

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O‘RTA
MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

БУХОРО МУҲАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

**M.Z. SHARIPOV, O.S. KOMILOV, M.R. JUMAYEV,
D.E. HAYITOV, SH.SH. FAYZIYEV, N.M. ERGASHEVA**

FIZIKA

*310000 – Muhandislik ishi va
320000 – Ishlab chiqarish texnologiyalari ta‘lim sohalarining
barcha sirtqi ta‘lim yo‘nalishlari uchun*

OQUV QO‘LLANMA

TOSHKENT-2020

M.Z. Sharipov, O.S. Komilov, M.R. Jumayev, D.E. Hayitov, Sh.Sh. Fayziyev, N.M. Ergasheva.

Mazkur o'quv qo'llanma fizika kursining barcha bo'limlaridan nazorat mashg'ulotlarda foydalanish uchun tayorlangan. O'quv qo'llanama 310000 – Muhandislik ishi va 320000 – Ishlab chiqarish texnologiyalari ta'lim sohalarining barcha sirtqi ta'lim yo'nalishlari uchun fizika fani o'quv rejasiga asosan bob va paragraflarga bo'lingan. Har bir paragrafda tegishli bo'lgan formulalar va fizika fani asosiy qonuniyatlarilarning qisqacha mazmuni berilgan bo'lib, paragraflardagi barcha masalalar keltirilgan formulalar asosida yechiladi. Ushbu qo'llanma sirtqi ta'lim, texnik yo'nalishida ta'lim olayotgan talabalar uchun mo'ljallangan.

Taqrizchilar:

f.-m.f.n, dots. Q.S. Saidov (BuxDU "Fizika" kafedrası dotsenti)

f.-m.f.d., prof. S.H. Astanov (BuxMTI "Fizika" kafedrası professori)

f.-m.f.d., prof. S.X. Umarov (BuxDTI "Biofizika va tibbiyotda axborot texnologiyalar" kafedrası mudiri)

Mazkur o'quv qullanma oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirliqining 2020 yil
.....sonli buyrug'iga asosan chop qilishga ruxsat etilgan

Ushbu o'quv qo'llanma 310000 – Muhandislik ishi va 320000 – Ishlab chiqarish texnologiyalari ta'lim sohalarining barcha sirtqi ta'lim yo'nalishi bo'yicha tahsil olayotgan talabalar uchun mo'ljallangan. O'quv qo'llanmada amaliy mashg'ulotlarning har bir mavzusiga oid asosiy formulalar, namunaviy masalalar yechimi keltirilgan, undan tashqari laboratoriya mashg'ulotlarini bajarish tartibi, mustaqil ishlash uchun masalalar va ularni qay tartibda bajarish jadvallarini o'z ichiga oladi. O'quv qo'llanmada rivojlangan xorijiy mamlakatlar o'quv yurtlarining keying yillarda qo'llayotgan fizika fanining dasturlaridan va adabiyotlaridan foydalanilgan. Fanni o'qitishdan maqsad Respublikada texnik soha mutaxassislarining chuqur bilimli, keng fikrlaydigan, xorijiy hamkasblari bilan raqobatlasha oladigan kadr bo'lishini taminlashdan iborat.

Учебное пособия предназначен для студентов, обучающихся по всем направлениям заочного обучения по направлениям 310000 - Инженерное дело и 320000 - Промышленные технологии. Учебное пособия содержит основные формулы по каждой теме практических занятий, решение типовых задач, а также порядок лабораторных занятий, задачи для самостоятельной работы и графики их выполнения. В учебной пособия использованы программы и литература по физике, которые использовались образовательными учреждениями развитых стран в последние годы. Цель преподавания естественных наук состоит в том, чтобы у технических специалистов в стране были хорошо образованные и широкие кадры, способные конкурировать с зарубежными коллегами.

The textbook is intended for students studying in all areas of distance learning in the areas of 310,000 - Engineering and 320,000 - Industrial technologies. The textbook contains basic formulas for each topic of practical exercises, solving typical problems, as well as the order of laboratory exercises, tasks for independent work and schedules for their implementation. The textbook uses programs and literature on physics that have been used by educational institutions in developed countries in recent years. The goal of science teaching is to ensure that the country's technicians have a well-educated and broad workforce that can compete with their foreign counterparts.

KIRISH

Ushbu amaliy mashg'ulotning mazmuni oliy o'quv yurtlarining fizika kursi rejasiga muvofiq yozilgan. O'quv qo'llanma fizika kursi rejasiga asoslangan bo'lib bob va paragraflarga bo'lingan. Har bir paragrafda, tegishli bo'lgan formulalar va asosiy qonunlarning qisqacha mazmuni berilgan bo'lib, bu paragraflardagi barcha misollar shular asosida yechiladi. O'quv qo'llanma masalalar yechish namunalari ko'rsatilgan. Fizika masalalarini yechishning umumiy qoidalarini eslatib o'tamiz. Masalalarning shartlari bilan tanishib chiqqandan keyin, ularda tavsiflangan fizik hodisalarni ravshan tasavvur qilish va masalani yechishning umumiy rejasini tuzish kerak. So'ngra shartlarda berilgan son ma'lumotlarni aniqlash va yetishmaydigan ma'lumotlarni jadvallardan topib olish kerak. Berilgan shartlarga eng muvofiq keladigan birliklar sistemasini tanlab olib, hamma boshlang'ich ma'lumotlarni shu sistema birliklarda ifodalash kerak. Masala avval umumiy holda yechilishi, keyin esa algebraik formula ko'rinishdagi umumiy yechimga son qiymatlar qo'ilishi kerak. Oxirgi natija faqat sonlar bilan ifodalanadi. Talabalar bilimining yanada mustaxkamlash va berilgan topshiriqlarni yechishda ularning mazmunini to'la tushuntirish maqsadida xar bir bo'limga tegishli mavzular moxiyati ustida alohida to'xtalib, har bir bo'limlar bo'yicha masalalar yechishning namunalari keltirildi. Ushbu o'quv qo'llanma sirtqi bo'limlarida taxsil olayotgan talabalar uchun mo'ljallangan. Bu ko'rsatma ikkita maqsadni: a) talabalarga fizika masalalarini mustaqil yechishga o'rgatishni, b) fizika kursi bo'yicha shu vaqtgacha qo'llanib kelgan yozma ishlarning o'rnini olishni ko'zda tutadi.

Masalaning yechilishi fizikaning tegishli qonunlari bilan asoslanadi. Masalalarni yechishda hamma bosqichlar yetarli darajada tahlil va muhokama qilinadi.

O'quv qo'llanmada sirtidan o'qiydigan talaba sessiyalar orasidagi davrda mustaqil yechishi kerak bo'lgan anchagina masala kiritilgan. Sirtidan o'qiydigan talaba shu qo'llanmaga kiritilgan ma'lum bo'limga tegishli hamma masalalarni sessiya boshlanishidan bir oy ilgari yechib chiqishi kerak. Talaba bu masalalarni yechib, ya'ni nazorat ishini dekanatga topshirishi kerak. Agar u bu masalalarning yechilishini ko'rsatilgan muddatda topshirmasa, yozma ish bajarilmagan hisoblanadi.

Talabaning variant tanlashi birinchi ilovadagi ko'rsatgich orqali bajariladi. Asosiy adabiyot va undagi yo'llanmalar ikkinchi ilovada keltirilgan.

I-BOB. MEXANIKANING FIZIK ASOSLARI

1-§. KINEMATIKA

Asosiy formulalar

- Moddiy nuqtaning fazodagi o'rnini radius – vektor $\vec{r}$ bilan aniqlanadi:

$$\vec{r} = \vec{i}x + \vec{j}y + \vec{k}z$$

$\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ - yo'nalishlarni ko'rsatuvchi birlik vektorlar (ortlar);

x, y, z - nuqtaning koordinatalari.

Harakat kinematik tenglamasining koordinata shakli quyidagicha:

$$x = f_1(t), y = f_2(t), z = f_3(t),$$

t – vaqt.

- O'rtacha tezlik

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t},$$

$\Delta \vec{r}$ - moddiy nuqtaning Δt vaqt oralig'idagi ko'chishi.

O'rtacha tezlik

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t},$$

ΔS - nuqtaning Δt - vaqt oralig'ida o'tgan yo'li.

Oniy tezlik

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = v_x \vec{i} + v_y \vec{j} + v_z \vec{k},$$

$v_x = \frac{dx}{dt}, v_y = \frac{dy}{dt}, v_z = \frac{dz}{dt}$ - tezlik $\vec{v}$ ning koordinata o'qlariga proyeksiyasi.

Tezlik moduli

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}.$$

- Tezlanish

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt} = \vec{i}a_x + \vec{j}a_y + \vec{k}a_z,$$

$a_x = \frac{dv_x}{dt}; a_y = \frac{dv_y}{dt}; a_z = \frac{dv_z}{dt}$ - tezlanish $\vec{a}$ ning

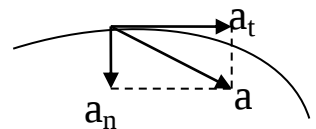
koordinata o'qlariga proyeksiyalari.

Tezlanish moduli

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2},$$

Egri chiziqli harakatda tezlanishni normal $\vec{a}_n$ va tangensial

$\vec{a}_t$ tezlanishlarning yig'indisi sifatida ifodalash mumkin (1 – rasm):



1 – rasm.

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_t$$

Bu tezlanishning modullari

$$a_n = \frac{v^2}{R}; a_t = \frac{dv}{dt}; a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2},$$

R – trayektoriyaning muayyan nuqtasi uchun egrilik radiusi.

➤ Moddiy nuqtaning x o'qi bo'ylab tekis harakat kinematik tenglamasi

$$x = x_0 + vt,$$

x_0 - boshlang'ich koordinata;

t – vaqt.

Tekis harakatda $v = \text{const}$ va $a = 0$.

➤ Moddiy nuqtaning x o'qi bo'ylab tekis o'zgaruvchan harakatning ($a = \text{const}$) kinematik tenglamasi

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2},$$

v_0 - boshlang'ich tezlik;

t – vaqt.

Tekis o'zgaruvchan harakatda nuqtaning tezligi

$$v = v_0 + at$$

➤ Qattiq jismning o'rni (aylanish o'qi berilganda) burilish burchagi (yoki burchak ko'chish) φ yordamida aniqlanadi.

Aylanma harakat kinematik tenglamasi

$$\varphi = f(t)$$

➤ O'rtacha burchak tezlik

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t},$$

$\Delta\varphi$ - burilish burchagining Δt vaqt oralig'ida o'zgarishi.

Oniy burchak tezlik

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt},$$

➤ Burchak tezlanish

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt},$$

➤ Tekis aylanishning kinematik tenglamasi

$$\varphi = \varphi_0 + \omega t,$$

φ_0 - boshlang'ich burchak ko'chish; t – vaqt

Tekis aylanishda

$$\omega = \text{const} \text{ va } \varepsilon = 0$$

Aylanish chastotasi

$$\nu = \frac{N}{t} \quad \text{yoki} \quad \nu = \frac{1}{T}$$

N – jismning t vaqtdagi aylanishlar soni;

T – aylanish davri (bir marta aylanish uchun ketgan vaqt).

➤ Tekis o'zgaruvchan aylanishning kinematik tenglamasi ($\varepsilon = \text{const}$)

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2},$$

ω_0 - boshlang'ich burchak tezlik;

t – vaqt.

Tekis o'zgaruvchan harakatda burchak tezlik

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon t,$$

➤ Moddiy nuqtaning aylanishini xarakterlovchi chiziqli va burchak kattaliklar orasidagi bog'lanishlar quyidagi formulalar yordamida ifodalanadi:

nuqtaning R radiusli aylana yoyi bo'ylab o'tgan yo'li

$s = \varphi R$ (φ – jismning burilish burchagi);

nuqtaning chiziqli tezligi

$$v = \omega R; \quad \vec{V} = [\vec{\omega} \vec{R}];$$

nuqtaning tezlanishi:

tangensial tezlanish

$$a_t = \varepsilon R; \quad \vec{a}_t = [\vec{\varepsilon} \vec{R}];$$

normal tezlanish

$$a_n = \omega^2 R; \quad \vec{a}_n = -\omega^2 \vec{R}$$

Kinematikaga doir masalalar yechish namunalari

1-misol. Zambarak stvolidan gorizont bilan $\alpha = 30^\circ$ burchak hosil qilib otilib chiqqan snaryad $s_1 = 10,7 \text{ km}$ masofaga borib tushgan. Agar havoning qarshiligi uchish uzoqligini to'rt marta kamaytirgan bo'lsa, snaryadning boshlang'ich tezligi qancha bo'lgan?

Berilgan

$$\alpha = 30^\circ$$

$$s_1 = 10,7 \text{ km} =$$

$$= 10,7 \cdot 10^3 \text{ m}$$

$$s = 4s_1$$

$$v_0 - ?$$

Yechish

Agar havoning qarshiligini nazarga olmasak, snaryadning traektoriyasi paraboladan iborat, uchish uzoqligi esa $s = 42,8 \text{ km}$ ga teng bo'ladi. v_0 snaryadning boshlang'ich tezligi bo'lsin. Uni ikkita tashkil etuvchiga ajratamiz (2- rasm): $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$, $v_{0x} = v_0 \cos \alpha$.



2-rasm.

Snaryadning traektoriyaning ko'tarilayotgan qismidagi harakatini $v_x = \frac{S}{t}$ tezlik bilan (bunda t - snaryadning uchish vaqti). ox bo'yicha tekis harakatning va oy o'q bo'ylab v_{0y} boshlangich tezlikli va $-g$ tezlanishli tekis sekinlanuvchan harakatning yigindisidan iborat deyish mumkin, ya'ni $v_y = v_{0y} - gt$. Snaryad traektoriyaning eng yuqori nuqtasiga $\frac{t}{2}$ vaqtda chiqadi; ikkinchi tomondan bu nuqtada $v_{0y} = 0$. Shuning uchun $0 = v_{0y} - g \frac{t}{2}$; $g \frac{t}{2} = v_0 \sin \alpha$. $\sin 30^\circ = \frac{1}{2}$ ekanligini nazarga olsak, quyidagilarni topamiz:

$$v_0 = \frac{v_{0x}}{\cos \alpha} = \frac{S}{t \cos \alpha}; v_0 = \frac{Sg}{v_0 \cos \alpha}; v_0 = \sqrt{\frac{Sg}{\cos \alpha}} = 700 \frac{m}{s}.$$

2-misol. $240 \frac{ayl}{min}$ tezlik bilan aylanayotgan maxovik $t = 0,5 soat$ ichida tormozlanadi. Maxovikning harakatini tekis sekinlanuvchan harakat deb olib, butunlay to'xtaguncha uning necha. marta aylanishini toping.

Berilgan:

$$\begin{aligned} v &= 240 \frac{ayl}{min} = 4 \frac{ayl}{s} \\ t &= 0,5 soat = 30s \\ N &= ? \end{aligned}$$

Yechish.

To'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakat formulalari tekis o'zgaruvchan aylanma harakat uchun ham o'rinlidir ular o'xshash yo'llar bilan chiqariladi To'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakat formulalarida chiziqli tezlik v ni burchakli tezlik ω bilan, chiziqli tezlanish a ni burchakli tezlanish ε bilan

va chiziqli ko'chish S ni burchakli ko'chish φ bilan almashtirsak, tekis o'zgaruvchan aylanish formulalarini hosil qilamiz. Oxirgi tezlik nolga teng bo'lganligi uchun maxovik butunlay to'xtaguncha o'tgan vaqt ichidagi burchakli ko'chishni quyidagi tenglamadan

$$\text{topish mumkin: } \varphi = \frac{\omega t^2}{2}$$

$$\text{bu yerda } \varepsilon = \frac{\omega}{t} \text{ bundan } \varphi = \frac{\omega t}{2} \quad \omega = \frac{2\pi \cdot 240}{60} = 8\pi \frac{rad}{s}. \text{ Maxovik to'xtaguncha}$$

$$N = \frac{\varphi}{2\pi} = \frac{\omega t}{4\pi} = \frac{8\pi \cdot 30}{4\pi} = 60 \text{ marta aylangan.}$$

2-§. MODDIY NUQTA VA JISMNING ILGARILANMA HARAKAT DINAMIKASI

Asosiy formulalar

➤ Moddiy nuqtaning harakat tenglamasi (Nyutonning ikkinchi qonuni):
vektor shakli

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i \quad \text{yoki} \quad m\vec{a} = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i$$

bu yerda $\sum_{i=1}^N \vec{F}_i$ - moddiy nuqtaga ta'sir etuvchi kuchlarning geometrik yig'indisi; m - massa; $\vec{a}$ - tezlanish; $\vec{P} = m\vec{v}$ - impuls; N - nuqtaga ta'sir etuvchi kuchlar soni;
Koordinata (skalyar) shakli

$$ma_x = \sum F_{xi}, ma_y = \sum F_{yi}, ma_z = \sum F_{zi}$$

yoki

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = \sum F_{xi}, m \frac{d^2 y}{dt^2} = \sum F_{yi}, m \frac{d^2 z}{dt^2} = \sum F_{zi}$$

bunda yig'indi belgisi ostida $\vec{F}_i$ kuchning mos koordinata o'qlaridagi proyeksiyalari.

➤ Qayishqoqlik (elastiklik) kuchi

$$F_{el} = -kx$$

bu yerda k - qayishqoqlik (elastiklik) koeffitsiyenti (prujina holida bikirlik); x - absolyut deformatsiya.

O'zaro tortishish kuchi

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

bu yerda G - tortishish doimiysi; m_1 va m_2 - moddiy nuqtalar sifatida qarayotgan o'zaro ta'sirlashuvchi jismlarning massalari; r - ular orasidagi masofa.

➤ Sirpanish ishqalanish kuchi

$$F_{ishq} = fN$$

bu yerda f - sirpanish ishqalanish koeffitsiyenti; N - tik (normal) bosim kuchi.

➤ Moddiy nuqtalar tizimi massalar markazining koordinatalari

$$x_c = \frac{\sum m_i x_i}{m_i}, y_c = \frac{\sum m_i y_i}{m_i}, z_c = \frac{\sum m_i z_i}{m_i} \quad (7)$$

bu yerda m_i - i - moddiy nuqtaning massasi; x_i, y_i, z_i - uning koordinatalari.

➤ Impulsning saqlanish qonuni

$$\sum_{i=1}^N P_i = const \quad \text{yoki} \quad \sum_{i=1}^N m_i \vec{v}_i = const,$$

bu yerda N – tizimga kiruvchi moddiy nuqtalar (yoki jismlar) soni.

➤ O'zgarmas kuch ta'sirida bajarilgan ish

$$\Delta A = F\Delta r \text{ yoki } \Delta A = F\Delta r \cos\alpha,$$

bu yerda α - kuch F va ko'chish $\Delta \vec{r}$ vektorlari yo'nalishlari orasidagi burchak.

➤ O'zgaruvchan kuch tasirida bajarilgan ish

$$A = \int_L F(r) \cos\alpha dr,$$

bu yerda integrallash L bilan belgilangan trayektoriya bo'ylab bajariladi.

➤ Δt vaqt oralig'i uchun o'rtacha quvvat

$$\langle N \rangle = \frac{\Delta A}{\Delta t}$$

➤ Oniy quvvat

$$N = \frac{dA}{dt} \text{ yoki } N = Fv \cos\alpha,$$

bu yerda $dA-dt$ vaqt oralig'ida bajarilgan ish.

➤ Ilgarilanma harakat qilayotgan moddiy nuqta (yoki jism) ning energiyasi

$$E_k = \frac{mv^2}{2} \text{ yoki } E_k = \frac{P^2}{2m}.$$

➤ Jismning potensial energiyasi va maydonning muayyan nuqtasida jismga ta'sir etayotgan kuch o'zaro quyidagi munosabat orqali bog'langan

$$\vec{F} = -\text{grad}E_p \text{ yoki } \vec{F} = -(\vec{i} \frac{\partial E_p}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial E_p}{\partial y} + \vec{k} \frac{\partial E_p}{\partial z}), \quad (14)$$

bu yerda $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ - birlik vektorlar (ortlar). Xususiyl holda, kuch maydoni markaziy maydon (misol uchun gravitatsion maydon) bo'lganda

$$F = -\frac{\partial E_p}{r}.$$

➤ Qayishqoqlik (elastik) deformatsiyalangan jism (qisilgan yoki cho'zilgan prujina) ning potensial energiyasi

$$E_p = \frac{kx^2}{2}.$$

➤ Massalari m_1 va m_2 bo'lgan, bir – biridan r masofada joylashgan ikki moddiy nuqta (yoki ikki jism) orasidagi gravitatsion o'zaro tortishish potensial energiyasi

$$E_p = -G \frac{m_1 m_2}{r}.$$

➤ Bir jinsli og'irlik kuchi maydonidagi jismning potensial energiyasi

$$E_p = mgh,$$

bu yerda h – jismning potensial energiyani hisoblashda boshlang'ich deb qabul qilingan sathdan balandligi. Bu formula $h \ll R$ shart bajarilganda o'rinli bo'ladi (R – Yerning radiusi).

➤ Mexanikada energiyaning saqlanish qonuni faqat konservativ kuchlar ta'sir etadigan yopiq tizimdagina bajariladi va quyidagicha yoziladi

$$E_k + E_p = \text{const}.$$

➤ Sharlarning to'g'ri markaziy urilish hodisasiga energiya va impulsning saqlanish qonunlarini tadbiq etib, absolyut noqayishqoq (noelastik) sharlarning urilishdan keying tezligi uchun

$$U = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2},$$

va absolyut qayishqoq sharlarning urilishdan keyingi tezliklari uchun

$$U_1 = \frac{v_1(m_2 - m_1) + 2m_2 v_2}{m_1 + m_2},$$

$$U_2 = \frac{v_2(m_2 - m_1) + 2m_1 v_1}{m_1 + m_2}$$

formulalarni olamiz. Bu yerda m_1 va m_2 sharlarning massalari, v_1 va v_2 ularning urilishgacha bo'lgan tezliklari.

Dinamikaga doir masalalar yechish namunalari

1 - misol. Ipga og'irligi $P=10N$ bo'lgan yuk osilgan. Agar yuk osilgan ip 1) $a=5\frac{m}{s^2}$ tezlanish bilan yuqoriga ko'tarilayotgan, 2) Xuddi shunday $a=5\frac{m}{s^2}$ tezlanish bilan pastga tushayotgan hollarda ipning taranglik kuchi topilsin.

Berilgan

$$P=10N$$

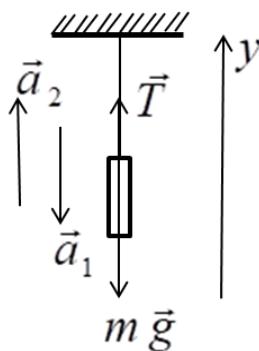
$$a=5\frac{m}{s^2}$$

$$T_1 - ?$$

$$T_2 - ?$$

Yechish

1) Yuqoriga ko'tarilayotgan yukka ikkita kuch: pastga yo'nalgan P og'irlik kuchi va ipning yuqoriga yo'nalgan T taranglik kuchi ta'sir qiladi. Yuqoriga ko'tarilayotgan yukning harakatiga Nyutonning ikkinchi qonunini tatbiq qilib $ma = T - P$ ni topamiz, bundan qidirilayotgan ipning T taranglik kuchi $T = ma + P = m(a + g)$. (1)



3 – rasm.

Bizda $m = 1\text{kg}$, $a = 5\frac{m}{s^2}$, va $g = 9,81\frac{m}{s^2}$. Bu berilganlarni (1) ga qo'yib, hisoblaymiz. $T = ma + P = m(a + g) = 1(5 + 10) = 15N$

2) Pastga tushayotgan yukka P og'irlik kuchi (pastga) va ipning T taranglik kuchi (yuqoriga) ta'sir qiladi. Shuning uchun $ma = P - T$, bundan $T = m(g - a)$. (2)

Agar yuk g tezlanish bilan (erkin) tushayotgan, ya'ni $a = g$ bo'lsa, ipning taranglik kuchi nolga teng bo'lishi kerak edi. Berilgan son qiymatlarni (2) ga qo'ysak $T = m(g - a) = 1 \cdot (10 - 5) = 5N$.

Javob: $T_1 = 15N$; $T_2 = 5N$.

2-misol. $m = 10g$ massali o'q miltiqdan $v_2 = 875\frac{m}{s}$ tezlik bilan chiqadi. Porox gazlarining o'rtacha bosim kuchi va o'qning stvol kanalida harakatlanish vaqti aniqlansin. Miltiq stvolining uzunligi $l = 1,2m$.

Berilgan:

Yechish.

$m = 10g = 10^{-2}kg$	Bosim kuchining bajargan ishi o'qning kinetik energiyasiga
$v_1 = 0$	aylanadi, shuning uchun $F_{o'rt} \cdot l = \frac{mv_2^2}{2}$. Ikkinchi tomondan Nyutonning
$v_2 = 875\frac{m}{s}$	ikkinchi qonuniga binoan $F_{o'rt}\Delta t = mv_2$. Bu tenglamalar sistemasini
$l = 1,2m$	yechib, $F_{o'rt}$ bilan Δt ni topamiz.
$F_{o'rt} - ?$	
$\Delta t - ?$	$F_{o'rt} = \frac{mv_2^2}{2l} = \frac{0,01 \cdot 875^2}{2 \cdot 1,2} = 3190N$; $\Delta t = \frac{mv_2}{F_{o'rt}} = \frac{0,01 \cdot 875}{3190} = 0,0028s$

3-§. QATTIQ JISMNING QO'ZG'ALMAS O'Q ATROFIDAGI AYLANMA HARAKATI DINAMIKASI

Asosiy formulalar

➤ Jismga ta'sit etayotgan $\vec{F}$ kuchning aylanish o'qiga nisbatan moment

$$M = F_{\perp} l,$$

bu yerda $F_{\perp} - \vec{F}$ kuchning aylanish o'qiga tik tekislikdagi proyeksiyasi; l - kuch yelkasi (aylanish o'qidan kuchning ta'sir chizig'igacha bo'lgan eng qisqa masofa).

➤ Aylanish o'qiga nisbatan inertsia moment:

a) moddiy nuqta uchun

$$J = mr^2$$

bu yerda m – nuqta massasi; r – undan aylanish o'qigagacha bo'lgan masofa;

b) diskret qattiq jism uchun

$$J = \sum_{i=1}^n \Delta m r_i^2,$$

bu yerda Δm - jism i - elementining massasi; r_i - shu elementdan aylanish o'qigacha bo'lgan masofa; n – jism elementlari soni;

c) yaxlit qattiq jism uchun

$$J = \int r^2 dm.$$

Agar jism bir jinsli, ya'ni uning zichligi ρ butun hajm bo'yicha bir xil bo'lsa, u holda

$$dm = \rho dV \text{ va } J = \rho \int r^2 dV.$$

bu yerda V – jismning hajmi.

➤ Ba'zi to'g'ri geometrik shaklga ega bo'lgan jismlarning inertsia momentlari

Jism	O'q (inertsia moment unga nisbatan aniqlanadi)	Inertsia moment formulasi
Massasi m va uzunligi l bo'lgan bir jinsli ingichka tayoqcha (sterjen)	Tayoqcha tik ravishda uning og'irlik markazidan o'tadi	$J = \frac{1}{12} ml^2.$
	Tayoqcha tik ravishda uning bir uchudan o'tadi	$J = \frac{1}{3} ml^2.$
Massasi m va radiusi R bo'lgan ingichka halqa, chambarak, quvur; massasi (m) gardish bo'ylab tekis taqsimlangan R radiusli g'ildirak	Asos tekisligiga tik ravishda markazdan o'tai	$J = mR^2.$
Massasi m va radiusi R bo'lgan yumaloq bir jinsli disk (silindr)	Asos tekisligiga tik yo'nalishda disk markazidan o'tadi	$J = \frac{1}{2} mR^2.$
Massasi m va radiusi R bo'lgan bir jinsli shar	Shar markazidan o'tadi	$J = \frac{2}{5} mR^2.$

➤ **Shteyner teoremasi.** Ixtiyoriy o'qqa nisbatan jismning inertsia moment

$$J = J_0 + ma^2$$

bu yerda J_0 - shu jismning berilgan o'qqa parallel va o'g'irlik markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inertsia moment; a – o'qlar orasidagi masofa; m – jismning massasi.

➤ Aylanayotgan jismning o'qqa nisbatan impuls moment

$$L = J\omega$$

➤ Impuls momentining saqlanish qonuni

$$\sum_{i=1}^n L_i = \text{const}$$

bu yerda L_i - tizim tarkibiga kiruvchi i - jismning impuls moment.

Ikki ta o'zaro ta'sirlashuvchi jismlar uchun impuls momentining saqlanish qonuni

$$J_1\omega_1 + J_2\omega_2 = J'_1\omega'_1 + J'_2\omega'_2$$

bu yerda $J_1, J_2, \omega_1, \omega_2$ – jismlarning o'zaro ta'sirgacha bo'lgan inertsia momentlari va burchak tezliklari; $J'_1, J'_2, \omega'_1, \omega'_2$ – o'zaro ta'sirdan keying o'sha kattaliklar.

Inertsia moment o'zgaradigan bitta jism uchun impuls momentining saqlanish qonuni

$$J_1\omega_1 = J_2\omega_2$$

bu yerda J_1 va J_2 boshlang'ich va oxirgi inertsia momentlari; ω_1 va ω_2 - jismning boshlang'ich va oxirgi burchak tezliklari.

➤ Qo'zg'almas o'qqa nisbatan qattiq jism aylanma harakat dinamikasining asosiy qonuni.

$$Mdt = d(J\vec{\omega}),$$

bu yerda M – dt vaqt davomida jismga ta'sir etuvchi kuch moment; J - jismning inertsia momenti; $\vec{\omega}$ - burchak tezlik; $J\vec{\omega}$ - impuls momenti.

Agar kuch momenti va inertsia momeniyi o'zgarmas bo'lsa, u holda bu tenglama quyidagi ko'rinishda yoziladi

$$M\Delta t = J\Delta\vec{\omega}.$$

Inertsia momenti o'zgarmas bo'lgan holda aylanma harakat dinamikasining asosiy qonuni quyidagi ko'rinishni oladi.

$$M = J\varepsilon,$$

bu yerda ε - burchak tezlanish.

➤ Aylanayotgan jismga ta'sir etuvchi M o'zgarmas kuch momentining ishi

$$A = M\varphi,$$

bu yerda φ - jismning buralish burchagi.

➤ Jism aylanayotganda erishiladigan oniy quvvat

$$N = M\omega.$$

➤ Aylanayotgan jismning kinetik energiyasi

$$T = \frac{1}{2} J\omega^2.$$

➤ Tekislik bo'ylab sirpanishsiz dumalayotgan jismning kinetik energiyasi

$$T = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}J\omega^2,$$

bu yerda $\frac{1}{2}mv^2$ - jismning ilgarilanma harakat kinetik energiyasi; v - jism inertsia markazining tezligi, $\frac{1}{2}J\omega^2$ - jismning inertsia markazidan o'tuvchi o'q atrofidagi aylanma o'q atrofidagi aylanma harakat kinetik energiyasi.

➤ Jism aylanishida bajariladigan ish va uning kinetik energiyasining o'zgarishi quyidagi munosabat orqali bog'langan

$$A = \frac{1}{2}J\omega_2^2 - \frac{1}{2}J\omega_1^2.$$

➤ Aylanma harakat dinamikasini xarakterlovchi va bu harakatni xarakterlovchi tenglamalar, ilgarilanma harakatning mos kattaliklari va formulalariga o'xshashdir.

Bu o'xshashlik quyidagi jadvalda nomoyon bo'ladi:

Ilgarilanma harakat		Aylanma harakat
Dinamikaning asosiy qonuni		
$F\Delta t = mv_2 - mv_1.$		$M\Delta t = J\omega_2 - J\omega_1.$
$F = ma.$		$M = J\varepsilon.$
Saqlanish qonuni		
Impulsning		Impuls momentning
$\sum_{i=1}^n m_i v_i = const$		$\sum_{i=1}^n J_i \omega_i = const$
Ish va quvvat		
$A = FS.$		$A = M\varphi.$
$N = Fv.$		$N = M\omega.$
Kinetik energiya		
$T = \frac{1}{2}mv^2.$		$T = \frac{1}{2}J\omega^2.$

Aylanma harakat dinamikasiga doir masala yechish namunasi

1-misol. Ogirliги bir tonna bo'lgan M maxovik s shkiv bilan tutashtirilgan. Bu shkivning radiusi $r=15sm$ bo'lib, uning aylanasisga o'zgarmas $F=500N$ kuch ta'sir qiladi. Agar maxovikning butun massasi aylanish o'qidan $R=1m$ uzoqlikda gardish bo'ylab tarqalgan bo'lsa, maxovik qancha vaqtdan keyin $v=1\frac{ayl}{s}$ tezlikka erishadi?

Berilgan:

$$r = 15 \text{ sm} = 15 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$F = 500 \text{ N}$$

$$\nu = 1 \frac{\text{ayl}}{\text{s}}$$

$$\underline{R = 1 \text{ m}}$$

$$t - ?$$

Yechish.

Kuch momentining impulsi harakat miqdorining o'zgarishiga teng $M\Delta t = \Delta(J\omega)$. Boshlang'ich tezlik nolga teng bo'lganligi uchun $Mt = J\omega$,

ω bu yerda t momentdagi burchak tezlik $t = \frac{J\omega}{M} = \frac{mR^2 2\pi\nu}{Fr}$ bunda m

— maxovikning massasi. $t = \frac{1000 \cdot 1^2 2\pi \cdot 1}{500 \cdot 0,15} = 85,3 \text{ s}$.

4-§. MEXANIKADA KUHLAR

Asosiy formulalar

- Butun olam tortishish qonuni

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}.$$

bu erda F – ikki moddiy nuqtaning o'zaro tortishish kuchi; m_1 va m_2 - ularning massalari, r - nuqtalar orasidagi masofa; G - tortishish doimiysi. butun olam tortishish qonunining yuqorida yozilgan shaklini massalari sferik jihatdan simmetrik taqsimlangan sharlarning o'zaro ta'siriga ham qo'llash mumkin. Bu holda r sharlarning massa markazlari orasidagi masofa bo'ladi.

- Tortishish maydoni (gravitatsion maydon) kuchlanganligi

$$g = \frac{F}{m}.$$

bu yerda F – maydonning biror nuqtasida joylashgan m massali moddiy nuqtaga ta'sir etayotgan tortishish kuchi.

- Massasi M ni sferik jihatdan simmetrik taqsimlangan deb hisoblash mumkin bo'lgan sayyora hosil qiladigan tortishish maydoni kuchlanganligi

$$g = G \frac{m}{r^2},$$

bu yerda r - sayyora markazidan maydonning sayyoradan tashqarida joylashgan bizni qiziqtiradigan nuqtasigacha bo'lgan masofa.

Yer sirtidan h balandlikdagi erkin tushish tezlanishi

$$g_h = \frac{g}{\left(1 + \frac{h}{R}\right)^2},$$

bu yerda R – Yer radiusi; g – Yer sirtidagi erkin tushish tezlanishi.

Agar $h \ll R$ bo'lsa, u holda

$$g_h \approx \left(1 - \frac{2h}{R}\right)g.$$

- Bir – biridan r masofada joylashgan m_1 va m_2 massali ikki moddiy nuqtaning (massalari sferik jihatdan simmetrik joylashgan sharlarning) gravitatsion ta'sir potensial energiyasi

$$\Pi = -G \frac{m_1 m_2}{r}.$$

(Bir – biridan cheksiz uzoqlashtirilgan moddiy nuqtalarning potensial energiyalari nolga teng deb qabul qilingan).

- Tortishish maydonining potentsiali

$$\varphi = \frac{\Pi}{m}.$$

bu yerda Π – maydonning muayyan nuqtasiga joylashtirilgan m massali moddiy nuqtaning potentsial energiyasi.

➤ Massasi M ni sferik jihatdan simmetrik taqsimlangan deb hisoblash mumkin bo'lgan sayyora hosil qiladigan tortishish maydoni potentsiali

$$\varphi = -G \frac{M}{r}.$$

bu yerda r – sayyora markazidan maydonning sayyoradan tashqarida joylashgan bizni qiziqtiradigan nuqtasigacha bo'lgan masofa.

➤ Kepler qonunlari

1. Sayyoralar fokuslaridan birida Quyosh joylashgan muayyan ellips bo'ylab harakatlanadilar.
2. Sayyoralarining radius – vektorlari teng vaqtlar ichida teng yuzalar chizadi.
3. Ixtiyoriy ikki sayyoraning aylanish davrlari kvadratlarining nisbati ular orbitalarining katta yarim o'qlari kublari nisbatiga teng

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}.$$

Kepler qonunlari yo'ldoshlarining sayyoralar atrofidagi harakatlari uchun ham orinlidir.

➤ Jismning bo'ylama cho'zilishidagi yoki siqilishidagi nisbiy deformatsiya F

$$\varepsilon = \frac{x}{l},$$

bu yerda ε - nisbiy cho'zilish (siqilish); x - absolyut (mutlaq) cho'zilish

(4 - rasm); l - jismning boshlang'ich uzunligi.

Siljishdagi nisbiy deformatsiya

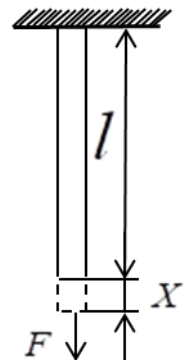
$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{\Delta S}{h},$$

formuladan aniqlanadi; bu yerda $\operatorname{tg} \gamma$ - nisbiy siljish; ΔS - jism parallel qatlamlarining bir – biriga nisbatan mutlaq (absolyut) siljishi (5 - rasm); h – qatlamlar orasidagi masofa; γ - siljish burchagi. (Kichik burchaklar uchun $\operatorname{tg} \gamma = \gamma = \frac{\Delta S}{h}$.)

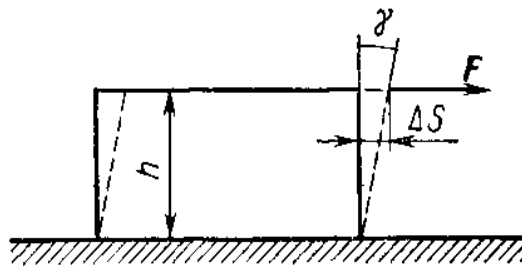
➤ Normal kuchlanish

$$\sigma = \frac{F_q}{S},$$

bu yerda F_q – jismning ko'ndalang kesimiga tik yo'nalgan qayishqoqlik (elastiklik) kuchi; S – shu qatlamning yuzasi.



4-rasm.



5 - rasm.

➤ Tangensial kuchlanish

$$\tau = \frac{F_q}{S},$$

bu yerda F_q – jism qatlami bo'ylab ta'sir etuvchi qayishqoqlik kuchi; S – shu qatlamning yuzasi.

➤ Bo'ylama cho'zilish yoki siqilish uchun Guk qonuni

$$F_q = -kx, \text{ yoki } \sigma = \varepsilon E,$$

bu yerda k – qayishqoqlik koeffitsiyenti (prujina holida bikirlik), E – Yung moduli. Siljish uchun Guk qonuni

$$\Delta S = \frac{F \cdot h}{GS} \text{ yoki } \tau = G\gamma,$$

bu yerda G – ko'ndalang qayishqoqlik moduli (siljish moduli).

➤ Bir jinsli yumaloq tayoqchani φ burchakka burovchi moment

$$M = C\varphi,$$

bu yerda C – buralish doimiysi.

➤ Jismni deformatsiyalaganda bajariladigan ish

$$A = \frac{kx^2}{2}.$$

Co'zilgan yoki siqilgan tayoqchaning potentsial energiyasi

$$\Pi = \frac{kx^2}{2} \text{ yoki } \Pi = \frac{\sigma^2}{2E}V \text{ yoki } \Pi = \frac{E\varepsilon^2}{2}V,$$

bu yerda V – jismning hajmi.

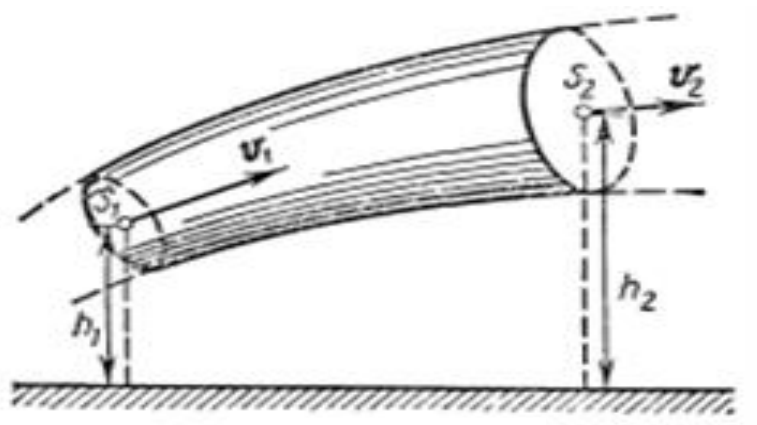
5 -§. GAZLAR VA SUYUQLIKLAR MEXANIKASI

Asosiy formulalar

➤ Oqim nayidagi suyuqlik sarfi (6 – rasm.) a) hajmiy sarf $Q_v = vS$.

б) masofaviy sarf $Q_m = \rho vS$,

bu yerda S - oqim nayining ko'ndalang kesim yuzasi; v - suyuqlikning tezligi; ρ - uning zichligi.



6 – rasm.

➤ Oqimning uzliksizlik tenglamasi

$$v_1 S_1 = v_2 S_2$$

bu yerda S_1 va S_2 - oqim nayidagi ikki joyning ko'ndalang kesim yuzlari; v_1 va v_2 - mos oqim tezliklari.

➤ Ideal siqilmaydigan suyuqlik uchun Bernulli tenglamasining umumiy ko'rinishi:

$$P_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} + \rho g h_1 = P_2 + \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho g h_2,$$

bu yerda P_1 va P_2 - suyuqlikning oqim nayining ikkita kesimidagi statik bosimlari, v_1 va v_2 - ularning biror sathdan balandligi (4 – rasm); $\rho g h_1$ va $\rho g h_2$ - gidrostatik bosimlar.

Ikkala kesim ham bir xil balandlikda ($h_1 = h_2$) bo'lan hol uchun Bernulli tanglamasi

$$P_1 + \frac{\rho v_1^2}{2} = P_2 + \frac{\rho v_2^2}{2}$$

➤ Suyuqlikning ochiq keng idishning kichkina teshigidan oqish tezligi

$$v = \sqrt{2gh}$$

bu yerda h - idishdagi suyuqlik sathiga nisbatan teshik turgan chuqurlik.

➤ Puazeyl formulasi. Uzun naydan t vaqtda oqadigan suyuqlikning (gazning) hajmi

$$V = \frac{\pi r^4 t \Delta P}{8 l \eta}$$

bu yerda r - nay radiusi; l - uning uzunligi; ΔP - nay uchlaridagi bosimlar farqi; η - suyuqlikning dinamik qovushqoqligi (ichki ishqalanish koeffitsiyenti).

➤ Uzun naylardagi suyuqlik oqimi uchun Reynolds soni

$$Re = \rho < v > \frac{d}{\eta}$$

bunda $< v >$ - kesim bo'yicha suyuqlik oqimining o'rtacha tezligi; d - nayning diametri. Sharchaning suyuqlikdagi harakati uchun Reynolds soni

$$Re = \rho \frac{v d}{\eta}$$

Bu yerda v - sharchaning tezligi, d - uning diametri.

Reynolds soni Re jism tezligi v ning, jism o'lchamlarini aniqlovchi chiziqli kattalik l ning zichlik ρ ning va suyuqlikning dinamik qovushqoqligi η ning funksiyasidir, ya'ni

$$Re = f(\rho, \eta, l, v).$$

Reynolds sonining muayyan kritik qiymat Re_{kr} dan kam bo'lgan kichik qiymatlarida suyuqlikning oqimi laminar bo'ladi. $Re \gg Re_{kr}$ qiymatlarda suyuqlikning harakati turbulentga o'tadi.

Sharchaning suyuqlikdagi harakati uchun Reynoldsning kritik soni $Re_{kr} = 0,5$; uzun naydagi suyuqlik oqimi uchun $Re_{kr} = 2300$.

➤ Stoks formulasi. Suyuqlikning ichida sekin harakatlana yotgan sharchaga ko'rsatayotgan F qarshilik kuchi

$$F = 6\pi\eta r v$$

bu yerda r sharcha radiusi; v - uning tezligi.

Formula Reynolds soni ($Re \ll 1$) bo'lgan tezliklar uchun o'rinlidir.

Gazlar va suyuqliklar mexanikasiga doir masala yechish namunasi

1-misol. Polga balandligi $h = 1,5m$ silindrik idish o'rnatilib u suv bilan limmolim qilib to'ldiriladi. Idish devorida qilingan teshikchadan oqib chiqadigan suv idishning yon sirtidan eng uzoq masofaga borib tushishi uchun bu teshik poldan qanday balandlikda bolishi kerak

Berilgan:**Yechish**

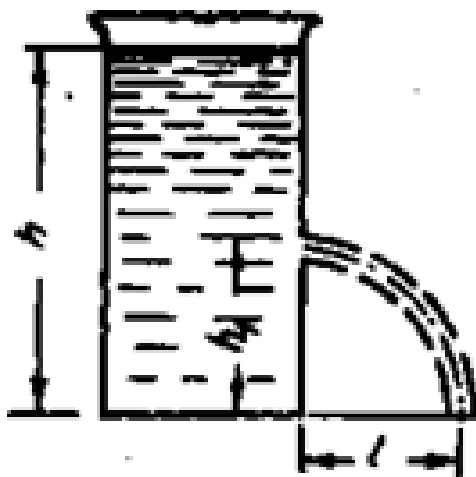
$$h = 1,5m$$

Teshikdan oqib chiqayotgan suv oqimining tezligini topamiz.

$$\frac{l = l_{\max}}{h_1 - ?}$$

Bernulli tenglamasiga asosan $P + \rho gh + \frac{\rho v^2}{2} = P_1 + \rho gh_1 + \frac{\rho v_1^2}{2}$. Biz

yechayotgan masalada $P = P_1 = 0$ shuning uchun $\rho gh = \rho gh_1 + \frac{\rho v_1^2}{2}$.



7 – rasm.

Bundan $v_1 = \sqrt{2g(h - h_1)}$. Oqimdagi suyuqlik zarrasining harakatini murakkab, ya'ni gorizont bo'ylab tekis va vertikal tekis tezlanuvchan harakatlardan tashkil topgan deb hisoblaymiz. t — suyuqlik zarrasi yerga borib tushguncha o'tgan vaqt bo'lsin, u vaqtda

$$l = v_1 t = \sqrt{2g(h - h_1)} t \quad (1)$$

$$h = \frac{gt^2}{2} \quad (2)$$

(1) va (2) tenglamalardan quyidagilarni topamiz: $t = \sqrt{\frac{2h_1}{g}}$, $l = v_1 t = \sqrt{2h_1(h - h_1)}$. l dan h_1

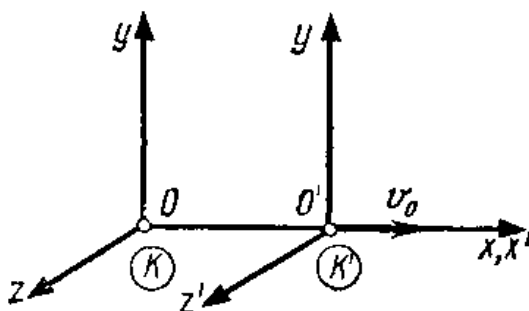
bo'yicha olingan hosilani nolga tenglashtirsak, l ning maksimal qiymatini topamiz:

$$\frac{dl}{dh_1} = \frac{h - 2h_1}{\sqrt{h_1(h - h_1)}} = 0. \text{ Bundan } h - 2h_1 = 0, h_1 = \frac{h}{2} = 0,75m.$$

6-§. RELYATIVISTIK MEXANIKA

Asosiy formulalar

Maxsus nisbiylik nazariyasida faqat inertsial sanoq tizimlari qaraladi. Barcha masalalarda y , y' va z , z' ning yo'nalishlari bir xil, K' koordinata tizimining K tizimga nisbatan nisbiy tezligi v_0 esa umumiy o'q xx' bo'ylab yo'nalgan deb olinadi. (8 – rasm)



8 – rasm.

Tayoqcha uzunligining relyativistik (Lorens) qisqarishi

$$l = l_0 \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2},$$

bu yerda l_0 - tayoqchanning K' koordinata tizimidagi, ya'ni tayoqcha harakatsiz bo'lgan koordinata tizimidagi uzunligi (xususiy uzunlik). Tayoqcha x' o'qiga parallel; l – tayoqchanning K tizimdagi, ya'ni tayoqcha unga nisbatan v tezlik bilan harakatlanayotgan tizimdagi uzunligi; c – elektromagnit nurlarning tarqalish tezligi.

➤ Soat yurishining relyativistik sekinlashuvi

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}},$$

bu yerda Δt_0 – K' tizimda bir nuqtada ro'y bergan ikki hodisa orasidagi tizimning soat bilan o'lchangan vaqt oralig'i (harakatlanuvchi soatning xususiy vaqti); Δt – ikki hodisa orasidagi K tizimning soat bilan o'lchangan vaqt oralig'i.

➤ Tezliklarni relyativistik qo'shish

$$v = \frac{v' + v_0}{1 + \frac{v_0 v'}{c^2}},$$

bu yerda v' - nisbiy tezlik (jismning K' tizimga nisbatan tezligi); v_0 - ko'chma tezlik (K' tizimning K ga nisbatan teligi); v – mutlaq (absolyut) tezlik (jismning K tizimga nisbatan tezligi).

Nisbiylik nazariyasida *mutlaq tezlik* deb jismning shartli ravishda harakatsiz deb qabul qilingan koordinata tizimidagi tezligiga aytiladi.

➤ Relyativistik massa

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}} \text{ yoki } m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \beta^2}},$$

bu yerda m_0 - tinchlikdagi massa; β - zarraning yorug'lik tezligi ulushlarida ifodalangan tezligi ($\beta = \frac{v}{c}$).

➤ Relyativistik impuls

$$p = mv = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}} \text{ yoki } p = m_0 c \frac{\beta}{\sqrt{1 - \beta^2}}.$$

➤ Relyativistik zarraning to'liq energiyasi

$$E = mc^2 = m_0 c^2 + T,$$

bu yerda T – zarraning kinetik energiyasi; $m_0 c^2 = E_0$ - zarraning tinchlikdagi energiyasi. Agar zarraning tezligi yorug'lik tezligiga yaqin bo'lsa, zarra relyativistik, agar $v \ll c$ bo'lsa, klassik deyiladi.

➤ Relyativistik zarraning to'liq energiyasi va impulsi orasidagi bog'lanish

$$E^2 - p^2 c^2 = m_0^2 c^4.$$

➤ Relyativistik zarraning kinetik energiyasi va impulsi orasidagi bo'g'lanish

$$p^2 c^2 = T(T + 2m_0 c^2).$$

1 – misol. Harakatdagi jismning bo'ylama o'lchami ikki baravar kichrayishi uchun u qanday tezlikka erishuvi kerak?

Berilgan

$$\frac{l_0}{l_1} = 2$$

$$v = ?$$

Yechish.

Qidirilayotgn tezlikni $l_1 = l_0 \sqrt{1 - \beta^2}$ formulaga asosan topamiz. masala shartiga ko'ra $l_1 = \frac{l_0}{2}$, shuning uchun $\frac{l_0}{2} = l_0 \sqrt{1 - \beta^2}$, bunda $\beta = 0,86$,

lekin $\beta = \frac{v}{c}$. Demak $v = \beta \cdot c = 0,86 \cdot 3 \cdot 10^8 = 2,6 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$.

Javob: $v = 2,6 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$.

II BOB. MOLEKULAR FIZIKA VA TERMODINAMIKA

7-§. MODDANING MOLEKULAR TUZILISHI. IDEAL GAZ QONUNLARI

Asosiy formulalar

- Jismning (tizimning) modda miqdori

$$\nu = \frac{N}{N_A},$$

bu yerda N – jismni (tizimni) tashkil qiluvchi tarkibiy elementlar (molekulalar, atomlar, ionlar va hokazolar) soni; N_A - Avagadro doimiysi: $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

- Moddaning molyar massasi

$$M = \frac{m}{\nu},$$

bu yerda m – bir jinsli jism (tizim) massasi; ν - shu tizimdagi modda miqdori.

- Jismning nisbiy molekulyar massasi

$$M_r = \sum_i n_i A_{r,i},$$

bunda n_i - mazkur modda molekulasining tarkibiga kiruvchi i - kimyoviy elementning atomlari soni; $A_{r,i}$ - shu elementning nisbiy atom massasi. Nisbiy atom massalari D.I.Mendeleyev jadvalida keltiriladi.

- Moddaning molyar massasi bilan nisbiy molekulyar massasi M_z orasidagi bog'lanish

$$M = M_z k,$$

bu yerda $k = 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$.

- Gazlar aralashmasining molyar massasi

$$M_{AR} = \frac{\sum_{i=1}^k m_i}{\sum_{i=1}^k \nu_i},$$

bu yerda m_i - aralashma i - tarkibiy qismining massasi; ν_i - aralashma i - tarkibiy qismining modda miqdori; k - aralashma tarkibiy qismlari soni.

➤ Gazlar aralashmasi i - tarkibiy qismining massa ulushi

$$\omega_i = \frac{m_i}{m},$$

bunda m_i - aralashma i - tashkil etuvchisining massasi; m aralashmaning massasi.

➤ Ideal gaz holat tenglamasi (Klapeyron - Mendeleyev)

$$PV = \frac{m}{\mu} RT \text{ yoki } PV = \nu RT$$

bu yerda m – gazning massasi; M - uning molyar massasi; R – gazning molyar doimiysi; T – termodinamik harorat (temperatura), ν - modda miqdori.

➤ Dalton qonuni

$$p = p_1 + p_2 + \dots + p_k$$

bu yerda p – gaz aralashmasining bosimi; p_i - aralashma i tarkibiy qismining parsial bosimi; k – aralashma tarkibiy qismlar soni.

8-§. GAZLARNING MOLEKULYAR KINETIK NAZARIYASI

Asosiy formulalar

- Bir jinsli tizim zarralarining (molekula, atom va h.k.) konsentratsiyasi

$$n = \frac{N}{V},$$

bu yerda V – tizimning hajmi.

- Gazlar kinetik nazariyasining asosiy tenglamasi

$$p = \frac{2}{3} n \langle \varepsilon_n \rangle,$$

bu yerda p – gaz bosimi, $\langle \varepsilon_n \rangle$ - molekula ilgarilanma harakatining o'rtacha kinetik energiyasi.

- O'rtacha kinetik energiya:

molekulaning bitta erkinlik darajasiga mos keluvchi o'rtacha kinetik energiya

$$\langle \varepsilon_1 \rangle = \frac{1}{2} kT,$$

molekulaning barcha erkinlik darajalariga mos keluvchi o'rtacha kinetik energiya (molekulaning to'liq energiyasi)

$$\varepsilon = \frac{i}{2} kT,$$

molekula ilgarilanma harakatining o'rtacha kinetik energiyasi

$$\varepsilon_n = \frac{3}{2} kT,$$

bu yerda k – Bolsman doimiysi; T – termodinamik harorat; i - molekula erkinlik darajalari soni;

- Molekula aylanma harakatining o'rtacha kinetik energiyasi

$$\varepsilon_{ayl} = \frac{i-3}{2} kT.$$

- Gaz bosimining molekular konsentratsiyasi va haroratga bog'liqligi

$$p = nkT$$

- Molekulalar tezligi

o'rtacha kvadratik tezlik $\langle v_{kv} \rangle = \sqrt{\frac{3kT}{m_1}}$ yoki $\langle v_{kv} \rangle = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$

o'rtacha arifmetik tezlik $\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m_1}}$ yoki $\langle v_{kv} \rangle = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}$

eng katta ehtimolli tezlik $v_e = \sqrt{\frac{2kT}{m_1}}$ yoki $\langle v_{kv} \rangle = \sqrt{\frac{2RT}{M}}$

bu yerda m_1 - bitta molekulaning massasi.

9-§. STATISTIK FIZIKA ELEMENTLARI

Asosiy formulalar

- Bolsman taqsimoti (zarralarning kuch maydonidagi taqsimoti)

$$n = n_0 e^{-\frac{U}{kT}},$$

bu yerda n – zarralar konsentrasiyasi; U – ularning potentsial energiyasi; n_0 – maydonning $U=0$ bo'lgan nuqtalaridagi zarralar konsentrasiyasi; k – Bolsman doimiysi; T – termodinamik harorat; e – natural logarifmlar asosi.

- Barometrik formula (bir jinsli og'irlik kuchi maydonida bosim taqsimoti)

$$p = p_0 e^{-\frac{mgz}{kT}} \text{ yoki } p = p_0 e^{-\frac{Mgz}{RT}},$$

bu yerda p – gaz bosimi; m – zarra massasi; M – molyar massa; Z – nolinch deb qabul qilingan sathga nisbatan nuqtaning koordinatasi (balandligi); p_0 – shu sathdagi bosim; g – erkin tushish tezlanishi; R – molyar gaz doimiysi.

- Molekulani xarakterlovchi fizik kattalik x ning $x+dx$ gacha qiymatlar oralig'ida yotish ehtimolligi

$$dW(x) = f(x)dx$$

formula bilan aniqlanadi. Bu yerda $f(x)$ – molekulalarning berilgan fizik kattalik x ning qiymatlari bo'yicha aqsimot funksiyasi (ehtimollik zichligi).

- Xarakterlovchi x fizik kattaliklarning qiymatlari x dan $x+dx$ gacha qiymatlar oralig'ida bo'lgan molekulalarning soni

$$dN = NdW(x) = Nf(x)dx.$$

- Maksvell taqsimoti (molekulalarning tezliklar bo'yicha taqsimoti) ikkita munosabat bilan ifodalanadi:

- a) tezliklari v dan $v+dv$ gacha chaegarada bo'lgan molekulalar soni

$$dN(v) = Nf(v)dv = 4\pi N \left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{mv^2}{2kT}} v^2 dv,$$

bu yerda $f(v)$ – molekulalarning tezlik modullari bo'yicha taqsimot funksiyasi bo'lib, molekulalar tezliklari v dan $v+dv$ gacha oraliqda yotish ehtimolining shu interval kattaligiga hamda tezliklari ko'rsatilgan oraliqda yotuvchi molekulalar sonining ulushiga nisbatini ifodalaydi; N – molekulalarning umumiy soni; m – molekulaning massasi.

- b) nisbiy tezliklari u dan $u+du$ gacha oraliqda bo'lgan molekulalar soni

$$dN(u) = Nf(u)du = \frac{4}{\sqrt{\pi}} N e^{-u^2} u^2 du,$$

bu yerda $u = \frac{v}{v_0}$ - nisbiy tezlik, tezlik v ning eng katta ehtimoliy tezlik v_e ga nisbatiga teng; $f(u)$ - nisbiy tezliklar bo'yicha taqsimot funksiyasi.

➤ Molekulalarning impulsar bo'yicha taqsimoti. Impuls p dan $p + dp$ gacha bo'lgan oraliqda joylashgan molekulalar soni

$$dN(p) = Nf(p)dp = 4\pi N \left(\frac{1}{2\pi mkT}\right)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{p^2}{2mkT}} p^2 dp,$$

bu yerda $f(p)$ - impulsar bo'yicha taqsimot funksiyasi.

➤ Molekulalarning energiyalar bo'yicha taqsimoti. Energiyalari ε dan $\varepsilon + d\varepsilon$ gacha bo'lgan oraliqda joylashgan molekulalar soni

$$dN(\varepsilon) = Nf(\varepsilon)d\varepsilon = \frac{2}{\sqrt{\pi}} N \frac{e^{-\frac{\varepsilon}{kT}}}{(kT)^{\frac{3}{2}}} \varepsilon^{\frac{1}{2}} d\varepsilon,$$

bu yerda $f(\varepsilon)$ - energiyalar bo'yicha taqsimot funksiyasi.

➤ Umumiy holda fizik kattalik x ning o'rtacha qiymati

$$\langle x \rangle = \frac{\int xf(x)dx}{\int f(x)dx},$$

taqsimot funksiyasi birga normallashtirilgan holda esa

$$\langle x \rangle = \int xf(x)dx,$$

bu yerda $f(x)$ - taqsimot funksiyasi, integrallash esa x kattalikning barcha o'zgarishlar majmuasi bo'yicha olib boriladi.

Misol uchun, molekulyar tezliklarning o'rtacha qiymati (ya'ni o'rtacha arifmetik

tezlik) $\langle v \rangle = \int_0^{\infty} vf(v)dv$; o'rtacha kvadratik tezlik $\langle v_{kv} \rangle = \langle v^2 \rangle^{\frac{1}{2}}$, bunda

$\langle v^2 \rangle = \int_0^{\infty} v^2 f(v)dv$; molekula ilgarilanma harakatining o'rtacha kinetik energiyasi

$$\langle \varepsilon \rangle = \int_0^{\infty} \varepsilon f(\varepsilon)d\varepsilon.$$

➤ Vaqt birligida gazning bta molekulasi to'qnashishlarining o'rtacha soni

$$\langle z \rangle = \sqrt{2}\pi d^2 n \langle v \rangle,$$

bu yerda d – molekulaning samarali (effektiv) diametri; n – molekulalar konsentratsiyasi; $\langle v \rangle$ - molekulalarning o'rtacha tezligi.

➤ Gaz molekulalari erkin yugirish yo'lining o'rtacha uzunligi

$$\langle l \rangle = \frac{1}{\sqrt{2}\pi d^2 n}.$$

➤ Molekulalar sirt elementi orqali gazning bir qatlamidan boshqasiga ko'chiradigan impuls (harakat miqdori)

$$dP = \eta \frac{dv}{dz} \Delta S dt,$$

bu yerda η - gazning dinamik qovushqoqligi; $\frac{dv}{dz}$ - uning qatlamlarining oqish tezligi gradiyenti (ko'ndalang); ΔS - sirt elementining yuzasi; dt ko'chish vaqti.

➤ Dinamik qovushqoqlik

$$\eta = \frac{1}{3} \langle v \rangle \langle l \rangle,$$

bu yerda ρ - gazning (suyuqlikning) zichligi; $\langle v \rangle$ - uning molekulalarining tartibsiz (xaotik) harakati o'rtacha tezligi; $\langle l \rangle$ - ularning erkin yugirish yo'lining o'rtacha uzunligi.

➤ Nyuton qonuni

$$F = \frac{dP}{dt} = \eta \frac{dv}{dz} \Delta S,$$

bu yerda F – harakatlanuvchi gaz qatlamlari orasidagi ichki issiqalanish kuchi.

➤ Furey qonuni

$$\Delta Q = -\lambda \frac{dT}{dx} S \Delta t,$$

bu yerda ΔQ - issiqlik o'tkazuvchanlik natijasida S yuzali ko'ndalang kesim orqali Δt vaqtda o'tgan issiqlik miqdori; λ - issiqlik o'tkazuvchanlik; $\frac{dT}{dx}$ - harorat gradiyenti.

➤ Gazning issiqlik o'tkazuvchanligi (issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyanti)

$$\lambda = \frac{1}{3} c_v \rho \langle v \rangle \langle l \rangle \text{ yoki } \lambda = \frac{1}{6} k n \langle v \rangle \langle l \rangle,$$

bu yerda c_v - gazning o'zgarmas hajmdagi solishtirma issiqlik sig'imi; ρ gazning zichligi; $\langle v \rangle$ - uning molekulalarining o'rtacha arifmetik tezligi; $\langle l \rangle$ molekulalar erkin yugirish yo'lining o'rtacha uzunligi.

➤ Fik qonuni

$$\Delta m = -D \frac{dn}{dx} m_1 S \Delta t,$$

bu yerda Δm - diffuziya natijasida S yuzali sirt orqali Δt vaqtda ko'chirilgan gazning massasi; D – diffuziya (diffuziya koeffitsiyenti); $\frac{dn}{dx}$ - molekulalar konsentratsiyasi gradiyenti; m_1 - bitta molekula massasi.

➤ Diffuziya (diffuziya koeffitsiyenti)

$$D = \frac{1}{3} \langle v \rangle \langle l \rangle.$$

Molekular-kinetik nazariyaga doir masalalar yechish namunalari.

1 - misol. $t = 20^{\circ}C$ temperaturada $m = 6.4kg$ kislorod sig'ishi uchun devorlari $160atm$ bosimga bardosh beradigan ballon kamida qanday hajmga ega bo'lishi kerak?

Berilgan:

$$m = 6.4kg$$

$$t = 20^{\circ}C$$

$$p = 160atm = 16 \cdot 10^6 Pa$$

$$V = ?$$

$$V = \frac{mRT}{p\mu}. \text{ Son qiymatlarini qo'yib, } V = 30 \cdot 10^{-3} m^3 \text{ ekanini topamiz.}$$

Yechish.

Masalaning shartidan ma'lumki, ballonda $6.4 kg$ kislorod joylashtirganda uning bosimi $p = 160atm$ dan oshmasligi kerak.

Klapeyron Mendeleev tenglamasi bo'yicha $pV = \frac{m}{\mu}RT$ Bundan

2-misol. Gaz trubalari orqali $t = 17^{\circ}C$ temperaturada $p = 50atm$ bosim ostida karbonat angidrid gazi oqmoqda. Ko'ndalang kesim yuzi $S = 6cm^2$ bo'lgan trubadan 5 minutda $m = 2.5kg$ karbonat angidrid gazi o'tsa, gazning harakat tezligi qancha?

Berilgan:

$$p = 5 \cdot 10^6 Pa$$

$$t = 17^{\circ}C$$

$$\tau = 300s$$

$$m = 2.5kg$$

$$\mu = 44 \cdot 10^{-3} \frac{kg}{mol}$$

$$S = 6 \cdot 10^{-4} m^2$$

$$v = ?$$

Yechish.

Agar gaz v tezlik bilan oqayotgan bo'lsa, u vaqtda 1 sek. da S yuz orqali $V = v\tau S$ hajm gaz o'tadi; bundan $v = \frac{V}{\tau S}$ V - hajmni topish uchun

Klapeyron-Mendeleev tenglamasidan foydalanamiz:

$$V = \frac{mRT}{p\mu}. \text{ O'rniga qo'ysak, } v = \frac{mRT}{p\mu S\tau} \text{ son}$$

$$\text{qiymatlarni qo'ysak } v = 1.55 \frac{m}{s}.$$



9 – rasm.

3-misol. Temperatura $t = 27^{\circ}C$ bo'lganda vodorod molekulalarining qancha qismining tezligi $1900 \frac{m}{s}$ dan $1905 \frac{m}{s}$ orasida bo'ladi?

Berilgan:

$$t = 27^{\circ}C$$

$$v = 1900 \frac{m}{s}$$

$$v_2 = 1905 \frac{m}{s}$$

$$\Delta v = 5 \frac{m}{s}$$

Yechish.

Tezliklar interval kichik bo'lgani uchun Maksvellning molekulalarning tezliklar bo'yicha taqsimlanish formulasidan foydalanamiz

$$\frac{\Delta n}{n} = \frac{4}{\sqrt{\pi}} e^{-u^2} u^2 \Delta u. \text{ Bu formulada nisbiy tezlik } u = \frac{v}{v_e} \text{ } v - \text{ mazkur grupp}$$

molekulalarining tezligi v_e - molekulalarning $v_e = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}}$ ga teng bo'lgan

$\mu = 2 \cdot 10^{-3} \frac{kg}{mol}$ eng ko'p ehtimollik tezligi, Δn - nisbiy tezliklari u dan $(u + \Delta u)$ gacha oraliqda yotuvchi molekulalar soni, n molekulalarning umumiy soni, e - natural logarifmlar asosi. Eng ko'p ehtimolli tezlikni hisoblaymiz:

$$\frac{\Delta n}{n} - ?$$

$$v_e = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 8,31 \cdot 300}{2 \cdot 10^{-3}}} = 1,58 \cdot 10^5 \frac{sm}{s}$$

$v = 1900 \frac{m}{s}$ ga mos keladigan nisbiy tezlikning qiymatlari: $u = \frac{v}{v_e} = \frac{1,9 \cdot 10^{-5}}{1,58 \cdot 10^{-5}} = 1,2$,

$\Delta u = \frac{\Delta v}{v_e} = \frac{5 \cdot 10^2}{1,58 \cdot 10^5} = 3,16 \cdot 10^{-3}$ bo'ladi $e^{-1,44}$ ni hisoblash uchun bu ifodani logarifmlaymiz:

$\lg e^{-1,44} = -1,44 \lg e = -0,625$. Jadvaldan $e^{-1,44} = 0,238$ ekanini topamiz. Topilgan qiymatlarni

Maksvell formulasiga qo'ysak: $\frac{\Delta n}{n} = \frac{4}{\sqrt{\pi}} e^{-u^2} u^2 \Delta u = \frac{4}{\sqrt{\pi}} e^{-1,2^2} 1,2^2 \cdot 3,16 \cdot 10^{-3} = 2,45 \cdot 10^{-3}$

chiqadi.

10-§. TERMODINAMIKANING FIZIK ASOSLARI

Asosiy formulalar

- Gazning molyar (C_m) va solishtirma (c) issiqlik sig'implari orasidagi bog'lanish

$$C_m = cM,$$

bu yerda M – gazning molyar massasi.

O'zgarmas hajmdagi va o'zgarmas bosimdagi molyar issiqlik sig'implari mos ravishda quyidagilarga teng:

$$C_v = \frac{iR}{2}; C_p = \frac{(i+2)R}{2},$$

bu yerda i – erkinlik darajalari soni; R – molyar gaz doimiysi.

- O'zgarmas hajmdagi va o'zgarmas bosimdagi solishtirma issiqlik sig'implari

$$c_v = \frac{i}{2} \frac{R}{M}, c_p = \frac{(i+2)}{2} \frac{R}{M}.$$

- Mayer tenglamasi

$$C_p - C_v = R.$$

- Adiabata ko'rsatkichi

$$\gamma = \frac{c_p}{c_v} \text{ yoki } \gamma = \frac{C_p}{C_v} \text{ yoki } \gamma = \frac{i+2}{i}.$$

- Ideal gazning ichki energiyasi $U = N \langle \varepsilon \rangle$ yoki $U = \nu C_v T$, bu yerda $\langle \varepsilon \rangle$ - molekulaning o'rtacha kinetik energiyasi; N – gaz molekulalari soni; ν - modda miqdori.

- Gaz hajmining o'zgarishi bilan bog'liq bo'lgan ish umumiy holda quyidagi formulaga muvofiq hisoblanadi:

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV,$$

bu yerda V_1 - gazning boshlang'ich hajmi; V_2 - uning oxirgi hajmi.

Gazning ishi:

- a) Izobarik jarayonda ($p = \text{const}$)

$$A = p(V_2 - V_1);$$

- b) izotermik jaraon ($T = \text{const}$)

$$A = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1};$$

- d) adiabatik jarayonda

$$A = \frac{m}{M} C(T_1 - T_2) \text{ yoki } A = \frac{RT_1}{\gamma - 1} \frac{m}{M} \left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1} \right],$$

bu yerda T_1 – gazning boshlang'ich harorati; T_2 – uning oxirgi harorati.

➤ Puasson tenglamasi (adiabatik jarayonda gaz holati tenglamasi)

$$pV^\gamma = \text{const.}$$

➤ Adiabatik jarayonda gaz holati parametrlarining boshlang'ich va oxirgi qiymatlari orasidagi munosabatlar

$$\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma; \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1}; \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

Termodinamikaning birinchi qonuni umumiy holda quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$Q = \Delta U + A,$$

bu yerda Q - gazga berilgan issiqlik miqdori; ΔU - uning ichki energiyasining o'zgarishi; A - gazning tashqi kuchlarga qarshi ishi.

Termodinamikaning birinchi qonuni:

a) izobarik jarayonda

$$Q = \Delta U + A = \frac{m}{M} C_v \Delta T + \frac{m}{M} R \Delta T = \frac{m}{M} C_p \Delta T;$$

b) izoxorik jarayonda ($A = 0$)

$$Q = \Delta U = \frac{m}{M} C_v \Delta T;$$

d) izotermik jarayonda ($\Delta U = 0$)

$$Q = A = \frac{m}{M} R \ln \frac{V_2}{V_1};$$

e) adiabatik jarayonda ($Q = 0$)

$$A = -\Delta U = -\frac{m}{M} C_v \Delta T.$$

➤ Umumiy holda, siklning foydali ish koeffitsiyenti (FIK)

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1},$$

bu yerda Q_1 - ishchi jism (gaz) isitkichdan olgan issiqlik miqdori; Q_2 - ishchi jism sovitgichga bergan issiqlik miqdori.

Karno siklining FIK

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \text{ yoki } \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1},$$

bu yerda T_1 - isitgichning harorati; T_2 - sovitgichning harorati.

➤ Entropiyaning o'zgarishi

$$\Delta S = \int_A^B \frac{dQ}{T},$$

bu yerda A va B - tizimning boshlang'ich va oxirgi holatlariga mos keluvchi integrallash chegaralari. Jarayon muvozanatli bo'lganligidan integrallash istalgan yo'l bo'yicha olinadi.

➤ Bolsman formulasi

$$S = k \ln W,$$

bu yerda S - tizimning entropiyasi; W - unung holatining termodinamik ehtimilligi; k - Bolsman doimiysi.

Termodinamikaning fizik asoslariga doir masala yechish namunasi

1-misol. $10g$ kislorod 10^0C temperaturada $3 \cdot 10^5 pa$ bosim ostida turibdi. O'zgarmas bosim ostida qizitilgach, gaz kengayish natijasida $10l$ hajmini egalladi. Gazga berilgan issiqlik miqdori, gazning ichki energiyasining o'zgarishi va gazning kengayishda bajargan ishi hisoblansin.

Berilgan:

Yechish.

$m = 10^{-2} kg$ O'zgarmas bosimda $m g$ gazni ΔT gradus qizitish uchun kerak
 $p = 3 \cdot 10^5 pa$ bo'lgan issiqlik miqdori: $Q_2 - Q_1 = \frac{m}{M} C_p (T_2 - T_1)$. Har qanday jarayonda
 $t_1 = 10^0 C$ $m g$ gazning ichki energiyasining o'zgarishi $\Delta U = \frac{m}{M} C_v T$
 $V_2 = 10l = 10^{-2} m^3$ formuladan aniqlanadi. Ikki atomli gaz uchun $i = 5$ shuning uchun.
 $Q - ? \Delta U - ? A - ?$

$C_v = \frac{1}{2} R = 20,95 \frac{J}{mol \cdot ^0 C}$. $C_p = \frac{i+2}{2} R = 29,33 \frac{J}{mol \cdot ^0 C}$. Temperatura o'zgarishi $\Delta T = T_2 - T_1$ ni
 Klapayron – Mendelev tenglamasidan aniqlaymiz. Oxirgi holatda (kengaygandan keyin)
 bosim o'zgarmagani uchun $pV_2 = \frac{m}{M} RT_2$ bundan, $T_2 = \frac{pV_2 M}{mR}$ bo'ladi. Son qiymatlarini

qo'ysak: $T_2 = \frac{3 \cdot 10^5 \cdot 10^{-2} \cdot 32 \cdot 10^{-3}}{10^{-2} \cdot 8,31} = 1170^0 K$. $\Delta T = 1170^0 K - 283^0 K = 887^0 K$.

Demak, $Q = \frac{10^{-2}}{32 \cdot 10^{-3}} 29,33 \cdot 887 = 8128 J$, $\Delta U = \frac{10^{-2}}{32 \cdot 10^{-3}} 20,95 \cdot 887 = 5803 J$. Kengayish ishini
 termodinamikaning birinchi asosiy qonunini yozib topamiz $Q = \Delta U + A$.

$$A = Q - \Delta U = 2325 J$$

Kengayish o'zgarmas bosim $p = const$ da bo'layotgani sababli ishni bevosita topish ham
 mumkin: $A = p \Delta V$. $\Delta V = V_2 - V_1$ masala shartida berilgan, V_1 ni esa Klapayron – Mendeleyev
 tenglamasini boshlang'ich holat uchun yozib topamiz: $pV_1 = \frac{m}{M} RT_1$.

Bundan $V_1 = \frac{mRT_1}{pM} = 2,42 \cdot 10^{-3} m^3$. $\Delta V = V_2 - V_1 = 7,58 \cdot 10^{-3} m^3$. $A = 3 \cdot 10^5 pa \cdot 7,58 \cdot 10^{-3} m^3 = 2325 J$

2-misol. Aylanma protsess natijasida gaz $A = 10 kJ$ ish bajardi va sovutgichga $Q_2 = 41,9 kJ$ issiqlik berdi. Siklning foydali ish koeffitsientini toping.

Berilgan:

$$A = 10^4 \text{ J}$$

$$Q_2 = 41,9 \cdot 10^3 \text{ J}$$

$$\eta - ?$$

Yechish.

Siklning foydali ish koeffitsienti. $\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$ bu yerda Q_1 - isitgichdan

olingan issiqlik, Q_2 - sovutgichga berilgan issiqlik, $A = Q_1 - Q_2$ - siklning ishi.

Oxirgi tenglamadan $Q_1 = A + Q_2$ ga ega bo'lamiz. Shuning uchun $\eta = \frac{A}{A + Q_2}$, $\eta = 0,19 = 19\%$.

11-§. REAL GAZLAR. SUYUQLIKLAR.

Asosiy formulalar

- Bir mol gaz uchun Van – der – Waals tenglamasi

$$(p + \frac{a}{V_m^2})(V_m - b) = RT$$

gazning ixtiyoriy ν modda miqdori uchun

$$(p + \frac{\nu^2 a}{V^2})(V - \nu b) = \nu RT$$

bu yerda a va b – Van – der Waals doimiylari (bir mol gazga mo'ljallangan); V - gaz egallagan hajm; V_m - molyar hajm; p - gazning idish devorlariga bosimi.

Molekulalarning o'zaro ta'sir kuchlari vujudga keltiradigan ichki bosim

$$p' = \frac{a}{V_m^2} \text{ yoki } p' = \nu^2 \frac{a}{V^2}.$$

- Kritik parametrlar – hajm, bosim, va gaz temperatirasining Van – der Waals doimiylari a va b bo'lgan bog'lanishi:

$$V_{m_{kr}} = 3b; \quad p_{kr} = \frac{a}{27b^2}; \quad T_{kr} = \frac{8a}{27Rb}.$$

- Real gazning ichki energiasi

$$U = \nu(C_V T - \frac{a}{V_m}),$$

bu yerda C_V - gazning o'zgarmas hajmdagi molyar issiqlik sig'imi.

- Sirt tarangligi

$$\delta = \frac{F}{l},$$

bu yerda F – suyuqlik sirtini o'rab turgan l konturga tasir etayotgan sirt taranglik kuchi, yoki

$$\delta = \frac{\Delta E}{\Delta S'},$$

bu yerda ΔE - suyuqlik pardasi yuzasining o'zgarishi $\Delta S'$ ga bog'liq bo'lgan parda sirti erkin energiyaning o'zgarishi.

- Laplas formulasi umumiy holda quyidagi ko'rinishda yoziladi

$$p = \sigma(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}),$$

bu yerda p - suyuqlikning eri sirti hosil qiladigan bosim; σ - sirt taranglik; R_1 va R_2 - suyuqlik sirtining ikkita o'zaro tik kesimlarining egrilik radiuslari.

Sferik sirt holida esa

$$p = \frac{2\sigma}{R}.$$

➤ Suyuqlikning kapillyar nayda ko'tarilish balandligi

$$h = \frac{2\sigma \cos\theta}{\rho g R},$$

bu yerda θ - chegaraviy burchak; R – naycha kanalining radiusi; ρ suyuqlikning zichligi; g erkin tushish tezlanishi.

➤ Suyuqlikning bir – biriga yaqin va parallel tekisliklar orasida ko'tarilish balandligi

$$h = \frac{2\sigma \cos\theta}{\rho d g},$$

bu yerda d tekisliklar orasidagi masofa.

Real gazlarga doir masala yechish namunasi.

1-misol. Azotning kritik temperaturasi $T_k = 147K$, kritik bosimi $p_k = 33,5 \cdot 10^5 Pa$. Azot molekulasiining effektiv diametri topilsin.

Berilgan:

Yechish.

$T_k = 147K$
 $p_k = 33,5 \cdot 10^5 Pa$
 $d = ?$ - ?

Van – der – Waals tenglamasidagi doimiy b taqriban molekula hajmining to'rtlanganiga teng. Shuning uchun bir mol gaz uchun $b = 4NV_0$ bo'ladi, bu yerda N – Avogadro soni, V_0 – bir molekulaning

hajmi. Molekulaning hajmi $V_0 = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{1}{6}\pi d^3$. Demak, $b = 4N \frac{1}{6}\pi d^3$ bundan $d = \sqrt[3]{\frac{3b}{2\pi N}}$ b

ni aniqlash uchun Van – der – Waals tuzatmasini kritik temperatura T_k va kritik bosim p_k bilan bog'laydigan tenglamalardan foydalanamiz $T_k = \frac{8a}{27bR}$, $p_k = \frac{a}{27b^2}$, Bu

tenglamalarni b ga nisbatan yechsak, $b = \frac{T_k R}{8p_k}$ ni olamiz. b ning bu qiymatini

molekulaning effektiv diametrini aniqlaydigan ifodaga qo'ysak, $d = \sqrt[3]{\frac{3RT_k}{16\pi N p_k}} = \sqrt[3]{\frac{3kT_k}{16\pi p_k}}$

chiqadi, bu yerda $k = \frac{R}{N}$ – Boltsman doimiysi. Son qiymatlarni qo'ysak

$d = 3,12 \cdot 10^{-8} sm = 3,12 \cdot 10^{-10} m$ teng.

III BOB. ELEKTROSTATIKA

12-§. KULON QONUNI. ZARYADLANGAN JISMLARNING O'ZARO TA'SIRI

Asosiy formulalar

- Kulon qonuni

$$F = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$$

bu yerda F – ikkita nuqtaviy zaryad q_1 va q_2 larning o'zaro ta'sir kuchi; r - zaryadlar orasidagi masofa; ϵ - muhitning dielektrik singdiruvchanligi; ϵ_0 - elektr doimiysi:

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \frac{F}{m} = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m}.$$

- Zaryadning saqlanish qonuni

$$\sum_{i=1}^n q_i = const,$$

bu yerda $\sum_{i=1}^n q_i$ - izolyatsiyalangan tizimga kiruvchi zaryadlarning algebraic yig'indisi; n – zaryadlar soni.

13-§. ELEKTR MAYDON KUCHLANGANLIGI. ELEKTR MAYDON INDUKSIYASI.

Asosiy formulalar

- Elektr maydon kuchlanganligi

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q},$$

bu yerda $\vec{F}$ - maydonning berilgan nuqtasidga joylashtirilgan nuqtaviy musbat q zaryadga ta'sir etuvchi kuch.

- Elektr maydonga joylashtirilgan nuqtaviy q zaryadga ta'sir etuvchi kuch

$$\vec{F} = q\vec{E}.$$

- Elektr maydon kuchlanganlik vektori $\vec{E}$ ning oqimi.

a) bir jinsli bo'lmagan maydonga joylashtirilgan ixtiyoriy S sirt orqali

$$\Phi_E = \int_S E \cos \alpha dS \text{ yoki } \Phi_E = \int_S E_n dS,$$

bu yerda α - kuchlanganlik vektori $\vec{E}$ va sirt elementiga normal n orasidagi burchak; dS - sirt elementining yuzasi; E_n - kuchlanganlik vektorining normalga proyeksiyasi;

b) bir jinsli elektr maydonga joylashtirilgan yassi sirt orqali

$$\Phi_E = E \cdot S \cdot \cos \alpha.$$

- Kuchlanganlik vektori $\vec{E}$ ning yopiq sirt orqali oqimi

$$\Phi_E = \oint_S E_n dS,$$

Bunda integrallash butun sirt bo'ylab bajariladi.

Ostrogradskiy – Gauss teoremasi. $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$ - zaryadlarni o'z ichiga olgan ixtiyoriy yopiq sirt orqali kuchlanganlik vektori $\vec{E}$ ning oqimi

$$\Phi_E = \frac{1}{\epsilon_0 \epsilon} \sum_{i=1}^n q_i,$$

bu yerda $\sum_{i=1}^n q_i$ - yopiq sirt ichida joylashgan zaryadlarning algebra yig'indisi; n - zaryadlar soni.

➤ q nuqtaviy zaryadning zaryaddan r masofada hosil qiladigan elektr maydon kuchlanganligi

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2}.$$

➤ Radiusi R ga teng bo'lgan q zaryadli metall sferaning sfera markazidan r masofada hosil qiladigan elektr maydon kuchlanganlogi:

a) Sferanig ichida ($r < R$)

$$E = 0;$$

b) Sferaning sirtida ($r = R$)

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{R^2};$$

c) Sferadan tashqarida ($r > R$)

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2}.$$

➤ Elektr maydonining superpozitsiya (qo'shilish) prinsipiga ko'ra ikki (va undan ko'p) nuqtaviy zaryadlar hosil qilgan maydonning natijaviy kuchlanganligi $\vec{E}$ qo'shiluvchi maydonlar kuchlanganliklarining vektor (geometrik) yig'indisiga teng:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n.$$

➤ $\vec{E}_1$ va $\vec{E}_2$ kuchlanganlikli ikkita elektr maydon bo'lgan holda kuchlanganlik vektorining moduli

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos\alpha},$$

bunda α - $\vec{E}_1$ va $\vec{E}_2$ vektrlar orasidagi burchak.

➤ Bir tekis zaryadlangan cheksiz uzun tola (yoki silindr) o'z o'qidan r masofada hosil qiladigan maydon kuchlanganligi

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{2\tau}{r},$$

bu yerda τ - zaryadning chiziqli zichligi.

Zaryadning chiziqli zichligi tola bo'ylab taqsimlangan zaryadning tola (silindr) uzunligiga nisbatiga teng kattalikdir:

$$\tau = \frac{\Delta q}{\Delta l}.$$

➤ Bir tekis zaryadlangan cheksiz tekislik hosil qiladigan maydon kuchlanganligi

$$E = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon},$$

bu yerda σ - sirt zichligi.

Zaryadning sirt zichligi sirt bo'ylab taqsimlangan zaryadning shu sirt yuzasiga nisbatiga teng bo'lgan kattalikdir:

$$\sigma = \frac{\Delta q}{\Delta S}.$$

Zaryadlari sirt zichliklari σ ning modullari teng bo'lgan qarama – qarshi ishorali zaryadlar bilan bir tekis zaryadlangan ikkita parallel cheksiz tekislik hosil qiladigan maydon (yassi kondensator maydoni) kuchlanganligi

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon}.$$

Kondensator qoplamalari orasidagi masofa qoplamalarning chiziqlarning chiziqli o'lchamlaridan ko'p marta kichik bo'lgan holdagina keltirilgan formula yassi kondensator qoplamalari orasidagi (uning o'rta qismidagi) maydon kuchlanganligini hisoblash uchun o'rindir.

- Elektr siljish $\vec{D}$ elektr maydon kuchlanganligi $\vec{E}$ bilan

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \varepsilon \vec{E}$$

munosabat orqali bog'langan. Bu munosabat faqat izotrop dielektriklar uchun o'rindir.

- Elektr siljish vektorining oqimi elektr maydon kuchlanganligi vektori oqimi kabi ifodalanadi:

- a) bir jinsli maydon holida yassi sirt orqali oqim

$$\Delta\Psi = D \cdot \Delta S \cos\alpha;$$

- b) bir jinsli bo'lmagan maydon holida ixtiyoriy sirt orqali

$$\Psi = \int D_n dS,$$

bunda D_n - $\vec{D}$ vektorining yuzasi dS ga teng bo'lgan sirt elementi normalining yo'nalishiga proyeksiyasi.

- **Ostrogradskiy – Gauss teoremasi.** $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$ - zaryadlarni o'z ichiga olgan ixtiyoriy yopiq sirt orqali elektr siljish vektori oqimi

$$\Psi = \sum_{i=1}^n q_i,$$

bunda n – yopiq sirt ichida joylashgan zaryadlar soni (o'z ishorasi bilan).

Elektr maydon kuchlanganligi vektorining sirkulyatsiyasi son jihatdan musbat birlik nuqtaviy zaryadni yopiq kontur bo'ylab ko'chirishda bajarilgan ishga tengdir. Sirkulyatsiya yopiq kontur bo'yicha integral $\oint E_l dl$ orqali ifodalanadi, bu yerda E_l - konturning shu nuqtasidagi kuchlanganlik vektori $\vec{E}$ ning konturning shu nuqtasidan o'tkazilgan urinma yo'nalishiga proyeksiyasi.

- Elektrostatik maydon holida kuchlanganlik vektorining sirkulyatsiyasinolga teng:

$$\oint E_l dl = 0.$$

14-§. POTENSIAL. ELEKTR ZARYADLARI TIZIMINING ENERGIYASI. ZARYADNI MAYDONDA KO'CHIRISHDA BAJARILGAN ISH

Asosiy formulalar

➤ Elektr maydonning potentsiali maydonning shu nuqtasida o'rnatilgan nuqtaviy musbat zaryad potentsial energiyasining shu zaryad miqdoriga nisbatiga tengdir:

$$\varphi = \frac{W}{q}$$

yoki elektr maydonning potentsiali nuqtaviy musbat zaryadni maydonning shu nuqtasidan cheksizlikka ko'chirishda maydon kuchlari bajargan ishning shu zaryad miqdoriga nisbatiga tengdir:

$$\varphi = \frac{A}{q}.$$

Cheksizlikda elektr maydonning potentsiali shartli ravishda nolga teng deb qabul qilingan.

Zaryadni elektr maydonda ko'chirishda tashqi kuchlarning ishi $A_{t.k.}$ moduli bo'yicha maydon kuchlarining ishi $A_{m.k.}$ ga teng va ishorasi qarama – qarshi ekanligini ta'kidlab o'tamiz:

$$A_{t.k.} = -A_{m.k.}$$

➤ Nuqtaviy zaryad q ning zaryaddan r masofada hosil qiladigan elektr maydononong potentsiali

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r}.$$

➤ q zaryadga ega bo'lgan R radiusli metal sferaning sfera markazidan r masofada hosil qiladigan elektr maydonning potentsiali:

$$\text{sferaning ichida } (r < R) \quad \varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R};$$

$$\text{sferaning sirtida } (r = R) \quad \varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R};$$

$$\text{sferadan tashqarida } (r > R) \quad \varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R};$$

Zaryadlangan sferaning potentsiali uchun keltirilgan barcha formulalarda ϵ sferani o'rab turgan bir jinsli cheksiz dielektrikning singdiruvchanligidir.

➤ Berilgan nuqtada n ta nuqtaviy zaryadlar tizimi hosil qilgan elektr maydonning potentsiali, elektr maydon superpozitsiyasi prinsipiga asosan, har bir nuqtaviy zaryad $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$ alohida hosil qilgan $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \dots, \varphi_n$ larning algebraic yig'indisiga teng:

$$\varphi = \sum_{i=1}^n \varphi_i.$$

➤ $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$ nuqtaviy zaryadlar tizimining o'zaro ta'sir energiyasi W shu zaryadlar tizimi ularni bir – biridan cheksizlikka uzoqlashtirganda bajaradigan ish bilan aniqlanadi va

$$W = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i \varphi_i$$

formula bilan ifodalanadi; bu yerda φ_i - q_i zaryad turgan nuqtada qolgan $n-1$ ta zaryadlar (i - dan tashqari) hosil qilgan maydon potentsiali.

➤ Potensial elektr kuchlanganligi bilan quyidagi munosabat orqali bog'langan

$$\vec{E} = -\text{grad } \varphi.$$

Bu munosabat sferik simmetriklik xususiyatiga ega bo'lgan elektr maydon uchun quyidagicha ifodalanadi

$$\vec{E} = -\frac{d\varphi}{dr} \vec{r}$$

yoki skalyar shaklda

$$E = -\frac{d\varphi}{dr},$$

bir jinsli, ya'ni har bir nuqtasidagi kuchlanganlik ham moduli, ham yo'nalishi bo'icha bir xil bo'lgan maydon holida esa

$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d},$$

bunda φ_1 va φ_2 - ikkita ekvipotensial sirt nuqtalaridagi potentsiallar; d - elektr kuch chizig'i yo'nalishida bu sirtlar orasidagi masofa.

➤ q nuqtaviy zaryadni maydonning φ_1 potentsialga ega bir nuqtasidan φ_2 potentsialga ega boshqa nuqtasiga ko'chirishda elektr maydon bajaradigan ish

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2) \text{ yoki } A = q \int_l \vec{E}_l dl$$

bu yerda E_l - kuchlanganlik vektori $\vec{E}$ ning ko'chish yo'nalishiga proyeksiyasi; dl - ko'chish.

Bir jinsli maydon holida oxirgi formula

$$A = qEl \cos \alpha$$

ko'rinishni oladi, bu yerda l - ko'chish; α - $\vec{E}$ vektorning yo'nalishi va $\vec{l}$ ko'chish orasidagi burchak.

15-§. ELEKTR DIPOL. DIELEKTRIKLARNING XOSSALARI

Asosiy formulalar

➤ Dipol – kattaliklari jihatidan teng va ishoralari qarama – qarshi ikita nuqtaviy elektr zaryaddan iborat tizim bo'lib, ular orasidagi masofa l dipol markazidan kuzatish nuqtasigacha bo'lgan masofa r dan juda kichikdir.

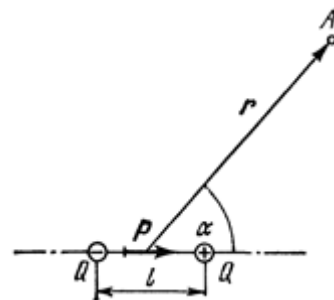
Dipolning manfiy zaryadidan uning musbat zaryadiga o'tkazilgan $\vec{l}$ vektor dipolning yelkasi deyiladi. Dipol zaryadi $|q|$ ning uning yelkasi $\vec{l}$ ko'paytmasi dipolning elektr momenti deyiladi:

$$P = |q|\vec{l}.$$

➤ Dipol maydonining kuchlanganligi

$$E = \frac{P}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^3} \sqrt{1 + 3\cos^2 \alpha},$$

bu yerda P - dipolning elektr momenti; r - dipol mazkazidan kuchlanganligi bizni qiziqtiradigan nuqtaga o'tkazilgan radius vektoring moduli. α - radius vektor $\vec{r}$ va dipol yelkasi $\vec{l}$ orasidagi burchak (10 – rasm).



10 – rasm.

Dipol maydonining kuchlanganligi dipol o'qida yotuvchi ($\alpha = 0$) nuqtada

$$E = \frac{P}{2\pi\epsilon_0\epsilon r^3};$$

dipolning o'rtasidan uning yelkasiga tik o'tkazilganchiziqda yotuvchi nuqtada ($\alpha = \frac{\pi}{2}$)

$$E = \frac{P}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^3}.$$

➤ Dipol maydonining potentsizali

$$\varphi = \frac{P}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} \cos \alpha.$$

➤ Dipol o'qida yotuvchi ($\alpha = 0$) nuqtadagi dipol maydonining potentsiali

$$\varphi = \frac{P}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2};$$

dipolning o'rtasidan uning yelkasiga tik o'tkazilgan chiziqda yotuvchi ($\alpha = \frac{\pi}{2}$) nuqtadagi dipol maydon potentsiali

$$\varphi = 0,$$

➤ E kuchlanganlikli bir jinsli elektr maydonga joylashtirilgan, elektr momenti $\vec{p}$ bo'lgan dipolga ta'sir etuvchi mexanik moment

$$\vec{M} = [\vec{p} \cdot \vec{E}] \text{ yoki } M = pE \cos \alpha,$$

bu yerda α - $\vec{p}$ va $\vec{E}$ vektorlar yo'nalishlari orasidagi burchak.

Bir jinsli bo'lmagan maydonda dipolga mexanik moment (juft kuchlar) dan tashqariboshqa kuchlar ham ta'sir qiladi. x o'qiga nisbatan simmetrik bo'lgan maydon holida bu kuch

$$F_x = p \frac{\partial E}{\partial x} \cos \alpha.$$

Munosabat bilan ifodalanadi; bu yerda $\frac{\partial E}{\partial x}$ - maydonning x o'qi yo'nalishidagi bir jinslimaslik darajasini xarakterlovchi maydon kuchlanganligining xususiyligidir.

$\alpha > \frac{\pi}{2}$ da F_x munosabat. Demak, uning ta'sirida dipol kuchli maydon sohasiga tortiladi.

➤ Qutblanganlik (bir jinsli qutblanishida)

$$\vec{P} = \frac{1}{\Delta V} \sum_{i=1}^N \vec{p}_i,$$

bu yerda $\vec{p}_i$ - alohida (i -) molekulaning (yoki atomning) elektr momenti; N - ΔV hajmdagi molekulalar soni.

➤ Qutblanganlikning dielektrikdagi o'rtacha makroskopik maydon kuchlanganligi E bilan bog'lanishi

$$P = \chi \varepsilon_0 E,$$

bu yerda χ - dielektrik qabul qiluvchanlik; ε_0 - elektr doimiy.

➤ Dielektrik singdiruvchanlik ε bilan dielektrik qabul qiluvchanlik orasidagi bo'g'lanish

$$\varepsilon = 1 + \chi.$$

➤ Dielektrikdagi o'rtacha makroskopik maydon kuchlanganligi E tashqi maydon kuchlanganligi E_0 bilan quyidagi munosabatlar orqali bog'langan

$$E = \frac{E_0}{\varepsilon} \text{ va } E = E_0 - \frac{P}{\varepsilon_0}.$$

➤ Qutblanmagan suyuqliklar va kub singonik kristallar ichidagi local maydon kuchlanganligi E_M

$$E_M = E + \frac{1}{3} \frac{P}{\varepsilon_0} \text{ va } E_M = \frac{\varepsilon + 2}{3\varepsilon} E_0$$

formulalar bilan ifodalanadi.

➤ Molekulaning induksiyalangan elektr momenti

$$p = \alpha \varepsilon_0 E_M,$$

bu yerda α - molekulaning qutblanuvchanligi ($\alpha_e + \alpha_a$, bunda α_e - elektron qutblanuvchanlik; α_a - atom qutblanuvchanlik).

➤ Dielektrik qabul qiluvchanlikning molekulaning qutblanuvchanligi bilan bog'lanishi

$$\frac{\chi}{\chi+3} = \frac{1}{3} \alpha n,$$

bu yerda n - molekular konsentratsiyasi.

➤ Klauzius – Mossotti tenglamasi

$$\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon+2} = \frac{1}{3} \alpha n \text{ yoki } \frac{M}{\rho} \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon+2} = \frac{1}{3} \alpha N_A,$$

bu yerda M – moddaning molyar massasi; ρ - modda zichligi.

➤ Lorens – Lorents formulasi

$$\frac{n^2-1}{n^2+2} = \frac{1}{3} \alpha_e n \text{ yoki } \frac{M}{\rho} \frac{n^2-1}{n^2+2} = \frac{1}{3} \alpha_e N_A,$$

bu yerda n - dielektrikning sindirish ko'rsatkichi; α_e atom yoki molekulaning elektron qutblanuvchanligi.

➤ Molekulaning yo'nalishi (oriyentasion) qutblanuvchanligi

$$\alpha_y = \frac{p^2}{3\varepsilon_0 kT},$$

bu yerda p - molekulaning elektr momenti, k - Bolsman doimiysi, T – termodinamik harorat.

➤ Debay – Lanjevan formulasi

$$\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon+2} = \frac{1}{3} \left(\alpha + \frac{p^2}{3\varepsilon_0 kT} \right) n \text{ yoki } \frac{M}{\rho} \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon+2} = \frac{1}{3} \left(\alpha + \frac{p^2}{3\varepsilon_0 kT} \right) N_A.$$

16-§. ELEKTR SIG'IMI. KONDENSATORLAR

Asosiy formulalar

- Yakkalangan o'tkazgich yoki kondensatorning elektr sig'imi

$$C = \frac{\Delta q}{\Delta \varphi},$$

bunda Δq – o'tkazgichga (kondensatorga berilgan zaryad; $\Delta \varphi$ - shu zaryad vujudga keltirgan potensialning o'zgarishi.

- ε dielektrik singdiruvchanlikli cheksiz muhitda joylashgan R radiusli yakkalangan o'tkazuvchi sferaning elektr sig'imi

$$C = 4\pi\varepsilon_0\varepsilon R.$$

Agar sfera kovak va dielektrik bilan to'ldirilgan bo'lsa, buning natijasida uning elektr sig'imi o'zgarmaydi.

- Yassi kondensatorning elektr sig'imi $C = \frac{\varepsilon_0\varepsilon S}{d}$,

bunda S - qoplamalar (har br qoplamaning) yuzasi; d – ular orasidagi masofa; ε - qoplamalar orasidagi bo'shliqni to'lditib turuvchi dielektrikning dielektrik singdiruvchanligi.

Har birining dielektrik singdiruvchanligi ε_i va qalinligi d_i bo'lgan na ta dielektrik qatlami bilan to'ldirilgan yassi kondensator (qatlamli kondensator) ning elektr sig'imi

$$C = \frac{\varepsilon_0 S}{\frac{d_1}{\varepsilon_1} + \frac{d_2}{\varepsilon_2} + \dots + \frac{d_n}{\varepsilon_n}}$$

Sferik kondensatorning elektr sig'imi (ikkita R_1 va R_2 radiusli konsentrik sferalar orasidagi bo'shliq ε dielektrik singdiruvchanlikli dielektrik bilan to'ldirilgan)

$$C = 4\pi\varepsilon_0\varepsilon \frac{R_1 R_2}{R_2 + R_1}.$$

- Silindirik kondensatorning elektr sig'imi (uzunliklari l va radiuslari R_1 hamda R_2 bo'lgan koaksial silindrning orasidagi bo'shliq dielektrik singdiruvchanligi ε bo'lgan dielektrik bilan to'ldirilgan)

$$C = \frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon l}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}$$

- Ketma – ket ulangan kondensatorlarning elektr sig'imi C ; umumiy holda $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$, bunda n - kondensatorlar soni;

Ikkita kondensator holida $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$; har birining sig'imi C_1 bo'lgan n ta bir xil kondensatorlar holida $C = \frac{C_1}{n}$.

➤ Parallel ulangan kondensatorlarning elektr sig'imi; umumiy holda $C = C_1 + C_2 + \dots C_n$;

ikkita kondensator holida $C = C_1 + C_2$;

har birining sig'imi C_1 bo'lgan n ta bir xil kondensatorlar holida $C = nC_1$.

17-§. ZARYADLANGAN O'TKAZGICHNING ENERGIYASI. ELEKTR MAYDONINING ENERGIYASI

Asosiy formulalar

➤ Zaryadlangan o'tkazgichning energiyasi zaryad q , potensial va o'tkazgichning elektr sig'imi C yordamida quyidagi munosabatlar orqali ifodalanadi:

$$W = \frac{1}{2} C \varphi^2 = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} = \frac{1}{2} q \varphi.$$

➤ Zaryadlangan kondensatorning energiyasi

$$W = \frac{1}{2} C U^2 = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} = \frac{1}{2} q U,$$

bunda C - kondensatorning elektr sig'imi; U - unung qoplamalaridagi potentsiallar farqi.

➤ Energiyaning hajmiy zichligi (birlik hajmga mos keluvchi elektr maydon energiyasi)

$$\omega = \frac{1}{2} \varepsilon_0 \varepsilon E^2 = \frac{1}{2} E D,$$

bunda E - dielektrik singdiruvchanligi ε bo'lgan muhitdagi elektr maydon kuchlanganligi; D - elektr siljish.

Elektrostatikaga doir masalalarning yechish namunalari.

1 - misol. Bir – biridan 3sm masofada turgan har biri 10nC dan bo'lgan ikki zaryad qanday kuch bilan o'zaro ta'sirlashadi?

Berilgan:

$$r = 3\text{sm} = 3 \cdot 10^{-2} \text{m}$$

$$q_1 = q_2 = 10\text{nC} = 10^{-8} \text{C}$$

$F - ?$

Yechish:

Bu masalani ishlashda Kulon qonunidan foydalanamiz. $F = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2},$

bunda vakumning dielektrik singdiruvchanligi $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{F}}{\text{m}}$ ga teng.

$\varepsilon = 1$ ekanligini hisobga olib masala shartida berilganlarni formulaga qo'yib o'zaro tasirlashuv kuchini topamiz.

$$F = \frac{10^{-8} \cdot 10^{-8}}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 9 \cdot 10^{-4}} = \frac{10^{-16}}{1000 \cdot 10^{-16}} = 10^{-3} \text{N} = 1\text{mN}$$

2 - misol. Plastinkalaridan biri yerga ulangan kondensatorga 100V kuchlanish berilgan. Plastinkalar orasidagi 4sm qalinlikdagi havo qatlamiga yerga ulangan plastinkadan 3sm

uzoqlikda zaryadlanmagan yupqa metall plastinka joylashtirilgan. Ichki plastinkaning potentsialini va uning ikki tomonidagi maydonning kuchlanganligini aniqlang.

Berilgan.

Yechish.

$U = 100V$ Yassi kondensatorning elektr maydoni kondensator plastinkalariga
 $d = 4 \cdot 10^{-2} m$ parallel joylashgan yassi ekvipotentsial sirtlar bilan xarakterlanadi. Elektr
 $a = 3 \cdot 10^{-2} m$ maydonidagi o'tkazgichning hamma nuqtalarining potentsiallari birday
 $U_1 - ?$ bo'lganidan, metall plastinka bilan ekvipotentsial sirtning ustma - ust
 $E - ?$ tushishi atrofdagi maydonni o'zgartirmaydi. Maydonning plastinkaning
 ikkala tomonidagi kuchlanganligi birdayligicha qoladi va kondensator plastinkalari
 orasidagi masofa birligiga to'g'ri kelgan potentsiallar ayirmasiga teng bo'ladi.

$$E = \frac{U}{d} \quad (1)$$

Qo'shimcha plastinkaning potentsiali U_1 shu plastinkaning o'zi bilan yerga ulangan (Potentsiali nolga teng bo'lgan) plastinka orasidagi potentsiallari ayirmasiga baravar b'ladi va odatdagi munosabat bilan aniqlanadi:

$$U_1 = Ea = \frac{a}{d} U \quad (2)$$

(1) va (2) tenglamalarning o'ng tomonlariga masalaning shartida berilgan kattaliklarning qiymatlarini qo'yganimizda $E = \frac{U}{d} = \frac{100}{4 \cdot 10^{-2}} = 25 \cdot 10^2 \frac{V}{m},$

$$U_1 = \frac{a}{d} U = \frac{3 \cdot 10^{-2}}{4 \cdot 10^{-2}} \cdot 100 = 75V \text{ chiqadi.}$$

IV BOB. O'ZGARMAS ELEKTR TOK

18-§. O'ZGARMAS TOKNING ASOSIY QONUNLARI

Asosiy formulalar

- O'zgarmas tokning kuchi

$$I = \frac{q}{t}$$

bunda q – o'tkazgichning ko'ndalang kesimidan t vaqtda o'tadigan elektr miqdori.

- Elektr tokining zichligi vektor kattalik bo'lib, tok kuchining o'tkazgich ko'ndalang kesimining yuzasi S ga nisbatiga tengdir:

$$\vec{j} = \frac{I}{S} \vec{k},$$

bunda $\vec{k}$ - yo'nalishi musbat zaryad tashuvchilarning harakat yo'nalishi bilan mos keluvchi birlik vektor.

- Bir jinsli o'tkazgichning qarshiligi

$$R = \rho \frac{l}{S},$$

bunda ρ - o'tkazgich moddasining solishtirma qarshiligi; l - uning uzunligi.

- O'tkazgichning o'tkazuvchanligi G va moddaning solishtirma o'tkazuvchanligi γ

$$G = \frac{1}{R}, \quad \gamma = \frac{1}{\rho}.$$

- Solishtirma qarshilikning haroratga bo'g'liqligi

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t),$$

bunda ρ va ρ_0 - mos ravishda t va 0°C dagi solishtirma qarshiliklar; t harorat (Selsiy shkalasida); α - qarshilikning harorat qarshiligi.

O'tkazgichlar birikmasining qarshiligi:

ketma – ket ulanganda $R = \sum_{i=1}^n R_i$,

parallel ulangada $\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$,

bunda R_i - i - o'tkazgichning qarshiligi; n - o'tkazgichlar soni.

- Om qonuni:

Zanjirning bir jinslimas bo'lgan qismi uchun

$$I = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2) \pm \varepsilon_{12}}{R} = \frac{U}{R};$$

Zanjirning bir jinsli qismi uchun $I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R} = \frac{U}{R}$;

Yopiq zanjir uchun ($\varphi_1 = \varphi_2$) $I = \frac{\mathcal{E}}{R}$,

bunda ($\varphi_1 - \varphi_2$) - zanjir qismining uchlaridagi potentsiallar farqi; $\mathcal{E}_{12}$ - qismga kiruvchi tok manbalarining EYuK; U - zanjir qismidagi kuchlanish; R - zanjirning (zanjir qismining) qarshiligi; $\mathcal{E}$ - zanjirdagi barcha tok manbalarining EYuK.

➤ Krixgof qoidalari. Birinchi qoida: tugunda qo'shiluvchi tok kuchlarining algebraic yig'indisi nolga teng, yani

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0,$$

bunda n tugunda qo'shiluvchi toklar soni;

Ikkinchi qoida: yopiq konturda konturning barcha qismlaridagi kuchlanishlarning algebraik yig'indisi elektr yurituvchi kuchlarning algebrik yig'indisiga teng, yani

$$\sum_{i=1}^n I_i R_i = \sum_{i=1}^k \mathcal{E}_i,$$

bunda $I_i - i$ - qismidagi tok kuchi; $R_i - i$ - qismidagi faol qarshilik; $\mathcal{E}_i - i$ - qismidagi tok manbalarining EYuK; n - faol qarshiligi bo'lgan qismlar soni; k - tok manbaiga ega qismlar soni.

➤ O'zgarmas tok zanjirining qismida t vaqtda elektrostatik maydon va chet kuchlar bajaradigan ish

$$A = IUt.$$

➤ Tokning quvvati

$$P = IU.$$

➤ Joule – Lens qonuni

$$Q = I^2 R t,$$

bunda $Q - t$ vaqtda zanjirning qismida ajraladigan issiqlik miqdori. Joule – Lens qonuni zanjirning qismi harakatsiz va unda kimyoviy reaksiyalar sodir bo'lgandagina o'rinli bo'ladi.

19-§. METALLARDA, SUYUQLIKLARDA VA GAZLARDA TOK

Asosiy formulalar

➤ Tok zichligi $\vec{j}$ zaryad tahuvchilar tartibli harakatining o'rtacha tezligi $\langle \vec{v} \rangle$ va ularning konsentrasiyasi n

$$\vec{j} = en \langle \vec{v} \rangle$$

Munosabat orqali bog'langan, bunda e - elementar zaryad.

➤ Om qonunining differensial ko'rinishi

$$\vec{j} = \gamma \vec{E},$$

bunda γ - o'tkazgichning solishtirma o'tkazuvchanligi; $\vec{E}$ - elektr maydonning kuchlanganligi.

➤ Joule – Lens qonunining differensial ko'rinishi

$$\omega = \gamma E^2,$$

bunda ω - issiqlik quvvatining hajmiy zichligi.

➤ Solishtirma elektr o'tkazuvchanlik

$$\gamma = \frac{1}{2} \frac{e^2 n \langle l \rangle}{m u},$$

bunda e va m elektronning zaryadi va massasi; n - elektronlarning konsentrasiyasi; $\langle l \rangle$ - ular erkin yugurishning o'rtacha uzunligi; u - elektronlar xaotik harakatining o'rtacha tezligi.

➤ Videman – Frans qonuni:

$$\frac{\lambda}{\gamma} = 3 \frac{h^2}{e^2} T,$$

bunda λ - issiqlik o'tkazuvchanlik.

➤ Termoparada vujudga keladigan issiqlik elektr yurituvchi kuchi

$$\varepsilon = \alpha(T_1 - T_2),$$

bunda α - solishtirma issiqlik EYuK; $(T_1 - T_2)$ uloqlaridagi haroratlar farqi.

➤ Elektroliz uchun Faradey qonunlari. Birinchi qonun:

$$m = kq,$$

bunda m - elektrolit orqali q elektr zaryadi o'tganda elektrolitda ajralgan modda massasi; k moddaning elektrokimyaviy ekvivalenti.

Ikkinchi qonun:

$$k = \frac{M}{FZ},$$

bunda F - Faradey doimiysi ($F = 96,5 \frac{kC}{mol}$); M - berilgan modda ionlarining molyar massasi; Z - ionlarning valentligi.

Umumlashgan qonun:

$$m = \frac{1}{F} \cdot \frac{M}{Z} q = \frac{1}{F} \cdot \frac{M}{Z} It,$$

bunda I - elektrolit orqali o'tadigan tok kuchi; t - tok oqib o'tgan vaqt.

➤ Ionlarning harakatchanligi

$$b = \frac{\langle v \rangle}{E},$$

bunda $\langle v \rangle$ - ionlar tartibli harakatining o'rtacha tezligi; E - elektr maydon kuchlanganligi.

➤ Elektrolitlar va gazlardagi to'yinishdan uzoq bo'lgan mustaqil razryadlar sohasi uchun Om qonuninig differensial ko'rinishi

$$\vec{j} = qn(b_+ + b_-)\vec{E},$$

bunda q - ionning zaryadi; n - ionlarning konsentratsiyasi; b_+ va b_- - mos ravishda musbat va manfiy ionlarning harakatchanligi.

➤ To'yinish tokining zichligi

$$j_{to'y} = qn_0d,$$

bunda n_0 - vaqt birligida birlik hajmda ionlantiruvchi (ionizator) hosil qiladigan juft ionlar soni; d - elektrodlar orasidagi masofa [$n_0 = \frac{N}{Vt}$, bunda $N-t$ vaqtda, elektrodlar orasidagi fazoda ionlantiruvchi hosil qiladigan ionlar juftlari soni; V - shu fazoning hajmi].

O'zgarmas elektr tokiga doir masalalar yechish namunasi

1 - misol. Qarshiligi $0,2\text{om}$ bo'lgan milliampermetr 100mA gacha tokni o'lchashga mo'ljallangan. Shu asbob bilan 5 ampergacha bo'lgan tokni o'lchash uchun shuntning qarshiligi qancha bo'lishi kerak?

Berilgan.

Yechish.

$$R_0 = 0,2\text{om}$$

$$I_0 = 100\text{mA} = 0,1\text{A}$$

$$I_1 = 5\text{A}$$

$$R - ?$$

Parallel ulangan galvanometr bilan shuntidan o'tgan I_1 tok

$I_0 = \frac{I_1 R}{R_0 + R}$ munosabatga asosan aniqladi $R = \frac{I_0 R_0}{I_1 - I_0}$. Bundan

$$R = \frac{0,1 \cdot 0,2}{5 - 0,1} = 0,4 \cdot 10^{-2} \text{om}.$$

TALABALAR YECHISHI MAJBURIY BO'LGAN MASALALAR

1. O proyektor AB devordan $l=100m$ masofada joylashtirilgan va shu devorga yorug' iz tushuradi. Projektor tik o'q atrofida $t=20s$ davrga ega bo'lgan aylanma harakat qilmoqda. 1) aylanishning birinchi choragida izning devor bo'ylab harakati tenglamasi; 2) $t=2s$ vaqt momentida yorug' izning devoridagi harakat tezligi v topilsin. Sanoq boshlanishi qilib nurning yo'nalishi OS o'q bilan mos kelgan vaziyat qabul qilinsin.
2. Odam poyezd bilan yonma-yon, poyezdning old balonlari bilan bir chiziqda turibdi. Poyezd $a=0,1\frac{m}{s^2}$ tezlanish bilan harakat qila boshlangan lahzada odam ham shu yo'nalishda $v=1,5\frac{m}{s}$ tezlik bilan harakatlana boshladi. Qancha t vaqtdan keyin poezd odamga yetib oladi? Shu paytdagi poezdning tezligi v_1 va odamning shu vaqt ichida o'tgan yo'li aniqlansin.
3. Ikki nuqta bir joydan bir xil yo'nalishda tekis tezlanuvchan harakat qila boshladi, bunda ikkinchi nuqta o'z harakatini birinchisidan $2s$ keyin boshladi. Birinchi nuqta $v_1=1\frac{m}{s}$ boshlang'ich tezlik va $a_1=2\frac{m}{s^2}$ tezlanish bilan, ikkinchisi esa $v_2=10\frac{m}{s}$ boshlang'ich tezlik va $a_2=1\frac{m}{s^2}$ tezlanish bilan, harakatlana boshlagan bo'lsa, qancha vaqtdan keyin va boshlang'ich joydan qancha masofada ikkinchi nuqta birinchisiga etib oladi?
4. Agar jism o'z yo'lining so'nggi metrini $t=0,1s$ vaqt davomida o'tgan bo'lsa, u qanday H balandlikdan tushgan?
5. Tosh $h=1200m$ balandlikdan tushmoqda. Tosh tushish vaqtining so'ngi sekundida qanday S yo'lni o'tadi?
6. Tosh $v_0=20\frac{m}{s}$ boshlang'ich tezlik bilan yuqoriga tik otilgan. $t=1s$ dan keyin shunday boshlang'ich tezlik bilan boshqa tosh ham yuqoriga tik otilgan. Toshlar qanday h balandlikda to'qnashishadi?
7. Koptokni $v_0=5\frac{m}{s}$ boshlang'ich tezlik bilan balkondan yuqoriga tik otdilar. $t=2s$ dan keyin koptok yerga tushdi. Balkonning yerdan balandligi va koptokning yerga urilish paytidagi tezligi aniqlansin.
8. Jism $v_0=10\frac{m}{s}$ boshlang'ich tezlik bilan balkondan yuqoriga tik otildi. Balkonning yer sathidan balandligi $h=12,5m$. Jismning otilish paytidan to yerga tushish paytigacha harakat tenglamasi va o'rtacha tezligi $\langle v \rangle$ aniqlansin.

9. Nuqtaning to'g'ri chiziq bo'ylab harakati $x = At + Bt^2$ tenglama bilan berilgan, bunda $A = 2 \frac{m}{s}$, $B = -0,5 \frac{m}{s^2}$, $t_1 = 1s$ dan $t_2 = 3s$ gacha vaqt oralig'ida nuqta harakatining o'rtacha tezligi $\langle v \rangle$ aniqlansin.

10. Nuqta $x = At + Bt^3$ tenglama bo'yicha to'g'ri chiziq bo'ylab harakatlanmoqda, bunda $A = 6 \frac{m}{s}$, $B = -0,125 \frac{m}{s^2}$, $t_1 = 2s$ dan $t_2 = 6s$ gacha vaqt oralig'i uchun nuqtaning o'rtacha tezligi $\langle v \rangle$ aniqlansin.

11. $t = 6s$ davomida nuqta radiusi $R = 0,8m$ bo'lgan aylana uzunligining yarmiga teng bo'lgan yo'lni o'tdi. Shu vaqt uchun o'rtacha tezlik $\langle v \rangle$ va o'rtacha tezlik vektorining moduli $|\vec{v}|$ aniqlansin.

12. Moddiy nuqtaning radiusi $R = 4m$ bo'lgan aylana bo'ylab harakati $\xi = A + Bt + Ct^2$ tenglama bilan berilgan, bunda $A = 10m$, $B = 2 \frac{m}{s}$, $C = 1 \frac{m}{s^2}$. Vaqtning $t = 2s$ qiymati uchun nuqtaning tangensial a_t , normal a_n va to'la a_t tezlanishlari topilsin.

13. Nuqta radiusi $R = 2m$ bo'lgan aylana bo'ylab $\xi = At$ tenglamaga binoan harakatlanmoqda, bunda $A = 2 \frac{m}{s^3}$. Vaqtning qaysi t momentida nuqtaning a_n normal tezlanish a_t tangentsial tezlanishga teng bo'ladi? Shu moment uchun to'la tezlanish a_t aniqlansin.

14. Minoradan gorizontaal yo'nalishda tosh otdilar. Tosh $t = 2s$ dan keyin minora asosidan $S = 40m$ masofaga yerga tushdi. Toshning boshlangich v_0 va oxirgi v tezliklari aniqlansin.

15. Pistolet o'qi tik o'rnatilgan, oralaridagi masofa $l = 30m$ ga teng bo'lgan ikkita qog'ozni teshib o'tdi. Ikkinchi qog'ozdagi teshik birinchisidagidan $10sm$ pastda bo'lib chiqdi. Agar o'q birinchi qog'ozgacha gorizontaal harakat qilgan bo'lsa, o'qning tezligi v aniqlansin. Havoning qarshiligi hisobga olinmasin.

16. $h = 2940m$ balandlikda $v = 360 \frac{km}{s}$ tezlik bilan uchayotgan samalyot bomba tashladi. Nishonga urish uchun nishonning ustidan o'tishidan qancha t vaqt oldin va undan qancha S masofada samalyot bombani tashlashi kerak? Havoning qarshiligi hisobga olinmasin.

17. Velosiped g'ildiragi $\nu = 5s^{-1}$ chastota bilan aylanmoqda. Qarshilik kuchi ta'sirida u $\Delta t = 1minut$ vaqt oralig'idan keyin to'xtadi. Burchak tezlanish va g'ildirakning shu vaqt oralig'idagi aylanishlari soni N topilsin.

- 18.** Disk $\varepsilon = 2 \frac{rad}{s^2}$ burchak tezlanish bilan aylanmoqda. Aylanish chastotasi $\nu_1 = 240 \text{min}^{-1}$ dan $\nu_2 = 90 \text{min}^{-1}$ gacha o'zgarganda disk necha marta N aylanadi? Buning uchun ketgan vaqt Δt topilsin.
- 19.** Tokarlik stanogida diametri $d = 60 \text{mm}$ bo'lgan val aylanmoqda. Kesqichning bir aylanishdagi bo'ylama siljishi $h = 0,5 \text{mm}$. Agar $\Delta t = 1 \text{min}$ vaqt oralig'ida valning $l = 12 \text{sm}$ uzunlikdagi qismi yo'nilsa, kesish tezligi ν qanday?
- 20.** Massasi $m = 300 \text{g}$ bo'lgan sharcha devorga urildi va sakrab orqaga qaytdi. Agar urilishdan oldingi onda sharcha devor sirtiga $\alpha = 30^\circ$ burchak ostida yo'nalgan va $\nu_0 = 10 \frac{m}{s}$ tezlikka ega bo'lgan bo'lsa, devor olgan impuls p_1 aniqlansin. Urilish absolyut qayishqoq deb hisoblansin.
- 21.** Yer sirtidan tik yuqoriga qarab uchirilgan $m = 1 \text{t}$ massali fazoviy kema $a = 2g$ tezlanish bilan ko'tarilmoqda. Soplodan otilib chiqayotgan gaz oqimining tezligi $\nu = 1200 \frac{m}{s}$. Sarflanayotgan yoqilg'i miqdori Q_m topilsin.
- 22.** Parragning diametri $d = 18 \text{m}$, massasi $m = 3,5 \text{t}$ bo'lgan vertolyot havoda muallaq turibdi. Parrak havo oqimini qanday tezlik bilan tik pastga haydaydi? Oqim diametri parrak diametriga teng, deb hisoblansin.
- 23.** Massasi $m = 2 \text{t}$ bo'lgan kater suvda sokin harakatlana boshlab $t = 10 \text{s}$ davomida $\nu = 4 \frac{m}{s}$ tezlikka erishdi. Motorning tortish kuchi aniqlansin. U o'zgarmas deb hisoblansin. Harakatga qarshilik kuchi F_q tezlikka mutanosib deb olinsin. Qarshilik koeffitsiyenti $k = 100 \frac{kg}{s}$.
- 24.** Yengilgina g'ildiraklar bilan ta'minlangan uzun taxta ko'rinishidagi aravacha polda turibdi. Taxtaning bir uchida odam turibdi. Odamning massasi $M = 60 \text{kg}$, taxtaning massasi $m = 20 \text{kg}$. Agar odam taxa bo'ylab $\nu = 1 \frac{m}{s}$ tezlik bilan (taxtaga nisbatan) harakatlana boshlasa, aravacha qanday tezlik bilan (polga nisbatan) harakatlana boshlaydi? G'ildirakning massasi va vtulkalarning ishqalanishi hisobga olinmasin.
- 25.** $m = 1 \text{kg}$ massali to'p o'qi traektoriyasining eng yuqori nuqtasida $\nu = 200 \frac{m}{s}$ tezlikka ega bo'lgan. Shu nuqtada u ikki bo'lakka bo'linib ketdi. $m_1 = 3 \text{kg}$ massali kichik bo'lak dastlabki yo'nalishda $\nu_1 = 400 \frac{m}{s}$ tezlik oldi. Katta ikkinchi bo'lakning bo'linishdan keyingi tezligi ν_2 topilsin.
- 26.** Massalari $m_1 = 80 \text{kg}$ va $m_2 = 50 \text{kg}$ bo'lgan ikkita konkida yuguruvchi uzun, tarang tortilgan chilvirning uchlaridan tutgancha muz ustida harakatsiz turishibdi. Ulardan biri

chilvirni $v_1 = 1 \frac{m}{s}$ tezlik bilan yig'ishtirib qisqartira boshlaydi. Konkida yuguruvchilar muz bo'ylab bir-biriga tomon qanday u_1 va u_2 tezliklar bilan harakatlanishadi? Ishqalanish e'tiborga olinmasin.

27. Uzunligi $l = 1m$ bo'lgan ipga bog'langan yukcha gorizontall tekisligida aylanmoqda. Agar ip vertikalidan $\alpha = 60^\circ$ burchakka og'gan bo'lsa, aylanish davri T aniqlansin.

28. Massasi $m = 5t$ bo'lgan avtomobil $v = 10 \frac{m}{s}$ tezlik bilan qavariq ko'prikda harakatlanmoqda. Agar ko'prikning egrilik radiusi $R = 50m$ bo'lsa, eng yuqori qismda avtomobilning ko'prikka bosim kuchi F aniqlansin.

29. Val $\nu = 2400 \text{min}^{-1}$ chastota bilan aylanmoqda. Valga uzunligiga ko'ndalang qilib, uchlarida har biri val o'qidan $l = 0,2m$ masofada, massalari $m = 1kg$ bo'lgan yukchalari bor, juda kichik massali tayoqcha mahkamlangan. 1) val aylanganda tayoqchani cho'zadigan F kuch; 2) agar tayoqcha val o'qiga $\varphi = 89^\circ$ burchak ostida qiya qilib o'rnatilgan bo'lsa, valga ta'sir etuvchi kuch momenti M topilsin.

30. Radiusi $R = 10sm$ bo'lgan yupqa, bir jinsli mis halqa $\omega = 10 \frac{rad}{s}$ burchak tezlik bilan halqa markazidan o'tuvchi o'q atrofida aylanmoqda. Quyidagi ikki hol uchun halqada vujudga keladigan normal kuchlanish aniqlansin: 1) aylanish o'qi halqa tekisligiga tik bo'lganda; va 2) halqa tekisligida yotganda. Aylanishda halqa shaklining o'zgarishi (deformatsiya) hisobga olinmasin.

31. Nasos diametri $d = 2sm$ bo'lgan suv oqimini $v = 20 \frac{m}{s}$ tezlik bilan haydaydi. Suvni haydash uchun kerak bo'lgan quvvat N topilsin.

32. $m = 2kg$ massali nuqta Ox o'qi bo'ylab yo'nalgan qandaydir kuch ta'sirida $x = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$ tenglamaga binoan harakat qiladi bunda $B = -2 \frac{m}{s}$, $C = 1 \frac{m}{s^2}$, $D = 0,2 \frac{m}{s^3}$

. Vaqtning $t = 2s$ va $t = 5s$ onlarida kuch ta'sirida erishiladigan quvvat N topilsin.

33. Temiryo'lda tepkiga qarshi moslamasiz, stvoli gorizontall tekislik bo'ylab joylashgan to'p biriktirilgan platforma turibdi. To'pdan temiryo'l yo'nalishida o'q otildi. O'qning massasi $m_1 = 10kg$ va tezligi $v_1 = 1 \frac{km}{s}$. Agar qarshilik koeffitsienti

$f = 0,002$ bo'lsa, otishdan keyin platforma qanday masofaga siljib ketadi?

34. Ikkita $m_1 = 10kg$ va $m_2 = 15kg$ massali yuklar bir-biriga tegadigan qilib, uzunligi $l = 2m$ bo'lgan ipga osilgan. Kichik yuk $\varphi = 60^\circ$ burchakka og'dirib bosib yuborildi. Yuklarning urilishini noelastik deb hisoblab, urilishdan so'ng ikkala yukning ko'tarilish bilandligi h aniqlansin.

- 35.** $m_1 = 5\text{kg}$ massali bo'lgan sandonda turgan uncha katta bo'lmagan temir bo'lagiga uriladi. Sandonning massasi $m = 100\text{kg}$. Temir bo'lagining massasi e'tiborga olinmasin. Urilish noelastik. Berilgan sharoitlarda bolg'a zarbasining FIK η aniqlansin.
- 36.** Harakatsiz sharga u bilan bir xil massali shar $v_1 = 2\frac{m}{s}$ tezlik bilan uchib kelib urildi. To'qnashish natijasida bu shar yo'nalishini $\alpha = 30^\circ$ burchakka o'zgartiradi. 1) sharlarning urilishdan keyin u_1 va u_2 tezliklari; 2) ikkinchi shar tezlik vektori bilan birinchi sharning dastlabki harakat yo'nalishi orasidagi burchak β aniqlansin. Urilish elastik deb hisoblansin.
- 37.** $m_1 = 10^{-24}\text{g}$ massali zarra $T_1 = 9\text{nJ}$ kinetik energiyaga ega. $m_2 = 4 \cdot 10^{-24}\text{g}$ massali harakatsiz zarra bilan elastik to'qnashish natijasida unga $T_2 = 5\text{nJ}$ kinetik energiya beradi. Zarraning dastlabki yo'nalishidan chetlanish burchagi α aniqlansin.
- 38.** Uzunligi $l = 60\text{sm}$ va massasi $m = 100\text{g}$ bo'lgan ingichka bir jinsli tayoqchaning unga tik va tayoqchaning uchlarining biridan $a = 20\text{sm}$ masofadagi nuqtasidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inertsia momenti J aniqlansin.
- 39.** Massasi $m = 1\text{kg}$ va radiusi $r = 30\text{sm}$ bo'lgan bir jinsli diskdan diametri $d = 20\text{sm}$ va markazi disk o'qidan $l = 15\text{sm}$ masofada bo'lgan doira kesib tashlangan. Hosil bo'lgan jismning disk tekisligiga tik ravishda uning markazida o'tuvchi o'qqa nisbatdan inertsia momenti topilsin.
- 40.** Uzunligi $l = 50\text{sm}$ va massasi $m = 400\text{g}$ bo'lgan ingichka bir jinsli tayoqchaga tik ravishda uning o'rtasidan o'tadigan o'q atrofida $\varepsilon = 3\frac{\text{rad}}{\text{s}^2}$ burchak tezlanish bilan aylanadi. Aylantiruvchi moment M aniqlansin.
- 41.** Disk shaklidagi chig'iriqorqali chilvir tashlangan. Chilvirning uchlariga massalari $m_1 = 100\text{g}$ va $m_2 = 110\text{g}$ bo'lgan yukchalar bog'langan. Agar chig'iriqning massasi $m = 400\text{g}$ bo'lsa, yukchalar qanday a tezlanish bilan harakatqiladi? Chig'iriqning aylanishidagi ishqalanish ahamiyatsiz darajada kichik.
- 42.** Disk shakliga ega bo'lgan platforma tik o'q atrofida aylana oladi. Platformaning chekkasida $m_1 = 60\text{kg}$ massali odam turibdi. Agar odam platforma chekkasidan yurib uni aylanib, dastlabki turgan nuqtasiga qaytib kelsa, platforma qanday burchakka buriladi? Platformaning massasi $m = 240\text{kg}$. Odamning inertsia momenti J ni moddiy nuqtanikidek deb hisoblasin.
- 43.** Jukovski kursining markazida uzunligi $l = 2,4\text{m}$ va massasi $m = 8\text{kg}$ bo'lgan kursining aylanish o'qi bo'ylab tik joylashgan tayoqchani qo'lida tutgan odam turibdi. Kursi odam bilan birgalikda $v_1 = 1\text{s}^{-1}$ chastota bilan aylanmoqda. Agar odam tayoqchani gorizontol holatga burs, kursi odam bilan birgalikda qanday ν chastota bilan aylanadi? Odam va kursning yig'indi inertsia momenti $J = 6\text{kg} \cdot \text{m}^2$.

44. Motorning yakori $\nu = 1500 \text{ min}^{-1}$ chastota bilan aylanmoqda. Agar motor quvvatni $N = 500 \text{ W}$ gacha oshira olsa aylantiruvchi moment M aniqlansin.
45. Shar gorizontaal sirt bo'ylab sirpanishsiz dumalamoqda. Sharining to'liq kinetik energiyasi $T = 14 \text{ J}$. Sharining ilgariylanma va aylanma harakat kinetik energiyalari T_1 va T_2 aniqlansin.
46. Uzunligi $l = 2 \text{ m}$ va diametri $d = 1 \text{ mm}$ bo'lgan sim amalda gorizontaal tortilgan. Simning o'rtasiga $m = 1 \text{ kg}$ massali yuk osganlarida sim yuk osilgan nuqta $h = 4 \text{ sm}$ gacha pasayadigan darajada cho'zildi. Sim materialining Yung modeli E aniqlansin.
47. Tayoqchaning uzunligini $\Delta l = 0,1 \mu\text{m}$ gacha aniqlikda o'lchay olamiz deb faraz qilaylik. Ikkita inertsial sanoq tizimining qanday nisbiy U tezligida xususiy uzunligi $l_0 = 1 \text{ m}$ bo'lgan tayoqcha uzunligining relyativistik qisqarishini aniqlash mumkin bo'lar edi?
48. $U \ll c$ da relyativistik zarralar tezliklarini qo'shish formulasi klassik mexanikadagi mos formulaga o'tishi ko'rsatilsin.
49. Jismning to'liq energiyasi $\Delta E = 1$ ga oshgan. Bunda jismning massasi qanchaga o'zgaradi?
50. Normal sharoitda suv bug'lari molekulalarining markazlari orasidagi o'rtacha masofa $\langle l \rangle$ aniqlansin va u molekulalarning o'zining diametri d bilan solishtirsin ($d = 0,311 \text{ nm}$).
51. Sig'imi $V = 1,12 \text{ l}$ bo'lgan idishda normal sharoitda azot bor. Muayyan haroratgacha qizdirilgan gaz molekulalarining bir qismi atomlarga ajraldi (dissotsilandi). Dissotsilanish darajasi $\alpha = 0,3$. 1) Azotning qiziguncha bo'lgan ν ; 2) Qizigandan keyin molekular azotning ν_{mol} ; 3) Qizigandan keyingi atomlar azotning ν_{at} ; 4) Qizigandan keyin butun azotning ν_{but} modda miqdori aniqlansin.
52. $V = 2 \text{ m}^3$ sig'imli qozonda $T = 500 \text{ K}$ haroratli $m = 10 \text{ kg}$ massali o'ta qizdirilgan suv bug'lari bor. Qozondagi bug'ning bosimi p aniqlansin.
53. Sig'imi $V = 20 \text{ l}$ bo'lgan balonda $P = 1,3 \text{ MPa}$ bosim ostida $m = 500 \text{ g}$ massali karbonat angidrid bor. Gazning harorati aniqlansin.
54. $T = 300 \text{ K}$ haroratda havodagi to'yingan suv bug'larining zichligi ρ aniqlansin. Shu haroratda to'yingan suv bug'ining bosimi $P = 3,55 \text{ kPa}$.
55. Kislorod va azotdan iborat gaz aralashmasi $P = 1 \text{ MPa}$ bosim ostida ballonda turibdi. Agar aralashmada kislorodning massa ulushi $\omega_1 = 0,2$ bo'lsa, kislorodning p_1 va azotning p_2 partsial bosimlari aniqlansin.
56. $V = 15 \text{ l}$ sig'imli idishda $T = 23^\circ \text{ C}$ haroratda va $p = 200 \text{ kPa}$ bosimda azot vodorod aralashmasi bor. Agar azotning aralashmadagi massa ulushi $\omega = 0,7$ bo'lsa, aralashmaning va uning tashkil etuvchilarining massalari aniqlansin.

57. Idishda kislorod va vodorod aralashmasi bor. Aralashmaning massasi $m = 3,6g$. Kislorodning ω_1 massaviy ulushi 0,6 ni tashkil etadi. Aralashmaning ν va har bir gazning alohida ν_1 hamda ν_2 modda miqdorlari aniqlansin.
58. Sig'imi $V = 5l$ bo'lgan ballonda $m = 17,5g$ massali azot bor. Ballondagi azot molekulalarining konsentratsiyasi aniqlansin.
59. Sig'implari bir xil bo'lgan ikkita idishda turli gazlar bor: birinchisida – vodorod, ikkinchisida – kislorod. Agar gazlarning massalari bir xil bo'lsa, gazlar konsentratsiyalarining nisbati $\frac{n_1}{n_2}$ topilsin.
60. $T = 400K$ haroratda geliyning, kislorodning hamda suv bug'ining bitta molekulasiga to'la kinetik energiyasining o'rtacha qiymati $\langle \varepsilon \rangle$ aniqlansin.
61. Agar $t = 20^\circ C$ haroratda to'yingan simob bug'larining bosimi $P = 0,13Pa$ bo'lsa, shu haroratda simob bilan zaharlangan xonaning $V = 1m^3$ hajmdagi havosi tarkibida bo'lgan simob molekulalarining soni N aniqlansin.
62. Sig'imi $V = 4l$ bo'lgan kolbada $m = 0,6g$ massali ma'lum bir gaz $P = 200kPa$ bosim ostida saqlanmoqda. Gaz molekulalarining o'rtacha kvadratik tezligi $\langle v_{kv} \rangle$ aniqlansin.
63. Havoda muallak suzib yuruvchi mayda chang zarralari go'yoki juda katta molekulalar kabi harakatlanadi. Agar havoning xarorati $T = 300K$ bo'lsa, $m = 10^{-10}g$ massali chang zarrachasining o'rtacha kvadratik tezligi $\langle v_{kv} \rangle$ aniqlansin.
64. Gaz molekulasiining o'rtacha kvadratik tezligi $\langle v_{kv} \rangle = 2 \frac{km}{s}$ bo'lsa, uning o'rtacha arifmetik tezligi $\langle v \rangle$ aniqlansin.
65. Uchayotgan vertolyot kabinasidagi barometr $P = 90kPa$ bosimni ko'rsatmoqda. Agar uchish maydonchasida barometr $P = 100kPa$ bosimni ko'rsatgan bo'lsa vertolyot qanday balandlikda uchmoqda? Havoning harorati $T = 290K$ va balandlikka bog'liq emas deb hisoblansin.
66. Bosimning $\Delta P = 100Pa$ ga o'zgarishiga mos keluvchi balandlikning o'zgarishi Δh quyidagi ikki hol uchun topilsin: 1) harorat $T_1 = 290K$ va bosim $P_1 = 100kPa$ bo'lgan Yer sirti yaqinida; 2) harorat $T_2 = 220K$, bosim $P_2 = 25kPa$ bo'lgan biror balandlikda.
67. Molekulalarning tezliklar bo'yicha taqsimot funksiyasidan eng katta ehtimolli tezlik formulasi keltirib chiqarilsin.
68. Energiyalari $\varepsilon_1 = 0$ dan $\varepsilon_2 = 0,01kT$ gacha oraliqda joylashgan molekulalarning ulushi ω aniqlansin.
69. Molekulalarning energiyalar bo'yicha taqsimot funksiyasi ma'lum deb hisoblab, energiyasi E molekulalarning issiqlik harakat energiyasidan juda ko'p bo'lgan molekulalar ulushi ω ni aniqlovchi formula keltirib chiqarilsin.

70. $P = 0,1Pa$ bosim va $T = 100K$ haroratda vodorod molekulalari erkin yugurish yo'lining o'rtacha uzunligi topilsin.
71. Normal sharoitda $t = 1s$ davomida kislorod molekulasi gap urilishlarning o'rtacha soni $\langle Z \rangle$ topilsin.
72. Bir xil sharoitda bo'lgan gaz holatidagi vodorodning diffuziyasi D_1 gaz holatidagi kislorodning diffuziyasi D_2 dan necha marta farq qilishi aniqlansin.
73. Normal sharoitda geliy atomlari erkin yugurish yo'lining o'rtacha uzunligi $\langle l \rangle = 180nm$. Geliyning diffuziyasi D aniqlansin.
74. Tarkibida massasi $m = 10g$ kislorod va massasi $m = 20g$ azot bo'lgan gaz aralashmasining solishtirma issiklik sigimlari c_v va c_p qanday bo'ladi?
75. Qisman dissotsilangan gaz holatidagi xlorning adiabatik ko'rsatkichi $\gamma = 1,55$ bo'lsa, bunday gazning dissotsilanish darajasi α aniqlansin.
76. Agar aralashmadagi gazlarning modda miqdorlari bir xil va ν ga teng bo'lsa, kislorod va argondan iborat gazlar aralashmasining adiabatik ko'rsatkichi γ topilsin.
77. Massasi $m = 2g$ bo'lgan $T_1 = 300K$ haroratdagi azot shunday adiabatik siqilganki. Hajmi $n = 10$ marta kamaygan. Gazning oxirgi harorati T_2 va siqish ishi A aniqlansin.
78. Vodorod kengayayotib $A = 6kJ$ ish bajaradi. Agar jarayon: 1) izobarik; 2) izotermik ravishda kechgan bo'lsa, gazga uzatilgan issiqlik miqdori Q aniqlansin.
79. Avtomobil shinasiga $T = 290K$ haroratda $P = 220kPa$ bosimgacha dam urishgan. Harakat paytida u $T = 330K$ haroratgacha qizidi va yorildi. Shina yorilgandan keyin ro'y bergan jarayonni adiabatik deb hisoblab undan chiqqan havo haroratining o'zgarishi T aniqlansin. Havoning tashqi bosimi $P = 100kPa$.
80. Normal sharoitda vodorod $V = 100m^3$ hajmga ega edi. U adiabatik ravishda $V = 150m^3$ hajmgacha kengaytirilganda ichki energiyasining o'zgarishi ΔU topilsin.
81. Massasi $m = 400g$ bo'lgan karbonat angidrid gazi CO_2 o'zgarimas bosim ostida $T = 50K$ ga qizdirildi. Gazning ichki energiyasining o'zgarishi ΔU , gaz olgan issiqlik miqdori Q va u bajargan ish A aniqlansin.
82. Karno siklini bajarayotgan ideal gaz isitgichdan olingan Q_1 issiqlik miqdorining $\frac{2}{3}$ qismini sovutgichga beradi. Sovutgichning harorati $T = 280K$. Isitgichning harorati T_1 aniqlansin.
83. Ideal gaz Karno siklini bajarmoqda. Isitgichning harorati $T_1 = 470K$, sovutgichning harorati esa $T_2 = 280K$. Izotermik kengayishda gaz $A = 100J$ ish bajaradi. Siklning termik FIK η hamda izotermik siqilishda gaz sovutgichga bergan issiqlik miqdori Q_2 aniqlansin.

- 84.** Karno siklini bajarayotgan ideal gaz isitgichdan $Q = 4,1kJ$ issiqlik miqdori olib, $A = 590J$ ish bajardi. Bu siklning termik FIK η topilsin. Isitgichning harorati T_1 sovutgichning harorati T_2 dan necha marta katta?
- 85.** $T_1 = 10^\circ C$ haroratdagi $m = 200g$ massali muz parchasi $T = 0^\circ C$ gacha isitilib eritilgan va so'ngra hosil bo'lgan suv $t = 10^\circ C$ gacha isitilgan. Ko'rsatilgan jarayonlar davomida entropiya ΔS aniqlansin.
- 86.** $m = 2kg$ massali kislorod bir marta izotermik, boshqasida adiabatik ravishda o'z hajmini $n = 5$ marta oshirdi. Ko'rsatilgan jarayonlarning har birida entropiyaning o'zgarishi topilsin.
- 87.** $V = 10l$ sig'imli idishda $m = 0,25kg$ kg massali azot bor. 1) Gazning ichki bosimi p ; 2) molekulalarning xususiy hajmi V' aniqlansin.
- 88.** Kislorodning bosimi $p = 7mPa$, zichligi $\rho = 100 \frac{kg}{m_3}$. Kislorodning harorati T topilsin.
- 89.** $T = 380K$ haroratda hajmi: 1) $100l$; 2) $10l$; 3) $2l$ bo'lgan $m = 1kg$ massali suv bug'larining bosimi p aniqlansin.
- 90.** Agar kritik harorat $T_{kr} = 126K$ va bosim $p_{kr} = 3,39mPa$ ma'lum bo'lsa, azot uchun Van-der-Vaals tenglamasidagi a va b doimiylar hisoblansin.
- 91.** Gaz kritik holatda turibdi. Agar gazning harorati T va hajmi V bir paytning o'zida $k = 2$ marta orttirilsa, uning bosimi p , kritik bosim p_{kr} dan qanday va necha marta farq qiladi?
- 92.** Normal p_0 bosim va $T = 300K$ haroratdagi massasi $m = 132g$ bo'lgan karbonat angidrid gazini: 1) ideal gaz; 2) real gaz deb qarab, ichki energiyasi U topilsin.
- 93.** Diametri $d = 20\mu m$ bo'lgan havo pufagi suvning ayni sirtida turibdi. Agar suv sirti ustidagi havo normal sharoitda turgan bo'lsa, pufakdagi havo zichligi ρ aniqlansin.
- 94.** Agar sovun pufagining diametri $d = 5mm$ bo'lsa, pufak ichidagi havo bosimi p atmosfera bosimi p_0 dan qancha katta?
- 95.** U simon simob manometri keng tirsagining diametri $d_1 = 4sm$, toriniki $d_2 = 0,25sm$. Tirsaklardagi simob sathlarining farqi $\Delta h = 200mm$. Kapillyarlik tuzatmasini hisobga olib manometr ko'rsatayotgan bosim p topilsin.
- 96.** Agar oralaridagi masofa $d = 0,2mm$ bo'lsa, o'zaro parallel bo'lgan ikkita shisha plastinka orasidagi suv qanday balandlikka ko'tariladi?
- 97.** Gorizontal joylashgan doripurkagich porsheniga $F = 15N$ kuch qo'yilgan. Agar porshenning yuzasi $S = 12sm^2$ bo'lsa, dori purkagichning uchligidan suvning oqib chiqish tezligi v aniqlansin.

- 98.** Balandligi $H=2m$ bo'lgan bak suyuqlik bilan limmolim to'ldirilgan. Otilib chiqadigan suyuqlik oqimi bakdan eng uzoq masofada tushishi uchun bak devoridan ochilgan teshik qanday h balandlikda bo'lishi kerak?
- 99.** Quvurdan mashina yog'i oqmoqda. Yog'ning bu quvurdagi harakati laminar bo'lib qoladigan maksimal tezlik $v_{\max}=3,2\frac{sm}{s}$. Shu quvurning o'zida qanday v tezlikda glitserinning harakati laminarlikdan turbulentlikka o'tadi?
- 100.** Ichki diametri $d=3sm$ bo'lgan quvurdan suv oqmoqda. Laminar oqimida suvning maksimal sarfi $Q_{\max}$ aniqlansin.
- 101.** Erkin $q_1=180nC$ va $q_2=720nC$ zaryadlar orasidagi masofa $l=60sm$. Zaryadlar tizimi muvozanatda bo'lishi uchun, uchinchi q zaryadni o'rnatish lozim bo'lgan zaryadlar orqali o'tuvchi to'g'ri chiziqdagi nuqta aniqlansin. Zaryadning kattaligi va ishorasi aniqlansin. Muvozanat turg'un bo'ladimi yoki turg'unmasmi?
- 102.** Har biri $q_1=1nC$ dan bo'lgan uchta zaryad teng tomonli uchburchakning uchlarida joylashgan. Tortishishi zaryadlarning itarish kuchlarini muvozanatga keltirishi uchun uchburchakning markaziga qanday q manfiy zaryad o'rnatish kerak?
- 103.** Kvadratning uchlarida har biri $q=0,3nC$ dan bo'lgan bir xil zaryadlar bor. Musbat zaryadlarning o'zaro itarishish kuchlari manfiy zaryadning tortishish kuchi bilan muvozanatga keltirilishi uchun kvadratning markaziga qanday q manfiy zaryad o'rnatish kerak?
- 104.** Uzun ingichka tayoqcha $\tau=10\frac{\mu C}{m}$ chiziqli zichlik bilan bir tekis zaryadlangan. Uning o'rtasiga yaqin joydan $a=20sm$ masofada joylashgan $q=10nC$ nuqtaviy zaryadga ta'sir etayotgan F kuch qanday bo'ladi?
- 105.** Radiusi $R=10sm$ bo'lgan ingichka yarim halqada $r=1\frac{\mu C}{m}$ chiziqli zichlik bilan tekis taqsimlangan zaryad bor. Yarim halqa egriligining markazida $q=20nC$ zaryad turibdi. Nuqtaviy zaryad va zaryadlangan yarim halqaning o'zaro ta'sir kuchi F aniqlansin.
- 106.** $q=10nC$ nuqtaviy zaryad o'zidan $r=10sm$ masofada hosil qilgan elektr maydon kuchlanganligi aniqlansin. (Dielektrik yo'g'.)
- 107.** $R=10sm$ radiusli metall sferada $q=1nC$ zaryad bor. Quyidagi nuqtalardagi elektr maydon kuchlanganligi aniqlansin:
1) sfera markazidan $r_1=8sm$ masofada; 2) uning sirtida; 3) sfera markazidan $r_2=15sm$ masofada ε ning r ga bog'liqlik grafigi tuzilsin.
- 108.** Diametri $d=5sm$ va uzunligi $l=4m$ bo'lgan to'g'ri metall tayoqchada sirti bo'ylab bir tekis taqsimlangan $q=500nC$ zaryad bor. Tayoqcha o'rtasining qarshisida uning sirtidan $a=1sm$ masofada joylashgan nuqtadagi maydon kuchlanganligi E aniqlansin.

109. Uzunligi $l=12\text{sm}$ bo'lgan ingichka tayoqcha $\tau=200\frac{nC}{m}$ chiziqli zichlik bilan zaryadlangan. Tayoqcha o'rtasining qarshisida undan $r=5\text{sm}$ masofada joylashgan nuqtadagi elektr maydon kuchlanganligi E topilsin.

110. Elektr maydon yuzalari bo'ylab bir tekis taqsimlangan bir xil ($\sigma=1\frac{nC}{m^2}$) zaryadli ikkita cheksiz parallel plastina tomonidan hosil qilingan. 1) plastinalar orasidagi; 2) plastinalardan tashqaridagi maydon kuchlanganligi E aniqlansin. Kuchlanganlikning plastinalarga tik chiziq bo'ylab o'zgarish grafigi tuzilsin.

111. Zaryadi $\sigma=20\frac{nC}{m^2}$ sirt zichligi bilan yuza bo'ylab bir tekis taqsimlangan cheksiz plastinaga parallel ravishda zaryadi uzunligi bo'ylab bir tekis taqsimlangan ($\tau=0,4\frac{mC}{m}$) ingichka tola joylashgan. Uzunligi $l=1\text{m}$ bo'lgan tola bo'lagiga ta'sir etuvchi F kuch aniqlansin.

112. Har birining yuzasi $s=100\text{sm}^2$ dan bo'lgan ikkita bir xil doiraviy plastinalar bir – biriga parallel joylashgan. Birinchi plastinaning zaryadi $q_1=+100nC$, boshqasini $q_2=-100nC$. Plastinalar orasidagi masofa: 1) $r_1=2\text{sm}$; 2) $r_2=10\text{m}$ bo'lganda, ularning o'zaro tortishish kuchi F aniqlansin.

113. Ikkita parallel, cheksiz uzun to'g'ri tolalarda $\tau_1=0,1\frac{\mu C}{m}$ va $\tau_2=0,2\frac{\mu C}{m}$ chiziqli zichliklar bilan uzunlik bo'ylab tekis taqsimlangan zaryad bor. Tolalarning uzunliklari $l=1\text{m}$ bo'lgan bo'lagiga to'g'ri keluvchi o'zaro ta'sir kuchi F aniqlansin. Tolalarning orasidagi masofa $r=10\text{sm}$.

114. Maydoni $q=1nC$ nuqtaviy zaryad hosil qilgan zaryadlar $r=20\text{sm}$ uzoqlikda turgan nuqtaviy maydon potentsiali aniqlansin.

115. Bir – biridan $d=10\text{sm}$ masofada turgan ikkita $q_1=100nC$ va $q_2=10nC$ nuqtaviy zaryadlar tizimining potentsial energiyasi W hisoblansin.

116. Ingichka tayoqchalar tomonining uzunligi a bo'lgan kvadrat hosil qiladilar. Tayoqchalar $\tau=1,33\frac{nC}{m}$ chiziqli zichlik bilan zaryadlanishgan. Kvadratning markazidagi potentsial φ topilsin.

117. $R=5\text{sm}$ radiusli metall sharda $q=1nC$ zaryad bor. Shar $d=2\text{sm}$ qalinlikdagi ebonit qatlami bilan o'ralgan. Sharining markazidan: 1) $r_1=3\text{sm}$; 2) $r_2=6\text{sm}$; 3) $r_3=9\text{sm}$ masofadagi elektr maydon potentsiali hisoblansin. $\varphi(r)$ bog'lanishning grafigi tuzilsin.

118. Bir jinsli elektr maydonning muayyan nuqtasidagi kuchlanganligi $E=600\frac{V}{m}$. Shu nuqta va kuchlanganlik vektori bilan $\alpha=60^\circ$ burchak hosil qiladigan to'g'ri chiziqda yotuvchi boshqa bir nuqta orasidagi potentsiallar farqi U hisoblansin. Nuqtalar orasidagi masofa $\Delta r=2\text{mm}$.

119. Elektr maydonni musbat nuqtaviy zaryad hosil qilgan nuqta zaryaddan $r = 2\text{sm}$ uzoqlikdagi nuqtada maydon potentsiali $\varphi = 24\text{V}$. Shu nuqtadagi potentsial gradientining yo'nalishi va qiymati aniqlansin.

120. $q_1 = 1\mu\text{C}$ va $q_2 = 0,1\mu\text{C}$ nuqtaviy zaryadlar bir – biridan $r_1 = 10\text{sm}$ sm masofada turishibdi. Agar ikkinchi zaryad birinchisidan itarilib undan: 1) $r_2 = 10\text{sm}$; 2) $r_3 = 20\text{sm}$ masofaga uzoqlashsa, bunda maydon kuchlari qanday A ishni bajaradi?

121. Ingichka tayoqcha yarim halqa shaklida qayrilgan. Tayoqcha $\tau = 133\frac{n\text{C}}{m}$ chiziqli zichlik bilan zaryadlangan $q = 6,7n\text{C}$ zaryadni yarim halqaning markazidan cheksizlikka ko'chirish uchun qanday A ish bajarish kerak?

122. Elektron lampaning katodi va anodi orasidagi potentsiallar farqi $U = 90\text{V}$, masofa $r = 1\text{mm}$. Elektron katoddan anodga tomon qanday a tezlanish bilan harakat qiladi? Anodga urilgan paytda elektronning tezligi v qanday bo'ladi? Elektron katoddan anodgacha bo'lgan masofani qanday t vaqtda uchib o'tadi? Maydon bir jinsli deb hisoblansin.

123. Elektron yassi kondensator qoplamalari orasidagi bo'shliqqa qoplamalarga parallel ravishda $v = 10\frac{Mm}{s}$ tezlik bilan uchib kirdi. Agar qoplamalar orasidagi masofa $d = 16\text{mm}$, potentsiallar farqi $U = 30\text{V}$ va qoplamalar uzunligi $l = 6\text{sm}$ bo'lsa, kondensator ichida harakatlanish vaqtida elektron musbat zaryadlangan qoplamaga qancha yaqinlashadi (maydon bir jinsli deb hisoblansin)?

124. Qoplamalari orasidagi masofa $d = 2\text{sm}$ bo'lgan yassi kondensatorga qoplamalarning har biridan bir xil masofada bo'lgan va ularga parallel yo'nalgan $v = 10\frac{Mm}{s}$ tezlikli elektron uchib kirdi. Har bir qoplamaning uzunligi $l = 10\text{sm}$. Elektron kondensatordan uchib chiqib ketmasligi uchun qoplamalarga qanday eng kichik U potentsiallar farqi qo'yilishi kerak?

125. Agar zaryadi $q = 10n\text{C}$, yelkasi $l = 0,5\text{sm}$ bo'lsa, dipolning elektr momenti p hisoblansin.

126. Elektr momentlari $p_1 = 1p\text{C}\cdot m$ va $p_2 = 4p\text{C}\cdot m$ bo'lgan ikki dipol bir – biridan $r = 2\text{sm}$ masofada turibdi. Agar dipollarning o'qlari bir to'g'ri chiziqda yotgan bo'lsa, ularning o'zaro ta'sir kuchlari aniqlansin.

127. Yassi kondensator qoplamalari orasidagi masofa $d = 2\text{mm}$, potentsiallar farqi $U = 1,8k\text{V}$ dielektrik shisha. Shishaning dielektrik qabul qiluvchanligi χ va shisha sirtidagi qutblangan (bog'langan) zaryadlarning sirt zichligi σ' aniqlansin.

128. $E_0 = 1\frac{mV}{m}$ kuchlanganlikli elektr maydonga dielektrik ($\varepsilon = 3$) plastinasini kiritdilar. Ichki maydonni Lorents maydoni deb faraz qilib, uning dielektrikdagi alohida molekulaga ta'sir etuvchi, muayyan (lokal) maydonning kuchlanganligi E_m aniqlansin.

129. Dielektrik singdiruvchanlik ε ning qanday maksimal qiymatida muayyan maydonning kuchlanganligi E_m ni tashqi maydon kuchlanganligi E_0 bilan almashtirishdagi xatolik 1% dan oshmaydi?

130. $E_0 = 5 \frac{mV}{m}$ kuchlanganlikli tashqi elektr maydonga joylashtirilgan shishaning qutblanganligi P aniqlansin.

131. $R = 1sm$ radiusli yakkalangan metall sharning elektr sigimi C topilsin.

132. Radiuslari $R_1 = 2sm$ va $R_2 = 6sm$ bo'lgan ikkita metall shar sig'imini inobatga olmaslik mumkin bo'lgan o'tkazgich bilan tutashtirilgan. Sharlarga $q = 1nC$ zaryad berilgan. Sharlardagi zaryadning sirt zichligi σ topilsin.

133. Yassi kondensatorning elektr sig'imi $1,5\mu F$ ga teng. Qoplamalar orasidagi masofa $d = 5mm$. Agar pastdagi qoplamaga $d_1 = 3mm$ qalinlikli ebonit taxtachasi qo'yilsa, kondensatorning elektr sig'imi C qanday bo'ladi?

134. Yassi kondensator qoplamalari orasida zich yopishib turgan shisha taxtacha bor. Kondensator $U_1 = 100V$ potentsiallar farqigacha zaryadlangan. Agar shisha taxtacha kondensatordan chiqarib olinsa, potentsiallar farqi U_2 qanday bo'ladi?

135. $C_1 = 0,2\mu F$ elektr sig'imli kondensator $U_1 = 320V$ potentsiallar farqigacha zaryadlangan. Uni $U_2 = 540V$ potentsiallar farqigacha zaryadlangan ikkinchi kondensator bilan parallel ulaganlaridan keyin undagi kuchlanish $400V$ gacha o'zgardi. Ikkinchi kondensatorning sig'imi C_2 hisoblansin.

136. Yassi kondensator qoplamalari orasidagi d masofa $2sm$ ga teng. Potentsiallar farqi $U = 6kV$. Har bir qoplamaning q zaryadi $10nC$ ga teng. Kondensator maydonining energiyasi W va qoplamlarning o'zaro tortishishi kuchi F hisoblansin.

137. Yassi kondensator qoplamalari orasidagi bo'shliq hajmi $V = 100sm^3$ bo'lgan dielektrik (chinni) bilan to'ldirilgan. Kondensator qoplamalaridagi zaryadning sirt zichligi $\delta = 8,85 \frac{nC}{m}$. Dielektrikni kondensatordan olib tashlash uchun bajarish kerak bo'lgan A ish hisoblansin. Dielektrik va kondensator qoplamalari orasidagi ishqalanish hisobga olinmasin.

138. Radiusi $R = 10sm$ bo'lgan yaxlit parafin shar $\rho = 10 \frac{nC}{m^3}$ hajmiy zichlik bilan hajm bo'ylab bir tekis zaryadlangan. Elektr maydonining sharning o'zida mujassamlashgan energiyasi w_1 va undan tashqaridagi energiyasi w_2 aniqlansin.

139. O'tkazgichdagi tok kuchi $t_1 = 10s$ vaqt davomida $I_0 = 0$ dan $I = 3A$ gacha bir tekisda o'sadi. O'tkazgichdan o'tgan zaryad q aniqlansin.

140. EYuK $\varepsilon = 1,5V$ ichki qarshiligi $r = 0,4\Omega$ bo'lgan 12 ta element berilgan. Ulardan tuzilgan batareyadan qarshiligi $R = 0,3\Omega$ bo'lgan tashqi zanjirda eng katta tok kuchini olish uchun bu elementlar qanday ulanishi kerak? Maksimal tok kuchi $I_{\max}$ aniqlansin.

141. Ikkita element ($\varepsilon_1 = 1,2V$, $r_1 = 0,1\Omega$, $\varepsilon_2 = 0,9V$, $r_2 = 0,3\Omega$) bir xil ismli qutblari bilan ulangan. Tutashtiruvchi simlarning qarshiligi $R = 0,2\Omega$. Zanjirdagi tok kuchi I aniqlansin.

142. EYuK lari $\varepsilon_1 = 12V$, $\varepsilon_2 = 5V$, $\varepsilon_3 = 10V$ va $r = 1\Omega$ bir xil ichki qarshilikli uchta batareya bir xil ismli qutblari bilan o'zaro ulangan. Tutashtiruvchi simlarning qarshiliklari juda kichik. Har bir batareyadan oqayotgan tok kuchi I aniqlansin.

143. Elektr qaynatgichning o'rami ikki bo'limga ega. Agar faqat birinchi bo'lim ulansa, unda suv $t_1 = 15\text{min}$ da qaynaydi. Faqat ikkinchisi ulanganda esa $t_2 = 30\text{min}$ da qaynaydi. Agar ikkala bo'lim ham ketma – ket; parallel ulansa suv necha minutdan keyin qaynaydi?

144. O'tkazgichdagi tok kuchi $\tau = 10s$ vaqt davomida $I_0 = 0$ dan biror maksimal qiymatgacha bir tekisda ortadi. Bu vaqt ichida o'tkazgichda $Q = 1kJ$ issiqlik miqdori ajraldi. Agar o'tkazgichning qarshiligi $R = 3\Omega$ bo'lsa, undagi tokning o'sish tezligi aniqlansin.

145. O'tkazgich kesimining yuzasi $S = 1\text{mm}^2$ tok kuchi $I = 10A$ bo'lganda mis o'tkazgichdagi elektronlarning tartibli harakatining o'rtacha tezligi $\langle v \rangle$ aniqlansin. Misning har bir atomiga ikkita o'tkazuvchan elektron to'g'ri keladi, deb qabul qilinsin.

146. Agar issiqlik o'tkazuvchanligining solishtirma o'tkazuvchanligiga nisbati $\frac{\lambda}{\gamma} = 6,7 \cdot 10^{-6} \frac{V^2}{C}$ bo'lsa, metallar elektr o'tkazuvchanligining mumtoz nazariyasiga asoslanib elektronlarning metalldagi o'rtacha kinetik energiyasi $\langle \varepsilon \rangle$ aniqlansin.

147. Ionizatsion kamera yassi elektrodleri orasidagi havo rentgen nurlari bilan ionlantirilmogda. Kamera orqali oqayotgan tok kuchi $I = 1,2\mu A$. Har bir elektrodning yuzasi $S = 300\text{sm}^2$, ular orasidagi masofa $d = 2\text{sm}$, potentsiallar farqi $100V$. Agar tok to'yinish holatidan uzoqda bo'lsa, plastinalar orasidagi juft ionlar konsentratsiyasi n topilsin. Musbat ionlarning harakatchanligi $b_+ = 1,4 \frac{\text{sm}^2}{V \cdot s}$ va manfiylariniki $b_- = 1,9 \frac{\text{sm}^2}{V \cdot s}$.

Har bir ionning zaryadi elementar zaryadga teng.

148. Yassi elektrodleri orasidagi masofasi $d = 5\text{sm}$ bo'lgan ionizatsion kamerada zichligi $j = 16 \frac{\mu A}{\text{m}^2}$ bo'lgan to'yinish toki o'tadi. Kamera ichidagi har bir santimetr kubda $1s$ da hosil bo'ladigan juft ionlar soni n aniqlansin.

149. $I = 10A$ tok oqayotgan ingichka halqa markazidagi magnit induksiya topilsin. Halqaning radiusi $r = 5\text{sm}$.

150. Uzun to'g'ri solenoid o'ramlari bir – biriga zich jipslashib turadigan qilib, diametri $d = 0,5\text{mm}$ bo'lgan simdan o'ralgan. Tok kuchi $I = 4\text{A}$ bo'lganda solenoid ichidagi magnit maydon kuchlanganligi H qanday bo'ladi?

Izox: Yozma ish tanlashda sinov daftarchasining oxirgi 2 ta raqamidan foydalaniladi. 1 - raqam vertikal va 2 - raqam gorizontall joylashgan ustunlardagi sonlarga mos kelishi lozim.

Jadval.№1. Ikki semestr fizika kursidan ta’lim olayotgan talabalar uchun

№	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	3,12,23,42, 54,65,95,89, 103,113,123, 142	2,13,25,39, 53,71,92,98, 102,113,125, 139	8,18,35,40, 51,70,88,95, 108,118,135, 140	4,20,38,34, 58,68,90,97, 108,120,138, 134	9,19,36,41, 55,59,86,91, 109,119,136, 141	12,22,37,42, 62,72,92,99, 122,137,142, 149	12,23,43,50, 73,80,98,96, 123,143,150, 151	3,11,27,43, 56,68,93,95, 111,127,143, 145	2,12,27,41, 57,68,87,91, 112,128,141, 150	5,12,20,35, 51,64,85,99, 112,120,135, 149
1	1,13,25,38, 59,75,88,94, 101,113,125, 138	3,14,28,39, 58,67,89,95, 103,114,128, 139	2,15,21,37, 57,71,93,99, 102,115,121, 137	4,11,24,31, 54,61,81,98, 104,111,124, 131	3,15,26,42, 58,61,88,95, 103,115,126, 142	5,11,19,26, 45,55,76,88, 111,119,126, 138	2,13,20,34, 45,51,70,77, 113,120,134, 139	8,24,40,47, 65,74,90,97, 124,140,147, 150	5,12,28,36, 57,62,86,92, 112,128,136, 148	4,11,20,28, 43,58,70,96, 114,120,128, 133
2	9,17,37,49, 67,78,93,99, 109,117,137, 149	4,12,24,33, 58,68,83,94, 104,112,124, 133	2,14,28,35, 57,64,85,92, 102,114,128, 135	1,15,22,34, 51,65,84,90, 101,115,122, 134	9,19,38,48, 62,80,98,75, 109,119,138, 148,	6,19,27,34, 56,73,89,97, 119,127,134, 147	1,16,30,43, 51,66,90,93, 116,130,143, 150	7,23,37,43, 57,73,87,98, 123,137,143, 148	3,18,29,45, 61,75,90,96, 118,129,145, 150	4,12,26,38, 54,69,88,95, 112,126,138, 146
3	1,13,25,38, 57,69,89,95, 102,114,127, 135	2,14,26,39, 52,64,83,96, 102,114,126, 139	3,15,27,47, 65,77,97,99, 103,115,128, 147	4,16,28,35, 60,72,85,95, 104,116,128, 135	5,17,25,42, 61,73,94,98, 105,117,125, 142	6,18,24,30, 62,74,93,100, 118,124,130, 143	1,11,24,31, 64,43,89,97, 111,125,131, 140	7,18,32,41, 52,65,87,93, 118,132,141, 145	3,13,26,33, 46,59,76,83, 113,126,133, 142	4,14,27,34, 55,70,93,97, 114,127,134, 147
4	5,15,24,35, 60,71,84,98, 105,115,124, 135	6,16,29,49, 73,79,95,99, 106,116,129, 149,	2,14,20,30, 57,71,85,91, 102,144,120, 130	3,15,29,41, 58,72,91,93, 103,115,129, 141	9,23,42,46, 73,87,96,94, 109,123,142, 146	10,24,38,47, 74,88,97,99, 124,138,147, 150	6,10,25,39, 61,75,93,98, 110,125,139, 143	12,29,40,44, 62,76,90,94, 129,140,144, 149	8,20,34,43, 63,77,95,100, 120,134,143, 150	4,18,31,40, 64,75,93,99, 118,131,140, 149
5	3,17,30,44, 59,74,94,100, 103,117,130, 144	4,17,31,35, 54,67,92,97, 104,117,131, 135	5,18,32,43, 59,71,90,96, 105,118,132, 143	6,19,33,44, 56,76,87,94, 106,119,133, 144	7,27,38,45, 57,77,93,97, 107,127,138, 145	2,13,27,40, 58,70,90,99, 113,127,140, 145	3,14,21,35, 46,59,85,91, 114,121,135, 141	4,15,27,42, 60,72,92,97, 115,127,142, 147	5,16,28,43, 61,73,93,98, 116,128,143, 148	6,17,24,38, 46,62,88,94, 117,124,138, 144
6	4,15,28,33, 59,68,89,95, 103,114,126, 142	3,15,26,42, 58,71,92,98, 102,119,131, 137	2,19,31,37, 60,74,99,80, 101,111,125, 139	1,11,25,39, 58,69,87,98, 102,112,120, 135	2,11,20,35, 58,70,86,100, 102,112,120, 135	2,15,30,41, 57,70,91,98, 115,130,141, 148,	7,19,31,44, 63,75,94,97, 119,131,144, 149	2,12,25,40, 57,68,90,94, 112,125,140, 144	4,16,29,42, 50,59,87,93, 116,129,142, 145	4,10,19,38, 68,69,93,97, 110,119,138, 147
7	3,13,27,45, 58,68,93,99, 103,113,127, 145	2,14,26,40, 57,69,90,96, 102,114,126, 140	2,12,21,35, 47,59,85,97, 101,112,121, 135	4,16,25,41, 59,69,97,91, 104,116,125, 141	6,17,29,37, 60,70,92,100, 106,117,129, 137	6,15,30,43, 63,73,93,99, 115,132,143, 147	1,19,24,31, 63,74,93,96, 119,124,131, 145	7,19,44,46, 69,79,94,96, 119,114,146, 150	3,18,19,36, 58,69,92,97, 108,119,136, 147	6,14,21,29, 55,65,87,95, 114,121,129, 145
8	2,10,19,34, 60,69,87,96, 102,110,119, 134	4,15,17,33, 54,65,89,97, 104,115,117, 147	2,8,28,36, 58,71,92,95, 112,121,135, 139	3,9,15,37, 59,65,87,96, 116,125,141, 148	4,9,19,30, 59,69,93,97, 118,129,137, 150	6,12,20,34, 59,70,89,95, 112,120,134, 139	2,10,21,35, 52,71,85,96, 110,121,135, 146	3,9,25,36, 53,66,91,96, 109,125,136, 148	6,13,29,37, 56,67,87,98, 113,129,137, 149	5,12,21,28, 40,59,78,83, 112,121,128, 133
9	6,16,30,35, 56,62,80,97, 116,130,135, 148	4,13,16,33, 57,66,89,94, 113,116,133, 145	1,13,20,35, 56,70,92,98, 114,120,135, 142	2,14,27,43, 53,71,93,99, 115,127,143, 149	7,10,20,39, 57,67,94,98, 120,139,148, 150	7,16,20,30, 50,60,80,100, 116,120,130, 140	9,11,23,36, 61,66,91,96, 111,123,136, 146	4,10,26,37, 60,76,92,99, 110,126,137, 142	7,14,30,38, 59,68,88,98, 114,130,138, 148	6,19,25,35, 67,75,93,99, 119,125,135, 149,

V - BOB. ELEKTROMAGNETIZM

20-§. O'ZGARMAS TOKNING MAGNIT MAYDONI

Asosiy formulalar

- Bio – Savar – Laplas qonuni

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} [dl, \vec{r}] \frac{I}{r^3},$$

bunda $d\vec{B}$ - tokli o'tkazgich elementi hosil qiladigan magnit maydon induksiyasi; μ - magnit singdiruvchanlik; μ_0 - magnit doimiysi ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{H}{m}$); dl - moduli bo'yicha o'tkazgich uzunligi dl a teng va yo'nalishi bo'yicha tok bilan mos keluvchi vektor (o'tkazgich elementi); I - tok kuchi; $\vec{r}$ - o'tkazgich elementining markaidan magnit induksiyasi aniqlanadigan nuqtaga o'tkazilgan radius – vektor.

$d\vec{B}$ vektorning moduli

$$dB = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \cdot \frac{I \sin \alpha}{r^2} dl$$

formula bilan aniqlanadi, bunda α – $d\vec{l}$ va $\vec{r}$ vektorlar orasidagi burchak.

- Magnit induksiyasi $\vec{B}$ magnit maydon kuchlanganligi $\vec{H}$ bilan (bir jinsli izotrop muhit holida)

$$\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}$$

munosabat orqali bog'langan; vakuumda esa

$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H}.$$

- Tokli aylanma o'tkazgich markazidagi magnit induksiyasi

$$B = \frac{\mu_0 \mu}{2} \cdot \frac{I}{R},$$

R - o'tkazgichning egrilik radiusi.

- Tokli cheksiz uzun to'g'ri o'tkazgich hosil qiladigan magnit maydon induksiyasi

$$B = \frac{\mu_0 \mu}{2\pi} \cdot \frac{I}{r},$$

bunda r - o'tkazgichning o'qigacha bo'lgan masofa.

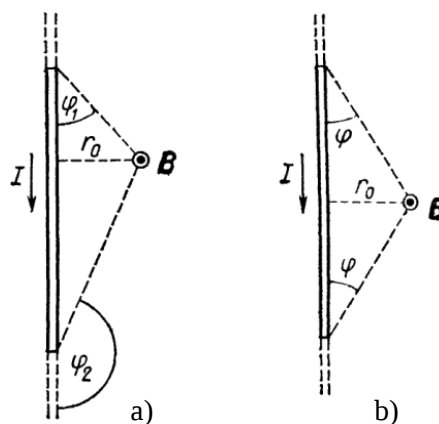
O'tkazgichning bir bo'lagi hosil qiladigan magnit maydon induksiyasi

$$B = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \cdot \frac{I}{r_0} (\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2).$$

Belgilashlar 11, a – rasmdan ko'rinib turibdi. Induksiya vektori $\vec{B}$ chizma tekisligiga tik, biz tomonga yo'nalgan va shuning uchun nuqta bilan tasvirlangan.

O'tkazgich uchlari magnit induksiyasi aniqlanayotgan nuqtaga nisbatan simmetrik joylashganda (11, b – rasm) – $\cos \varphi_2 = \cos \varphi_1 = \cos \varphi$ va natijada

$$B = \frac{\mu_0 \mu}{2\pi} \cdot \frac{I}{r_0} \cos \varphi,$$



11 – rasm.

➤ Solenoidning o'zining o'rta qismida (yoki toroidning o'z oqida) hosil qilgan magnit maydon induksiya

$$B = \mu_0 \mu n I,$$

bunda n - solenoidning birlik uzunligiga to'g'ri keluvchi o'ramlar soni; I - bir o'ramdagi tok kuchi.

➤ Magnit maydonlarining superpozitsiya prinsipi: natijaviy maydonning magnit induksiya $\vec{B}$ qo'shiluvchi maydonlar magnit induksiyalari $\vec{B}_1, \vec{B}_2, \dots, \vec{B}_n$ larning vektor yig'indisiga teng, ya'ni

$$\vec{B} = \sum_{i=1}^n \vec{B}_i.$$

Xususiyl holda, ikki maydon ustma – ust tushganda

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2.$$

Yig'indi maydon induksiyasining moduli esa

$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2 + 2B_1B_2 \cos \alpha},$$

bunda α – $\vec{B}_1$ va $\vec{B}_2$ vektorlar orasidagi burchak.

21-§. MAGNIT MAYDONDAGI TOKLI O'TKAZGICHGA TA'SIR ETADIGAN KUCH

Asosiy formulalar

- Amper qonuni. Magnit maydondagi tokli o'tkazgichga ta'sir etadigan kuch

$$\vec{F} = [\vec{l} \vec{B}]I,$$

bunda I - tok kuchi; $\vec{l}$ - moduli jihatdan o'tkazgich uzunligi l ga teng va yo'nalishi bilan mos keluvchi vektor; $\vec{B}$ - maydonning magnit induksiyasi.

$\vec{F}$ vektorning moduli

$$F = BIl \sin \alpha$$

ifoda bilan aniqlanadi. Bunda α - $\vec{l}$ va $\vec{B}$ vektorlar orasidagi burchak.

- Bir-biridan d masofada turgan I_1 va I_2 tok kuchli ikkita to'g'ri cheksiz uzun parallel o'tkazgichning l uzunlikli bo'laklariga to'g'ri keluvchi o'zaro ta'sir kuchi quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$F = \frac{\mu_0 \mu}{2\pi} \cdot \frac{I_1 I_2}{d} l.$$

- Tokli konturning magnit momenti

$$\vec{P}_m = I\vec{S},$$

bunda $\vec{S}$ - moduli jihatdan kontur o'rab turgan S yuzaga teng, yo'nalishi uning teksligiga o'tkazilgan normal bilan mos keluvchi vektor.

- Bir jinsli magnit maydonga joylashtirilgan tokli konturga ta'sir etayotgan mexanik moment.

$$\vec{M} = [\vec{P}_m \cdot \vec{B}].$$

Mexanik modelning moduli

$$M = P_m B \sin \alpha,$$

bunda α - $\vec{P}_m$ va $\vec{B}$ vektorlar orasidagi burchak.

- Magnit maydondagi tokli konturning potensial (mexanik) energiyasi

$$E_{mex} = \vec{P}_m \vec{B} = P_m B \cos \alpha.$$

- Magnit maydondagi tokli konturga ta'sir etayotgan kuch (x o'qi bo'ylabo'zgaruvchi)

$$F = P_m \frac{\partial B}{\partial x} \cos \alpha,$$

bunda $\frac{\partial B}{\partial x}$ - magnit induksiyaning OX o'qi bo'ylab uzunlik birligiga mos keluvchi

o'zgarishi; α - $\vec{P}_m$ va $\vec{B}$ vektorlar orasidagi burchak.

22-§. MAGNIT MAYDONDA HARAKATLANAYOTGAN ZARYADGA TA'SIR ETUVCHI KUCH

Asosiy formulalar

➤ $\vec{B}$ induksiyali magnit maydonda $\vec{v}$ tezlik bilan harakatlanayotgan q zaryadga ta'sir etuvchi $\vec{F}$ kuch (Lorens kuchi)

$$\vec{F} = q[\vec{v}\vec{B}] \text{ yoki } F = |q|vB\sin\alpha,$$

bunda α - harakatlanuvchi zaryadning tezlik vektori $\vec{v}$ va magnit maydon induksiya vektori $\vec{B}$ hosil qilgan burchak.

23-§. TO'LIQ TOK QONUNI. MAGNIT OQIMI. MAGNIT ZANJIRLAR

Asosiy formulalar

- Magnit induksiya vektori $\vec{B}$ ning yopiq kontur bo'ylab uyurmasi

$$\oint_L B_l dl,$$

bunda B_l - magnit induksiya vektorining L kontur bo'ylab elementar ko'chish dl yo'nalishidagi proyeksiyasi. Kuchlanganlik vektori H ning yopiq kontur bo'ylab uyurmasi

$$\oint_L H_l dl.$$

- To'liq tok qonuni (bo'shliq (vakuum) dagi magnit maydon uchun)

$$\oint_L B_l dl = \mu_0 \sum_{i=1}^n I_i.$$

bunda μ_0 - magnit doimiysi, $\sum_{i=1}^n I_i$ - kontur qamrab olgan toklarning algebraik yig'indisi; n - toklarning soni.

To'liq tok qonuni (ixtiyoriy muhit uchun)

$$\oint_L H_l dl = \sum_{i=1}^n I_i.$$

S yuzali yassi kontur orqali magnit oqimi Φ :

a) bir jinsli maydon holida

$$\Phi = BS \cos \alpha \text{ yoki } \Phi_n = B_n S,$$

bunda α - kontur tekisligining normal vektori $\vec{n}$ va magnit induksiya vektori $\vec{B}$ lar orasidagi burchak; B_n - $\vec{B}$ vektorining normal n ga proyeksiyasi ($B_n = B \cos \alpha$);

b) bir jinsli bo'lmagan maydon holida

$$\Phi = \int_S B_n dS,$$

bunda integrallash butun S sirt bo'yicha bajariladi.

➤ Oqim ilashuvi, ya'ni solenoid yoki toroidning barcha o'ramlariga ilashgan to'liq magnit oqimi

$$\Psi = N\Phi,$$

bunda Φ - bitta o'ram orqali o'tuvchi magnit oqimi; N - solenoid yoki toroiddagi o'ramlar soni.

O'zagi magnit krituvchanliklari turlicha bo'lgan maoddalardan yasalgan ikki qismdan iborat bo'lgan toroidning magnit maydoni:

a) toroidning o'q chizig'idagi magnit induksiya

$$B = \frac{IN}{\frac{l_1}{\mu_1\mu_0} + \frac{l_2}{\mu_2\mu_0}}$$

bunda I - toroid chulg'amidagi tok kuchi; N - uning o'ramlar soni; l_1 va l_2 - toroid o'zagining birinchi va ikkinchi qismlarining uzunliklari; μ_1 va μ_2 - toroid o'zagining birinchi va ikkinchi qismlari moddalarining magnit singdiruvchanliklari; μ_0 - magnit doimiysi;

b) o'zakning birinchi va ikkinchi qismlarida toroidning o'q chizig'idagi magnit maydon kuchlanganligi

$$H_1 = \frac{B}{\mu_1\mu_0}, \quad H_2 = \frac{B}{\mu_2\mu_0};$$

d) toroid o'zagida

$$\Phi_t = \frac{IN}{\frac{l_1}{\mu_1\mu_0 S} + \frac{l_2}{\mu_2\mu_0 S}}$$

yoki Om qonuniga qiyosan (Gopkinson formulasi)

$$\Phi_t = \frac{F_t}{R_t},$$

bunda F_m - magnit yurituvchi kuch; R_m - zanjirning to'liq magnit qarshiligi;

e) zanjir qismining magnit qarshiligi

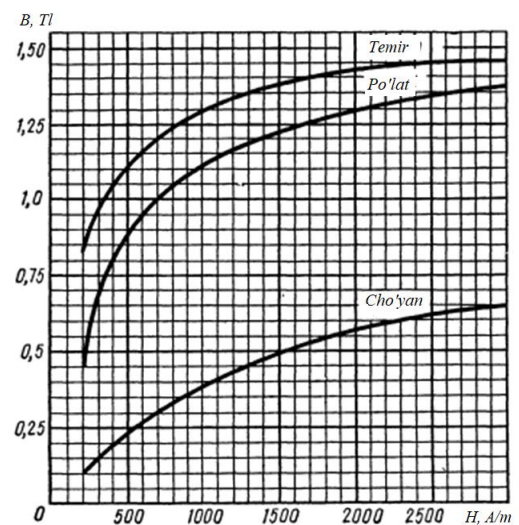
$$R_m = \frac{l}{\mu\mu_0 S}.$$

➤ Ferromagnetiklarning magnit singdiruvchanligi μ undagi maydonning magnit induksiyasi B va magnitlovchi maydonning kuchlanganligi H bilan

$$\mu = \frac{B}{\mu_0 H}.$$

munosabat orqali bog'langan.

➤ Ferromagnetikdagi maydonning magnit induksiyasi B va magnitlovchi maydonning kuchlanganligi H orasidagi bog'lanish grafik usulida ifodalanadi (12 – rasm).



12 – rasm.

24-§. MAGNIT MAYDONDA TOKLI O'TKAZGICHNI KO'CHIRISHDA BAJARILGAN ISH. ELEKTROMAGNIT INDUKSIYA. INDUKTIVLIK

Asosiy formulalar

- Magnit maydonda tokli konturni ko'chirishda bajarilgan ish

$$A = I\Delta\Phi,$$

bunda $\Delta\Phi$ - kontur bilan chegaralangan sirtga singuvchi magnit oqimining o'zgarishi;
 I - konturdagi tok kuchi.

- Elektromagnit induksiyaning asosiy qonuni (Faradey – Maksvell) qonuni.

$$\varepsilon_i = -N \frac{d\Phi}{dt} = \frac{d\Psi}{dt},$$

bunda ε_i - induksiya elektr yurituvchi kuch; N - konturning o'ramlar soni; Ψ - oqim ilashuvi.

Elektromagnit induksiyaning asosiy qonuni qo'llaniladigan xususiy hollar:

a) bir jinsli magnit maydonda v tezlik bilan harakatlanayotgan l uzunlikli o'tkazgich uchlaridagi potentsiallar farqi

$$U = Blv \sin \alpha,$$

bunda α – tezlik vektori $\vec{v}$ va magnit induksiya vektori $\vec{B}$ orasidagi burchak:

b) S yuzali N o'ramdan iborat ramkaning B induksiyali bir jinsli magnit maydonda ω burchak tezlik bilan aylanishida ramkada vujudga keladigan induksiya elektr yurituvchi kuch

$$\varepsilon_i = BNS\omega \sin \omega t,$$

bunda $\omega t - \vec{B}$ vektor va ramka teksligiga normal vektor $\vec{n}$ lar orasidagi burchakning oniy qiymati.

- Konturdan oqayotgan elektr miqdori

$$q = \frac{\Delta\Psi}{R},$$

bunda R - konturning qarshiligi; $\Delta\Psi$ - oqim ilashuvining o'zgarishi.

➤ Yopiq konturda undagi tok kuchining o'zgarishi natijasida vujudga keladigan o'zinduksiya elektr yurituvchi kuch

$$\varepsilon_i = -L \frac{dI}{dt} \text{ yoki } \langle \varepsilon_i \rangle = -L \frac{\Delta I}{\Delta t},$$

bunda L - konturning induktivligi.

- Konturning oqim ilashuvi

$$\Psi = LI,$$

bunda L - konturning induktivligi.

- Solenoidning (toroidning) induktivligi

$$L = \mu_0 \mu n^2 V.$$

Keltirilgan formulaga asosan, o'zakli solenoid (toroid) induktivligini hisoblashning barcha hollarida magnit kirituvchanlikni aniqlash uchun $\bar{B}$ ning $\bar{H}$ ga bog'liqlik grafigidan (12 – rasmga q.) so'ngra esa

$$\mu = \frac{B}{\mu_0 H}$$

formuladan foydalanish kerak.

➤ R aktiv qarshilik va L induktivlikka ega bo'lgan zanjirdagi tok kuchi I ning oniy qiymati:

a) zanjir ulanganidan keyin

$$I = \frac{\mathcal{E}}{r} (1 - e^{-\frac{R}{L}t}),$$

bunda $\mathcal{E}$ - tok manbaining EYuK; t - zanjir ulanganidan keyin o'tgan vaqt;

b) zanjir uzilganidan keyin

$$I = I_0 e^{-\frac{R}{L}t},$$

bunda I_0 - $t=0$ da zanjirdagi tok kuchi; t - zanjir uzilgandan keyin o'tgan vaqt.

25-§. MAGNIT MAYDONINING ENERGIYASI

Asosiy formulalar

➤ Tok I induktivlikli yopiq konturda hosil qiladigan magnit maydonining energiyasi

$$W = \frac{1}{2} LI^2$$

bunda I - konturdagi tok kuchi.

Bir jinsli magnit maydoning (misol uchun, uzun solenoid maydonining) (hajmiy fazoviy) energiya zichligi

$$w = \frac{\mu_0 \mu H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0 \mu}.$$

➤ Tomson formulasi. Aktiv qarshiligi bo'lmagan konturdagi xususiy tebranishlar davri

$$T = 2\pi\sqrt{LC},$$

bunda L - konturning induktivligi; C - uning sig'imi.

➤ Elektromagnit to'lqinlar uzunligining davr T va tebranish chastotasi ν bilan bog'lanishi

$$\lambda = cT \text{ yoki } \lambda = \frac{c}{\nu},$$

bunda c - elektromagnit to'lqinlarning bo'shliq (vacuum) dagi tezligi ($c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$).

➤ Elektromagnit to'lqinlarning muhitdagi tezligi

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}},$$

bunda ϵ - muhitning dielektrik singdiruvchanligi; μ - magnit singdiruvchanligi.

26-§. MODDANING MAGNIT XOSSALARI

Asosiy formulalar

➤ Magnitlanganlik $\vec{J}$ moddaning kichik hajmi ΔV dagi magnit momentining shu hajmga nisbatiga teng kattalikdir:

$$\vec{J} = \frac{1}{\Delta V} \sum_{i=1}^N \vec{\mu}_{M_i},$$

$\vec{\mu}_{M_i}$ - alohida (i - chi) molekulaning magnit momenti; N - muayyan ΔV hajmdagi molekular soni.

➤ Izotrop magnetikda magnitlanganlik $\vec{J}$ magnit maydon kuchlanganligi H ga proporsional:

$$\vec{J} = \chi \vec{H},$$

bunda χ - magnit qabul qiluvchanlik (o'lchamsiz).

➤ Solishtirma magnit qabul qiluvchanlik χ_{sol} magnit qabul qiluvchanlik χ bilan

$$\chi_{sol} = \frac{\chi}{\rho}$$

munosabat orqali bog'langan, bunda ρ - moddaning zichligi.

➤ Molyar magnit qabul qiluvchanlik χ_m magnit qabul qiluvchanlik χ bilan

$$\chi_m = \frac{\mu}{\rho} \chi$$

munosabat orqali bog'langan.

Bor magnetoni μ_B - elementar magnit moment

$$\mu_B = \frac{e\hbar}{2m_e}$$

formula bilan aniqlanadi, bunda e - elementar zaryad; m_e - elektronning massasi.

➤ Magnit induksiya $\vec{B}$, kuchlanganlik $\vec{H}$ va izotrop magnetikdagi magnitlanganlik $\vec{J}$

$$\vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{J})$$

munosabat orqali bog'langan, bunda μ_0 - magnit doimiysi.

Izotrop paramagnetikning magnitlanganligi (Lanjeven nazariyasiga muvofiq)

$$J = n\mu_m L(a),$$

bunda n - molekularning konsentratsiyasi; μ_m - alohida olingan molekulaning magnit momenti; $L(a)$ - Lanjeven funksiyasi.

➤ Lanjeven funksiyasi

$$L(a) = \frac{e^a + e^{-a}}{e^a - e^{-a}} - \frac{1}{a},$$

bunda $a = \frac{\mu_m B}{kT}$.

Lanjevan funksiyasining taqribiy qiymatini ishorasi almashuvchi qator ko'rinishida tasvirlash mumkin

$$L(a) = \frac{1}{3}a - \frac{1}{45}a^3 + \frac{2}{945}a^5 - \dots$$

$a \ll 1$ bo'lganda ($\mu_m B \ll kT$) $L(a) \approx \frac{1}{3}$ va magnitlanganlik

$$J = \frac{n\mu_m}{3kT}B \text{ yoki } J = \mu_0 \frac{n\mu_m^2}{3kT}.$$

➤ $\mu_m B \ll kT$ bo'lganda paramagnit moddalarning magnit qabul qiluvchanligi

$$\chi = \mu_0 \frac{n\mu_m^2}{3kT}.$$

Elektromagnitizmga doir masalalar yechish namunalari

1 – misol. Elektron vakuumda $8 \cdot 10^8 \frac{\text{sm}}{\text{s}}$ tezlik bilan harakat qilib, kuchlanganligi 10ersted bo'lgan bir jinsli magnit maydonga kuch chiziqlari yo'nalishi bilan 20° burchak hosil qilib kelib kiradi. Elektronning trayektoriyasini aniqlang.

Berilgan.

Yechish.

$$v = 8 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$H = 10 \text{ersted}$$

$$\alpha = 20^\circ$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$$

$$R = ?$$

$$h = ?$$

Elektronning v tezligini ikkita tashkil etuvchiga: kuch chiziqlariga parallel v_1 va ularga perpendikulyar v_2 ga ajrataylik. Elektroniga v_2 tezlikka va maydon kuch chiziqlariga perpendikulyar $F = e v_2 H$ (1) kuch ta'sir qiladi, bunda e – elektronning zaryadi. Kattaligi o'zgarmaydigan va tezlikka perpendikulyar bo'lgan shu kuch ta'sirida elektron doimiy radiusli aylana bo'ylab harakat qiladi: $R = \frac{m v_2^2}{F}$ (2).

Shunday qilib, elektronning harakati ikki harakatdan: kuch chiziqlariga perpendikular tekislikda R radiusli aylana bo'ylab harakatdan va kuch chiziqlari yo'nalishida o'zgarmas v_1 tezlik bilan bo'ladigan harakatdan tashkil topadi. Bu harakatning trayektoriyasi vint chizig'idan iborat bo'ladi. Trayektoriyaning parametrlarini: aylanish radiusi R ni va vint qadami h ni aniqlaylik. (1) va (2) tenglamalardan F ni chiqarib tashlab, $v_2 = v \sin \alpha$ ning qiymatini qo'ysak, $R = \frac{m v^2}{e H \sin \alpha}$ (3). Vint qadamini bir marta aylanish vaqti $\frac{2\pi R}{v^2}$ ning kuch chiziqlari bo'ylab h masofagacha siljish uchun ketgan vaqtga teng bo'lishidan

aniqlaymiz: $\frac{2\pi R}{9\sin\alpha} = \frac{h}{\nu_1}$. Bu tenglamani h ga nisbatan yechaylik va $\nu_1 = \nu \cos\alpha$ ning

qiymatini hamda (3) tenglamadan R ning qiymatini olib qo'yaylik: $h = \frac{2\pi m \nu}{eh} \cos\alpha$ (4).

Sonlar bilan ifoda qilganimizda quyidagini topamiz: $R = 1,55 \cdot 10^{-2} m$, $h = 26,8 \cdot 10^{-2} m$

2 - misol. Radiusi $1,5m$ bo'lgan maxovoy gildirak magnit meridiani tekisligida joylashgan gorizont o'q atrofida minutiga 3000 marta aylanadi. Agar yer magnetizmi kuchlanganligining gorizont tashkil etuvchisi $0,2 \text{erst}$ bo'lsa, o'q bilan gildirakning gardishi orasida vujudga keladigan induksiya E.Yu.K qancha bo'ladi.

Berilgan:

$$R = 1,5m$$

$$\nu = 3000 \frac{\text{ayl}}{\text{min}} = 50 \frac{\text{ayl}}{\text{s}}$$

$$H = 0,2 \text{erst}$$

$$\mu = 1$$

$$\varepsilon_1 - ?$$

Yechish.

G'ildirakning AB kengayib birorta tasavvurdagi berk konturning

qo'zg'almas qismi deb faraz qilaylik dt vaqt ichida g'ildirak

$d\varphi = 2\pi m dt$ (1) burchakka burilsin, bunda konturning yuzi:

$dS = \frac{1}{2} R^2 d\varphi$ (2) miqdorda o'zgaradi. Buning natijasida konturdan

o'tuvchi magnit induksiya oqimi $d\Phi = m H dS$ (3) miqdorda

o'zgaradi, bunda μ - magnit singdiruvchanlik.

Magnit induksiya oqimining o'zgarishi konturda e.yu.k. vujudga kelishiga sabab bo'lib, uning kattaligi Faradey qonuniga asosan aniqlanadi: $\varepsilon_1 = -\frac{d\Phi}{dt}$ (4). (1), (2), (3) va

(4) tenglamalardan $\varepsilon_1 = -\pi R^2 \mu H$.

Magnit induksiya oqimining o'zgarishi faqat g'ildirakning AB qismining harakatiga bog'liq bo'lishi sababli, e.yu.k. ning hisoblab chiqarilgan qiymati shu qismning uchlariga taalluqlidir.

Kattaliklarning son qiymatlarini formulaga qo'yganimizda: $\varepsilon_1 = 7,07 mV$

27-§. MEXANIK TEBRANISHLAR

Asosiy formulalar

- Garmonik tebranishlar tenglamasi

$$x = A \cos(\omega t + \varphi),$$

bu yerda x - tebranayotgan nuqtaning muvozanat holatidan chetlashishi; t - vaqt; A , ω , φ - mos ravishda amplituda, burchak chastota, tebranishlarning boshlang'ich fazasi; $(\omega t + \varphi)$ - t ondagi tebranish fazasi

- Tebranishning burchak chastotasi

$$\omega = 2\pi\nu \quad \text{yoki} \quad \omega = \frac{2\pi}{T},$$

bu yerda ν va T - tebranish chastotasi va davri.

- Garmonik tebranayotgan nuqtaning tezligi

$$v = \dot{x} = -A\omega \sin(\omega t + \varphi).$$

- Garmonik tebranishda tezlanish

$$a = \ddot{x} = -A\omega^2 \cos(\omega t + \varphi).$$

➤ Bir xil chastotali, bir to'g'ri chiziqli bo'ylab ro'y beradigan ikki tebranishning qo'shilishi natijasida hosil bo'ladigan natijaviy tebranishning amplitudasi

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

formula bilan aniqlanadi; bu yerda A_1 va A_2 - qo'shiluvchi tebranishlarning amplitudalari; φ_1 va φ_2 - ularning boshlang'ich fazalari.

- Natijaviy tebranishning boshlang'ich fazasi φ quyidagi formuladan topilishi mumkin:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2}$$

➤ Turli xil amplitudalari bir – biriga yaqin bo'lgan ν_1 va ν_2 chastotali, bir to'g'ri chiziqli bo'ylab ro'y beradigan ikki tebranishning qo'shilishidan vujudga keladigan tepkili tebranish chastotasi

$$\nu = \nu_1 - \nu_2.$$

➤ Amplitudalari A_1 va A_2 boshlang'ich fazalari φ_1 va φ_2 bo'lgan, ikkita o'zaro tik tebranishlarda ishtirok etadigan nuqta trayektoriyasining tenglamasi

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - \frac{2xy}{A_1A_2} \cos(\varphi_1 - \varphi_2) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1).$$

Agar tashkil etuvchi tebranishlarning boshlang'ich fazalari φ_1 va φ_2 bir xil bo'lsa, u holda trayektoriya tenglamasi

$$y = \frac{A_2}{A_1} x \quad \text{yoki} \quad y = -\frac{A_2}{A_1} x$$

ko'rinishni oladi, ya'ni nuqta to'g'ri chiziq bo'ylab harakatlanadi.

Agar fazalar farqi $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{\pi}{2}$ bo'lsa, tenglama

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} = 1$$

ko'rinishni oladi, ya'ni ellips bo'ylab harakatlanadi.

➤ Moddiy nuqta garmonik tebranishining differensial tenglamasi

$$m\ddot{x} = -kx \quad \text{yoki} \quad \ddot{x} + \omega^2 x = 0$$

bu yerda m – nuqta massasi; k – kvaziqayishqoq kuch ko'effitsiyenti ($k = m\omega^2$).

➤ Garmonik tebranayotgan moddiy nuqtaning to'liq energiyasi

$$E = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 = \frac{1}{2} k A^2.$$

Prujinaga osilgan jism (prujinali tebrangich (mayatnik)) ning tebranish davri

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}},$$

bu yerda m – jismning massasi; k – prujinaning qattiqligi. Mazkur formula Guk qonuni bajariladigan sohalaridagi qayishqoq tebranishlar uchun (prujinaning massasi jism massasiga nisbatan kichik bo'lganda) o'rinli.

Matematik tebrangichning tebranish davri

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}},$$

bu yerda l – mayatnikning uzunligi; g – erkin tushish tezlanishi

Fizik tebrangichning tebranish davri

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mga}},$$

bu yerda J - tebranayotgan jismning tebranish o'qiga nisbatan inersiya momenti; a - tebranish o'qidan tebrangichning massa markazigacha bo'lgan masofa; $I = \frac{J}{ma}$ - fizik tebrangichning keltirilgan uzunligi.

Keltirilgan formulalar cheksiz kichik tebranish amplitudalari uchungina aniq bajariladi. Chekli amplitudalar uchun esa bu formulalar faqat taqribiy natijalarni beradi, xolos. $\approx 3\%$ dan katta bo'lmagan amplitudalar uchun davr qiymatining xatoligi 1% dan oshmaydi.

Qayishqoq ipga osilgan jismning buralma tebranish davri

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{k}},$$

bu yerda J - jismning qayishqoq ip bilan ustma – ust tushuvchi o'qqa nisbatan inertsia momenti; k - qayishqoq ipning buralishi natijasida vujudga keladigan qayishqoqlik momentining ip buralgan burchakka nisbatiga teng bo'lgan qattiqligi.

- So'nuvchi tebranishlarning differensial tenglamasi

$$m\ddot{x} = -kx - r\dot{x} \text{ yoki } \ddot{x} + 2\delta\dot{x} + \omega_0^2 x = 0,$$

bu yerda r - qarshilik koeffitsiyenti; δ so'nish koeffitsiyenti; $\delta = \frac{r}{2m}$; ω_0 -

tebranishning xususiy burchak chastotasi ($\omega_0 \sqrt{\frac{m}{k}}$).

- So'nuvchi tebranishlar tenglamasi

$$x = A(t) \cos(\omega t + \varphi).$$

bu yerda $A(t)$ - so'nuvchi tebranishlarning t paytdagi amplitudasi; ω - ularning burchak chastotasi.

- So'nuvchi tebranishlarning burchak chastotasi

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$$

- So'nuvchi tebranishlar amplitudasining vaqtga bog'liqligi

$$A(t) = A_0 e^{-\delta t},$$

bu yerda A_0 - vaqtning $t=0$ ondagi tebranish amplitudasi.

- Tebranishlarning logarifmik dekrementi

$$\theta = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} = \delta T,$$

bu yerda $A(t)$ va $A(t+T)$ - vaqt bo'yicha bir – biridan bir davrga farq qiladigan ikkita ketma – ket tebranishlarning amplitudalari.

- Majburiy tebranishlarning differensial tenglamasi

$$m\ddot{x} = -kx - r\dot{x} + F_0 \cos \omega t \text{ yoki } \ddot{x} + 2\delta\dot{x} + \omega_0^2 x = f_0 \cos \omega t,$$

bu yerda $F_0 \cos \omega t$ - tebranayotgan moddiy nuqtaga ta'sir etuvchi va majburiy tebranishlarni vujudga keltiruvchi tashqi davriy kuch; F_0 - uning amplitudaviy qiymati;

$$f_0 = \frac{F_0}{m}.$$

- Majburiy tebranishlar amplitudasi

$$A = \frac{f_0}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\delta^2 \omega^2}}.$$

- Rezonans chastota va rezonans amplituda

$$\omega_{rez} = \sqrt{\omega_0^2 - 2\delta^2} \text{ va } A_{rez} = \frac{f_0}{2\delta \sqrt{\omega_0^2 + \delta^2}}.$$

28-§. QAYISHQOQ MUHITDAGI TO'LQINLAR. AKUSTIKA

Asosiy formulalar

- Yassi to'lqin tenglamasi

$$\xi(x,t) = A \cos \omega(t - \frac{x}{v}) \text{ yoki } \xi(x,t) = A \cos(\omega t - kx),$$

bu yerda $\xi(x,t)$ - x koordinatali muhit nuqtalarining vaqtning t momentidagi siljishi; ω - burchak chastota; v - tebranishlarning muhitda tarqalish tezligi (fazoviy tezlik); k - to'lqin soni, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$; λ - to'lqin uzunligi.

- To'lqin uzunligi tebranish davri T va chastota ν bilan

$$\lambda = vT \text{ va } \lambda = \frac{v}{\nu}$$

munosabatlar orqali bog'langan.

- Muhitning oralaridagi masofa (yo'l farqi) Δx ga teng bo'lgan ikki nuqtasi tebranishlarining fazalar farqi

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta x,$$

bu yerda λ - to'lqin uzunligi.

- Turg'un to'lqin tenglamasi

$$\xi(x,t) = A \cos \omega \frac{x}{v} \cdot \cos \omega t \text{ yoki } \xi(x,t) = A \cos kx \cdot \cos \omega t.$$

- Qayishqoq muhitda bo'ylama to'lqinlarning fazaviy tezligi:

$$\text{qattiq jismlarda } v = \sqrt{\frac{E}{\rho}},$$

bunda E - Yung moduli; ρ - modda zichligi;

$$\text{gazlarda } v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{\mu}} \text{ yoki } v = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}},$$

bunda γ - adiabata ko'rsatkichi ($\gamma = \frac{c_p}{c_v}$ - gazning o'zgarmas bosimdagi va hajmdagi solishtirma issiqlik sig'irlarining nisbati); R - molyar gaz doimiysi; T - termodinamik harorat; μ - molyar massa; p - gaz doimiysi.

Dopplerning akustik hodisasi

$$\nu = \frac{v + u_a}{v + u_M} \nu_0$$

bu yerda ν - harakatlanuvchi asbob (yoki quloq) qabul qiladigan tovush chastotasi; v - tovushning muhitdagi tezligi; u_a - asbobning muhitga nisbatan tezligi; u_M - tovush manbaining muhitga nisbatan tezligi; ν_0 - manba chiqarayotgan tovush chastotasi.

- Tovush bosimining amplitudasi

$$P_0 = 2\pi\nu\rho vA,$$

bu yerda ν - tovush chastotasi; A - muhit zarralarining tebranish amplitudasi; v - tovushning muhitdagi tezligi; ρ - muhitning zichligi.

- Tovush maydoni energiyasining o'rtacha hajmiy zichligi

$$\langle \omega \rangle = \frac{1}{2} \rho \xi^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{P_0^2}{\rho v^2} = \frac{1}{2} \rho \omega^2 A^2,$$

bu yerda ξ - muhit zarralari tezligining amplitudasi; ω - tovush to'liqlarining burchak chastotasi.

- Muayyan V hajmda mujassamlangan tovush maydonining energiyasi

$$W = \langle \omega \rangle V.$$

- Tovush energiyasi oqimi

$$\Phi = \frac{W}{t},$$

bu yerda W - berilgan sirt orqali t vaqtda ko'chiriladigan energiya.

- Tovush intensivligi (tovush energiyasi oqimining zichligi)

$$I = \frac{\Phi}{S}.$$

- Tovush intensivligi tovush maydoni energiyasining o'rtacha hajmiy zichligi bilan

$$I = \langle \omega \rangle v$$

Munosabat orqali bog'langan; bunda v - tovushning muhitdagi tezligi.

- Tovushning nuqtaviy izotrop manbai quvvati N ning tovush intensivligi bilan bog'lanishi

$$I = \frac{N}{4\pi r^2},$$

bunda r - tovush manbaidan tovush maydonining intensivlik aniqlanayotgan nuqtasigacha bo'lgan masofa.

- Muhitning solishtirma akustik qarshiligi

$$z_s = \rho v.$$

- Akustik qarshilik

$$z_0 = \frac{z_s}{S},$$

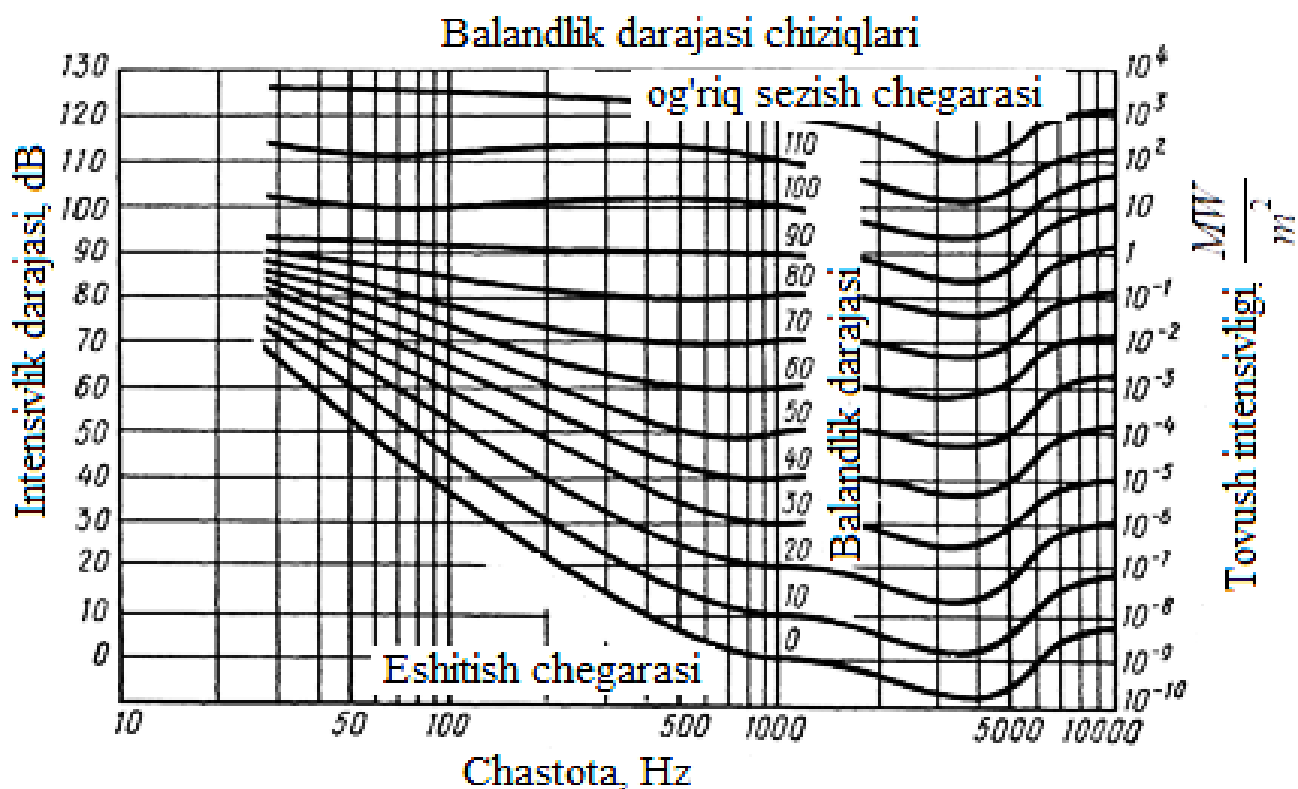
bunda S - akustik maydon qismi kesimining yuzasi (misol uchun, tovush tarqalayotgan quvur ko'ndalang kesimining yuzasi).

- Tovush intensivligidarajasi (tovush quvvati darajasi) (dB)

$$L_p = 10 \lg \left(\frac{I}{I_0} \right),$$

bunda I_0 - intensivlikning nolinch darajasiga mos keluvchi shartli intensivlik ($I_0 = 1 \frac{pW}{m^2}$).

➤ Tovushning balandlik darajasi L_N umumiy holda intensivlik darajasi va tovush chastotasining murakkab funksiyasibo'lib, balandlik darajasieгри chiziqlari vositasida aniqlanadi. (13 - rasm). Grafikda gorizontaal o'qqa tovush chastotalarining logarifmiqo'yilgan (chastotalarning o'zi esa ularga mos keluvchi logarifmlarning ostida ko'rsatilgan). Tik o'qqa esa tovushning intensivlik darajalari desibellarda qo'yilgan. Etalon chastota $\nu = 1000Hz$ ga mos keluvchi tovushning balandlik darajalari tik o'qqa qo'yilgan. Bu chastota uchun detsibellarda hisoblangan intensivlik darajasiga teng. Boshqa chastotalar uchun tovushlarning balandlik darajalari grafikda keltirilgan balandlik egri chiziqlari yordamida aniqlanadi. Har bir egri chiziq muayyan balandlik darajasiga mos keladi.



13 – rasm .

Mexanik va elektromagnit tebranishlarga doir masala yechish namunasi.

1-misol. Agar matematik mayatnikning tebranish amplitudasi 2 minutda to'rt marta kichraygan bo'lsa, uning so'nish logarifmik dekrementi nimaga teng? Mayatnikning uzunligi 1 metr.

Berilgan:

Yechish.

$l = 1\text{m}$
 $t = 2\text{min}$
 $\frac{A_0}{A} = 4$
 $\theta - ?$

So'nuvchi tebranishlarning amplitudasi vaqt o'tishi bilan quyidagi qonunga asosan kichrayadi: $A = A_0 e^{-\theta \frac{t}{T_1}}$. Bunda $\theta = \delta T_1$ so'nish logarifmik dekrementi, T_1 - so'nuvchi tebranishning shartli davri. Bu formuladan quyidagilarni topamiz: $\frac{A_0}{A} = e^{\theta \frac{t}{T_1}}$ yoki $\ln \frac{A_0}{A} = \theta \frac{t}{T_1}$.

Bundan $\theta = T_1 \ln \frac{A_0}{A} / t$. So'nish juda kam bo'lganda $T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ shuning uchun

$$\theta = \frac{2\pi}{t} \sqrt{\frac{l}{g}} \ln \frac{A_0}{A} = 0,023.$$

VI-BOB. OPTIKA

29-§. GEOMETRIK OPTIKA

Asosiy formulalar

- Sferik ko'zguning fokus masofasi

$$f = \frac{R}{2},$$

bunda R - ko'zguning egrilik radiusi.

Sferik ko'zguning optik kuchi

$$D = \frac{1}{f}.$$

Sferik ko'zgu formulasi

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b},$$

bunda a va b - mos ravishda ko'zguning qutbidan narsa va tasvirgacha bo'lgan masofalar.

Agar narsaning tasviri mavhum bo'lsa, unda b kattalik manfiy ishora bilan olinadi.

Agar sferik ko'zguning fokusi mavhum (ko'zgu qavariq) bo'lsa u holda f manfiy ishora bilan olinadi.

- Yorug'likning sinish qonuni

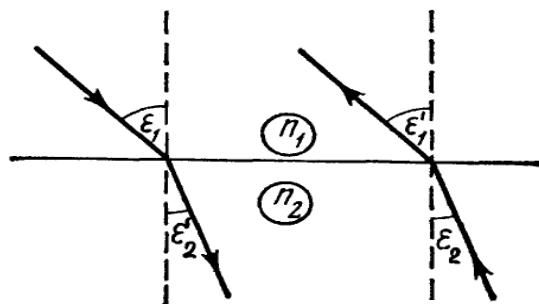
$$\frac{\sin \varepsilon_1}{\sin \varepsilon_2} = n_{21},$$

Bunda ε_1 - tushish burchagi; ε_2 - sinish burchagi; $n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$ - ikkinchi muhitning birinchi muhitga nisbatan nisbiy sindirish ko'rsatkichi; n_1 va n_2 - mos ravishda birinchi va ikkinchi muhitlarning absolyut sindirish ko'rsatkichlari.

Burchaklarni belgilashdagi quyi ko'rsatkichlar nur qaysi muhitda (birinchi yoki ikkinchi) tarqalayotganligini ko'rsatadi. Agar nur bo'linish sirtiga $\varepsilon_2 = \varepsilon_1'$ burchak ostida tushib ikkinchi muhitdan birinchisiga o'tsa, unda yorug'lik nurlarining qaytish prinsipiga asosan ε_1' sinish burchagi ε_1 burchakka teng bo'ladi. (14 - rasm)

- Yorug'likning optik zichroq muhitdan optik zichligi kamroq bo'lgan muhitga o'tishidagi to'la qaytishning chegaraviy burchagi

$$\varepsilon_{\omega} = \arcsin\left(\frac{n_2}{n_1}\right) \quad (n_2 < n_1).$$



14 - rasm.

- Yupqa linzaning optik kuchi

$$D = \frac{1}{F} = \left(\frac{n_l}{n_m} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right),$$

bunda f - linzaning fokus masofasi; n_l - linza moddasining absolyut sindirish ko'rsatkichi; n_m - o'rab turgan muhitning (linzaning har ikkala tomonidan ham bir xil) absolyut sindirish ko'rsatkichi.

Keltirilgan formulada qavariq sirtlarning radiuslari (R_1 va R_2) musbat ishora bilan, botiqlariniki esa manfiy ishora bilan olinadi.

- Bir – biriga yopishtirib qo'yilgan ikkita yupqa linzaning optik kuchi

$$D = D_1 + D_2.$$

- Yupqa linza formulasi

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b},$$

bunda a linzaning optik markazidan narsagacha bo'lgan masofa; b - linzaning optik markazidan tasvirgacha bo'lgan masofa.

Agar fokus mavhum bo'lsa (sochuvchi linza), u holda f manfiy kattalik bo'ladi. Agar tasvir mavhum bo'lsa, b manfiy kattalik bo'ladi.

- Lupaning burchak kattalashtirishi

$$k = \frac{d_0}{f},$$

bunda d_0 - eng yaxshi ko'rish masofasi ($d_0 = 25\text{sm}$).

- Teleskopning burchak kattalashtirishi

$$k = \frac{f_{ob}}{f_{ok}},$$

bunda f_{ob} va f_{ok} - mos ravishda obyektivning va okulyarning fokus masofalari.

Teleskopning obyektividan to okulyargacha bo'lgan masofa

$$L = f_{ob} + f_{ok}.$$

Bu formulalarni teleskopdan juda uzoqdagi narsalarni kuzatgandagina qo'llash mumkin.

- Mikroskopning burchak kattalashtirishi

$$k = \frac{\delta d_0 f_{ok}}{f_{ob}},$$

bunda δ - obyektivning orqa fokusi bilan okulyarning old fokusi orasidagi masofa.

Mikroskopning obyektividan okulyarigacha bo'lgan masofa

$$L = f_{ob} + \delta + f_{ok}.$$

30-§. FOTOMETRIYA

Asosiy formulalar

➤ Izotropik nuqtaviy yorug'lik manbaining uchida manba turgan ω fazoviy burchak chegarasida tarqaladigan yo'rug'lik oqimi

$$\Phi_v = I \cdot \omega,$$

bunda I - manba yorug'ligining kuchi; $\omega = 2\pi(1 - \cos\theta)$; θ - konus o'qi va uning tashkil etuvchisi orasidagi burchak.

➤ Izotropik nuqtaviy yorug'lik manbai tarqatadigan to'la yorug'lik oqimi

$$\Phi_0 = 4\pi I.$$

➤ Sirtning yoritilganligi

$$E_v = \frac{\Phi_\theta}{S},$$

bunda S - tushadigan yorug'lik oqimi Φ_θ bir tekis taqsimlanuvchi tekislikning yuzasi.

Izotropik nuqtaviy yorug'lik manbai hosil qiladigan yoritilganlik

$$E_v = \frac{I}{r^2} \cos \varepsilon,$$

bunda r - sirtidan yorug'lik manbaigacha bo'lgan masofa; ε - nurlarning tushish burchagi.

➤ Kosinusoidal tarqatuvchi sirtning istalgan elementining yo'rug'lik kuchi

$$I = I_0 \cos \varphi,$$

bunda φ - sirt elementiga o'tkazilgan normal va kuzatish yo'nalishi orasidagi burchak;

I_0 - sirt elementining shu element normali yo'nalishidagi yorug'lik kuchi.

➤ Yorug'lik tarqatuvchi sirtning ravshanligi

$$L_v = \frac{I}{\sigma},$$

bunda I - kuzatish yo'nalishidagi yorug'lik kuchi; σ - yorug'lik tarqatuvchi sirtning yorug'lik yo'nalishiga tik bo'lgan tekislikdagi proyeksiyasining yuzasi.

➤ Yorituvchanlik

$$M_v = \frac{\Phi_v}{S},$$

bunda Φ_v - sirt chiqarayotgan yorug'lik oqimi; S - shu sirtning yuzasi.

31-§. YORUG'LIK INTERFERENSIYASI

Asosiy formulalar

- Yorug'likning muhitdagi tezligi

$$v = \frac{c}{n}$$

bunda c - yorug'likning vakuumdagi tezligi; n - muhitning absolyut sindirish ko'rsatkichi.

- Yorug'lik to'lqini optik yo'lining uzunligi

$$L = nl,$$

bunda l - yorug'lik to'lqinining sindirish ko'rsatkichi n bo'lgan muhitdagi geometrik yo'lining uzunligi.

- Ikkita yorug'lik to'lqinining optik yo'l farqi

$$\Delta = L_1 - L_2.$$

➤ Havoda turgan yupqa yassi parallel plastinka yoki yupqa pardoning yuqori va quyi sirtlaridan qaytgan yorug'lik to'lqinlarining optik yo'li farqi (15, a - Rasm.)

$$\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 \varepsilon_1} + \frac{\lambda}{2} \text{ yoki}$$

$$\Delta = 2dncos\varepsilon_2' + \frac{\lambda}{2},$$

bunda d - yupqa plastinkaning (yupqa pardaning) qalinligi; ε_1

- tushish burchagi; ε_2 - sinish burchagi.

Bu formuladagi ikkinchi yig'indi yorug'lik to'lqinining optik zichroq muhitdan qaytishida uning optik yo'lining uzunligi $\frac{\lambda}{2}$ ga o'zgarishini hisobga oladi.

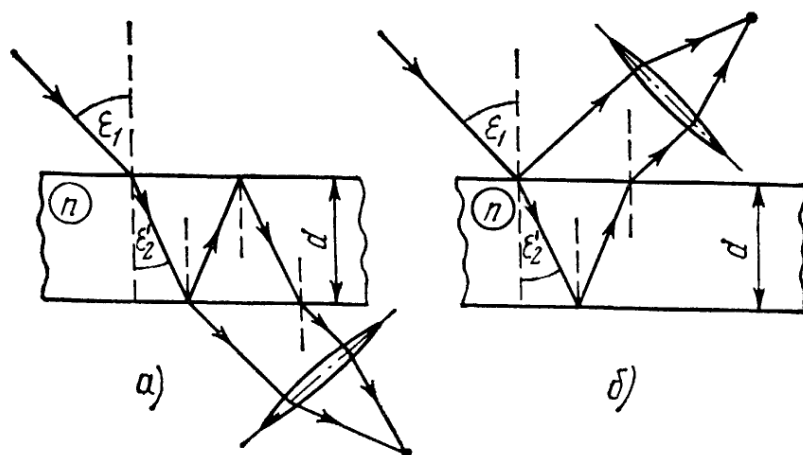
O'tuvchi yorug'likda (15, b - Rasm) yorug'lik to'lqinining qaytishi optik zichligi kamroq bo'lgan muhitdan amalga oshadiva yorug'lik nurlarining qo'shimcha yo'l farqi vujudga kelmaydi.

➤ Tebranishlarning yo'l farqi $\Delta\varphi$ ning to'lqinlarning optik yo'l farqi bilan bog'lanishi

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi\Delta}{\lambda}.$$

- Interfrensiyada yorug'lik intensivligining maksimumlar sharti

$$\Delta = \pm k\lambda \quad (k = 0, 1, 2, 3, \dots).$$



15 – rasm.

- Interfrensiyada yorug'lik intensivligining minimumlar sharti

$$\Delta = \pm(2k+1)\frac{\lambda}{2}.$$

- Qaytgan yorug'lik uchun Nyutonning yorug' (yoki o'tgani uchun qorong'u) halqalarining radiuslari

$$r_k = \sqrt{(2k-1)R\frac{\lambda}{2}},$$

bunda k - halqa tartib raqami ($k = 0, 1, 2, 3, \dots$); R - yassi parallel shisha plastinkaga tegib turuvchi linza sirtining egrilik radiusi.

Qaytgan yorug'lik uchun qorong'u (yoki o'tgani uchun yorug') halqalarning radiuslari

$$r_k = \sqrt{kR\lambda}.$$

32-§. YORUG'LIK DIFRAKSIYASI

Asosiy formulalar

- Frenel k - zonasining radiusi;
Sferik to'lqinlar uchun

$$\rho_k = \sqrt{\frac{ab}{a+b}} k\lambda,$$

bunda a - nuqtaviy yorug'lik manbaidan yumaloq tirqishli diafragma magacha bo'lgan masofa; b – difraksion manzara kuzatilayotgan ekrandan diafragma magacha bo'lgan masofa; k - Frenel zonasining tartib aqami; λ - to'lqin uzunligi;
yassi to'lqin uchun

$$\rho_k = \sqrt{bk\lambda}.$$

- Nurlar tikka tushganda bitta tirqishdagi yorug'lik difraksiyasi. Yorug'lik intensivligining minimumlari sharti

$$a \sin \varphi = \pm 2k \frac{\lambda}{2} = \pm k\lambda, \quad (k = 0, 1, 2, 3, \dots).$$

bunda a - tirqishning kengligi; φ - difraksiya burchagi; k - minimumning tartib raqami, λ - to'lqin unligi.

Yorug'lik intensivligining maksimumlari sharti

$$a \sin \varphi' = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}, \quad (k = 0, 1, 2, 3, \dots),$$

bunda φ' - difraksiya burchagining taxminiy qiymati.

- Nurlar tikka tushganda difraksion panjaradagi yorug'lik difraksiyasi. intensivlikning bosh maksimumlari sharti

$$d \sin \varphi = \pm k\lambda, \quad k = 0, 1, 2, 3, \dots,$$

bunda d - panjaraning davri (doimiysi); k - bosh maksimumning tartib raqami; φ - panjara sirtining normal va difraksiyalangan to'lqinlar yo'nalishi orasidagi burchak.

- Difraksion panjaraning ajrata olish kuchi

$$R = \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = kN,$$

bunda $\Delta\lambda$ - shu panjara yordamida olingan spektrda alohida ko'rinishi mumkin bo'lgan, ikkita qo'shni spectral chiziqlar (λ va $\lambda + \Delta\lambda$) to'lqin uzunliklarining eng kam farqi; N - panjaradagi shtrixlar soni; k - difraksion maksimumning tartib raqami.

- Difraksion panjaraning burchak dispersiyasi

$$D_\varphi = \frac{\delta\varphi}{\delta\lambda} = \frac{k}{d \cos \varphi},$$

difraksion panjaraning chiziqli dispersiyasi

$$D_l = \frac{\delta l}{\delta \lambda}.$$

Difraksiyaning kichik burchaklari uchun

$$D_l \approx f D_\varphi \approx f \frac{k}{d},$$

bunda f - difraksiyalanuvchi to'lqinlari ekranda to'playdigan linzaning bosh fokus masofasi.

➤ Teleskop obyektivining ajrata olish kuchi

$$R = \frac{1}{\beta} = \frac{D}{1,22},$$

bunda β - obyektivning fokal tekisligidagi tasvirlari boshqa – boshqa ko'rinishi mumkin bo'lgan ikkita yorug' nuqtalar orasidagi eng kichik burchak masofasi; D - obyektivning diametri; λ - to'lqin uzunligi.

➤ Vulf – Bregg formulasi

$$2d \sin \theta = k \lambda$$

bunda d - kristallning atom tekisliklari orasidagi masofa; θ - sirpanish burchagi (kristalga tushayotgan parallel nurlar dastasining yo'nalishi va kristallning qirrasi orasidagi burchak), nurlarning ko'zguviy qaytishi (difraksion maksimum) ro'y beradigan yo'nalishni aniqladi.

33-§. YORUG'LIK QUTBLANISHI

Asosiy formulalar

➤ Bryuster qonuni

$$\operatorname{tg} \varepsilon_B = n_{21},$$

bunda ε_B - qaytgan yorug'lik to'lqini to'la qutblangan holdagi tushish burchagi; n_{21} - nisbiy sindirish ko'rsatkichi.

➤ Malyus qonuni

$$I = I_0 \cos^2 \alpha,$$

bunda I - analizator orqali o'tgan yassi qutblangan yorug'likning intensivligi; I_0 - analizatorga tushayotgan yassi qutblangan yorug'likning intensivligi; α - analizatorga tushayotgan to'lqinlar yorug'lik vektorining tebranish yo'nalishi va analizatorning o'tkazish tekisligi orasidagi burchak.

➤ Yorug'likning qutblanish darajasi

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}},$$

bunda $I_{\max}$ va $I_{\min}$ - analizator o'tkazadigan qisman qutblanganyorug'likning maksimal va minimal intensivligi.

➤ Optik aktiv moddalarning qutblanish tekisligini burish burchagi φ quyidagi munosabatlar bilan aniqlanadi:

a) qattiq jismlarda $\varphi = \alpha d$, bunda α - burish doimiysi, d - yorug'likning optik aktiv modda o'tgan yo'lining uzunligi,

b) toza suyuqliklarda $\varphi = [\alpha] \rho d$, bunda $[\alpha]$ - solishtirma burish; ρ - suyuqlikning zichligi;

d) eritmalarda $\varphi = [\alpha] c d$, bunda c - optik aktiv moddaning eritmadagi massaviy konsentratsiyasi.

34-§. HARAKATLANUVCHI JISMLAR OPTIKASI

Asosiy formulalar

- Relyativistik hol uchun Dopler effekti

$$\nu = \nu_0 \frac{\sqrt{1-\beta^2}}{1+\beta \cos \theta},$$

bunda ν - kuzatuvchi qabul qiladigan elektromagnit nurlarning chastotasi; ν_0 harakatsiz manba chiqaradigan elektromagnit nurlanishlarning xususiy chastotasi; $\beta = \frac{v}{c}$ elektromagnit nurlanish manbaining kuzatuvchiga nisbatan tezligi; c - elektromagnit nurlanishlarning vakuumda tarqalish tezligi; θ - kuzatuvchiga bg'liq saniq tizimida $\vec{v}$ vektor bilan kuzatish yo'nalishi orasidagi burchak.

Yorug'lik manbai kuzatuvchi va manbani tutashtiruvchi to'g'ri chiziq bo'ylab harakatlanganida quyidagi ikki hol bo'lishi mumkin:

- a) manba kuzatuvchidan uzoqlashadi ($v = 0$)

$$\nu = \nu_0 \sqrt{\frac{1-\beta}{1+\beta}},$$

- b) manba kuzatuvchiga yaqinlashadi ($v = \pi$)

$$\nu = \nu_0 \sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}}.$$

- Norelyativistik hol uchun Dopler effekti

$$\frac{\Delta \nu}{\nu} = \frac{v}{c} \cos \nu,$$

bunda $\Delta \nu$ - chastotaning o'zgarishi ($\Delta \nu = \nu - \nu_0$).

➤ Vavilov – Cherenkov effekti. Zaryadlangan zarra biror muhitda yorug'likning shu muhitdagi fazoviy tezligidan ko'ra kattaroq v tezlik bilan harakatlansa, yorug'lik nurlanishi vujudga keladi. Bu yorug'lik zarra trayektoriyasi bilan o'tkir θ burchak hosil qiladigan yo'nalishlar bo'ylab, ya'ni o'qi zarra tezligining yo'nalishi bilan mos keluvchi konusning yasovchisi bo'ylab tarqaladi. θ burchak quyidagi munosabatdan aniqlanadi:

$$\cos \theta = \frac{v}{nc} \text{ yoki } \cos \theta = \frac{1}{\beta n},$$

bunda n - zaryadlangan zarra harakatlanayotgan muhitning sindirish ko'rsatkichi.

Optikaga doir masalalar yechish namunalari.

1-Misol. Fonar kondensorining radiusi $r=10\text{sm}$ $I=1000$ shamlik nuqtaviy yoruglik manbai kondensor o'qida undan $R=40\text{ sm}$ uzoklikda bo'lsa, manbadan kondensorga keladigan yorug'lik oqimini aniqlang.

Berilgan:

$$r=10\cdot 10^{-2}\text{ m}$$

$$I=1000\text{sham}$$

$$R=40\cdot 10^{-2}\text{ m}$$

$$\Phi=?$$

Yechish.

Yorug'lik oqimi bir tekis taqsim qilingan bo'lsin, unda $\Phi=I\omega$.

Mujassam burchakni hisoblaylik: $\omega=\frac{S}{R^2}$ bunda S – asosining radiusi

kondensor radiusi r ga teng bo'lgan segment sirtidir: $S=2\pi rh$

segmentning balandligi $h=rtg\frac{\alpha}{2}$. Demak, $\Phi=\frac{2\pi^2 I t g \frac{\alpha}{2}}{R^2}$, α ni $t g \frac{\alpha}{2}=\frac{r}{R}$ munosabatdan

topamiz. $\alpha=14^0$, $t g \frac{\alpha}{2}=0,1228$. Shu son qiymatlarni formulaga qo'yganimizda yorug'lik

oqimini topamiz: $\Phi=\frac{2\cdot 3,14\cdot 1000\cdot 10\cdot 0,1228}{40}=192,8\text{lm}$

2-Misol. Nurlar normal tushganida juda yupka ponasimon plastinkada qaytgan yorug'likda interferentsion yo'llar ko'rinadi. Ikkita qo'shni qorong'i yo'lining orasi 5 mm . To'lqinning uzunligi $0,58\text{ m}$, plastinkaning sindirish ko'rsatkichi $1,5$ ekanligi ma'lum. Plastinka yoqlari orasidagi α burchakni toping.

Berilgan:

$$x=5\cdot 10^{-5}\text{ m}$$

$$\lambda=0,58\text{m}$$

$$n=1,5$$

$$\alpha=?$$

Yechish.

Monoxromatik nurlar dastasi pona sirtiga normal tushgani sababli $i=0$ va

interferentsiyalashuvchi nurlarning yo'l ayirmasi taqriban $\delta=2dn+\frac{\lambda}{2}$

bo'ladi. A_1 va A_2 nuqtalarga ikkita kushni korongi yul; To'g'ri keladi,

deyaylik, unda bu nuqtalardagi yo'l ayirmasi uchun quyidagilarni olamiz:

$$\delta_1=2d_1n+\frac{\lambda}{2}=(2k+1)\frac{\lambda}{2}, \quad \delta_2=2d_2n+\frac{\lambda}{2}=(2k+3)\frac{\lambda}{2}$$

bunda d_1 va d_2 ponaning A_1 va A_2 nuqtalardagi qalinligi ($d_1 < d_2$).

Bu ikki tenglamani bir - biridan hadlab ayirganimizda $\delta_2-\delta_1=2n(d_2-d_1)=\lambda$ bo'lishini

topamiz, bundan $d_2-d_1=\frac{\lambda}{2n}$ u holda $\sin\alpha=\frac{d_2-d_1}{x}=\frac{\lambda}{2nx}$ bo'ladi. α burchak juda kichik

bo'lgani uchun $\sin\alpha=\alpha=\frac{\lambda}{2nx}$. $\alpha=\frac{0,58\cdot 10^3}{2\cdot 1,5\cdot 5}=0,03866$ radian gradus o'lchovlari bilan ifoda

qilganimizda esa: $\alpha=5^0$ bo'ladi.

VII-BOB.KVANTOOPTIK HODISALAR. ATOM FIZIKASI

35-§.Issiqlik nurlanishi qonunlari

Asosiy formulalar

- Stefan – Bolsman qonuni

$$M_e = \sigma T^4,$$

bunda M_e - qora jismning energetik yorituvchanligi; T - termodinamik harorat; σ - Stefan – Bolsman doimiysi ($\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^2}$).

- Kulrang jismning energetik yorituvchanligi

$$M_e = \varepsilon \sigma T^4$$

bunda ε - kulrang jismning issiqlik nurlanish koeffitsiyenti (qoralik darajasi).

- Vinning siljish qonuni

$$\lambda_m = \frac{b}{T},$$

bunda λ_m - maksimal nurlanish energiyasiga to'g'ri keluvchito'lqin uzunligi, b - Vin siljish qonunining doimiysi ($b = 2,9 \cdot 10^{-3} m \cdot K$).

- Plank formulasi

$$M_{\lambda,T} = \frac{2\pi\hbar c^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{\hbar c}{\lambda kT}} - 1}; \quad M_{\omega,T} = \frac{\hbar \omega^3}{4\pi^2 c^2} \cdot \frac{1}{e^{\frac{\hbar \omega}{kT}} - 1},$$

bunda $M_{\lambda,T}$, $M_{\omega,T}$ - qora jism energetik yorituvchanligining spektral zichligi; λ - to'lqin uzunligi; ω - doiraviy chastota; c - yorug'likning vakuumdagi tezligi; k - Bolsman doimiysi; T - termodinamik harorat; $\hbar$ - Plank doimiysi; $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ - 2π ga bo'lingan Plank doimiysi.

- Energetik yorituvchanlik spektral zichligi maksimumining haroratga bog'liqligi

$$(M_{\lambda T})_{\max} = CT^5,$$

bunda C - doimiylik ($C = 1,3 \cdot 10^{-5} \frac{W}{m^3 K^5}$).

36-§. FOTOELEKTRIK HODISA

Asosiy formulalar

➤ Eynshteyn formulasi

a) umumiy holda

$$\varepsilon = h\nu = A + T_{\max} \text{ yoki } \hbar\omega = A + T_{\max};$$

bunda $\varepsilon = h\nu = \hbar\omega$ - metall sirtga tushayotgan fotonning energiyasi; A - elektronning metallndan chiqish ishi; $T_{\max}$ - fotoelektronning maksimal kinetik energiyasi;

b) fotonning energiyasi chiqish ishidan juda katta bo'lgan holda ($h\nu \gg A$),

$$h\nu = T_{\max} \text{ yoki } \hbar\omega = T_{\max}.$$

Fotoelektronlarning maksimal kinetik energiyasi ikki (norelyativ va relyativ) hol uchun turli xil formulalar bilan ifodalanadi:

a) agar fotoeffektni energiyasi uncha katta bo'lmagan foton amalga oshirsa ($h\nu = \hbar\omega = 5\text{keV}$), u holda

$$T_{\max} = \frac{m_0 v_{\max}^2}{2},$$

bunda m_0 - elektronning tinchlikdagi massasi;

b) agar fotoeffektni katta energiyaga ega bo'lgan foton amalga oshirsa ($h\nu = \hbar\omega \gg 5\text{keV}$), u holda

$$T_{\max} = (m - m_0)c^2 \text{ yoki } T_{\max} = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right),$$

bunda $\beta = \frac{v}{c}$, m - relyativistik elektronning massasi.

➤ Fotoeffektning qizil chegarasi

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A} \text{ yoki } \lambda_0 = \frac{2\pi\hbar c}{A}; \nu_0 = \frac{A}{h} \text{ yoki } \omega_0 = \frac{A}{\hbar},$$

bunda λ_0 hali fotoeffekt ro'y berishi mumkin bo'lgan nurlanishning eng katta to'lqin uzunligi (ν_0 va ω_0 mos ravishda minimal chastota va doiraviy chastota).

37-§. YORUG'LIK BOSIMI. FOTONLAR

Asosiy formulalar

- Normal tushayotgan yorug'lik hosil qilayotgan bosim

$$P = \frac{E_e}{c}(1 - \rho) \text{ yoki } P = \omega(1 - \rho),$$

bunda E_e - sirtning nurlantirilganligi; c - elektromagnit nurlanishning vakuumdagi tezligi; ω - nurlanish energiyasining hajmiy zichligi; ρ - qaytarish koeffitsiyenti.

- Fotonning energiyasi

$$\varepsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \text{ yoki } \varepsilon = \hbar\omega,$$

bunda h - Plank doimiysi; $\hbar = \frac{h}{2\pi}$; ν - yorug'likning chastotasi; ω - doiraviy chastota; λ - to'lqin uzunligi.

- Fotonning massasi va impulse mos ravishda quyidagi formulalar bilan ifodalanadi

$$m = \frac{\varepsilon}{c^2} = \frac{h}{c\lambda}; \quad P = mc = \frac{h}{\lambda}.$$

38-§. KOMPTON HODISASI

Asosiy formulalar

➤ Fotonning elektronda θ burchakka sochilishi natijasida to'liq uzunligining o'zgarishi

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{2\pi\hbar}{mc}(1 - \cos\theta) \text{ yoki } \Delta\lambda = 2\frac{2\pi\hbar}{mc}\sin^2\frac{\theta}{2},$$

bunda m - sochuvchi elektronning massasi; λ va λ' - to'liq uzunliklari.

➤ Kompton to'liq uzunligi

$$\lambda_c = \frac{2\pi\hbar}{mc}$$

(Foton elektronda sochilganda $\lambda_c = 2,436\text{pm}$).

39-§. BOR NAZARIYASI BO'YICHA VODOROD ATOMI

Asosiy formulalar

- Turg'un orbitalardagi elektronning impuls momenti

$$L = mvr = n\hbar, \quad (n=1,2,3,\dots),$$

bunda m - elektronning massasi; r - orbitaning radiusi; v - elektronning orbitadagi tezligi; n - bosh kvant soni; $\hbar$ - Plank doimiysi.

- n - orbitada turgan elektronning energiyasi

$$E_n = -\frac{me^2}{32\pi^2\varepsilon_0^2\hbar^2n^2},$$

bunda ε_0 - elektr doimiysi.

- Bir statsionar holatdan boshqasiga o'tishda vodorod atomi chiqaradigan va yutadigan yorug'likning to'lqin uzunligi λ yoki chastotasi ν ni aniqlovchi serial formula

$$\frac{1}{\lambda} = R'(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}); \quad \nu = R(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}),$$

bunda R' va R - Ridberg doimiysi ($R' = 1,097 \cdot 10^7 m^{-1}$; $R = cR' = 3,29 \cdot 10^{15} s^{-1}$); n_1 va n_2 - butun sonlar; n_1 - spektral chiziqlar seriyasining tartib raqami ($n_1 = 1$ - Layman seriyasi; $n_1 = 2$ - Balmer seriyasi; $n_1 = 3$ - Pashen seriyasi va h.k.).

- Bir statsionar orbitadan boshqasiga o'tishda vodorod atomi chiqaradigan fotonning energiyasi

$$\varepsilon = E_i(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}),$$

bunda E_i - vodorodning ionlanish energiyasi: $E_i = 2\pi\hbar R = 13,6 eV$.

40-§. RENTGEN NURLANISHI

Asosiy formulalar

- Tutash rentgen spektrining qisqa to'liq chegarasi

$$\lambda_{\min} = \frac{2\pi\hbar c}{|e|U},$$

bunda e - elektronning zaryadi; $\hbar$ - Plank doimiysi.

- Mozli qonuni:

a) umumiy holda

$$\omega = CR(z - \delta)^2,$$

bunda ω - rentgen spektri chizig'ining chastotasi; Z - shu spektrni chiqaradigan elementning atom raqami; R - Ridberg doimiysi ($R = 2,02 \cdot 10^{16} \text{ s}^{-1}$); δ - ekranlash doimiysi; C - doimiylik.

b) K_{α} - chiziq uchun ($\delta = 1$, $C = \frac{3}{4}$)

$$\omega_{K_{\alpha}} = \frac{3}{4}R(z-1)^2 \text{ yoki } \frac{1}{\lambda_{K_{\alpha}}} = \frac{3}{4}R'(z-1)^2,$$

bunda R' - Ridbergning shtrixlangan doimiysi ($R' = 1,1 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$), ($\frac{1}{\lambda} = \frac{\omega}{2\pi c}$) - to'liq soni.

- Rentgen nurlanishi K_{α} - chizig'i fotonning energiyasi

$$\varepsilon_{K_{\alpha}} = \frac{3}{4}E_i(Z-1)^2,$$

bunda E_i - vodorod atomining ionlanish energiyasi.

Yorug'likning kvant tabiatiga doir masala yechish namunasi.

1-Misol. a) Platina va seziyda fotoeffekt yuz berishi uchun yorug'lik to'liqining eng katta uzunligi qancha bo'lishi kerak?

b) Seziyni to'liq uzunligi 400 nm bo'lgan yorug'lik bilan yoritganda undan uchib chiqqan elektronning eng kata tezligini aniqlang.

Berilgan:

$$\lambda = 400 \text{ nm} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$\lambda - ?$

$\nu - ?$

Yechish.

a) Eynshteyn tenglamasini yozaylik: $h\nu = A + \frac{m\nu^2}{2}$ bunda A –

elektronning chikish ishi, m va ν – elektronning massasi va tezligi,

ν – nurlanish chastotasi, $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ (Plank doimiysi) (1) tenglamadan ko'rinishicha fotoeffekt faqat metall sirtiga tushgan yorug'lik $h\nu$ kvantining energiyasi

chiqish ishidan kam bo'lmaganidagina kuzatilishi mumkin ekan: $h\nu = A$. Fotoeffekt yuz beradigan eng kichik tebranish chastotasi ν , fotoeffektning qizil chegarasi deb atalib, bu chegaraga eng uzun to'lqin mos keladi. Bu chegara chastotani $h\nu = A$ tenglamadan aniqlash mumkin. Shu ko'rsatib o'tilgan chastota bilan to'lqin uzunligi orasida $\nu = \frac{c}{\lambda}$ ko'rinishda bog'lanish bor, bunda c – yorug'likning tezligi. Unda (2) tenglama $\frac{hc}{\lambda} = A$ ko'rinishda, yoki $\lambda = \frac{hc}{A}$ ko'rinishda bo'ladi. A ning qiymatini tegishli jadvaldan topib olamiz: Platina uchun $A = 6,3eV$ seziy uchun $A = 1,9eV$ bo'lgani sababli platina uchun $\lambda = 1,97 \cdot 10^{-5} sm = 197nm$ (spektrning ultrabinafsha qismi); seziy uchun $\lambda = 6,53 \cdot 10^{-5} sm = 653m$ bo'lishini topamiz (spektrning qizil qismi).

b) Ushbu $h\nu = A + \frac{mv^2}{2}$ tenglamada v – elektronning uchib chiqishidagi maksimal tezligi.

Biz bu yerda maksimal tezlik to'g'risida gapiramiz chunki elektron o'z yo'lida qarshilikni yengishda, misol uchun, gaz qoldigi atomlari bilan to'qnashishda energiyasining bir qismini yo'qotishi mumkin.

Shu tenglamadan v ni topamiz: $v^2 = \frac{2(h\nu - A)}{m}$. Modomiki, $\nu = \frac{c}{\lambda}$ ekan, unda

$$v = \sqrt{\frac{2(h\frac{c}{\lambda} - A)}{m}} = 6,5 \cdot 10^5 \frac{m}{s}.$$

VIII-BOB. ATOM YADROSI VA ELEMENTAR ZARRALAR FIZIKASI

41-§. Atom yadrolarining tuzilishi

Asosiy formulalar

- Yadro ham xuddi neytral atomniki kabi ramzlar bilan belgilanadi:

$A_ZX,$

bunda X - kimyoviy elementning ramzi; Z - zaryad soni (atom raqami; yadrodag protonlar soni); A - massa soni (yadrodag nuklonlar soni). Yadrodagi neytronlar soni

$$N = A - Z.$$

- Yadroning radiusi

$$r = r_0 A^{\frac{1}{3}}$$

munosabat bilan aniqlanadi, bunda r_0 - barcha yadrolar uchun o'zgarmas va $1,4 \cdot 10^{-5} m$ ga teng deb hisoblash mumkin bo'lgan proporsionallik koeffitsiyenti.

42-§. RADIOAKTIVLIK

Asosiy formulalar

- Radioaktiv yemirilishning asosiy qonuni

$$N = N_0 e^{-\lambda t},$$

bunda N - vaqtning t momentida yemirilmagan atomlar soni; N_0 - boshlang'ich deb qabul qilingan momentda $t=0$ da yemirilmagan atomlar soni; ℓ - natural logarifmning asosi; λ - radioaktiv yemirilish doimiysi.

- Yarim yemirilish davri $T_{\frac{1}{2}}$ - yemirilmagan atomlar soni ikki marta kamayadigan vaqt oralig'i. Yarim yemirilish davri yemirilish doimiysi bilan quyidagi munosabat orqali bo'g'langan

$$T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}.$$

- t - vaqtda yemirilgan atomlar soni

$$\Delta N = N_0 - N = N_0(1 - e^{-\lambda t}).$$

Agar vaqt oralig'i $\Delta \ll T_{\frac{1}{2}}$ bo'lsa, unda yemirilgan atomlar sonini aniqlash uchun

$$\Delta N \approx \lambda N \Delta t$$

taxminiy formulani qo'llash mumkin.

Radioaktiv yadroning o'rtacha yashash vaqti τ - yemirilmagan yadrolar soni ℓ marta kamayadigan vaqt oralig'idir:

$$\varepsilon = \frac{1}{\lambda}.$$

- Radioaktiv izotopdagi atomlar soni

$$N = \frac{m}{M} N_A,$$

bunda m - izotopning massasi; M - uning molyar massasi; N_A - Avogadro doimiysi.

- Radioaktiv manbadagi nuklidning faolligi A (izotopning faolligi) dt vaqt oralig'ida izotopda yemirilgan yadrolar soni dN ning shu yemirilish ro'y bergan vaqt dt ga nisbatiga teng bo'lgan kattalikdir. Faollik quyidagi formulaga binoan aniqlanadi:

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

yoki N ni radioaktiv yemirilishning asosiy qonuniga asosan almashtirgandan keyin

$$A = \lambda N_0 e^{-\lambda t}.$$

Boshlang'ich moment ($t = 0$) da izotopning faolligi

$$A_0 = \lambda N_0.$$

Izotopning faolligi vaqt o'tishi bilan yemirilmagan yadrolar sonining o'zgarish qonuniga binoan o'zgaradi:

$$A = A_0 e^{-\lambda t}.$$

➤ Radioaktiv manbaning massaviy faolligi a uning faolligi A ning shu manbaning massasi m ga nisbatiga teng bo'lgan kattalikdir, ya'ni

$$a = \frac{A}{m}.$$

➤ Agar biri boshqasidan hosil bo'ladigan radioaktiv izotoplar qatorining aralashmasi ko'riladigan bo'lsa va agar qatorning birinchi hadining yemirilish doimiysi λ qatorning boshqa qolgan hadlarining doimiylaridan ko'p marta kichik bo'lsa, u holda aralashmada qatorning barcha hadlarining faolligi o'zaro teng bo'lgan radioaktiv muvozanat holati vujudga keladi:

$$\lambda_1 N_1 = \lambda_2 N_2 = \dots = \lambda_k N_k.$$

43-§. IONLANTIRUVCHI NURLANISHNING DOZIMETRIK ELEMENTLARI

Asosiy formulalar

➤ Monoenergetik γ - nurlar ingichka dastasining yutuvchi modda orqali o'tishida susayish qonuni:

a) ionlantiruvchi zarralar yoki fotonlar oqimi zichligining susayishi

$$I = I_0 e^{-\mu x},$$

bunda I_0 - modda sirtiga tushayotgan zarralar oqimining zichligi; I - zarralar oqimining x qalinlikdagi modda qatlamidan o'tgandan keyingi zichligi; μ - susayishning chiziqli koeffitsiyenti (16 - rasm.)

b) nurlanish intensivligining susayishi

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

bunda I - γ - nurlanishning moddaning x chuqurligidagi intensivligi; I_0 - modda sirtiga tushayotgan γ - nurlanishning intensivligi.

➤ Yarim susayish qatlami deb undan o'tuvchi γ - nurlanishning intensivligi ikki marta kamayadigan, qalinligi $x_{\frac{1}{2}}$ bo'gan qatlamga aytiladi:

$$x_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\mu} = \frac{0,693}{\mu}.$$

➤ Nurlanish dozasi (yutilgan nurlanish dozasi)

$$D = \frac{\Delta W}{\Delta m},$$

bunda ΔW - nurlantirilayotgan modda elementiga berilgan ionlantiruvchi nurlanish energiyasi; Δm - shu elementning massasi.

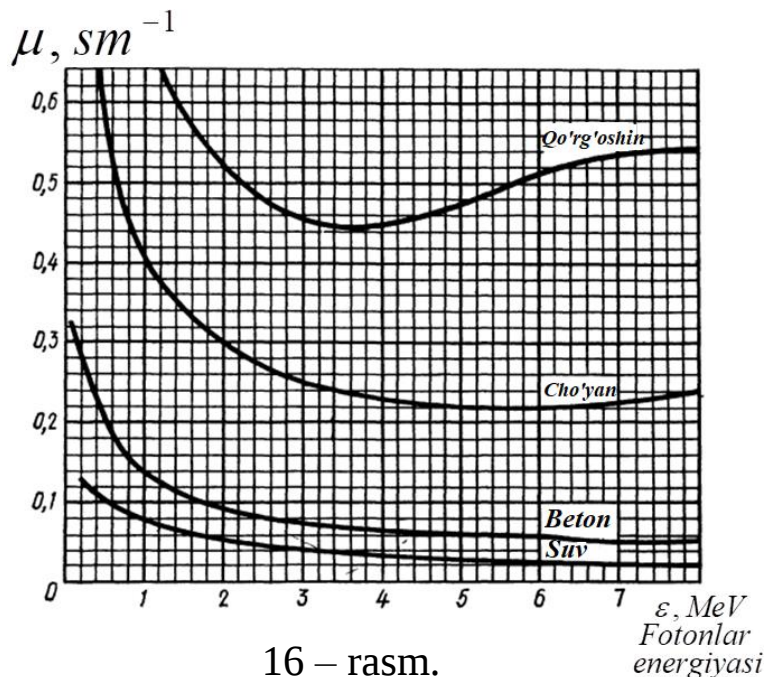
Nurlanish dozasi greylarda ifodalanadi ($1Gr = 1 \frac{J}{kg}$).

Nurlanish dozasining quvvati (yutilgan nurlanish dozasining quvvati)

$$D = \frac{\Delta D}{\Delta t},$$

bunda Δt - nurlantiruvchi elementning ΔD nurlanish dozasini yutib turish vaqti.

Nurlanish dozasining quvvati grey taqsim sekundlarda o'lchanadi ($\frac{Gr}{s}$).



➤ Foton nurlanishining ekspozitsion dozasi (gamma – va rentgen nurlanishining ekspozitsion dozasi) deb elektronlarning ionlantiruvchi imkoniyatlaridan to'la foydalanilganda elektronlar hosil qiladigan, nurlantirilgan havoda bo'shalgan bir xil zaryadli barcha ionlar elektr zaryadlar yig'indisi Δq ning shu havo massasi Δm ga nisbatiga aytiladi:

$$X = \frac{\Delta q}{\Delta m}.$$

Ekspozitsion dozaning birligi – Kulon taqsim kilogram ($\frac{C}{kg}$).

➤ Foton nurlanishi ekspozitsion dozasining quvvati X deb foton nurlanishi ekspozitsion dozasi ΔX ning shu doza olingan vaqt oralig'i Δt ga nisbatiga teng kattalikka aytiladi, yani

$$X = \frac{\Delta X}{\Delta t}.$$

Ekspozitsion dozaning quvvati amper taqsim kilogramlarda ifodalanadi ($\frac{A}{kg}$).

➤ X qalinlikdagi himoya qatlami bilan to'silgan obyektga tushayotgan rentgen va γ - nurlanishning ekspozitsion dozasi

$$X = X_0 e^{-\mu x},$$

bunda X_0 - himoya qatlami bo'lmagan holdagi ekspozitsion doza.

➤ Nuqtaviy manbadan R masofada havoda turgan obyektga t vaqt davomida tushayotgan γ - nurlanishning ekspozitsion dozasi.

$$X = \frac{Xt}{R^2},$$

bunda X - bir – birlikka teng masofadagi ekspozitsion dozaning quvvati. γ - nurlanishning havoda yutilishini hisobga olmaymiz.

44-§. MASSA DEFEKTI VA ATOM YADROLARINING BOG'LANISH ENERGIYASI

Asosiy formulalar

➤ Relyativistik mexanikaga binoan o'zaro bog'langan zarralar turg'un tizimining tinchlikdagi massasi m erkin holatda olingan shu zarralar tinchlikdagi massalarining yig'indisidan kichik. Bu farq

$$\Delta m = (m_1 + m_2 + \dots + m_k) - m$$

zarralar tizimining massa defekti yetishmovchiligi deyiladi.

➤ Bog'lanish energiyasi zarralar tizimining massa yetishmovchiligi (defekti) ga to'g'ri proporsional:

$$E_b = c^2 \Delta m ,$$

bunda c - yorug'likning vakuumdagi tezligi ($c^2 = 8,987 \cdot 10^{16} \text{ m}^2 \text{ s}^{-2} = 8,987 \cdot 10^{16} \frac{\text{J}}{\text{kg}}$).

Agar energiya megaelektron – voltlarda, massa esa atom birliklarida ifodalangan bo'lsa, u holda

$$c^2 = 931,4 \frac{\text{MeV}}{\text{a.m.b.}}$$

➤ Atom yadrosining massa yetishmovchiligi (defekti) Δm deb erkin proton va neytronlar massalari yig'indisi va ulardan hosil bo'lgan yadroning massasi orasidagi farqqa aytiladi:

$$\Delta m = (Zm_p + Nm_n) - m_{ya} ,$$

bunda Z - zaryad soni (yadroga protonlar soni); m_p va m_n - mos ravishda praton va neytronlarning massasi; m_{ya} - yadroning massasi.

Agar

$$m_{ya} = m_a - Zm_e ; m_p + m_e = m_{\text{H}} ; N = (A - Z)$$

ekanligi hisobga olinsa, yadroning massa yetishmovchiligi formulasini

$$\Delta m = Zm_{\text{H}} + (A - Z)m_n - m_{ya}$$

ko'rinishida tasvirlash mumkin, bunda A - massa soni (yadroga nuklonlar soni).

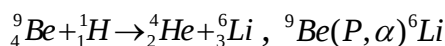
➤ Solishtirma bog'lanish energiyasi (bitta nuklonga to'g'ri keluvchi bog'lanish energiyasi)

$$E_e = \frac{E_b}{A} .$$

45-§. YADRO REAKSIYALARI

Asosiy formulalar

➤ Yadro reaksiyalarining ramziy yozuvi yoyiq, misol uchun ko'rinishda yoki qisqartirilgan



ko'rinishda berilishi mumkin.

Qisqartirilgan yozuvda atomning tartib raqami yozilmaydi, chunki u atomning kimyoviy ramziy belgisi bilan aniqlanadi. Qavs ichida birinchi o'rinda bombardimonlovchi zarraning belgisi qo'yiladi, ikkinchi o'rinda esa tarkibiy yadrodan uchib chiqqan zarra va qavsdan tashqarida mahsuliy yadroning kimyoviy ramziyoziladi.

Zarralarni belgilash uchun quyidagi ramzlar qabul qilingan: p - proton, n - neytron, d - deytton, t - triton, α - alfa zarra, γ - gamma foton.

➤ Saqlanish qonunlari;

a) nuklonlar soni uchun $A_1 + A_2 = A_3 + A_4$;

b) zaryad uchun $Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$;

c) to'liq relyativistik energiya uchun $E_1 + E_2 = E_3 + E_4$;

d) impuls uchun $\vec{P}_1 + \vec{P}_2 = \vec{P}_3 + \vec{P}_4$

Agar reaksiya natijasida hosil bo'lgan yadrolar va zarralarning umumiy soni ikkitadan ko'p bo'lsa, unda yozuv mos ravishda to'ldiriladi.

➤ Yadro reaksiyasining energiyasi

$$Q = c^2[(m_1 + m_2) - (m_3 + m_4)],$$

bunda m_1 va m_2 - yadro – nishon va bombardimonchi zarralarning tinchlikdagi massalari; $m_3 + m_4$ - reaksiya mahsuli bo'lmish yadrolarning tinchlidagi massalarining yig'indisi.

Agar $m_1 + m_2 > m_3 + m_4$ bo'lsa, u holda energiya ajraladi, energetik samaradorlik musbat, reaksiya ekzotermik.

Agar $m_1 + m_2 < m_3 + m_4$ bo'lsa, u holda energiya yutiladi, energetik samaradorlik manfiy, reaksiya endotermik.

Yadro reaksiyasining energiyasi quyidagi ko'rinishda ham yozilishi mumkin

$$Q = (T_1 + T_2) - (T_3 + T_4),$$

bunda T_1 va T_2 - mos ravishda yadro – nishon va bombardimonchi zarraning kinetic energiyalari; T_3 va T_4 uchib chiqqan zarra va reaksiya mahsuli bo'lmish yadroning kinetic energiyalari.

Ekzotermik reaksiyada $T_1 + T_2 > T_3 + T_4$; endotermik reaksiyada $T_1 + T_2 < T_3 + T_4$.

Atom yadrosining tuzilishiga doir masala yechish namunasi.

1 - Misol. ${}^{64}_{30}\text{Zn}$ ning joylashish ko'paytuvchisi - $7,68 \cdot 10^{-4}$ ga baravar ekanligi eksperimentda aniqlangan. Yadrosining bog'lanish energiyasini va bir nuklonga to'g'ri kelgan bog'lanish energiyasini hisoblang.

Berilgan:

$$M = 64$$

$$m_n = 1,00894 \text{ a.m.b.}$$

$$f = -7,68 \cdot 10^{-4}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Z = 30$$

$$m_e = 0,00055 \text{ a.m.b.}$$

$$m_p = 1,00758 \text{ a.m.b.}$$

$$1 \text{ a.m.b.} = 1,662 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

$$W - ? \quad \frac{W}{M} - ?$$

Yechish.

Yadroning bog'lanish energiyasini aniqlash uchun massa defektini c^2 ga ko'paytirish kerak. $W = c^2 \Delta m$ (1) bunda

$$\Delta m = Zm_p + (M - Z)m_n - M_{ya} = Zm_p + (M - Z)m_n + Zm_e - A. \quad \text{Joylashish}$$

ko'paytuvchisi deb atom og'irligi bilan izitopning bir nuklonga to'g'ri keladigan massa soni orasidagi ayirmani aytiladi: $f = \frac{A - M}{M}$

bundan $A = M(1 + f)$. A ning bu qiymatini bundan oldingi tenglamaga qo'yganimizda: $m = Z(m_p - m_n + m_e) + M(m_n - f - 1)$ bo'ladi.

(1) tenglamaga muvofiq $W = [Z(m_p - m_n + m_e) + M(m_n - f - 1)]c^2$,

$$\frac{W}{M} = \left[\frac{Z}{M} (m_p - m_n + m_e) + m_n - f - 1 \right] c^2.$$

Son qiymatlarni qo'yishda bu tenglamalarning tomonini massaning atom birligidagi grammlar sonini ifoda qiluvchi ko'paytuvchiga ko'paytirish kerak: $W = 7,46 \cdot 10^{-11} \text{ j}$.

IX-BOB. KVANT MEXANIKASI ELEMENTLARI

46-§.MIKROZARRALARNING TO'LQIN XOSSALARI

Asosiy formulalar

➤ Quyidagi ikki hol uchun to'lqin uzunligining harakatlanuvchi zarra impulsi p bilan bog'lanishini ifodalovchi de Broyl formulasi:

a) klassik yaqinlashishda ($v \ll c$; $p = m_0 v$)

$$\lambda = \frac{2\pi\hbar}{p};$$

b) relyativistik holda (zarraning tezligi v yorug'likning bo'shliqdagi tezligi c bilan taqqoslaydigan darajada: ($p = m v = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$)

$$\lambda = \frac{2\pi\hbar}{m_0 v} \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}.$$

➤ De Broyl to'lqini uzunligining zarraning kinetik energiyasi T bilan bog'lanishi:

a) klassik yaqinlashishda $\lambda = \frac{2\pi\hbar}{\sqrt{2m_0 T}}$;

b) relyativistik holda $\lambda = \frac{2\pi\hbar c}{\sqrt{T(T + 2E_0)}}$, bunda E_0 - zarraning tinchlikdagi energiyasi

($E_0 = m_0 c^2$).

➤ De Broyl to'lqinining fazaviy tezligi

$$v = \frac{\omega}{k},$$

bunda ω - doiraviy chastota; k - to'lqin soni ($k = \frac{2\pi}{\lambda}$).

➤ De Broyl to'lqinlarining guruhviy (gruppaviy) tezligi

$$u = \frac{d\omega}{dk}.$$

➤ De Broyl munosabatlari:

$$E = \hbar\omega; \quad \vec{p} = \hbar\vec{k},$$

bunda E - harakatlanayotgan zarraning energiyasi; p - zarraning impulsi; k - to'lqin vektori; $|\vec{k}| = k = \frac{2\pi}{\lambda}$; $\hbar$ - Plank doimiysi ($\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)

➤ Noaniqliklar munosabatlari:

a) zarraning koordinatasi va impulsi uchun $\Delta p_x \cdot \Delta x \geq \hbar$, bunda Δp_x - zarra impulsining x o'qidagi proyeksiyasining noaniqligi; Δx - uning koordinatasining noaniqligi;

b) enertiya va vaqt uchun $\Delta E \Delta t \geq \hbar$, bunda Δt - tizimning shu holatda bo'lish vaqti.

47-§. MIKROZARRALAR HARAKATINING ENG SODA HOLLARI

Asossiy formulalar

- Shredingerning bir o'lchamli vaqtga bog'liq tenglamasi

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2},$$

bunda i - mavhum birlik ($\sqrt{-1}$); m - zarraning massasi; $\psi(x, t)$ - zarraning holatini tavsiflovchi to'lqin funksiyasi.

Erkin zarraning bir o'lchamli harakatini tavsiflovchi to'lqin funksiyasi

$$\psi(x, t) = A \cdot \exp \frac{i}{\hbar} (px - Et),$$

bunda A - de Broyl to'lqinining amplitudasi; p - zarraning impulsi, E - zarraning energiyasi.

Statsionar holatlar uchun Shredingerning bir o'lchamli tenglamasi

$$\frac{d^2 \psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} (E - U) \psi = 0,$$

bunda E - zarraning to'liq energiyasi; $U(x)$ - potensial energiya; $\psi(x, t)$ - to'lqin funksiyasining koordinataviy (yoki amplitudaviy) qismi.

Uch o'lchamli $\psi(x, y, z)$ hol uchun Shredinger tenglamasi

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} + \frac{2m}{\hbar^2} (E - U) \psi = 0$$

ko'rinishda yoziladi yoki operatorlar shaklida

$$\Delta \psi + \frac{2m}{\hbar^2} (E - U) \psi = 0,$$

bunda $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ - Laplas operatori.

Shredinger tenglamasini yechishda to'lqin funksiyasi qanoatlantirishi kerak bo'lgan standart shartlarini nazarda tutish kerak. Bular: cheklilik (butun fazoda), bir qiymatlilik, ψ - funksiyaning o'zining va uning birinchi hosilasining uzluksizligi.

- Zarraning x dan $x+dx$ gacha oraliqda (bir o'lchamli holda) bo'lish ehtimolligi dW quyidagi formula bilan ifodalanadi

$$dW = |\psi(x)|^2 dx,$$

bunda $|\psi(x)|^2$ - ehtimollikning zichligi.

- Zarrani x_1 dan x_2 gacha oraliqda bo'lishining W ehtimolligi dW ni ko'rsatilgan chegaralarda integrallash bilan topiladi:

$$W = \int_{x_1}^{x_2} |\psi(x)|^2 dx.$$

➤ Cheksiz chuqur, bir o'lchamli, to'g'ri burchakli potensial qutining n - energetik sathida turgan zarra energiyasining xususiy qiymatlari E_n quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$E_n = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2ml^2} n^2 \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

bunda l - potensial qutining kengligi.

Bu energiyaga mos keluvchi xususiy to'lqin funksiyasi

$$\psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{l}} \sin \frac{\pi n}{l} x$$

ko'rinishga ega.

➤ Cheksiz keng pastki potensial to'siq chegarasida de Broyl to'lqinining sinish koeffitsiyenti (17 - rasm)

$$n = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{k_2}{k_1},$$

bunda λ_1 va λ_2 - de Broyl to'lqinining I va II sohalaridagi uzunligi (zarra I sohadan II sohaga qarab harakatlanadi); k_1 va k_2 - to'lqin sonlarining mos qiymatlari.

➤ De Broyl to'lqinining cheksiz keng pastki ($U < E$) potensial to'siq orqali qatish ρ va o'tish τ koeffitsiyentlari

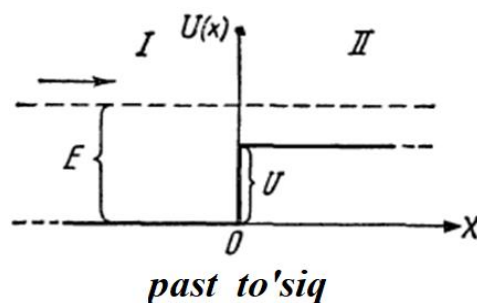
$$\rho = \left| \frac{k_1 - k_2}{k_1 + k_2} \right|^2; \quad \tau = \frac{4k_1 k_2}{(k_1 + k_2)^2},$$

bunda k_1 va k_2 - de Broyl to'lqinining I va II sohalaridagi to'lqin sonlari.

➤ Chekli kenglikka ega bo'lgan to'g'ri burchakli potensial to'siqning shaffoflik koeffitsiyenti

$$D = \exp \left[-\frac{2}{\hbar} \sqrt{2m(U - E)} d \right],$$

bunda U - potensial to'siqning balandligi; E - zarraning energiyasi; d - to'siqning kengligi.



48-§. ATOMNING TUZILISHI

Asossiy formulalar

- Sferik koordinatalarda turg'un holatlar uchun Shredinger tenglamasi

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial l} \left(r^2 \frac{\partial \varphi}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \left[\frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin \theta \frac{\partial \psi}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{\sin^2 \theta} \frac{\partial^2 \psi}{\partial \theta^2} \right] + \frac{2m}{\hbar^2} (E - U) \psi = 0,$$

bunda $\psi = \psi(r, \theta, \varphi)$ - to'liq funksiyasi; E - zarraning to'liq energiyasi; U - zarraning potensial energiyasi (koordinataning funksiyasi).

- Vodorod atomida (yoki vodorodsimon ionda) potensial energiya

$$U(r) = -\frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r}$$

ko'rinishga ega, bunda Z - zaryad soni; e - elementar zaryad; ϵ_0 - elektr doimiysi.

- Vodorod atomidagi elektron energiyasining xususiy qiymati

$$E_n = -\frac{Z^2 e^4 m}{32\pi^2 \epsilon_0^2 \hbar n^2},$$

bunda $\hbar$ - Plank doimiysi, n - bosh kvant soni ($n=1,2,3$).

- Vodorod atomidagi elektronning holatini tasvirovchi ψ funksiyaning ramziy yozilishi

$$\psi_{n,l,m}(r, \theta, \varphi),$$

bunda n, l, m - bosh, orbital, magnit kvant sonlari.

Elektronning r, θ, φ koordinatali nuqta atrofida olingan dV hajm elementi bilan cheklangan sohada bo'lish ehtimolli

$$dW = |\psi_{n,l,m}(r, \theta, \varphi)|^2 dV,$$

bunda $dV = r^2 \sin \theta dr d\theta d\varphi$ (sferik koordinatalar tizimida).

S - holatda ($l=0, m=0$) to'liq funktsiya sferik jihatdan simmetrik bo'ladi (y'ani θ va φ burchaklarga bog'liq bo'lmaydi).

S - holatga (asosiy) va $2S$ holatga to'g'ri keluvchi normallashtirilgan xususiy ψ - funksiyalar.

$$\psi_{100}(r) = \frac{1}{\sqrt{\pi a^3}} e^{-\frac{r}{a}} \text{ va } \psi_{200}(r) = \frac{1}{4\sqrt{2\pi a^3}} \left(2 - \frac{r}{a}\right) e^{-\frac{r}{2a}}$$

yoki atom birliklarida

$$\psi_{100}(\rho) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} e^{-\rho} \text{ va } \psi_{200}(r) = \frac{1}{4\sqrt{2\pi}} (2 - \rho) e^{-\frac{\rho}{2}}$$

bunda uzunlik birligi sifatida $a = \frac{4\pi\epsilon_0\hbar}{e^2m} = 52,9 \text{ pm}$ Bor radiusi qabul qilingan. Uzunlik birligining bunday tanlanishida yadrogacha bo'lgan masofa $\rho = \frac{r}{a}$ - atom birliklari deyilguvchi uzunlikning o'lchamsiz birliklarida ifodalanadi.

Vodorod atomida S - holatdagi elektronning ($r, r+dr$) oraliqda topilish ehtimolligi barcha yo'nalishlar bo'ylab bir xil va

$$dW = |\psi_{n,0,0}(r)|^2 4\pi r^2 dr$$

formula bilan aniqlanadi.

- Elektronning orbital impuls momenti va magnit momenti:

$$L_l = \hbar\sqrt{l(l+1)}, \mu_l = \mu_B\sqrt{l(l+1)}$$

bunda $l = 0, 1, 2, \dots, (n-1)$ qiymatlarni qabul qilishi mumkin bo'lgan orbital kvant soni; μ_B - Bor magnetoni ($\mu_B = \frac{e\hbar}{2m} = 0,927 \cdot 10^{-23} \frac{J}{Tl}$).

- Orbital impuls momenti va magnit momentining tashqi magnit maydon yo'nalishiga (Z o'qi bilan mos keluvchi) proyeksiyasi:

$$L_{l,z} = \hbar m_l, \mu_{l,z} = \mu_B m_l$$

- Orbital magnit va mexanik momentlar uchun giromagnit nisbat

$$\frac{\mu_l}{L_l} = \frac{\mu_{l,z}}{L_{l,z}} = \frac{\mu_B}{\hbar} = \frac{1}{2} \frac{e}{m}$$

- Elektronning spini va spin magnit momenti:

$$L_s = \hbar\sqrt{S(S+1)}, \mu_s = 2\mu_B\sqrt{S(S+1)},$$

bunda S - spin kvant soni.

- Spin impuls momenti va magnit momentining tashqi magnit maydon yo'nalishiga (Z o'qi bilan mos keluvchi) proyeksiyasi:

$$L_{s,z} = \hbar m_s, \mu_{s,z} = 2\mu_B m_s,$$

bunda m_s - spin magnit soni ($m_s = -\frac{1}{2}, +\frac{1}{2}$).

- Spin magnit va mexanik momentlar uchun giromagnit nisbat

$$\frac{\mu_s}{L_s} = \frac{\mu_{s,z}}{L_{s,z}} = 2 \frac{\mu_B}{\hbar} = \frac{e}{m}.$$

Elektronlarning atomdagi holatlar bo'yicha taqsimoti spektroskopik ramzlar yordamida yoziladi:

Yordamchi kvant sonlarning qiymati	0	1	2	3	4	5	6	7
Spektroskopik ramzi	<i>s</i>	<i>p</i>	<i>d</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>i</i>	<i>k</i>

Elektronlarning o'ri (konfiguratsiyasi) quyidagicha yoziladi: spektroskopik ramzdan oldin, chapda turgan son bosh kvant soni n ni bildiradi, spektroskopik ramzning o'zi esa orbital kvant soni l ning u yoki bu qiymatiga mos keladi (misol uchun, $2p$ belgi $n=2$ va $l=1$ bo'lgan elektronga mos keladi, $2p^2$ esa bunday elektronlar atomda 2 ta ekanligini bildiradi va hokazo).

➤ Pauli prinsipi. Atomda: n, l, m_l, m_s - to'rtta kvant sonlarining bir xil to'plami bilan xarakterlanuvchi ikkita (va undan ortiq) elektronning bo'lishi mumkin emas.

➤ Elektron impulsining to'liq momenti

$$L_j = \hbar \sqrt{j(j+1)}$$

bunda j - ichki kvant soni ($j = l + \frac{1}{2}, l - \frac{1}{2}$).

➤ Atomning to'liq orbital momenti

$$L_L = \hbar \sqrt{L(L+1)}$$

bunda L - to'liq orbital kvant soni.

➤ Atomning to'liq spin momenti

$$L_S = \hbar \sqrt{S(S+1)}$$

bunda S - to'liq spin kvant soni.

➤ Atomning to'liq impuls momenti

$$L_J = \hbar \sqrt{J(J+1)}$$

bunda J - to'liq ichki kvant soni.

➤ Atom holatining ramziy belgisi (spektral term)

$$^{2S+1}L_J,$$

bunda $2S+1$ - multipletlik. To'liq orbital kvant soni L ning o'rniga quyidagi jadvaldagi ramzlardan fodalaniladi:

Qiymati	0	1	2	3	4	5
Ramzi	S	P	D	F	G	H

Misol: $^2P_{\frac{3}{2}}$ term quyidagicha tushuniladi: $2s+1=2$ multipletlik; $s=\frac{1}{2}$, P ramzga $L=1$

to'g'ri keladi, hamda $j=\frac{3}{2}$.

➤ Atomning magnit momenti

$$\mu_j = g\mu_B \sqrt{J(J+1)},$$

bunda g - Lande ko'paytiruvchisi (yoki omili)

$$g = 1 + \frac{J(J+1) + S(S+1) - L(L+1)}{2J(J+1)}$$

➤ Atom magnit momentining tashqi magnit maydon (Z o'qi bilan mos keluvchi) yo'nalishiga proyeksiyasi

$$\mu_{J,z} = g\mu_B m_J$$

bunda m_J - to'liq magnit kvant soni ($m_J = J, J-1, \dots, -J$).

➤ Bir jinsli bo'lmagan magnit maydondagi atomga ta'sir etuvchi kuch

$$F_z = \frac{\partial B}{\partial z} \mu_{J,z},$$

bunda $\frac{\partial B}{\partial z}$ - magnit induktsiyasining gradiyenti.

➤ Larmor protsessiyasining chastotasi

$$\omega_L = \frac{eB}{2m}$$

bunda m - elektronning massasi.

➤ Magnit maydondagi atomning energiyasi

$$E = -\mu_{J,z} B.$$

➤ Zeeman hodisasida spektr chiziqlari ajralishining kattaligi:

a) murakkab (anomal)

$$\Delta\omega = (m_J''g'' - m_J'g')\omega_L$$

m_J'', m_J' va g'', g' - mos termlarning magnit kvant sonlari va Lande ko'paytiruvchilari;

b) oddiy (normal)

$$\Delta\omega = 0, \pm\omega_L.$$

➤ S, L, J va m_S, m_L, m_J kvant sonlari uchun tanlash qoidasi

$$\Delta S = 0; \quad \Delta m_S = 0;$$

$$\Delta L = \pm 1; \quad \Delta m_S = 0, \pm 1;$$

$$\Delta J = 0, \pm 1; \quad \Delta m_S = 0, \pm 1.$$

$J=0 \rightarrow J=0$ o'tishlar $J=0$ da esa $m_J=0 \rightarrow m_J=0$ o'tishlar amalga oshmaydi.

49-§. MOLEKULLALARNING SPEKTRLARI

Asossiy formulalar

- Ikki atomli molekulaning keltirilgan massasi

$$\mu = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2},$$

bunda m_1 va m_2 - molekula tarkibiga kiruvchi atomlarning masalari.

- Ossilyatorning xususiy doiraviy chastotasi

$$\omega = \sqrt{\frac{\beta}{\mu}},$$

bunda β - kvaziqayishqoq kuch koeffitsiyenti.

- Bir o'lchamli kvant garmonik ossilyatorining nolinch xususiy to'lqin funksiyasi

$$\psi_0(x) = C_0 \exp\left(-\frac{\alpha^2 x^2}{2}\right),$$

bunda parameter $\alpha = \sqrt{\frac{\mu\omega}{\hbar}}$.

- Garmonik ossilyatorning tebranish energiyasi

$$E_n = \hbar\omega\left(n + \frac{1}{2}\right),$$

bunda n - tebranish kvant soni ($n = 0, 1, 2, 3, \dots$).

Kvant soni n uchun tanlash qoidasi mavjud, unga binoan $\Delta n = \pm 1$.

- Nolinch energiya

$$E_0 = \frac{\hbar\omega}{2}.$$

- Angarmonik ossilyatorning tebranish energiyasi

$$E_\nu = \hbar\omega\left[\left(\nu + \frac{1}{2}\right) - \gamma\left(\nu + \frac{1}{2}\right)^2\right],$$

bunda ν - tebranish kvant soni ($\nu = 0, 1, 2, \dots$); γ - angarmoniklik (garmonikmaslik) koeffitsiyenti; $\Delta\nu$ - istalgan butun son. Kvant soni ν - uchun tanlash qoidasi mavjud emas. Shuning uchun ham $\Delta\nu$ istalgan butun sonli qiymatni qabul qilishi mumkin.

- Ikki qo'shni tebranish sathlari orasidagi energiyalar farqi

$$E_{\nu+1,\nu} = \hbar\omega[1 - 2\gamma(\nu+1)]$$

- Kvant soni ν ning maksimal qiymati

$$\nu_{\max} = \frac{1}{2\gamma} - 1.$$

- Tebranma harakatning maksimal energiyasi

$$E_{\max} = \frac{\hbar\omega}{4\gamma}.$$

Ikki atomli molekulaning dissotsilanish energiyasi

$$E_d = \frac{\hbar\omega}{4\gamma}(1-2\gamma).$$

➤ Ikki atomli molekulaning inertsia markazidan o'tuvchi va atomlarning yadrolarini tutashtiruvchi to'g'ri chiziqqa tik o'qqa nisbatan inertsia momenti

$$J = \mu d^2$$

bunda μ - molekulaning keltirilgan massasi; d - yadrolararo masofa.

➤ Aylanish doimiysi

$$B = \frac{\hbar^2}{2I}.$$

➤ Ikki atomli molekulaning aylanma harakat energiyasi

$$E_z = Bz(z+1)$$

bunda Z - aylanish kvant soni ($z = 0, 1, 2, \dots$)

➤ Spektroskopik to'lqin soni

$$\tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda}$$

bunda λ - nurlanishning to'lqin uzunligi.

Nurlanish fotonning energiyasi ε spektroskopik to'lqin soni ν bilan quyidagi munosabat orqali bog'langan

$$\varepsilon = 2\pi\hbar c \tilde{\nu},$$

bunda c - elektromagnit nurlanishning tarqalish tezligi.

Atomning tuzilishiga doir masala yechish namunasi.

1 - Misol. Vodorod atomining uchinchi Bor orbitasidagi elektr maydonining kuchlanganligini aniqlang.

Berilgan:

Yechish.

$$n = 3$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$$

$$Z = 1$$

$$h = 6,62 \cdot 10^{-34} J \cdot s$$

$$m = 9,1 \cdot 10^{-31} kg$$

$$E = ?$$

Atomning yadro modeli haqidagi tasavvurlarga muvofiq Ze miqdordagi nuqtaviy zaryadning o'zidan r masofada vujudga keltirgan kuchlanganligini aniqlash kerak: $E = \frac{Ze}{r^2}$ (1) bunda Z – yadroning

zaryadi (Mendeleev soni), e – elementar musbat zaryad, r – elektron

orbitasining quyidagi $r = \frac{n^2 \hbar^2}{4\pi^2 m e^2 Z}$ (2)

munosabatdan aniqlanadigan radiusi, bunda h – Plank doimiysi,

m – elektronning massasi. (1) va (2) tenglamalardan $E = \frac{16\pi^4 m^2 e^5 Z^3}{n^4 h^4}$ Kattaliklarning son qiymatini qo'ysak. $E = 2,1 \cdot 10^5 SGSE$.

X-BOB. QATTIQ JISMLAR FIZIKASI

50-§. KRISTALLOGRAFIYA UNSURLARI

Asosiy formulalar

- Kristalning molyar hajmi

$$V_m = \frac{M}{\rho}.$$

bunda M - moddaning molyar massasi; ρ - kristalning zichligi.

- Kristallardagi elementar katakchanning hajmi V :

a) kub singoniyada $V = a^3$;

b) geksogonal singoniyada $V = \sqrt{3}a^2 \frac{c}{2}$, bunda a va c panjara parametrlari.

Agar geksogonal panjara uchun $c = \sqrt{\frac{8}{3}}a$ nazariy qiymatlar

qabul qilinsa, u holda $V = \sqrt{2}a^3$.

- Bir mol kristaldagi elementar katakchalar soni Z_m

$$Z_m = \frac{V_m}{V} \text{ yoki } Z_m = \frac{kN_A}{n},$$

bunda k - brikmaning kimyoviy ifodasidagi bir xil atomlar

soni (misol uchun $AgBr$ kristalidagi bir xil Ag yoki Br

atomlarning brikmaning kimyoviy ifodasidagi soni birga

teng); N_A - Avagadro doimiysi; n - elementar katakchaga to'g'ri keluvchi bir xil

atomlar soni. 18 – rasmda $NaCl$ ning tuzilishi berilgan; KBr , $AgBr$, MnO va boshqa

birikmalar ham shunday tuzilishga ega.

Kristallning birlik hajmidagi elementar katakchalar soni Z

$$Z = \frac{Z_n}{V_m}$$

yoki umumiy holda

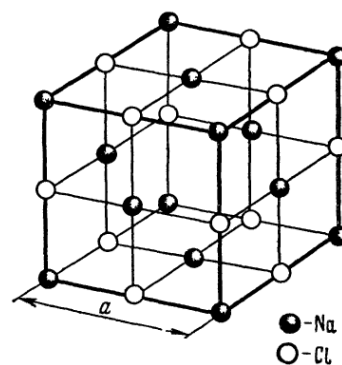
$$Z = \rho \frac{k N_A}{n M},$$

bir xil atomlardan ($k=1$) tashkil topgan kristallar uchun

$$Z = \rho \frac{N_A}{nM}.$$

- Kubsimon panjaraning a parametri

$$a = \sqrt[3]{\frac{nM}{k\rho N_A}}.$$



18 – rasm.

Kubsimon panjaradagi qo'shni atomlar orasidagi d masofa:

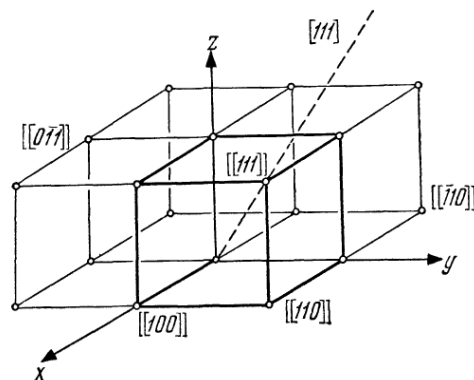
a) qirradi markazlashtirilganda $d = \frac{a}{\sqrt{2}}$;

b) hajmi markazlashtirilganda $d = \frac{\sqrt{3}a}{2}$.

➤ Panjaradagin tugunlar, yo'nalishlar va tekisliklarni belgilash uchun maxsus ko'rsatkichlar kiritiladi.

Tugunlarning ko'rsatkichlarini ikki karrali kvadrat qavslarda yoziladi $[[mnp]]$. Manfiy ko'rsatkichlar uchun harfning ustiga manfiy belgisi qo'yiladi, misol uchun $\bar{m}$ (19 - rasm).

➤ Yo'nalishlarning ko'rsatkichlari bittali kvadrat qavslarda yoziladi $[mnp]$. Agar tugun orqali o'tuvchi to'g'ri chiziq bir paytning o'zida sanoq tizimining boshi $[[000]]$ orqali ham o'tsa, yo'nalishning ko'rsatkichi tugunning ko'rsatkichi bilan mos keladi (19 - rasm).



19 – rasm.

Yo'nalishlarning ko'rsatkichlari kristalldagi bitta to'g'ri chiziqni emas, balki parallel to'g'ri chiziqlar oilasini beradi. Barcha ko'rsatkichlar ishorasining teskarisiga o'zgarishi $[\bar{m}, \bar{n}, \bar{p}]$ kristaldagi oldingi yo'nalishning o'zini ko'rsataveradi.

Kubsimon panjarada $[mnp]$ ko'rsatkichlar bilan berilgan to'g'ri chiziq bo'ylab o'xshashlik davri

$$l = a\sqrt{m^2 + n^2 + p^2}$$

munosabat bilan ifodalanadi, bunda a - panjara parametri.

➤ Kubsimon panjaradagi $[m_1n_1p_1]$ va $[m_2n_2p_2]$ to'g'ri chiziqlar orasidagi burchak quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$\cos\varphi = \frac{m_1m_2 + n_1n_2 + p_1p_2}{\sqrt{m_1^2 + n_1^2 + p_1^2} \sqrt{m_2^2 + n_2^2 + p_2^2}}.$$

➤ Tekisliklarning ko'rsatkichlari (Miller ko'rsatkichlari) egri qavslarda yoziladi (hkl) . Barcha ko'rsatkichlarning teskarisiga o'zgarishi tekisliklarning oldingi oilasining o'zini ko'rsataveradi.

Miller ko'rsatkichlari tekislikning sanoq tizimining o'qlaridan kesgan minimal kesmalari bilan bog'langan.

➤ Kesmalarni topish uchun Miller ko'rsatkichlariga teskari kattaliklarni olish $(\frac{1}{h}; \frac{1}{k}; \frac{1}{l})$ va ularni olingan sonlarning har biriga karrali bo'lgan eng kichik butun songa keltirish kerak. Olingan natijalar (hkl) tekisligining sanoq tizimi o'qlarida kesadigan eng kichik kesmalari bo'ladi.

Agar sanoq tizimining o'qlarida kesiladigan kesmalar ma'lum bo'lsa, unda Miller ko'rsatkichlari ham xuddi shuningdek topiladi. Miller ko'rsatkichlari berilgan tekislikka normal vektorning yo'naltiruvchi kosinuslariga proporsional. Shuning uchun ham ba'zi tekisliklar oilasi uchun Miller ko'rsatkichlari shu tekisliklarga normal yo'nalishning ko'rsatkichlari bilan mos keladi.

➤ $(h_1k_1l_1)$ va $(h_2k_2l_2)$ tekisliklar orasidagi burchak

$$\cos\varphi = \frac{h_1h_2 + k_1k_2 + l_1l_2}{\sqrt{h_1^2 + k_1^2 + l_1^2} \sqrt{h_2^2 + k_2^2 + l_2^2}}$$

formuladan aniqlanadi, $[mnp]$ to'g'ri chiziq va (hkl) tekislik orasidagi burchak esa quyidagi formuladan topiladi

$$\cos\varphi = \frac{hm + kn + lp}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2} \sqrt{m^2 + n^2 + p^2}}.$$

51 - §. ISSIQLIK XOSSALARI

Asosiy formulalar

➤ Issiqlik sig'iminin klassik nazariyasida kimyoviy jihatdan oddiy (bir xi atomlardan tashkil topgan) qattiq jismlarning molyar ichki energiyasi

$$U_m = 3RT$$

formula bilan ifodalanadi, bunda R - molyar gaz doimiysi; T - termodinamik harorat.

➤ Tizimning (jismning) o'zgarmas hajmidagi issiqlik sig'imi C ichki energiya U dan harorat bo'yicha olingan hosila kabi aniqlanadi, ya'ni

$$C = \frac{dU}{dT}.$$

➤ Dyulong va Pti qonuni. Kimyoviy jihatdan oddiy qattiq jismlarning molyar issiqlik sig'imi

$$C_m = 3R.$$

➤ Neyman – Koop qonuni. Kimyoviy murakkab jismlarning (turli atomlardan tashkil topgan) molyar issiqlik sig'imi:

$$C_m = n \cdot 3R,$$

bunda n - birikmaning kimyoviy formulasidagi zarralarning umumiy soni.

➤ Eynshteynning kvant azariyasida kvant ossilyatorining bitta erkinlik darajasiga to'g'ri keladigan energiyaning o'rtacha qiymati

$$\langle \varepsilon \rangle = \varepsilon_0 + \frac{\hbar\omega}{\exp\left[\frac{\hbar\omega}{kT}\right] - 1}$$

formula bilan ifodalanadi; bunda ε_0 nolinchil energiya ($\varepsilon_0 = \frac{1}{2}\hbar\omega$); $\hbar$ - Plank doimiysi, ω - ossilyator tebranishining doiraviy chastotasi; k - Bolsman doimiysi; T - termodinamik harorat.

➤ Eynshteynning issiqlik sig'imi uchun kvant nazariyasiga binoan kristalning molyar energiyasi

$$U_m = U_{m0} + 3R \frac{\theta_E}{\exp\left(\frac{\theta_E}{T}\right) - 1}$$

formula bilan aniqlanadi, bunda $U_{m0} = \frac{3}{2}R\theta_E$ Eynshteyn nazariyasi bo'yicha molyar nolinchil energiya; $\theta_E = \frac{\hbar\omega}{k}$ - Eynshteynning xarakteristik harorati.

Eynshteynning issiqlik sig'imi uchun kvant nazariyasiga binoan kristalning molyar issiqlik sig'imi

$$C_m = 3R \left(\frac{\theta_E}{T} \right)^2 \frac{\exp\left(\frac{\theta_E}{T}\right)}{\left(\exp\frac{\theta_E}{T} - 1\right)^2}$$

Past haroratlarda

$$C_m = 3R \left(\frac{\theta_E}{T} \right) \exp\left(-\frac{\theta_E}{T}\right).$$

➤ Debayning issiqlik sig'imi uchun kvant nazariyasiga binoan tebranishlarning chastotaviy spektri chastotalarning taqsimot funksiyasi $g(\omega)$ bilan beriladi. Chastotalarning ω dan $\omega + d\omega$ gacha oralig'iga to'g'ri keluvchi jism xususiy chastotalarining soni

$$dz = g(\omega) d\omega$$

ifoda bilan aniqlanadi.

N ta atomga ega bo'lgan uch o'lchovli kristall uchun

$$dz = \frac{gN}{\omega_{\max}^3} \omega^2 d\omega,$$

bunda $\omega_{\max}$ - tebranishlar spektrini chegaralovchi maksimal chastota.

➤ Qattiq jismning energiyasi U kvant ossilyatorining o'rtacha energiyasi $\langle \varepsilon \rangle$ va chastotalarning taqsimot funksiyasi $g(\omega)$ bilan

$$U = \int_0^{\omega_{\max}} \langle \varepsilon \rangle g(\omega) d\omega$$

munosabat orqali bog'langan.

➤ Debay nazariyasi bo'yicha kristallning molyar ichki energiyasi

$$U_m = U_{m0} + 3RT \cdot 3 \left(\frac{T}{\theta_D} \right)^3 \int_0^{\frac{\theta_D}{T}} \frac{x^3}{\exp(x) - 1} dx,$$

bunda $U_m = \frac{9}{8R\theta_D}$ - Debay nazariyasibo'yicha kristalning molyar nolinchii energiyasi;

$\theta_D = \frac{\hbar \omega_{\max}}{k}$ - Debayning xarakteristik harorati.

➤ Debay nazariyasi bo'yicha kristallning molyar issiqlik sig'imi

$$C_m = 3R \left[12 \left(\frac{T}{\theta_D} \right)^3 \int_0^{\frac{\theta_D}{T}} \frac{x^3}{\exp(x) - 1} dx - \frac{3 \left(\frac{\theta_D}{T} \right)}{\exp\left(\frac{\theta_D}{T}\right) - 1} \right]$$

Debayning chegaraviy qonuni. past haroratlar sohasida ($T \ll \theta_D$) oxirgi formula quyidagi ko'rinishni oladi:

$$C_m = \frac{12\pi^3}{5} R \left(\frac{T}{\theta_D} \right)^3.$$

➤ Fononning energiyasi ε klassik to'liqlar tebranishining doiraviy chastotasi ω bilan quyidagi munosabat orqali bog'langan:

$$\varepsilon = h\omega.$$

➤ Fononning kvazi impulsi

$$p = \frac{2\pi h}{\lambda}.$$

Fononning tezligi tovush to'liqlarining kristalldagi gruhiy (gruppaviy) tezligidir:

$$u = \frac{d\varepsilon}{dp}$$

Foton energiyasining kichik qiymatlarida to'liq dispersiyasini inobatga olmaslik mumkin va bunda guruhviy hamda fazoviy tezliklar mos keladi:

$$u = v = \frac{\varepsilon}{p}$$

Bo'lama (v_e) va ko'ndalang (v_t) to'liqlarning kristaldagi tezligi

$$v_e = \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \quad v_t = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

formulalar bilan aniqlanadi, bunda E va G - mos ravishda bo'ylama va ko'ndalang qayishqoqlik modullari.

➤ Tovush tezligining o'rtachalashtirilgan v qiymati v_t va v_e lar bilan quyidagi munosabat orqali bog'langan:

$$\frac{3}{v^3} = \frac{2}{v_t^3} + \frac{1}{v_e^3}.$$

➤ Furrye qonuni dt vaqtda issiqlik oqimi yo'nalishiga tik bo'lgan S yuzali sirt orqali o'tgan dQ issiqlik miqdori

$$dQ = -\lambda \left(\frac{dT}{dx} \right) S dt,$$

bunda λ - issiqlik o'tkazuvchanlik; $\frac{dT}{dx}$ - harorat gradiyenti.

Formuladagi manfiy ishora issiqlik oqimining yo'nalishi harorat gradiyenti vektoriga qarama – qarshi yo'nalganligini ko'rsatadi.

➤ Issiqlik o'tkazuvchanlik λ , birlik hajm uchun hisoblangan issiqlik sig'imi C , tovush tezligi v (o'rtachalashtirilgan qiymat) va fononlarning o'rtacha erkin yugirish yo'li Λ quyiagi munosabat bilan bog'langan:

$$\lambda = \frac{1}{3} cv\Lambda$$

➤ Dopler hodisasi natijasida chastotaning nisbiy o'zgarishi

$$\frac{\Delta\omega}{\omega} = \frac{v}{c} \cos\theta \quad (v \ll c),$$

bunda ν - atomning tezligi, c - elektromagnit nurlanishning tezligi; $\theta - \vec{\nu}$ vektor va kuzatish yo'nalishi (atomdan kuzatuvchiga) orasidagi burchak.

- Gamma – foton chiqarilganda yadroga beriladigan turtki energiyasi

$$R = \frac{(\hbar\omega)^2}{2m_{ya}c^2},$$

bunda $\hbar\omega$ - gamma – fotonning energiyasi, m_{ya} - yadroning massasi.

- Spektral chiziqlarning tabiiy kengligi

$$\Gamma = \frac{\hbar}{\tau},$$

bunda τ - yadroning (atomning) g'alayonlangan holatda o'rtacha yashash vaqti.

- Angarmonik tebranishlarda zarrani muvozanat holatiga qaytaruvchi kuch

$$f(x) = -\beta x + \gamma x^2$$

ifoda bilan aniqlanadi, bunda β - garmoniklik koeffitsiyanti bo'lib, kristall atomlari orasidagi muvozanat masofasi r_0 va bo'ylama qayishqoqlik moduli E bilan

$$\beta = r_0 E$$

munosabat orqali bog'langan, γ - qattiq jismdagi atomlar tebranishining asimmetrikligini xarakterlovchi angarmoniklik koeffitsiyenti. Kattalikning tartibini baholash uchun

$$\gamma = \frac{1}{2} \frac{\beta}{r_0}$$

deb qabul qilish mumkin.

- Ta'rifga binoan chiziqli kengayishkoeffitsiyenti

$$\alpha = \frac{1}{e} \frac{dl}{dT}.$$

Nazariy jihatdan u β va γ koeffitsiyentlar orqali quyidagicha ifodalanadi

$$\alpha = \frac{\gamma k}{\beta^2 r_0} \text{ yoki taxminan } \alpha = \frac{1}{2} \cdot \frac{k}{r_0^2 \beta^2},$$

bunda k - Bolsman doimiysi.

52 - §. QATTIQ JISMLARNING ELEKTR VA MAGNIT XOSSALARI

Asosiy formulalar

Metaldagi elektronlar (kvant statistikasiga binoan)

- Fermining metallidagi erkin elektronlarning energiyalari bo'yicha taqsimoti:

$$T \neq 0 \text{ da } dn(\varepsilon) = \frac{1}{2\pi^2} \left(\frac{2m}{\hbar^2} \right)^{\frac{3}{2}} \frac{\varepsilon^{\frac{1}{2}} d\varepsilon}{\exp\left[\frac{(\varepsilon - \varepsilon_f)}{kT} \right] + 1};$$

$$T \neq 0 \text{ da } dn(\varepsilon) = \frac{1}{2\pi^2} \left(\frac{2m}{\hbar^2} \right)^{\frac{3}{2}} \varepsilon^{\frac{1}{2}} d\varepsilon \quad (\varepsilon < \varepsilon_f \text{ da})$$

bunda $dn(\varepsilon)$ - energiyalari ε dan $\varepsilon + d\varepsilon$ gacha qiymatlar oralig'ida bo'lgan elektronlarning konsentratsiyasi; m va ε - elektronning massasi va energiyasi; ε_f - Fermi sathi (yoki energiyasi).

- $T = 0$ da metadagi Fermi sathi

$$\varepsilon_f = \frac{\hbar^2}{2m} (3\pi^2 n)^{\frac{2}{3}}.$$

- Aynish harorati

$$T_{kr} = \frac{2\pi\hbar^2}{km} n^{\frac{2}{3}}.$$

Yarim o'tkazgichlar

- Yarim o'tkazgichlarning xususiy solishtirma o'tkazuvchanligi

$$\gamma = en(b_n + b_p),$$

bunda e - elektronning zaryadi; n - zaryad tashuvchilarning (elektronlarning va teshiklarning) konsentratsiyasi; b_n va b_p - elektronlarning va teshiklarning harakatchanligi.

Xoll effekti natijasida namunaning qirralarida vujudga keladigan U_n kuchlanish

$$U_n = R_n B j l,$$

bunda R_n - Xoll doimiysi; B - magnit maydon induksiyasi; l - namunaning kengligi; j - tokning zichligi.

Faqat bir xil ko'rinishdagi zaryad tashuvchilarga n yoki p ega bo'lgan yoqut, kremniy, germaniy, va boshqalar kabi yarim o'tkazgichlar uchun Xoll doimiysi

$$R_n = \frac{3\pi}{8} \cdot \frac{1}{en},$$

bunda n - zaryad tashuvchilarning konsentratsiyasi.

Magnit rezonansi

- Yadroning magnit momenti

$$\mu_I = g\mu_N \sqrt{I(I+1)},$$

bunda g - Landening yadroviy omili (faktori); μ_N - yadro magnetoni ($\mu_N = \frac{eh}{2m_p}$); m_p - protonning massasi; I - yadroning spin kvant soni (yadroning spini).

- Yadro magnit momentining yadroning impuls momenti L_I bilan bog'lanishi

$$\mu_I = \gamma L_I,$$

bunda γ - gidromagnit munosabat ($\gamma = \frac{g\mu_N}{h}$) va

$$L_I = h\sqrt{I(I+1)}.$$

Yadro magnit momentining tashqi maydon magnit induksiya vektorining yo'nalishidagi proyeksiyasi

$$\mu_z = g\mu_N m_I$$

bunda m_I - yadroning spin magnit kvant soni $m_I = I, I-1, \dots, -I$.

- Energiyaning rezonans yutilishi ro'y beradigan o'zgaruvchan magnit maydonning doiraviy chastotasi

$$\omega_0 = \gamma B_0,$$

bunda B_0 - tashqi doimiy magnit maydonning magnit induksiyasi.

Energetik sathlarning balandliklarining nisbati (yuqori chastotali) maydon bo'lmaganda)

$$\frac{N_2}{N_1} = e^{-\frac{(E_2-E_1)}{kT}},$$

bunda $N_1 - E_1$ energetik sathning balandligi; $N_2 - E_2$ energetik sathning balandligi; $E_2 > E_1$.

TALABALAR YECHISHI MAJBURIY BO'LGAN MASALALAR

- 151.** To'g'ri cheksiz uzun o'tkazgichdan $I = 50A$ tok oqmoqda. O'tkazgichdan $r = 5sm$ uzoqlikda turgan nuqtadagi magnit induksiya B aniqlansin.
- 152.** Ikkita cheksiz uzun to'g'ri parallel simlardan bir xil yo'nalishda $I_1 = 20A$ va $I_2 = 30A$ toklar oqmoqda. Simlar orasidagi masofa $d = 10sm$. Har ikkala simdan ham bir xil $r = 10sm$ uzoqlikda joylashgan nuqtadagi magnit induktsiyasi B hisoblansin.
- 153.** To'g'ri chiziqli harakat qilayotgan elektronning traektoriyasidan $r = 10nm$ masofada magnit induktsiyaning maksimal qiymati $B_{max} = 160\mu Tl$. Elektronning tezligi v aniqlansin.
- 154.** $I = 1kA$ tok oqayotgan to'g'ri sim bir jinsli magnit maydonda induksiya chiziqlariga tik ravishda joylashgan. Agar magnit induksiya $B = 1Tl$ bo'lsa, maydon simning uzunligi $l = 1m$ bo'lgan kesmasiga qanday F kuch bilan ta'sir qiladi?
- 155.** Tomonlari $a = 20sm$ dan bo'lgan ikkita bir xil yassi kvadrat konturning har biridan bir xil $I = 10A$ dan tok oqmoqda. Agar konturlarning mos tomonlari orasidagi d masofa $2mm$ ga teng bo'lsa, konturlarning o'zaro ta'sir kuchi F aniqlansin.
- 156.** $r = 5sm$ radiusli o'ramdan $I = 10A$ tok oqmoqda. Aylanma tokning magnit momenti P_m aniqlansin.
- 157.** $m = 2g$ massali ingichka simdan qilingan ramkadan $I = 6A$ tok o'tkaziladi. Ramka tomonlaridan birining o'rtasidan noqayishqoq ipga erkin osilgan. Unday ramkaning $B = 2mTl$ induktsiyali bir jinsli magnit maydonidagi kichik tebranishlar davri T aniqlansin. Tebranishning so'nishi hisobga olinmasin.
- 158.** Massasi $m = 3g$ bo'lgan halqa ko'rinishidagi ingichka sim bir jinsli magnit maydonda noqayishqoq tolaga erkin osilgan. Halqadan $I = 2A$ tok oqmoqda. Vertikal o'qqa nisbatan kichik buralma tebranishlarning davri $T = 1,2s$. Maydonning magnit induktsiyasi B topilsin.
- 159.** Magnit maydon $I = 100A$ tokli cheksiz uzun o'tkazgich tomonidan hosil qilingan. O'tkazgichdan $a = 10sm$ masofada magnit momentining ($P_m = 1mA \cdot m^2$) vektori o'tkazgich bilan bir tekislikda yotgan va unga tik yo'nalgan nuqtaviy dipol turibdi. Magnit dipolga ta'sir etuvchi kuch F aniqlansin.
- 160.** Agar protonning tezligi $v = 2 \frac{Mm}{s}$ bo'lsa, protonning $B = 15mTl$ induktsiyali magnit maydonda chizadigan aylanasi yoyining radiusi R hisoblansin.
- 161.** $U = 2kV$ tezlantiruvchi potentsiallar farqini o'tgan zaryadlangan zarra $B = 15,1mTl$ induktsiyali bir jinsli magnit maydonda $R = 1sm$ radiusli aylana bo'ylab harakatlanmoqda. Zarra zaryadining uning massasiga nisbati $\frac{e}{m}$ va zarraning tezligi v aniqlansin.

162. Elektron $H = 4 \frac{kA}{m}$ kuchlanganlikli bir jinsli magnit maydonda $v = 10 \frac{Mm}{s}$ tezlik bilan harakatlanmoqda. Tezlik vektori kuchlanganlik chiziqlariga tik yoʻnalgan. Maydon tomonidan elektronga taʼsir etayotgan F kuch va u harakatlanayotgan aylananing radiusi R topilsin.

163. Elektron $B = 9mTl$ induktsiyali bir jinsli magnit maydonda $R = 1sm$ va qadami $h = 7,8sm$ boʻlgan burama chiziq boʻylab harakatlanmoqda. Elektronning aylanish davri T va tezligi v aniqlansin.

164. Elektron magnit maydonda $R = 2sm$ radiusli aylana boʻylab harakatlanmoqda. Maydonning magnit induktsiyasi $B = 0,1Tl$. Elektronning kinetik energiyasi T aniqlansin.

165. Zaryadlangan zarra toʻgʻri burchak ostida qovushgan elektr ($E = 400 \frac{kV}{m}$) va magnit ($B = 0,25Tl$) maydonlarga tik yoʻnalishda maʼlum bir v tezlikda harakatlanishda oʻz traektoriyasidan ogʻmaydi. Shu tezlik va agar elektr hamda magnit maydonlarning qiymatlari $0,2\%$ dan oshmagan aniqlikda taʼminlanishi mumkin boʻlsa, bu tezlikdan ehtimoliy chetlanish Δv aniqlansin.

166. $v = 100 \frac{km}{s}$ tezlikka ega boʻlgan proton fazoning elektr ($E = 210 \frac{V}{m}$) va magnit ($B = 3,3mTl$) maydonlar boʻlgan sohasiga uchib kiradi. Elektr maydon kuchlanganligi E va magnit induktsiyasi B larning yoʻnalishlari mos keladi. Agar proton v tezligi vektorining yoʻnalishlari mos keladi. Agar proton v tezligi vektorining yunalishi: 1) va vektorlarining umumiy yoʻnalishi bilan mos kelsa, 2) bu yoʻnalishga perpendikular boʻlsa, maydondagi harakatning boshlangʻich hoki uchun protonning tezlanishi aniqlansin.

167. Kvadrat kesimli toroid $N = 1000$ ta oʻramdan iborat. Toroidning tashqi diametri $D = 40sm$, ichkisi $d = 20sm$. Agar choʻlgʻandan oqayotgan tok kuchi $I = 10A$ boʻlsa, toroiddagi magnit oqimi Φ topilsin.

168. Solenoid kesimi $S = 5sm^2$ boʻlgan choʻyan halqaga oʻralgan. $I = 1A$ tok kuchida magnit oqimi $\Phi = 250\mu Vb$. Solenoidning halqa oʻrta chizigʻining uzunligi $1sm$ boʻlgan kesmasiga toʻgʻri keluvchi oʻramlari soni n aniqlansin.

169. Tor boʻsh tirqishli poʻlat oʻzakka ega boʻlgan toroid choʻlgʻami $N = 1000$ ta oʻramdan iborat. Choʻlgʻandan $I = 1A$ tok oqmoqda. Boʻsh tirqishning qanday I_0 uzunligida undagi magnit maydon induktsiyasi $B = 0,5Tl$ boʻladi? Toroidning oʻrta chiziq boʻyicha uzunligi $l = 1m$.

170. Induktsiyasi $B = 0,01Tl$ bir jinsli magnit maydonda induktsiya chiziqlariga tik joylashgan uzunligi $l = 8sm$ boʻlgan toʻgʻri sim turibdi. Simdan $I = 2A$ tok oqmoqda. Maydon kuchlari taʼsirida sim $S = 5sm$ masofaga siljidi. Maydon kuchlarining ishi A topilsin.

171. Tomonining uzunligi $a=10\text{sm}$ bo'lgan, kvadrat shaklida bukilgan simdan o'zgaras qilib saqlab turilgan $\Delta I=20\text{A}$ tok oqmoqda. Kvadratning tekisligi bir jinsli magnit maydon ($B=0,1\text{Tl}$) induksiya chiziqlari bilan $\alpha=20^\circ$ burchak hosil qiladi. Simni maydondan tashqariga chiqarish uchun bajarish kerak bo'lgan A ish hisoblansin.

172. $F=40\text{ mVb}$ magnit oqimi yopiq konturga singadi. Agar oqimi $\Delta t=2\text{ms}$ vaqt davomida nolgacha o'zgarsa, konturda vujudga keluvchi induksiya EYUK ning o'rtacha qiymati $\langle \varepsilon_1 \rangle$ aniqlansin.

173. Uzunligi $L=10\text{cm}$ bo'lgan tayoqcha $V=0,4\text{Tl}$ induktsiyali bir jinsli magnit maydonda, maydon induksiya chiziqlariga tik tekislikda aylanmoqda. Aylanish o'qi tayoqchaning uchlaridan biridan o'tadi. $n=16\text{s}^{-1}$ aylanish chastotasida tayoqcha uchlaridagi potentsiallar farqi ΔU aniqlansin.

174. Yuzasi $S=200\text{cm}^2$ bo'lgan ramka o'z tekisligida yotuvchi va bir jinsli magnit maydon ($V=0,2\text{Tl}$) induksiya chiziqlariga tik yo'nalgan o'qqa nisbatan $n=10\text{ c}^{-1}$ chastota bilan bir tekis aylanmoqda. Ramkaga singuvchi magnit oqimining noldan maksimal qiymatigacha o'zgarish vaqtida induksiya EYUK ning o'rtacha qiymati $\langle \varepsilon_1 \rangle$ qanday bo'ladi?

175. Elektromagnitning qutblari orasida ballistik galvanometrغا ulangan g'altak joylashtirilgan. G'altakning o'qi induksiya chiziqlariga parallel. $R_1=4\text{ Om}$ qarshilikli g'altak $S=2\text{ sm}^2$ yuzali $N=15$ ta o'ramga ega. Galvanometrning qarshiligi $R_2=46\text{ Om}$. Elektromagnitning chulg'amidagi tokni uzganlarida galvanometr zanjiridan $Q=90\text{ mkKl}$ elektr miqdori oqib o'tdi. Elektromagnit maydonining magnit induktsiyasi V hisoblansin.

176. $I=1\text{ kA}$ tokli uzun to'g'ri o'tkazgichdan $a=1\text{ m}$ masofada $r=1\text{ sm}$ radiusli halqa turibdi. Halqa shunday joylashtirilganki, unga singadigan oqim maksimal. O'tkazgichdagi tok uzilganda halkadan oqib o'tadigan elektr miqdori Q aniqlansin. Halqaning qarshiligi $R=10\text{ Om}$.

177. Reostat yordamida g'altakdagi tok kuchi 1 s da $\Delta I=0,1\text{A}$ dan bir tekis orttirilmoqda. G'altakning induktivligi $L=0,01\text{ Gn}$. O'zinduksiya EYUK ning o'rtacha qiymati $\langle \varepsilon_1 \rangle$ topilsin.

178. $L=1\text{ mGn}$ induktivlikli bir qatlamli g'altak hosil qilish uchun diametri $D=2\text{ sm}$ bo'lgan karton silindrga ajratgichining qalinligi juda kichik bo'lgan $d=0,4\text{ mm}$ diametrli simdan necha o'ram o'rash kerak? O'ramlar bir-biriga qattiq jipslashib turadi.

179. Kesimning yuzasi $S=5\text{ sm}^2$ bo'lgan solenoidda $N=1200$ ta o'ram bor. $I=2\text{A}$ tok kuchida solenoid ichidagi magnit maydon induktsiyasi $V=0,01\text{ Tl}$. Solenoidning induktivligi L aniqlansin.

180. Solenoidda $N=1000$ ta o'ram bor. O'zak kesimining yuzasi $S=10\text{sm}^2$. Cho'lg'amdan $V=1,5\text{ Tl}$ induktsiyali maydon hosil qiladigan tok oqadi. Agar tok $t=500$

mks vaqtda nolgacha kamaysa, solenoidda vujudga keladigan induksiya EYuK ning o`rtacha qiymati $\langle \varepsilon_1 \rangle$ topilsin.

181. Tok manbaini qarshiligi $R=10\text{ Om}$ va induktivligi $L=1\text{ Gn}$ bo`lgan g`altakka tutashtirdilar. Qancha vaqt o`tgandan keyin tutashtirish tok kuchi chegaraviy qiymatning 0,9 qismiga etadi?

182. Ichki qarshiligi $R_1=2\text{ Om}$ bo`lgan tok manbaiga induktivligi  $L=0,5\text{ Gn}$  qarshiligi  $R=8\text{ Om}$  bo`lgan g`altak ulanadi. G`altakdagi tok kuchi qancha t vaqt davomida o`sib maksimal qiymatidan 1% farq qiladigan qiymatga erishish topilsin.

183. Temir halqaga $N=200$ ta o`ram bir qatlam qilib o`ralgan. Agar $I=2,5\text{ A}$ tok kuchida temirdagi magnit oqimi $F=0,5\text{ mVb}$ bo`lsa, magnit maydonning energiyasi W aniqlansin.

184. Toroid chulg`amidan kuchi  $I=0,6\text{ A}$  bo`lgan tok oqmoqda. $d=0,4\text{ mm}$ diametrli sim o`ramlari bir-biriga zich jipslashgan (izolatorning qalinligi hisobga olinmasin). Agar kesimining yuzasi  $S=4\text{ cm}^2$  o`rta chizig`ining diametri  $D=30\text{ sm}$  bo`lsa, toroidning po`lat o`zagidagi magnit maydon energiyasi W topilsin.

185. Nuqtaning tebranish tenglamasi $x=A\cos\omega(t+\tau)$ ko`rinishga ega, bunda  $\omega=\pi\text{ s}^{-1}$ ,  $\tau=0,2\text{ s}$ . Tebranishning davri  $T$  va boshlang`ich fazasi φ aniqlansin.

186. Ikkita amplitudalari $A=10\text{ sm}$ va $A=6\text{ sm}$ bo`lgan bir xil davrli, bir tomonga yo`nalgan garmonik tebranishlar qo`shilib, amplitudasi  $A=14\text{ sm}$  bo`lgan bitta tebranish hosil qiladi. Qo`shiluvchi tebranishlarning fazalar farqi $\Delta\varphi$ topilsin.

187. Prujinaga osilgan $m=250\text{ g}$ massali yuk $T=1\text{ s}$ davr bilan tik yo`nalishda tebranadi. Prujinaning bikrligi k aniqlansin.

188. Tok kuchi I ning muayyan qiymatida solenoid (o`zaksiz) magnit maydoni energiyasining zichligi  $\omega=0,2\text{ J/m}^2$ . Agar solenoidning temir o`zagi bo`lsa, tok kuchining shu qiymatida maydon energiyasining zichligi necha marta ortadi?

189. Elektr sig`imi  $C=500\text{ pF}$  bo`lgan kondensator uzunligi $l=40\text{ cm}$ va kesimining yuzasi $S=5\text{ cm}^2$ bo`lgan g`altak bilan parallel ravishda ulangan. G`altak  $N=1000$  ta o`ramga ega. O`zak nomagnit. Tebranish davri T topilsin.

190. Tebranish konturi $C=8\text{ pF}$ elektr sig`imli kondensatorga va  $L=0,5\text{ m Gn}$  induktivlikli g`altakka ega. Agar maksimal tok kuchi $I_{\max}=40\text{ mA}$ bo`lsa, kondensator qoplamlaridagi maksimal kuchlanish  $U_{\max}$  qanday bo`ladi?

191. Tebranish konturi parallel ulangan $C=1\text{ mkF}$ elektr sig`imli kondensator va  $L=1\text{ mGn}$  induktivlikli g`altakdan tashkil topgan. Konturning qarshiligi juda ham kichik. Tebranishlar chastotasi ν topilsin.

192. Bo`ylama qayishqoq tebranishlarning: 1) alyuminiy, 2) mis, 3) volfram metallarida tarqalish tezligi ν topilsin.

193. Poezd bekat yonidan $v=40\text{ m/c}$ tezlik bilan o`tmoqda. Elektrovoz gudogi tovush tonining chastotasi $\nu=300\text{ Hz}$. 1) poezd yaqinlashayotgan; 2) poezd uzoqlashayotgan hollarda platformada turgan odam uchun tovush tonining tuyulma chastotasi aniqlansin.

- 194.** Diametri $d=20$ sm va uzunligi $l=5$ m bo'lgan, quruq havo bilan to'ldirilgan tsilindrik quvurdan bir davrdagi o'rtacha intensivligi $I=50\text{mVt/m}^2$ bo'lgan tovush to'liqini tarqalmoqda. Quvur ichidagi tovush maydonining energiyasi W topilsin.
- 195.** $L=4$ mH induktivlikli g'altak va $C=1,11$ nF elektr sig'imli kondensatordan tashkil topgan konturda qanday to'liq λ uzunligida rezonans ro'y beradi?
- 196.** Elektromagnit to'liqlarning sinishi bilan bog'liq bo'lgan Gerts tajribalarini namoyish qilish uchun ba'zan parafindan yasalgan katta prizmani olishadi. Agar parafinning dielektrik singdiruvchanligi $\varepsilon=2$ va magnit singdiruvchanligi $\mu=1$ bo'lsa, uning sindirish ko'rsatkichi aniqlansin.
- 197.** Agar platinaning solishtirma magnit qabul qiluvchanligi $\chi=1,30\cdot 10^{-9}$ bo'lsa, uning magnit qabul qiluvchanligi χ va molyar magnit qabul qiluvchanligi χ_m aniqlansin.
- 198.** $R=1$ sm radiusli vismut sharcha bir jinsli magnit maydonga joylashtirilgan ($V=0,5$ Tl). Agar vismutning magnit qabul qiluvchanligi $\chi=1,5\cdot 10^{-4}$ bo'lsa, sharcha olgan magnit moment $P_{\max}$ aniqlansin.
- 199.** Xrom oksidi Cr_2O_3 ning molyar magnit qabul qiluvchanligi $\chi_m=5,8\cdot 10^{-8}$ m³/mol. Agar harorat $T=300$ K bo'lsa, Sr_2O_3 molekulasi magnit momenti μ_m (Bor magnetonlarida) aniqlansin.
- 200.** $T_1=300\text{K}$ harorat va $V=0,5\text{Tl}$ magnit induktsiyasida paramagnetikning ma'lum magnitlanganligi J ga erishildi. Harorat $T_2=450$ K gacha ko'tarilganda shu magnitlanganlik saqlanib qolishi uchun zarur bo'lgan magnit induktsiyasi V_2 aniqlansin.
- 201.** Ikkita kogerent yorug'lik ($\lambda=0,5$ mkm) manbalari orasidagi masofa $d=0,1\text{mm}$. Interferentsiya manzarasining o'rta qismida ekrandagi interferentsiya yo'llari orasidagi masofa $b=1\text{sm}$. Manbalardan ekrangacha bo'lgan masofa l aniqlansin.
- 202.** Yung tajribasida ikkita tirqish orasidagi masofa $d=1\text{mm}$, tirqishlardan ekrangacha bo'lgan masofa $l=3\text{mm}$ bo'lsa, monoxromatik yorug'lik manbai chiqarayotgan to'liqinning λ uzunligi aniqlansin.
- 203.** Havoda turgan sovun pardasiga ($n=1,3$) oq yorug'lik nurlarining dastasi normal tushadi. Pardaning qanday eng kichik d qalinligida to'liqin uzunligi $\lambda=0,55$ mkm bo'lgan qaytgan yorug'lik interferentsiya natijasida maksimal kuchaygan bo'ladi?
- 204.** Qaytgan yorug'likda ($\lambda=0,6$ mkm) kuzatiladigan Nyutonning ikkinchi yorug' halqasining diametri $d=1,2$ mm. Tajriba uchun olingan yassi qavariq linzaning optik kuchi D aniqlansin.
- 205.** Optik kuchi $F=2\text{dptr}$ bo'lgan yassi qavariq linza yassi tomoni bilan shisha plastinkada yotibdi. O'tayotgan yorug'likda Nyutonning to'rtinchi qorong'u halqasining radiusi $r_4=0,7$ mm. Yorug'lik to'liqinining uzunligi aniqlansin.
- 206.** Shisha plastinka va uning ustida yotgan yassi qavariq shisha linza orasiga sindirish ko'rsatkichi shishaning sindirish ko'rsatkichidan kichik bo'lgan suyuqlik qo'yilgan. Qaytgan yorug'likda ($\lambda=700\text{nm}$) kuzatilayotgan Nyutonning sakkizinchi qora

halqasining radiusi $r=2$ mm. Linzaning qavariq sirtining egrilik radiusi $R=1$ m. Suyuqlikning sindirish ko'rsatkichi n topilsin.

207. Yassi to'lqin uchun to'rtinchi Frenel zonasining radiusi $\rho_4=3$ mm. Oltinchi Frenel zonasining radiusi aniqlansin.

208. Kengligi $a=0,05$ mm bo'lgan tirqishga monoxromatik yorug'lik ($\lambda=0,6$ mkm) tik tushadi. Yorug'lik dastasining dastlabki yo'nalishi va to'rtinchi qorong'u difraktsion yo'ldagi yo'nalishi orasidagi burchak α aniqlansin.

209. Agar monoxromatik yorug'lik ($\lambda=0,6$ mkm) holida kuzatilganda beshinchi tartibli maksimum $\varphi=18$ burchakka og'gan bo'lsa, difraktsion panjaraning har bir millimetrida nechtadan shtrix bor?

210. Difraktsion panjaraning 1 mm da $n=200$ ta shtrix bor. Panjaraga monoxromatik yorug'lik ($\lambda=0,6$ mkm) tik ravishda tushadi. Bu panjara qanday eng yuqori tartibli maksimumni beradi?

211. Davri $d=10$ mkm bo'lgan difraktsion panjaraga $\alpha=30^\circ$ burchak ostida to'lqin uzunligi $\lambda=600$ nm bo'lgan monoxromatik yorug'lik tushadi. Ikkinchi bosh maksimumga mos keluvchi difraktsiya burchagi φ aniqlansin.

212. Difraktsion manzara uzunligi $l=1,5$ sm va davri $d=5$ mkm bo'lgan difraktsion panjara yordamida hosil qilingan. Agar to'lqin uzunliklarining farqi $D=0,1$ nm bo'lgan ikkita spektral chiziqlar spektrning chekka qizil qismida yotishsa ($\lambda=760$ nm), bu manzaraning qanday eng kichik tartibli spektrida mazkur chiziq-larning ajralgan tasvirlari hosil bo'ladi?

213. Kaliyning ikkita spektral chizig'ini ($\lambda_1=578$ nm va $\lambda_2=680$ nm) ajrata olishi uchun difraktsion panjara qanday eng kichik ajrata olish kuchi R ga ega bo'lishi kerak? Ajratish ikkinchi tartibli spektrda mumkin bo'lishi uchun bu panjara qanday eng kam N ta shtrixga ega bo'lishi kerak?

214. Davri $d=20$ mkm bo'lgan difraktsion panjara yordamida natriyning ikki chizig'ini ($\lambda_1=589$ nm va $\lambda_2=589,6$ nm) ikkinchi tartibli spektrda ajratish talab qilinadi. Difraktsion panjaraning qanday eng kichik l uzunligida bu mumkin bo'ladi?

215. $\varphi=30^\circ$ difraktsiya burchagi va $\lambda=600$ nm to'lqin uzunligi uchun difraktsion panjaraning $\Delta\varphi$ burchak dispersiyasi aniqlansin. Javob SI birliklarida va minut taqsim nanometrlarda ifodalansin.

216. 1mm da $n=500$ ta dan shtrix bo'lgan difraktsion panjaraga to'lqin uzunligi $\lambda=700$ nm bo'lgan mono-xromatik yorug'lik tik ravishda tushadi. Panjara orqasida bosh fokus masofasi $f=50$ sm bo'lgan yig'uvchi linza o'rnatilgan. Linzaning fokal tekisligida ekran joylashgan. Uchinchi tartibli maksimum uchun shunday tizimning chiziqli dispersiyasi $\Delta\varphi$ aniqlansin. Javob millimetr taqsim nanometrlarda ifodalansin.

- 217.** Rentgen nurlarining parallel dastasi kristall yuzasiga tushadi. Yuza tekisligiga $\theta=65^\circ$ burchak ostida birinchi tartibli maksimum kuzatiladi. Kristalning atom tekisliklari orasidagi masofa $d=280$ pm. Rentgen nurlarining to'liq uzunligi λ aniqlansin.
- 218.** Havoda tarqalayotgan yorug'lik dastasi suyuqlik sirtiga $\varepsilon=54^\circ$ burchak ostida tushadi. Agar qaytgan yorug'lik to'la qutblangan bo'lsa, dastaning sinish burchagi ε aniqlansin.
- 219.** Suv sirtidan qaytgan quyosh nuri to'la qutblangan bo'lishi uchun Quyosh gorizontdan qanday ϕ burchak balandlikda turgan bo'lishi kerak?
- 220.** Agar har bir nikolda unga tushayotgan yorug'likning 10% i yo'kotilsa, o'tkazish tekisliklari $\alpha=30^\circ$ burchak hosil qiladigan ikkita nikol orqali o'tayotgan yorug'likning intensivligi necha marta kamayadi?
- 221.** Qisman qutblangan yorug'likning qutblanish darajasi $R=0,5$ ga teng. Analizator orqali o'tkazilayotgan yorug'likning maksimal intensivligi minimal intensivlikdan necha marta farq qiladi?
- 222.** Qora jismning energetik yorituvchanligi $M_e=10kVt/m$ bo'ladigan harorat T aniqlansin.
- 223.** Eritish pechining ko'rish tuynugidan sochilayotgan energiya oqimi $F_e=34Vt$. Agar tuynukning yuzasi $S=6$ sm bo'lsa, pechning harorati T aniqlansin.
- 224.** Agar pechining harorati $T=1,2$ kK bo'lsa, yuzasi $S=8$ sm bo'lgan eritish pechining tuynugidan $t=1$ min vaqtda sochiladigan W energiya aniqlansin.
- 225.** Qora jismning harorati 1% ga ortganda uning energetik yorituvchanligi nisbiy ortishi $\Delta M_e/M_e$ aniqlansin.
- 226.** $T=400K$ haroratda $t=5$ min vaqt davomida qorakuyaning $S=2$ sm yuzali sirtidan $W=83$ J energiya sochiladi. Qorakuyaning issiqlik nurlanish koeffitsienti ε aniqlansin.
- 227.** $t=0^\circ C$ haroratda qora jism energetik yorituvchanligi spektral zichligining maksimumi $(M\lambda, T)_{\max}$ qanday to'liq uzunligiga mos keladi?
- 228.** Quyoshning yuqori qatlamlarining harorati $5,3kK$ ga teng. Quyoshni qora jism sifatida qabul qilib, Quyosh energetik yorqinligi spektral zichligining maksimumi $(M\lambda, T)_{\max}$ ga mos keluvchi to'liq uzunligi λ_m aniqlansin.
- 229.** Energetik yorqinlik spektral zichligining maksimumi $(M\lambda, T)_{\max}$ ko'rish spektrining a) qizil chegarasiga ($\lambda_1=750nm$); b) binafsha chegarasiga ($\lambda_2=380nm$) to'g'ri kelganda, qora jismning harorati T qanday bo'ladi?
- 230.** Arktur yorqin yulduzi energetik yorituvchanligi spektral zichligining maksimumi $(M\lambda, T)_{\max}$ $\lambda_m=580nm$ to'liq uzunligiga to'g'ri keladi. Yulduz qora jismdek nur sochadi deb qabul qilib, uning sirtining harorati T aniqlansin.
- 231.** Qora jism haroratining o'zgarishi natijasida spektral zichlikning $(M\lambda, T)_{\max}$ maksimumi $\lambda_1=2,4mkm$ dan $\lambda_2=0,8mkm$ ga siljidi. Jismning energetik yorituvchanligi

M_e va energetik yorituvchanlik spektral zichligining maksimumi qanday va necha marta o'zgargan?

232. Agar natriy uchun fotoeffektning qizil chegarasi $\lambda_0=500\text{nm}$ bo'lsa elektronlarning natriydan chiqish ishi A aniqlansin.

233. Agar fotoeffektning qizil chegarasi $\lambda_0=307\text{nm}$ va fotoelektronning maksimal kinetik energiyasi $T_{\max}=1\text{eV}$ bo'lsa, foton energiyasining qanday hisssasi fotoelektronni urib chiqarishga sarflangan?

234. Litiy sirtiga monoxromatik yorug'lik tushadi ($\lambda=310\text{nm}$). Elektronlar emissiyasini to'xtatish uchun $1,7\text{V}$ dan kam bo'lmagan tutuvchi potentsiallar farqini qo'yish kerak. Chiqish ishi A aniqlansin.

235. Rux plastinkaga to'lqin uzunligi $\lambda=220\text{nm}$ bo'lgan monoxromatik yorug'lik tushadi. Fotoelektronlarning maksimal tezligi aniqlansin.

236. To'ltin uzunligi $\lambda=0,3\text{nm}$ bo'lgan γ -nurlanish ta'sirida metall dan urib chiqarilgan fotoelektronlarning maksimal tezligi $U_{\max}$ aniqlansin.

237. γ -fotonlar bilan nurlantirilgan metall dan uchib chiqayotgan fotoelektronlarning maksimal tezligi $U_{\max}=291\text{ Mm/s}$. γ -fotonlarning energiyasi ε aniqlansin.

238. Nurlarning tik tushishida yorug'likning bosimi $P=10\text{mkPa}$ bo'lsa, yaltiroq sirtga tushayotgan nurlanish energiya oqimining sirtiy zichligi I aniqlansin.

239. Yorug'lik elektr yoyidan yuzasi $S=1,5\text{m}^2$ bo'lgan ideal qaytaruvchi sirtli oynachaga normal tushadi. Agar oynachaga tushayotgan nurlanish oqimining sirt zichligi $\varphi=0,1\text{ MVt/m}$ bo'lsa, oynacha olayotgan impuls p aniqlansin. Nurlantirish $t=1\text{c}$ davom etadi.

240. $\lambda=380\text{nm}$ to'lqin uzunligiga to'g'ri keluvchi (ko'rish spektrining binafsha chegarasi) fotonning energiyasi ε massasi m va impuls R aniqlansin.

241. $\varepsilon=1\text{MeV}$ energiyali fotonning to'lqin uzunligi λ , massasi m va impuls r aniqlansin. Bu fotonning massasi tinchlikdagi elektron massasi bilan taqqoslansin.

242. Impuls $u=10\text{Mm/s}$ tezlikka ega bo'lgan elektronning impulsiga teng bo'lgan fotonning to'lqin uzunligi λ aniqlansin.

243. Massasi: 1)elektronning; 2)protonning tinchlik-dagi massasiga teng bo'lgan fotonning to'lqin uzunligi λ aniqlansin.

244. Monoxromatik yorug'likning ($\lambda=600\text{nm}$) tushayotgan nurlar joylashgan qora sirtga bosimi $R=0,1\text{ mkPa}$. $S=1\text{m}^2$ yuzali sirtga $t=1\text{s}$ vaqtda tushuvchi fotonlar soni N aniqlansin.

245. To'ltin uzunligi $\lambda=500\text{ nm}$ bo'lgan monoxromatik nurlanish yassi yaltiroq sirtga normal tushadi va uni $F=10\text{nN}$ kuch bilan bosadi. Shu sirtga har sekunda tushayotgan fotonlar soni N_1 aniqlansin.

- 246.** Monoxromatik yorug'likning ($\lambda=662\text{nm}$) parallel dastasi qoraytirilgan sirtga tushmoqda va unga $R=0,3\text{mkPa}$ bosim bilan ta'sir ko'rsatmoqda. Yorug'lik dastasidagi fotonlar kontsentratsiyasi n aniqlansin.
- 247.** To'lqin uzunligi $\lambda=55,8\text{ pm}$ bo'lgan rentgen nurlari grafit plitkasidan sochiladi (Kompton hodisasi). Tushayotgan yorug'lik dastasining yo'nalishiga nisbatan $\theta=60^\circ$ burchak ostida sochilgan yorug'likning to'lqin uzunligi λ' aniqlansin.
- 248.** 1) erkin elektronlarda; 2) erkin protonlarda Kompton sochilishida to'lqin uzunligining maksimal o'zgarishi aniqlansin.
- 249.** $\varepsilon=0,4\text{MeV}$ energiyali foton erkin elektronda $\theta=90^\circ$ burchak ostida sochiladi. Sochilgan fotonning energiyasi ε va sochuvchi elektronning kinetik energiyasi T aniqlansin.
- 250.** Agar energiyasi elektronning tinchlikdagi energiyasiga teng bo'lgan foton Kompton hodisasida $\theta=180^\circ$ burchakka sochilgan bo'lsa, tushayotgan foton energiyasining qancha hissi sochuvchi elektronga beriladi? Sochilishdan oldin fotonning energiyasi $\varepsilon=0,255\text{MeV}$ bo'lgan.
- 251.** $\varepsilon=0,25\text{MeV}$ energiyali foton erkin elektronda sochildi. Sochilgan elektronning energiyasi $\varepsilon'=0,2\text{ MeV}$. Sochilish burchagi θ aniqlansin.
- 252.** Fotonning to'lqin uzunligi λ elektronning Kompton to'lqin uzunligi λ_0 ga teng. Fotonning energiyasi ε va impulsi R aniqlansin.
- 253.** Tushayotgan fotonning energiyasi ε elektronning tinchlikdagi energiyasiga teng. Agar sochilish burchagi: 1) 60° ; 2) 90° ; 3) 180° ga teng bo'lsa; tushayotgan foton energiyasining qanday ω_1 hissasini sochilgan foton o'zida saqlashi va qanday ω_2 hissasini sochuvchi elektron olishi aniqlansin.
- 254.** Vodorod atomidagi ikkinchi va uchinchi orbitalarning radiuslari r_2 va r_3 hisoblansin.
- 255.** Elektronning vodorod atomining ikkinchi orbitasidagi tezligi v aniqlansin.
- 256.** Elektronning vodorod atomining ikkinchi orbitasidagi aylanish chastotasi aniqlansin.
- 257.** Vodorod atomining birinchi orbitasida turgan elektronning potentsial P , kinetik T va to'la E energiyasi aniqlansin.
- 258.** Vodorod spektri birinchi infraqizil seriyasining (Pashen seriyasi) eng katta $\lambda_{\max}$ va eng kichik $\lambda_{\min}$ to'lqin uzunliklari topilsin.
- 259.** Elektronning vodorod atomidagi uchinchi energetik sathdan birinchisiga o'tishida chiqariladigan foton energiyasi ε hisoblansin.
- 260.** $\varepsilon=16,5\text{eV}$ energiyali foton g'alayonlanmagan vodorod atomidan elektronni urib chiqardi. Atom yadrosidan uzoqda elektron qanday u tezlikka ega bo'ladi?

261. Agar rentgen trubkasi $U=30$ kV kuchlanish ostida ishlayotgan bo'lsa, tutash rentgen nurlanishi spektrining qisqa to'liqlinli chegarasi $\lambda_{\min}$ aniqlansin.
262. Muayyan elementning chiziqli rentgen spektrini tekshirish natijasida $K\alpha$ - chiziqlin to'liqlin uzunligi $\lambda=76\text{pm}$ ekanligi topildi. Bu qaysi element?
263. Marganets ($Z=25$) xarakteristik spektrining chizig'iga mos keluvchi foton energiyasi ε aniqlansin.
264. Platina xarakteristik rentgen nurlanishi spektridagi $K\alpha$ chiziqqa tegishli fotonning to'liqlin uzunligi λ va energiyasi ε hisoblansin.
265. Massa soni yadroning nisbiy massasidan nimasi bilan farq qiladi?
266. Ushbu: 1) ${}^4_2\text{He}$; 2) ${}^{10}_5\text{B}$; 3) ${}^{23}_{11}\text{Na}$; 4) ${}^{54}_{26}\text{Fe}$; 5) ${}^{104}_{47}\text{Ag}$; 6) ${}^{233}_{92}\text{U}$ yadrolar tarkibida nechtdan nuklon, proton, neytronlar borligi ko'rsatilsin.
267. Quyidagi yadrolarning diametrlari aniqlansin: 1) ${}^8_3\text{Li}$; 2) ${}^{27}_{13}\text{Al}$; 3) ${}^{64}_{29}\text{Cu}$; 4) ${}^{125}_{50}\text{Sn}$; 5) ${}^{216}_{84}\text{Po}$.
268. Nuklon spinining qiymati qanday ($\hbar$ birliklarida)?
269. Yadro magnetoni va Bor magnetoni orasidagi munosabat qanday?
270. Yadro qobiq modelining mohiyati nimada?
271. Yadro kuchlarining qisqa ta'sir etuvchanlik tabiati nimada namoyon bo'ladi?
272. Radiyning ${}^{219}_{88}\text{Ra}$ va ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ izotoplarning emirilish doimiysi λ aniqlansin.
273. Bir yilda toriy ${}^{228}\text{Th}$ radioaktiv izotopi atomlari boshlang'ich sonining qancha qismi parchalanadi?
274. Bir yil davomida radioaktiv izotopning boshlang'ich miqdori uch marta kamaydi. Ikki yil davomida u necha marta kamayadi?
275. $t=8$ sutka davomida radioaktiv izotop boshlang'ich yadrolari miqdorining $R=3/4$ qismi emirildi. Yarim emirilish davri $T_{1/2}$ aniqlansin.
276. Radioaktiv nuklidning yarim emirilish davri $T_{1/2}=1\text{soat}$. Bu nuklidning o'rtacha yashash va τ aniqlansin.
277. γ - nurlanish ingichka dastasining intensivligi I ni $R=100$ marta kamaytiradigan yarim susaytiruvchi qatlamlar soni N aniqlansin.
278. Fotonlarining energiyasi $\varepsilon=0,6$ MeV bo'lgan γ - nurlanishning ingichka dastasini yarim susaytiruvchi beton qatlamining qalinligi $X_{1/2}$ aniqlansin.
279. $X=258$ mkKl/kg ekspozitsion dozada normal sharoitdagi barcha havo molekulalarining qancha ω qismi rentgan nurlari tomonidan ionlantiriladi?
280. Havo normal sharoitda γ -nurlanish bilan nurlantirilmoqda. $X=258$ mkKl/kg ekspozitsion nurlanish dozasida $m=5$ g massali havo tomonidan yutiladigan energiya W aniqlansin.

281. 1_1H , 2_1H , ${}^{12}_6C$ neytral atomlari va elektron massalarining ma'lum qiymatlaridan foydalanib protonning m_p , deytinning m_d , ${}^{12}_6C$ yadrosining massalari aniqlansin.

282. Alfa-zarraning (4_2He geliy yadrosi) massasi $m_\alpha = 4,00150$ a.m.b. Neytral geliy atomining massasi m_a aniqlansin.

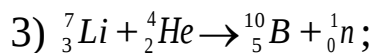
283. ${}^{12}_6C$ yadrosining solishtirma bog'lanish energiyasi aniqlansin.

284. Protonlardan va neytronlardan massasi $m=1g$ bo'lgan geliy yadrosini hosil qilishda ajraladigan E energiya aniqlansin.

285. 4_2He yadrosini ikkita teng bo'lakka ajratish uchun qanday eng kam bog'lanish energiyasi E ni sarflash kerak?

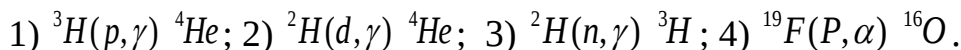
286. ${}^{14}_6C + {}^4_2He \rightarrow {}^{17}_8O + X$. Yadro reaksiyasining ramziy yozuvida X harfi bilan belgilangan zarraning tartib raqami Z va massa soni A aniqlansin.

287. Quyidagi yadro reaksiyalarining energiyalari Q aniqlansin:



Ko'rsatilgan reaksiyalarning har birida energiya ajraladimi yoki yutiladimi?

288. Yadro reaksiyalarining energiyalari Q topilsin:



289. Agar ${}^{14}N$ yadro uchun E_b bog'lanish energiyasi $104,66$ MeV, ${}^{14}C$ yadro uchun $105,29$ MeV ga teng bo'lsa, ${}^{14}N(n, p) {}^{14}C$ yadro reaksiyasining energiyasi Q topilsin.

290. Deyteriy yadrolarining kinetik energiyalarini hisobga olmay va ularning yig'indi impulslerini nolga teng deb qabul qilib, ${}^2_1H + {}^2_1H \rightarrow {}^3_2He + {}^1_0n$; reaksiya mahsullarining kinetik energiyalari E_1 va E_2 hamda impulsleri P_1 va P_2 aniqlansin.

291. Agar elektronning tezligi $v=1Mm/s$ bo'lsa, elektronning to'lqin xususiyatini xarakterlovchi De - Broyl to'lqin uzunligi λ aniqlansin. Shunday hisob-kitob proton uchun ham bajarilsin.

292. Elektron $v=200Mm/s$ tezlik bilan harakatlanadi. Elektron massasining uning tezligiga bog'liq ravishda o'zgarishi hisobga olingan holda De - Broyl to'lqin uzunligi λ aniqlansin.

293. Elektorn uchun De-Broyl to'lqin uzunligi $\lambda = 0,1nm$ bo'lishi uchun, u qanday tezlantiruvchi potentsiallar farqi U ni o'tishi kerak?

- 294.** Agar elektronning kinetik energiyasi $T = 1\text{keV}$ bo'lsa, unga mos keluvchi De - Broyl to'lqin uzunligi λ topilsin.
- 295.** Vodorod atomining ikkinchi orbitasida turgan elektronning De - Broyl to'lqin uzunligi λ aniqlansin.
- 296.** $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar$ noaniqliklar munosabatidan foydalanib, l kenglikdagi bir o'lchamli potentsial qutidagi elektronning minimal energiyasi E ni baholashga imkoniyat beruvchi ifoda topilsin.
- 297.** Vodorod atomidagi elektron orbital harakatining impuls momenti $L_e = 1,83 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$. Elektronning orbital harakati natijasida vujudga kelgan μ_e magnit moment aniqlansin.
- 298.** Agar g'alayonlanish energiyasi $\varepsilon = 12,09\text{eV}$ bo'lsa, g'alayonlangan vodorod atomidagi elektronning orbital harakati natijasida vujudga kelgan magnit momenti μ_e ning qabul qilishi mumkin bo'lgan qiymatlari aniqlansin.
- 299.** Vodorod molekulasida tebranishining xususiy doiraviy chastotasi $\omega = 8,08 \cdot 10^{14} \text{ s}^{-1}$. Molekula klassik tebranishlarining amplitudasi A topilsin.
- 300.** Harorat $T_1 = \frac{\theta_E}{2}$ dan $T_1 = \theta_E$ gacha ortganda kvant ostsillyatorning bitta erkinlik darajasiga to'g'ri keluvchi o'rtacha energiyasi $\langle \varepsilon \rangle$ necha marta o'zgaradi? Nolinchi energiya hisobga olinsin.

Izox: Yozma ish tanlashda sinov daftarchasining oxirgi 2 ta raqamidan foydalaniladi. 1 - raqam vertikal va 2 - raqam gorizontall joylashgan ustunlardagi sonlarga mos kelishi lozim.

Jadval №2. Ikki semestr fizika kursidan ta’lim olayotgan talabalar uchun (2-semestr)

№	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	165,185,195, 189,203,223, 242,245,254 265,285,289	171,189,192, 198,225,239, 244,253,271, 289, 292,298	170,184,188, 196,235,240, 247,251,270, 284,288,296	168,185,190, 197,238,234, 246,258,268, 285,290,297	159,186,191, 156,236,241, 248,255,259, 269,286,291,	172,187,192, 199,237,242, 249,262,272, 287,292,299	180,183,193, 176,243,250, 251,273,280, 283,293,300	168,187,193, 195,227,243, 245,256,268, 289,293,295	168,177,187, 191,228,241, 250,257,268, 287,293,295	161,177,185, 189,220,235, 247,257,264, 277,285,299
1	175,183,188, 194,225,238, 244,259,275, 283,288,294	167,184,189, 195,228,239, 245,258,267, 284,289,295	171,189,193, 199,221,237, 243,257,271, 289,293,299	161,174,181, 188,224,231, 236,254,261, 274,281,298	161,183,181, 198,226,242, 249,258,261, 283,288,295	151,163,170, 177,219,226, 238,245,255, 269,276,288	155,169,176, 188,220,234, 239,245,251, 263,270,277	174,185,190, 197,252,265, 274,285,290, 297,240,247	162,166,186, 192,228,236, 248,257,262, 266,286,292	151,161,170, 192,220,228, 233,246,258, 261,270,296
2	178,187,193, 199,237,249, 253,267,278, 287,293,299	168,178,183, 194,224,233, 240,258,268, 278,283,294	164,171,185, 192,228,235, 250,257,264, 271,285,292	165,172,184, 190,222,234, 249,251,265, 272,284,290,	180,188,198, 175,238,248, 255,262,280, 288,298,275,	173,184,189, 197,227,234, 247,256,273, 284,289,297	166,180,190, 200,230,243, 250,251,266, 280,290,300	173,179,187, 198,237,243, 248,257,273, 279,287,298	175,179,190, 200,229,245, 250,261,275, 279,290,298	179,188,196, 165,226,238, 246,257,269, 279,288,296
3	169,182,189, 195,201,215, 243,257,269, 282,289,295	164,176,183, 196,226,239, 246,252,264, 276,283,296	177,190,197, 240,227,247, 253,265,277, 290,297,284	172,178,185, 198,228,235, 248,260,272, 278,285,298	173,186,194, 199,225,242, 249,261,273, 286,294,299	174,187,193, 200,224,230, 243,262,274, 287,293,300	153,184,173, 189,224,231, 240,263,273, 284,289,297	165,179,187, 193,232,241, 245,252,265, 279,287,293	159,169,176, 183,226,233, 242,246,259, 269,276,283	173,184,193, 197,227,237, 247,249,270, 284,293,297
4	171,185,184, 198,224,235, 248,260,271, 285,284,298	179,185,195, 199,229,249, 261,273,279, 285,295,299,	171,178,185, 191,232,243, 249,259,271, 284,290,297	172,186,191, 193,229,241, 245,258,272, 286,291,293	187,194,196, 200,242,246, 259,273,287, 294,296,300	188,192,197, 199,238,247, 260,274,288, 292,297,299	175,189,193, 198,225,239, 243,261,275, 289,293,298	165,175,189, 193,240,244, 249,262,276, 283,290,294	177,191,195, 200,234,243, 250,263,277, 291,295,300	174,186,193, 168,231,240, 249,260,275, 286,293,298
5	174,187,194, 200,230,244, 250,259,274, 287,294,300	167,181,192, 199,231,253, 242,254,267, 281,292,296,	171,184,190, 197,232,243, 249,259,271, 284,290,297	176,183,187, 194,206,219, 248,256,276, 283,287,294	177,184,193, 197,238,227, 247,257,277, 284,293,297	160,170,184, 190,227,240, 245,258,270, 284,290,299	159,171,185, 191,221,235, 241,246,259, 271,285,291	172,186,192, 197,227,242, 247,260,272, 286,292,297	173,187,193, 198,228,243, 248,261,273, 288,293,298	166,174,188, 194,224,238, 246,249,262, 274,288,294
6	168,183,189, 195,228,233, 239,259,268, 283,289,295	171,189,192, 198,226,242, 248,258,271, 289,292,298	181,199,180, 174, 218,232, 237,249,260, 274,281,299,	169,184,187, 198,225,239, 248,258,269, 284,287,298	170,185,186, 200,220,235, 250,258,270, 285,286,300	176,186,191, 198,230,241, 248,257,270, 286,291,298	175,188,194, 197,231,224, 249,263,257, 288,294,297	168,182,190, 194,225,240, 244,257,268, 282,290,294	159,170,187, 193,229,242, 245,250,225, 270,287,293,	166,188,193, 197,219,238, 247,260,269, 288,293,299
7	168,182,193, 199,227,245, 249,258,268, 282,293,299	169,184,190, 196,226,240, 246,257,269, 284,290,296	159,171,185, 197,221,235, 239,247,259, 271,285,297	169,186,191, 197,216,225, 248,259,269, 286,297,291	170,187,192, 200,229,237, 250,260,270, 287,292,300	173,188,193, 199,230,243, 247,263,273, 288,293,299	174,195,183, 197,224,231, 245,263,274, 295,293,300	179,187,194, 196,244,256, 257,269,279, 287,294,296	169,188,192, 197,219,236, 247,258,269, 288,292,297	169,178,187, 195,221,229, 245,258,265, 278,287,295
8	169,184,187, 196,219,234, 249,260,269, 284,287,296,	165,178,189, 197,215,233, 247,254,265, 278,289,297	171,186,192, 195,228,236, 245,258,271, 286,292,295	165,172,187, 186,215,237, 245,259,265, 272,287,296	169,177,193, 195,229,237, 250,260,270, 287,292,300	170,184,189, 196,220,234, 239,259,270, 284,289,295,	171,176,185, 195,221,235, 246,252,271, 276,285,296	166,180,191, 197,225,236, 248,253,266, 280,291,296	167,179,187, 198,229,237, 249,256,267, 279,287,298	158,164,178, 183,221,228, 233,240,249, 264,278,283
9	162,174,180, 197,230,235, 247,256,262, 274,280,297	166,183,189, 194,216,234, 244,257,266, 283,289,294	170,185,192, 200,213,220, 235,242,256, 270,285,292	171,266,293, 299,214,227, 243,248,267, 278,294,298	167,278,294, 198,220,239, 248,257,267, 278,294,298	160,172,180, 193,220,230, 240,250,260, 271,280,300	166,176,191, 196,223,236, 246,261,266, 276,291,296	176,187,192, 199,226,237, 242,260,276, 287,292,299	168,178,188, 198,230,238, 248,259,268, 278,288,298	177,185,193, 199,225,235, 249,260,275, 285,293,299

LABORATORIYA MASHG'ULOTLARI VA ULARNI TASHKIL QILISH USULLARI

Laboratoriya mashg'ulotlari nazariya va amaliyotni bog'lovchi, ularning birligini ta'minlovchi asosiy omil bo'lib, talabalarning bilimlarini mustahkamlash bilan bir qatorda o'lchov asboblari bilan ishlash va tajriba o'tkaza bilish ko'nikmalarini shakllantirishda va rivojlantirishda katta ahamiyat kasb etadi. Oliy o'quv yurtlarida o'tkaziladigan laboratoriya mashg'ulotlarini uch usulda tashkil qilish mumkin: umumiy, aralash va siklli.

Umumiy usul. Har bir talaba ma'ruzada o'tilgan mavzuga taalluqli muayyan bir ishni bajarish imkoniyatiga ega bo'ladi. Ushbu usul darsni tashkil qilish va o'tkazishni, dars davomida talabalarning faoliyatini boshqarib borishni yengillashtiradi. Umumiy usul laboratoriyalarda bir xil qurilmalardan bir nechitasi bo'lganda laboratoriya xonalarining kengaytirilishi va barcha talabalarning bir xil mazmunli va bir tarkibdagi vazifalarni bajara olishiga sharoit tug'dirilishini talab qiladi. Bundan tashqari laboratoriya ishlarining bir xilligi, qiyin o'zlashtiradigan talabalarning fikrlash qobiliyatini chegaralaydi.

Laboratoriya mashg'ulotlarining aralash bajarish usuli. Har bir talaba ma'ruzada o'tilgan yoki o'tilmaganidan qat'iy nazar alohida-alohida laboratoriya ishlarini bajaradi. Bu ishlarning mazmuni ham, bajarish usuli ham turlicha. Laboratoriya va ma'ruzada mavzularining bir-biri bilan mos kelmasligi talabalarning tegishli adabiyot bilan mustaqil ishlashga o'rgatadi, fikrlash jarayonlarini aktivlashtiradi.

Siklli usul. Bu usulda esa amaliyotga kiritilgan laboratoriya ishlari, umumiy fizika kursining ma'lum bilimlari asosida yoki biron-bir fizik kattalikning turli o'lchash usullarini umumlashtirish yo'li bilan birlashtirilib tashkil qilinadi. Laboratoriya ishlarining yoki ma'ruza mashg'ulotining matnini moslashtirish laboratoriya ishlarini birlashtirishda unumli variantlarni qo'llash imkonini beradi. Yuqorida bayon etilgan usullarni tahlil qilish texnika oliy o'quv yurtlarida fizikadan o'tkazilgan laboratoriya mashg'ulotlarini siklli usulda olib borish maqsadga muvofiqligini ko'rsatadi.

O'LCHASH XATOLIKLARI HAQIDA TUSHUNCHA

Biz qo'llayotgan o'lchov asboblari va sezgi organlarimizning uncha yaxshi takomillashmagani tufayli har qanday o'lchash natijalari ma'lum bir darajadagina aniqlikka ega bo'ladi. Shuning uchun ham, o'lchash natijalari bizga o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatini emas, taqribiy qiymatining beradi. O'lchashni o'lchov birligining qanday eng kichik ulushigacha ishonchli bajarish mumkin bo'lsa, ana shu o'lchash natijasining aniqlik darajasi bo'ladi. O'lchash aniqligining darajasi bu o'lchashda ishlatilayotgan asboblarga, o'lchashning umumiy usullariga bog'liq bo'ladi: biron muayyan sharoitda erishilishi mumkin bo'lgan aniqlikdan ham aniqroq natijalar olish uchun urinish vaqtni bekorga sarflash demakdir. Odatda, o'lchanayotgan kattalikning 0,1 protsentigacha aniqlik bilan kifoyalansa bo'ladi. Eng oxirgi natijaning aniqligini oshirish uchun har qanday fizik o'lchashni bir martagina emas, balki tajriba o'tkazayotgan sharoitini o'zgartirmay turib, bir necha marta takrorlash lozim. Haqiqatdan ham biz o'lchashda va sanoqda hamma vaqt ozmi, ko'pmi xato qilamiz. Bu xatolar ikki sababga ko'ra yuz berishi mumkinligidan, ular ikki guruhga: hamma vaqt bo'ladigan (sistemali) va tasodifiy xatolarga bo'linadi.

Sistemali xatolar o'lchov asboblari buzqligi, o'lchash usulining noto'g'riligini yoki kuzatuvchining biror xato qilib qo'yishi natijasida yuz beradi. Ma'lumki, o'lchashni bir necha marta takrorlash, baribir bu xatolar ta'sirini kamaytirmaydi. Bu xatolarni yo'qotish uchun, o'lchash usuliga tanqidiy ko'z bilan qaray bilish, asboblarga aniq qarab turish va ish bajarishni amalda yaratilgan qoidalarga qattiq rioya qilish kerak.

Tasodifiy xatolar esa tajriba o'tkazuvchi har qanday kishining sanoq vaqtida mutlaqo ixtiyorsiz qilib qo'yishi mumkin bo'lgan xatosi natijasida vujudga keladi. Bu xatolarga sezgi organlarimizning uncha yaxshi takomillashmaganligini va o'lchash vaqtida yuz beradigan (oldindan e'tiborga olinishi mumkin bo'lmagan) boshqa ko'pgina hollar sabab bo'ladi. Tasodifiy xatolar ehtimollar nazariyasining qonunlariga bo'ysinadi, Demak, biror kattalikni bir marta o'lchanganda olingan natija shu kattalikni haqiqiy qiymatidan katta bo'lib qolsa, u holda bu kattalikni keyingi o'lchashlardan birining natijasi, ehtimol haqiqiy qiymatda kichik bo'lib chiqishi mumkin. Bunday holda ayni bir kattalikni bir necha marta o'lchash natijasida tasodifiy xatolarning kamayishi mutlaqo ravshan, chunki haqiqiy qiymatdan bir tomonga chetlanishlardan ko'proq bo'lishining ehtimoli ortiq emas. Shuning uchun ham, juda ko'p o'lchash natijalarining o'rtacha arifmetik qiymati, o'lchash natijalarining har qaysisidan ko'ra, o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatiga yaqinroq bo'ladi. Faraz qilaylik, ayrim kattaliklarni o'lchash talab etilsin:

Ayrim o'lchashlarning natijalari $N_1, N_2, N_3, \dots, N_n$ bo'lsin, n - alohida o'lchashlar soni. U holda bu natijalarning o'rtacha arifmetik qiymati:

$$\bar{N} = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n}{n} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n N_n \quad (1)$$

Bu miqdor o'lchanayotgan kattalikning haqiqiy qiymatiga eng yaqin bo'ladi. Har bir alohida o'lchashlarning bu o'rtacha qiymatidan farqi, ya'ni:

$$|\bar{N} - N_1| = \Delta N_1$$

$$|\bar{N} - N_2| = \Delta N_2$$

$$|\bar{N} - N_3| = \Delta N_3$$

.....

$$|\bar{N} - N_n| = \Delta N_n$$

alohida o'lchashlarning absolyut xatosi deyiladi. Bu xatolarning ishorasi har xil bo'ladi. Ular musbat, hamda manfiy bo'lishlari mumkin. O'rtacha absolyut xatoni hisoblash uchun, ayrim xatolar son qiymatlarining o'rtacha arifmetik qiymati olinadi.

$$\Delta \bar{N} = \frac{\Delta N_1 + \Delta N_2 + \Delta N_3 + \dots + \Delta N_n}{n}$$

$\frac{\Delta N_1}{N_1}, \frac{\Delta N_2}{N_2} \dots$ nisbatlarga ayrim o'lchashlarning nisbiy xatolari deyiladi. O'rtacha

absolyut xato ($\Delta \bar{N}$) ning o'lchanayotgan kattalikni o'rtacha arifmetik qiymati ($\bar{N}$) ga nisbati o'lchashning o'rtacha nisbiy xatosi (E) deyiladi.

$$E = \frac{\Delta \bar{N}}{\bar{N}}$$

Nisbiy xatolar foizlarda ifodalanadi:

$$E = \frac{\Delta \bar{N}}{\bar{N}} * 100\%$$

O'lchash kattaliklarni haqiqiy qiymati:

$$N_x = \bar{N} \pm \Delta \bar{N}$$

Bundan N_x - ikki qiymat $\bar{N} + \Delta \bar{N}$ va $\bar{N} - \Delta \bar{N}$ ga ega deb tushunish yaramaydi. N_x faqat bir qiymatga egadir (-) va (Q) ishoralar o'lchanadigan kattalikning haqiqiy qiymati:

$$\bar{N} + \Delta \bar{N} \text{ va } \bar{N} - \Delta \bar{N}$$

intervalida ekanligini ko'rsatadi, ya'ni

$$\bar{N} + \Delta \bar{N} \leq N_x \leq \bar{N} - \Delta \bar{N}$$

Ehtimollik nazariyasi absolyut xato N topishlikni yanada aniqroq formulasini berib, natijaning ΔN_m -ehtimolligi katta deb ataluvchi xatollik tushunchasini beradi.

$$\Delta N_m = \pm 0,6743 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta N_i)^2}{n(n-1)}}$$

Bu holda o'lchanayotgan kattalikning natijalovchi qiymati:

$$N_x = \bar{N} \pm \Delta \bar{N}_m$$

Agar asbobning aniqligi shunday bo'lsaki, har qanday o'lchash sonida ham, asbob bir xil qiymatni ko'rsatsa, u holda xatolikni hisoblashning yuqorida keltirilgan usuli qo'llanilmaydi. Bu holda o'lchash bir marta o'tkazilib, uning natijasi quyidagicha yoziladi:

$$N_x = \bar{N}' \pm \Delta \bar{N}_{mex}$$

bunda N_x - izlanayotgan o'lchash natijasi, $\bar{N}'$ - ikki o'lchashning o'rtacha arifmetik qiymati, ΔN_{mix} - asbob shkalasi bo'limlarini o'rniga teng bo'lgan chegaraviy xatolik. To'g'ridan-to'g'ri o'lchash xatoliklarini quyidagi jadval ko'rinishida rasmiylashtiriladi.

O'lchashlar soni	N_i	ΔN_i	$\frac{\Delta \bar{N}}{\bar{N}} \cdot 100\%$	$N_x = \bar{N}' \pm \Delta N_{mex}$
1.	N_1	ΔN_1		
2.	N_2	ΔN_2		
3....	N_3	ΔN_3		
n	N_n	ΔN_n		

NA'MUNA

O'ZAKSIZ G'ALTAKNING INDUKTIVLIGINI ANIQLASH.

Tajriba natijalari:

1- tajriba.

$$R = 3,95 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$I_1 = 2 \text{ A} \quad N = 30$$

$$B_1 = 0,46 \cdot 10^{-3} \text{ Tl}$$

$$L_1 = ?$$

$$L_1 = \frac{BSN}{I}$$

$$S = \pi R^2$$

$$S = 3,14 \cdot 15,6 \cdot 10^{-4} = 48,984 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$L_1 = \frac{0,46 \cdot 10^{-3} \text{ Tl} \cdot 48,984 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 30}{2 \text{ A}} = 3,38 \cdot 10^{-5} \text{ H}$$

2- tajriba.

$$R = 3,95 \cdot 10^{-2} m$$

$$I_2 = 4A \quad N = 30$$

$$B_2 = 0,94 \cdot 10^{-3} Tl$$

$$L_2 = ?$$

$$L_2 = \frac{BSN}{I}$$

$$S = \pi R^2$$

$$S = 3,14 \cdot 15,6 \cdot 10^{-4} = 48,984 \cdot 10^{-4} m^2$$

$$L_2 = \frac{0,94 \cdot 10^{-3} Tl \cdot 48,984 \cdot 10^{-4} m^2 \cdot 30}{4A} = 3,45 \cdot 10^{-5} H$$

3- tajriba.

$$R = 3,95 \cdot 10^{-2} m$$

$$I_3 = 6A \quad N = 30$$

$$B_3 = 1,4 \cdot 10^{-3} Tl$$

$$L_3 = ?$$

$$L_3 = \frac{BSN}{I}$$

$$S = \pi R^2$$

$$S = 3,14 \cdot 15,6 \cdot 10^{-4} = 48,984 \cdot 10^{-4} m^2$$

$$L_3 = \frac{1,4 \cdot 10^{-3} Tl \cdot 48,984 \cdot 10^{-4} m^2 \cdot 30}{6A} = 3,42 \cdot 10^{-5} H$$

Natijalarning o'rtacha arifmetik qiymati:

$$\bar{N} = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n}{n} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n N_n$$

$$\bar{L} = \frac{L_1 + L_2 + L_3}{3} = \frac{3,38 \cdot 10^{-5} H + 3,45 \cdot 10^{-5} H + 3,42 \cdot 10^{-5} H}{3} = 3,42 \cdot 10^{-5} H$$

Absolyut xatolik:

$$|\bar{N} - N_1| = \Delta N_1$$

$$|\bar{N} - N_2| = \Delta N_2$$

$$|\bar{N} - N_3| = \Delta N_3$$

.....

$$|\bar{N} - N_n| = \Delta N_n$$

$$\Delta L_1 = |3,42 \cdot 10^{-5} H - 3,38 \cdot 10^{-5} H| = 0,44 \cdot 10^{-5} H$$

$$\Delta L_2 = |3,42 \cdot 10^{-5} H - 3,45 \cdot 10^{-5} H| = 0,03 \cdot 10^{-5} H$$

$$\Delta L_3 = |3,42 \cdot 10^{-5} H - 3,42 \cdot 10^{-5} H| = 0$$

Qiymatlarining o'rtacha arifmetik qiymati olinadi:

$$\Delta \bar{N} = \frac{\Delta N_1 + \Delta N_2 + \Delta N_3 + \dots + \Delta N_n}{n}, \quad \Delta \bar{L} = \frac{\Delta L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3 + \dots + \Delta L_n}{n}$$

$$\Delta \bar{L} = \frac{0,44 \cdot 10^{-5} H + 0,03 \cdot 10^{-5} H + 0}{3} = 0,023 \cdot 10^{-5} H$$

Nisbiy xatolar foizlarda ifodalanadi:

$$E = \frac{\Delta \bar{N}}{\bar{N}} \cdot 100\%$$

$$E = \frac{\Delta \bar{L}}{\bar{L}} \cdot 100\% = \frac{0,023 \cdot 10^{-5} H}{3,42 \cdot 10^{-5} H} \cdot 100\% = 0,6\%$$

1 - LABORATORIYA ISHI

MATEMATIK MAYATNIK YORDAMIDA ERKIN TUSHISH TEZLANISHNI ANIQLASH

Tajriba maqsadi:

- Mayatnik tebranish davrining mayatnik og'ish burchagiga bog'liqligini aniqlash.
- Matematik mayatnik yordamida erkin tushish tezlanishini aniqlash.

Kerakli jihozlar: osmaga osilgan sharli mayatnik, o'lchov tasmasi strelkalik ko'rsatkich bilan, sekundamer.

NAZARIY QISIM

Oddiy matematik mayatnik deganda L uzunlikdagi vaznsiz ipga osilgan m massali moddiy nuqta tushuniladi. Ishqalanish kuchlarini hisobga olmagan holda moddiy nuqta harakati Nyuton qonunlari asosida nazariy ravishda quyidagicha tavsiflanishi mumkin:

$$J \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + D \sin \varphi = 0 \quad (1)$$

$J = mL^2$: osma chetiga nisbatan inertsia momenti

$D = m \cdot g \cdot L$: kuch momenti

g : erkin tushish tezlanishi

φ : og'ish burchagi

m : massa

Kichik burchaklar ($\sin \varphi = \varphi$) uchun (1) tenglama yechimi moddiy nuqta quyidagi tebranish davri bilan o'g'irlik kuchi ta'sirida tebranishini ko'rsatadi:

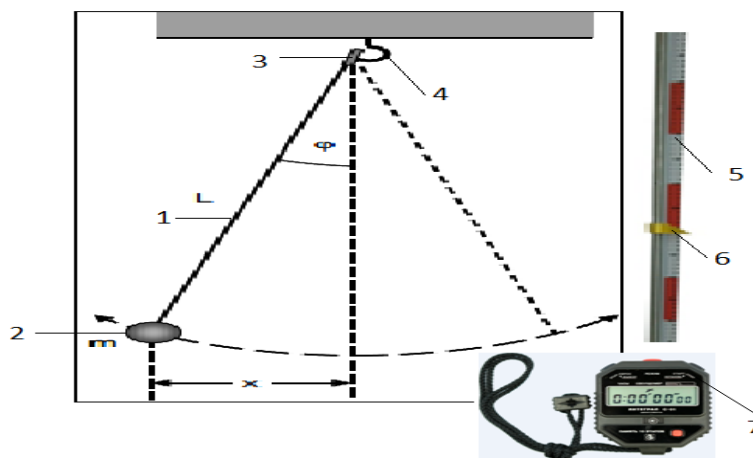
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{D}} \quad \text{yoki} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (2)$$

Shuning uchun mayatnik tebranish davri T va L uzunligini bilgan holda matematik mayatnikdan g erkin tushish tezlanishini aniqlash mumkin.

QURULMANING TAVSIFI

Matematik mayatnik ipi (1), m massali sharcha (2), mayatnik ilmog'i (3), mexanik ilmoq (4), o'lchov tasmasi (5), o'lchov tasmasi ko'rsatkichi (6), sekundamer (7).

Osmat matematik mayatnikning ilgagi (3) shunday mexanik ilgakka (4) ulanadikim matematik mayatnik (1), (2) erkin harakat qila olish imkoniyatiga ega bo'lsin. Sharchaning (2) muvozonat vaziyatini belgilash uchun sharchaning massa markazi vertikal chizg'ich (5)ning uchi (6) bilan bir nuqtaga keltiriladi. Sharcha biror X nasofaga siljirilganga o'lchov tasmasi vertikal tasma (5)ning uchidan (6) sharchaning massa markazigacha bo'lgan masofa (7) bilan o'lchanadi so'ngra sharchaning massa markazidan ushlab erkin qo'yib yuboriladi va tebranish amalga oshiriladi.



1-rasm. L uzunlkdagi φ burchakka og'irilgan matematik

O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH.

I mashq

Mayatnik tebranish davrining mayatnik og'ish burchagiga bog'liqligini aniqlash.

1. Mayatnik uzunligini L o'lchang.
2. Chizg'ichli tasmaning strelkasini (6) sharning (2) markaziga mos keltiring.
3. Chizg'ichli tasmaning strelkasidan (6) boshlab sharni muvozonat vaziyatidan X masofaga ($X_1=10\text{sm}$, $X_2=15\text{sm}$ va $X_3=20\text{sm}$) siljiting.
4. X va L masofalardan foydalanib matematik mayatning muvozonat vaziyatidan og'ish burchagini $\sin \varphi = x/L$ bilan aniqlang.
5. Muvozanat vaziyatidan chetlashgan sharchani tebranma harakatga keltiring.
6. Tebranishlar sonini N (10 tadan ortiq) va unga mos t vaqtni yozib oling.
7. Mayatning tebranish davrini $T=t/N$ ifodadan aniqlang.
8. Olingan natijalarni jadvalga kiriting.

1- jadval.

t/r	L (m)	X (m)	φ (rad)	t (s)	N (ta)	T (s)
1						
2						
3						
...						

9. $T=f(\sin^2 \varphi/2)$ tebranish davrini og'ish burchagiga bog'liqlik garfigini chizing.
10. Grafikdan xulosa chiqarib, tebranish davrini qaysi og'ish burchallaridan hisoblash mumkinligini aniqlang.
11. Bajarilga tajriba ishi bo'yicha hisobot yozing va uni topshiring.

II mashq

Matematik mayatnik yordamida erkin tushish tezlanishini aniqlash.

Mayatnik tebranishi ham energiya aylanishini kuzatish mumkin bo'lgan standart namunadir.

$$J \frac{d^2\varphi}{dt^2} + D \sin\varphi = 0 \quad (1)$$

(1) tenglamani t vaqt bo'yicha integrallab energiyaning saqlanish teglamasi ilinishi mumkin:

$$L^2 \left(\frac{d\varphi}{dt} \right)^2 + 2gL(1 - \cos\varphi) = E_{kin} + E_{pot} = E_0 = const \quad (2)$$

E_{kin} : kinetik energiya

E_{pot} : potensial energiya

E_0 : to'la energiya

$\varphi = \alpha$ bo'lgan nuqtada burchak tezlik nolga tenglashadi va potensial energiya minimal qiymatga erishadi:

$$E_0 = 2gL(1 - \cos\alpha) \quad (3)$$

(2) tenglamani (3) tenglama bilan almashtirsak kattaroq og'ish burchaklari uchun tebranish davrini aniqlash imkoni paydo bo'ladi:

$$\frac{T}{4} = \sqrt{\frac{L}{g}} \int_0^\alpha \frac{d\varphi}{\cos\varphi - \cos\alpha}$$

$k = \sin(\varphi / 2)$ deb olsak tebranish davri quyidagicha aniqlanadi.

$$T = 4 \sqrt{\frac{L}{g}} \int_0^{\pi/2} \frac{d\varphi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \varphi}} = 4 \sqrt{\frac{L}{g}} K(k)$$

Bu erda $K(k)$ birinchi tartibli elliptik integral. Tebranish davri uchun berilgan $K(k)$ tartibni davom ettirsak:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \left(1 + \frac{1}{4} \sin^2 \frac{\varphi}{2} + \dots \right) \quad (4)$$

O'gish burchagining kichik qiymatlarida ya'ni $\varphi \leq 7^\circ$ bo'lsa, tebranish davrini hisoblashda (4) tenglikdagi ifoda $\frac{1}{4} \sin^2 \frac{\varphi}{2} + \dots$ nolga intiladi. Shu sababli (4) ifoda quyidagi ko'rinishni oladi:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (5)$$

(5) ifodadan erkin tushish tezlanish (g) ni topamiz.

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2} \quad \text{yoki} \quad g = \frac{4\pi^2 N^2 L}{t^2} \quad (6)$$

O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH

1. Mayatnik uzunligini L o'lchang.

2. Chizg'ichli tasmaning strelkasini (6) sharning (2) markaziga mos keltiring.
3. Chizg'ichli tasmaning strelkasidan (6) boshlab sharni muvozonat vaziyatidan X masofaga ($X_1=10\text{sm}$, $X_2=15\text{sm}$ va $X_3=20\text{sm}$) siljiting.
4. X va L masofalardan foydalanib matematik mayatning muvozonat vaziyatidan og'ish burchagini $\sin \varphi = x/L$ bilan aniqlang.
5. Muvozanat vaziyatidan chetlashgan sharchani tebranma harakatga keltiring.
6. Tebranishlar sonini N (10 tadan ortiq) va unga mos t vaqtni yozib oling.
7. Mayatning tebranish davrini $T=t/N$ ifodadan aniqlang.
8. Olingan natijalarni jadvalga kiriting.

2- jadval.

t/r	L (m)	X (m)	φ (rad)	t (s)	N (ta)	T (s)
1						
2						
3						
...						

9. 2- jadval natijalaridan foydalangan holda erkin tushish tezlanishini (6) tenglamadan aniqlang. $g = \frac{4\pi^2 N^2 L}{t^2}$ (6)

10. Olingan natijalarni jadvalga kiriting.

3- jadval.

t/r	g (m/s ²)	$\bar{g}$ (m/s ²)	Δg (m/s ²)	$\Delta \bar{g}$ (m/s ²)	ε %
1					
2					
3					
...					

11. Tajribadan topilgan erkin tushish tezlanishini qiymatini adabiyotlardagi qiymat bilan solishtiring.
12. Bajarilga tajriba ishi bo'yicha hisobot yozing va uni topshiring.

SINOV SAVOLLARI

1. Matematik mayatnik deb qanday qurilmaga aytiladi?
2. Matematik mayatnik garmonik asilyatorlar tarkibiga kiradi?
3. Matematik mayatnik tebranishini vujudga keltirish uchun nima sababdan kichik burchakka og'ishi ta'minlanadi?
4. Matematik mayatnikning tebranish davri qanday qilib topiladi?
5. Matematik mayatnikning qo'llanish sohalarini tushuntiring.

2 - LABORATORIYA ISHI

QATTIQ JISMLARNI CHIZIQLI KENGAYISHINING TEMPERATURAGA BOG'LIQLIGINI VA CHIZIQLI KENGAYISH KOEFFISIYENTINI ANIQLASH

Tajriba maqsadi:

- Latun va po'latni chiziqli kengayishini temperaturaga bog'liqligini aniqlash
- Latun va po'latni chiziqli kengayish ko'effitsiyentlarini aniqlash.

Kerakli jihozlar: siferblatli indikator, sirkulyasion termostat, sirkulyasion nasos, silikonli quvurlar, toza suv(5l)

NAZARIY TUSHUNCHA

Qattiq jismning uzunligi l temperaturaga t chiziqli bog'liq:

$$l = l_0(1 + \alpha t), \quad (1)$$

bu yerda l_0 – xona temperaturasidagi uzunlik, t – $^{\circ}\text{C}$ dagi temperatura.

Mazkur ishda suvni qizdirish uchun sirkulyasion termostatdan foydalaniladi va qizigan suv turli materiallardan tayyorlangan quvurlar ichidan oqadi. Aylanma shkalasi $\Delta l = a \cdot 0.01\text{mm}$ (a - shkala ko'rsatkichi) milimetrlilik shkalalar bo'linmalaridan iborat asbobdan uzunlikning o'zgarishini

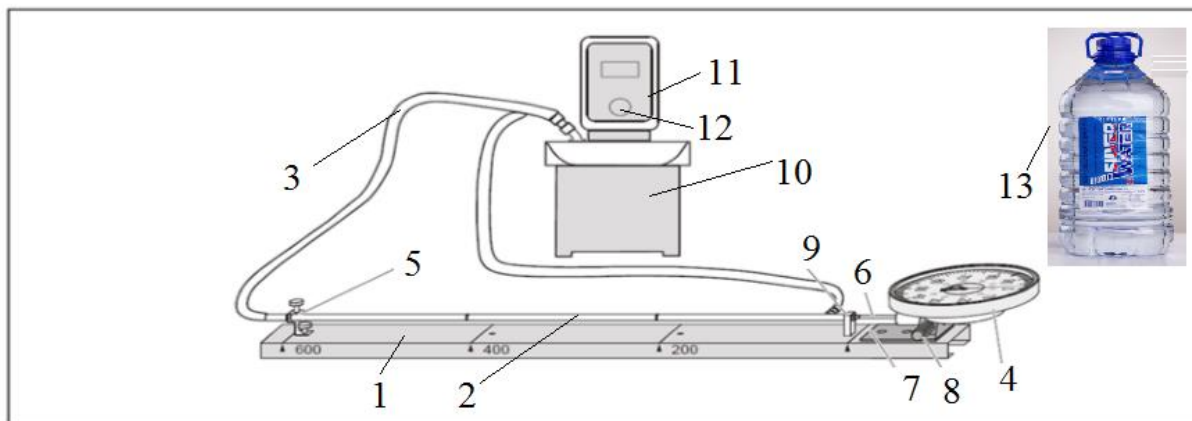
$$\Delta l = l - l_0 \quad (2)$$

temperaturaning funksiyasi t sifatida o'lchashda foydalaniladi.

(1) va (2)-larni hisobga olgan holda jismning issiqlikdan chiziqli kengayish ko'effitsiyentini quyidagicha nisbat orqali aniqlaymiz yani:

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot \frac{1}{t - t_0} \quad (3)$$

QURULMANING TAVSIFI



1-rasm. Quvurlarning chiziqli kengayishini temperatura funksiyasi sifatida o'lchash bo'yicha tajriba qurilmasining ko'rinishi.

Qattiq jismni ushlab turuvchi taglik (1), chiziqli kengligi aniqlanuvchi qattiq jism(shisha, po'lat, latun) (2), silikon quvur(3), siferblatli indikator(4), silikon quvur va qattiq jismni ulovchi vintlar(5), siferblatli indikator sterjeni(6), qattiq jism va siferblatli indikator sterjeni tutqichi(7), siferblatli indikatorni muruvati(8), vinttel (9), sirkulyasion termostat (10), termometr(11), start tugmasi(12), disterlangan suv(13).

Tajribada kengayishi o'rganilayaotma qattiq jismni (1) ustiga o'rnatamiz va uni siferblatni indikatorni (7) qismi bilan tutashtirin indikatao ko'rsatkichini nol halatga(xana haroratida) o'rnatamiz. Qattiq jismga (3)ni ulaymiz, (10) yordamida suvning temperaturasi oshirib suvni qattiq jism ichidan (3)lar yordamida haydaymiz. Temperatura ortishi bilan qattiq jism kengayib (6) ni qisadi va natijada (4) ko'rsatkichlari o'zgarib borishi kuzatiladi.

O'LCHASH VA NATIJALARI HISOBLASH

I mashq. Latun va po'latni chiziqli kengayishini temperaturaga bog'liqligini aniqlash.

1. Tajriba uchun ishchi stolini 1-rasmda ko'rsatilgani kabi yig'ing.
2. . O'rganilayotgan materialning xona haroratidagi uzunligi l_0 ni o'lchan oling.
3. Sirkulyasion termostatga 5l hajimda suv soling.
4. Termodinamik muvozanat o'rnatilguncha kuting. Temperaturani t_0 o'lchang va daftaringizga yozib oling.
5. Siferblatli indikatorning ko'rsatkichini nol holatiga o'rnatish.
6. Sirkulyasion termostatni elektr tarmog'iga ulang.
7. t temperaturani taxminan 5°C qadam bilan 70°C gacha ko'taring.
8. Sirkulyasion termostatni, elektr tarmog'idan ajrating.
9. Olingan natijalarni jadvalga kiring.

1. Jadval: Δl -uzunlik o'zgarishining Δt - temperaturaga bog'liq o'zgarishi.

Latun	$\Delta t, ^{\circ}\text{C}$								
	Δl , mm								

10. Qurilmadan latun quvurni ajratib oling va uning o'rniga po'latdan yasalgan quvurni o'rnatish.

11. 1-11 bandlarni takrorlang.

1.1. Jadval: Δl -uzunlik o'zgarishining Δt - temperaturaga bog'liq o'zgarishi.

Po'lat	$\Delta t, ^{\circ}\text{C}$								
	Δl , mm								

12. Temperatura t funksiyasi $l = f(t)$ sifatida uzunlikning o'zgarish grafigini chizing.

13. Tajriba natijalaridan tegishli xulosalarni chiqaring va daftarga qayd qiling.

II mashq. Latun va po'lat chiziqli kengayish koefitsiyentlarini aniqlash.

1. I mashqdagi 1(1.1)- jadval natijalaridan foydalanib latun (po'lat) uchun chiziqli kengayish koefitsiyentlarini (3) – formula yordamida hisoblang va olingan natijalarni jadvalga kiriting.

2-jadval. Latunning chiziqli kengayish koefitsiyentini aniqlash.

Latun	$\Delta t, ^\circ\text{C}$								
	$\Delta \ell$,mm								
	$\alpha(K^{-1})$								

2.1. -jadval. Po'latning chiziqli kengayish koefitsiyentini aniqlash.

Po'lat	$\Delta t, ^\circ\text{C}$								
	$\Delta \ell$,mm								
	$\alpha(K^{-1})$								

2. Tajribani takrorlab α chiziqli kengayish koefitsiyentlarini aniqlashda yo'l qo'yilgan nisbiy va absolyut xatoligini toping.

3. Tajriba natijalaridan tegishli xulosalarni chiqaring va daftarga qayd qiling.

SINOV SAVOLLARI

1. Issiqlikdan kengayish deganda nimani tushinasiz?
2. Issiqlikdan chiziqli kengayish koefitsiyentining fizikaviy ma'nosini tushintring.
3. Jism chiziqli o'lchamlarining temperaturaga bog'liqligini ifodalovchi grafiklarni izohlab bering.

3 - LABORATORIYA ISHI

VAKUUMLI DIODNING VOLT-AMPER XARAKTERISTIKASINI O'RGANISH

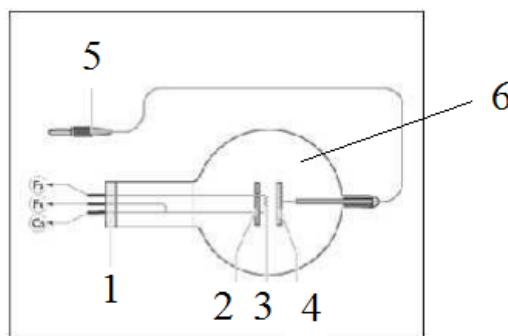
-Vakuumli diodning VAX (volt-amper xarakteristikasi)ni katodni qizdirish kuchlanishining uch qiymatida o'lchash.

-Hajmiy manfiy zaryadning anod maydoniga qarshi ta'sir sohasini va VAX(volt-amper xarakteristikasi)ning to'yinish sohasini aniqlash.

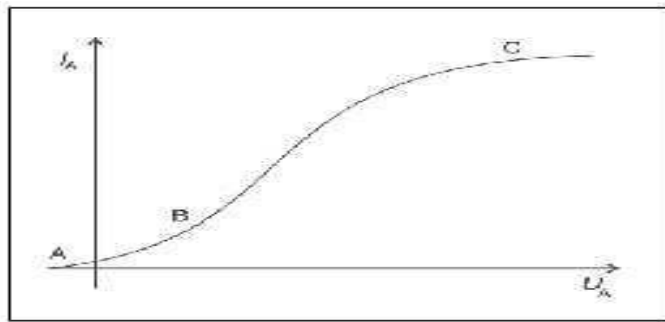
Kerakli asboblari. diod, universal taglik, energiya manbai, ampermetr, voltmeter, taqsimlash qutisi, xavfsiz ulash kabellari.

NAZARIY TUSHUNCHALAR

Vakuumli diod ichida vakuum hosil qilingan, germetik yopiq ikki elektrodni o'z ichiga olgan shisha lampadan iborat o'zidan elektronlar chiqaradigan termoelektron katod va anod.(1- rasmga qarang). Agar lampaning katodi va anodi orasiga yetarlicha kuchlanish qo'yilsa shu ikki qutb o'rtasida elektr toki vujudga keladi. Katod elektr toki yordamida qiziydigan simdan iborat bo'lib u elektr kuchlanishi ta'sirida elektronlarni ajratib chiqaradi. Qizigan katod o'zidan elektronlarni chiqaradi (termoelektron emissiya). Agar anod potentsiali katod potentsialiga nisbatan musbat bo'lsa elektronlar anodga tomon tezlanish oladi va anod toki hosil bo'ladi. Anod tokining qiymati, boshqa parametrlardan tashqari, anod va katod o'rtasidagi kuchlanishga (anod kuchlanish) bog'liq bo'ladi. Agar anod kuchlanishning yo'nalishi qarama-qarshiga o'zgartirilsa katoddan chiqayotgan elektronlar qarama-qarshi yo'nalgan maydonga qarshi harakatlana olmaganligi uchun anod toki hosil bo'lmaydi. Shuning uchun vakuumli diod filtrlash bloki sifatida yoki o'zgaruvchan toklarning to'g'rilagichi sifatida foydalanish mumkin. Demak, umuman olganda, vakuumli diod yarim o'tkazgichli diodga o'xshash xossalarga ega. Yarim o'tkazgichli diodlar rivojlanish bilan vakuumli diodlar tobora muhimligini yo'qotib bormoqda. Bugungi kunda integral zanjirlarda kam joy egallaganliklari uchun asosan yarim o'tkazgichli qurilmalardan foydalanilmoqda. Bu tajribada vakuumli diodning VAX o'rganiladi. VAX anod toki I_A ning anod kuchlanishi U_A ga bog'liqligini ifodalaydi. 2-rasmda diodni VAXning tipik shakli ko'rsatilgan.



1-rasm.: 1-qizdiruvchi vilka, 2-katod plastinkasi, 3-katod qizdirgich simi, 4-Anod, 5-anodni ulash simi, 6- havosi so'rib olingan shisha bolon.



2-rasm. Diiodning VAXning tipik shakli: A-teskari kuchlanish sohasi, B-hajmiy zaryadlar chegaralanish sohasi va C-to'yinish sohasi.

Volt-amper xarakteristikasida uch sohani bir-birida farqlash mumkin. Teskari kuchlanish sohasi (A):

Anod potentsiali katod potentsialiga nisbatan manfiy soha. Bu sohada elektronlar elektr maydoniga qarshi yo'nalishda harakatlana olmaydi. Elektronlar katoddan $E_{kin} > 0$ kinetik energiya bilan ajralib chiqqanlari uchun anod kuchlanishi eng tez elektronlarni to'xtatib qolguniga qadar anod toki mavjud bo'ladi.

Hajmiy zaryadlar chegaralanish sohasi(B): Kichik maydon kuchlanganligida katoddan ajralib chiqayotgan elektronlarning barchasi ham anodga yetib bora olmaydi. Ular katodni atrofida xuddi bulutga o'xshab manfiy fazoviy zaryadni hosil qiladi. Shuning uchun past kuchlanishlarda anodda boshlanadigan elektr maydon kuch chiziqlari katodgacha yetib bormasdan shu elektronlarning fazoviy manfiy zaryadida tugaydi. Anoddan boshlanib chiqayotgan elektr maydon shunday qilib to'siqqa uchraydi. Qachonki kuchlanishning ortishi maydon kuch chiziqlarini katod atrofi sferasiga chuqurroq kirita olganda anod toki orta boradi. Anod tokining katod kuchlanishiga bog'liqligini Lengmyur-Chayld tenglamasi yordamida ifodalanadi:

$$I_A^{2/3} \sim U_A^{2/3}$$

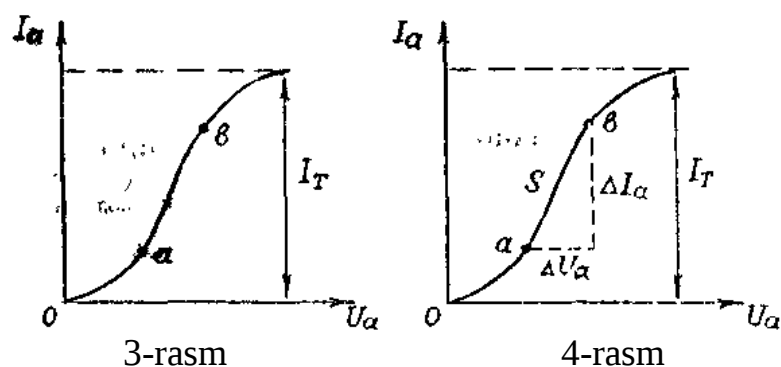
To'yinish sohasida emissiya toki anod kuchlanishiga bog'liq emas. Ammo u katoddan ajralib chiqayotgan elektronlar sonini oshirish bilan ortishi mumkin. Bunga esa qizdiruvchi kuchlanishni orttirish bilan erishish mumkin. Shunday qilib to'yinish tokining kattaligi katodning temperaturasi bog'liq bo'ladi va har bir qizdirish kuchlanishga alohida VAX mos keladi.

Anod va Katod orasidagi potentsiallar farqi voltmeter yordamida o'lchanadi. Zanjirdan o'tayotgan tokning qiymati katod temperaturasi hamda katod bilan anod orasidagi potentsiallar ayirmasi ya'ni anod kuchlanishiga bog'liq holda o'zgaradi.

Kuchlanishli anod batareyasi, milliampermetr, anod va katoddan iborat zanjir odatda anod zanjiri deb ataladi. Agar katod temperaturasi o'zgarishsiz saqlab, anod kuchlanishni asta-sekin 0 dan boshlab oshira borsak, milliampermetr yordamida o'lchanuvchi anod tokining anod kuchlanishiga bog'liq holda o'zgarishni ko'ramiz, ya'ni

$$I_a = f(U_a) \quad (1)$$

Anod toki bilan anod kuchlanishi orasidagi bog'lanish 3-rasmda ko'rsatilgan. Grafikdan ko'rinadiki, anod tokining anod kuchlanishiga bog'lanishi Om qonuniga bo'ysunmaydi. Tok kuchi potentsiallar ayirmasining o'sishi bilan dastlab sekin, keyin tezroq, so'ngra yana sekin orta borib, kuchlanishning biron qiymatidan boshlab o'zgarmay qoladi. Shu vaqtdagi tok kuchining qiymati to'yinish toki (I_t) deb ataladi.



Odatda, elektron lampa xarakteristikasi egri chizig'ining tikligi (4-rasm) va ichki qarshiligiga quyidagicha aniqlanadi:

$$S = \frac{\Delta I_a}{\Delta U_a} \quad (2)$$

$$R_i = \frac{\Delta U_a}{\Delta I_a} \quad (3)$$

(2) va (3) formulalardan lampa xarakteristikasining tikligi uning ichki qarshiligiga teskari proporsional ekanligi kelib chiqadi

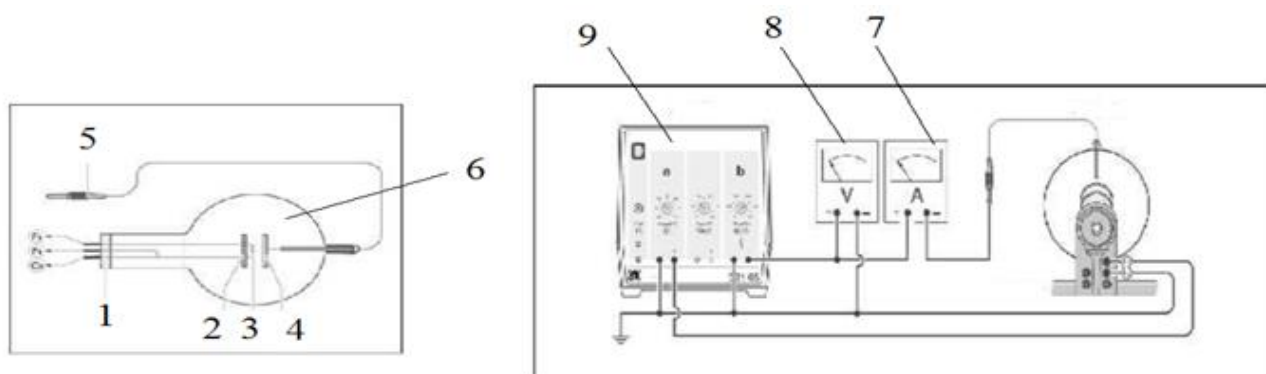
$$S = \frac{1}{R_i} \quad (4)$$

Kuchlanishning kichik qiymatlarida anod tokining o'zgarishi Boguslavskiy - Lengmyur qonuni asosida bo'ladi:

$$I_a = k \cdot U_a^{3/2} \quad (5)$$

Bunda, k-proporsionallik koeffisienti. Anod potentsiali barcha hollarda katod potentsialidan katta bo'lishi zarur, aks holda dioddan tok o'tmaydi. Diodning bu xossasi elektr tokining faqat bir tomonga o'tish imkonini beradi va shu sababli ular o'zgaruvchan tokni o'zgarmas tokka to'g'rilashda ishlatiladi.

QURULMANING TAVSIFI



3-rasm. Diodning xarakteristikasini o'lchash uchun eksperimental qurilma. qizdiruvchi vilka(1), katod plastinkasi(2), katod qizdirgich simi(3), anod(4), anodni ulash simi(5), havosi so'rib olingan shisha bolon(6), ampermetr(7), voltmeter(8), tok manbai(9).

O'LGHASH VA NATIJALARI HISOBLASH.

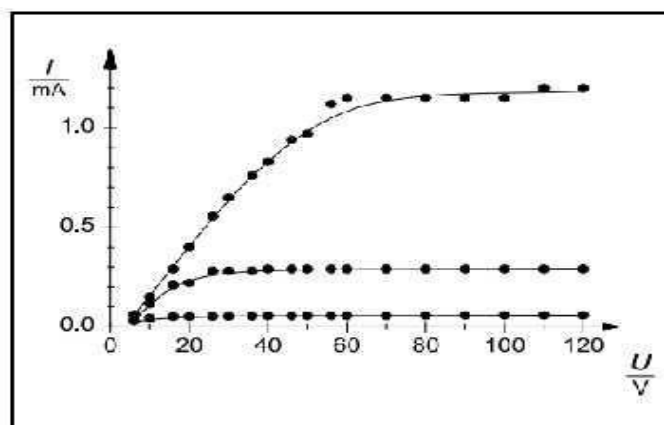
1. Aylanma potentsiometr yordamida 4,5 V qizdirish kuchlanishini o'rnatish.
2. U_A anod kuchlanishini aylanma potentsiometr (b) yordamida 0 V dan boshlab orttira borib bir qancha kuchlanishlar uchun anod toki I_A ni yozib oling.
3. Kuchlanishning 4,5 V, 5 V va 5,5V qiymatlari uchun ham tajribalarni takrorlang.
4. Har bir o'lchashlarni kamida 3-4 marta bajarib, ularning o'rtacha qiymatlari jadvalga yoziladi.
5. Olingan natijalarni jadvalga kiriting.

t/r	$U_1 = 4,5 \text{ V}$		$U_2 = 5 \text{ V}$		$U_3 = 5,5 \text{ V}$	
1	$I(A)$	$U(V)$	$I(A)$	$U(V)$	$I(A)$	$U(V)$

6. Jadvalda keltirilgan tajriba natijalaridan foydalanib, millimetrli qog'ozga $I_a = f(U_a)$ bog'lanishning grafigi chiziladi
7. S hamda R_i parametrlar har bir xarakteristik Egri chiziq, uchun alohida hisoblanadi.
8. (5) formuladan foydalanib, egrilikning qismi uchun k aniqlanadi.

N ^o	I_a	U	S	R_i	k
1.					
2.					
3.					

I_A ning U_A ga bog'liqlik grafigidan namuna



5-rasm. Qizdirish kuchlanishining uch har xil qiymati U_1 , U_2 va U_3 lar uchun anod toki I_A ning anod kuchlanishi U_A dan bog'liqligi.

SINOV SAVOLLAR.

1. Termoelektron emissiya hodisasini tushuntiring
2. Nima uchun vakuumli diodlarda Om qonuni o'rinli emas?
3. To'yinish toki nima?
4. Anodning volt-amper xarakteristikasi qanday hosil bo'ladi ?

4 - LABORATORIYA ISHI

TAQASIMON MAGNIT MAYDONIDA TOKLI O'TKAZGICHGA TA'SIR ETUVCHI KUCHNI O'LCHASH.

Ishning maqsadi: Tokli o'tkazgichga magnit maydon ta'sir kuchining o'tkazgich uzunligi l , undagi tok kuchi I , magnit Maydon induksiya B hamda ular orasidagi α burchakka bog'liqligi $F = f(\alpha)$ ni o'rganish

Kerakli jihozlar: Taqasimon magnit, kuch sensori, o'tkazgich ramkalar to'plami, o'tkazgich ramkalar uchun taglik, ulash kabellari, yuqori energiyali manba, shtativ, tutgich.

NAZARIY TUSHUNCHALAR

Amper qonuni: Magnit maydonda joylashgan tokli o'tkazgichga maydon tomonidan ta'sir etuvchi kuch shu maydonning magnit maydon induksiya vektori B ga, o'tkazgichning uzunligi l va undan o'tayotgan tok kuchi I ga bog'liq bo'ladi.

Ya'ni: Bir jinsli magnit maydonidagi tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi F kuch o'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchi I , o'tkazgich uzunligi l , magnit maydon induksiya vektori $\vec{B}$ va o'tkazgich bilan magnit induksiya chiziqlari orasidagi burchak α ning sinusiga ko'paytmasiga teng:

O'tkazgichning l uzunligidan I tok o'tganda o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuchining vektor qiymati quyidagicha topiladi (1- formula)

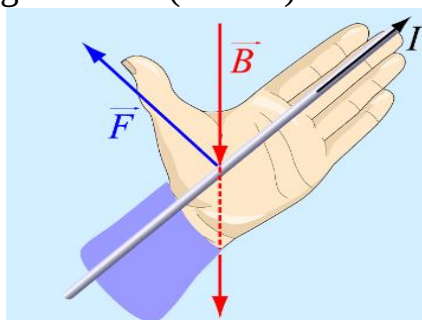
$$F = BIl \quad (1.1)$$

$\vec{l} = n\vec{l}$ - tok yo'nalishidagi vektor

Bu kuychning modul qiymati 2- tenglama bilan topiladi

$$F = BIl \sin \alpha \quad (1.2) \quad B = \frac{F}{Il \sin \alpha} \quad (1.2.1)$$

1 va 2 - ifodalarda B - maydonning l o'tkazgich joylashgan soxasidagi magnit induktsiyasi, α - $\vec{l}$ o'tkazgichdan o'tayotgan I tok yo'nalishi bilan magnit maydon induksiya $\vec{B}$ orasidagi burchak (1-rasm).



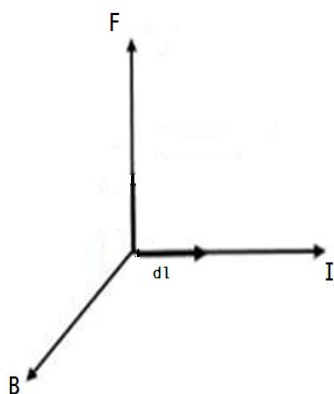
1-rasm Chap qo'l qoidasi. Amper kuchi uchun

Amper kuchi yo'nalishini **chap qo'l qoidasi** bilan aniqlanadi.

Agar chap qo'lning kaftiga magnit maydon induksiya $\vec{B}$ vektorining perpendikulyar tashkil etuvchisi tik tushadigan qilib joylashtirilsa va ochilgan to'rt

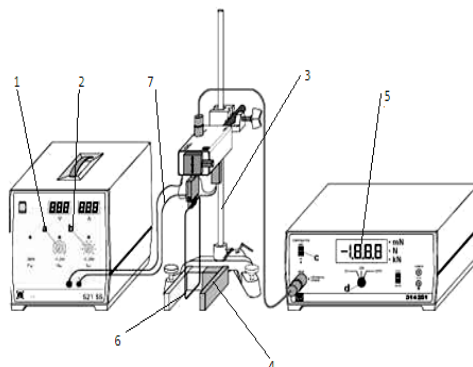
barmoqning yo'nalishi I o'tkazgichdan o'tadigan I tok yo'nalishi bilan mos kelsa bundan 90° ochilgan bosh barmoq F yo'nalishini ko'rsatadi. (2-rasm)

Bu ta'rifdan ko'rinadiki $\vec{B}$, I va F o'zaro perpendikulyar tekisliklarda yotadi (3-rasm)



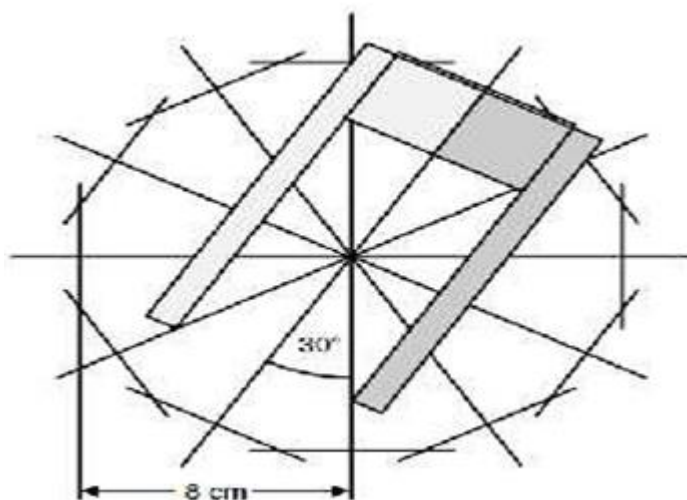
2-rasm

Magnit maydonda tokli o'tkazgich



3- rasm

Voltmetr (1), Ampermetr (2), Shtativ (3), Taqasimon magnit (4), Kuch sensori (5), O'tkazgich halqa(6), Ulash kabellari (7)



4-rasm

Taqasimon magnit

Ishni bajarish tartibi :

1. 3-rasmdagi laboratoriya uskunalarni keltirilgan sxema bo'yicha yig'ing.
2. Taqasimon magnitni o'tkazgich uzunligi sohasiga nisbatan 90° burchak ostida joylashtiring.
3. O'tkazgich uzunligi I ni o'lchang.
4. Tok kuchini o'zgarmas qiymatini tanlang.
5. O'tkazgichga ta'sir etuvchi F sensor ko'rsatkichidan yozib oling.

6. $B = \frac{F}{Il \sin \alpha}$ (1.2.1) tenglamadan foydalanib magnit maydon induksiya qiymatini toping.
7. $B = f(\alpha)$ funksiya grafigini chizing.
8. Taqasimon o'tkazgich uzunligiga joylashgan sohaga nisbatan $\alpha = 30^\circ$ intervalda $\alpha = 360^\circ$ gacha oraliqda ta'sir kuchi F ni sensor ko'rsatkichidan yozib oling .
9. Sensordan olingan qiymatlarni jadvalga kiriting va uning maksimal qiymati aniqlang $F_{\max}$
10. $\frac{F}{F_{\max}}$ ni aniqlab jadvalga kiriting
11. $\frac{F}{F_{\max}} = f(\alpha)$ funksiya grafigini chizing.
12. Olingan natijalarni bo'yicha jadvalni to'ldiring.

№	B(Tl)	ℓ (m)	I(A)	F(N)	α	$\frac{F}{F_{\max}}$
1					0°	
2					30°	
3					60°	
4					90°	
5					120°	
6					150°	
7					180°	
8					210°	
9					240°	
10					270°	
11					300°	
12					330°	
13					360°	

12. Olingan natijalarni bo'yicha xulosa yozing.

SINOV SAVOLLAR.

1. Amper qonuni va chap qo'l qoidasini ayting.
2. Qachon Amper kuchi nolga teng bo'ladi?
3. $\frac{F}{F_{\max}} = f(\alpha)$ bog'lanish grafigini tushuntiring.

5 - LABORATORIYA ISHI

DIFRAKSION PANJARA YORDAMIDA YORUG'LIK TO'LQIN UZUNLIGINI ANIQLASH

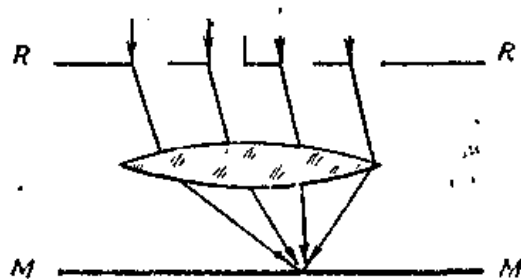
Ishning maqsadi: spektrning turli sohalarida yorug'lik to'lqin uzunligi aniqlash.

Kerakli jihozlar: Yorug'lik to'lqin uzunligini aniqlash uchun mo'ljallangan kurilma, difraksion panjara, cho'glanma elektr lampasi.

NAZARIY TUSHUNCHA

Yorug'lik nurlarini yo'lida uchraydigan kichik tirqish orqali o'tib ekranda yorug' va xira yo'llar hosil qilishiga, ya'ni nurlarning to'g'ri chiziq bo'ylab tarqalishidan chetlashishiga, yorug'lik difraksiyasi deyiladi. Difraksiya hodisasini Gyuygens prinsipi asosida tushintirish mumkin. Bu prinsipga ko'ra, to'lqin frontning har bir nuqtasini elementar to'lqinlar hosil qiluvchi mustaqil manba deb qarash mumkin. Nurning to'lqin uzunligi qisqa bo'lganligi uchun to'g'ri chiziqli tarqalishdan chetga chiqishi oz bo'lsa buni kuzatishda nurni juda kichik tirqishdan o'tkazish lozim. Odatda laboratoriya ishlarida har bir millimetrida 100 tagacha tirqishlari bo'lgan oddiy shisha difraksion panjara ishlatiladi.

Difraksion panjaraning parametrlaridan biri difraksion panjara davri bo'lib hisoblanadi. Difraksion panjara davri (doimiysi) deb tirqish kengligi bilan tirqishlar orasidagi masofaning yig'indisiga aytiladi ($d = a + b$) (1-rasm).



1-rasm

2-rasmda esa ko'p burchaklar ostida beriladigan nurlar ko'rsatilgan. Agar yorug'lik manbaidan chiqadigan nur murakkab yorug'likdan iborat bo'lsa, ekranda hosil bo'ladigan tasvir rangli bo'ladi. Bunda rangli tasmalar qora tasmalar bilan ajratilgan bo'ladi. Ekrandagi bundan rangli tasvirga difraksion spektr deyiladi. Spektrlarda hosil bo'ladigan difraksion maksimumlar quyidagi shartga asosan topiladi:

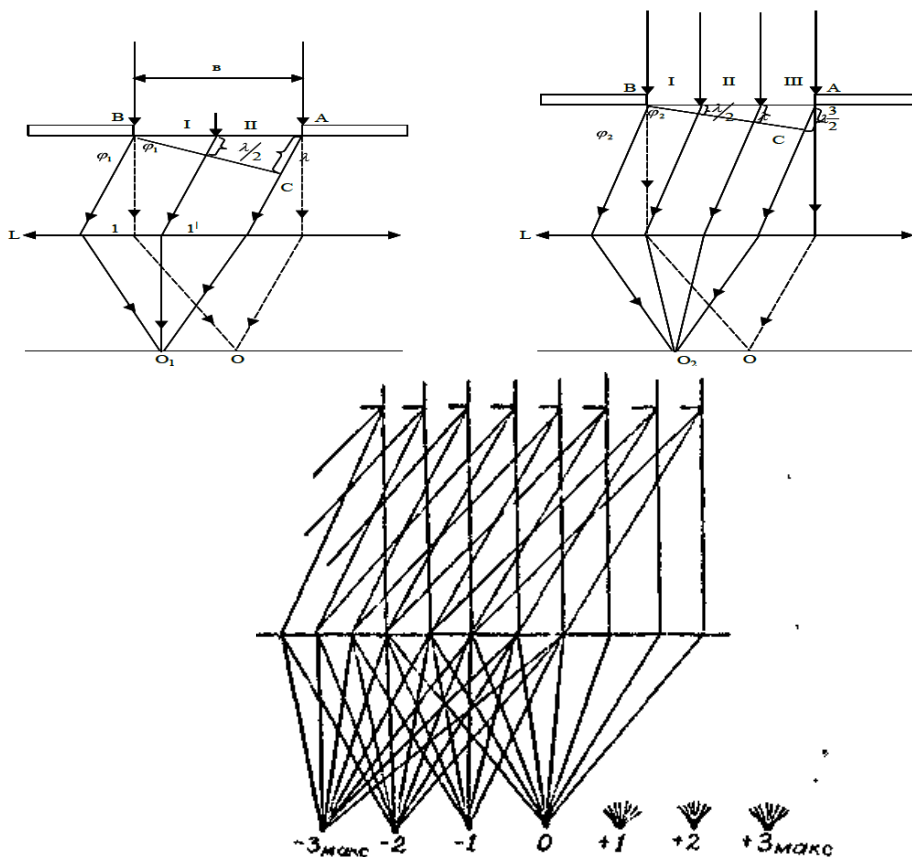
$k \sin \varphi = \delta$ bunda δ - ikki chetki nurlar orasidagi yo'l farqi. Agar butun to'lqin uzunligiga karrali bo'lsa, ya'ni $\delta = k \cdot \lambda$, unda A nuqtada maksimum kuzatiladi.

$$d \sin \varphi = k \cdot \lambda \quad (1) \quad k = 0, 1, 2, 3, \dots$$

(1) tenglamadan λ - ni topamiz

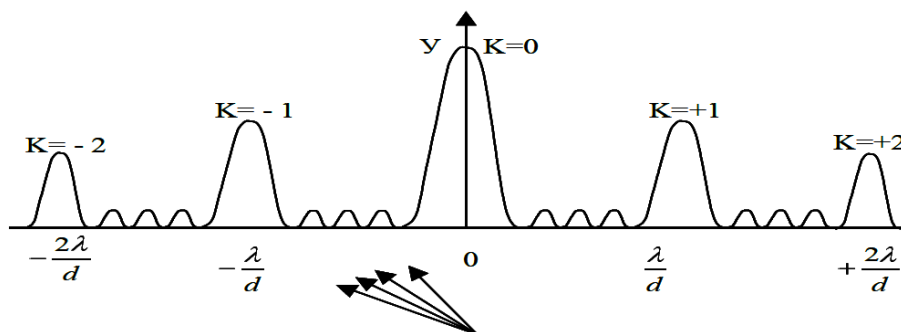
$$\lambda = \frac{d \cdot \sin \varphi}{k} \quad (2)$$

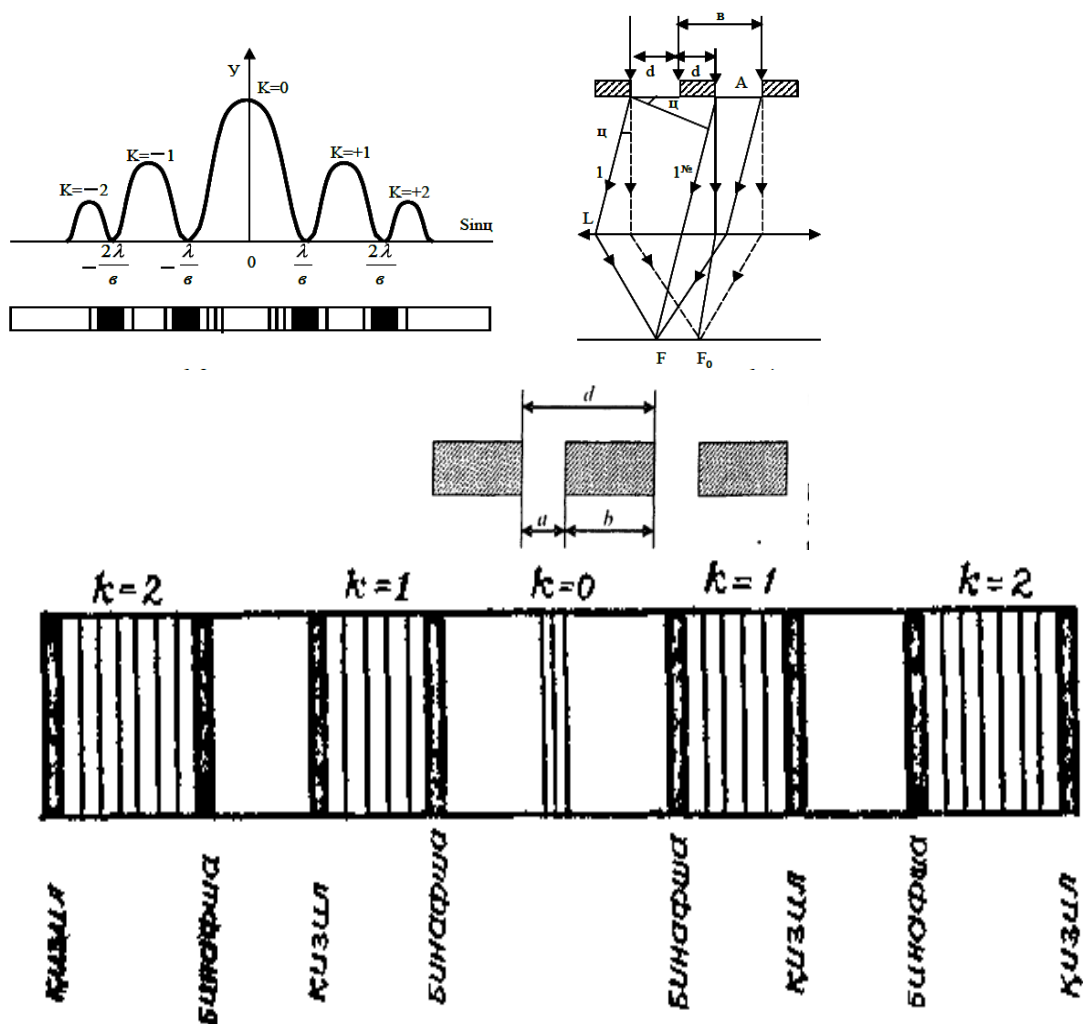
Odatda difraksiya panjaraga murakkab yorug'lik tushganda bitta spektr o'rnida spektrlar seriyasi hosil bo'ladi (2-rasm).



2-rasm

$k = 0$ bo'lganda (3-rasm) $\varphi = 0$, bunda markaziy oq tasma, yorug'lik man-baining rangiga mos keladi. $k = 1$ bo'lganda, oq tasmaning ikki tomonidan simmetrik ravishda rangli tasmlar hosil bo'ladi, bu tasma binafsha nurdan boshlanib, qizil rangda tugallanadi.





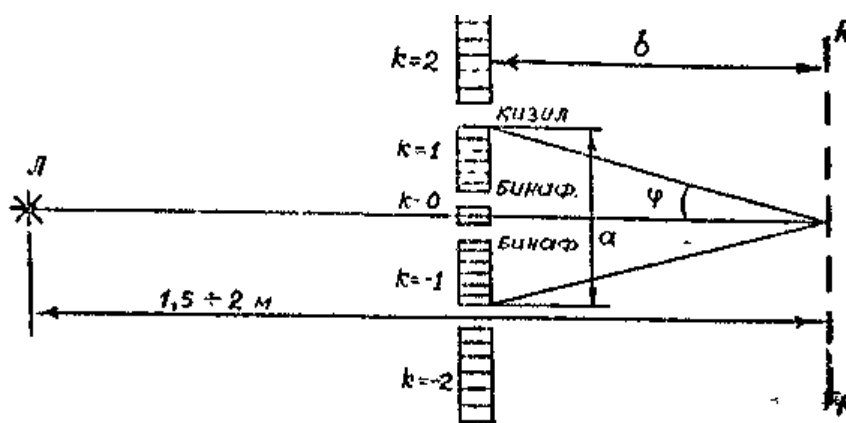
3-rasm

Hosil boʻlgan spektrga birinchi tartibli spektr deyiladi. Spektrning qizil sohasi binafsha nurga nisbatan kattaroq burchakka siljigan boʻladi. $k = 2$ boʻlganda ikkinchi tartibli spektr va hokazo tartibli spektrlar hosil boʻladi.

Difraksion panjara yordamida toʻlqin uzunligini laboratoriya usulida aniqlash maqsadida 4-rasmda keltirilgan sxemadan foydalanish mumkin. Bu sxemada lampadan parallel nurlar tirqish orqali difraksion panjaraga tushiriladi. Kuzatuvchi difraksion panjara orqali qaraganda tirqish joylashgan shkalada spektrlarni kuzatadi. Birinchi tartibli spektrda binafsha nurlar orasidagi masofa "a" va shkala bilan difraksion panjara orasidagi masofa "b" boʻlsin (2) formuladan λ ni topish uchun $b \gg a$ shortdan foydalanib $\sin \varphi \approx \tan \varphi$ va 4-rasmdan

$$\sin \varphi = \tan \varphi = \frac{a}{2b} \quad (3)$$

ekanini koʻrish mumkin

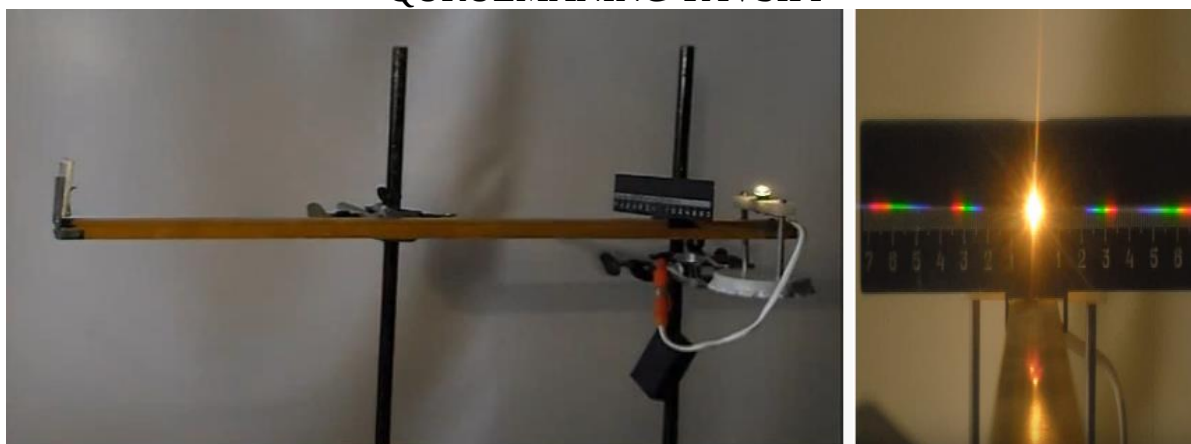


4-rasm

(3) ifodani (2) formulaga qo'ysak:

$$\lambda = \frac{d \cdot a}{2k \cdot b} \quad (4)$$

QURULMANING TAVSIFI



O'LGHASH VA NATIJALARNI HISOBLASH

1. Yorug'lik manbaini difraksion panjaradan 1,5-2 m uzoqlikda o'rnatib, tok manbaiga ulang. Bunda nurlar dastasini tirqish orqali o'tib, difraksion panjaraga tushishini ta'minlang.
2. To'liq uzunligini aniqlash uchun mo'ljallangan qurilmaning old qismiga difraksion panjarani o'rnatib, lampa, tirqish va difraksion panjara lampa bilan bir xil balandlikda bo'lishini ta'minlang.
3. Spekr tasviri shkala shitida hosil bo'lgan shetni brusok ustida harakatlantiring.
4. Shitdagi shkaladan 1 va 2-tartibdagi qizil va binafsha nurlarning chegaralarini aniqlab ular orasidagi masofa "a" ni ulchang. (a masofani birinchi tartibli qizil yoki binafsha, xuddi shunday ikkinchi tartibli va hokazo tartibli spektrlar uchun ham olish mumkin).
5. Brusok bo'ylab difraksion panjaradan shkalagacha bo'lgan masofa "b" ni yozib oling.
6. "a" va "b" qiymatlarini (4) formulaga quyib λ ni aniqlang.

7. Topilgan qiymatlarni jadval ko`rinishida rasmiylashtiring.

1- jadval. Yorug'lik to'lqin uzunligini aniqlash.

№	K	d(m)	a(m)	b(m)	$\lambda(10^{-7}\text{m})$	$\Delta\lambda(10^{-7}\text{m})$	$\varepsilon(\%)$
1							
2							
3							
4							

8. Tajriba natijalaridan tegishli xulosalarni chiqaring va daftarga qayd qiling.

SINOV SAVOLLARI

1. Yorug'likning to'lqin tabiatini tushintiring.
2. Yorug'lik difraksiyasi nima?
3. Qaysi nur difraksiya spektorda eng katta og'ish burchagiga ega bo'ladi?
4. Dispersion spektr difraksion spektrdan qanday farq qiladi?

6-LABORATORIYA ISHI

α ZARRACHALAR IZLARINI VILSON BULUTLI KAMERASI YORDAMIDA NAMOYISH ETISH

Tajriba ishining maqsadi.

Havo va suv spirt bug'i aralashmasi o'ta to'yinishini Vilson bulutli kamerasida adiabatik kengayish orqali hosil qilish.

α zarrachalarning izlarini nuqtaviy manbadan kuzatish yoki, α zarrachalarning izlarini butun kamera bo'yicha taqsimlangan manbadan.

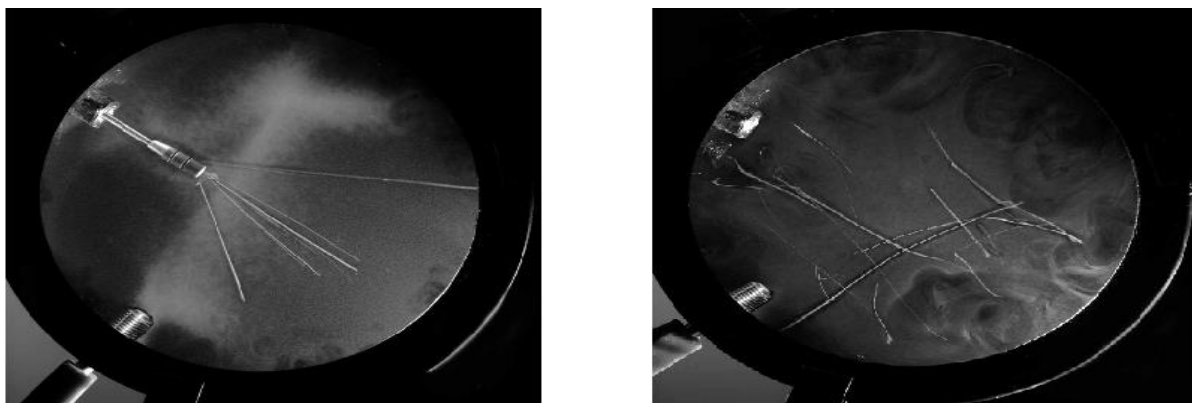
Kerakli jihozlar ro'yxati.

Vilson pufakli kamerasi, Vilson bulutli kamerasi uchun radiy preparati, Energiya manbai 450V DC, Egarsimon asos Etanol, denaturat1l, Stol qisqichi, Distillangan suv Transformator(6 V AC, 12 V) ,lampa , asferik kondensator.

NAZARIY TUSHUNCHA

α zarrachalarning izlarini Vilson bulutli kamerasidan foydalanib ko'rinadigan qilish mumkin α radiatsiya bilan taqqoslaganda, har ikkala β va γ radiatsiyalar juda kam ionlashtiruvchi hisoblanadi, shuning uchun bu tajribada foydalanilmaydi. Vilson bulutli kamerasida havo, suv va spirt aralashmasining to'yingan bug'lari qisqacha sovitiladi va vakuum nasos yordamida hosil qilinadigan adiabatik kengayish tufayli o'ta to'yingan holatga o'tadi. Bu esa bug'ning kichik tuman tomchilari shaklida kondensatsiyalanishiga sabab bo'ladi; bu effekt kondensatsiyalanish markazlari yordamida amalga oshiriladi. Vilson kamerasida α zarrachalarning gaz molekulalari bilan to'qnashishida hosil bo'lgan ionlar xususiy holda bunday kondensatsiya markazlari bo'lishi mumkin. Har safar vakuum nasos aktivlashganda, α zarrachalar izlari bo'ylab o'ta to'yingan bug'lar birdaniga kondensatsiya markazlari atrofida kondensatsiyalanadi va bulut tomchilari hosil qiladi, ular esa illyuminatorida bir yoki ikki sekund ko'rinib turadi. Elektr maydoni kameradagi qoldiq ionlarni tozalaydi. Bu tajribada radiy preparatidan yoki toriy preparatidan α radiator sifatida foydalanamiz.

Ra 226 preparati Vilson bulutli kamerasi ichiga joylashtiriladi. Preparat bir tomonida teshigi bo'lgan, ichi bo'sh silindr ichiga joylashtiriladi α zarrachalar bu teshikdan xuddi nuqta tipidagi manbadan chiqqanday chiqib keladi. Ra 226 yarim yemirilish davri 1622yil α yemirilish natijasida Rn 222 gacha energiyasi $E=4.78$ MeV bo'lgan alfa zarrachalar chiqarib yemiriladi.



1- rasm

Texnika xavfsizligi

Bu preparatlar ionlashtiruvchi radiatsiya chiqarganligi uchun, siz hamma vaqt quyidagi xavfsizlik qoidalariga rioya qilishingiz lozim:

Preparatlarga ruxsat etilmagan kishilarning foydalanishi ta'qiqlanadi.

Preparatlardan foydalanishdan oldin ularning zararlanmaganligiga ishonch hosil qiling. Eng qisqa ekspozitsiya vaqtiga erishish uchun radiy preparatini uning himoya konteyneridan faqat tajribalar o'tkazish paytidagina chiqaring; agar siz toriy manbaidan foydalanmoqchi bo'lsangiz, toriy tuzi solingan idishdagi shlang qisqichini faqat tajribalar o'tkazish paytidagina oching.

Radioaktiv preparatdan mumkin bo'lgan maksimal masofani ta'minlash uchun uni faqat tutgich yordamida ushlang. Radiy preparatini ekranlash maqsadida uni hamma vaqt faqat himoya konteynerida saqlang.

Minimum aktivlikni ta'minlash uchun faqat tegishli tajribaga kerak bo'lgan preparatnigina laboratoriya stoli ustida saqlang.

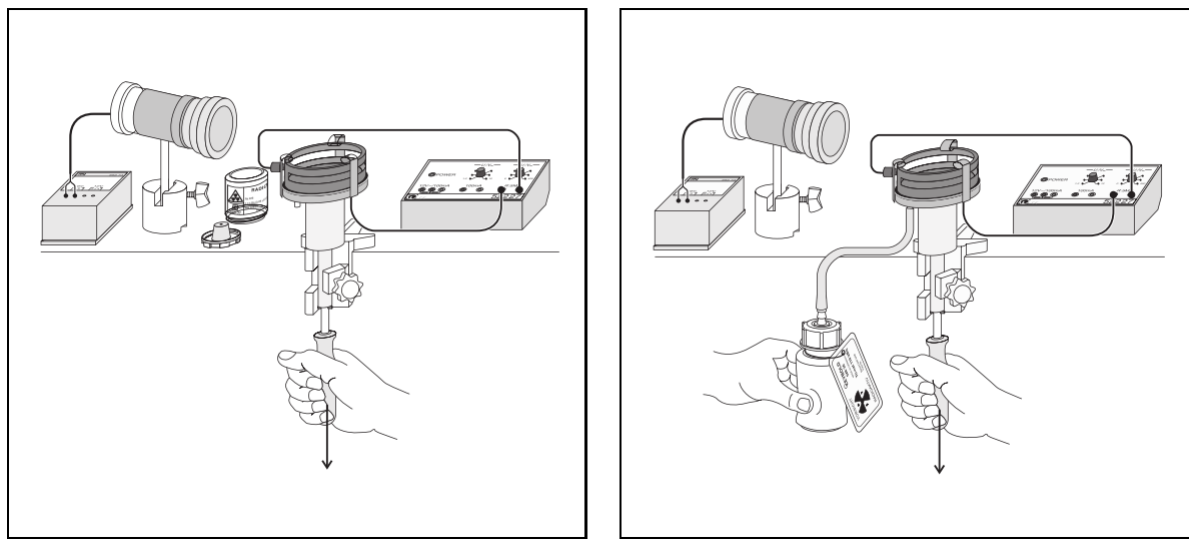
Toriyning yemirilish mahsuloti $Rn\ 220$ gazsimon bo'lib, Vilson kamerasiga ventil yordamida kiritiladi, va butun kamera bo'yicha tekis taqsimlanadi. Turli yo'nalishlar bo'yicha tarqalayotgan zarrachalarning izini ko'rish mumkin. $Rn\ 220$ yemirilishi natijasida yarim yemirilish davri 55,2s bo'lgan $Po\ -216$ hosil bo'ladi. Bunda dominant energiyasi $E=6,28\ MeV$ bo'lgan α zarrachalar chiqariladi.

Ishni bajarish tartibi.

1. Polietilen butilkada taxminan 200 ml 50 % metanol yoki etanol va 50 % toza suv aralashmasini tayyorlang.

Izoh: Kengaytirish bilan hosil qilinga to'yingan bug'ning kondensatsiyalanishi faqat α zarrachalar yordamida hosil qilingan ionlar tufayli bo'lishi mumkin, va kamera ichiga qandaydir kirib qolgan boshqa zarralar tufayli kondensatsiyalanish hosil bo'lmaydi. Kameraning ichini changlardan toza tuting; agar lozim bo'lsa uni distillangan suv bilan yuving.

2. Qurilmani ko'rsatilgandek o'rnatish.



2- rasm

Stol qisqichini turg'un laboratoriya stoliga mahkamlang, va Vilson kamerasini yo'naltiruvchi truba bilan stol qisqichiga shunday mahkamalangi vakuum asosni o'rnatish mumkin bo'lsin. (Rasm 2).

3. Kamera qopqog'ini bir qo'lingiz bilan mahkam ushlang va boshqasi bilan isqichlarni oching; keyin qopqoqni olib qo'ying va pastki plastinani olib qo'ying.

4. Pastki plastinaning jun qoplamasini spirt-suv aralashmasi bilan yaxshilab namlang, ammo aralashma ichiga solmang.

5. Pastki plastinani uning oyoqlari bilan rezina O-halqa ustiga qo'ying. Rezina O-halqa kamera pastki qismining uchlariga bir tekis joylashganligiga ishonch hosil qiling.

6. Radiy preparatidan foydalanish. Barcha xavfsizlik choralariga rioya qilgan holda, Vilson kamerasi uchun radiy preparatini uning shisha konteyneridan oling va uni asosiy plataning preparat tutgichiga kiriting.

7. Kamera qopqog'ini rezina prokladka ustiga to'g'ri joylashganiga ishonch hosil qilib joylashtiring, va uni qisqichlar bilan mahkamlang. Kamera mahkamligini vakuum nasosni qisqa muddat qo'shib tekshirib ko'ring (kengayishga kam qarshilik, yoki tovush chiqishi teshik borligini ko'rsatadi); rezina prokladkani vakuum smazka bilan yaxshilab moylang va kamerani qayta yoping.

8. Kamerani de-ionizatsiyalash uchun 150 V yoki kattaroq doimiy kuchlanishdan foydalaning.

9. Lampani o'rnatish. Lampa va asferik kondensorni asosga mahkamlang va uni Vilson bulutli kamerasida taxminan 15 sm masofada o'rnatib. Lampani bulutli kamerani kuzatish oynasi sathida joylashadigan qilib sozlang. Lampani transformatorga (6V) ulang. Lampa spiralini gorizontal ravishda to'g'rilang va parallel yoki kuchsiz sochilgan yorug'lik nuri hosil qiling va uni bulutli kamerada perpendikulyar ravishda o'tadigan qilib to'g'rilang.

10. Kamerani yopgandan keyin birinchi tajriba boshlanishidan oldin taxminan 10 min atrofida kuting, chunki havo, suv va spirt aralashmasi kamera ichida bulut hosil qilishi lozim.

11. Vakuumli nasos ruchkasini bir marta kuchli bosing uni oxirgi holatida ushlab turing va zarachalarning tomchi izlarini ustidan, kuzatish oynasi orqali kuzating.

Agar lozim bo'lsa, kamera ichidagi bug' yaxshi to'yingan holatga o'tishi uchun aralashmani bir necha marta ko'paytiring.

12. Tajribalarni qayta o'tkazish uchun kamida 1-2 min kuting, chunki tajribani qayta o'tkazish uchun bug' aralashmasi muvozanat holatga kelishi lozim.

13. Tajribalar tugaganda bulutli kameraning qopqog'ini ochib qo'ying va kamera pastki qismdagi nam jun gilamchaning qurishiga imkon bering.

- Kamerani changlardan imkon boricha toza tuting.

14. Kuzatilgan tajriba natijalariga asoslanib xulosa yozing.

Sinov savollari.

1. Elementar zarralar nima?

2. Elementar zarralar qanday aniqlanadi?

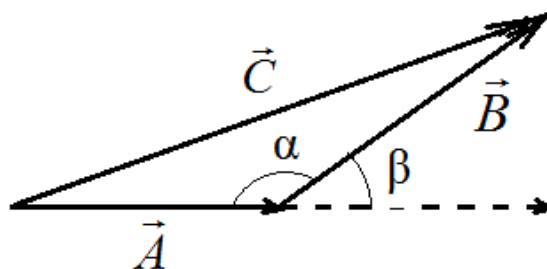
3. α zarrachalarning trayektoriyasi qanday aniqlanadi?

ILOVALAR

1. Vektorlar va ularlar ustida bajariladigan amallar

Vektor deb o'zining son qiymati va yo'nalishi bilan tavsiflanuvchi kattalikka aytiladi. U chizmada ma'lum masshtabda chizilgan yo'nalishli kesma ko'rinishida tasvirlanadi. Uning boshlang'ich va oxirgi nuqtalari uning boshi va oxiri deyiladi.

$\vec{A}$ va $\vec{B}$ vektorning yig'indisi deb shunday $\vec{C}$ vektorga aytiladiki, u $\vec{A}$ vektorning boshidan $\vec{B}$ vektorning oxiriga qarab yo'naladi (49-rasm).



49-rasm. Vektorial yig'indi

Yig'indi vektorning moduli (yoki miqdori) quyidagicha topiladi

$$C = |\vec{C}| = |\vec{A} + \vec{B}| = \sqrt{A^2 + B^2 + 2\vec{A} \cdot \vec{B}} \quad (1)$$

Boshqa tomondan esa kosinuslar teoremasiga ko'ra

$$C = \sqrt{A^2 + B^2 - 2AB \cos \alpha}. \quad (2)$$

49-rasmga muvofiq

$$\cos \alpha = \cos(\pi - \varphi) = -\cos \varphi \quad (3)$$

bo'lganligi uchun, (1) – (3) ifodalardan foydalanib

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = AB \cos \varphi(\vec{A}, \vec{B}) \quad (4)$$

ifodani hosil qilamiz. Bu erda $\varphi(\vec{A}, \vec{B})$ - $\vec{A}$ va $\vec{B}$ vektorlar orasidagi burchakni bildiradi.

$\vec{A} \cdot \vec{B}$ vektorlarning skalyar ko'paytmasi bo'lib, skalyar kattalikdir. Agar ushbu vektorlar Dekart koordinata tizimida berilgan bo'lsa

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = (A_x \vec{e}_x + A_y \vec{e}_y + A_z \vec{e}_z) \cdot (B_x \vec{e}_x + B_y \vec{e}_y + B_z \vec{e}_z) \quad (5)$$

ga teng. Biroq o'qlarning bazis vektorlari uchun

$$\vec{e}_\alpha \cdot \vec{e}_\beta = \begin{cases} 0, & \alpha \neq \beta; \\ 1, & \alpha = \beta. \end{cases} \quad (\alpha, \beta = x, y, z). \quad (6)$$

Shunday qilib, oxirgi ikki ifodaga ko'ra

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z. \quad (7)$$

Demak $\vec{A}$ va $\vec{B}$ vektorlar o'z tashkil etuvchilari orqali berilgan bo'lsa, (1) va (7) ga binoan

$$C = \sqrt{C_x^2 + C_y^2 + C_z^2} = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2 + B_x^2 + B_y^2 + B_z^2 + 2(A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z)}. \quad (8)$$

$\vec{A}$ va $\vec{B}$ vektorlarning vektor ko'paytmasi deb

$$\vec{C} = [\vec{A}, \vec{B}] \quad (9)$$

ifoda bilan aniqlanuvchi $\vec{C}$ vektorga aytiladi.

U holda (5) ga o'xshash

$$[\vec{A}, \vec{B}] = [A_x \vec{e}_x + A_y \vec{e}_y + A_z \vec{e}_z, B_x \vec{e}_x + B_y \vec{e}_y + B_z \vec{e}_z] \quad (10)$$

deb yozish mumkin. O'ng tomondagi ko'paytmani ko'phadlarni ko'paytirish qoidasiga binoan hisoblash mumkin. Masalan $A_x \vec{e}_x$ ga ko'paytirsak

$$A_x (B_x [\vec{e}_x, \vec{e}_x] + B_y [\vec{e}_x, \vec{e}_y] + B_z [\vec{e}_x, \vec{e}_z]) \quad (11)$$

had hosil bo'ladi. O'qlarning birlik vektorlari, tanlanishiga ko'ra, o'ng ortogonal (ya'ni o'zaro tik) uchlikni hosil qilgani uchun

$$[\vec{e}_x, \vec{e}_x] = 0, \quad [\vec{e}_x, \vec{e}_y] = \vec{e}_z, \quad [\vec{e}_x, \vec{e}_z] = -\vec{e}_y. \quad (12)$$

Demak

$$[A_x \vec{e}_x, \vec{B}] = A_x (B_y \vec{e}_z - B_z \vec{e}_y). \quad (13)$$

Shunga o'xshash tarzda

$$\left. \begin{aligned} [A_y \vec{e}_y, \vec{B}] &= A_y (B_z \vec{e}_x - B_x \vec{e}_z), \\ [A_z \vec{e}_z, \vec{B}] &= A_z (B_x \vec{e}_y - B_y \vec{e}_x). \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Shunday qilib, (9) hamda (13) – (14) ifodalarga asoslanib, quyidagi ajoyib natijani olamiz

$$\vec{C} = C_x \vec{e}_x + C_y \vec{e}_y + C_z \vec{e}_z = \begin{vmatrix} \vec{e}_x & \vec{e}_y & \vec{e}_z \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}. \quad (15)$$

Oxirgi ifoda $\vec{C}$ vektor ko'paytmani bir qiymatli aniqlaydi (C_x , C_y va C_z larni topishni hurmatli kitobxonlarga qoldiramiz). Uning modulini esa, odatdagidek, quyidagicha hisoblash mumkin

$$C = \sqrt{C_x^2 + C_y^2 + C_z^2}. \quad (16)$$

Endi $\vec{C}$ vektorning modulini $\vec{A}$ va $\vec{B}$ vektorlarning modullari va ular orasidagi burchak orqali ifodalaymiz. Buning uchun

$$\begin{aligned} [\vec{A}, \vec{B}]^2 &= (A_y B_z - B_y A_z)^2 + (B_x A_z - A_x B_z)^2 + (A_x B_y - A_y B_x)^2 = \\ &= (A_x^2 + A_y^2 + A_z^2) \cdot (B_x^2 + B_y^2 + B_z^2) - (A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z)^2 \end{aligned} \quad (17)$$

tenglikka muvofiq

$$[\vec{A}, \vec{B}]^2 = A^2 \cdot B^2 - (\vec{A} \cdot \vec{B})^2 \quad (18)$$

ayniyatni hosil qilamiz.

Demak (18) va (4) ifodalarga ko'ra, vektor ko'paytmaning moduli

$$C = |[\vec{A}, \vec{B}]| = AB \sin \varphi(\vec{A}, \vec{B}) \quad (19)$$

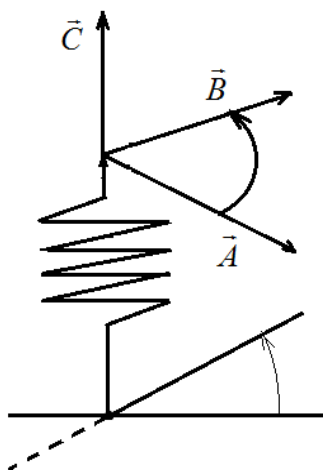
ifoda bilan aniqlanadi.

$\vec{C}$ vektorning yo'nalishi ko'rinma (yoki vizual) ravishda o'ng parma qoidasiga binoan aniqlanadi (50-rasm). Buning uchun parmaning uchi $\vec{A}$ va $\vec{B}$ vektorlarning boshlari joylashgan nuqtaga qo'yiladi. Parma dastasi $\vec{A}$ dan $\vec{B}$ ga qarab buralganda, uning uchini harakat yo'nalishi $\vec{C}$ vektor yo'nalishini ko'rsatadi.

Shuningdek **ikkilangan vektor ko'paytma**

$$[\vec{A}, [\vec{B}, \vec{C}]] = \vec{B} \cdot (\vec{A} \cdot \vec{C}) - \vec{C} \cdot (\vec{A} \cdot \vec{B}) \quad (20)$$

ifoda orqali topiladi (buni o'zingiz isbotlashga urinib ko'ring). Shuni alohida ta'kidlaymizki, (15) ifoda vektor ko'paytmaning son qiymati va yo'nalishini hech qanday "ta'rif" va "qoida" ga bog'liq bo'lmagan holda aniqlaydi!



50-rasm. Vektor ko'paytma yo'nalishi

2. Hosila va differentsial

Agar $f = f(x)$ funktsiya biror nuqtada uzluksiz bo'lsa, uning bu nuqtadagi hosilasi

$$f'_x = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta f}{\Delta x} = \frac{df}{dx} \quad (21)$$

ifoda bilan aniqlanadi. Bu erda $\frac{\Delta f}{\Delta x}$ funktsiyaning $[x, x + \Delta x]$ oraliqdagi o'rtacha o'zgarish tezligini bildiradi. $\frac{df}{dx}$ esa x nuqtadagi aniq o'zgarish tezligidir.

Shuni alohida ta'kidlaymizki, bu yerda f har qanday vektor yoki skalyar funktsiyani, x esa ushbu funktsiyalar bog'liq bo'lgan o'zgaruvchini (masalan, koordinata va vaqt) anglatadi.

Agar f funktsiya o'z navbatida g ning funktsiyasi bo'lib, $g = g(x)$ bo'lsa, $f[g(x)]$ ko'rinishda belgilanadi. Uning hosilasi

$$f'_x = f'_g \cdot g'_x \quad (22)$$

ifodaga binoan topiladi. Bu erda shtrix hosila belgisini, g va x indekslar esa qaysi o'zgaruvchi bo'yicha hosila olinayotganini anglatadi (yozuvni soddalashtirish uchun hatto hosila belgisini ya'ni shtrixni tushirib qoldirilsa ham bo'ladi – bu sizning didingizga bog'liq. Qabul qilingan odatga muvofiq did haqida bahslashmaydilar. Ammo, biz har kuni bu haqda ... tinmasdan bahslashamiz!).

Funktsiyalarning hosilalari quyidagi xossalarga ega:

1-jadval

1.	$c' = 0$ (s – ixtiyoriy o'zgarmas)
2.	$(u + g)' = u' + g'$
3.	$(ug)' = u'g + g'u$
4.	$\left(\frac{u}{g}\right)' = \frac{u'g - g'u}{g^2}$
5.	$(f[g(ax+b)])'_x = af'_g.$

Ushbu ifodalar mos ravishda doimiyning, yig'indining, ko'paytmaning, bo'linmaning hamda maxsus $ax+b$ o'zgaruvchiga bog'liq murakkab funktsiyaning hosilalaridir.

2-jadval

1.	$(x^a)' = ax^{a-1}$
2.	$(a^x)' = a^x \ln a$
3.	$(\sin x)' = \cos x$
4.	$(\cos x)' = -\sin x$
5.	$(\arcsin x)' = \frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$
6.	$(\arccos x)' = -\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$
7.	$(\arctg x)' = \frac{1}{1+x^2}$

8.	$(\operatorname{arcctg} x)' = -\frac{1}{1+x^2}$
9.	$(\log_a x)' = \frac{1}{x \ln a}$

Har qanday funktsiyaning hosilasini (21) ifoda orqali topish mumkin. Ammo biz 2-jadvalda ayrim keng qo'llaniladigan funktsiyalarning hosilalarini isbotsiz keltirish bilan cheklanamiz (ya'ni iste'molchilarga o'xshab, tayyor mahsulotni "o'zlashtiramiz"):

Bo'lim oxirida ixtiyoriy **funktsiyaning cheksiz kichik o'zgarishini bildiruvchi va uning differentsiali** deb ataluvchi kattalikning xossalari ham keltiramiz:

3-jadval

1.	$df(x) = f'_x dx = \frac{df(x)}{dx} dx$
2.	$df[g(x)] = \frac{df[g]}{dg} \cdot \frac{dg(x)}{dx} dx \equiv \frac{df}{dg} dg$
3.	$d(u + g) = du + dg$
4.	$d(ug) = gdu + udg$
5.	$d\left(\frac{u}{g}\right) = \frac{du}{g} - u \frac{dg}{g^2}$
6.	$dc = 0 \quad (c = \text{const})$

Shuni alohida ta'kidlaymizki, o'zgaruvchining Δx kichik chekli o'zgarishlari holida quyidagi taqribiy tenglik o'rinli bo'ladi:

$$\Delta f = f(x + \Delta x) - f(x) \approx f'_x(x) \Delta x. \quad (23)$$

ya'ni

$$df = f'_x dx \approx f'_x(x) \Delta x \quad (24)$$

ifodalardan foydalanib, funktsiyaning o'zgarishi Δf ni yoki

$$f(x + \Delta x) = f(x) + f'_x(x) \Delta x \quad (25)$$

ni yetarlicha aniqlik bilan hisoblash mumkin. Bu esa muhim amaliy ahamiyatga ega bo'lib, murakkab hisoblashlarni sodda tarzda bajarishga imkon beradi.

Agar $f'_x(x) = 0$ bo'lsa, Δx bo'yicha ikkinchi tartibli hadlarni inobatga olishga to'g'ri keladi. Bu holda

$$f(x) = f(x_0) + f'(x_0)(x - x_0) + \frac{1}{2} f''(x_0)(x - x_0)^2 + \dots \quad (26)$$

yoyilmadan foydalaniladi.

Demak oxirgi ikki ifoda murakkab ko'rinishga ega bo'lgan funktsiyalarning qiymatlarini (25) – chiziqli hamda (26) – kvadratik yaqinlashuvda taqribiy hisoblash uchun g'oyatda qulaydir (mustaqil yechish uchun masalalarga qarang).

Fikrimiz quruq bo'lmasligi uchun $\arcsin x$ funktsiya hosilasining isbotini keltiramiz. Agar $g(x) = \arcsin x$ hamda $f(x) = \sin[g(x)]$ funktsiyalarni kiritsak, (22) – murakkab funktsiya hosilasiga ko'ra

$$f'_x = f'_g \cdot g'_x.$$

Biz qarayotgan holda

$$f(x) = \sin(\arcsin x) = x,$$

chunki $\arcsin x$ ning bosh qiymatlari $\left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right]$ oraliqqa tegishli bo'lib, bu sohada $\sin x$ funktsiya monoton o'sadi va shuning uchun $\arcsin x$ teskari funktsiya mavjud bo'ladi.

Demak, $f'_x = x' = 1$ va $f'_g = (\sin g)'_g = \cos g \equiv \sqrt{1 - \sin^2 g} = \sqrt{1 - x^2}$. Chunki yuqoridagi burchaklar oralig'ida $\cos g$ nomanfiy qiymatlarni qabul qiladi.

Shunday qilib

$$g'_x = [\arcsin x]' = \frac{f'_x}{f'_g} = \frac{1}{\sqrt{1 - x^2}}$$

ekanligi isbotlandi (oxirgi natijani ixtiyoriy teskari funktsiya uchun umumlashtirishga urinib ko'ring).

Endi hosilaning qo'llanilishiga doir quyidagi ajoyib masalani tahlil qilamiz.

To'g'ri yo'ldan a masofada turgan talaba undan boshqa tomonda va b masofada joylashgan bobosining oldiga mumkin qadar eng qisqa vaqtda etib borishi lozim. Agar uning birinchi va ikkinchi sohadagi tezliklari ϑ_1 va ϑ_2 bo'lsa, u to'g'ri yo'lning qaysi nuqtasidan qaytsa, o'z maqsadiga erisha oladi? (52-rasm).

Talabaning harakat vaqti u kesib o'tadigan M nuqtaning koordinatasi x ning funktsiyasi bo'ladi va quyidagicha topiladi

$$t = t_1(x) + t_2(x) = \frac{\sqrt{a^2 + x^2}}{\vartheta_1} + \frac{\sqrt{b^2 + (c - x)^2}}{\vartheta_2}. \quad (27)$$

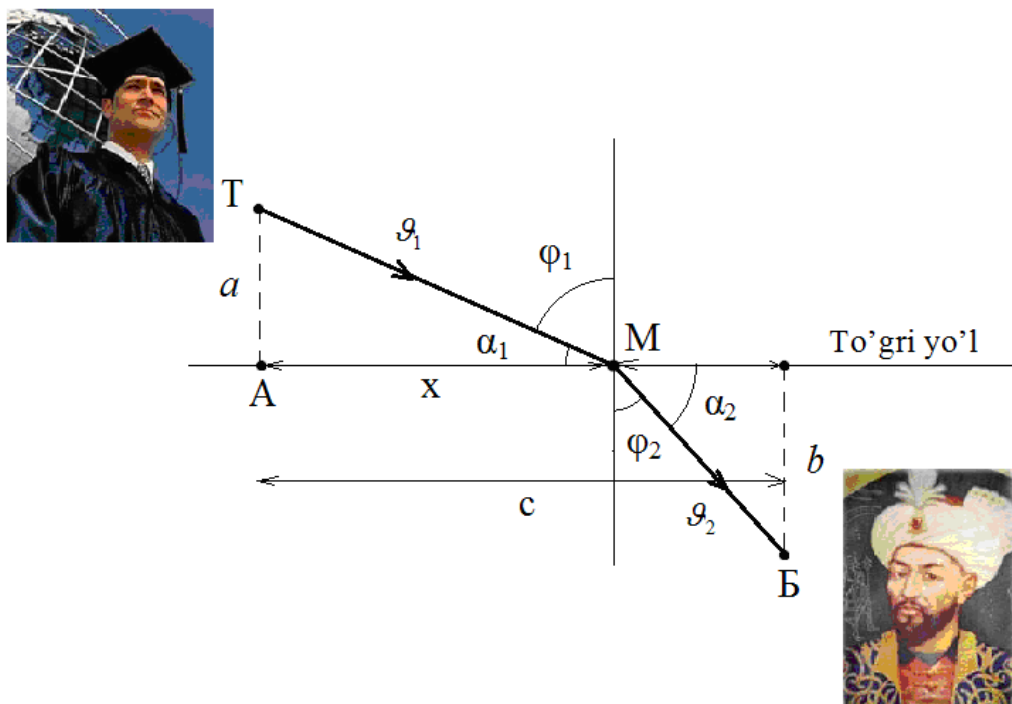
Ayonki, $0 \leq x \leq c$ oraliqda yotadi. Demak talaba x ni shunday tanlashi kerakki t eng kichik bo'lsin.

Shuning uchun dastlab t vaqtdan x bo'yicha olingan hosilaning o'zgarishini tahlil qilamiz

$$\frac{dt}{dx} = \frac{x}{g_1 \sqrt{a^2 + x^2}} - \frac{(c-x)}{g_2 \sqrt{b^2 + (c-x)^2}}. \quad (27)$$

Ammo 51-rasmga muvofiq

$$\frac{x}{\sqrt{a^2 + x^2}} = \cos \alpha_1, \quad \frac{c-x}{\sqrt{b^2 + (c-x)^2}} = \cos \alpha_2. \quad (28)$$



51-rasm. G'aroyib yo'l

Demak $t(x)$ funktsiya ekstremumga ega bo'lishi uchun

$$\frac{dt}{dx} = 0, \quad g_2 \cos \alpha_1 = g_1 \cos \alpha_2 \quad (29)$$

shart bajarilishi lozim.

Oxirgi ifodaning ikkala tomonini kvadratiga ko'tarib va (28) ni inobatga olib, quyidagi tenglamani olamiz

$$g_2^2 \frac{x^2}{a^2 + x^2} = g_1^2 \frac{(c-x)^2}{b^2 + (c-x)^2}. \quad (30)$$

Ko'rinib turibdiki $x=0$ va $x=c$ bu tenglamaning yechimi bo'la olmaydi. Shuning uchun uni quyidagi sodda ko'rinishda yozish mumkin

$$\frac{g_2^2}{1 + \left(\frac{a}{x}\right)^2} = \frac{g_1^2}{1 + \left(\frac{b}{c-x}\right)^2}. \quad (31)$$

Shunday qilib

$$1 + \left(\frac{b}{c-x} \right)^2 = \left(\frac{g_1}{g_2} \right)^2 \left[1 + \left(\frac{a}{x} \right)^2 \right] \quad (32)$$

tenglamani yechimini topishga to'g'ri keladi.

Afsuski (32) ning umumiy holdagi yechimini topish amri mahol. Ko'rinib turibdi-ki $a=0$ hamda $b=0$ bo'lsa, oxirgi tenglamaning yechimi mos ravishda

$$x_1 = c - \frac{b}{\sqrt{k^2 - 1}}, \quad x_2 = \frac{ka}{\sqrt{1 - k^2}}, \quad k = \frac{g_1}{g_2}. \quad (33)$$

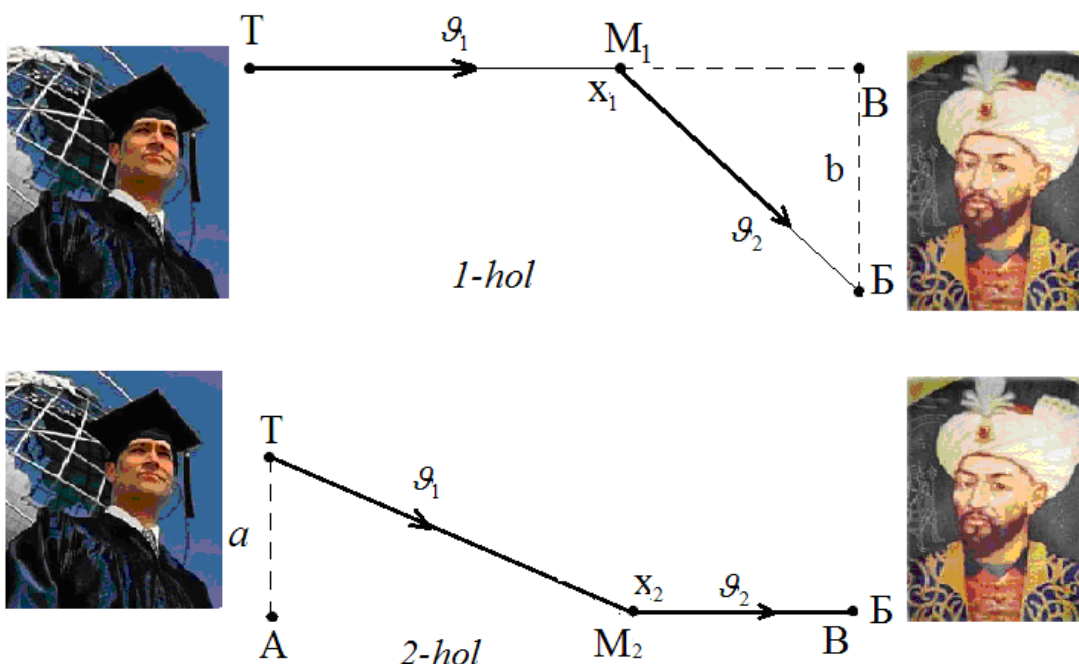
Demak talabani 1-chi sohadagi tezligi g_1 uning 2-chi sohadagi tezligidan katta bo'lsa, u x_1 koordinatali nuqtadan bobosining uyiga qarab qaytishi lozim (52-rasm).

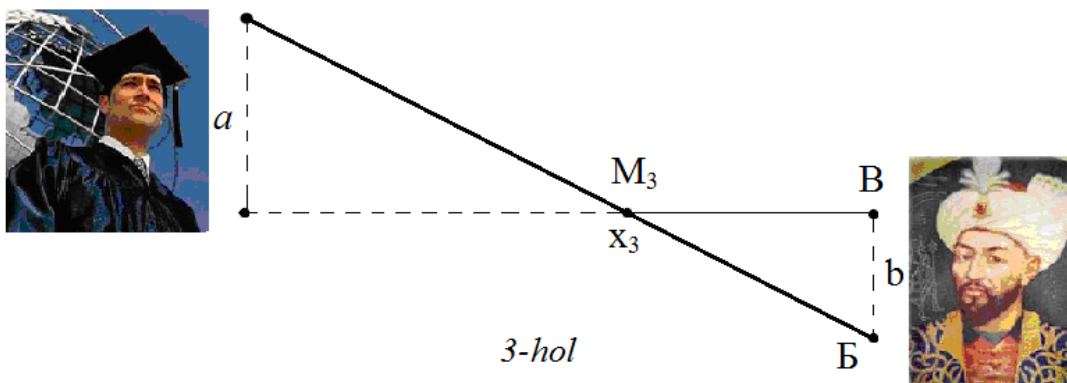
Teskari tengsizlik bajarilsa, ya'ni $g_1 < g_2$ bo'lsa, u x_2 koordinatali nuqtadan qaytishga majbur.

(33) ga ko'ra $k=1$, ya'ni $g_1 = g_2$ bo'lsa bu yechimlar o'z ma'nosini yo'qotadi va bu "maxsus" echimni alohida topishga to'g'ri keladi. (31) ga binoan bu holdagi yechim

$$x_3 = \frac{ac}{a+b} \quad (34)$$

ko'rinishga ega. Ya'ni talaba o'zi va bobosi orqali o'tuvchi to'g'ri chiziq bo'ylab o'z yo'nalishini o'zgartirmasdan harakatlanishi lozim.





52-rasm. Uch turfa yo'l

Uchchala holda ham t harakat vaqti eng kichik bo'lishiga ishonch hosil qilishni o'zingizga qoldiramiz. Faqat shuni ta'kidlaymizki (29) "sinish" qonuni bo'lib, shu shart bajarilgandagina talaba bobosining uyiga eng qisqa vaqtda etib kela oladi. Keyinchalik ko'ramiz-ki bu natija turli bir jinsli maydonlarda harakatlanuvchi zarrachalar yoki turli muhitlarda tarqaluvchi to'lqinlar uchun ham o'rinli bo'ladi.

3. Boshlang'ich funktsiya va aniq integral

Ko'plab amaliy masalalarni yechishda hosilasi berilgan $f(x)$ funktsiyaga teng bo'lgan $F(x)$ funktsiyani topishga to'g'ri keladi, ya'ni

$$F'(x) = f(x) \quad (35)$$

shartni qanoatlantiruvchi $F(x)$ funktsiya mavjudmi degan savol tug'iladi.

Bu savolning javobi ijobiy bo'lib, unga integral hisob fani quyidagicha javob beradi: $f(x)$ funktsiya uzluksiz bo'lgan nuqtalarda (35) shartni qanoatlantiruvchi $F(x)$ funktsiya mavjud bo'ladi va u $f(x)$ funktsiyaning boshlang'ich funktsiyasi deyiladi. (21) ga ko'ra

$$F' = \frac{dF(x)}{dx} = f(x), \quad dF(x) = f(x)dx \quad (36)$$

tenglik o'rinli bo'lganligi uchun

$$F(x) = \int f(x)dx \quad (37)$$

deb yozish mumkin. Demak **$F(x)$ boshlang'ich funktsiya** oxirgi ifoda bilan aniqlanuvchi integrallash amali vositasida topiladi. Ayonki, $F(x)$ funktsiya $f(x)$ ning boshlang'ich funktsiyasi bo'lsa, $F(x)+C$ (bu erda C – ixtiyoriy doimiy) ham (35) shartni qanoatlantiradi. Biz quyida yozuvni soddalashtirish maqsadida additiv doimiyni tushirib qoldiramiz.

Shuni alohida ta'kidlaymiz-ki, integrallashning barcha hollarga qo'llasa bo'ladigan ya'ni universal usuli yo'q. Faqat ayrim turdagi funktsiyalar (masalan: trigonometrik, ko'rsatkichli va h.k.) uchun integrallash metodlari ishlab chiqilgan.

Ma'lumot sifatida ayrim funktsiyalarning boshlang'ich funktsiyalarini 3-jadvalda keltiramiz:

Ularning har biri uchun (35) tenglik o'rinli ekanligiga ishonch hosil qilish qiyin emas. Buni jadvaldagi oxirgi boshlang'ich funktsiya $F(x) = \operatorname{tg} x$ uchun tekshirib ko'raylik:

$$F'_x = (\operatorname{tg} x)' = \left(\frac{\sin x}{\cos x} \right)' = \frac{(\sin x)' \cdot \cos x - \sin x \cdot (\cos x)'}{\cos^2 x} = \frac{1}{\cos^2 x}.$$

Demak haqiqatan ham $F'_x = f(x)$.

3-jadval

	$f(x)$	$F(x)$	$f(x)$	$F(x)$
1.	$x^r \ (r \neq -1)$	$\frac{x^{r+1}}{r+1}$	$\frac{1}{1+x^2}$	$\operatorname{arctg} x$
2.	$\frac{1}{x}$	$\ln x $	$\frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$	$\operatorname{arcsin} x$
3.	$\sin x$	$-\cos x$	a^x	$\frac{a^x}{\ln a}$
4.	$\cos x$	$\sin x$	$\frac{1}{\cos^2 x}$	$\operatorname{tg} x$

Endi ilmiy va muhandislik faoliyatida keng qo'llaniladigan aniq integral bilan tanishamiz. Integral hisobning asosiy natijasiga ko'ra, biror $[a, b]$ oraliqda uzluksiz bo'lgan $f(x)$ funktsiya uchun quyidagi tenglik bilan tavsiflanuvchi **aniq integral** mavjud bo'ladi

$$\int_a^b f(x) dx = F(b) - F(a). \quad (38)$$

Bu erda: a va b – integrallash oralig'ining boshlang'ich hamda oxirgi chegaralarini bildiradi.

Demak (38) ifodaga binoan $f(x)$ funktsiyadan $[a, b]$ sohada olingan aniq integral $F(x)$ boshlang'ich funktsiyaning b va a chegaralardagi ayirmasi $F(b) - F(a)$ ga teng.

Shuni alohida ta'kidlaymizki, agar aniq integralni yuqori chegarasi o'zgaruvchan bo'lsa, uni quyidagicha yozish maqsadga muvofiqdir

$$\int_a^x f(x')dx' = F(x) - F(a). \quad (39)$$

Demak ushbu va (35) ifodaga ko'ra **yuqori chegarasi o'zgaruvchan integral**dan bu x o'zgaruvchi bo'yicha olingan hosila integral ostidagi funktsiyaning x nuqtadagi qiymatiga teng, ya'ni

$$\frac{d}{dx} \int_a^x f(x')dx' = f(x). \quad (40)$$

Bu erda x' integrallash o'zgaruvchisini bildiradi.

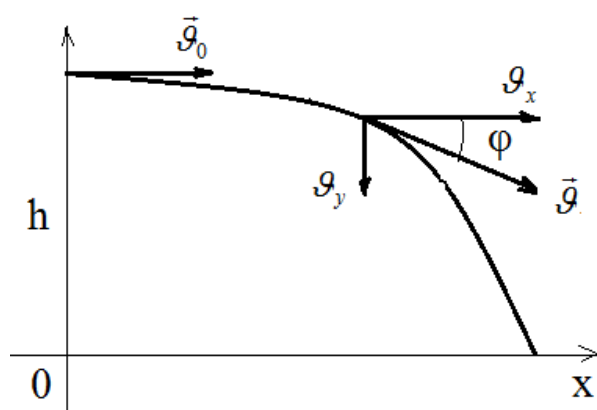
Aniq integral ham qator xossalarga ega bo'lib, ularning ayrimlarini isbotsiz keltirish bilan cheklanamiz:

4-jadval

1.	$\int_a^b f(x)dx = \int_a^c f(x)dx + \int_c^b f(x)dx.$	(41)
2.	$\int_a^b [\alpha f(x) + \beta g(x)]dx = \alpha \int_a^b f(x)dx + \beta \int_a^b g(x)dx.$	(42)
3.	$\int_a^b u(x)d\vartheta(x) = u(x)\vartheta(x) - \int_a^b \vartheta(x)du(x).$	(43)

Ular mos ravishda integrallash sohasini qismlarga bo'lish; yig'indining integralini hamda bo'laklab integrallashni aks ettiradi.

Integralni qo'llashga namuna sifatida ma'lum h balandlikdan gorizontol otilgan jismning biror $[t_1, t_2]$ vaqt oralig'ida bosib o'tgan yo'lini hisoblash masalasini ko'rib chiqamiz (53-rasm).



$$g_x = g_0, \quad g_y = -at,$$

$$g(t) = \sqrt{g_0^2 + a^2 t^2}$$

53-rasm. Egri chiziqli trayektoriya uzunligi.

Jismning bosib o'tgan yo'li tezlik modulidan olingan quyidagi integralga teng

$$l = \int_{t_1}^{t_2} g(t') dt'. \quad (44)$$

1.3 bo'limda olingan natijaga ko'ra gorizonttal yo'nalishda otilgan jismning tezlik moduli

$$g(t') = \sqrt{g_0^2 + a^2 t'^2} \quad (45)$$

qonunga binoan monoton ravishda oshadi. Shunday qilib, oxirgi ifodalarga muvofiq jismning $t_1 = 0$, $t_2 = t$ vaqt oralig'ida bosib o'tgan yo'li vaqt bo'yicha olingan

$$l = \int_0^t \sqrt{g_0^2 + a^2 t'^2} dt' \quad (46)$$

integral orqali topiladi.

Ammo biz ushbu harakatning o'ziga xos kinematik xususiyatlaridan kelib chiqqan holda jism bosib o'tgan yo'lni original usulda hisoblaymiz. Jismning x o'qdagi tezligi g_x uning boshlang'ich tezligi g_0 ga teng bo'lib doimiy qolganligi uchun tezlik modulini va harakat vaqtini

$$g = \frac{g_0}{\cos \varphi}, \quad |g_y| = at = g_0 \tan \varphi \quad (47)$$

ko'rinishda yozamiz (53-rasmga qarang). Bu erda φ – jism tezlik vektorining t vaqtda gorizont bilan hosil qilgan burchagidir.

U holda

$$t = \frac{g_0}{a} \tan \varphi, \quad dt = \frac{g_0}{a} \cdot \frac{d\varphi}{\cos^2 \varphi}. \quad (48)$$

Shunday qilib, (44), (47) hamda (48) ifodalarga muvofiq

$$l = \frac{g_0^2}{a} \int_0^\varphi \frac{d\varphi'}{\cos^3 \varphi'} \quad (49)$$

integralga kelimiz.

Ko'rinib turibdiki ushbu ifodadagi integralni

$$I(\varphi) = \int_0^\varphi \frac{\cos \varphi' d\varphi'}{\cos^4 \varphi'} = \int_0^u \frac{du'}{(1-u'^2)^2} \quad (50)$$

kabi tavsiflash maqsadga muvofiq. Bu erda

$$u = \sin \varphi, \quad u' = \sin \varphi', \quad \cos^2 \varphi' = 1 - u'^2. \quad (51)$$

Oxirgi integralni hisoblash uchun

$$\frac{1}{1-u^2} = \frac{1}{2} \left[\frac{1}{1+u} + \frac{1}{1-u} \right] \quad (52)$$

ayniyatdan foydalanamiz.

Natijada (52) va (50) ko'ra

$$I(\varphi) = \frac{1}{2} \left[\frac{u}{1-u^2} + \frac{1}{2} \ln \left| \frac{1+u}{1-u} \right| \right] \quad (53)$$

ajoyib ifodaga ega bo'lamiz.

Endi undan kelib chiquvchi ayrim xulosalarni tahlil qilamiz.

1-hol. Agar jismning harakat vaqti berilgan bo'lsa,

$$u = \sin \varphi = \frac{at}{g} = \frac{\tau}{\sqrt{1+\tau^2}}, \quad \tau = \frac{at}{g_0} \quad (54)$$

ekanligidan foydalanib (53-rasmga qarang), (53) hamda (49) ga muvofiq bosib o'tilgan yo'l

$$l = \frac{g_0^2}{2a} \left\{ \tau \sqrt{1+\tau^2} + \ln \left[\sqrt{1+\tau^2} + \tau \right] \right\} \quad (55)$$

ifoda bilan aniqlanadi.

2-hol. Jism tezligining gorizont bilan hosil qilgan burchagi berilgan bo'lsa,

$$u = \sin \varphi = \cos \varphi \tan \varphi = \frac{tg \varphi}{\sqrt{1+tg^2 \varphi}} \quad (56)$$

bo'lgani uchun yo'l

$$l = \frac{g_0^2}{2a} \left\{ tg \varphi \sqrt{1+tg^2 \varphi} + \ln \left| \sqrt{1+tg^2 \varphi} + tg \varphi \right| \right\} \quad (57)$$

ga teng.

3-hol. Jismning tezlik moduli berilgan bo'lsa,

$$\cos \varphi = \frac{g_0}{g}, \quad u = \sin \varphi = \sqrt{1 - \left(\frac{g_0}{g} \right)^2} \quad (58)$$

ga muvofiq jism harakat traektoriyasining uzunligi

$$l = \frac{g_0^2}{2a} \left\{ \frac{g}{g_0} \sqrt{\left(\frac{g}{g_0} \right)^2 - 1} + \ln \left| \frac{g}{g_0} + \sqrt{\left(\frac{g}{g_0} \right)^2 - 1} \right| \right\} \quad (59)$$

ifoda orqali topiladi.

Shunday qilib, yuqorida tahlil qilingan masala integrallash ham o'ziga xos yondashuvni talab qilishini ko'rsatadi. Buning uchun tinimsiz ijodiy mahorat sirlarini anglash kerak bo'ladi, faqat qobiliyatning o'zi kamlik qiladi...

4. Kinematik kattaliklarning o'lchov birliklari

Jismlarning harakatlarini tavsiflovchi kattaliklarning o'lchov birliklari haqida hozirga qadar hech narsa deyilmagani sizda g'alati taassurot uyg'otgan bo'lishi mumkin. Bunday yo'l tutishimizga sabab ularni bir joyda yagona nuqtai nazarga asoslangan holda tavsiflash edi. Bu bo'lim maxsus tarzda shu mavzuga bag'ishlanadi.

Fizik jarayonlar yoki jismlar harakatini **miqdoriy** tavsiflash ularni tavsiflovchi kattaliklarning **o'lchanuvchanligiga** asoslanadi. Bu o'lchashlar esa o'lchov birliklari va etalonlarini tanlashni taqozo qiladi. Ushbu savol sirtdan qaraganda sodda tuyulsa ham, aslida, printsiipial ahamiyatga ega bo'lgan jiddiy masaladir. Zero, har bir odam dunyoni o'z qarichi va qadami bilan o'lchaydi. Kimningdir qo'li kalta, birovlarining esa oyog'i uzun bo'ladi (bu, albatta, hazil. Ammo bunda ham haqiqatning ulushi bor). Bu asnoda ish tutilsa, hech qachon yagona mezonga kelib bo'lmaydi. Chunki, xalq aytganidek "har kimniki o'ziga, oy ko'rinar ko'ziga".

Qisqasi, o'lchov birliklarini tanlashning ham uzoq saboqli tarixi mavjud bo'lib, hatto, turli tizimlar qo'llanilishi oqibatida fiziklar ham adashib, maxsus jadvallardan foydalanishga majbur bo'lgan vaqtlari bo'lgan. Shuning uchun Xalqaro umumiy va amaliy fizika ittifoqi (IUPAP) qaroriga muvofiq, barcha fizikaviy kattaliklarning o'lchov birliklari Xalqaro birliklar tizimi (SI) da beriladi. Biz quyida bu tizimda qabul qilingan kinematik kattaliklarning ayrim zaruriy tavsiflarining qisqa bayonini berish bilan cheklanamiz.

Bu tizimda uzunlik va vaqtning **asosiy o'lchov birligi** – metr hamda sekund hisoblanib, ular maxsus ta'rif yoki aniqlanishga ega:

Metr etaloni

1. Metr – kripton ($_{36}\text{Kr}^{86}$) atomining $2r^{16} - 5d^5$ sathlari orasidagi o'tishiga mos keluvchi nurlanishi to'lqin uzunligidan 1650763,73 marta katta bo'lgan uzunlikka teng.

Yoki boshqacha qilib aytganda

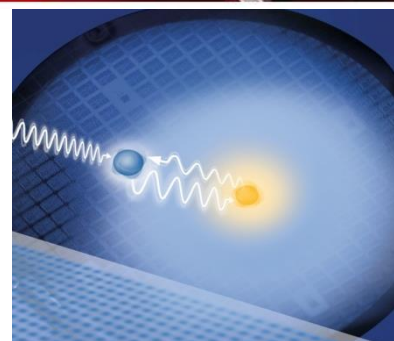
$$1 \text{ metr} = 1650763,73 \lambda \quad (60)$$

tenglikka mos keluvchi nurlanish to'lqin uzunligi

$$\lambda = 0,60578021 \cdot 10^{-6} \text{ metr} \quad (61)$$

ga teng.

2. Sekund – seziy ($_{55}\text{Cs}^{132}$) atomi asosiy holatining ikki o'ta nozik sathlari orasidagi o'tishiga



mos keluvchi nurlanish davri davomiyligidan 9192631770 marta katta bo'lgan vaqtga teng.

Yuqoridagidek

$$1 \text{ sekund} = 9192631770 T \quad (62)$$

deb yozsak, nurlanish davri

$$T = 0,108782775 \cdot 10^{-9} \text{ sekund} \quad (63)$$

ga teng ekanini ko'ramiz.

Yuqorida keltirilgan metr va sekundni ta'rifini yodlash mutlaqo shart emas, ammo, ularning ko'lami qanday tartibda ekanligini eslab qolish lozim.

3. Shuningdek, bu tizimda burchaklarni o'lchash uchun **qo'shimcha o'lchov birligi** qabul qilingan bo'lib, ta'rifga ko'ra:

Radian – yoyining uzunligi aylana radiusiga teng bo'lgan ikki radius orasidagi burchakka teng.

Ya'ni to'la burchak 360 gradusga teng bo'lgani uchun 1 radian undan 2π marta kichikdir yoki

$$1 \text{ radian} = \frac{360}{2\pi} \text{ gradus} = \frac{180}{\pi} \text{ gradus} \quad (64)$$

Agar π – matematik doimiy uchun

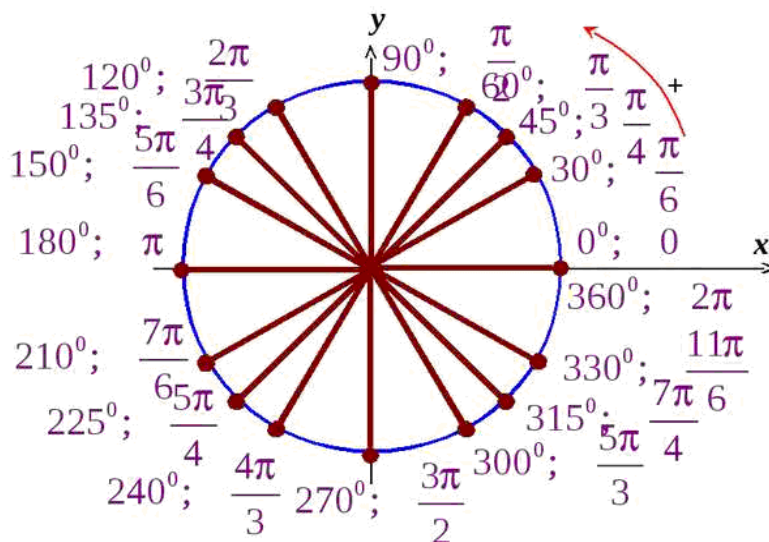
$$\pi = 3,141592653 \quad (65)$$

qiymatni qabul qilsak, u holda

$$1 \text{ gradus} = \frac{\pi}{180} \text{ radian} = 0,017453292 \text{ radian} \quad (66)$$

ekanligini ko'ramiz. Demak mazkur holda radian hisobidagi burchakni aniqlash π sonini hisoblash aniqligi bilan belgilanadi. (tabiiyki, bu izoh π ishtirok etadigan barcha fizikaviy kattaliklarga ham bevosita tegishlidir).

Graduslar va radianlar



Shunday qilib, ushbu tahlillar asosida har qanday etalon o'lchov birligi **chekli aniqlikka** hamda **ishonchlilik darajasiga** ega ekanligi haqidagi muhim xulosaga kelamiz. Shuning uchun fizika va texnikada **o'lchashlar** o'ta muhim ahamiyatga ega bo'lib, ular maxsus "O'lchash texnikasi asoslari" hamda "O'lchash xatoliklarini hisoblash" kurslarida o'rganiladi. Ayon-ki, bu sohadagi bilimlarni egallamasdan turib zamonaviy fan va texnologiya sohasida o'z o'rniga ega bo'lgan olim yoki mutaxassis bo'lish amri mahol...

Endi bu tizimlarda qabul qilingan va har xil fizikaviy kattaliklarni tavsiflashga imkon beruvchi **hosilaviy o'lchov birliklarini** ko'rib chiqamiz. Ular bu kattaliklarni o'zaro bog'lovchi ifodalar asosida topiladi hamda qabul qilingan asosiy va qo'shimcha o'lchov birliklari orqali belgilanadi. Masalan bizni tezlik va tezlanishning o'lchov birligi qiziqtirayotgan bo'lsa, ularni aniqlovchi

$$\vec{g} = \frac{d\vec{r}}{dt}, \quad \vec{a} = \frac{d\vec{g}}{dt} \quad (67)$$

ifodalarga ko'ra, o'lchov birliklari quyidagicha topiladi:

$$\left. \begin{aligned} [\vec{g}] &= \frac{[d\vec{r}]}{[dt]} = \frac{\text{metr}}{\text{sekund}} = \frac{m}{s}; \\ [\vec{a}] &= \frac{[d\vec{g}]}{[dt]} = \frac{\left(\frac{m}{s}\right)}{s} = \frac{m}{s^2}. \end{aligned} \right\} \quad (68)$$

Demak

$$\vec{g} = 2\vec{e}_x + 4\vec{e}_y + 6\vec{e}_z \quad \left(\frac{m}{s}\right) \quad (69)$$

ifoda

$$g_x = 2 \frac{m}{s}, \quad g_y = 4 \frac{m}{s}, \quad g_z = 6 \frac{m}{s} \quad (70)$$

yoki

$$\vec{g}(2,4,6) \frac{m}{s} \quad (71)$$

ekanligini ko'rsatadi.

Bu usul juda qulay bo'lib, har qanday fizikaviy kattalikni (u vektor yoki skalyar tabiatga ekandigidan qat'iy nazar) quyidagi ko'rinishda yozish qabul qilingan

$$A = \{A\}[A] \quad (72)$$

Bu erda: A – fizikaviy kattalik, $[A]$ - uning o'lchov birligi, $\{A\}$ esa (nomsiz) sonni anglatadi. Masalan, (69) holda

$$A = \vec{g}; \quad \{A\} = \{2\vec{e}_x, 4\vec{e}_y, 6\vec{e}_z\}, \quad [A] = \frac{m}{s} \quad (73)$$

ligini bildiradi.

Shunga o'xshash tarzda, burchak tezlik va burchak tezlanishlarning o'lchov birliklarining

$$[\vec{\omega}] = \frac{\text{radian}}{\text{sekund}} = \frac{\text{rad}}{\text{s}}, \quad [\vec{\varepsilon}] = \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \quad (74)$$

ko'rinishda bo'lishini tushunish qiyin emas. Masalan, burchak tezlanish

$$\vec{\varepsilon} \left(1 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}, 3 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2}, 5 \frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \right) \quad (75)$$

ga teng bo'lsa, uni

$$\vec{\varepsilon} = 1\vec{e}_x + 3\vec{e}_y + 5\vec{e}_z \quad \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \right) \quad (76)$$

tarzda yozish, albatta, o'ng'aydir.

Shuningdek, (72) ga muvofiq, uzunlik yoki vaqtning metr hamda sekundga nisbatan juda ham kichik yoki katta qiymatlarini tavsiflash uchun old qo'shimchalarni qo'llash imkoniyati ham tug'iladi. Bu old qo'shimchalar maxsus nomlarga ega bo'lib, ulardan ba'zilar 5-jadvalda keltirilgan:

5-jadval

ulushlari				
1.	10^{-1}	detsi	d	o'ndan bir
2.	10^{-2}	santi	s	yuzdan bir
3.	10^{-3}	milli	m	mingdan bir
4.	10^{-6}	mikro	mk	milliondan bir
5.	10^{-9}	nano	n	milliarddan bir
6.	10^{-12}	piko	p	trilliondan bir
7.	10^{-15}	femto	f	
8.	10^{-18}	atto	a	
9.	10^{-21}	zepto	z	
10.	10^{-24}	yokto	i	

karralilari				
1.	10^1	deka	da	o'n
2.	10^2	gekto	g	yuz
3.	10^3	kilo	k	ming
4.	10^6	Mega	M	million
5.	10^9	Giga	G	milliard
6.	10^{12}	Tera	T	trillion
7.	10^{15}	Peta	P	
8.	10^{18}	Eksa	E	

9.	10^{21}	Zetta	Z	
10.	10^{24}	Yotta	I	

Amaliy maqsadlarda ishlatiladigan quyidagi **tizimdan tashqari o'lchov birliklarini** qo'llashga ham yo'l qo'yiladi:

6-jadval

1.	1 minut	min	60 s	
2.	1 soat	soat	60 min	3600 s
3.	1 kun	kun	24 soat	86400 s

Shuningdek

7-jadval

1.	1 burchagiy minut	arkmin	'	$\frac{1^0}{60} = \frac{\pi}{10800} rad$
2.	1 burchagiy sekund	arks	''	$\frac{\pi}{648000} rad$

burchak o'lchovlari juda kichik burchaklarni tavsiflashda qo'l keladi.

Shunday qilib, - tizimdan tashqari deb ataluvchi o'lchov birliklari asosida, jumladan

$$1 \frac{m}{s} = 3,6 \frac{km}{soat}; \quad 1 \frac{km}{soat} = \frac{5}{18} \frac{m}{s} \quad (77)$$

ekanligini topamiz.

Demak oxirgi tengliklarga ko'ra tezlikni sekundiga metrda ham, soatiga kilometrda ham (odam bo'yining o'sish dinamikasini, hatto, yiliga... santimetr (!) da) ifodalash mumkin. Biroq uni biror o'lchov birligiga bog'liq bo'lmagan tarzda ham yozsa bo'ladi. Buning uchun **kattalikning o'lchamligi** tushunchasidan foydalaniladi. **O'lchamlilik** ta'rifiga binoan fizikaviy miqdor birliklarning o'lchamliliklari darajalari vositasida quyidagicha tavsiflanadi:

$$\dim A = L^a T^b \dots \quad (78)$$

Bu erda $\dim A$ - A fizikaviy kattalikning o'lchamligini; L, T, ... - uzunlik, vaqt, ... kabi birliklar o'lchamliliklarining ramziy belgilarini; a, b ... - esa (butun yoki kasr, musbat yoki manfiy) darajani bildiradi. Bu usul barcha fizikaviy jarayonlarni tavsiflovchi kattaliklarni yagona nuqtai nazardan – asosiy o'lchamliliklar vositasida tavsiflashga imkon beradi va turli ko'lamga ega bo'lgan tizimlarni o'zaro taqqoslashda keng qo'llaniladi.

Misol sifatida burilish burchagining o'lchamligini topaylik. Buning uchun avvalgidek uni tavsiflovchi

$$dl = R d\varphi \quad (79)$$

ifodadan foydalanamiz. Bu erda R – aylanish markazidan qaralayotgan nuqtagacha bo'lgan masofa, $d\varphi$ – juda kichik burilish burchagidir. dl esa $d\varphi$ ga tiraluvchi yoy uzunligini bildiradi.

Bu erdan

$$\dim[d\varphi] = \frac{\dim[dl]}{\dim[R]} = \frac{L}{L} = 1 \quad (80)$$

ekanligi kelib chiqadi. Demak, yoy uzunligi va aylana radiusining nisbati qanday bo'lishidan qat'iy nazar burilish burchagi o'lchamligi 1 ga teng. Shunga o'xshash tarzda (78) a , b va h.k. darajalar nolga teng bo'lsa, ular **o'lchamsiz kattaliklar** deyiladi.

Shunga o'xshash tarzda aylanish chastotasining o'lchamligi

$$\dim[\nu] = \frac{\dim[dN]}{\dim[dt]} = \frac{1}{T} = T^{-1} \quad (81)$$

ekanini ko'ramiz.

Endi (74) ifoda bilan aniqlanuvchi burchak tezlik vektorining o'lchamligini topaylik:

$$\dim[\vec{\omega}] = \frac{\dim[d\vec{\varphi}]}{\dim[dt]} = \frac{1}{T} = T^{-1}. \quad (82)$$

Shunday qilib, oxirgi tahlillar asosida quyidagi xulosalarga kelamiz:

1. Fizikaviy kattalikning o'lchov birligi va o'lchamligi ayni bir narsa emas.
2. O'lchamlik miqdorning vektor yoki skalyar kattalik ekanligi haqida ma'lumot bermaydi.
3. Bir xil o'lchamlikka ega kattaliklar har xil o'lchov birliklariga ega bo'lishlari mumkin.

Haqiqatan biz tahlil qilgan holda aylanish chastotasi va burchagiy tezlik bir xil T^{-1} o'lchamlikka, ammo, s^{-1} da ham $\frac{rad}{s}$ - turli o'lchov birligiga ega.

4. Demak, turli fizikaviy tabiatga ega kattaliklarni asosiy birliklarning o'lchamliklari vositasida bir xil o'lchamlikka keltirish mumkin.

Masalan, jismning tezligi

$$\vec{g}(t) = at\vec{e}_x + bt^2\vec{e}_y + ct^3\vec{e}_z \quad (83)$$

qonunga binoan o'zgarsa, ushbu ifodadagi a , b , c doimiylarning o'lchamliklari mos ravishda

$$\dim a = LT^{-2}, \quad \dim b = LT^{-3}, \quad \dim c = LT^{-4} \quad (84)$$

ekaniga ishonch hosil qilishingiz mumkin.

Bo'limni kinematik kattaliklarning o'lchov birliklari va o'lchamliklari jadvalini keltirish bilan yakunlaymiz.

O'lchamlik tushunchasining qo'llanilishiga misol sifatida bir "vunderkind" o'ylab topgan quyidagi bog'lanishni tahlil qilamiz

$$\mathcal{G} = a^{\alpha} r^{\beta}. \quad (85)$$

Bu erda $\mathcal{G}$ – jismning aylanma harakatdagi tezligi, a – markazga intilma tezlanish, r – aylanish o'qidan jismgacha bo'lgan masofa.

Har bir kattalikning jadvalda keltirilgan o'lchamligini hisobga olgan holda, (85) ko'ra

$$LT^{-1} = L^{\alpha} T^{-2\alpha} \cdot L^{\beta} \quad (86)$$

tenglikka ega bo'lamiz. Demak, α va β darajalar

$$\alpha + \beta = 1, 2\alpha = 1 \quad (87)$$

tenglamalar tizimini qanoatlantirishi lozim.

8-jadval

No	Kattalik	O'lchov birligi	Qisqartmasi	O'lchamligi
Asosiy birliklar				
1.	Uzunlik	metr	m	L
2.	Vaqt	sekund	s	T
Qo'shimcha birlik				
1.	Burchak	radian	rad	-
Hosilaviy birliklar				
1.	Tezlik		m/s	LT^{-1}
2.	Tezlanish		m/s^2	LT^{-2}
3.	Aylanish chastotasi		s^{-1}	T^{-1}
4.	Burchagiy tezlik		rad/s	T^{-1}
5.	Burchagiy tezlanish		rad/s^2	T^{-2}

Oxirgi hamda (86) ifodalardan foydalanib, quyidagi natijani olamiz

$$\left(\alpha = \beta = \frac{1}{2} \right)$$

$$\mathcal{G} = \sqrt{ar}. \quad (88)$$

Demak, shunga o'xshash tarzda, tadqiq etilayotgan harakat yoki jarayon murakkab bo'lgan hollarda o'lchamlikdan foydalanib ular orasidagi bog'lanishni sodda tarzda topish mumkin. Bu ayniqsa harakat tenglamalarini integrallashda keng qo'llaniladi.

FIZIK KATTALIKLAR JADVALI

1. Asosiy fizik doimiylar

Fizik kattaliklar	Son qiymati
Gravitatsion doimiy, γ	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m/kg}$
1 moldagi molekulalar soni, Avogadro soni, N	$6,02 \cdot 10^{22} \text{ mol}^{-1}$
Normal sharoitlarda 1 kmol ideal gazning molyar hajmi, V	$22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{mol}$
Universal gaz doimiysi, R	$8,31 \cdot \text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$
Bolsman doimiysi, K	$1,38 \cdot 10^{-29} \text{ J/K}$
Faradey soni, F	$9,65 \cdot 10^4 \text{ Kl/mol}$
Stefan – Bolsman doimiysi, σ	$5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})^4$
Plank doimiysi, h	$6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J/s}$
Elektronning zaryadi, e	$1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Kl}$
Elektronning tinch holatdagi massasi, m_0	$9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 5,49 \cdot 10^{-4} \text{ m.a.b.}$
Protonning tinch holatdagi massasi, m_p	$1,672 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,00759 \text{ m.a.b.}$
Neytronning tinch holatdagi massasi, m_n	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,00899 \text{ m.a.b.}$
Yoruglikni vakuumga tarqalish tezligi, c	$3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

2. Suyukliklarning va qattiq jismlarning xossalari

Moddalar	Solishtirma Issiqlik sigimi $\text{J/kg} \cdot \text{grad}$	Erish solishtirma issiqlik sig'imi, J/kg	Erish harorati, $^{\circ}\text{S}$	Dinamik qovushqoqlik koeffitsienti, mPa/s
Suv	4190	---	---	1.000
Glitserin	2430	---	---	1.480
Simob	138	---	---	1.580
Aluminiy	896	$3.22 \cdot 10^5$	659	---
Temir	500	$2.72 \cdot 10^5$	1530	---
Muz	2100	$3.35 \cdot 10^5$	0	---
Mis	305	$1.76 \cdot 10^5$	1100	---
Qo'rgoshin	126	$2.26 \cdot 10^5$	327	---
Qalay	230	$5.86 \cdot 10^5$	232	---

3. Normal sharoitda gazlarning doimiysi.

Gaz	Issiqlik o'tkazuvchanlik $\text{MW/m} \cdot \text{K}$	Qovushqoqlik koeffitsienti, $\text{Mk} \cdot \text{N} \cdot \text{s}$	Molekulalarning diametrlari, nm
Geliy	141.5	18.9	0.20
Argon	16.2	22.1	0.35
Vodorod	168.4	8.4	0.27
Azot	24.3	16.7	0.37

Kislorod	24.4	19.2	0.35
Havo	24.1	17.2	0.35

3. Psixometrik jadval.

t	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
	P, Pa ning qiymatlari									
10	1228	1236	1244	1253	1261	1270	1278	1287	1295	1304
11	1313	1321	1330	1339	1348	1357	1366	1375	1384	1393
12	1403	1412	1421	1431	1440	1450	1459	1469	1478	1488
13	1498	1503	1518	1528	1538	1548	1558	1568	1578	1588
14	1599	1609	1620	1630	1641	1651	1662	1673	1684	1695
15	1706	1717	1728	1739	1750	1762	1773	1784	1796	1807
16	1819	1830	1842	1854	1866	1878	1890	1902	1914	1926
17	1938	1951	1963	1976	1988	2001	2013	2026	2039	2052
18	2065	2078	2091	2104	2117	2130	2144	2158	2171	2185
19	2198	2212	2226	2240	2254	2268	2282	2296	2310	2315
20	2339	2354	2368	2383	2398	2413	2428	2443	2458	2473
21	2488	2504	2519	2535	2550	2566	2582	2598	2612	2629
22	2646	2662	2678	2694	2711	2727	2744	2761	2777	2794
23	2811	2828	2846	2863	2880	2898	2915	2933	2950	2968
24	2986	3004	3022	3040	3059	3077	3096	3114	3133	3151
25	3170	3189	3208	3222	3247	3266	3286	3305	3325	3344
26	3364	3384	3404	3424	3445	3465	3486	3506	3527	3548
27	3568	3590	3611	3632	3653	3675	3696	3718	3740	3762
28	3784	3806	3808	3856	3873	3895	3918	3941	3964	3987
29	4001	4033	4056	4080	4103	4127	4151	4175	4199	4223
30	4248	4277	4297	4321	4346	4371	4396	4421	4446	4474

4. Moddaning dielektrik singdiruvchanligi

Mum	7.8	Ebonit	2.6
Suv	81	Parafinlangan kogos	2
Moy	2	CHit	3.8 – 3.1
Parafin	6	Viskoza	3.5 – 7.1
Slyuda	6	Sherst	2.4 – 3.7
Shisha	6	Pryajka	3.0 – 6.0
Chinni	6		

5. 0° C da o'tkazgichlarning solishtirma qarshiligi (Om·m)

Aluminiy	$2.53 \cdot 10^{-8}$	Nixrom	$1.10 \cdot 10^{-6}$
Grafit	$3.90 \cdot 10^{-8}$	Simob	$9.40 \cdot 10^{-7}$
Temir	$8.70 \cdot 10^{-8}$	Kurgoshin	$2.20 \cdot 10^{-7}$
Mis	$1.70 \cdot 10^{-8}$	Pulat	$1.00 \cdot 10^{-7}$
Tukimachilik tolasi. $1.5 - 2.0 \cdot 10^{-7}$			

7. Neon spektridagi chiziqlarning tulkin uzunligi

Chiziqlarning rangi va vaziyati	To'lqin uzunligi
Ravshan qizil	6400
Qirmizi qizil bir-biriga yaqin chiziqning	6140
Sariq	5250
Ravshan yashil	5760
Yashil	5400
Yashil bir xil uzoqlikdagi bitta chiziqning o'ngdagisi	5080
Ko'k yashil	4340

6. Elektronlarning metallar va qotishmalardan chiqish ishi, Ev

Volfram	4.5	Kumush	4.74
W+Ss	1.6	Litiy	2.4
W+Th	2.63	Natriy	2.3
Pt+Cs	1.40	Kaliy	2.0
Platina	5.3	Seziy	1.9

9 jadvalda SI sistemasidagi birliklarning butun va ulushlarini ifodolovchi old qo'shimchlar berilgan.

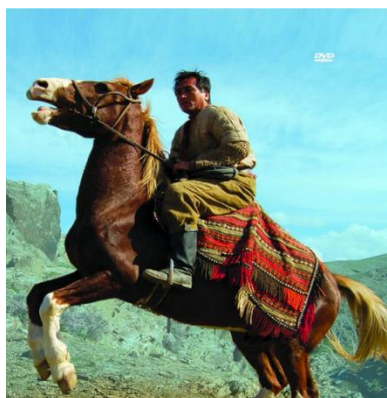
Old qo'shimcha	Son qiymati	Qisqacha belgisi	Old qo'shimcha	Son qiymati	Qisqacha belgisi
Atto	10^{-18}	Detsi	a	10^{-1}	d
Fomto	10^{-15}	Deka	f	10^1	da
Piko	10^{-12}	Gekto	p	10^2	g
Nano	10^{-9}	Kilo	n	10^3	k
Mikro	10^{-6}	Mega	mk	10^6	M
Milli	10^{-3}	Giga	m	10^9	G
Santi	10^{-2}	Tera	s	10^{12}	T

Mustaqil yechish uchun MASALALAR

Mazkur masalalar harakat kinematikasining barcha bo'limlariga oid bo'lib, ularni umumiy ko'rinishda yechish talab etiladi. Ziyrak kitobxon masalalarni yechish uchun zarur bo'lgan ko'rsatmalarni mos bo'limlar yoki ular ichida tahlil qilingan masalalar orasidan oson topa oladi. Tabiiyki, ushbu masalalarni o'z yo'lingiz bilan ishlasangiz yaxshi va maqsadga muvofiqdir.

Ikki otliq

1. A va B mahallalar bir to'g'ri chiziqda joylashgan bo'lib, ular orasidagi biror nuqtadan ikki otliq qarama – qarshi yo'nalishda bir xil ϑ tezlik bilan yo'lga chiqishdi. Otliqlarning A va B mahallalarga yetib kelish vaqtlarining farqi $t_A - t_B = \Delta t$, ikki mahalla orasidagi masofa l ga teng bo'lsa, t_A va t_B ni aniqlang.



Doiraviy yo'lka

2. Doiraviy yo'lka bo'ylab ikki velosipedchi doimiy tezlik bilan harakatlanmoqda. Ular trekning bir nuqtasidan harakatlana boshlab, qarama – qarshi yo'nalishda aylanishsa t_1 vaqtida va bir xil yo'nalishda aylanishsa har t_2 vaqtida uchrashishadi. Doiraviy yo'lkaning radiusi R bo'lsa, velosipedchilarning tezliklari ϑ_1 va ϑ_2 ni toping?



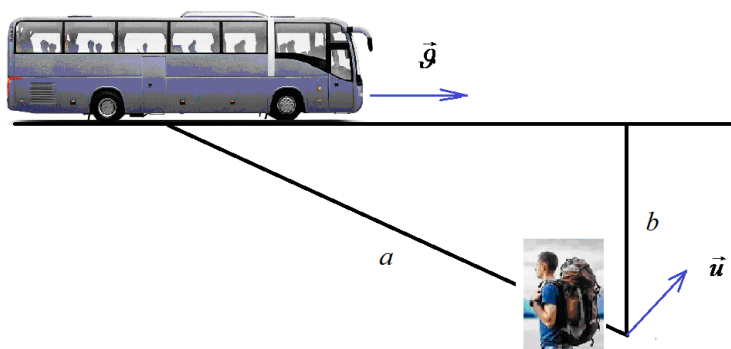
Xavfli chorraha

3. Chorrahaga o'zaro tik yo'nalishda yaqinlashayotgan mashinalarning tezliklari mos ravishda ϑ_1 va ϑ_2 . Agar dastlab 1-mashina chorrahadan a , 2-si esa b masofa uzoqlikda turgan bo'lsa, qancha t vaqtdan keyin ular orasidagi masofa eng kichik bo'ladi? Bu minimal masofa qanday ifoda bilan aniqlanadi?



Avtobusdan kechikkan sayyoh

4. Avtobus to'g'ri yo'l bo'ylab doimiy ϑ tezlik bilan harakatlanmoqda. Sayyohdan ungacha bo'lgan dastlabki masofa a ga, to'g'ri yo'lgacha bo'lgan masofa esa b ga teng. Sayyoh qanday u tezlik bilan yugursa avtobusga yeta oladi?



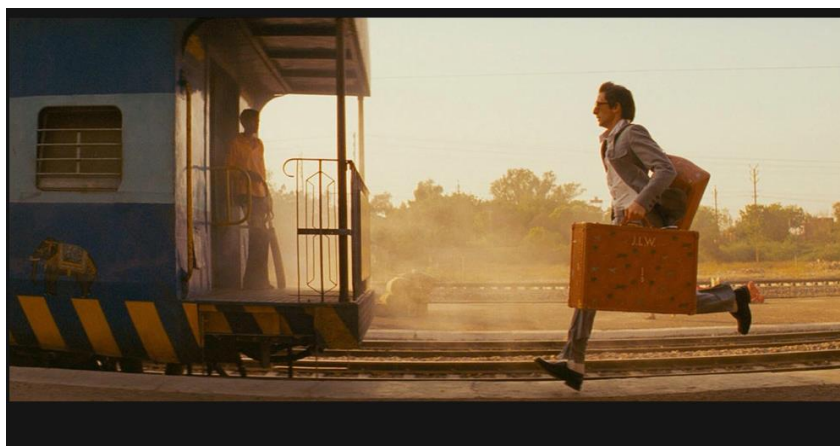
G'aroyib poyga

5. Ikki talaba Buxorodan Samarqandga qarab, bir vaqtda o'z mashinalari bilan yo'lga chiqishdi. 1-talaba yo'lning yarmini ϑ_1 , ikkinchi yarmini esa tezlik ϑ_2 doimiy tezlik bilan bosib o'tdi. 2- talaba esa harakat vaqtining 1- va 2- yarmini xuddi shunday tezliklarda bosib o'tdi. Agar bu shaharlar orasidagi masofa l ga teng bo'lsa, ularning biri Samarqandga yetib kelganda 2-si undan qanday uzoqlikda bo'ladi?



Poezdni quvayotgan yo'lovchi

6. Yo'lovchi vokzalga biroz kechikib keldi va u bilan poezd orasidagi masofa l bo'lgan paytda poezd tinch holatdan a doimiy tezlanish bilan yura boshladi. Yo'lovchi esa uning ketidan doimiy ϑ tezlik bilan yugura boshladi. Topping – chi yo'lovchi poezdga eta olishi uchun kamida qanday tezlikka ega bo'lishi lozim?



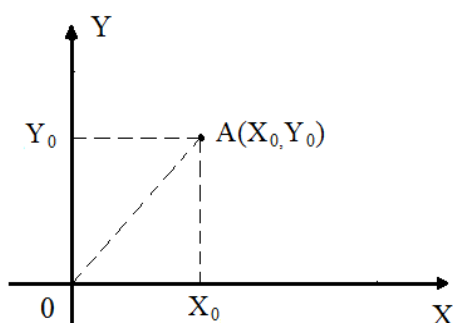
Dastlabki va oxirgi tezlik

7. Kuzatuvchining yonidan o'tib ketayotgan chang'ichi dastlabki t_1 vaqt oralig'ida l_1 masofani, keyingi t_2 vaqt oralig'ida esa l_2 masofani bosib o'tdi. Chang'ichi tekis o'zgaruvchan harakat qiladi deb hisoblab, uning dastlabki tezligi ϑ_0 hamda oxirgi tezligi ϑ ni aniqlang.



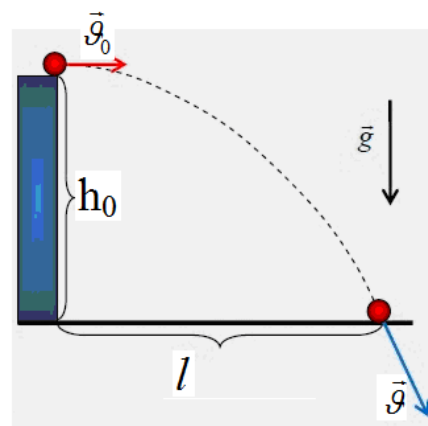
G'alati trayektoriyali harakat

8. Zarracha dastlab $A(x_0, y_0)$ koordinataga ega nuqtada turgan bo'lib, tinch holatdan harakatlana boshladi. Agar uning x va y o'qlari yo'nalishlaridagi tezlanishlari doimiy bo'lib, mos ravishda a va b ga teng bo'lsa, uning harakat trayektoriyasi tenglamasini toping.



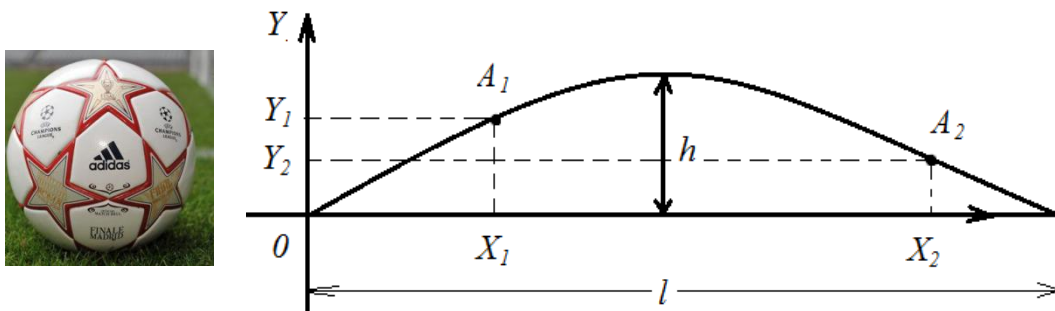
Boshlang'ich tezlik va dastlabki balandlik

9. Biror balandlikdan gorizontal yo'nalishda otilgan tennis to'pchasining uchish uzoqligi l ga, yerga tushish paytidagi tezligi ϑ ga teng. Agar to'pchaning tezlanishi doimiy bo'lib, $\vec{a}(0, -g)$ bo'lsa (bu yerda g – erkin tushish tezlanishi): 1) tennis to'pchasining boshlang'ich tezligi ϑ_0 ; 2) U turgan dastlabki balandlik h_0 ni toping.



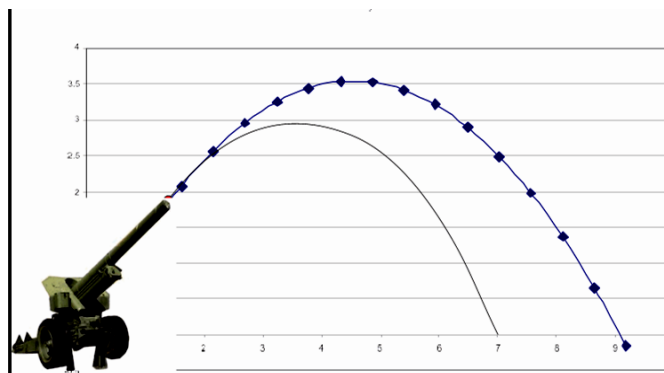
Ajoyib zarba

10. Futbolchi tepgan jarima to'pi $A_1(x_1, y_1)$ va $A_2(x_2, y_2)$ koordinataga ega nuqtalarda kuzatildi. Agar to'pning tezlanishi $\vec{a}(0, -g)$ bo'lsa, to'p tepilgan joyni koordinata boshi deb hisoblab, to'pning ko'tarilish balandligi h hamda uchish uzoqligini l aniqlang.



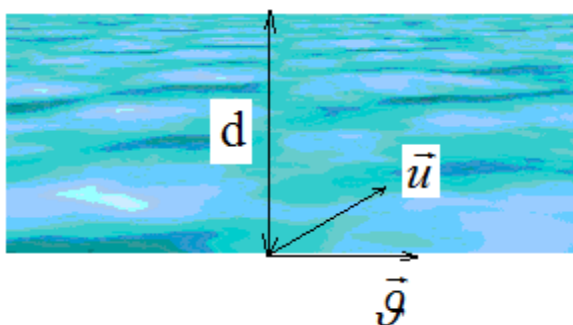
Egri chiziqli trayektoriya uzunligi

11. Reaktiv snaryad yer sirtidan ϑ_0 boshlang'ich tezlik bilan gorizontga nisbatan α burchak ostida yuqoriga otildi. U gorizontal yo'nalishda tekis, vertikal yo'nalishda esa moduli a ga tezlanish bilan tekis sekinlanuvchan harakat qiladi deb hisoblab, uning erga tushganga qadar bosib o'tgan yo'li uzunligini toping.



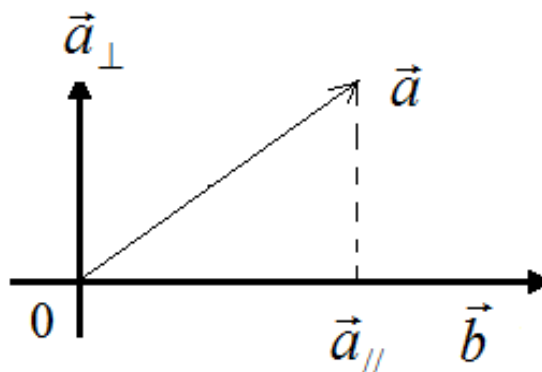
Aqilli kechuv

12. Turg'un suvda tezligi u bo'lgan suzuvchi oqim tezligi ϑ bo'lgan va d kenglikka ega anhorning bir qirg'og'idan ikkinchisiga suzib o'tmoqchi. Oqimning suzuvchini surish masofasi eng kichik bo'lishi uchun suzuvchi oqim tezligiga nisbatan qanday α burchak ostida suzishi lozim? Bunda minimal surish masofasi va suzib o'tish vaqti nimaga teng?



Vektorni ikkiga ajratamiz

13. Ixtiyoriy $\vec{a}$ vektorni $\vec{b}$ vektorga nisbatan ushbu vektor bo'ylab hamda unga tik yo'nalgan tashkil etuvchilarga ajratishga imkon beruvchi ifodalarni keltirib chiqaring.



Notekis aylanma harakat

14. R radiusli aylana bo'ylab harakatlanayotgan moddiy nuqtaning burilish burchagi $\varphi(t) = a\sqrt{t}$ qonunga bo'ysunadi (bu erda a ushbu harakatni tavsiflovchi musbat doimiy). Agar moddiy nuqta dastlab $(R, 0)$ koordinataga ega bo'lsa, uning tezlik va tezlanish vektorlarini shuningdek ular orasidagi burchakning t vaqtga bog'lanishlarini aniqlang.

Suv osti kemasining harakati

15. Suvosti kemasining harakat tenglamasi $a_y(t) = a - b|\vartheta_y|\vartheta_y$ ko'rinishga ega. Bu erda a va $b > 0$ harakat doimiylari. Agar kemaning dastlabki tezligi nolga teng bo'lsa, uning tezligi $\vartheta_y(t)$ va tezlanishi $a_y(t)$ larni toping.



Qovushqoq muhitdagi harakat

16. Sharchaning qovushqoq muhitdagi tezlanishi moduli $a = kd^\alpha g^\beta$ ifoda bilan aniqlanadi. Bu yerda k – o'lchamsiz doimiy, d – sharchaning radiusi, g esa sharchaning tezligidir. Ushbu ifodadagi fizikaviy kattaliklarning o'lchamliklaridan foydalanib, α va β ni toping.

Tebranma harakatdagi o'rtacha tezlik va tezlanish

17. x o'qi bo'ylab tebranayotgan yukchanning harakat qonuni $x(t) = A \cos^2\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$ ko'rinishda. Bu yerda A va T mos ravishda tebranish amplitudasi hamda tebranish davrini bildiradi. Yukchanning $[0, t]$ vaqt oralig'idagi o'rtacha tezligi hamda o'rtacha tezlanishini aniqlovchi ifodalarni keltirib chiqaring.



Tebranma harakat trayektoriyasi

18. Ikki o'lchovli tebranma harakat qilayotgan jismning harakat qonuni $x(t) = A \sin(\omega t)$, $y(t) = B \cos(\omega t)$ ko'rinishga ega. Bu yerda A va B gorizontal hamda vertikal yo'nalishlardagi tebranish amplitudalari, ω – tebranishlarning doiraviy chastotasidir. Jism harakat qilayotgan trayektoriya tenglamasini

tuzing va undan foydalanib jismning $x_1 = 0$, $x_2 = A$ nuqtalar oralig'iga mos keluvchi bosib o'tgan yo'lni toping.

Qutbiy harakat qonunlari

19. Yer sirtidan g_0 boshlang'ich tezlik bilan gorizontga nisbatan α burchak ostida otilgan jismning qutb koordinata tizimidagi harakat qonunlarini yozing. Jismning tezlanishi $\vec{a}(0, -g)$ ga teng.

Ajoyib harakat

20. Koordinata boshidan boshlang'ich tezliksiz harakatlana boshlagan jismning tezlanishi $a_x(t) = \frac{a_{0x}}{1+bt}$ qonuniyatga bo'ysunadi. Bu yerda: a_{0x} – boshlang'ich tezlanish proektsiyasi, b - tezlanishning o'zgarish sur'atini aniqlovchi doimiy. Bu jism tezligi $v_x(t)$ hamda koordinatasi $x(t)$ ning vaqtga bog'lanishini tavsiflovchi ifodalarni toping?

Burilish qoidolari

21. Burilish burchagi $\varphi = \varphi_0 \sin[\arctg(\omega t)]$ qonunga binoan o'zgarsa (bu yerda φ_0 , ω – ushbu harakatni tavsiflovchi doimiylar) moddiy nuqtaning burchagiy tezlik va tezlanishini toping.

Asosiy adabiyot: A.G. Chertov, A.A. Vorobev (A. Ganiev, M. Toshev tarjimasi) «Fizikadan masalalar to'plami», O'zbekiston, 1997 y.

I. Mexanikaning fizik asoslari:

1. Mumtoz mexanikada holat tushunchasi, harakat tenglamalari (4-12 betlar)
2. Saqlanish qonunlari (20-36 betlar)
3. Relyativistik mexanika asoslari, mexanikada nisbiylik prinsipi (86-92 betlar)
4. Qattiq jism kinematikasi va dinamikasi (46-56 betlar)
5. Suyuqliklar va gazlar (181-190 betlar)

Nazariy adabiyotlar: O. I. Axmadjonov «Fizika kursi» I k. T. O'qituvchi 1988-89 y.

II. Elektr va magnetizm:

1. Vakuum va muhitda elektrostatika va magnitostatika (204-216 va 294-304 betlar)
2. Material tenglamalari, kvazistatsionar toklar (203-280 betlar)
3. Elektrodinamikada nisbiylik prinsipi (407-409 betlar)

Nazariy adabiyotlar: O. I. Axmadjonov «Fizika kursi» II k. T. O'qituvchi 1988-89 y.

III. Tebranish va to'lqinlar fizikasi:

1. To'lqin jarayonlar kinematikasi, Garmonik va angarmonik ostsillyator (96-107 betlar)
2. To'lqinlar interferentsiyasi va difraktsiyasi, Fure-optika elementlari, Spektral yoyilmasi (dispersiya)ning fizik ma'nosi (364-404 betlar)

Nazariy adabiyotlar: O. I. Axmadjonov «Fizika kursi» III k. T. O'qituvchi 1988-89 y.

IV. Kvant fizikasi:

1. Korpuskulyar-to'liqin dualizmi (412-433 betlar)
2. Noaniqlik printsiplari (460-465 betlar)
3. Kvant holatlar, superpozitsiya printsiplari, harakatning kvant tenglamalari, fizik kattaliklar operatorlari, atom va molekulalarning energetik spektrlari, ximiyaviy bog'lanish tabiati (469-502 betlar)

Nazariy adabiyotlar: O. I. Axmadjonov «Fizika kursi» III k. T. O'qituvchi 1988-89 y.

V. Statistik fizika va termodinamika:

1. Termodinamikaning uchta bosh qonunining qo'llanishi, holatning termodinamik funktsiyalari (163-174 betlar)
2. Fazaviy muvozanat va fazaviy o'tish, muvozanatlashmagan termodinamika elementlari, mumtoz va kvant statistiklari, kinetik hodisalar, zaryadlangan zarrachalar sistemasi, kondensirlangan holat.

Nazariy adabiyotlar: O. I. Axmadjonov «Fizika kursi» I k. T. O'qituvchi 1988-89 y.

Qo'shimcha adabiyot: «Fizikadan ma'ruzalar matni» Buxoro 2019 yil.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. John W. Harris, Walter Benonson, Horst Stocker, Holger Lutz. **Handbook Physics**. Germany. Springer. 2002. P. 1180
2. David Mills, Charles Adler. **Physics for scientists and engineers**. USA. Hew York, W.N. Freeman and Company. 2003.
3. Paul A. Tipler, Gene Mosca. **Physics for scientists and engineer**. USA. Hew York, W.N. Freeman and Company. 2004.
4. Veena Bhatnagar, S.C. Madan, J.P. Singh. «A lab book of applied physics lab-I (ETPH-151)». Gurgaon, Haryana. 2009.
5. Jasprit Singh. Modern Physics for Engineers. Germany. 2014. P. 395
6. <http://physics-lectures.ru>
7. <http://www.ioffe.ru>
8. <http://www.ihep.su>

TAVSIYA ETILADIGAN ASOSIY ADABIYOTLAR:

1. M. Ismailov, P. Xabibullaev M., Xaliulin fizika kursi, O'zbekiston, 2000 y.
2. A. G. Chertov, A.A. Vorobev, M.F. Fedorov «Zadachnik po fizike» M., Nauka, 1987 g.
3. A. G. Chertov, A.A. Vorobev (A. Ganiev, M. Toshev tarjimasi) «Fizikadan masalalar tuplami», O'zbekiston, 1997 y.
4. A.S. Safarov «Umumiy fizika kursi», II k. O'qituvchi 1992 y.
5. A.S. No'monxujayev «Fizika kursi» I k. O'qituvchi 1992 y.
6. A. Kosimov, A. Safarov «Fizika kursi», O'zbekiston, 1994 y.
7. O. I. Axmadjonov «Fizika kursi» I-III k. O'qituvchi, 1988-89 y.
8. G.A. Abdullaev «Fizika» O'qituvchi, 1989 y.

Q'SHIMCHA ADABIYOTLAR:

1. Trofimova T.I. Kurs fiziki, M. Visshaya shkola, 1990 g.
2. A.A. Detlaf, B.N. Yavorskiy «Kurs fiziki» M., Visshaya shkola, 1989g.
3. D. V. Sivuxin «Obshey kurs fiziki», T I-V M, Nauka 1977-1990 g.
4. A.M. Matveev «Mexanika i teorii otnositelnosti», M., Visshaya shkola, 1989 g.
5. Savelev I.V. Kurs obshey fiziki t. 1-3 M., Nauka 1989-92 g.
6. D. Djankolli Fizika, I-II tom, Izdvo, Minsk, M., 1989 g.

MUNDARIJA

Kirish.....	4
I-bob. Mexanikaning fizik asoslari	
1-§. Kinematika.....	5
2-§. Moddiy nuqta va jismning ilgarilanma harakat dinamikasi.....	9
3-§. Qattiq jismning qo'zg'almas o'q atrofidagi aylanma harakati dinamikasi.....	13
4-§. Mexanikada kuchlar.....	17
5-§. Gazlar va suyuqliklar mexanikasi.....	20
6-§. Relyativistik mexanika.....	23
II bob. Molekular fizika va termodinamika	
7-§. Moddaning molekulyar tuzilishi. Ideal gaz qonunlari.....	25
8-§. Gazlarning molekulyar kinetik nazariyasi.....	27
9-§. Statistik fizika elementlari.....	28
10-§. Termodinamikaning fizik asoslari.....	33
11-§ Real gazlar. Suyuqliklar.....	37
III bob. Elektr.	
12-§. Kulon qonuni. Zaryadlangan jismlarning o'zaro ta'siri.....	39
13-§. Elektr maydon kuchlanganligi. Elektr maydon induksiyasi	40
14-§. Potensial. Elektr zaryadlari tizimining energiyasi. Zaryadni maydonda ko'chirishda bajarilgan ish.....	43
15-§. Elektr dipol. Dielektriklarning xossalari.....	45
16-§. Elektr sig'imi. Kondensatorlar.....	48
17-§. Zaryadlangan o'tkazgichning energiyasi. Elektr maydonining energiyasi.....	50
IV bob. O'zgarmas elektr toki.	
18-§ O'zgarmas tokning asosiy qonunlari.....	52
19-§. Metallarda, suyuqliklarda va gazlarda tok.....	54
Talabalar yechishi majburiy bo'lgan masalalar.....	56
V- bob. Elektromagnetizm.	
20-§. O'zgarmas tokning magnit maydoni.....	72
21-§. Magnit maydondagi tokli o'tkazgichga ta'sir etadigan kuch.....	74
22-§. Magnit maydonda harakatlanayotgan zaryadga ta'sir etuvchi kuch.....	75
23-§. To'liq tok qonuni. Magnit oqimi. Magnit zanjirlar.....	76
24-§. Magnit maydonda tokli o'tkazgichni ko'chirishda bajarilgan ish. Elektromagnit induksiya. Induktivlik.....	78
25-§ Magnit maydonining energiyasi.....	80
26-§. Moddaning magnit xossalari.....	81
27-§ Mexanik tebranishlar.....	84
28-§. Qayishqoq muhitdagi to'lqinlar. Akustika.....	87

VI-bob. Optika.

29-§. Geometrik optika.....	91
30-§. Fotometriya.....	93
31-§. Yorug'lik interferensiyasi.....	94
32-§. Yorug'lik difraksiyasi.....	96
33-§. Yorug'lik qutblanishi.....	98
34-§ Harakatlanuvchi jismlar optikasi.....	99

VII-bob. Kvantooptik hodisalar. Atom fizikasi.

35-§. Issiqlik nurlanishi qonunlari.....	101
36-§. Fotoelektrik hodisa.....	102
37-§. Yorug'lik bosimi. Fotonlar.....	103
38-§. Kompton hodisasi	104
39-§. Bor nazariyasi bo'yicha vodorod atomi.....	105
40-§. Rentgen nurlanishi.....	106

VIII-bob. Atom yadrosi va elementar zarralar fizikasi.

41-§. Atom yadrolarining tuzilishi.....	108
42-§. Radioaktivlik.....	109
43-§. Ionlantiruvchi nurlanishning dozimetrik elementlari.....	111
44-§. Massa defekti va atom yadrolarining bog'lanish energiyasi.....	113
45-§. Yadro reaksiyalari.....	114

IX-bob. Kvant mexanikasi elementlari.

46-§. Mikrozarralarning to'liq xossalari.....	116
47-§. Mikrozarralar harakatining eng soda hollari.....	117
48-§. Atomning tuzilishi.....	119
49-§. Molekulalarining spektrlari.....	123

X-bob. Qattiq jismlar fizikasi

50-§. Kristallografiya elementlari.....	125
51-§. Issiqlik xossalari.....	128
52-§. Qattiq jismlarning elektr va magnit xossalari.....	132
Talabalar yechishi majburiy bo'lgan masalalar	134
Laboratoriya mashg'ulotlari va ularni tashkil qilish usullari.....	147
O'lchash xatoliklari haqida tushuncha.....	148
1 - Laboratoriya ishi: Matematik mayatnik yordamida erkin tushish tezlanishini aniqlash.....	152
2 – Laboratoriya ishi: Qattiq jismlarni chiziqli kengayishining temperaturaga bog'liqligini va chiziqli kengayish koeffitsiyentini aniqlash.....	156
3 – Laboratoriya ishi: Vakuumli diodning volt – amper xarakteristikasini o'rganish.....	159
4 – Laboratoriya ishi: Taqasimon magnit maydonida tokli o'tkazgichga ta'sir	

etuvchi kuchni o'lchash.....	164
5 – Laboratoriya ishi: Difraksion panjara yordamida yorug'lik to'lqin uzunligini aniqlash.....	167
6 - α zarrachalar izlarini Vilson bulutli kamerasi yordamoda namoyish etish..	172
Ilovalar.....	176
Fizik kattaliklar jadvali.....	196
Mustaqil yechish uchun masalalar.....	199
Tavsiya etiladigan asosiy adabiyotlar.....	209

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	4
Глава I. Физические основы механики	
1-§. Кинематика.....	5
2-§. Материальная точка и динамика поступательного движения тела....	9
3-§. Динамика вращательного движения твердого тела вокруг неподвижной оси.....	13
4-§. Силы в механике.....	17
5-§. Механика газов и жидкостей.....	20
6-§. Релятивистская механика.....	23
Глава II. Молекулярная физика и термодинамика	
7-§. Молекулярная структура вещества. Законы идеального газа.....	25
8-§. Молекулярно-кинетическая теория газов.....	27
9-§. Элементы статистической физики.....	28
10-§. Физические основы термодинамики.....	33
11-§ Настоящие газы. Жидкости.....	37
Глава III. Электричество.	
12-§. Закон Кулона. Взаимодействие заряженных тел.....	39
13-§. Напряженность электрического поля. Электрическая индукция.....	40
14-§. Потенциал. Энергия системы электрических зарядов. Работа, совершаемая для перемещения заряда в электрическом поле.....	43
15-§. Электрический диполь. Свойства диэлектриков.....	45
16-§. Электрическая ёмкость. Конденсаторы.....	48
17-§. Энергия заряженного проводника. Энергия электрического поля....	50
Глава IV. Законы постоянного тока	
18-§ Основные законы постоянного тока.....	52
19-§. Ток в металлах, жидкостях и газах.....	54
Задачи для обязательного решения студентов.....	56
Глава V. Электромагнетизм.	
20-§. Магнитное поле постоянного тока.....	72
21-§. Сила, действующая на проводник в магнитном поле.....	74
22-§. Сила, действующая на заряд, движущийся в магнитном поле.....	75
23-§. Закон полного тока. Магнитный поток. Магнитные цепи.....	76
24-§. Произведенная работа по перемещению проводника в магнитном поле. Электромагнитная индукция. Индуктивность.....	78
25-§ Энергия магнитного поля.....	80
26-§. Магнитные свойства вещества.....	81
27-§. Механические колебания.....	84
28-§. Волны в упругой среде. Акустика.....	87

Глава VI. Оптика.

29-§. Геометрическая оптика.....	91
30-§. Фотометрия.....	93
31-§. Интерференция света.....	94
32-§. Дифракция света.....	96
33-§. Поляризация света.....	98
34-§. Оптика движущихся объектов.....	99

Глава VII. Квантово-оптические явления. Атомная физика.

35-§. Законы теплового излучения.....	101
36-§. Фотоэлектрические явления.....	102
37-§. Давление света. Фотоны.....	103
38-§. Комптоновское рассеяние света.....	104
39-§. Атом водорода по теории Бора.....	105
40-§. Рентгеновское излучение.....	106

Глава VIII. Атомное ядро и физика элементарных частиц.

41-§. Строение атомных ядер.....	108
42-§. Радиоактивность.....	109
43-§. Элементы дозиметрии ионизирующего излучения.....	111
44-§. Дефект массы и энергия связи атомных ядер.....	113
45-§. Ядерные реакции.....	114

Глава IX. Элементы квантовой механики.

46-§. Волновые свойства микрочастиц.....	116
47-§. Простейшие случаи движения микрочастиц.....	117
48-§. Строение атома.....	119
49-§. Спектры молекул.....	123

Глава X. Физика твердого тела

50-§. Элементы кристаллографии.....	125
51-§. Тепловые свойства.....	128
52-§. Электрические и магнитные свойства твердых тел.....	132
Задачи для обязательного решения студентов	134
Лабораторные занятия и методы их организации.....	147
Сведения об ошибках измерения.....	148
1 - Лабораторная работа: Определение ускорения свободного падения с помощью математического маятника.....	152
2 - Лабораторная работа: Определение температурной зависимости линейного расширения твердых тел и коэффициента линейного расширения.....	156
3 - Лабораторная работа: Изучение вольт-амперных характеристик вакуумного диода.....	159

4 - Лабораторная работа: Измерение силы, действующей на проводник с током в магнитном поле.....	164
5 - Лабораторная работа: Определение длины волны света с помощью дифракционной решетки.....	167
6 - α отображение следов частиц с помощью облачной камеры Вильсона.....	172
Приложения.....	176
Таблица физических величин.....	196
Задачи для самостоятельного решения.....	199
Рекомендуемая основная литература.....	209

CONTENT

Introduction.....	4
Chapter I. Physical foundations of mechanics	
1-§. Kinematics.....	5
2-§. Material point and dynamics of translational motion of the body.....	9
3-§. Dynamics of the rotational motion of a rigid body around a fixed axis....	13
4-§. Forces in mechanics.....	17
5-§. Mechanics of gases and liquids.....	20
6-§. Relativistic mechanics.....	23
Chapter II. Molecular Physics and Thermodynamics	
7-§. Molecular structure of the substance. Ideal gas laws.....	25
8-§. Molecular kinetic theory of gases.....	27
9-§. Elements of statistical physics.....	28
10-§. Physical foundations of thermodynamics.....	33
11-§ Real gases. Liquids.....	37
Chapter III. Electricity.	
12-§. Coulomb's law. Interaction of charged bodies.....	39
13-§. Electric field strength. Electrical induction.....	40
14-§. Potential. Energy of the electric charge system. The work done to move a charge in a electrical field.....	43
15-§. Electric dipole. Properties of dielectrics.....	45
16-§. Electric capicibility. Capacitors	48
17-§. Energy of a charged conductor. Electric field energy.....	50
Chapter IV. DC electricity	
18-§ Basic laws of direct current.....	52
19-§. Current in metals, liquids and gases.....	54
Ned`s problems for solition of student`s	56
Chapter V. Electromagnetism.	
20-§. DC magnetic field.....	72
21-§. Force acting on a conductor in a magnetic field.....	74
22-§. Force acting on a charge moving in a magnetic field.....	75
23-§. Total current law. Magnetic flux. Magnetic circuits.....	76
24-§. Work performed to move the conductor in a magnetic field. Electromagnetic induction. Inductance.....	78
25-§ Magnetic field energy.....	80
26-§. Magnetic properties of matter.....	81
27-§. Mechanical vibrations.....	84
28-§. Waves in a flexible environment. Acoustics.....	87

Chapter VI. Optics.

29-§. Geometric optics.....	91
30-§. Photometry.....	93
31-§. Light interference.....	94
32-§. Diffraction of light.....	96
33-§. Light polarization.....	98
34-§. Optics of moving objects.....	99

Chapter VII. Quantum optical phenomena. Atomic physics.

35-§. Heat radiation laws.....	101
36-§. Photoelektrical's effect's	102
37-§. Light pressure. Photons.....	103
38-§. Compton's scattering.....	104
39-§. Hydrogen atom's in bor's theory.....	105
40-§. X-ray radiation.....	106

Chapter VIII. Atomic nucleus and physics of elementary particles.

41-§. The structure of atomic nuclei.....	108
42-§. Radioactivity.....	109
43-§. Elements of dosimetry of ionizing radiation.....	111
44-§. Mass defect and binding energy of atomic nuclei.....	113
45-§. Nuclear reactions.....	114

Chapter IX. Elements of quantum mechanics.

46-§. Wave properties of microparticles.....	116
47-§. The simplest cases of movement of microparticles.....	117
48-§. The structure of the atom.....	119
49-§. Spectra of molecules.....	123

Chapter X. Solid State Physics

50-§. Elements of crystallography.....	125
51-§. Thermal properties.....	128
52-§. Electrical and magnetic properties of solids.....	132
Ned's problems for solition of student's	134
Laboratory exercises and methods of their organization.....	147
Information's about error mesenrement's.....	148
1 - Laboratory work: Determining the acceleration of gravity using a mathematical pendulum.....	152
2 - Laboratory work: Determination of the temperature dependence of the linear expansion of solids and the coefficient of linear expansion.....	156
3 - Laboratory work: Study of the current-voltage characteristics of a vacuum diode.....	159
4 - Laboratory work: Measuring the force acting on a conductor with a	

current in a magnetic field.....	164
5 - Laboratory work: Determine the wavelength of light using a diffraction grating.....	167
6 - Laboratory work: α display of particle trails using the Wilson cloud camera.....	172
Applications.....	176
Table of physical quantities.....	196
Problems for solution of student`s.....	199
Recommended main literature.....	209