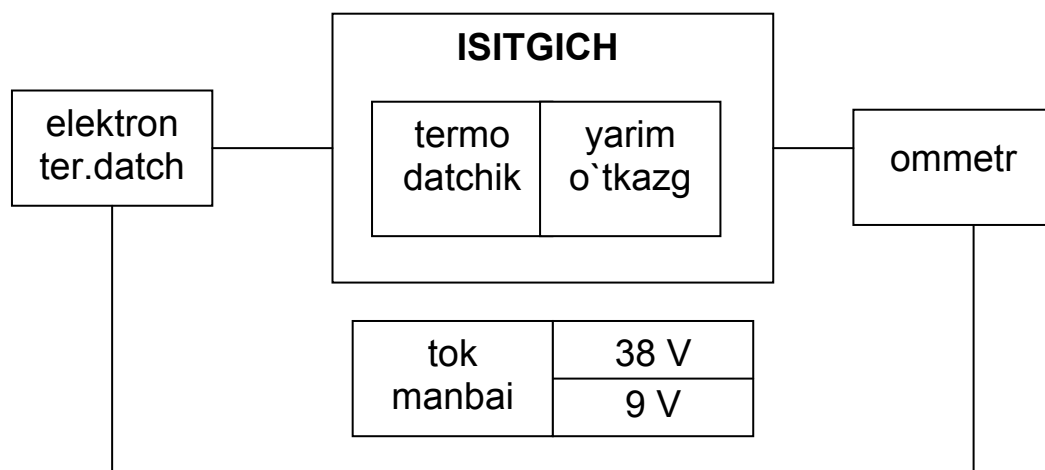
yarim o'tkazgichlarda zaryad tashuvchilarning konsentratsiyasi harorat o'zgarishiga kuchli bog'liq, ya'ni eksponensial bog'lanishda.

Haroratga kuchli bog'lanishda bo'lgan yarim o'tkazgich qarshiliklari termistorlar deyiladi.

Qurilmaning prinsipial sxemasi 5-rasmda berilgan.

Labaratoriya qurilmasi 4 qismdan iborat

- 1) Qizitgich vazifasini spool (keramik) qarshilik bajaradi. Bu qarshilikning o'rtasi kovak bo'lib unga tekshirilayotgan yarim o'tkazgich va elektron termometr (termodatchik - issiqlik datchigi) joylashtiriladi.
- 2) Isitgichning haroratini aniqlash uchun mikrosxemalar asosida yig'ilgan elektron termometr;
- 3) Yarim o'tkazgichlarning qarshiligini o'lchash uchun Ommetr;
- 4) Kuchlanishni stabillashtiradigan tok manbai. Tok manbai ikkilamchi o'ramlari ikkita bo'lgan pasaytiruvchi transformatorga ega. Uning birinchi o'ramlaridan isitgichga kuchlanish beriladi, ikkinchi o'ramlari elektron termometrغا kuchlanish beradigan stabilizatorga ulanadi.



5 - rasm

Asbobning shkalasi Selsiy graduslarida va kiloOmlarda gradirovka qilingan va qurilmaning oldingi qismiga o'rnatilgan, shuning uchun to'g'ridan-to'g'ri haroratni va aniqlanayotgan yarim o'tkazgich namunasining qarshiligini o'lchash mumkun.

Ishni bajarish tartibi

1. Laborant ishtirokida qurilmani tokka ulang.
2. Ulang (БКЛ) degan kalitni ulang.
3. R va T larning boshlang'ich ko'rsatgichlarini 1-jadvalga yozing.
4. 44Istgich(нарп) degan tumblarni ulang va elektron termometr ko'rsatgichlarini va bunga mos kelgan qarshiliklarini har 5° dan 60°C gacha yozib boring .
5. Istgich (нарп) tumblersini uzib qo'ying.
6. Sovutgich (охл.) degan kalitni ulang va yarim o'tkazgich soviyotgan vaqtda o'lchashlarni davom ettiring. 4-banddagi holatlarda ommetrning ko'rsatishlarini yozib oling.
7. 1-jadvalni to'ldiring.
8. $R=f(T)$ funksiyaning grafigini chizing va tekshiring.
9. O'qituvchi grafikni imzolayotgan vaqtda man etilgan zona kengligini hisoblashni 3ta nuqtasini ko'rsatadi (20 formulaga asosan).
10. ΔW ning qiymatlarini elektron voltlarda ifodalang va 2-jadvalni to'ldiring.
11. ΔW ning o'rtacha qiymatini topib, xatoliklarni hisoblang.

1-jadval

$t, ^{\circ}\text{C}$	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
T.k								
R_{is}								
R_{sov}								
$R_{o'r}$								

2-jadval

No	R	$\ln R$	T	$1/T$	$\Delta W, \text{ eV}$	$\langle \Delta W \rangle$	$\delta\%$
1.							
2.							
3.							

4.							
5.							
6.							

Nazorat uchun savollar

1. Metallarning klassik elektron nazariyasini tushuntiring.
2. Metallar solishtirma qarshiligining haroratga bog'lanishini tushuntiring. Harakatchanlik nima?
3. Metallarda energetik zonalarning hosil bo'lishini tushuntiring. Metall, dielektrik va yarim o'tkazgichlarni zonalar nazariyasi asosida tushuntiring.
4. Xususiy yarim o'tkazgichning zonalar tuzilishini tushuntiring.
5. Yarim o'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanligi nimalarga bog'liq?
6. Xususiy yarim o'tkazgichlarda zaryad tashuvchilarning konsentrtsiyasini hisoblash formulalarini tushuntiring. Fermi sathi, uning energiyasini tushuntirib bering..
7. Xususiy yarim o'tkazgichning elektr o'tkazuvchanligini tushuntiring.
8. Ushbu ishda man etilgan zona kengligini aniqlashni tushuntiring.
9. Qurilmaning tuzilishi va ishni bajarish tartibini tushuntiring.

Adabiyotlar

1. Savelyev I.V. "Umumiy fizika kursi" T.2, 69-73. Toshkent. "O'qituvchi". 1975.
2. Епифанов Г.И. Физика твердого тела. Москва. «Высшая школа».

8 - laboratoriya ishi

Xoll effektini o'rganish va yarim o'tkazgichlarda zaryad tashuvchilarning konsentratsiyasi, harakatchanligi va ularning ishoralarini aniqlash

Kerakli asbob va materiallar: qarshiliklar magazini, milliampermetr, millivoltmetr, raqamli voltmeter, tok manbai, ulovchi kalit va o'zgarmas magnit.

Ishning maqsadi: yarim o'tkazgich moddalarda zaryad tashuvchilarning konsentratsiyasi, harakatchanligini Xoll EYUK.ni o'lchash orqali aniqlash va solishtirma qarshiligini aniqlash.

O'lchashlar o'zgarmas tokda va o'zgarmas magnit maydonida kremniy va arsenid galliy materiallarida bajariladi.

Asosiy nazariy ma'lumotlar

Agarda, o'zgarmas tok o'tayotgan yarim o'tkazgichni magnit maydonga kiritsak bu holda unda ba'zi effektlar kuzatiladi. Magnit maydoniga joylashtirilgan moddalardan elektr toki o'tkazilganda elektr maydoni ta'sirida sodir bo'ladigan fizik hodisalar galvanomagnit hodisa (effekt)lar deyiladi.

Galvanomagnit effektlarga Xoll effekti ham kiradi. Elektr ($\vec{E}$) va magnit ($\vec{B}$) maydonlarida $\vec{g}$ tezlik bilan harakatlanayotgan elektronga $\vec{F}$ kuch ta'sir etadi:

$$\vec{F} = q\vec{E} + q[\vec{g} \cdot \vec{B}] = m^* \cdot \vec{a} \quad (1)$$

bu yerda m^* - zaryadlangan zarrachaning effektiv massasi (kristallning davriy maydonida harakatlanayotgan zarrachaning massasi erkin zarracha massasidan farq qiladi), q - zarracha zaryadi, $\vec{g}$ - zarracha tezligi, $\vec{a}$ - uning tezlanishi, $\vec{E}$ - elektr maydon kuchlanganligi, $\vec{B}$ - magnit maydon induksiyasi.

Elektr va magnit maydonlari ta'sirida zarrachaning harakatini ko'rib chiqamiz.

O'zgarmas elektr maydonida zarrachaga kuch ta'sir etadi

$$\vec{F} = q\vec{E} \quad (2)$$

bunda zarracha tezlanish oladi, ya'ni

$$\vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m^*} \quad (3)$$

Magnit maydonida ham zarrachaga kuch ta'sir etadi

$$\vec{F} = q[\vec{\mathcal{G}} \cdot \vec{B}] \quad (4)$$

zarrachaning olgan tezlanishi

$$\vec{a} = \frac{q[\vec{\mathcal{G}} \cdot \vec{B}]}{m^*} \quad (5)$$

Umumiy holda tezlik va magnit induksiyasi yo'nalishlarining istalgan oriyentatsiyasida elektronning tezligi yo'nalishini ikkiga ajratish mumkin, ya'ni parallel ($\vec{\mathcal{G}}_{\parallel}$) va perpendikular ($\vec{\mathcal{G}}_{\perp}$) demak:

$$\vec{\mathcal{G}} = \vec{\mathcal{G}}_{\parallel} + \vec{\mathcal{G}}_{\perp} \quad (6)$$

Bu holda magnit maydonida zarrachaga ta'sir etuvchi kuch:

$$F_B = q \mathcal{G}_{\perp} B \quad (7)$$

Bu kuch har doim $\vec{\mathcal{G}}_{\perp}$ - yo'nalishni o'zgartirib turadi. $\vec{\mathcal{G}}_{\parallel}$ – esa o'zgarmasdan qoladi. Bu F_B kuch zarrachani magnit maydonida vintsimon ($F_B = q \mathcal{G}_{\parallel} B$) harakat qilishga majbur etadi.

Agarda $\mathcal{G}_{\perp} = 0$ bo'lsa, zaryadlangan zarracha aylana bo'ylab harakat qiladi. Bu aylananing radiusi

$$r = \frac{m^* \overline{\mathcal{G}}}{qB} \quad (8)$$

burchakli tezligi

$$w = \frac{qB}{m^*} \quad (9)$$

aylanish davri

$$T = \frac{2\pi m^*}{qB} \quad (10)$$

formulalar orqali topiladi.

Elektr va magnit maydonlari zarrachaga bir paytning o'zida ta'sir etsa, u holda zarracha juda murakkab trayektoriya bo'ylab harakatlanadi.

Agar elektr va magnit maydonlari o'zaro parallel bo'lsa, zarracha har qadami ortib boruvchi vintsimon harakat qiladi. Chunki elektr

maydoni tezlikning $\mathcal{G}_{II}$ - tashkil etuvchisini o'zgartirib turadi, $\mathcal{G}_{\perp}$ - ga esa ta'sir etmaydi.

Agarda elektr va magnit maydonlari o'zaro perpendikulyar bo'lsa va zarrachaning boshlang'ich tezligi nolga teng bo'lsa, (1) tenglamaning yechimi sikloida tenglamasini beradi

$$x = a_1 T_1^2 \left(\frac{t}{T_1} - \sin \frac{t}{T_1} \right) \quad (11)$$

$$y = a_1 T_1^2 \left(1 - \cos \frac{t}{T_1} \right) \quad (12)$$

bu yerda,

$$a_1 = \frac{qE}{m^*}, \quad (13)$$

$$T_1 = \frac{2\pi m^*}{qB}. \quad (14)$$

Agarda zarracha boshlang'ich $\mathcal{G}_0$ tezlikka ega bo'lib, yo'nalishi magnit maydoniga perpendikular bo'lsa, zarrachaning trayektoriyasi traxoiddan iborat bo'ladi.

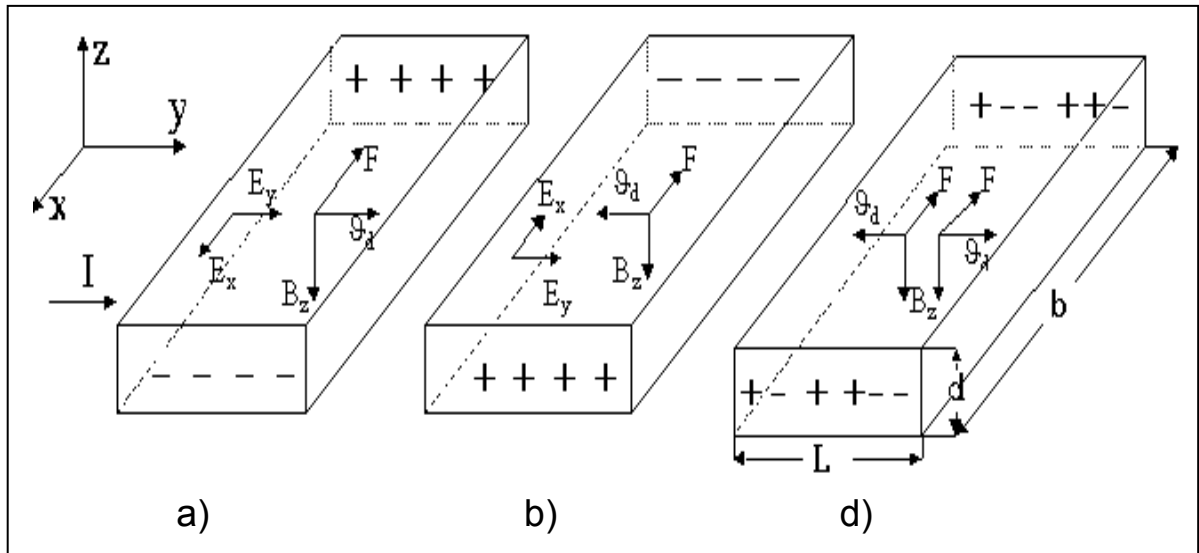
YARIM O'TKAZGICHLARDA XOLL EFFEKTI

Parallelopiped ko'rinishda kesilgan yarim o'tkazgich modda olamiz. Elektr maydoni (E) y o'qi bo'ylab yo'nalsin, magnit maydoni (B) esa z o'qi bo'ylab joylashsin.

Elektr maydoni ta'sirida zaryad tashuvchi zarrachalar ma'lum dreyf tezligi $\mathcal{G}_d$ - ga erishadi, bunda elektronlar maydon yo'nalishiga teskari, kovaklar esa maydon yo'nalishi bo'ylab harakatlanadi.

Agarda zaryad tashuvchilar kovaklardan iborat bo'lsa, (1a-rasm) magnit maydoni B ta'sirida (Lorens kuchi ta'sirida) ular o'tkazgichning chap tomoniga og'adi va bu tomonida musbat zarrachalar yig'iladi, qarama-qarshi tomonda esa kompensatsiyalanmagan manfiy zaryadlar yig'iladi.

Agarda zaryad tashuvchilar elektronlar bo'lsa (1b-rasm), magnit



1-rasm. Yarim o'tkazgich moddalarda Xoll potentsiallar farqining hosil bo'lishi: a) kovakli; b) elektronli; d) aralash o'tkazuvchanlikka ega yarim o'tkazgichlar

maydoni B ta'sirida (Lorens kuchi ta'sirida) bular ham chap tomonga yig'iladi va manfiy zarrachalar to'plami hosil bo'ladi, qarama-qarshi tomonda esa kompensatsiyalanmagan musbat zaryadlar to'planadi.

Lorens kuchi harakatlanayotgan zaryadli zarrachani harakat tezligiga va magnit maydoniga perpendikular bo'lib, yo'nalishi chap qo'l qoidasiga asosan topiladi

$$\vec{F} = q[\vec{g}_d \cdot \vec{B}] . \quad (15)$$

Lekin dreyf tezligi

$$\vec{g}_d = U\vec{E} = \frac{q_0\lambda}{m^*g} \vec{E} \quad (16)$$

shuning uchun

$$\vec{F} = \frac{q_0^2 \lambda}{m^* g} [\vec{E} \vec{B}] . \quad (17)$$

Demak, Lorens kuchi zaryad tashuvchilarning ishorasiga bog'liq bo'lmay $\vec{E}$ va $\vec{B}$ ya'ni elektr va magnit maydon yo'nalishiga yoki tok zichligi $\vec{j}$ va $\vec{B}$ yo'nalishlariga bog'liqdir.

Rasmda ko'rinishdan har ikkala holda ham F x o'qi yo'nalishi bo'yicha yo'nalganidir. Agarda zaryad tashuvchilarning tezliklari maydon ta'siri natijasida sodir bo'lsa, elektronlar ham, kovaklar ham bir tomonga og'adi.

Agarda zaryad tashuvchilar elektronlar va kovaklardan iborat (ya'ni aralash o'tkazuvchanlik, 1d-rasm) bo'lsa va bunda elektron va kovaklar konsentratsiyasi va ularni harakatchanligi bir xil bo'lsa ularni o'tkazgich tomonlarida bir-birlarini kompensatsiyalanishi natijasida yig'indi zaryadi har doim 0 ga teng bo'ladi. Agar zaryad tashuvchilarni birontasi ko'p bo'lsa, u holda ortiqcha zaryad to'planib qoladi.

Perpendikular magnit maydoniga joylashtirilgan yarim o'tkazgich moddada o'tkazgichni yon tomonlarida elektronlarni yoki kovaklarni o'tkazgichdan tok o'tganda hosil bo'lish hodisasi **Xoll effekti** deyiladi. Hosil bo'ladigan kuchlanish Xoll kuchlanishi natijasida hosil bo'lgan elektrostatik kuch bilan tenglashgunicha yig'ilishini nazarda tutish kerak. Demak,

$$q_0 \vec{E}_x = q_0 [\vec{\mathcal{G}}_d \cdot \vec{B}_z] \quad (18)$$

yoki

$$\vec{E}_x = [\vec{\mathcal{G}}_d \cdot \vec{B}_z] \quad (19)$$

bu formulada $\mathcal{G}_g = U \vec{E}_y$; $\varepsilon = E_x B$ - Xoll EYUK

Bir jinsli magnit maydonida hosil bo'lgan Xoll EYUK

$$\varepsilon = U E_y B \epsilon \quad (20)$$

yoki zaryad tashuvchilarni tok zichligi orqali ifodasini kiritib

$$j = qnEU \quad \text{va} \quad U = \frac{j}{qnE} ; \quad j = \frac{J}{db}$$

larni e'tiborga olib

$$\varepsilon = \frac{1}{q_0 n} \cdot \frac{JB}{d} \quad (21)$$

bu yerda d – magnit maydoni yo'nalishi bo'yicha o'tkazgichning qalinligi, n – zaryad tashuvchilarning kotsentratsiyasi.

Agarda

$$\frac{1}{q_0 n} = R \quad (22)$$

deb belgilasak Xoll EYUK uchun quyidagi formulani topamiz

$$\varepsilon = R \cdot \frac{JB}{d} \quad (23)$$

Bu formuladagi R Xoll koeffitsiyenti deyiladi.

(23) formuladagi barcha kattaliklarni (R dan tashqari) tajribada o'lchash mumkin. Bu kattaliklar orqali Xoll koeffitsiyenti hisoblab chiqiladi. Binobarin, (22) ga asosan n – yarim o'tkazgichlardagi harakatchan elektronlarning konsentratsiyasini aniqlash mumkin. Bundan tashqari:

$$\sigma = en \cdot U \quad (24)$$

ekanligidan foydalanib,

$$R = \frac{1}{en} = \frac{U}{\sigma} \quad (25)$$

dan harakatchan elektronlarning U harakatchanligini ham aniqlash mumkin

$$U = \sigma \cdot R \quad (26)$$

Agar yuqorida aytilgan hamma shartlarni o'zgartirmasdan n – yarim o'tkazgich o'rniga p – yarim o'tkazgich olsak, hosil bo'lgan Xoll maydonining yo'nalishi teskari tomonga o'zgaradi. Chunki kovaklarning yo'nalishi elektr tokining yo'nalishi bilan bir xil bo'lganligi uchun magnit maydonida kovaklarga ta'sir qiladigan kuchning yo'nalishi bilan bir xil bo'ladi. Shu sababli n – yarim o'tkazgichda elektronlar qaysi tomonga og'sa p – yarim o'tkazgichdagi kovaklar unga teskari yo'nalishda og'adi.

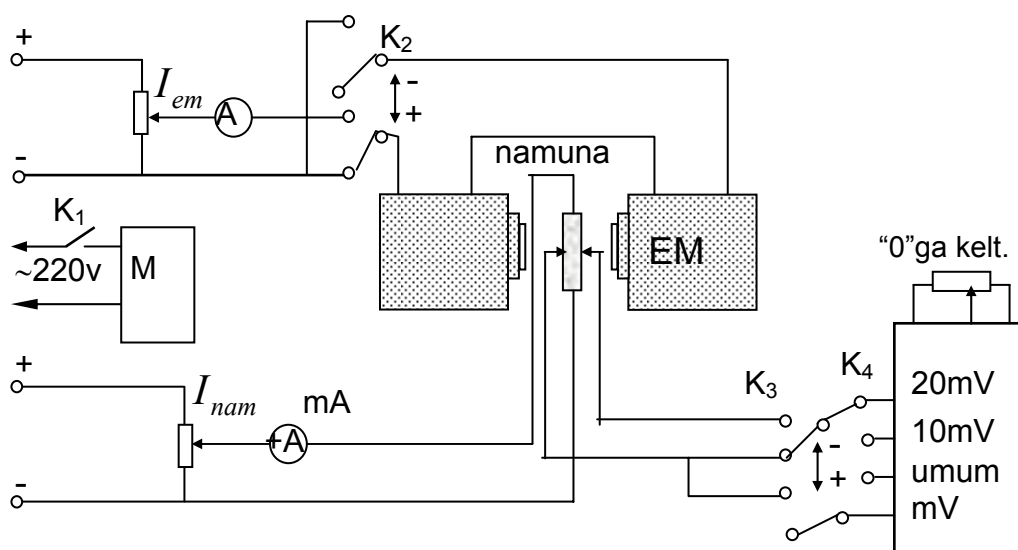
Xoll koeffitsiyenti n va p – yarim o'tkazgichlarda qarama-qarshi ishoralarga ega degan xulosa kelib chiqadi.

Demak, Xoll effekti yordamida aralashmali yarim o'tkazgichlardagi harakatchan zaryad tashuvchilarning ishorasini, ularning konsentratsiyasi va harakatchanligini aniqlash mumkin. Shu sababli bu usul yarim o'tkazgichlarning elektr xususiyatlarini tekshirishda asosiy usullardan biri bo'lib hisoblanadi.

Qurilmaning tuzilishi va o'lchash usuli

Xoll EYUK ni o'lchashning bir qancha usullari mavjud: o'zgarmas elektr va magnit maydonlarida, o'zgaruvchan tokda, impuls usuli va hokazolar.

O'zgarmas elektr va magnit maydoni yordamida Xoll EYUKni topishni ko'rib chiqamiz. 2-rasmda Xoll EYUKni va yarim o'tkazgichning solishtirma qarshiligini o'lchash usulining prinsipial sxemasi keltirilgan.



2-rasm

Bu rasmda I_{em} -elektromagnit orqali o'tuvchi tokni sozlagich (regulyator); EM – elektromagnit; A - elektromagnit orqali o'tuvchi tokni o'lchagich (ampermetr); I_{nam} - namunadan o'tuvchi tokni sozlagich (regulyator); mA – namunadagi tokni o'lchagich; mV - millivoltmetr; K1 - K4 – kalitlar; M- qurilmaning tok manbai.

Tekshirilayotgan namunalar to'g'ri burchakli parallelepiped shaklida.

O'lchash va o'lchash natijalarini hisoblash

1. O'lchashdan oldin qurilmaning tuzilishi bilan yaxshilab tanishing.
2. Qurilmani ulashdan oldin, kalit K₁ ni "otkl" holatiga qo'ying, K₂ va K₃ kalitlarni "+" holatiga va K₄ kalitni esa 20 mV holatiga qo'ying, sozlagich I_{em} va I_{nam} larni soat strelkasi yo'nalishiga teskari tomonga to taqalguncha burang.
3. Qurilmani o'zgaruvchan elektr tarmog'iga (~ 220V) ulang. Kalit K₁ ni ulang va qurilma 5-10 daqiqa qiziguncha kutib turing.
4. Sozlagich ("0"ga kelt.) orqali millivoltmetr strelkasini nolga keltiring. Bu bilan namunadagi kontaktlarning nosimmetrik joylashishi orqali hosil bo'ladigan potentsiallar ayirmasini kompensatsiyalaymiz (odatda kontaktlarni namunaning aynan ekvipotensial chiziqlarida o'rnatish juda qiyindir). Nolga yanada aniqroq keltirish uchun kalit K₄ ni "2mV" holatga o'tkazish mumkin.
5. Sozlagich " I_{nam} " orqali namunadan 10 mA tok o'tkazing.
6. Sozlagich " I_{em} " orqali elektromagnitdan o'tayotgan tokni 1A ga keltiring.
7. Bir necha marta (taxminan 12-14 marta) K₂ kalitni «–» holat va teskarisiga almashtiring. (Bu bilan elektromagnitdagi temirni maxsus magnit holati hosil qilinadi.) K₂ kalitni "+" holatda qoldiring. Bu holatda ampermetrning ko'rsatishi o'zgarmasin.
8. K₄ kalit bilan millivoltmetr o'lchash chegarasining qulay holatini tanlab oling. Xoll potentsiallar ayirmasi (V_+) qiymatini jadvalga yozing.
9. K₂ kalitni «–» holatga o'tkazing. Bu holda elektromagnit o'rtasidagi tirqishda hosil bo'ladigan magnit maydoni yo'nalishi teskariga o'zgaradi, lekin qiymati o'zgarmaydi. K₃ kalitni «–» holatga qo'ying va Xoll potentsiallar ayirmasi (V_-)ni o'lchab, qiymatini jadvalga yozing.
10. Xoll potentsiallar ayirmasining o'rtacha qiymatini toping:

$$V_{o'rt} = \frac{V_+ + V_-}{2}$$

Bu bilan biz millivoltmetrni nolga keltirishda yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan xatolikni to'g'rilaymiz.

11. K2 va K3 kalitlarlarni «+» holatga quying. 6-9 bandlarda bajarilgan amallarni elektromagnitdan o'tuvchi tokning kattaligi 1,5 A va 2 A bo'lgan holatlar uchun takrorlang.
12. Sozlagich I_{em} ni soat strelkasiga teskari yo'nalishda oxirigacha burang ($I_{em}=0$). 5-10 bandlardagi amallarni namunadan o'tuvchi tokning qiymati 20 A va 30 A bo'lgan holatlar uchun takroran bajaring.
13. I_{em} va I_{nam} toklar qiymatlarini ko'rsatilgandan boshqacha tanlab olish mumkin. O'lchash va hisoblashlar natijalarini quyidagi jadvalga yozing.

No	I_{nam} A	I_{em} A	H A/m	V_+ V	V_- V	$V_{o'rt}$ V	R $\frac{m^2}{A \cdot s}$	n m ⁻³	ρ Om·m	U $\frac{m^2}{V \cdot s}$
1										
2										
·										
·										

Berilgan I_{em} tokka mos kelgan elektromagnitning tirqishdagi magnet maydon kuchlanganligini qurilmaning mavjud grafigi asosida topiladi.

Xoll koeffitsiyentini quyidagi formula orqali hisoblang

$$R = \frac{g_{o'rt} \cdot d}{J_{nam} \cdot H} \cdot 10^4 \left[\frac{m^2}{A \cdot s} \right]$$

Zaryad tashuvchilarning konsentratsiyasi

$$n = \frac{1}{Rl} \cdot [M^{-3}]$$

Solishtirma qarshilik quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$\rho = \frac{\mathcal{G}_{o'rt} \cdot S}{J \cdot l} = \frac{\mathcal{G}_{o'rt} \cdot l \cdot B}{J \cdot l} = \frac{\mathcal{G}_{o'rt} \cdot B}{J}$$

Yarim o'tkazgich moddaning solishtirma qarshiligini bilgan holda Xoll doimiysining o'rtacha qiymatini quyidagi formulaga quyib, zaryad tashuvchilarning o'rtacha harakatchanligini hisoblash kerak. Musbat yoki manfiy zaryad tashuvchi zarrachalarning harakatchanligi

$$U = \frac{8R_{o'rt}}{3\pi\rho}.$$

Nazorat uchun savollar

1. Ishdan maqsad nima?
2. Xoll effektini tushuntiring, Xoll EYUK. qanday hosil bo'ladi?
3. Zaryad tashuvchilarning harakatchanligi deganda nimani tushunasiz?
4. Zaryad tashuvchilarning ishorasini qanday aniqlash mumkin?
5. Nima uchun o'tkazgichning holatini 180° ga o'zgartirish kerak?
6. Qurilmaning tuzilishi va ishlashini tushuntiring?

Adabiyotlar

1. Kalashnikov S.G. Elektr. Toshkent, "O'qituvchi" 1979.
2. Fizikadan praktikum. Elektr va optika. Professor Iveronova V.I. tahriri ostida. T.:O'qituvchi.1973.
3. Savelyev I.V. "Umumiy fizika kursi" T.2, Toshkent. "O'qituvchi". 1975.

9 - laboratoriya ishi

Gisterezis sirtmog'ini hosil qilish va o'rganish

Ishning maqsadi: Moddalarning magnit xususiyatlarini ifodalovchi kattaliklar, ularning o'zaro bog'liqligi va fizik ma'nosini hamda tajribada gisterezis sirtmog'ini hosil qilish va uni tahlil qilishni o'rganish.

Kerakli asbob va uskunalar: temir sterjen, ikkita simlar o'rami, (g'altak), kompas, reostat, kalit, o'zgarmas tok manbai.

Asosiy nazariy ma'lumotlar

Tashqi magnit maydon ta'sirida magnitlanuvchi va natijaviy magnit maydonini o'zgartiruvchi moddalarga magnetiklar deyiladi.

Moddalarning magnit xususiyatlarini ifodalovchi kattaliklar magnit induksiya vektori ($\vec{B}$), magnitlanish vektori ($\vec{j}$) moddalarning magnit sindiruvchanligi (μ) moddaning magnit kirituvchanligi (μ_0), magnit maydon kuchlanganligi ($\vec{H}$) va hokazolardir.

Muhitdagi magnit maydon induktsiyasi $\vec{B}$, tashqi magnit maydon induktsiyasi va magnitlangan modda hosil qilgan xususiy ichki magnit maydon induktsiyasining geometrik (vektor) yig'indisiga teng bo'ladi

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}' \quad (1)$$

$\vec{B}'$ magnit induktsiyasi muhitning magnitlanish vektori bilan quyidagicha bog'langan

$$\vec{B}' = \mu_0 \vec{j}$$

Magnit maydon induktsiyasi tashqi maydon kuchlanganligiga to'g'ri proporsional bo'lib, ular quyidagi ifoda orqali bog'langan

$$\vec{B} = \mu \mu_0 \vec{H} \quad (2)$$

bunda, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Gn}}{\text{m}}$ - magnit doimiysi deyiladi;

μ - muhitning magnit sindiruvchanligi bo'lib vakuumda $\mu=1$. Uning fizik mohiyati qo'yidagicha: magnitlanuvchi muhitdagi magnit induktsiyasi, vakuumdagi magnit induksiya dan necha marta kattaligini ko'rsatadi, u

birliksiz kattalikdir, ya'ni $\mu = \frac{B}{\mu_0 H} = \frac{B}{B_0}$. Magnitlanish vektori ($\vec{j}$)

magnetikning birlik hajmidagi magnit momentiga teng bo'lib, u tashqi maydon kuchlanganligiga to'g'ri proporsionaldir, ya'ni

$$\vec{j} = \chi \vec{B}_0 = \mu_0 \chi \vec{H} . \quad (3)$$

(1) ifodani (2) va (3) larni e'tiborga olib quyidagicha yozamiz

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} + \mu_0 \vec{j} + \mu_0 \vec{H} + \mu_0 \chi \vec{H}$$

ya'ni

$$\vec{B} = \mu_0 (1 + \chi) \vec{H} \quad (4)$$

(2) va (4) ifodalarni taqqoslab:

$$\mu = 1 + \chi$$

(χ) va (μ) moddalarning magnit xossalarini ifodalovchi kattaliklardir. Barcha magnetiklar ushbu kattaliklarning ishorasi va qiymatlariga qarab uch turga bo'linadi.

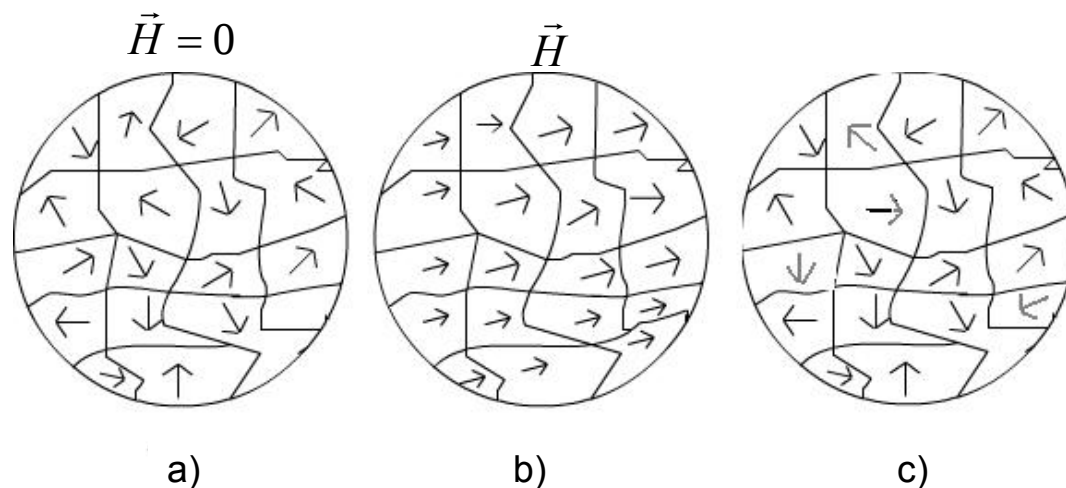
1. Diamagnetiklar $\chi < 0$ va $\mu < 1$
2. Paramagnetiklar $\chi > 0$ va $\mu > 1$
3. Ferromagnetiklar $\chi \gg 1$ va $\mu \gg 1$

1. Diamagnetiklarda xususiy magnit maydoni magnitlovchi tashqi maydonga qarama-qarshi yo'nalgan bo'lib, uni susaytiradi. Diamagnetiklar uchun $\chi < 0$ va $\mu < 1$. Diamagnetiklarga: vismut, mis, oltingugurt, simob, xlor, inert gazlarni misol qilib ko'rsatish mumkin.

2. Paramagnetiklarda tashqi magnitlovchi maydon bilan bir xil yo'nalishdagi uni kuchaytiruvchi xususiy magnit maydoni hosil bo'ladi. Paramagnetiklar uchun $\chi > 0$ va $\mu > 1$. Paramagnetiklarga misol qilib quyidagilarni ko'rsatish mumkin: natriy, kaliy, marganets, alyuminiy, platina, turli tuzlarning eritmalari.

3. Kuchli magnitlanish xususiyatiga ega bo'lgan moddalar ferromagnetiklar deyiladi. Ferromagnetiklarda (μ) bir necha mingga yetadi, bunda moda magnit induktsiyasi ($\vec{B}$) ning tashqi magnit maydon kuchlanganligi ($\vec{H}$) ga murakkab bog'lanishi kuzatiladi. Ferromagnetiklarda gisterezis hodisasi kuzatiladi, (gisterezis – *hysteresis* - kechikish) bunda magnitlovchi tashqi maydon kamaytirilgandagi magnitlanish ($\vec{j}$) tashqi maydonni oshirgandagi mashitlanishning oshishiga nisbatan sekinroq kamayadi. Ferromagnetiklarga temir, kobalt, nikel, shuningdek ko'pgina ferromagnetik qotishma va kristall birikmalarini misol keltirish mumkin.

Ferromagnetiklarda magnit kirituvchanlik qiymatining katta bo'lishi va gisterezis hodisasi, ularda kichik tasodifiy magnitlanish sohalari mavjudligi bilan tushuntiriladi (1-rasm). Bu sohalar tashqi maydon qo'yilmagan holda ham to'yinish darajasigacha magnitlangan bo'ladi. Bu kichik sohalar **domenlar** deyiladi. Tashqi maydon bo'lmaganda



1 -rasm

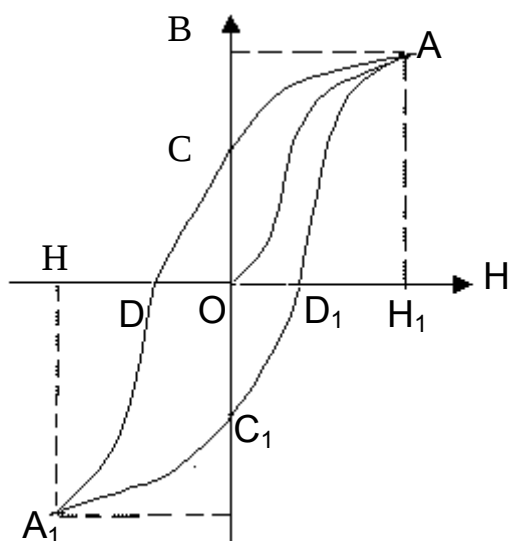
domenlarning magnitlanish vektorlari ixtiyoriy yo'nalishda yo'nalgan bo'ladi.

Tashqi magnit maydonida esa domenlarning qayta joylanishi hisobiga magnitlanish vektorining tashqi maydon yo'nalishi bo'ylab tartibli joylashishi sodir bo'ladi. Ferromagnetikni qizdirganda zarralarning issiqlik harakatining ortishi tartibli magnit tuzilishning buzilishiga olib keladi. Shu sababli modda o'zining ferromagnetiklik xususiyatini yo'qotadi va o'zini oddiy paramagnetik singari tutadi (1-rasm, c).

Bu holat har bir ferromagnetik uchun ma'lum bir haroratda sodir bo'ladi, bu harorat Kyuri harorati yoki Kyuri nuqtasi deyiladi va (T_K) bilan belgilanadi.

Magnit momentlarning tartibli yo'nalishini namunani qattiq urish yoki silkitish bilan ham buzish mumkin.

Ferromagnetiklarning magnit induktsiyasi va magnit maydon kuchlanganligi o'zaro bir qiymatli bog'langan. Induksiya nafaqat magnit maydon kuchlanganligiga, balki namunaning tarkibiga, hamda boshlang'ich magnitlanishiga ham bog'liq bo'ladi.



2 - rasm

Ferromagnetiklarning magnit maydon induksiyasi bilan tashqi magnit maydon kuchlanganligi orasidagi bog'lanish gisterezis ko'rinishiga ega (2 - rasm). Gisterezis sirtmog'ining hosil bo'lishini tahlil qilaylik.

Agar ferromagnetik $H=0$ bo'lgan tashqi maydonda joylashgan bo'lsa, uning holati O nuqta bilan ifodalanadi. Agar tashqi magnit maydon H hosil qilinib, uning kuchlanganligi oshib borsa, ferro-magnetiknig magnit

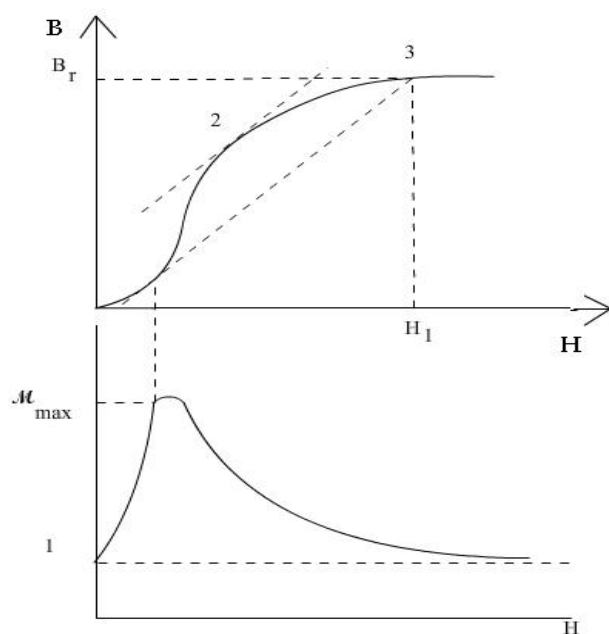
induktsiyasining o'zgarishi OA egri chiziq bilan ifodalanadi. Bu egri chiziq magnitlanish chizig'i deyiladi. Tashqi magnit maydon kuchlanganligi $H=H_1$ va undan katta qiymatlarga oshirilsa, magnitlanish egri chizig'i yassilanadi, bunda magnitlanish to'yinish nuqtasiga yetadi. Bu nuqta ferromagnetik ichidagi domenlarning manitlanish vektorlarining barchasi tashqi magnit maydon yo'nalishida joylashib oladi.

Tashqi magnit maydon kuchlanganligini kamaytirib borsak, magnitlanish chizig'i AC bo'yicha o'zgaradi. Ya'ni tashqi maydon $H=0$ bo'lganda ham ferromagnetikning magnit induktsiyasi nolga teng bo'lmaydi. Induktsiyaning $B=OC$ ($H=0$) qiymati qoldiq induktsiya deyiladi. Bu ferromagnetikning tavsiflaridan biri hisoblanadi. Qoldiq induksiyaning yo'qotish uchun $H=OD$ ga teng bo'lgan teskari maydon qo'yish kerak. Bu maydon ($H_K=OD$) koersitiv kuch deb ataladi. Teskari maydonning qiymatini oshirib borsak magnitlanish egri chizig'ining A_1 nuqtasida to'yinish holati kuzatiladi. Agar bu nuqtadan tashqi maydonni 0 gacha so'ngra H_1 qiymatgacha oshirib borsak $ACDA_1C_1D_1A$ berk chizig'i hosil bo'ladi. Bu berk egri chizig'i ***gisterezis sirtmog'i*** deyiladi.

B va H bir biri bilan bir qiymatli aniqlanmaganligi uchun magnit kirituvchanlik tushunchasini magnitlanishning asosiy egri chizig'i OA qism uchungina qo'llash mumkin. Ferromagnetiklarning magnit

kirituvchanligi (shuningdek magnit singdiruvchanligi) magnit maydon kuchlanganligining funksiyasi hisoblanadi, $\mu = f(H)$ va magnitlanish egri chizig'ining har bir nuqtasiga o'tkazilgan urinmaning H o'qi bilan hosil qilgan burchakning tangensiga proporsional, $tg\varphi \sim \frac{B}{H}$ ya'ni magnitlanish egri chizig'idan magnit singdiruvchanlik egri chizig'ini olish mumkin. (3-rasm).

Magnit maydon kuchlanganligi noldan boshlab oshirib borilsa, qiyalik burchagi (demak magnit singdiruvchanlik ham) oldin oshib boradi, so'ngra 2 nuqtada eng katta qiymatga erishadi, keyin kamayib boradi.



3 - rasm

Bu bog'lanishdan ko'rinadiki μ magnitlanishning to'yinish qiymatidan ancha ilgari o'zining eng katta qiymatiga erishar ekan. H ni cheksiz oshirib borilsa magnit singdiruvchanlik asimptotik ravishda $\mu = 1$ ga yaqinlashib boradi. Bu (B) magnit induksiya qiymati $\mu \approx 1 + \frac{B}{H}$ ifodada (B_T) to'yinish qiymatidan ortiq bo'lmasligidan kelib chiqadi.

Magnit

singdiruvchanlikning bunday o'zgarishi magnitlovchi maydon kuchlanganligigagina bog'liq bo'lmay boshqa ko'pgina sabablarga (ichki tuzilishi, kimyoviy tarkibi, ichki magnit sohalarining joylashishiga, tashqi ta'sirlarga xususan haroratga) bog'liq bo'ladi. Shuning uchun har bir magnit jism biror sohada qo'llanilishdan oldin uning magnitlanish egri chiziqlari mukammal o'rganilib, uni yuqorida aytilgan asosiy magnit kattaliklari aniqlab berilishi kerak. Har bir namuna ishlatilgach magnitsizlantirilishi lozim. Namunani qayta magnitlashda ma'lum ish bajariladi. Bunda energiya yo'qotilib issiqlik

ajraladi. Bu qayta magnitlashda bajarilgan ish miqdori gisterazis sirmog'ining yuzasiga teng.

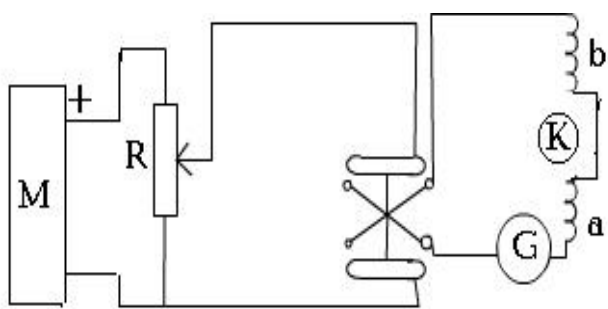
Qurilmaning tuzilishi va o'lchash usuli

1 – Qurilma.

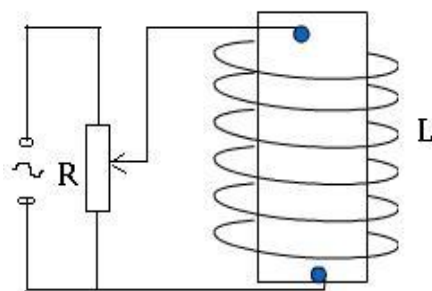
Bu tajribada gizterezis halqasi quyidagicha olinadi. Ikki simlar o'rami a va b (2-rasm) orasiga K kompas joylashtiriladi. Yog'och taglikni aylantirib kompasni shunday joylashtiriladiki, bunda kompas strelkasi 0 ni ko'rsatsin.

Agar simlar o'rami kompasni joyini o'zgartirmay, simlar o'ramining birortasiga temir yoki po'lat o'zak kiritilsa kompas strelkasi φ burchakka og'adi, bunda o'zakda hosil bo'lgan magnit maydon kompas strelkasi bilan o'zaro ta'sirlashadi.

Agar «a» va «b» simlar o'ramlari orqali tok o'tkazilsa va ularda tok



2 - rasm



3-rasm

kattaligi va yo'nalishi o'zgartirib (tok kattaligi reostat orqali va yo'nalishi kalit orqali o'zgartiriladi) yopiq kontur olish mumkin. Yopiq kontur φ burchak va tok orasidagi bog'lanishni belgilaydi [$\text{tg} \varphi = f(I)$]. Bu hosil qilingan yopiq kontur gisterezis halqasining o'zginasidir $B = f(H)$, chunki sim o'ramidagi maydon kuchlanganligi tok kuchiga to'g'ri proporsionaldir, sterjenning magnit maydoni esa induksiya B ga proporsionaldir.

Ishni bajarish tartibi

1. 2-rasmda ko'rsatilgandek sxema yig'iladi.
2. Simlar o'rami orqali tok o'tkaziladi va sim o'rami orasidagi masofani o'zgartirib, kompas strelkasi bilan simlar o'ramining o'zaro kompensatsiyalash holatiga keltiriladi. Shundan so'ng simlar o'rami

qo'zg'atilmaydi. Bu holatda strelka o'zining boshlang'ich holatida joylashadi.

3. Temir yoki po'lat o'zak olib, uni magnitsizlashtirish qurilmasida (3-rasm) magnitsizlantirib «a» yoki «b» g'altak orasiga shunday joylashtiriladiki, bunda temir yoki po'lat o'zak g'altak o'rtasida joylashsin.
4. Reostat orqali tok kuchini har safar 0,2 A ga o'zgartirib borib, kompas strelkasining og'ish burchagi φ va tok kuchi yozib boriladi. Tok kuchi 1A ga yetgandan so'ng xuddi shu tartibda tok kuchi 0 gacha tushiriladi. Kalit orqali tok yo'nalishi o'zgartiriladi va o'lchashlar teskari yo'nalishda bajariladi. Tok kuchi teskari yo'nalishga o'zgartirilganda burchak φ manfiy deb hisoblanadi.
5. Abssissa o'qiga tok kuchi qiymatlarini va ordinata o'qiga $tg\varphi$ burchak qiymatlarini qo'yib $tg\varphi = f(I)$ grafigi chiziladi.

Tajriba va hisoblashlardan olingan qiymatlar quyidagi 1-jadvalga yoziladi.

1-jadval

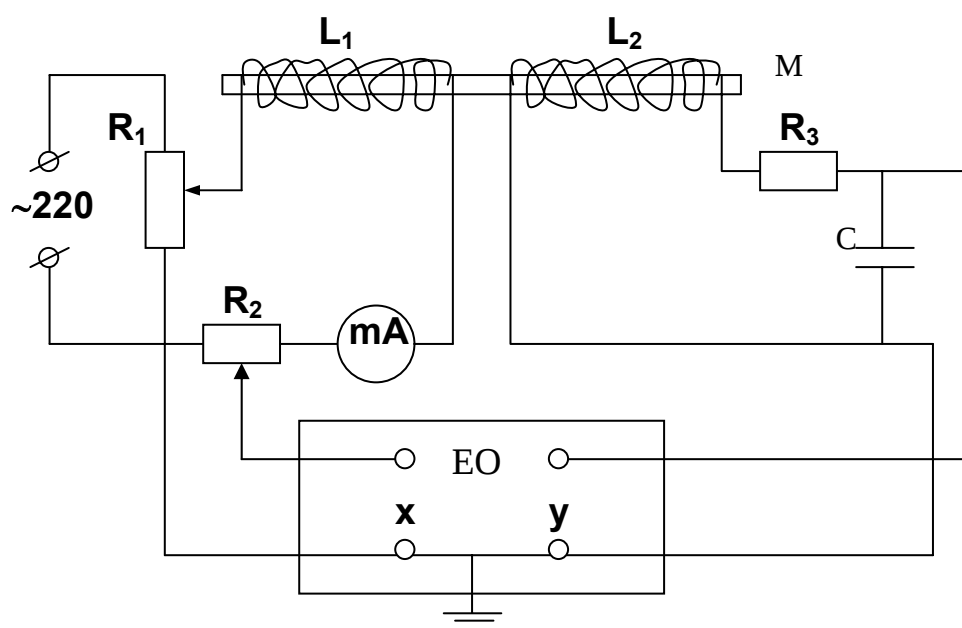
OA sohadagi tok kuchi (I), A	φ	$tg\varphi$	AD sohadagi tok kuchi (I), A	φ	$tg\varphi$	DA sohadagi tok kuchi (I), A	φ	$tg\varphi$	AD sohadagi tok kuchi (I), A	φ	$tg\varphi$	DA sohadagi tok kuchi (I), A (ikkinchi marta tok kuchi o'zgartiriladi)	φ	$tg\varphi$
0			1.0			0			1.0			0		
0.2			0.8			0.2			0.8			0.2		
0.4			0.6			0.4			0.6			0.4		
0.6			0.4			0.6			0.4			0.6		
0.8			0.2			0.8			0.2			0.8		
1.0			0			1.0			0			1.0		

Tushuntirish. Tajriba davomida tok kuchini bir tekis o'zgartirish uchun reostat surgichini asta-sekin surish kerak, agar tasodifan qisqa tutashuv bo'lsa, yoki birdaniga tok kuchi katta qiymatlarga ortib ketsa,

tajribani to'xtatib, o'zakni magnitsizlantirib, tajribani qayta o'tkazish kerak.

2-Qurilma.

Gisterezis sirtmog'ini 4-rasmda ko'rsatilgan chizmadagi ostsillograf (EO) yordamida kuzatiladi. Chizmadagi L_1 va L_2 – g'altaklar, R_1 , R_2 , R_3 - qarshiliklar, A– ampermetr, C- kondensator.



4 - rasm

Ostsillograf trubkasining gorizontaal og'diruvchisi – «X» plastinkaga magnit maydon kuchlanganligi (H) ga proporsional, vertikal og'diruvchisi – «U» plastinkaga esa induksiya vektori (B) ga proporsional kuchlanishlar beriladi. «M» sterjen – tekshirilayotgan namuna jismdir. Sterjenda magnit maydonni hosil qiluvchi tok L_1 g'altakka beriladi, u o'zgaruvchan tokdir. L_2 g'altakda induksiya E.Yu.K. hosil bo'ladi, bu tok manbai ham hisoblanadi. Sinusoidal qonun buyicha o'zgaruvchan tokning bir davri ichida elektron nurining izi ostsillograf ekranida to'liq gisterezis sirtmog'ini hosil qiladi, shu sababli ekranda qo'zg'almas gisterezis sirtmog'i ko'rinadi.

Agar R_1 potensiometr yordamida L_1 g'altakdan o'tuvchi va A - ampermetrda o'lchanuvchi tok kuchini oshirsak, (H) ning tebranish

amplitudasi ortadi, bu ekranda ko'rinayotgan gisterezis sirtmogining yuzasini ortishiga olib keladi. R_1 ning qiymatini o'zgartirib «X» o'qi buyicha kengayish masshtabini tanlash mumkin.

Ishni bajarish tartibi

1. «Reg toka» (R_3) va «masshtab» (R_2) deb belgilangan tok va masshtab o'zgartirgichlarni soat strelkasiga teskari yo'nalishda oxirigacha burang. «Set» deb belginlangan kalit yordamida tizimni 220 V kuchlanishli manbaga ulang.
2. Ostsillografni ulang va uning boshqarish qismlari orqali yorug' nuqtani ekran markaziga to'g'rilang.
3. G'altak ichiga tekshiriluvchi M- sterjen namunani kiriting.
4. Potensiometr «Reg toka» yordamida (L_1) g'altakdan o'tuvchi tokni maksimal qiymatiga qo'ying. Buni potensiometr buragichini soat strelkasi yo'nalishida oxirigacha burab amalga oshiriladi. Sezgirlikni o'zgartirib ostsillografning vertikal («Y» plastinka) og'ishini oshirib borganda, ostsillograf ekranidagi vertikal chiziq ekrandan chiqib ketmasligiga erishing.
5. «Masshtab» potentsiometri yordamida «X» o'qi bo'ylab gisterezis sirtmog'i yoyilishini mumkin qadar katta qiymatini belgilab qo'ying va unga mos kelgan ostsillograf shkalasining bo'limlar soni (N_1) ni aniqlab uni jadvalga yozing. (Bunda gisterezis sirtmog'ining to'yinish sohasi «X» o'qi bo'ylab ekrandan chetga chiqishi mumkin).
6. «Reg toka» potentsiometri yordamida tokni kamaytirib borib gisterezis sirtmog'ini (to'yinish sohasini ham hisobga olgan holda) chegarasi «X» o'qi bo'yicha ekran chegarasiga mos kelgan holatdagi (I) tok qiymatini va ostsillograf shkalasining bo'limlar sonini (N_2) jadvalga yozing.
7. G'altakning magnit maydonini hisoblash uchun quyidagi ifodadan foydalaning

$$H = \frac{I}{2\bar{R}} \cdot n$$

bunda $\bar{R}$ - g'altakning radiusi, n - o'ramlar soni.

Koertsitiv kuchning qiymatini esa quyidagi ifoda yordamida hisoblab toping

$$H_k(OD) = C \cdot N_1 = \frac{I_k}{2\bar{R}N_2} N_1$$

bunda $\bar{R} = 18 \text{ mm}$, $n=2500$.

8. 3-7 bandlarni boshqa namunalar uchun ham bajaring.

2-jadval

No	namuna	N_1	N_2	I	H_k
1					
2					
3					
.					
.					
.					

Nazorat uchun savollar

1. Magnitlanish vektori $\vec{j}$, muhitning magnit singdiruvchanligi va magnit qabul qiluvchanlik to'g'risida tushuncha bering. μ va ϵ orasidagi bog'lanishni yozing.
2. Jismlardagi magnit maydon vektori qanday? Magnit maydon kuchlanganlik vektori $\vec{H}$, magnit maydon induksiya vektori $\vec{B}$ va magnitlanish vektori $\vec{j}$ to'g'risida tushuncha bering.
3. Har bir kattalik birliklarini keltirib chiqaring va tushuntiring.
4. Diamagnetizm, paramagnetizm va ferromagnetizm to'g'risida tushuncha bering. Kyuri nuqtasi nima? Domenlar to'g'risida tushuncha bering.
5. Gisterezis sirtmog'i nima? Qanday kuchga koersativ kuch deyiladi?
6. Qurilmaning elektr sxemasini chizing va ishlash prinsipini tushuntirib bering.

7. Tajriba asosida olingan qiymatlarga qarab gisterezis sirtmog'ini tushuntiring.

Adabiyotlar

1. I.V.Savelev. Umumiy fizika kursi. II tom, O'qituvchi., T., 1973.
2. O. Axmadjonov. Fizika kursi. II tom. O'qituvchi., T., 1988 .
3. N.N. Maysova. Umumiy fizika kursidan praktikum, 1970.

10 - laboratoriya ishi

Geyger –Myuller sanagichining ishlash uslubini o'rganish

Ishning maqsadi: Geyger–Myuller sanagichining ishini va gaz razryadi sanagichlarining sanash tavsiflarini o'rganish.

Kerakli asboblari va materiallar: Geyger–Myuller (GM) sanagichi, radioaktiv namuna, qo'rg'oshin "uycha", yuqori kuchlanishli to'g'rilagich, hisoblash qurilmasi, sekundomer.

Qisqacha nazariy ma'lumot

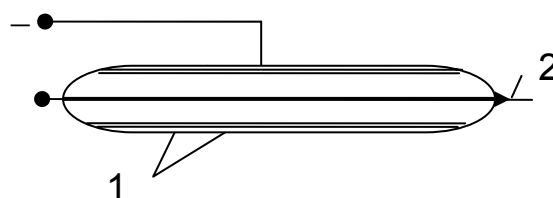
Zaryadlangan zarrachalarni sanagichlar – yadro zaryadlarini, rentgen, gamma-nurlarni qayd qilish va hisoblash uchun qo'llaniladi. Asboblarning ishlash uslubi nomustaqil gaz razryadidan foydalanishga asoslangan .

Gazlarda tok tashuvchilar elektr maydonining mavjudligi bilan bog'liq bo'lmagan tashqi ta'sirlar natijasida hosil bo'lushi mumkin.

Bunday holda gazlarda nomustaqil o'tkazuvchanlik hosil bo'ladi. Mustaqil bo'lmagan razryad gazlarni yuqori haroratgacha qizdirish bilan (termik ionlashtirish), ultrabinafsha yoki rentgen nurlari ta'sirida, radioaktiv modda nurlanishlarning ta'siri ostida yuzaga kelishi mumkun.

Geyger–Myuller sanagichlari inert gaz to'ldirilgan qayd qilgichlar turkumiga kiradi va ularda nomustaqil gaz zaryadi yordamida alfa, betta zarrachalar, gamma va rentgen nurlari hamda boshqa nurlarni qayd qilish va sanash uchun qo'llaniladi. Bu sanagichlarning zaryadlangan zarrachalarni qayd qilish sezgirliги yuqori, sodda tuzilishga ega bo'lganligi uchun radiometriyada ko'p qo'llaniladi.

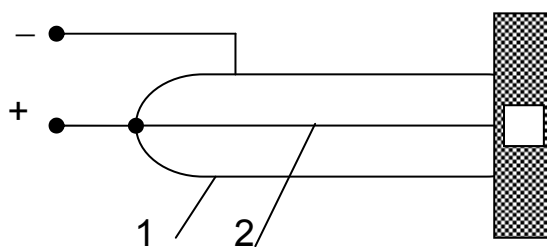
Sanagichlarning sanash tezligi bilan elektrodlar orasiga qo'yilgan kuchlanish orasidagi bog'lanish ularning asosiy tavsifi bo'lib xizmat qiladi. Bu bog'lanish gaz razryadli sanagichlarning sanash tavsifi deyiladi.



1-rasm

Geyger–Myuller sanagichlari ikki xil bo'ladi: Silindrik va uchlari tomondan sanaydigan sanagichlar. Silindrik sanagichlar yupqa metall yoki ichiga metall qoplangan (1) shisha silindrik, uchlari kovsharlangan naydan va silindrning o'rtasidan o'tgan uchlarini tutashtiruvchi simdan (2) iborat qurilma. O'rtasidan o'tgan sim anod va trubkani sirti yoki ichki sirtiga yopishtirilgan metall katod vazifasini o'taydi (1-rasm).

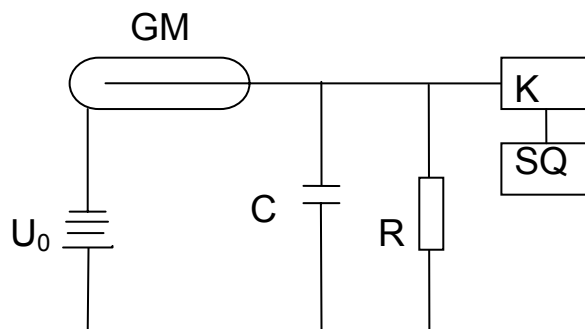
Uchlari tomonidan sanaydigan sanagichning tuzilishi yuqoridagidan farq qiladi (2-rasm). Metallashtirilgan shisha sirt (1) katod vazifasini o'taydi, o'rtadan otgan sim (2) anod vazifasini o'taydi, qurilmaning uch tomoni 20-30 mkm qalinlikdagi slyuda yopishtirilgan tuynukchadan iborat bo'ladi. O'rtadagi simning bir uchi shisha bilan qoplangan.



2 - rasm

Ionlashtiruvchi nurlanish yon tomonidan (1-rasm) yoki sanagich uchidagi slyuda tirqish orqali (2-rasm) sanagichga tushadi.

Sanagich inert gaz - argon yoki neon bilan to'ldiriladi. Sanagichning zaryadlangan zarrachalarni sanashi uchun qo'yiladigan kuchlanish sanagich to'ldirilgan inert gazning bosimiga bog'liq. Odatda bu gazning bosimi 100-200 mm. simob ustuni miqdorida olinadi. Quril-maning ulanish sxemasi 3-rasmda keltirilgan. GM sanagichiga qo'yilgan U_0 kuchlanish elektrodlar orasida kuchli bir jinsli bo'lmagan elektr maydonini hosil qiladi.



3 - rasm

Agarda U_0 kuchlanish ulanish potentsiali U_y dan katta bo'lsa, (odatda $U_0=500+1500V$) bu holda sanagichning hajmiga tushgan har qanday zaryadlangan zarracha bir juft ion hosil qiladi va bu zaryadni davom etish vaqti $10^{-7} - 10^{-6}$ s. Tashqi elektr zanjirida hosil bo'ladigan tokning impulsi kuchaytirgich (K)da kuchaytiriladi va sanagich qurilmada (S.Q) sanaladi. Sanagichning hajmida hosil bo'lgan gaz ionlari elektr maydoni ta'sirida elektrodlar tomon harakat qiladi. Sanagichning hajmi inert gaz bilan to'ldirilganligi uchun hosil bo'ladigan manfiy zarracha elektron bo'lib, u anod tomon harakat qiladi. Elektrodlar orasidagi maydon bir jinsli bo'lmaganligi uchun yuqori kuchlanganlik sohasi bo'lgan elektron tezlashib yuqori energiyaga erishadi va u o'z yo'lida gaz atomlari bilan to'qnashib ularni ionlashtiradi. Demak, hosil bo'ladigan har bir elektron anod tomon harakatida bir necha juft ion hosil qiladi, bu esa elektronlar ko'chishini vujudga keltiradi. Bulardan tashqari bu elektronlar bir necha atomlarni qo'zg'atilgan yuqori energetik sathga o'tkazib yuboradi, natijada bu qo'zg'atilgan atomlar va molekulalar fotonlar chiqaradi va ularning bir qismi katodga tushib ularning sirtidan yangi fotoelektronlarni urib chiqaradi. Bu fotoelektronlar o'zlarining anodga tomon harakat yo'llaridagi atomlarni ionlab yuboradi va ular ham o'z navbatida katodga urilib yangi elektronlarni hosil qilib, elektronlar ko'chishini hosil qiladi. Bu jarayon ketma-ket davom etib, anod simiga yaqinlashgan sari

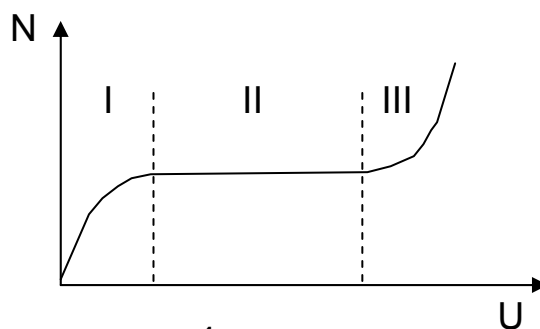
elektronlarning ko'chkisini hosil qiladi va natijada anod simi uzunasi bo'yicha tok razryadi hosil bo'ladi. Bu razryad yuqori qarshilik (10^8 - 10^9 Om) ulanishi bilan o'chiriladi. Yoki sanagichning o'zida vujudga kelgan jarayonlar hisobiga ham o'chishi mumkun. Bunday sanagichni o'zi o'chadigan sanagich deb ataladi.

Razryadni tashqi qarshilik yordami bilan o'chirilishi qarshilik bo'ylab razryad toki oqib o'tganda unda katta potensial tushuvi hosil bo'lishi bilan tushuntiriladi. Natijada elektrodlararo oraliqqa razryadni ushlab turishi uchun etarli bo'lmagan kuchlanishning faqat bir qismi to'g'ri keladi.

O'zi o'chadigan sanagichlarda razryadlarning tugashi, elektronlarning tolaga yetishi uchun qo'zg'alishga ulgurmaydi deb tushuntiriladi, chunki elektronlarning harakatchanligi musbat ionlarga qaraganda 1000 marta katta. O'zi o'chadigan sanagichlarda razryadni o'chirish uchun sanagichni to'ldirib turuvchi gazga odatda ko'p atomli organik gaz aralashmasi (masalan spirt bug'lari) qo'shiladi. Bunday sanagich 10^{-4} s tartibdagi interval bilan ketma-ket keluvchi zarra impulslerini ijaraga oladi.

Sanagichda impulsni davom etish vaqti skunat vaqti deyiladi yoki sanagichga ketma-ket keluvchi zarrachalarni ajrata olish vaqti deyiladi. Skunat vaqti qancha kam bo'lsa, sanagich vaqt birligi ichida shuncha ko'p zarrachalarni sanay olishi mumkun.

Vaqt birligi ichida qayd qilingan zarrachalar soni N ning sanagichga qo'yilgan kuchlanishga bog'liqlik grafigi GM sanagichining sanash tavsifi deyiladi (4-rasm). Tavsifning ishchi qismi (plato) bir necha o'ndan bir necha yuz voltgacha cho'zilishi mumkun.



4 - rasm

Grafigning tekis bo'lagida sanoqlar soni sanagichga tushgan ionlashtiruvchi zarrachalar soniga tengdir.

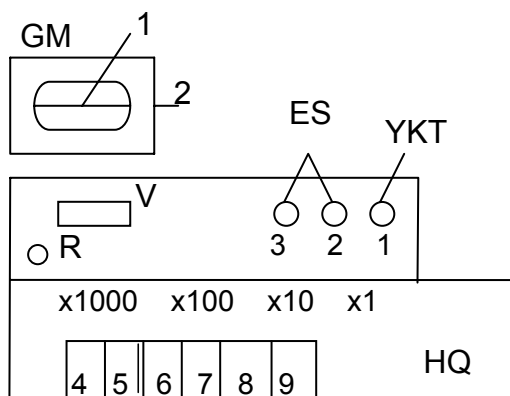
Gamma nurlar ular hosil qilgan ikkilamchi zaryadlangan zarrachalar - fotoelektronlar, kompton elektronlar yoki elektron- pozitron jufti orqali aniqlanib qayd etiladi. Neytronlar esa sanagichlardagi gaz atomlari bilan bo'lgan to'qnashuvlarda hosil bo'ladigan yadrolar (tepki yadrolar) va yadro reaksiyalarida hosil bo'ladigan zarrachalar orqali qayd qilinadi. Grafikning 1-qismiga mos kelgan sohasida kuchlanish ortish bilan sanash tezligi keskin ortib boradi. Bunda sanagichda hosil bo'ladigan elektr impulslarning amplitudalari sakrashi juda kuchli bo'ladi. Grafikning 2-qismida sanash tezligi kuchlanishga bog'liq bo'lmaydi. Yaxshi sanagichlar grafigining tekis bo'lagi 100V oraliqqa mos keladi. Grafikning 3-sohasi zarrachalar tushmasa ham yolg'on impulslar hosil bo'lib, zarrachalarni qayd qilishda xato bo'lgan natijalarni yuzaga keltiradi, shuning uchun bunday kuchlanishlarda ishlash mumkuh emas.

Sanagich ishlaydigan ishchi kuchlanish qilib grafikning tekis bo'lagi o'rtasiga mos kelgan kuchlanish tanlab olinadi, shuning uchun ishlaydigan kuchlanishni tanlashda har bir sanagichning sanash tavsifini o'rganib chiqish kerak.

Radioaktiv nurlanish beradigan manba yo'q bo'lsa, sanagich kosmik nurlar hosil qilgan zarrachalarni sanaydi. Bu holda sanagich sanaydigan sanoq qurilmaning foni deyiladi. Tashqi fonni bartaraf qilish uchun sanagichni qo'rg'oshin uychaning ichiga joylashtirish kerak.

Qurilmaning tuzilishi va o'lchash usuli

Sanash tavsifini olish uchun 5-rasmda keltirilgan qurilma sxemasidan foydalaniladi. Bunda: 1-hisob tavsifi o'rganilayotgan GM sanagichi; 2-qo'rg'oshin "uycha". Sanagich elektrodlariga beriladigan kuchlanish yuqori kuchlanishli to'g'rilagich (YKT)dan olinadi. Sanagichda qayd etilgan elektr impulslari (K)- kuchaytirgichda oldin kuchaytirib olinadi, so'ngra (HQ) – hisoblash qurilmasida qayd etiladi.



5-rasm

Asboblarni ulash va ishlash tartibi ilovada bayon etilgan. Hisoblash tezligini aniqlash uchun sekundomer kerak bo'ladi, u esa sanagich manbaida o'rnatilgan.

Ilova

Qurilmani ulash tartibi va asboblarni ishlash uchun ko'rsatma.

Qurilma GM sanagichidan, HQ(PP-16) – hisoblash qurilmasidan va ES –elektrosekundomerdan iborat. Chizmada R reostat; B-voltmetr, 12,3(YKT) va ES tugmachalari; 1-YKT va ES manbasini ulash; 2- elektro-sekundomer (ES)- ulash va to'xtatish; 3-elektrosekundomerni yurgizish va boshlang'ich holatga qaytarish. (PP-16) –hisoblash qurilmasining tugmalari 4-ulash, 5-boshlang'ich holatga keltirish (sbros) 6-hisoblagichni yurgizgich, 7-hisoblagichni to'xtatgich tugmalar. Kirgizish(вход)ni 1:1 uyaga ulanadi.

Ishni bajarish tartibi

1. Qurilmani ishga tayyorlash uchun R – potentsiometrning dastasini soat strelkasiga teskari yo'nalishda burab, boshlang'ich holatga keltiriladi.
2. 8-tugma bosilib (agar bosilmagan bo'lsa) 1:1 kirish ulanadi, GM sanagichidan keluvchi sim shtekkeri HQ ga ulanganligi tekshiriladi.
3. Manba bloki va HQ vilkalari rezetkaga (220 V) ulanadi.
4. 1 va 2 tumbler ulanadi. Agar hisoblash qurilmasi nollarni ko'rsatmayotgan bo'lsa 5-(сброс) tugmasi bosiladi.
5. Hisoblagichni yurgizuvchi 6-(“nyck”) tugmasi bosiladi. R-potensiometr dastasini soat strelkasi yo'nalishida sekin burab kuchlanishni oshirib boriladi va impulslar hisoblagichining birinchi (x1) o'nligi kuzatilib turiladi. Hisob paydo bo'lishi bilan voltmetrning ko'rsatishi aniqlanib, ulanish kuchlanishi (U_{uk}) yozib olinadi.
6. So'ng hisoblagichni to'xtatuvchi 7-tugma bosiladi va 5-tugma (“сброс”) yordamida qurilma boshlang'ich holatga keltiriladi.

7. Kuchlanishni ulanish kuchlanishi (U_{uk}) dan 20 V katta qiymatga qo'yiladi. Sekundomer va impulslar sanagichi bir vaqtda ishga tushiriladi. 60 s dan keyin sekundomer va impulslar sanagichi to'xtatilib, impulslar soni va kuchlanish yozib olinadi.
8. 5-tugma yordamida qurilma boshlang'ich holatga keltiriladi.
9. Kuchlanish yana 20 V ga oshiriladi va 7,8-bandlarda ko'rsatilgan o'lchashlar takrorlanadi.
10. Ushbu o'lchashlar, ya'ni, sanash tavsifini olish voltmetrning maksimal ko'rsatishigacha davom ettiriladi.
11. Sanash tavsifining chizmasi $N = f(U)$ chiziladi.
12. Chizmaning yassi qismi (plato)ning uzunligi aniqlanadi va sanash tavsifi yassi qismining o'rtasiga mos keluvchi ishchi kuchlanish topiladi.
13. Sanagichga ishchi kuchlanish qo'yiladi va sanagich foniga mos keluvchi sanash tezligi aniqlanadi.

Nazorat uchun savollar

1. Geyger-Myuller hisoblagichining tuzilishi va ishlashini tushuntiring.
2. Radioaktivlik nima?
3. Massa nuqsoni va bog'lanish energiyasini tushuntiring.
4. Yadro reaksiyasi deganda nimani tushunasiz?
5. Gaz razryadi turlarini ayting.
6. Sanagichning ishlash grafigini tushuntiring.

Adabiyotlar

1. Лабораторный практикум по физике. /под.ред. А.С.Ахматова. М.Высшая школа,1980, с331-334.
2. Umumiy fizika kursi bo'yicha gazlarda elektr razryadlari, radioaktivlik, yadro reaksiyalari va kosmik nurlarga oid mavzular.

MUNDARIJA

1- laboratoriya ishi. Suyuqliklarning ichki ishqalanish koeffisientini Stoks usuli bilan aniqlash.	3
2- laboratoriya ishi. Gazlar issiqlik sig'implarining nisbatini Kleman-Dezor usuli bilan aniqlash	11
3- laboratoriya ishi. Qattiq jismlarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentini kalorimetrik usul bilan aniqlash	21
4- laboratoriya ishi. Qattiq jismlarning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentini harorat gradiyenti usulida aniqlash	31
5- laboratoriya ishi. Termoparani darajalash va termoelektr yurituvchi kuchni aniqlash	36
6- laboratoriya ishi. Fotoqarshilikni o'rganish.	42
7- laboratoriya ishi. Yarim o'tkazgich moddalar qarshiligining haroratga bog'liqligini o'rganish va uning man etilgan zona kengligini aniqlash	48

8- laboratoriya ishi. Xoll effektini o`rganish va yarim o`tkazgichlarda zaryad tashuvchilarning konsentratsiyasi, harakatchanligi va ularning ishoralarini aniqlash	60
9- laboratoriya ishi. Gisterezis sirtmog`ini hosil qilish va o`rganish	71
10- laboratoriya ishi. Geyger –Myuller sanagichining ishlash uslubini o`rganish	83

**“Fizika fanidan laboratoriya ishlari va uslubiy ko`rsatmalar. III – qism. Termodina-mika, molekulyar fizika, qattiq jismlar va yadro fizikasi”** nomli uslubiy ko`rsatma “Fizika” kafedrasining majlisida muhokama etildi (2007 y. 14 may, 37 – bayonnoma) va RRT fakultetining ilmiy –metodik kengashi tomonidan nashr qilishga tavsiya etildi

Mas’ul muharrir prof. Abduraxmonov Q.P.,

Tuzuvchilar:

Prof. Abduraxmonov Q.P.

Prof. Abduqodirov M.A.

Dots. Haydarov Q.H.

Kat.o`qit. Xolmedov H.M.

Kat.o`qit. Masharipova S.Yu.

Kompyuterda
teruvchi:

Amirova N.A.

Bosh muharrir

dots. Abduazizov O.A.