

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI ALOQA, AXBOROTLASHTIRISH VA  
TELEKOMMUNIKATSIYA TEXNOLOGIYALARI DAVLAT QO'MITASI**

**TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI**

**Fizika kafedrası**

**FIZIKA FANIDAN  
VIRTUAL LABORATORIYA ISHLARINI BAJARISH UCHUN USLUBIY  
QO'LLANMA**

**Toshkent-2013**



## **LABORATORIYA ISHLARINI BAJARISHDA TALABALARNING VAZIFALARI**

Fizika fanidan laboratoriya ishlarini bajarishdan maqsad talabalarning nazariy bilimlarini mustahkamlash, fizika qonunlarini kundalik turmushda hamda ishlab chiqarishda qo'llay bilishlariga zamin tayyorlash, amaliy ko'nikma va o'lchash malakalarini hosil qilishdan iborat. Shuning uchun ham barcha talabalar fizikadan laboratoriya ishlarini bajarishlari zarur! Laboratoriya ishlarini to'liq bajarib, o'qituvchiga hisobot bergan talabalargina fizikadan nazariy kurs bo'yicha oraliq va yakuniy nazoratga qo'yiladilar.

Laboratoriya ishlarini bajarishda quyidagi qoidalarga rioya qilish shart!

1. Laboratoriya ishlari uchun alohida daftar tutish zarur. Talaba laboratoriya darslariga kech qolmasdan, bajaradigan ishga tayyorlangan holda kelishi shart!

2. Talaba bajariladigan ish bo'yicha o'qituvchi bilan suhbatlashgandan so'ng, ruxsat berilsa, laborantdan kerakli asboblarni olib, ish bilan mukammal tanishib chiqadi.

Suhbat vaqtida ishning maqsadini va bajarish tartibini bilmagan talaba ish bajarishga qo'yilmaydi.

3. Tuzilgan elektr zanjir tok manbaiga faqat o'qituvchi yoki laborant ishtirokida ulanadi.

4. Ishni bajarish vaqtida talabalar tinchlikni saqlashi va ish joyini tashlab ketmasligi kerak, zanjirni tok manbaiga ulangan holda qoldirish mumkin emas.

5. Ishni bajarib bo'lgandan so'ng zanjir tokdan uziladi.

6. Olingan ma'lumotlarning bittasi asosida aniqlanishi kerak bo'lgan kattalik hisoblanadi. Natijalar o'qituvchiga ko'rsatiladi va qo'l qo'ydirib olinadi.

7. Olingan asboblarni laborantga topshiriladi.

8. Bajarilgan ishlar bo'yicha o'qituvchiga hisobot beriladi.

9. Kelgusi darsga vazifa olinadi.

10. Agar dars oxirigacha biroz vaqt qolsa, talabalar mustaqil shug'ullanadilar.

## FIZIK KATTALIKLARNI O'LGHASHDAGI XATOLIK TURLARI

Har qanday o'lchashlar hamma vaqt qandaydir xatolik bilan bajariladi. Bu xatoliklar ikki guruhga – sistematik va tasodifiy xatoliklarga bo'linadi.

1. Sistematik xatolik – hamma vaqt mavjud bo'ladigan xatolikdir. Asbobning noto'g'ri o'rnatilishidan (asbobni o'lchash aniqligiga bog'liq bo'lgan xatolik) va o'lchash metodining noto'g'ri tanlanishidan kelib chiqadigan xatoliklar sistematik xatolikdir. Bu xatolik ba'zi tashqi omillar ta'sirida, masalan, chizg'ich shkalasining notekis darajalanishi, termometr nolining haqiqiy nol temperaturasiga mos kelmasligi, termometr kapillyari kesim yuzining kapillyar bo'yicha bir xil bo'lmasligi, ampermetrdan elektr tok o'tmagan vaqtda uning strelkasining shkala noliga mos kelmasligi va boshqalar tufayli ham paydo bo'ladi. Suyuqlik va gazning hajmini o'lchashda temperatura o'zgarishi sababli ularning hajmiy kengayishini, massasini o'lchaganda o'lchanayotgan jismga, tarozi toshlariga havo tomonidan itarib chiqarish kuchi ta'sir qilishini va kalorimetrik o'lchashlarda asbobning tashqi muhit bilan issiqlik almashinishini hisobga olmaslik tufayli sistematik xatolikka yo'l qo'yiladi.

Ba'zi bir fizikaviy kattaliklar qiymatini jadvaldan olganda (zichlik, solishtirma issiqlik sig'imi, elastiklik modullari va boshq.), ularni yaxlitlaganda, shuningdek, formulaga kiruvchi ba'zi doimiylar ( $e$ ,  $e$  – natural logarifmning asosi,  $g$  va boshq.)ning taqribiy qiymatlarini olganda sistematik xatolikka yo'l qo'yiladi. Masalan,  $e=3,14159265$  deb olish o'rniga  $e=3$ ;  $e=3,1$ ;  $e=3,142$  deb, suvning sindirish ko'rsatkichi uchun  $n=1,333$  deb olish o'rniga  $n=1,3$ ;  $n=1,33$  deb olsak ham biz har safar sistematik xatolikka yo'l qo'ygan bo'lamiz. Sistematik xatoliklar aniq sabablar tufayli yuz berib, uning kattaligi takroriy o'lchashlarda o'zgarmay qolishi yoki muayyan qonun bo'yicha o'zgarishi mumkin. O'lchash metodini o'zgartirib, asbobning ko'rsatishlariga tuzatishlar kiritib, sistemali ravishda ta'sir qiluvchi tashqi omillarni hisobga olish bilan bu xatolikni kamaytirish mumkin.

2. Tasodifiy xatolik – oldindan hisobga olinishi qiyin bo'lgan va har bir o'lchashga ta'siri har xil bo'lgan tasodifiy sabablarga ko'ra yuz beradigan xatoliklardir. Masalan, elektr o'lchashlarda elektr tarmoqdagi kuchlanishning o'zgarishi, plastinka qalinligini o'lchaganda qalinlikning hamma joyda bir xil bo'lmasligi, o'lchashlarda asbob shkalasining yetarlicha yoritilmasligi, asboblarning stol ustida yaxshi joylashtirilmasligi, sezgi organlarimizning tabiiy notakomilligi oqibatida tasodifiy xatolikka yo'l qo'yamiz. Bu xatoliklar tufayli biror fizikaviy kattalikni bir necha marta o'lchaganda har xil qiymat olinadi.

Ayrim o'lchashdagi tasodifiy xatolikni yo'qotib bo'lmasada, tasodifiy hodisalar to'g'risidagi matematik nazariyadan foydalanib, bu xatolikning o'lchash natijasiga ta'sirini kamaytirish va xatolik kattaligini hisoblash uchun ma'qulroq bo'lgan ifodani aniqlash mumkin. Tasodifiy xatolikni kamaytirish uchun aniqlanayotgan fizikaviy kattalikni bir marta emas, bir necha marta takroriy o'lchash kerak. Agar tasodifiy xatolik sistematik xatolikdan katta bo'lsa, tasodifiy xatolikni kamaytirish va uning asbob xatoligi bilan bir xil darajada bo'lishi uchun o'lchashlar sonini orttirish lozim.

Sistematik va tasodifiy xatoliklardan tashqari yana qo'pol xatoliklar ham bo'ladi. Qo'pol xatolik kuzatish va o'lchashlar noto'g'ri bajarilishi tufayli yuz beradi. Hisoblashda bunday natijalar hisobga olinmasligi kerak. Bu xatolik shkala bo'yicha beparvo hisob olishdan, natijalarni pala-partish yozishdan kelib chiqadi. Bunday qo'pol xatolikni yo'qotish uchun yozilganlarni qayta qarab chiqib, o'lchashlarni qayta bajarish kerak. Har qanday o'lchashda qo'pol xatolikni yo'qotishning birdan-bir yo'li - o'lchashni juda puxtalik va e'tibor bilan qayta bajarishdir.

**BEVOSITA O'LCHASH NATIJALARINING XATOLIGI.  
FIZIK KATTALIKLARNING O'RTACHA QIYMATI, O'LCHASHNING  
MUTLAQ (ABSOLYUT) VA NISBIY XATOLIKLARI**

O'lchash davomida o'lchash asbobi beradigan xatolikdan boshqa har xil sistematik xatoliklar va qo'pol xatoliklar yo'qotilgan deb faraz qilib, bevosita o'lchash xatoliklari nazariyasining asosiy qoidalarini qarab chiqamiz. Quyida keltiriladigan xatoliklar nazariyasida tasodifiy xatoliklar son qiymat jihatdan sistematik xatoliklardan katta deb faraz qilingan.

Biror fizikaviy kattalikning o'lchashlar natijasida topilgan  $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$  qiymatlari ichida haqiqiy qiymatga eng yaqini ushbu

$$x = \langle x \rangle = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

ifodadan aniqlanadi, bu yerda  $n$  -o'lchashlar soni.

1. O'lchash vaqtida topilgan qiymatlar bir-biridan farqli bo'lib, ularning o'rtacha qiymatdan farqi ayrim o'lchashning mutlaq (absolyut) xatoligi deyiladi

$$\Delta x = |\langle x \rangle - x_i|.$$

Qaysi o'lchashning mutlaq xatoligi kichik bo'lsa, shu o'lchash aniqroq bajarilgan deb hisoblanadi. O'rtacha qiymatdan katta farq qiluvchi qo'pol xatoliklar xatolikni hisoblash vaqtida tushirib qoldiriladi.

Agar  $n$  ta takroriy o'lchash natijasida  $\Delta x_1, \Delta x_2, \Delta x_3 \dots \Delta x_n$  mutlaq xatoliklar yuz bergan bo'lsa, o'lchashlarning o'rtacha mutlaq xatoligi shu xatoliklar mutlaq qiymatlarining o'rtacha arifmetik qiymatiga tengdir

$$\langle \Delta x \rangle = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i}{n}. \quad (2)$$

Tabiiyki, fizikaviy kattalikning haqiqiy qiymati topilgan o'rtacha qiymatdan  $\pm \langle \Delta x \rangle$  qadar farq qiladi, ya'ni  $x = \langle x \rangle \pm \langle \Delta x \rangle$ .

2. Agar tajriba vaqtida bir qator fizikaviy kattaliklarni o'lchash zarur bo'lsa, ularning har biri uchun o'lchash xatoligini aniqlash kerak bo'ladi. Biroq

har bir kattalikka oid mutlaq (absolyut) xatolikni bilganimiz holda kattaliklar bir jinsli bo'lmaganligi sababli ularni o'zaro solishtirish mumkin emas. Bunday hollarda xatolikning nisbiy qiymati bilan ish ko'rish lozim. Biror kattalikning o'lchashlar natijasida topilgan o'rtacha qiymati  $\langle x \rangle$ , mutlaq (absolyut) xatolikning o'rtacha qiymati  $\langle \Delta x \rangle$  bo'lsa, nisbiy xatolik  $E = \frac{\langle \Delta x \rangle}{\langle x \rangle}$  yoki foizlarda ifodalasak,

$$E = \frac{\langle \Delta x \rangle}{\langle x \rangle} \cdot 100\%$$

bo'ladi.

O'lchashlar soni  $n$  yetarlicha katta bo'lganda ayrim o'lchashlar mutlaq (absolyut) xatoligining  $\langle \Delta x \rangle$  o'rtacha mutlaq (absolyut) xatolikka ta'siri juda kichik bo'ladi. Shunday sharoit uchun  $\langle \Delta x \rangle$  ning taqsimoti quyidagi qonun ko'rinishida ifodalanishi mumkin:

$$y = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma_{\langle x \rangle}} e^{-\frac{(\Delta x)^2}{2\sigma_{\langle x \rangle}^2}}, \quad (3)$$

$$\sigma_{\langle x \rangle}^2 = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sum_{i=1}^n (\langle x \rangle - x_i)^2}{n(n-1)} \quad \text{bundan,}$$

$$\sigma_{\langle x \rangle} = \lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\langle x \rangle - x_i)^2}{n(n-1)}}; \quad (4)$$

$\sigma_{\langle x \rangle}$ -kattalik o'rtacha xatolik yoki o'rtacha arifmetik qiymatning o'rtacha kvadratik xatoligi deb ataladi.

Turli sabablarga ko'ra o'lchashlar sonini juda katta qilib ( $n \geq 15$ ) olishning imkoniyati bo'lmaydi. O'lchashlar soni chekli bo'lganda ishonch intervalining chegaraviy qiymatini belgilovchi Gosset tomonidan 1908 yilda kiritilgan va

Styudent koeffitsiyenti deb ataluvchi  $t_{\alpha}(n)$  koeffitsiyent qo'llaniladi. Bu koeffitsiyentlar o'lchashlar soni va ishonchlilik intervali bilan quyidagicha bog'langan

$$t_{\alpha}(n) = \frac{\Delta x}{S_{\langle x \rangle}} ; \quad \text{bu yerda,} \quad (5)$$

$$S_{\langle x \rangle} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\langle x \rangle - x_i)^2}{n(n-1)}} , \quad (6)$$

(6) kattalik  $n$  ta o'lchash uchun o'rtacha kvadratik xatolikdan iborat bo'lib, u taqriban  $\sigma_{\langle x \rangle}$  ga teng. (5) va (6) lar asosida o'lchashlarning mutloq (absolyut) xatoligi uchun

$$\Delta x = t_{\alpha}(n) \cdot S_{\langle x \rangle} = t_{\alpha}(n) \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\langle x \rangle - x_i)^2}{n(n-1)}} \quad (7)$$

ifoda kelib chiqadi.

O'lchashning mutloq (absolyut) xatoligini (7) formula bo'yicha hisoblash uchun, odatda Styudent koeffitsiyentlari jadvalidan foydalaniladi. Quyidagi jadvalda o'lchashlar soni va ishonchlilik uchun Styudent koeffitsiyentlari qiymatlari keltirilgan.



### Styudent koeffitsiyentlari

№													
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99	0,999
2	0,16	0,33	0,52	0,73	1,00	1,38	2,0	3,1	6,3	12,7	31,8	63,7	636,8
3	14	29	45	62	0,82	1,06	1,3	1,9	2,9	4,3	7,0	9,9	31,6
4	14	28	42	58	77	0,96	1,3	1,6	2,4	3,2	4,5	5,8	12,9
5	13	27	41	57	74	94	1,2	1,5	2,1	2,8	3,7	4,6	8,6
6	13	27	41	56	73	92	1,2	1,5	2,0	2,6	3,4	4,0	6,9
7	13	27	40	55	72	90	1,1	1,4	1,9	2,4	3,1	3,7	6,0
8	13	26	40	55	71	90	1,1	1,4	1,9	2,4	3,0	3,5	5,4
9	13	26	40	54	71	90	1,1	1,4	1,9	2,3	2,9	3,4	5,0
10	13	26	40	54	70	88	1,1	1,4	1,8	2,3	2,8	3,3	4,8
11	13	26	40	54	70	88	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,2	4,6
12	13	26	40	54	70	87	1,1	1,4	1,8	2,2	2,7	3,1	4,5
13	13	26	40	54	70	87	1,1	1,4	1,8	2,2	2,7	3,1	4,3
14	13	26	39	54	69	87	1,1	1,4	1,8	2,2	2,7	3,0	4,2
15	13	26	39	54	69	87	1,1	1,3	1,8	2,1	2,6	3,0	4,1

**I. M E X A N I K A**  
**1.1 – laboratoriya ishi**  
**Mexanik tebranishlar**

**Ishning maqsadi:**

- Jismlar harakatini tahlil qilish uchun fizikaviy modellarni tanlash;
- Kvazielastik kuchlar ta'sirida jismlar harakatini tekshirish;
- Tebranishlar chastotasining tizim parametrlariga bog'liqligini tajribalar orqali aniqlash.

**Qisqacha nazariy ma'lumotlar**

*Tebranish* – jismlarning davriy takrorlanuvchi harakati.

*Davr* – harakat to'la takrorlanishi uchun ketgan minimal vaqt.

*Garmonik tebranish* – jismning koordinatasi vaqt davomida sinus yoki kosinus qonuni bo'yicha o'zgaradigan harakat:

$$y = A \sin(\omega_0 t + \varphi_0) \quad (1)$$

bu yerda  $y$  - siljish,  $A$  - siljish amplitudasi, ya'ni maksimal siljishning absolyut qiymati,  $t$  - vaqt,  $(\omega_0 + \varphi_0)$  - tebranish fazasi,  $\varphi_0$  - boshlang'ich faza, ya'ni,  $t = 0$  vaqt momentidagi faza.

Davrga teskari kattalik chastota deyiladi. SiCik chastota  $2\pi$  sekund ichida tebranishlar soniga teng:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu \quad (2)$$

Garmonik tebranma harakat qilayotgan nuqtaning tezligi va tezlanishi ham garmonik qonuniyat bo'yicha o'zgaradi:

$$g = \frac{dy}{dt} = A\omega_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0) \quad (3)$$

$$a = \frac{d^2 y}{dt^2} = -A\omega_0^2 \sin(\omega_0 t + \varphi_0) = -\omega_0^2 y \quad (4)$$

(4) ifodadan ko'rinadiki, garmonik tebranishlarda tezlanish siljishga proporsional bo'lib, muvozanat vaziyatiga tomon yo'nalgan.

Garmonik tebranishlarning differensial tenglamasi quyidagi ko'rinishda yoziladi

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = -\omega_0^2 y$$

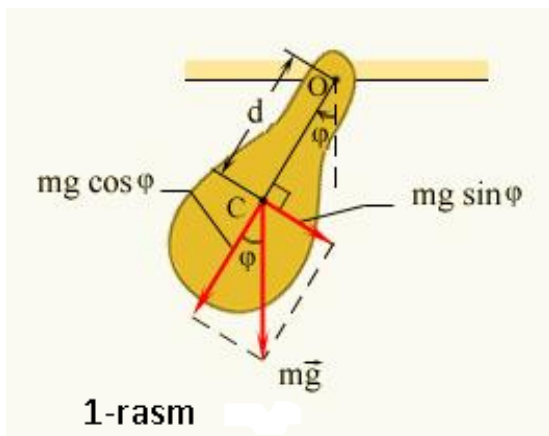
Bu tenglamaning yechimi (1) ifoda ko'rinishida bo'lib, undan agar  $t = 0$  boshlang'ich vaqt momentida nuqtaning siljishi va tezligi ma'lum bo'lsa,

amplituda va boshlang'ich fazani aniqlash mumkin. SiCik chastota tebranuvchi tizimning parametrlari orqali, masalan, tebranuvchi tizimning  $m$  massasi va qaytaruvchi kuchning elastik (kvazielastik) koeffitsiyenti  $F = -ky$  orqali aniqlanadi. Bunday tebranuvchi tizimlarda, masalan, juda yengil prujinaga mahkamlangan, barcha massasi deyarli qattiq jismda mujassamlashgan prujinali mayatnik kabi tebranuvchi tizim uchun Nyutonning ikkinchi qonuni

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = -ky \quad (5)$$

ko'rinishda bo'lib, undan garmonik tebranishlar differensial tenglamasi kelib chiqadi. Tebranishlarning siCik chastotasi quyidagicha topiladi

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (6)$$



**Fizik va matematik mayatnik.** Bu mayatnik harakatga qarshilik qiluvchi kuchlar mavjud bo'lmaganda va kichik og'ishlarda garmonik tebranma harakat qiladi.

Fizik mayatnik (1-rasm) deb og'irlik markazi orqali o'tmagan gorizontaal o'q atrofida og'irlik kuchi ta'sirida tebranma harakat qiluvchi mutlaq qattiq jismga aytiladi. 1-rasmda fizik mayatnikning

og'irlik markazi orqali o'tuvchi aylanish o'qiga perpendikular bo'lgan vertikal tekislik bo'yicha kesimi ko'rsatilgan. Bu yerda  $\varphi$  - mayatnikning muvozanat vaziyatidan og'ish burchagi,  $d$  - og'irlik markazi  $C$  dan  $OO$  o'qqacha bo'lgan  $OC$  masofa,  $P = mg$  - mayatnikning og'irlik kuchi,  $P_t = P \sin \varphi$  va  $P_n = P \cos \varphi$  esa mos ravishda  $P$  kuch vektorining tangensial va normal tashkil etuvchilari.

Og'irlik kuchining tangensial tashkil etuvchisi aylantiruvchi momentni hosil qiladi. Mayatnik harakatining differensial tenglamasini ishqalanish kuchi momentini hisobga olmagan holda yechib, mayatnikning xususiy so'nmaydigan tebranishlari davrini osongina topish mumkin.

$OO$  o'qqa nisbatan  $P$  og'irlik kuchi momenti quyidagiga teng:

$$M = -P_t \cdot d = -Pd \sin \varphi \quad (7)$$

"Minus" belgisi  $P_t$  kuch siljishga qarama-qarshi tomonga yo'nalganligini bildiradi. Ushbu aylantiruvchi moment ta'sirida mayatnik burchak tezlanish oladi

$$\beta = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$$

Aylanma harakat uchun Nyutonning ikkinchi qonunidan

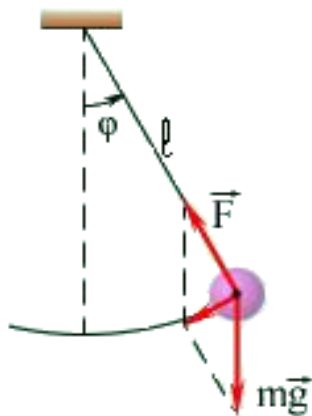
$$\beta = \frac{d^2\varphi}{dt^2} = \frac{M}{I} \quad (8)$$

bu yerda  $I = \sum \Delta m_{ki} r_{ki}^2$  - jismning  $OO$  o'qqa nisbatan inersiya momenti.

(8) da ning o'rniga uning (7)dagi ifodasini qo'yib va kichik burcha uchun  $\sin \varphi \approx \varphi$  ekanligini hisobga olib, quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} = -\frac{mgd}{I} \cdot \varphi \quad (9)$$

(9) va (4)ni solishtirib, hamda (2)ni hisobga olib, qaralayotgan holatda fizik mayatnikning tebranishi garmonik tebranish ekanligini, uning xususiy kichik tebranishlarining davri esa quyidagi formula orqali aniqlanishini ko'ramiz:



2-rasm

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgd}} \quad (10)$$

Matematik mayatnik (2-rasm) deganda, vaznsiz, cho'zilmaydigan ipga osilgan bir jinsli og'irlik kuchi maydonidagi moddiy nuqta tushuniladi. U amalda uzun ipga osilgan og'ir sharcha ko'rinishida qo'llaniladi. Matematik mayatnik uchun  $I = ml^2$  va  $d = l$ . Bularni (10)

formulaga qo'yib, matematik mayatnikning garmonik tebranishlari davrini topamiz:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{g}} \quad (11)$$

(10) va (11) larni solishtirib,

$$l_{kel} = \frac{I}{md}$$

kattalikni fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi deb atash mumkinligini ko'ramiz, chunki shunday uzunlikdagi matematik mayatnikning tebranish

davri berilgan fizik mayatnikniki bilan bir xil bo'ladi. Matematik yoki fizik mayatnikning tebranish davrini o'lchab va mayatnikning uzunligini (mos ravishda, keltirilgan uzunligini) bilgan holda, yerning muayyan joyidagi erkin tushish tezlanishini aniqlash mumkin.

Tebranishlarning so'nishi deb vaqt o'tishi bilan tebranayotgan tizimning energiyasini yo'qotishi tufayli tebranishlar amplitudasining kamayib borishiga aytiladi.

Erkin so'nuvchi tebranishlarning differensial tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + 2\beta \frac{dy}{dt} + \omega_0^2 y = 0 \quad (12)$$

Bu yerda  $y$  - nuqtaning muvozanat vaziyatidan siljishi,  $\beta$  - so'nish koefitsiyenti,  $\omega_0$  - xususiy tebranishlarning siCik chastotasi.

Differensial tenglamaning yechimi quyidagi ko'rinishga ega

$$y = A_0 e^{-\beta t} \sin(\omega' t + \varphi_0) \quad (13)$$

Bu yerda  $\omega' = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$  - so'nuvchi tebranishlar chastotasi,  $A_0$  va  $\varphi_0$  esa boshlang'ich holatga bog'liq bo'lgan doimiy kattaligidir.

So'nuvchi tebranishlar davriy bo'lmaydi. Masalan, tebranuvchi kattalikning biror vaqt momentidagi maksimal qiymati keyinchalik hech ham qaytarilmaydi. Lekin, so'nuvchi tebranishlarda kattalik teng vaqtlar oralig'idan keyin maksimal va minimal qiymatlarga erishadi:

$$T' = \frac{2\pi}{\omega'} = \frac{2\pi}{\sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}} \quad (14)$$

Shuning uchun  $T'$  va  $A_0$  kattaligida shartli ravishda davr (yoki shartli davr) va siCik chastota (shartli siCik chastota) deb ataladi.

Tebranishlar amplitudasi quyidagicha ifodalanadi:

$$A = A_0 e^{-\beta t} \quad (15)$$

bu yerda  $A_0$  - boshlang'ich amplituda. So'nuvchi tebranishlar amplitudasi vaqt davomida kamayib boradi va bu kamayish so'nish koefitsiyenti  $\beta$  qancha katta bo'lsa, shuncha tez bo'ladi.

**Topshiriq:** Mutlaq tekis gorizontol sirtida yotgan prujinaga biriktirilgan kubning erkin tebranishlari siCik chastotasi uchun formula chiqaring.

**Ko'rsatma:** Nyutonning ikkinchi qonuni formulasini yozing. Kubga ta'sir etuvchi barcha real kuchlarni unga kiriting. Hosil qilingan vektor tenglamani

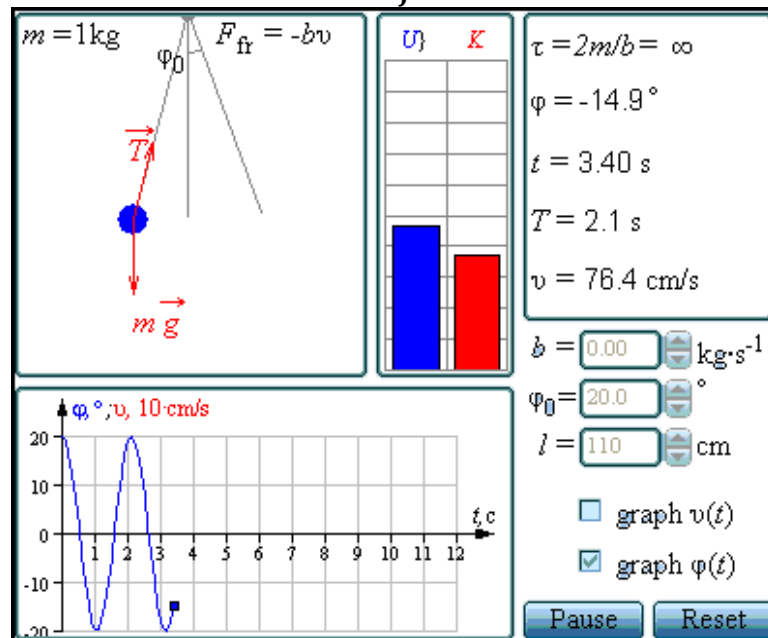
vertikal va gorizontalar o'qlarga proyeksiyalang. Tegishli almashtirishlarni bajarib, erkin tebranishlarning differensial tenglamasiga o'xshash tenglamani keltirib chiqaring.  $A$  ning oldida ko'paytuvchi bo'lib turgan o'zgaruvchi kattalikni sinus chastota kvadratiga tenglang va undan  $\omega$  ni toping.

### O'lchash usuli va tartibi

Sichqoncha yordamida monitor ekranining yuqori qismidagi "Start" tugmasini bosing.

Sichqoncha orqali matematik (garmonik) mayatnning tajribani tanlang. Monitor ekranidan jismning harakat maydonini va tegishli kattaliklarni o'zgartirgich (regulyator) larni chizib oling (ular nimani o'zgartirishini ko'rsating).

### 1 – Tajriba.

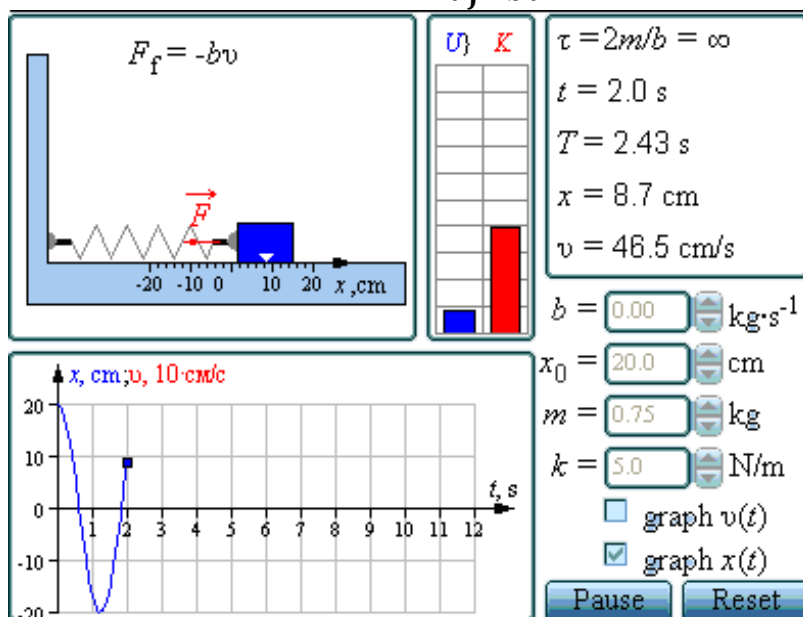


O'zgartirgichlar surilmalari yordamida ipning maksimal uzunligini, so'nish koeffitsiyenti va boshlang'ich og'ish burchagining qiymatlarini kiriting. Sizing brigadangiz uchun ushbu qiymatlar 1-jadvalda ko'rsatilgan. Sichqoncha yordamida monitor ekranining pastki qismidagi "Start" tugmasini bosib, burchak va tezlik grafiCarining chizilishini (yuqorida o'ngda) va mayatnikning harakatini kuzating. Harakatni Caviaturadagi "Pause" tugmasi bilan to'xtatib va probel tugmasi (Caviaturaning pastki qismidagi eng uzun tugma) bilan yana davom ettirib, ishlashni mashq qiling. Vaqtni (OX o'qi bo'ylab masshtabni hisobga olgan holda) o'lchang va to'liq tebranishlar sonini aniqlang.

**O'qituvchidan o'lchashlarni bajarish uchun ruxsat oling.**

Mayatnik ipini eng katta (130 sm) uzunlikda oʻrnatib,  $N$  (3-5) marta toʻla tebranish uchun ketgan  $t$  vaqt oʻlchanadi va ipning uzunligini har safar 10 sm kamaytirib borib (90 sm uzunlikkacha), oʻlchashlar takrorlanadi. Ipnning uzunligi  $l$  va oʻlchangan  $t$  vaqt 2-jadvalga yozib boriladi (jadval namunasi quyida koʻrsatilgan).

## 2 – Tajriba



Yukning maksimal massasini, shuningdek, soʻnish koefitsiyenti qiymati va boshlangʻich siljish qiymatini Sizning brigadangiz uchun 1-jadvalda koʻrsatilgandek oʻrnatib. Bikrlilik koefitsiyenti(ni)ni har safar  $1H/M$  miqdorga kamaytirib, 1-tajribada bajarilgan oʻlchashlarni takrorlang.

**1-Jadval. Soʻnish koefitsiyenti, boshlangʻich ogʻish burchagi (1-tajriba uchun) va boshlangʻich siljish (2-tajriba uchun) qiymatlari**

Brigada raqami	$\beta$	$\alpha_0$	$X_0$ (sm)	Brigada raqami	$\beta$	$\alpha_0$	$X_0$ (sm)
1	0.08	20	10	5	0.08	14	7
2	0.07	18	9	6	0.07	16	8
3	0.06	16	8	7	0.06	18	9
4	0.05	14	7	8	0.05	20	10

**2-Jadval. O'lchash natijalari (o'lchashlar va qatorlar soni =8)**

O'lchash raqami	N=			
	l(m)	t(s)	T(s)	T <sup>2</sup> (s <sup>2</sup> )
1	1.5			
2	1.4			
...				
g(m/s <sup>2</sup> )				

**3-Jadval. O'lchash natijalari (o'lchashlar va qatorlar soni =6)  
Natijalar ustida ishlash va hisobot tayyorlash**



O'lchash raqami	N=				
	k(N/m)	t(s)	T(s)	$\omega(1/s)$	$\omega^2(1/s^2)$
1	5				
2	6				
...					

Talab qilingan kattaliCarni hisoblang hamda 2 va 3-jadvallarni to'ldiring. Quyidagi bog'lanishlar grafiCarini chizing:

- Matematik mayatnik tebranishlar davri kvadratining mayatnik ipi uzunligiga bog'liqligi;
- Prujinali mayatnik tebranishlar siCik chastotasi kvadratining prujina bikrligiga bog'liqligi.

$$T^2 = f(l) \text{ bog'lanish grafigining qiyaligi bo'yicha } g = 4\pi^2 \frac{\Delta l}{\Delta(T^2)}$$

formuladan foydalangan holda  $g$  ning qiymatini aniqlang.  $g$  ni aniqlashdagi mutlaq xatolikni baholang. Javoblar va grafiCarni tahlil qiling.

### Nazorat uchun savol va topshiriqlar

1. Tebranish deganda nimani tushunasiz?
2. Tebranishlar davriga ta'rif bering
3. Tebranishlar chastotasiga ta'rif bering.
4. Garmonik tebranishlarga ta'rif bering.
5. Garmonik tebranib o'zgaradigan kattaliCarning vaqtga bog'lanish qonunlarini yozing.
6. Garmonik tebranayotgan MNning harakat qonunini yozing.
7. Garmonik tebranishlar amplitudasiga ta'rif bering.
8. Garmonik tebranishlar fazasiga ta'rif bering.
9. Garmonik tebranishlar boshlang'ich fazasiga ta'rif bering.
10. Garmonik tebranishlar chastotasi va davrini bog'lovchi tenglamani yozing.
11. Garmonik tebranishlar chastotasi va siCik chastotasini bog'lovchi tenglamani yozing.

12. Garmonik tebranishlarda MN tezligining vaqtga bog'lanish formulasini yozing.
13. Garmonik tebranishlarda tezlik amplitudasi va siljish amplitudasini bog'lovchi tenglamani yozing.
14. Garmonik tebranishlarda MN tezlanishining vaqtga bog'lanish formulasini yozing.
15. Garmonik tebranishlarda tezlik amplitudasi va tezlanish amplitudasini bog'lovchi tenglamani yozing.
16. Garmonik tebranishlarda siljish amplitudasi va tezlanish amplitudasini bog'lovchi tenglamani yozing.
17. MN uchun erkin garmonik tebranishlar differensial tenglamasini yozing.
18. MN uchun erkin so'nuvchi tebranishlar differensial tenglamasini yozing.
19. So'nish koeffitsiyentini ta'riflang.
20. Matematik mayatnikka ta'rif bering.
21. Matematik mayatnikning erkin tebranishlari siCik chastotasi formulasini yozing.
22. Prujinali mayatnikka ta'rif bering.
23. Prujinali mayatnikning erkin tebranishlari siCik chastotasi formulasini yozing.
24. Majburiy tebranishlarda qanday jarayonlar sodir bo'ladi?
25. Rezonans nima?
26. Qanday so'nishda rezonans keskinroq bo'ladi?

## II. ELEKTR VA MAGNETIZM. OPTIKA

### 2.1 – laboratoriya ishi

#### Elektronning bir jinsli elektr maydonida harakati

##### Ishning maqsadi:

- Yassi kondensatorning bir jinsli elektrostatik maydoni bilan tanishish;
- Kondensatorning elektr maydonida elektron harakatining interaktiv modeli bilan tanishish;
- Bir jinsli elektr maydonida nuqtaviy zaryadning harakat trayektoriyasini o'rganish;
- Elektr maydon kuchlanganligi va zarralar tezligining uchib borish vaqti va masofasiga ta'sirini o'rganish;
- Kondensator elektr maydonida zarra harakatining interaktiv modeli yordamida elektronning solishtirma zaryadini aniqlash.

##### Qisqacha nazariya:

Zaryadlangan zarraning elektr maydonidagi harakati zamonaviy elektron asboblarda, jumladan, elektron dastasini og'diruvchi elektrostatik tizimdagi elektron-nur nay(trubka)larida keng qo'llaniladi.

*Elektr zaryadi* – ob'yektning elektr maydon hosil qilish va elektr maydon bilan ta'sirlashish qobiliyatini tavsiflovchi kattalik.

*Nuqtaviy zaryad* – elektr zaryadini tashuvchi moddiy nuqta (zaryadlangan MN) ko'rinishidagi mavhum ob'yekt (model).

*Elektr maydoni* – zaryadlangan ob'yektga elektr deb ataluvchi kuch ta'sir etadigan fazo sohasi.

##### *Zaryadning asosiy xususiyatlari:*

- additivlik (summalanish);
- invariantlik (barcha inersial sanoq tizimlarida bir xillik);
- diskretlik ( orqali belgilanuvchi elementar zaryadning mavjudligi va barcha zaryadlarning shu elementar zaryadga karraligi:  $q = Ne$  , bu yerda  $N$  ixtiyoriy musbat yoki manfiy butun son);
- zaryadning saqlanish qonuniga bo'ysunishi (elektr izolatsiyalangan tizimdagi zaryadlar miqdori (summasi) o'zgarmas saqlanadi);
- musbat va manfiy zaryadlarning mavjudligi (zaryad algebraik kattalik).

*Kulon qonuni* ikkita nuqtaviy zaryadning o'zaro ta'sir kuchini aniqlaydi

$$\vec{F}_{12} = -\frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \vec{r}_{12},$$

bu yerda  $r$  - birinchi zaryaddan ikkinchi zaryadga yo'nalgan birlik vektor.

**Elektr maydon kuchlanganligi** maydonning vektor tavsifi hisoblanib, son jihatdan nuqtaviy zaryadga ta'sir etuvchi  $\vec{F}_{el}$  kuchning, shu zaryad kattaligi  $q$  ga nisbati bilan aniqlanadi:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_{el}}{q}$$

Agar elektr maydon kuchlanganligi ma'lum bo'lsa, zaryadga ta'sir etuvchi kuch quyidagi formula orqali topiladi:

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

**Bir jinsli maydon** deb kuchlanganlik miqdor jihatdan ham, yo'nalish jihatdan ham barcha nuqtalarida bir xil bo'lgan maydonga aytiladi. Bir jinsli maydonning barcha nuqtalarida zaryadlangan zarraga ta'sir etuvchi kuch bir xil, shuning uchun Nyutonning ikkinchi qonuni orqali aniqlanadigan zarralar tezlanishi ham o'zgarmas bo'ladi (kichik tezliklarda  $\mathcal{G} \ll c$ , bu yerda  $c$  - yorug'likning vakuumdagi tezligi):

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{el}}{m} = \frac{q}{m} \vec{E} = const$$

$$Y = \frac{at^2}{2} = \frac{1}{2} \frac{q}{m} E \left( \frac{L}{V_{0X}} \right)^2, \quad \mathcal{G}_y = at = \frac{q}{m} E \frac{L}{V_{0X}},$$

bu yerda  $Y$  - zarraning vertikal bo'ylab siljishi;  $\mathcal{G}_y$  - zarra kondensatordan uchib chiqqan paytdagi tezlikning vertikal tashkil etuvchisi.

### O'lchash usuli va tartibi

Rasmni diqqat bilan qarab chiqing va barcha rostlagichlar hamda boshqa asosiy elementlarni toping. Ushbu laboratoriya ishida yassi kondensatorning elektr maydonida zaryadlangan zarraning (elektronning) harakatini ifodalovchi kompyuter modeli qo'llaniladi. Zarra boshlang'ich tezligining va tashkil etuvchilari qiymatini, shuningdek kondensator maydoni kuchlanganligining miqdorini va ishorasini o'zgartirish mumkin. Ekranida zarraning harakat

trayektoriyasi namoyon bo'ldi va ixtiyoriy vaqt momentidagi zarraning koordinatalari hamda tezlikning tashkil etuvchilari qiymati chiqariladi.

Tajriba o'tkaziladigan maydonni va zarraning harakat trayektoriyasini chizing. "Run" tugmasini bosib, ekranda zarra harakatini kuzating.

**O'qituvchidan o'lchashlarni bajarish uchun ruxsat oling.**

$q = -1.60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$   
 $m = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

$x = 0.0 \text{ cm}$   
 $y = 0.0 \text{ cm}$   
 $v_x = 5.0 \cdot 10^6 \text{ m/s}$   
 $v_y = 1.0 \cdot 10^6 \text{ m/s}$   
 $t = 0.0 \text{ s}$

$v_{ox} =$    $\cdot 10^6 \text{ m/s}$       $E =$    $\text{ kV/m}$     

$v_{oy} =$    $\cdot 10^6 \text{ m/s}$     

### O'lchashlar

Sichqoncha kursorini E kuchlanganlikni rostlovchi yo'nalish-tugmalariga olib boring. Sichqonchani chap tugmasini bosib va uni bosilgan holda ushlab turib, E ni o'zgartiring. Sizing brigadangiz uchun 1-jadvalda ko'rsatilgan E ning son qiymatini o'rnating.

Shu yo'l bilan,  $v_{0x} = 2 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ ,  $v_{0y} = 0$  qiymatlarni o'rnating.

"Run" tugmasini bosib, zarra harakatini kuzating. ni oshirib borib, zarra kondensatordan uchib chiqadigan minimal qaymatni tanlang. Kondensator plastinkasi uzunligi (L) ning qiymatini yozing.

Zarraning kondensatordan uchib chiqqish vaqtidagi harakat parametrlarini aniqlang. Son qiymatlarni ekrandan 2-jadvalga ko'chiring.

$v_{0x}$  ni har safar  $0.2 \cdot 10^6 \text{ m/s}$  ga oshirib, o'lchashlarni yana 5 marta takrorlang. Natijalarni 2-javdalga yozing.

**1-jadval. Elektr maydon kuchlanganligi** (Daftaringizga ko'chirmang)

Brigada	1	2	3	4	5	6	7	8
Ye [V/m]	100	200	300	400	-100	-200	-300	-400

2-jadval. O'lchash natijalari  $E = \underline{\hspace{2cm}} V/m$ ,  $L = \underline{\hspace{1cm}} m$

$v_{0x}$ [Mm/s]								
Y[mm]								
X[mm]								
t [ns]								
$v_x$ [Mm/s]								
$v_y$ [Mm/s]								

### Natijalar ustida ishlash va hisobot tayyorlash:

Alohida varaqlarga tajribadan olingan quyidagi bog'lanishlar grafiCarini chizing:

- kondensatordan uchib chiqishda vertikal siljish(Y) ning boshlang'ich tezlik teskari qiymati kvadrati  $(1/\mathcal{G}_{0x})^2$  ga bog'liqligi;
- kondensatordan uchib chiqishda tezlikning vertikal tashkil etuvchisi  $\mathcal{G}_y$  ning boshlang'ich tezlik teskari qiymati  $(1/\mathcal{G}_{0x})$  ga bog'liqligi.

Har bir grafik uchun zarraning solishtirma zaryadi qiymatini toping.

Bunda birinchi grafik uchun  $\frac{q}{m} = \frac{2}{EL^2} \frac{\Delta(Y)}{\Delta(\frac{1}{v_{0x}^2})}$  formuladan, ikkinchisi

uchun esa

$\frac{q}{m} = \frac{1}{EL} \frac{\Delta(v_y)}{\Delta(\frac{1}{v_{0x}})}$  formuladan foydalaning.

Zarraning tajribadan topilgan solishtirma zaryadi o'rtacha qiymatini hisoblang.

Javobni yozing. Javob va grafiCar bo'yicha xulosa chiqaring.

Jadval bo'yicha elektronning solishtirma zaryadi  $e/m = 1.76 \cdot 10^{11} \text{ Kl/kg}$ .

### Nazorat uchun savol va topshiriqlar

1. Elektr zaryadiga ta'rif bering.
2. Elektr zaryadi quyidagi tasnif sinflarining qaysi biriga taalluqligini aniqlang:
  - harakat tasnifi
  - ta'sir tasnifi
3. Zaryadning barcha xossalarini sanab bering.
4. Zaryadning diskretlik xossasini tushuntiring.
5. Zaryadning additivlik xossasini ta'riflang.
6. Zaryadning invariantlik xossasini tushuntiring.
7. Ikkita qo'zg'almas zaryadning o'zaro ta'sir kuchini ifodalovchi Kulon qonunini yozing.
8. Elektrostatik (elektr) maydonga ta'rif bering.
9. Elektr maydon kuchlanganligini ta'riflang.
10. Elektr maydon kuchlanganligini ifodalovchi formulani yozing.
11. Berilgan kuchlanishdagi elektr maydonda nuqtaviy zaryadgata'sir etuvchi elektr kuchini ifodalovchi formulani yozing.
12. Koordinatalar boshida joylashgan nuqtaviy zaryad uchun elektr maydon kuchlanganligi formulasini yozing.
13. Elektr maydon uchun superpozitsiya prinsipini tushuntiring.
14. Elektr maydon potensialini ta'riflang.
15. Koordinatalar boshida joylashgan nuqtaviy zaryad uchun elektr maydon potentsiali formulasini yozing.
16. Qanday maydon bir jinsli hisoblanadi?
17. Yassi kondensatorning sig'imi formulasini yozing.
18. Yassi kondensator plastinkalari orasida qanday maydon mavjud bo'ladi?
19. Elektronning yassi kondensator plastinkalari orasidagi harakat trayektoriyasi qanday shacda bo'ladi?

## 2.2 – Laboratoriya ishi

### Nuqtaviy zaryadlarning elektr maydoni

#### Ishning maqsadi

- Nuqtaviy manbalarning elektr maydonini modellashtirish bilan tanishish.
- Nuqtaviy zaryad va elektr dipoli(ED)ning elektr maydonlari qonuniyatlarining tajribada tasdiqlanishi.
- Elektr doimiysining qiymatini tajribada aniqlash.

#### Qisqacha nazariya

Qo'zg'almas zaryadlarning elektr maydoni elektrostatik maydon deyiladi. U vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi. Elektrostatik maydon faqat elektr zaryadlari tomonidan hosil qilinadi. U zaryadlar atrofini o'rab turuvchi fazoda hosil bo'ladi va ular bilan chambarchas bog'langan. "Zaryad" deb zaryadlangan zarrachaga, "nuqtaviy zaryad" deb esa elektr zaryadiga ega bo'lgan moddiy nuqtaga aytiladi.

Elektr zaryadining asosiy xossalari:

1. Eng asosiy xususiyati – 2 turda, ya'ni, "musbat" va "manfiy" turlarda mavjud bo'lishidir. Bir xil ishorali zaryadlar itarishadi, har xil ishorali zaryadlar tortishadi.
2. Zaryad diskret bo'lib, har bir jismning zaryadi miqdor jihatdan elektron zaryadiga ( $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ K}\ell$ ) karralidir.
3. Zaryad invariantdir, ya'ni uning qiymati ixtiyoriy inersial sanoq tizimida bir xil.
4. Zaryad additivdir, ya'ni, jismlar tizimining zaryadi alohida olingan jismlar zaryadlarning yig'indisiga teng.
5. Zaryad saqlanadi – izolatsiyalangan (yopiq) jismlar tizimining to'la elektr zaryadi bu tizimda sodir bo'ladigan jarayonlarda o'zgarmaydi.

Nuqtaviy zaryadlar Kulon qonuni bo'yicha o'zaro ta'sirlashadi

$$\vec{F} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^3} \cdot \vec{r}$$

bu yerda  $\vec{r}$  – birlik radius vektor bo'lib, zaryadlarni tutashtiruvchi to'g'ri chiziq bo'ylab yo'nalgan.

Elektr maydon kuchlanganligi nuqtaviy zaryadga maydon tomonidan ta'sir etuvchi kuchning shu zaryad miqdoriga nisbatiga teng.



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

Nuqtaviy zaryadning maydon kuchlanganligi:

$$\vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \vec{r}$$

EM grafik ko'rinishda kuchlanganlik chiziqlari yoki kuch chiziqlari orqali ta'svirlanadi. Kuch chiziqlari deb, shunday chiziq'larga aytiladiki, ularning har bir nuqtasiga o'tkazilgan urinma vektorning yo'nalishi bilan mos tushadi.

EM uchun superpozitsiya prinsipi bajariladi: bir necha manba hosil qilgan EM kuchlanganligi, har bir manba hosil qilgan maydon kuchlanganligi vektorlarining geometrik yig'indisiga teng.

$$\vec{E} = \sum_i \vec{E}_i$$

EM kuchlanganlik vektori oqimi deb, EM kuchlanganligi bilan sirt elementining skalyar ko'paytmasidan biror S sirt bo'ylab olingan integralga aytiladi:

$$\Phi_E = \int_S \vec{E} d\vec{S}$$

bunda  $d\vec{S}$  vektor sirtga tushirilgan normal bo'ylab yo'nalgan.

EM uchun Ostrogradskiy - Gauss teoremasi:

Yopiq S sirt orqali kuchlanganlik vektori oqimi, shu sirt ichidagi zaryad yig'indisiga proporsionaldir

$$\Phi_E = \oint_S \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_i q_i$$

Berilgan nuqtada EM potentsiali deb, birlik musbat zaryadni berilgan nuqtadan cheksizlikka ko'chirishda bajarilgan ishga miqdor jihatdan teng bo'lgan skalyar kattalikka aytiladi:

$$\varphi = \frac{A_{1\infty}}{q} \text{ yoki } \varphi(r) = \int_{r_1}^{\infty} \vec{E} d\vec{r}$$

Kuchlanganlik va potentsial o'rtasidagi bog'lanish:

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

bu yerda gradiyent operatori

$$\text{grad} = \left\{ \frac{\partial}{\partial x}; \frac{\partial}{\partial y}; \frac{\partial}{\partial z} \right\} = \vec{\nabla}$$

Dipol turli ishorali, modul jihatdan teng 2 ta zaryaddan iborat bo'lgan, bir – biridan masofada joylashgan va o'zaro bog'langan tizimdir ( $\vec{l}$  - dipol yelkasi bo'lib, manfiy zaryaddan musbat zaryad tomon yo'nalgan).

Dipol momenti quyidagicha aniqlanadi:

$$\vec{p} = q\vec{l}$$

$\vec{p}$  vektor manfiy zaryaddan musbat zaryad tomon yo'nalgan.

Dipolning EM kuchlanganligi maydonlar superpozitsiya prinsipini qo'llash orqali topiladi:

1. Umumiy holda,

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

bunda  $r$  – dipol markazidan maydon kuchlanganligi aniqlanayotgan nuqtaga o'tkazilgan radius vektor qiymati,  $\alpha$  -  $r$  va dipol yelkasi orasidagi burchak.

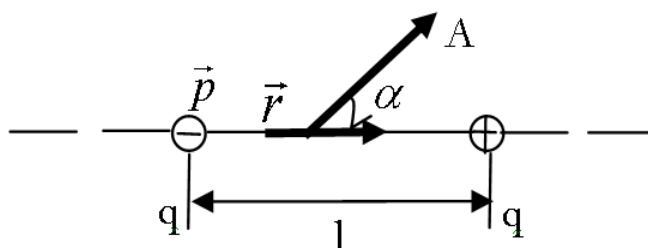
2. Xususiy hollarda:

a) dipol o'qida yotgan nuqtada ( $\alpha = 0$ )

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

b) dipol yelkasining o'rtasiga tushirilgan perpendikularlarda yotgan nuqtada

$$\left(\alpha = \frac{\pi}{2}\right) E = \frac{P}{4\pi\epsilon_0 r^3}$$

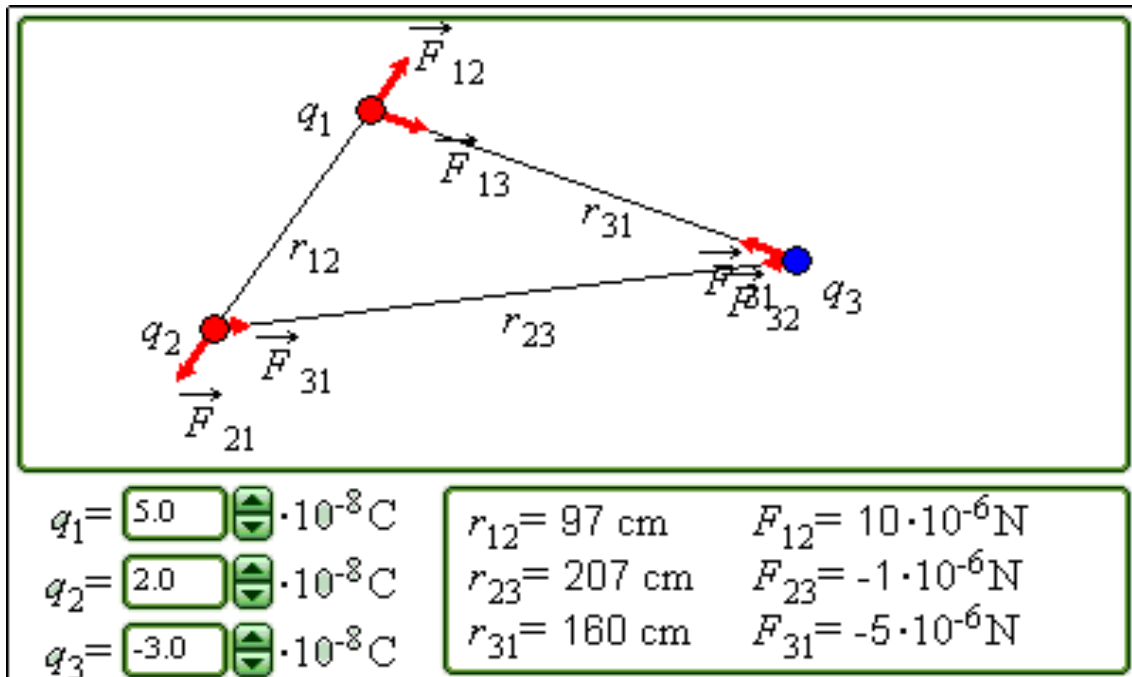


### O'lchash usuli va tartibi

Ushbu laboratoriya ishida elektr maydonlarining superpozitsiya prinsipini tasvirlab beruvchi kompyuter modelidan foydalaniladi. 3 ta nuqtaviy zaryaddan iborat tizimda har ikki zaryad uchinchisi borligidan qat'iy nazar o'zaro Kulon qonuniga asosan ta'sirlashadi. Uchta zaryadning qiymati, ishorasi

va orasidagi masofasini o'zgartirish mumkin. Zaryadlarni ko'chirish kursorni tanlangan zaryad ustiga qo'yib, sichqonchani chap tugmasini bosish orqali amalga oshiriladi. Displayda o'zaro ta'sir kuchining qiymati ko'rinadi. Ta'sir kuchining musbat qiymatiga zaryadlangan zarralarning itarilishi, manfiy qiymatiga esa tortishish mos keladi.

Rasmni diqqat bilan qarab chiqing va keraCisini daftaringizga chizib oling.



1 – jadval. O'lchash natijalari (9ta ustun)

	20	30	...	100
(sm) =				
$1/r^2, \text{ m}^{-2}$				
$E_1, \text{ V/m}$				
$E_2, \text{ V/m}$				
$E_3, \text{ V/m}$				
$E_4, \text{ V/m}$				

2 – jadval.

$q_1$  zaryadning qiymatlari ( $10^{-8} \text{ C}$ ) (ko'chirib olmang)

Brigadalar				
1 va 5	4	6	8	10
2 va 6	4	5	9	10
3 va 7	-4	-5	-7	-9
4 va 8	-4	-6	-8	-10

Namunadan foydalanib 1- jadvalni tayyorlang.

1-jadvalga o'xshash 3 va 4 -jadvallarni ham tayyorlang, faqat ularda 2-qator boshqacha bo'lib, uning mazmuni keyingi bo'limda beriladi.

O'lchashlarni bajarish uchun o'qituvchidan ruxsat oling.

### O'lchashlar

#### 1 – tajriba. Nuqtaviy zaryad maydonini tekshirish

"Sichqoncha" bilan  $q_1$  zaryadni ushlab harakatlantiring va uni tajriba maydonining chap chegarasi yaqiniga joylashtiring.

Birinchi zaryadning qiymatini o'zgartiruvchi surilmani "sichqoncha" yordamida harakatlantirib, Sizning brigadangiz uchun 2-jadvalda ko'rsatilgan zaryad qiymatini o'rnating.

$q_3$  zaryadni birinchi zaryad tagiga joylashtiring va unga 0 qiymat bering.  $q_2$  zaryadning qiymatini  $10^{-8} \text{ Кл}$  ga teng qilib o'rnating.

"Sichqoncha"ning chap tugmasini bosib,  $q_2$  zaryadni o'ng tomon siljiting va birinchi zaryadgacha bo'lgan  $r_{12}$  masofani 1-jadvalda berilgan qiymatda

qo'ying.  $E_1 = \frac{F_{12}}{q_2}$  ning berilgan nuqtalarda o'lchangan qiymatlarini 1 –

jadvalning tegishli qatoriga kiriting.

Tajribani  $q_1$  zaryadning 2 – jadvalda ko'rsatilgan boshqa uchta qiymati uchun takrorlang va  $E_2, E_3, E_4$  larning qiymatini 1 – jadvalga yozing.

#### 2 – tajriba. Dipol maydonini tekshirish.

"Sichqoncha" bilan dipolning ikkinchi zaryadi ( $q_3$ ) qiymatini o'zgartiruvchi surilmani harakatlantiring va 2 –jadvalda brigadangiz uchun ko'rsatilgan zaryad miqdorini ishorasini o'zgartirgan holda qo'ying.

$q_3$  zaryadni shunday siljitingki, dipolning elektr momenti vertikal bo'lsin, dipol yelkasi ( $L = l_3$ ) esa 10 sm ga teng bo'lsin.

"Sichqoncha"ning chap tugmasini bosib turgan holda ikkinchi zaryadni dipol o'qi bo'ylab siljiting.

Dipol o'qidan 1–jadvalda ko'rsatilgan ( $r$ ) masofada  $E_1 = \frac{F_{12}}{q_2}$ ,  $L = r_{12}$  ning qiymatlarini o'lchang va 3 – jadvalga kiriting (3–jadval 1–jadvalga o'xshash bo'ladi, faqat 2-qatorda ( $1/r^3, M^{-3}$ ) yoziladi).

Tajribani  $q_1$  (va  $q_3$ ) zaryadning 2–jadvalda ko'rsatilgan boshqa uchta qiymati uchun takrorlang va  $E_2, E_3, E_4$  larning qiymatini 3 – jadvalga yozing.

### Natijalar ustida ishlash va hisobot tayyorlash

1 va 3-jadvallarning ikkinchi qatoridagi qiymatlarni hisoblang va yozing.

Alohida bir varaqqa nuqtaviy zaryad EM kuchlanganligi (YE) bilan masofa kvadratining teskari qiymati ( $1/r^2$ ) bog'liqlanishi grafigini chizing.

Ikkinchi varaqqa dipol o'qidagi EM kuchlanganligi (YE) bilan masofa kubining teskari qiymati ( $1/r^3$ ) bog'liqlanishi grafigini chizing.

Har bir grafikdagi qiyalik burchagi tangensi bo'yicha elektr doimiysini

$$\varepsilon_0 = \frac{q_1}{4\pi} \frac{\Delta\left(\frac{1}{r^2}\right)}{\Delta(E)}$$

formula bo'yicha birinchi chizmadan,

$$\varepsilon_0 = \frac{p}{4\pi} \frac{\Delta\left(\frac{1}{r^3}\right)}{\Delta(E)}$$

formula bo'yicha ikkinchi chizmadan ( $r$  ning katta qiymatlari uchun) aniqlang

Elektr doimiysining o'rtacha qiymatini hisoblang.

Javoblarni yozing. Javoblar va grafiCarni tahlil qiling.

## Nazorat uchun savol va topshiriqlar

1. Elektr maydoni (EM) deb nimaga aytiladi?
2. EM manbalarini ayting.
3. Zaryadning asosiy xossalari ayting va tushuntiring.
4. Zaryadlar o'rtasida qanday kuch ta'sir etadi?
5. EM kuchlanganlik chiziqlariga ta'rif bering. Ular nima uchun chiziladi?
6. Kulon qonunini yozing.
7. Nuqtaviy zaryad uchun maydon kuchlanganligi formulasini yozing.
8. EM uchun superpozitsiya prinsipini ta'riflang.
9. EM oqimi ta'rifini ayting.
10. EM uchun Gauss teoremasini ta'riflang va yozing.
11. Elektr dipoli deb nimaga aytiladi?
12. Dipol (elektr) momenti formulasini yozing va izohlang.
13. Dipol o'qidagi EM kuchlanganlik formulasini yozing va ta'riflang.
14. Tok o'ramning magnit momenti deganda nimani tushunasiz?
15. Dipol markazi orqali o'tuvchi maydon chiziqlari qanday shaklga ega?
16. EM potentsiali nima va undan nima uchun foydalaniladi?
17. Gradiyent nima?

## 2.3 – Laboratoriya ishi

### O'zgarmas tok qonunlari

#### Ishning maqsadi:

- O'zgarmas elektr toki zanjirlarini kompyuterda modellashtirish prinsiplari bilan tanishish;
- Elektr zanjirining yaratilgan modelidan foydalanib Om va Kirxgof qonunlarini o'rganish
- Asosiy qonunlar yordamida o'zgarmas elektr toki zanjiri tavsiflarini aniqlash.

#### Qisqacha nazariya:

##### Tok kuchi:

$$I = \frac{dq}{dt} .$$

**Zanjirning bir qismi uchun Om qonuni:** bir jinsli (chetki kuchlar mavjud bo'lmagan) metal o'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchi o'tkazgichdagi kuchlanish tushuvi( $U$ )ga to'g'ri proporsional, o'tkazgichning elektr qarshiligi( $R$ )ga teskari proporsionaldir

$$I = \frac{U}{R}$$

**Rezistor** deb ma'lum o'zgarmas qarshilikka ega bo'lgan qurilmaga aytiladi.

Rezistordagi kuchlanish  $U_R = IR$

##### Zanjirning bir jinsli bo'lmagan qismi uchun Om qonuni

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon_{12}}{R} ,$$

bu yerda  $\varphi_1$  va  $\varphi_2$  - zanjir qismi uchlaridagi potentsiallar,  $R$ -zanjirning mazkur qismiga ta'sir etayotgan EYUK.

##### Berk zanjir uchun Om qonuni

$$I = \frac{\varepsilon}{R} ,$$

bu yerda  $\varepsilon$  -zanjirdagi EYUCar yig'indisi,  $R$  - zanjirdagi qarshiliCar yig'indisi.

**Tarmoqlangan zanjir** deb tugunlarga ega bo'lgan elektr zanjiriga aytiladi. Tugun deb esa ikkitadan ko'p o'tkazgichlar tutashgan nuqtaga aytiladi. Tugun tomon kelayotgan toCar musbat, tugundan chiqayotgan toCar manfiy deb hisoblanadi.

**Kirxgofning birinchi qoidasi:** tugunda uchrashuvchi toCarning algebraik yig'indisi nolga teng

$$\sum_{k=1}^n I_k = 0$$

**Kirxgofning ikkinchi qoidasi:** Zanjirdan xayolan ajratib olingan istalgan yopiq konturdagi kuchlanishlar tushishining algebraik yig'indisi, shu konturda ta'sir qilayotgan EYUK ning algebraik yig'indisiga teng bo'ladi

$$\sum_{k=1}^n I_k R_k = \sum_{i=1}^n \mathcal{E}_i$$

Tarmoqlangan zanjirni tahlil qilishda, barcha ketma-ket ulangan elementlar orqali bir tugundan ikkinchisiga oqayotgan toCarni bir xil indeks bilan belgilash lozim. Har bir tokning yo'nalishi ixtiyoriy ravishda tanlanadi.

Kirxgofning ikkinchi qoidasi asosida tenglamalar tuzishda, tanlangan aylanib chiqish yo'nalishiga qarab, tok va EYUK lar musbat yoki manfiy ishorali deb olinadi:

- agar tokning yo'nalishi aylanib chiqish yo'nalishi bilan mos tushsa, tokni musbat deb, qarama-qarshi bo'lsa manfiy deb hisoblash qabul qilingan;
- agar EYUK ning ta'sir yo'nalishi (u hosil qilayotgan tokning yo'nalishi) aylanib chiqish yo'nalishi bilan mos tushsa, EYUK musbat ishorali deb hisoblanadi.

Kirxgofning birinchi qoidasi asosidagi tenglamalar soni zanjirdagi tugunlar sonidan bitta kam bo'lishi kerak. Kirxgofning ikkinchi qoidasi asosidagi mustaqil tenglamalar soni shunday bo'lishi kerakki, bunda tenglamalarning umumiy soni turli toCar soniga teng bo'lishi lozim. Har bir yangi kontur hech bo'lmaganda oldin ko'rib chiqilgan konturlarga kirmagan zanjirning bir qismini o'z ichiga olishi kerak.



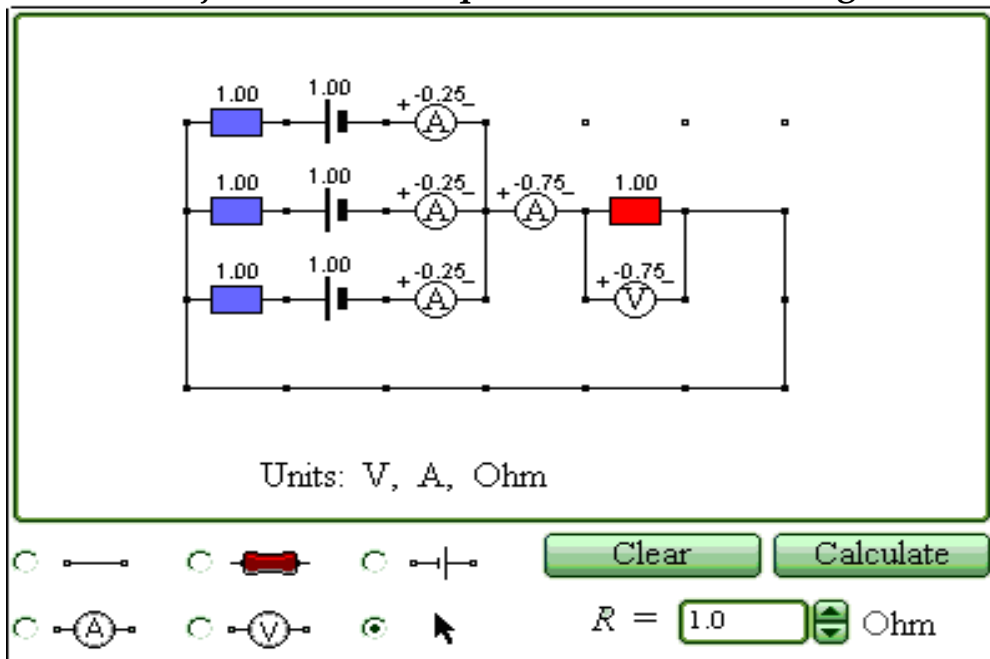
## O'lchash usuli va tartibi

Ushbu laboratoriya ishida bitta rezistorga parallel ulangan uchta EYUK manbasi mavjud bo'lgan tarmoqlangan oddiy elektr zanjiri modeli tekshiriladi.

Rasmni diqqat bilan o'rganib chiqing, barcha regulyatorlar va boshqa asosiy elementlarni toping va ularni daftaringizga chizib oling.

Manbalarni tagma-tag joylashtirib, har bir manbaning ichki qarshiligi mavjudligini hisobga olgan holda konspektingizga zanjirning ekvivalent sxemasini chizing. Zanjirning har bir qismidagi to'qarning yo'nalishini, EYUK ishoralarini va har qaysi yopiq konturni aylanib chiqish yo'nalishlarini ko'rsating. Zanjirning har bir qismidagi tokni topish uchun tenglamalar tizimini tuzing.

**O'lchashlarni bajarish uchun o'qituvchidan ruxsat oling.**



## O'lchashlar

1. Ekranda berilgan ekvivalent zanjirni yig'ing. Buning uchun dastlab sichqonchanning chap tugmasi yordamida ekranning pastki qismidagi EYUK tugmasini bosing. Sichqoncha kursorini ekranning nuqtalar joylashgan ishchi qismiga siljiting. Ushbu laboratoriya ishi qo'llanmasidagi sxema chizmasiga qarab ishni davom ettiring. Birinchi EYUK manbasi joylashadigan ekranning

ishchi qismiga kursorni keltirib, sichqonchanning chap tugmasini bosing. Sichqoncha kursorini bir katak pastga siljiting va birinchi manba joylashgan joy tagida chap tugmani yana bir marta bosing. Bu yerda ikkinchi EYUK manbasi paydo bo'ladi. Uchinchi manbani ham shu tartibda joylashtiring.

2. Har bir manbaga ketma-ket qilib uning ichki qarshiligini ko'rsatuvchi rezistorini (ekranning pastki qismidagi R tugmasini bosgan holda) va ampermetrni (o'sha joydagi A tugmani bosgan holda) joylashtiring. Shundan keyin yuCanish rezistorini va unga ketma-ket qilib ampermetrni joylashtiring. YuCanish rezistori tagida undagi kuchlanishni o'lchovchi voltmetrni joylashtiring.

3. Birlashtiruvchi simlarni ulang. Buning uchun ekranning pastki qismidagi simlar tugmasini bosing va sichqoncha kursorini sxemaning ishchi zonasiga suring. Kursorni sim o'tishi kerak bo'lgan joyga keltirib sichqonchanning chap tugmasini bosing.

4. Har bir element uchun parametrlar qiymatini belgilang. Buning uchun kursorni strekkali tugmaga keltirib, sichqonchanning chap tugmasini bosing. Keyin berilgan elementni bosib belgilang. Sichqoncha kursorini regulyatorning surgichiga olib boring va sichqonchanning chap tugmasini bosing hamda uni bosilgan holda ushlab turib, parametr kattaligini o'zgartiring va Sizning brigadangiz uchun 1-jadvalda berilgan son qiymatini o'rnating.

5. YuCanish rezistori qarshiligini  $R=1$  Om qilib o'rnating. Barcha toCarni va yuCanishdagi kuchlanish qiymatlarini ("Hisoblash" tugmasini sichqoncha yordamida bosib) o'lchang va ularni 2-jadvalga yozing. R qarshilikni o'zgartirib, parametrlarni o'lchashni takrorlang va 2-jadvalni to'ldiring.

**1-jadval. Manbalardagi EYUK va ichki qarshiliCarning qiymatlari**  
(chizib olmang)

Brigada	1	2	3	4	5	6	7	8
$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ [V]	3,7,-2	4,-3,-8	3,6,-4	6,-2,- 8	-6,5,8	5,8,-4	-4,6,- 7	8,-4,6
$R_1, R_2, R_3$ [Om]	2,1,1	1,3,1	2,1,2	1,1,2	2,1,1	1,2,1	1,1,2	1,3,1

**2-jadval. O'lchash natijalari**

R[Om]	I <sub>1</sub> [A]	I <sub>2</sub> [A]	I <sub>3</sub> [A]	I [A]	U [V]
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

### 3-jadval. Hisoblash natijalari

I <sub>1</sub> [A]	I <sub>2</sub> [A]	I <sub>3</sub> [A]	I [A]

### Olingan natijalar ustida ishlash va hisobot tayyorlash

- Tuzgan zanjiringiz bo'yicha barcha to'ra uchun umumiy ko'rinishda tenglamalar tizimining yechimini yozing.
- Yuqoridagi qarshiliklarning har biri uchun barcha to'raning qiymatlarini hisoblang va 3-jadvalga yozing.
- Yuqoridagi kuchlanish tushuvi (U) ning undan o'tayotgan tok (I) ga bog'lanish grafigini chizing.
- Grafik asosida xulosalar chiqaring.

## Nazorat uchun savol va topshiriqlar

1. Elektr toki deb nimaga aytiladi?
2. Tok kuchiga ta'rif bering.
3. Potensiallar farqi (kuchlanish)ga ta'rif bering.
4. Rezistor nima?
5. Ketma-ket ulangan rezistorlar qarshiligini hisoblash formulasini yozing.
6. Parallel ulangan rezistorlar qarshiligini hisoblash formulasini yozing.
7. Zanjirning bir qismi uchun Om qonunini yozing va uni Om qonunining differensial sharti bilan solishtiring.
8. Zanjirning qanday qismi bir jinsli emas deb hisoblanadi?
9. Zanjirning bir jinsli bo'lmagan qismi uchun Om qonunini yozing.
10. EYUK manbasining qanday tavsiflari mavjud?
11. Kirxgofning birinchi qonunini ta'riflang. Unda zaryadning qanday xususiyati ifodalangan?
12. Kirxgofning birinchi qonunini ifodalovchi formulani yozing.
13. Kirxgofning ikkinchi qonunini ta'riflang.
14. Kirxgofning ikkinchi qonunini ifodalovchi formulani yozing.
15. Elektr zanjirining tuguni deganda nimani tushunasiz?
16. To'liq elektr zanjiri nima?

## 2.4 – Laboratoriya ishi

### O'zgarmas tok manbalarining elektr yurituvchi kuchi va ichki qarshiligi. To'liq zanjir uchun Om qonuni.

#### Ishning maqsadi:

Tok manbaining ichki qarshiligini va elektr yurituvchi kuchini aniqlash.

#### Qisqacha nazariya.

O'zgarmas tok manbalari o'tkazgichda elektr tokini hosil qiladi. Bunday qurilmada zaryadlarga Kulon kuchidan farq qiluvchi boshqa kuchlar ta'sir etishi kerak. Birgina elektrostatik kuchlar (Kulon kuchlari) zanjirda o'zgarmas tokni saqlab tura olmaydi. Elektrostatik (Kulon) kuchlaridan tashqari zaryadlangan zarralarga ta'sir etayotgan barcha boshqa kuchlar chetki kuchlar deyiladi. Kontur bo'ylab zaryadni ko'chirishda chetki kuchlar bajargan ish()ning shu zaryadga nisbati manbaning elektr yurituvchi kuchi (EYUK) deyiladi

$$\varepsilon = \frac{A_{uem}}{q} \quad (1)$$

EYUK ham kuchlanish kabi voltlarda o'lchanadi.

Ish – energiyani bir turdan boshqa turga aylantirish o'lchovidir. Demak, manbada chetki energiya elektr maydon energiyasiga aylanadi

$$W = \varepsilon \cdot q \quad (2)$$

Zaryad zanjirning tashqi qismida harakatlenganda manba tomonidan hosil qilingan va saqlab turilgan statsionar maydon enargiyasiga aylanadi

$$W_1 = U_m \cdot q \quad (3)$$

Zanjirning ichki qismida esa

$$W_2 = U \cdot q \quad (4)$$

Energiyaning saqlanish qonuniga ko'ra

$$W = W_1 + W_2 \quad \text{yoki} \quad \varepsilon \cdot q = U_m \cdot q + U \cdot q \quad (5)$$

q ga qisqartirib, quyidagini hosil qilamiz

$$\varepsilon = U_m + U \quad (6)$$

ya'ni, EYUK zanjirning tashqi va ichki qismidagi kuchlanishlarning yig'indisiga teng.

Agar zanjir berk bo'lmasa  $U_m = 0$ , unda EYUK manbaning uchlaridagi kuchlanishga teng

$$\varepsilon = U \quad (7)$$

tenglikka  $U_m$  ning ifodasini qo'yib va zanjirning bir jinsli qismi uchun Om qonunidan foydalanib

$$U_m = I \cdot R, \quad U = I \cdot r$$

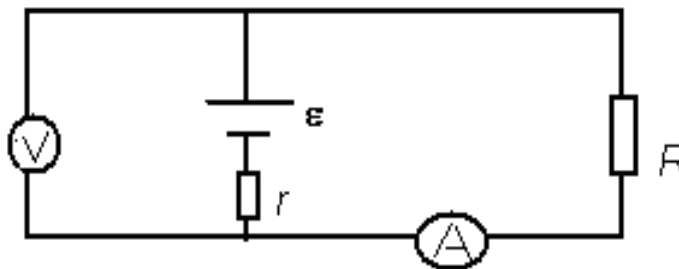
quyidagini hosil qilamiz

$$\varepsilon = I \cdot R + I \cdot r = I(R + r) \quad (8)$$

Bundan

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r} \quad (9)$$

Shunday qilib, zanjirdagi tok kuchi manba elektr yurituvchi kuchining zanjirdagi tashqi va ichki qarshilari yig'indisiga nisbati bilan aniqlanadi. Bu to'liq yoki berk zanjir uchun Om qonunidir.



Tok kuchlarining qiymatlari  $I_1$  va  $I_2$  hamda turli  $R$  lar uchun reostatdagi kuchlanish tushuvlari ma'lum bo'lsin (1-rasm). EYUK uchun quyidagini yozish mumkin

$$\varepsilon = J_1(R_1 + r) \text{ va } \varepsilon = J_2(R_2 + r)$$

Bu ikki tenglikning o'ng tomonlarini tenglashtirsak

$$J_1(R_1 + r) = J_2(R_2 + r)$$

yoki

$$J_1 R_1 + J_1 r = J_2 R_2 + J_2 r$$

$$J_1 r - J_2 r = J_2 R_2 - J_1 R_1$$

$J_1 R_1 = U_1$  va  $J_2 R_2 = U_2$  bo'lganligi uchun, oxirgi tenglikni quyidagi ko'rinishda yozish mumkin.

$$(J_1 - J_2)r = U_2 - U_1$$

Bundan:

$$r = \frac{U_2 - U_1}{J_1 - J_2}$$

**Ishni bajarish tartibi**

1-jadval. Reostatdagi qarshilik qiymatlari (R, om) (daftaringizga ko'chirmang)

Brigadalar					
1 va 5	0.5 va 1	1.5 va 2	2.5 va 3	3.5 va 4	4.5 va 5
2 va 6	0.7 va 1.2	0.9 va 1.4	1.1 va 1.6	1.3 va 1.9	1.5 va 2.1
3 va 7	2 va 3	4 va 5	6 va 7	6.5 va 7.5	8 va 8.5
4 va 8	1 va 3	2 va 4	2.5 va 3.5	3 va 5	4 va 6

2-jadval. O'lchash natijalari.

R,Om	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
U, V										
J, A										
R,Om										

Namunadan foydalanib, 2-jadvalni tayyorlang.

**O'qituvchidan o'lchashlarni bajarish uchun ruxsat oling.**

- 1-rasmda ko'rsatilgan sxema bo'yicha zanjir yig'ing. Reostat qarshiligini o'z brigadangiz uchun 1-jadvalda belgilangan qiymatga tenglashtiring. Batareyadagi EYUK 1.5 V, ichki qarshilik 3 Om.
2. Reostatdagi kuchlanishni va tok kuchini "rasschitat" tugmasini bosib o'lchang. O'lchash asboblarning ko'rsatishini yozib oling.

3. Reostatning qarshiligini o'zgartiring va tok kuchi hamda kuchlanishning boshqa qiymatlarini yozib oling.
4. Reostat qarshiligining 10 ta turli qiymati uchun tok kuchi va kuchlanishni o'lchang. Olingan qiymatlarni 2-jadvalga yozing.
5. (11) formula bo'yicha ichki qarshilikni hisoblang.

### **Nazorat uchun savol va topshiriqlar**

1. Qanday kuchlar chetki kuchlar deyiladi?
2. Tok manbaining elektr yurituvchi kuchi nima?
3. Berk bo'lmagan tashqi zanjirda manbaining elektr yurituvchi kuchi nimaga teng?
4. To'liq zanjir uchun Om qonunini ta'riflang.
5. Tok manbaining ichki qarshiligi nima?
6. Berk zanjirning to'la qarshiligi nimaga teng?
7. Batareya qisqa tutashuv tokining kuchi qanday aniqlanadi?



## 2.5 – Laboratoriya ishi

### Magnit maydoni

#### Ishning maqsadi.

- Turli manbalarning magnit maydonini modellashtirish bilan tanishish.
- To'g'ri tok va to'ra o'ram (kontur) uchun magnit maydon qonuniyatlarining tajribada tasdiqlanishini tekshirish.
- Magnit doimiysi qiymatini tajriba orqali aniqlash.

#### Qisqacha nazariya.

Magnit maydoni (MM) deb, elektr jihatdan neytral bo'lgan to'ra o'tkazgichga magnit deb ataluvchi kuch ta'sir etayotgan fazo qismiga aytiladi. Elektr zaryadiga ega bo'lgan harakatlanayotgan zarracha (zaryad) MMning manbasi hisoblanadi, bu zaryad shuningdek, elektr maydonini ham hosil qiladi.

Agar biror harakatlanayotgan zaryadli zarra (№1 zaryad) yaqinida, xuddi shunday (v) tezlik bilan harakatlanayotgan ikkinchi zaryadli zarra (№2 zaryad) mavjud bo'lsa, u holda ikkinchi zaryadga 2 ta kuch - Fe| elektr (Kulon) kuchi va elektr kuchidan  $\left(\frac{v}{c}\right)^2$  marta kichik bo'lgan  $F_m$  magnit kuchi ta'sir etadi (bu yerda  $s$  - yorug'lik tezligi).

Deyarli barcha to'ra o'tkazgichlar uchun kvazineytrallik prinsipi bajariladi: ya'ni, o'tkazgich ichida zaryadli zarralarning mavjud bo'lishiga va harakatlanishiga qaramay, uning ixtiyoriy (uncha kichik bo'lmagan) bo'lagida elektr zaryadlarining yig'indisi 0 ga teng bo'ladi. Shu sababli, odatda to'ra o'tkazgichlar o'rtasida faqat magnit ta'sirlar kuzatiladi.

**Magnit induksiyasi** – MM ni kuch jihatdan tavsiflovchi kattalik bo'lib, to'ra o'tkazgichga MM ning ta'sir kuchini ifodalaydi. U vektor kattalik,  $\vec{B}$  harfi bilan belgilanadi.

Harakatlanuvchi elektr zaryadlarining o'zaro ta'sirini nisbiylik nazariyasi (relyativizm)ni ham hisobga olgan holda tahlil qilinganda; dL elementar uzunlikdagi I - to'ra o'tkazgich hosil qilgan magnit induksiya vektori uchun quyidagi ifodani yozish mumkin (Bio-Savar-Laplas yoki BSL qonuni)

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^2} [d\vec{l}, \vec{r}_r]$$

bu yerda  $\vec{r}$  – kuzatish nuqtasining radius – vektori e - birlik radius – vektor, kuzatish nuqtasi orgonal yo'nalgan,  $\mu_0$  - magnit doimiysi.

MM superpozitsiya prinsipiga bo'ysunadi: bir necha manba hosil qilgan natijaviy MM induksiyasi, har bir manba hosil qilgan magnit induksiya vektorlarining geometrik yig'indisiga teng.

$$\vec{B}_{SUMM} = \sum_i \vec{B}_i$$

**Magnit maydon (MM) sirkulyatsiyasi** deb, MM induksiyasining kontur elementiga skalyar ko'paytmasiga aytiladi.

$$\Gamma_B = \int_L \vec{B} d\vec{l}$$

**MM sirkulyatsiyasi qonuni** (to'liq tok qonuni) berk kontur bo'yicha MM sirkulyatsiyasi shu kontur sirti S (L) ni sizib chiquvchi to'liq tok yig'indisi to'g'ri proporsional

$$\Gamma_{0B} = \oint_{L_0} \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \sum_j I_j$$

BSL qonuni va MM superpozitsiya prinsipi yordamida boshqa ko'pgina qonuniyatlarni olish imkonini beradi, xususan turlishaCdagi to'liq tok o'tkazgichlar hosil qilgan magnit maydon induksiyasini hisoblash mumkin.

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

Cheksiz uzun to'g'ri to'liq tok o'tkazgichning magnit maydon induksiyasi

To'g'ri to'liq tok o'tkazgichning magnit induksiya chiziqlari, markazi o'tkazgich o'qida joylashgan, o'tkazgichga perpendikular tekislikda yotuvchi konsentrik aylanalardan iborat.

R radiusli J to'liq tok aylana kontur o'qidagi va uning markazidan masofada joylashgan nuqtadagi magnit maydon induksiyasi:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{\vec{p}_m}{(R^2 + r^2)^{3/2}}$$

bunda,  $\vec{p}_m = IS\vec{e}_n$  S yuzali o'ramning magnit momenti,  $\vec{e}_n$  - o'ram sirtiga tushirilgan normal – birlik vektor.

**Solinoid** deb buzun to'liq tok g'altakka aytiladi. Solinoid markaziga yaqin nuqtalarda MM induksiyasining qiymati juda kam o'zgaradi. Bunday maydonni bir jinsli maydon deb hisoblash mumkin.

MM sirkulyatsiyasi qonunidan solenoid markazidagi MM induksiyasini hisoblash formulasini olish mumkin.

$$B = \mu_0 I_n$$

bunda,  $n$ - solenoidning uzunlik birligiga mos keluvchi o'ramlar soni.

O'lchash usuli va tartibi

Kompyuter modelini tasvirlovchi rasmni diqqat bilan o'rganing. Undagi barcha asosiy regulyatorlarni va tajriba maydonini toping. KeraCisini konspektingizga chizib oling.

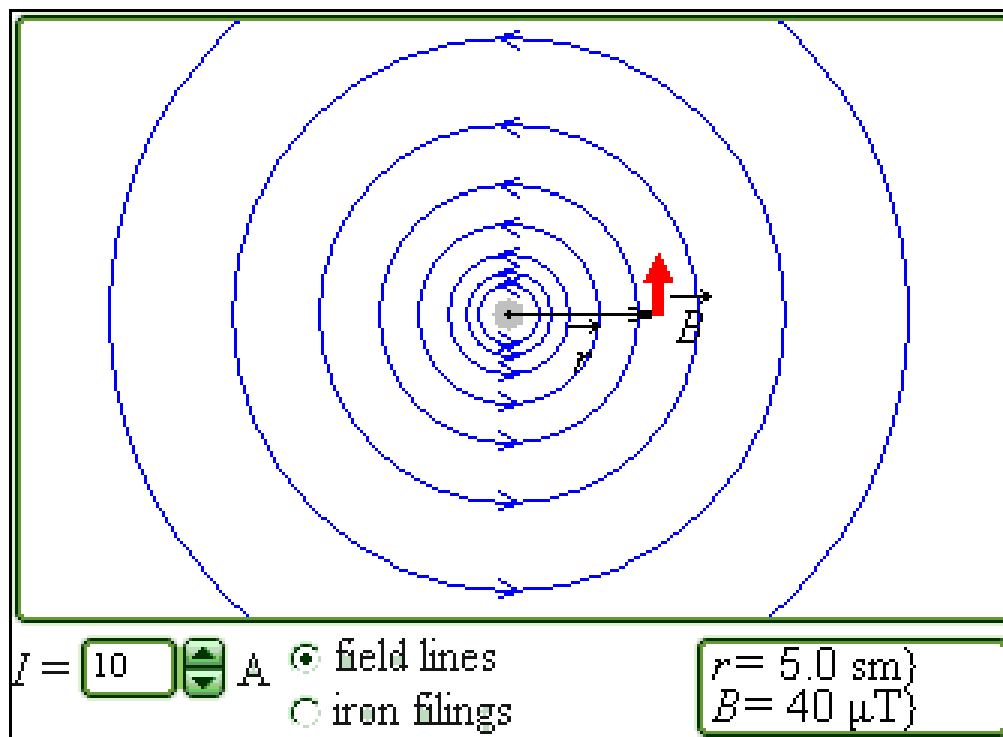
### 1-model. To'g'ri tokning magnit maydoni.

Bu model to'g'ri to'g'ri o'tkazgichning magnit maydon kuch chiziqlarini tokning turli qiymatlari uchun namoyish etadi. Magnit maydon induksiyasi maydonning ixtiyoriy nuqtasida o'lchanishi mumkin.

Vektorning musbat yo'nalishi sifatida soat miliga teskari yo'nalish qabul qilingan.

Bunda to'g'ri tokning magnit maydon induksiyasi to'g'ri o'tkazgichgacha bo'lgan masofaga teskari proporsionalligiga ishon hosil qilish mumkin.

Magnit maydon tuzilishi tajribada temir kukunchalari yordamida ko'rsatilishi mumkin.

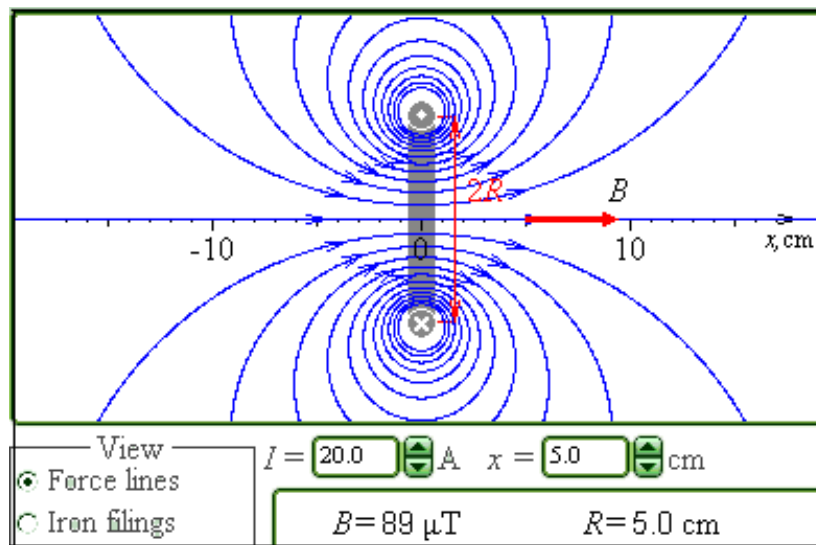


### 2 – model. Aylana to'g'ri o'ramning magnit maydoni.

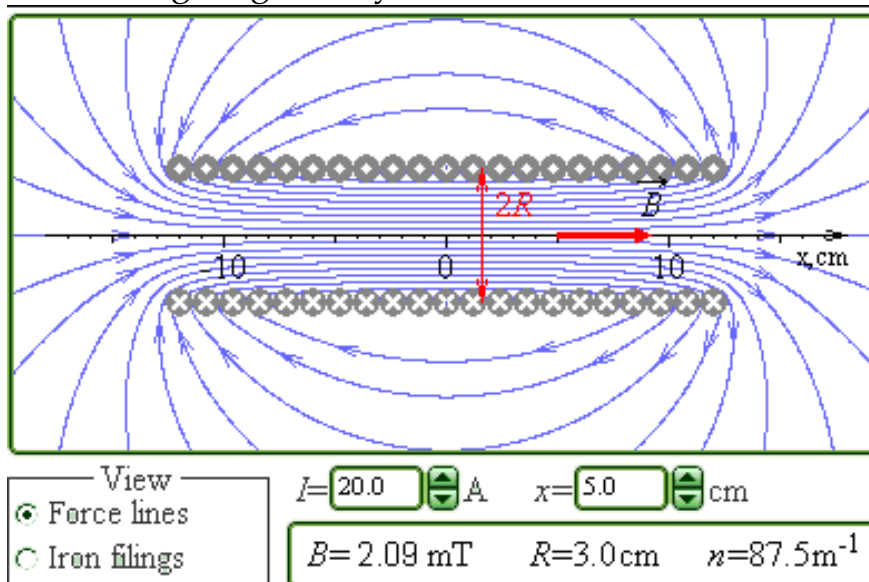
Solenoid deb, uzun to'g'ri g'altakka bir biriga zich o'ralgan o'tkazgichga aytiladi. Solenoid ichida magnit maydon bir jinsli. Bir jinslilik faqat solinoid uchlariga yaqin nuqtalarda buziladi.

Kompyuter modeli solenoidning magnit maydon tuzilishini namoyish etadi va g'altak o'qining har xil nuqtalaridagi magnit maydon induksiyasini o'lchash imkonini beradi.

Solenoid magnit maydoni tuzilishini temir kukunlari yordamida tajribada namoyish etish mumkin.



## 2 – model. Solenoidning magnit maydoni



1 - jadval  
O'lchash natijalari.

r (sm) =	2	3	...	10
1/r, m <sup>-1</sup>				
B <sub>1</sub> , Tl				
B <sub>2</sub> , Tl				
B <sub>3</sub> , Tl				
B <sub>4</sub> , Tl				

2 – jadval  
. Tok qiymatining kattaligi

Brigadalar	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>4</sub>
1 va 5	5	10	15	20
2 va 6	-5	-10	-15	-20
3 va 7	-15	-10	5	10
4 va 8	-20	-15	-10	5

Namunada ko'rsatilgandek 1 – jadvalni tayyorlang . Xuddi shuningdek 1 – jadvalga o'xshash 3 va 4 jadvallarni ham tayyorlang. Faqat 2 – qatori bo'lmaydi. Bu jadvallarning mazmunini keyin bo'limdan qarang  
O'qituvchidan o'lchashlarni bajarish uchun ruxsat oling

## O'lchashlar.

### 1-Tajriba.

- "To'g'ri tokning magnit maydoni" degan tajribani ishga tushiring. To'g'ri o'tkazgichning MM induksiya chiziqlarini kuzating.
- "Sichqoncha" bilan tok regulyatorining harakatlantirgichining ushlab siljiting. Brigadangiz uchun 2- jadvalda berilgan tok qiymatini belgilang.
- "Sichqoncha" yordamida "qo'l"ni o'tkazgich yaqinida siljitib, "sichqoncha"ning chap tugmasini bosing. r ning va V ning qiymatlarini 1 – jadvalga kiriting. 2 – jadvaldagi tokning qolgan 3 qiymati uchun o'lchashni takrorlang.

### 2 – Tajriba.

- Ichki oynaning yuqoridagi o'ng burchagidagi knopkani bosib 1 – tajriba oynasini yoping. So'ngra "Aylana to'ra o'ramning magnit maydoni" degan keyingi tajribani qo'ying. Aylana o'ram (kontur) ning MM induksiya kuch chiziqlarini kuzating.
- "Sichqoncha" bilan tok regulyatorining harakatlantirgichini ushlab siljiting va brigadangiz uchun 2 – jadvalda berilgan tok qiymatini belgilang.
- "Sichqoncha" yordamida "qo'l"ni o'ram o'qi bo'ylab siljitib "sichqoncha"ning chap knopkasini 1 – jadvalda ko'rsatilgan o'ram o'qidan r masofadan bosing.

r va B ning qiymatlarini 3 – jadvalga kiriting. U xudi 1- jadval singari tuziladi, faqat 2 qatorida

$1/(R^2+r^2)^{3/2}$  qiymat yoziladi. 2 – jadvaldagi tokning qolgan 3 ta qiymati uchun ham o'lchashlarni takrorlang.

### 3 – Tajriba.

1 - Ichki oynaning yuqoridagi o'ng burchagidagi tugmani bosib, tajriba oynasini yoping. So'ngra "Solinoidning magnit maydoni" degan keyingi tajribani qo'ying. Solinoidning MM induksiya chiziqlarini kuzating.

2 - "Sichqoncha" bilan tok regulyatorining harakatlantirgichini ushlab siljiting va brigadangiz uchun 2 – jadvalda berilgan tok qiymatini belgilang.

3- "Sichqoncha" yordamida "qo'l"ni solinoid o'qi bo'ylab siljitib, "sichqoncha"ning chap tugmasini 1 – jadvalda ko'rsatilgan solinoid o'qidan nuqttagacha bo'lgan r masofadan bosib. r va B ning qiymatlarini 4 – jadvalga kiriting. U xudi 1- jadval singari tuziladi, faqat 2 qatoriga hech narsa yozilmaydi. . 2 – jadvaldagi tokning qolgan 3 ta qiymati uchun ham o'lchashlarni takrorlang.

### Olingan natijalar ustida ishlash va hisobot tayyorlash

- 1,3 va 4 – jadvallarning 2 – qatorini hisoblash va yozing.
- Bir varoqqa MM induksiya (V) bilan to'g'ri to'Ci o'tkazgich uchun masofaga teskari (1/r) bog'lanishni chizing.
- Ikkinchi varoqqa to'Ci o'ram o'qidagi MM induksiyasi (V) bilan masofa kubining teskari qiymatiga  $1/(R^2+r^2)^{3/2}$ .
- bog'lanish grafigini chizing.
- Uchinchi varoqqa solenoid o'qidagi MM induksiya (V) Bilan berilgan masofa o'rtasidagi bog'lanishlar birinchi ikkinchi varoqdagi.
- GrafiCarning qiyalik burchagi tangensi bo'yicha magnit doimiysini toping.

$$\mu_0 = \frac{2\pi \Delta(B)}{I \Delta\left(\frac{1}{r}\right)}$$

formulani qo'llab birinchi chizma uchun,

$$\mu_0 = \frac{4\pi}{I} \frac{\Delta(B)}{\Delta\left(\frac{1}{(R^2 + r^2)^{3/2}}\right)}$$

formulani qo'llab ikkinchi chizma uchun.

7. Magnit doimiysining o'rtacha qiymatini hisoblang.
8. Solinoidning magnit maydoni uchun har bir tokda maydonning bir jinslilik sohasi ( $Z$ )ni aniqlang, unda induksiya 10%dan ortiq o'zgarmagan bo'lsin. Bir jinslilik sohasining o'rtacha qiymatini toping.
9. Javoblarning yozing va javoblar va grafiCarni tahlil qiling.

### Nazorat uchun savol va topshiriqlar

1. Magnit maydoni (MM) deb nimaga aytiladi.?
2. MM manbalarini ayting.
3. Harakatlanuvchi zaryadlar o'rtasida qanday kuchlar ta'sirlashadi.
4. Ikkita harakatlanuvchi nuqtaviy zaryadlar o'rtasidagi magnit kuchlaridan necha marta kichik.
5. ToCi o'tkazgichlarning kvazi neytralligini ta'riflang.
6. ToCi o'tkazgichlar o'rtasida qanday kuchlar va nima uchun ta'sir etadi.
7. MM induksiyasi kuch chiziqlarining tarifini bering. Ular nima uchun chiziladi?
8. Bio-Savar-Laplas qonunini yozing. U Kulon qonuni Bilan qaysi tomondan o'xshash?
9. MM uchun superpozitsiya prinsipini yozing va ta'riflang.
10. MM sirkulyatsiyasiga ta'rif bering.
11. MM sirkulyatsiyasi qonuni formulasini yozing va tariflang.
12. To'g'ri toCi o'tkazgich uchun MM sirkulyatsiyasi formulasini yozing va ta'riflang.
13. To'g'ri toCi o'tkazgichni MM kuch chiziqlari qanday o'rinishga ega.
14. Aylanma toCi o'ram (kontur) o'qidagi MM induksiyasi formulasini yozing va ta'riflang.
15. ToCi o'ramning magnit maydoni deb nimaga aytiladi?
16. O'ram markazidan o'tgan induksiya kuch chiziqlari qanday shakilga ega.
17. Solinoid nima va u nima uchun ishlatiladi?
18. Solinoid markazidagi magnit induksiyasi nimagateng?

19. Solinoid ichidagi MM aniq bir jinlimi?

20. Agar aniqlik darajasi berilsa solinoid ichidagi MM ning bir jinlilik sohasini qanday aniqlash mumkin.



## 2.6- Laboratoriya ishi

### Elektromagnit induksiya hodisasi

#### Ishning maqsadi:

- Elektromagnit induksiya (EMI) hodisasini modellashtirish bilan tanishish.
- EMI qonuniyatlarining tajribada tasdiqlanishini tekshirish.

#### Qisqacha nazariya

Bir jinsli magnit maydonda joylashgan  $S$  yuzali yassi kontur orqali o'tayotgan  $F$  magnit oqimi quyidagi formula orqali aniqlanadi

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

bu yerda  $\alpha$  - kontur tekisligiga o'tkazilgan  $\vec{n}$  normal va  $\vec{B}$  induksiya vektori orasidagi burchak,  $B_n$  -  $\vec{B}$  vektorining  $\vec{n}$  normalga proyeksiyasi ( $B_n = B \cos \alpha$ ).

Bir jinsli bo'lmagan maydonda induksiya vektorining oqimi quyidagi integral orqali ifodalanadi

$$\Phi = \int_S B_n dS$$

bu yerda integral butun  $S$  yuza bo'yicha olinadi

Magnit maydonining o'zgarishi natijasida elektr maydoni hosil bo'lishiga elektromagnit induksiya hodisasi deyiladi.

EMI qonuni: Yopiq kontur bo'ylab elektr maydon sirkulyatsiyasi  $I$  kontur bilan chegaralangan yopiq  $S$  sirt orqali o'tayotgan magnit oqimining o'zgarish tezligiga proporsionaldir

$$\oint_l \vec{E} d\vec{l} = - \frac{\partial}{\partial t} \oint_s \vec{B} d\vec{S}$$

bu yerda «-» belgisi Lens qonuniga asoslanadi.

Elektromagnit induksiya natijasida noldan farqli sirkulyatsiyali elektr maydon vujudga keladi. Bunday maydon uyurmali maydon deyiladi.

Agar bunday maydonga o'tkazgich kiritilsa, o'tkazgichda uyurmali elektr toki yuzaga keladi, bu tokning kattaligi uyurmali elektr maydonning kuchlanganligiga proporsional bo'ladi. Bunday tok Farad to'qun deb ataladi.

Agar o'tkazgich yopiq kontur shaklida bo'lsa, u holda o'tkazgichdagi elektr maydon sirkulyatsiyasini EYUK belgilaydi, u induksiya elektr yurituvchi kuchi deb ataladi.

Bunda yopiq konturda hosil bo'lgan elektr yurituvchi kuch  $\mathcal{E}_i$  magnit oqimining vaqt davomida o'zgarish tezligiga  $\frac{d\Phi}{dt}$  proporsionaldir

$$\mathcal{E}_i = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

bu yerda  $N$  -konturdagi o'ramlar soni.

Konturda bu holatda vujudga keladigan tok induksiya toki deyiladi. To'liq zanjir uchun Om qonunini qo'llab, induksiya toki  $I_i$  uchun quyidagi ifodani olamiz

$$I_i = \frac{\mathcal{E}_i}{R}$$

bu yerda  $R$  - konturning qarshiligi.

Bir jinsli magnit maydonida  $U$  tezlik bilan harakatlanayotgan  $l$  uzunlikdagi o'tkazgich uchlarida hosil bo'lgan potentsiallar farqi quyidagi formula orqali aniqlanadi

$$U = Blv \sin \alpha$$

bunda  $\alpha$  - tezlik vektori  $\vec{v}$  yo'nalishi bilan magnit induksiya vektori  $\vec{B}$  orasidagi burchak.

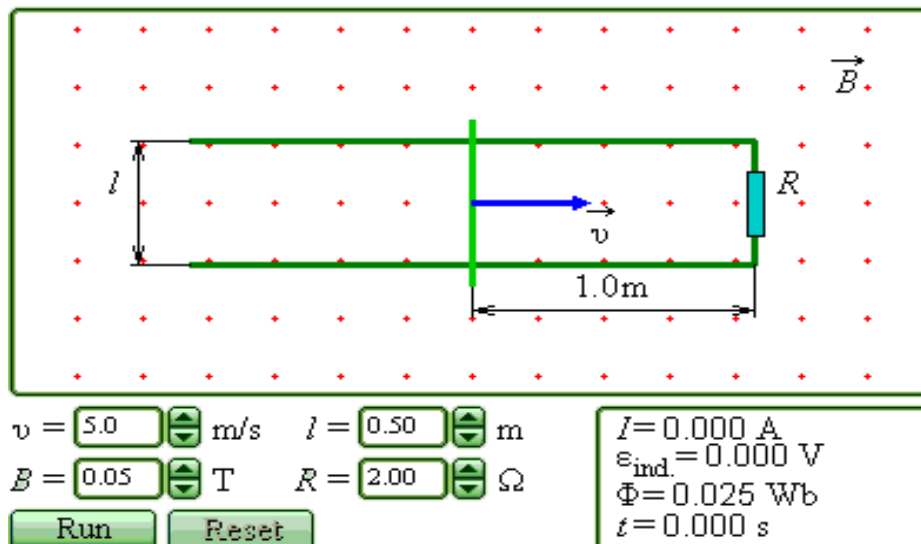
Agar yopiq konturda o'zgaruvchan tok mavjud bo'lsa, unda o'zgaruvchan oqimli magnit maydonini shu konturdagi tokning o'zi hosil qiladi va EMI qonuniga binoan konturda o'zinduksiya elektr yurituvchi kuchi deb ataluvchi qo'shimcha EYUK hosil bo'ladi. O'tkazgichdan o'zgaruvchan tok o'tayotganda o'zinduksiya hodisasi tufayli o'zinduksiya elektr yurituvchi kuchi vujudga keladi. U tok kuchining o'zgarish tezligiga to'g'ri proporsionaldir

$$\mathcal{E}_s = -L \frac{dI}{dt}$$

Bu yerda  $L$  - o'tkazgichning induktivligi.

### **O'lchash usuli va tartibi**

Ushbu laboratoriya ishida bir tomondagi uchlari o'zaro biriktirilgan parallel o'tkazgichlar bo'ylab tutashtiruvchi o'tkazgichni harakatlantirish natijasida o'zgaruvchan magnit oqimi hosil qilinadigan kompyuter modeli qo'llaniladi. Bu tizim 1-rasmda ko'rsatilgan.



**Vazifa:** bir tomondagi uchlari o'zaro biriktirilgan parallel o'tkazgichlar bo'ylab tutashtiruvchi o'tkazgich  $U$  tezlik bilan harakatlanadi. O'tkazgichlar tizimi bir jinsli magnit maydonida joylashgan. Maydon induksiyasi  $B$  ga teng bo'lib, o'tkazgichlar joylashgan tekislikka perpendikulyar yo'nalgan. Tutashtiruvchi o'tkazgichning qarshiligini  $R$  ga teng, o'tkazgichlarning qarshiligini esa hisobga olinmaydigan darajada kichik deb olib, tutashtiruvchi o'tkazgichdagi tok topilsin.

Vazifani qoralama varaqda yechib, tok uchun umumiy ko'rinishdagi tenglama hosil qiling.

**Namunadan foydalanib, 1-jadvalni tayyorlang.**

**1-jadvalga o'xshash 3 va 4-jadvallarni ham tayyorlang.**

1-jadval. O'lchash natijalari  
(12 ta ustun)

2-jadval. R va B qiymatlari (daftaringizga ko'chirmang)

B= \_\_\_\_\_ mTl

$v$ (m/s) =	-10	-8	...	10
EYUK, V				
I, mA				

Brigadalar	R (Om)	$V_1$ (mTl)	$V_2$ (mTl)	$V_3$ (mTl)
1 va 5	1	-30	40	90
2 va 6	2	-40	20	80
3 va 7	1	-50	10	70
4 va 8	2	-60	-20	100

**1-4 brigadalar uchun  $L=1$  m, 5-8 brigadalar uchun  $L=0.7$  m.**

## O'qituvchidan o'lchashlarni bajarish uchun ruxsat oling.

### O'lchashlar:

1. Sichqoncha bilan "Run" tugmasini bosib, tajribani boshlang. Tutashtiruvchi o'tkazgich harakatini va magnit oqimining o'zgarishini (oynaning pastki qismidagi raqamlarni) kuzating.
2. Regulyatorlar surilgichini sichqoncha yordamida siljiting va brigadangiz uchun 2-jadvalda va uning pastida ko'rsatilgan qiymatlarni o'rnating.
  - $l$  - o'tkazgichlar orasidagi masofa,
  - $R$  - tutashtiruvchi o'tkazgichning qarshiligi,
  - $B$  - magnit maydon induksiyasi qiymati.
3. Tutashtiruvchi o'tkazgichning harakat tezligini 1-jadvalda ko'rsatilgan qiymati bo'yicha o'rnatib, sichqoncha kursorini "Start" belgisiga ustiga olib keling va sichqonchaning chap tugmasini bosing. EYUK va induksiya toki qiymatlarini 1-jadvalga kiriting. O'lchashlarni 1-jadvalda ko'rsatilgan tezlikning boshqa qiymatlari uchun takrorlang.
4. Magnit maydon induksiyasining 2-jadvalda berilgan boshqa ikkita qiymati uchun o'lchashlarni takrorlang. Olingan natijalarni 3 va 4 - jadvallarga yozing.

### Olingan natijalar ustida ishlash va hisobot tayyorlash

1. Bitta varaqda magnit maydon induksiyasining uch xil qiymati uchun induksiya toki va tutashtiruvchi o'tkazgichning harakat tezligi orasidagi bog'lanish grafigini chizing.
2. Har bir chizilgan grafikdan quyidagi formula orqali qiyalik burchagi tangensini aniqlang

$$\operatorname{tg}(\varphi) = \frac{\Delta i}{\Delta v}.$$

3. Chizilgan grafiCar uchun tangensning nazariy qiymatini quyidagi formula yordamida hisoblang

$$\operatorname{tg}(\varphi)_{\text{naz}} = \frac{Bl}{R}.$$

4. O'lchash natijalari jadvalini to'ldiring

O'lchash raqami	$tg(\varphi)_{naz}$ (As/m)	$tg(\varphi)_{naz}$ (As/m)

5. GrafiCar va o'lchash natijalaridan foydalanib xulosalar chiqaring.

**Nazorat uchun savol va topshiriqlar**

1. Magnit oqimi deb nimaga aytiladi?
2. Qanday hollarda magnit oqimi nolga teng,
3. Qanday hollarda magnit oqimi magnit maydon induksiyasining kontur yuzasiga ko'paytmasi orqali ifodalanadi?
4. Elektromagnit induksiya hodisasini tushuntiring.
5. Elektromagnit induksiya qonunini ta'riflang.
6. Magnit maydon sirkulyatsiyasini tushuntiring.
7. EMI qonunini izohlagan holda yozing.
8. Qanday maydonlar uyurmali hisoblanadi?
9. Fuko toki nima?
10. Nuqtaviy zaryad hosil qilgan elektr maydoni bilan EMIda hosil bo'ladigan elektr maydonning farqi nimada?
11. Berk o'tkazgichli kontur uchun EMI qonunini ta'riflang.
12. O'zinduksiya EYUK qanday holatlarda yuzaga keladi?
13. O'zinduksiya hodisasini tushuntiring.
14. O'zinduksiya qonunini ta'riflang.
15. O'zgaruvchan magnit oqimini hosil qilish usullarini ayting.
16. Mazkur ishda magnit oqimi vaqt davomida qanday o'zgaradi?
17. Ushbu laboratoriya ishida o'zgaruvchan magnit oqimi hosil bo'ladigan sirt qanday ko'rinishga ega?
18. Ushbu ishda magnit oqimining vaqtga bog'lanishi qanday?
19. Mazkur laboratoriya ishida magnit induksiya vektori yo'nalishi qanday aniqlanadi?

## 2.7- Laboratoriya ishi

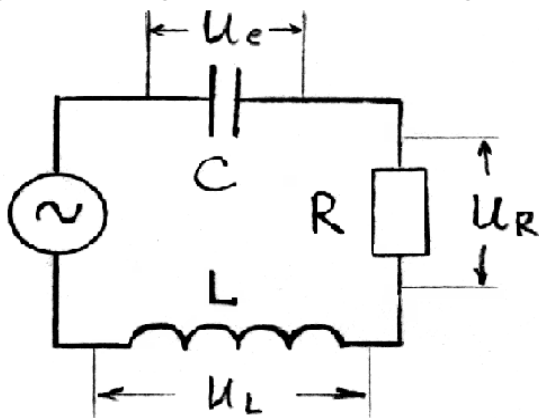
### O'zgaruvchan tok zanjirida rezonans hodisasi

#### Ishning maqsadi:

- O'zgaruvchan tok zanjirida hosil bo'lgan majburiy tebranishlarni o'rganish.
- Rezonans hodisasini tekshirish.

#### Qisqacha nazariya.

Kondensator, rezistor va induktiv g'altak o'zgaruvchan kuchlanish generatoriga ketma-ket ulangan elektr sxemani (1-rasm) ko'rib chiqamiz. Bu



1-rasm

zanjirning ayrim elementlarida tok kuchi va kuchlanishning majburiy tebranishlari hosil bo'ladi.

Zanjirdagi tok kuchining tebranish amplitudasi o'zgaruvchan kuchlanish generatorining  $\omega$  chastotasiga bog'liq, chunki reaktiv elementlar- kondensator va induktiv g'altak qarshiligi chastotaga bog'liqdir.

O'zgaruvchan tokning past chastotalarida kondensatorning sig'im qarshiligi  $X_C = 1/(\omega C)$  juda katta bo'ladi, shuning uchun zanjirda tok kuchi kichik bo'ladi. Teskari holatda, ya'ni yuqori chastotali o'zgaruvchan tokda g'altakning induktiv qarshiligi  $X_L = \omega L$  katta bo'ladi va tok kuchi yana kichik bo'ladi.

1- rasmda ko'rsatilgan zanjirning to'liq qarshiligi  $Z$  quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

Demak, zanjirda maksimal tok kuchi zanjirga qo'yilgan o'zgaruvchan kuchlanishning shunday  $\omega_0$  chastotasiga mos keladiki, bunda induktiv va sig'im qarshiligi teng bo'ladi:

$$\omega_0 L = 1/(\omega_0 C) \quad (1)$$

G'altak va kondensatorning reaktiv qarshiligi teng bo'lganda bu elementlardagi kuchlanish amplitudalari ham bir xil bo'ladi  $U_C = U_L$ .

Kuchlanish tebranishlari g'altak va kondensatorlarda qarama-qarshi fazada bo'lganligi sababli, (1) shart bajarilgan holatda ularning yig'indisi nolga teng. Natijada aktiv qarshilikdagi kuchlanish  $U_R$  generatorning to'liq kuchlanishi ( $U$ ) ga teng bo'lib qoladi, zanjirdagi tok kuchi esa maksimal qiymatga erishadi  $I_m = U/R$ . Bunda EYUK va tok kuchi tebranishlarining siCik chastotasi quyidagiga teng bo'lib, elektr konturdagi erkin so'nmaydigan elektromagnit tebranishlar siCik chastotasi bilan mos tushadi:

$$\omega = \omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad (1)$$

Tashqi o'zgaruvchan EYUK siCik chastotasi konturdagi erkin so'nmaydigan tebranishlar chastotasiga yaqinlashganda tebranish konturida tok kuchining majburiy tebranishlari amplitudasi keskin ortib ketish hodisasiga o'zgaruvchan tok elektr zanjiridagi rezonans deyiladi.  $\omega = \omega_0$  chastota rezonans siCik chastota deyiladi. Rezonans siCik chastota  $R$  aktiv qarshilikka bog'liq emas.  $I_m$  ning  $\omega$  ga bog'lanish grafigi rezonans egri chizig'i deyiladi.  $R$  aktiv qarshilik qancha kichik bo'lsa, rezonans egri chiziqlari shuncha o'tkir maksimumga ega bo'ladi.

## 2. Ishni bajarish tartibi.

1. Montaj stolida 1-rasmda ko'rsatilgan sxemani yig'ing. Bunda elementlar parametrlarini quyidagicha qilib oling:

- Generator:  $U_{ef} = 100$  V;  $\nu = 10$  Hz;
- Rezistor:  $R = 200$  Om;  $R = 500$  Vt;
- Kondensator:  $S = 10$  mkF;  $U_{ish} = 400$  V;
- G'altak:  $L = 1$  Gn.

2. Generator chastotasini 10 Hz dan 100 Hz gacha 10 Hz dan o'zgartirib borib, voltmetr yordamida g'altakdagi, kondensatoridagi, rezistoridagi kuchlanishni o'lchang va qiymatlarni jadvalga yozing. Konstruktor to'plamida faqat ikkita multimetr mavjud, shuning uchun generator chastotasini o'zgartirib borib, o'lchashlarni ikki marta takrorlashga to'g'ri keladi, ya'ni dastlab voltmetrni g'altakka va kondensatorga ulagan holda, ikkinchi marta esa voltmetrni rezistorga ulagan holda.

№	$\nu$ , Hz	$U_L$ , V	$U_C$ , V	$U_R$ , V
1	10			
2	20			
3	30			
4	40			
5	50			
6	60			
7	70			
8	80			
9	90			
10	100			

3. Rezistor, kondensator va g'altakdagi kuchlanishni generator chastotasiga bog'liqlik grafiCarini chizing.

4. Rezonans chastotasini (2) formula orqali hisoblang va olingan qiymatlarni tajriba natijalari bilan solishtiring.

5. Elementlar parametrlarini o'zgartirib, o'lchashlar va hisoblashlarni takrorlang.

6. Elementlardagi kuchlanishning zanjirdagi o'zgaruvchan tok chastotasiga bog'lanish grafiCarini tushuntirishga harakat qiling.

### Nazorat uchun savol va topshiriqlar

1. Kondensator va induktivlik g'altagidagi reaktiv qarshilik bilan o'zgaruvchan tok chastotasi qanday bog'langan?
2. Nima uchun ketma-ket ulangan kondensator, g'altak va rezistordan iborat zanjirda tok kuchi ma'lum bir chastotada maksimumga erishadi va juda kichik yoki juda katta chastotalarda nolga intiladi?
3. Nima uchun rezonansda rezistordagi kuchlanish o'zgaruvchan tok manbasidagi kuchlanishga teng bo'ladi?
4. Ketma-ket ulangan o'zgaruvchan tok zanjirida rezonans qanday shartlar bajarilganda yuzaga keladi?
5. Maishiy turmushda, texnikada, fanda rezonans hodisasidan qanday foydalaniladi?



## 2.8- Laboratoriya ishi

### Difraksiya va interferensiya

#### Ishning maqsadi:

- Kogerent elektromagnit to'liqlarning qo'shilish jarayonini modellashtirish bilan tanishish.
- Ikkita manba(tirqish)dan chiqayotgan yorug'lik to'liqlarining o'zaro ta'sirlashishi qonuniyatlarini tajribada tekshirish.

#### Qisqacha nazariya:

**Difraksiya va interferensiya** hodisalari bir-biridan fizikaviy jihatdan katta farq qilmaydi. Ikkala hodisa ham to'liqlar superpozitsiyasi natijasida yorug'lik oqimi energiyasining fazoda qayta taqsimlanishi tufayli yuzaga keladi.

**Kogerentlik** - bir nechta tebranma yoki to'liq jarayonlarning o'zaro muvofiqlashgan holda kechishidir.

**Kogerent to'liqlar** deb chastotalari bir xil, fazalar farqi vaqt davomida o'zgarishsiz qoladigan garmonik to'liqlarga aytiladi.

**Interferensiya** - cheCi sohadagi diskret kogerent to'liq manbalaridan chiqayotgan to'liqlar superpozitsiyasi natijasida intensivlik (yorug'lik oqimi)ning qayta taqsimlanishidir.

**Difraksiya** - uzluksiz (ketma-ket) joylashgan kogerent to'liq manbalari yuzaga keltirayotgan to'liqlar superpozitsiyasi natijasida intensivlik(yorug'lik oqimi)ning qayta taqsimlanishidir. Difraksiya to'liqlarining geometrik soya sohasiga tarqalishi, ya'ni yorug'lik nuri tushmaydigan sohaga tarqalishi orqali namoyon bo'ladi.

**Gyuygens prinsipi:** to'liq sirtining har bir elementi ikkilamchi sferik to'liqlar manbasi bo'lishi mumkin, ushbu sirdan keyingi ixtiyoriy nuqtalardagi to'liqlarni ikkilamchi manbalar tarqatayotgan to'liqlar superpozitsiyasi natijasi deb qarash mumkin.

**Frenel zonalari** deb, to'liqlar frontidagi shunday sohalarga aytiladiki, bunda ikki qo'shni sohadan kelayotgan to'liqlar qo'shilganda, bir-birini kompensatsiyalaydi. Kuzatilayotgan nuqtadan har bir zona chetigacha bo'lgan masofalar farqi  $\lambda/2$  ga teng.

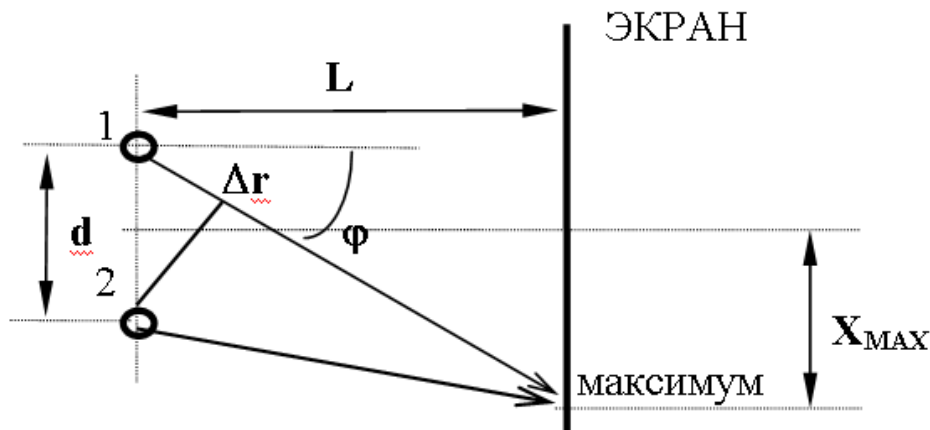
To'liq sirtining  $d\sigma$  elementar yuzasidan chiqayotgan va bu yuzadan  $r$  masofada joylashgan kuzatish nuqtasidagi elektromagnit to'liqning (EMT) elektr maydon kuchlanganligi  $dE$  quyidagiga teng

$$dE = K \frac{a_0 d\sigma}{r} \cos(\omega t - kr + \alpha_0)$$

bu yerda  $a_0$  ko'paytuvchi  $d\sigma$  yuzacha joylashgan joydagi yorug'lik to'lqini amplitudasi bilan aniqlanadi,  $K$  koeffitsient  $d\sigma$  yuzachaga o'tkazilgan normal bilan kuzatish nuqtasi yo'nalishi orasidagi burchakka bog'liq,  $k = 2\pi/\lambda$  - to'lqin soni.

Bunday formula garmonik to'lqinning ixtiyoriy nuqtaviy manbasi uchun o'rinlidir.

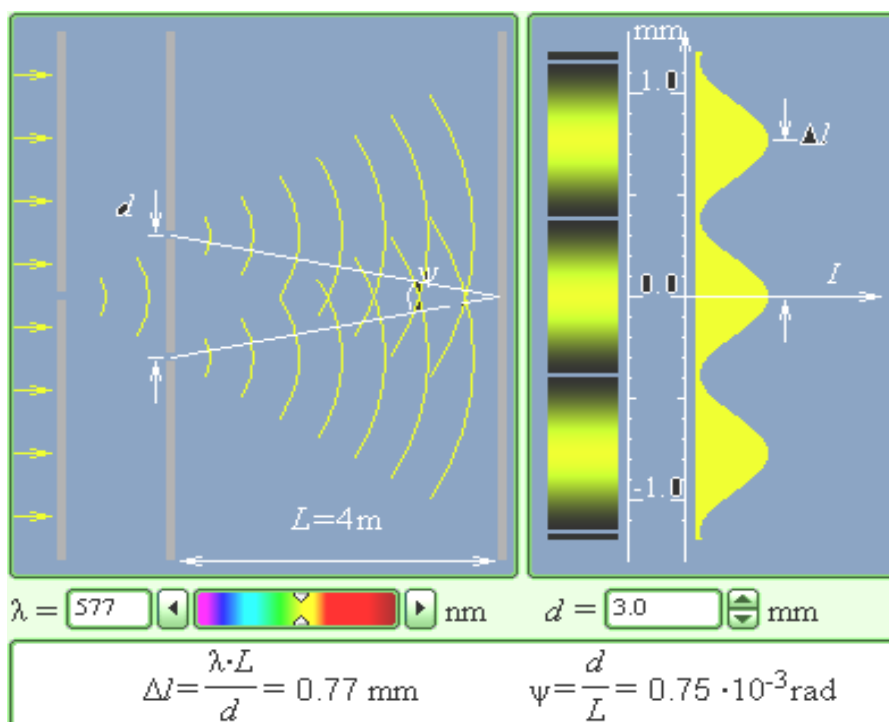
Ekranaga parallel biror  $L$  masofadagi chiziqda bir-biridan  $d$  masofada joylashgan ikkita (1 va 2) nuqtaviy manbalardan (rasmga qarang) kelayotgan to'lqinlar interferensiyasida ekranda maksimum kuzatilishi uchun mazkur nuqtaga kelayotgan to'lqinlarning yo'llar farqi  $\Delta r$  to'lqin uzunligiga karrali bo'lishi lozim:  $\Delta r = m\lambda$  ( $m=0,1,2,\dots$ ).



$d \sin(\varphi) = m\lambda$  bog'lanish formulasi, birinchi maksimum uchun va ekrangacha masofa katta bo'lganda  $L \gg d$ , ya'ni  $\sin(\varphi) \approx \text{tg}(\varphi) \approx \frac{X_{MAX}}{L}$

quyidagicha bo'ladi:  $\frac{X_{MAX} d}{L} = \lambda$ , bunda  $X_{MAX} = \lambda L \frac{1}{d}$

Ekrandan keraCi ma'lumotlarni laboratoriya daftaringizga ko'chirib(chizib) oling.



**O'qituvchidan o'lchashlarni bajarish uchun ruxsat oling.**

**O'lchash usuli va tartibi:**

1. Sichqoncha kursorini spektr liniyalaridagi vertikal chiziqqa olib keling, sichqonchani chap tugmasini bosib turib, vertikal chiziqni siljiting va sizning brigadangiz uchun 1-jadvalda keltirilgan  $\lambda_1$  to'lqin uzunligi son qiymatini o'rnating.
2. Yuqoridagi tartibda sichqoncha yordamida tirqishlar orasidagi masofa regulyatori surilmasini siljitib, minimal qiymatni o'rnating  $d = 1 \text{ mm}$ . Nolinchi va birinchi maksimumlar orasidagi  $X_{\text{MAX}}$  masofani ekrandagi shkala yordamida o'lchab, 2-jadvalga yozing. Tirqishlar orasidagi  $d$  masofani har safar 3 mm dan oshirib borib  $X_{\text{MAX}}$  ning yana 9 ta qiymatini o'lchang.
3. Brigadangiz uchun 1-jadvalda keltirilgan to'lqin uzunligining yangi son qiymatini o'rnatib, yuqorida ko'rsatilgan o'lchashlarni takrorlang va natijalarni 3,4,5 jadvallarga yozing.

**1-jadval. To'lqin uzunligining namunaviy qiymatlari**

Brigada	1	2	3	4	5	6	7	8
$\lambda_1$	400	405	410	415	420	425	430	435
$\lambda_2$	500	505	510	515	520	525	530	535
$\lambda_3$	580	585	590	595	600	605	610	615
$\lambda_4$	630	635	640	645	650	655	660	665

2-5 jadvallar.  $\lambda = \text{--- nm}$  uchun o`lchash natijalari

d[mm]									
$X_{MAX}$ [mm]									
1/d [mm <sup>-1</sup> ]									

### Olingan natijalar ustida ishlash va hisobot tayyorlash

Tirqish orasidagi masofaning 1/d qiymatini hisoblang va jadvalga yozing. Bitta chizmada birinchi maksimum siljishi  $X_{MAX}$  bilan tirqishlar orasidagi masofa 1/d ning bog`lanish grafiCarini chizing (bunda har bir grafik uchun to`lqin uzunligi qiymatini ko`rsating).

Har bir chizma uchun grafikdan  $\lambda L$  ko`paytmaning qiymatlarini quyidagi ifoda yordamida aniqlang:

$$\lambda L = \frac{\Delta (X_{MAX})}{\Delta \left( \frac{1}{d} \right)}$$

Tajriba orqali aniqlangan  $\lambda L$  ko`paytma o`rtacha qiymatini va mazkur ko`paytmani topishda yo`l qo`yilgan absolyut xatolikni hisoblang. Olingan natijalarni tahlil qiling.

### Nazorat uchun savol va topshiriqlar:

1. To`lqin deganda nimani tushunasiz?
2. Garmonik to`lqin nima?
3. To`lqin uzunligi nima?
4. To`lqin formulasini yozing.
5. To`lqinning shaCi va tarqalish yo`nalishi nimaga bog`liq?

6. OX o`qi bo`ylab musbat yo`nalishda tarqalayotgan garmonik to`lqinning matematik ifodasini yozing.
7. Kogerentlik nima?
8. Kogerent to`lqinlarga ta`rif bering.
9. Interferensiya hodisasini tushuntiring.
10. Difraksiya hodisasini tushuntiring.
11. To`lqin sirti nima?
12. Gyuygens prinsipini tariflang.
13. Frenel zonalari nima?
14. Ikkita manbadan kelayotgan garmonik to`lqinlarning yo`llar farqi deganda nimani tushunasiz?
15. Ikkita to`lqinning yo`llar farqi qanday bo`lganda ularning qo`shilishi natijasida maksimum kuzatiladi?
16. Tajribada olingan natijalarni tushuntiring.

### 3. KVANT OPTIKASI

#### ATOM FIZIKASI

##### *3.1 Laboratoriya ishi*

##### Tashqi fotoeffekt

Ma'ruzalar matni va o'quv qo'llanmasi (Savelyev 3-tom, 9 §) bilan tanishib chiqing.

##### *Ishning maqsadi:*

- Tashqi fotoeffektning Kvant modeli bilan tanishuv.
- Tashqi fotoeffekt qonunlarinig tajribadagi isboti.
- fotoeffektning qizil chegarasi, fotokatoddan elektronlarning chiqish ishi va Plank doimiysini tajriba orqali aniqlash.

##### Asosiy nazariy ma'lumotlar

Fotonlar bu yorug'lik kvantlari bo'lib, ular tinch holatda massaga ega emas.

Foton energiyasi:  $Y_{ef} = h\nu$  Bu yerda:

$\nu$  - nurlanish chastotasi,

$h$  – Plank doimiysi,  $h = 6.62 \cdot 10^{-34}$  J·s).

Bundan tashqari foton energiyasi “Elektronvolt”larda ham o'lchanadi.

$1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19}$  J.

Fotonning massasi uning energiyasi bilan Eynshteyn formulasi yordamida bog'langan.

$$Y_{ef} = m_f c^2 \quad m_f = h\nu/c^2$$

$$h = \frac{e \Delta(U_{3A\Pi})}{c \Delta\left(\frac{1}{\lambda}\right)}$$

Foton impulsi:  $p = m_f c =$  bu yerda  $\lambda$  - Elektromagnit to'lqin

uzunligi

Tashqi fotoeffekt bu - modda(metall, fotokatod)dan uni elektromagnit to'lqinlar bilan nurlantirilganda (Masalan: yorug'lik yoki rentgen nurlari bilan) ulardan elektron uchib chiqish hodisasidir. Bu elektronlar – “Fotoelektronlar” deb ataladi. Endi bu hodisani qisqacha “fotoeffekt” deb nomlaymiz.

Modda ichidagi elektronning kinetik energiyasi  $h\nu$  ga ortadi ammo bu holatda fotoelektron moddani tark etishi uchun uning energiyasi  $A_{chiq}$  (chiqish ishi) dan katta bo'lishi zarurdir. Fotoelektron energiyasi moddaning chiqish ishiga teng miqdorda kamayadi:

$$E = h\nu - A_{chiq}$$

Bu tenglik “fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasi” deyiladi.

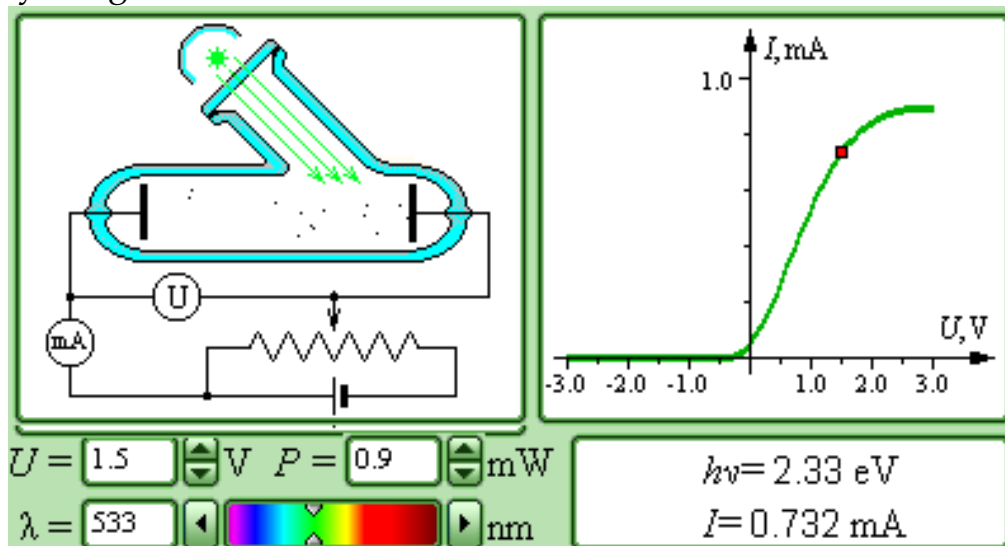
Fotoeffektning qizil chegarasi deb fotoeffekt yuz berishi mumkin bo'lgan minimal chastota tushuniladi. Demak bunda foton energiyasi chiqish ishiga teng bo'ladi:  $h\nu_{kr} = A_{chiq}$ .

Yopuvchi (to'xtatuvchi) kuchlanish deb fotokatod va vakumli lampaning anodi (Fotoelement) o'rtasidagi minimal kuchlanishga aytiladi. Bunda zanjirda tok bo'lmaydi chunki fotoelektronlar anodgacha yetib bormaydi. Bu holda katoddagi fotoelektronlarning kinetik energiyasi anoddagi elektronlarning potensial energiyasiga teng bo'ladi.

Ya'ni: 
$$U_{yop} = \frac{E}{e} = \frac{h\nu - A_{chiq}}{e},$$

bu yerda e-elektron zaryadi.

KeraCi ma'lumotlarni ekrandan laboratoriya-konspekt daftaringizga ko'chirib yozing.



O'lchash natijalarini hisoblashga doir uslubiy ko'rsatmalar:

Sichqoncha ko'rsatkichi bilan fotokatod nurlanishini boshqaruvchi surgichni maksimal holatga keltiring.

Xuddi shunday yo'l bilan anod va katod o'rtasidagi kuchlanish va EMN to'lqin uzunligini minimal holatga keltiring va fotoelementdagi elektronlarning harakatini kuzating.

Tajribani o'tkazish uchun o'qituvchidan ruxsat oling.

**Tajribani o'tkazish:**

1. Sichqoncha ko'rsatkichini maxsus nuqtaga keltirib asta sekinlik bilan fotokatod nurlanishining to'lqin uzunligini orttiring. Fototokning butunlay to'xtashiga erishing. Hali fototokni to'xtata olmaydigan eng katta to'lqin

uzunligi ( $\lambda_{qizil}$ ) ni aniqlang. Daftaringizga fotoeffektning qizil chegarasi to'liqin uzunligi ( $\lambda_{qizil}$ )ni yozib qo'ying.

2. So'nuvchi nurlanishning yopuvchi kuchlanish bilan bog'liqligini yanada aniqroq o'rganish uchun quyidagi metodikadan foydalaniladi. Avvalo yopuvchi kuchlanish qiymatini jadvalda ko'rsatilgandek o'rning.
3. Sichqoncha bilan vertikal spektr tog'irlagichni surish orqali fototok to'xtaydigan to'liqin uzunligini o'rning (Bunda elektronlar anodgacha yetib boradi, keyin esa yana katodga qaytadi).  $\lambda$  va  $U_{yop}$  qiymatlarini jadvalga kiriting.

1-Jadval. O'lchash natijalari:					2-Jadval. Yopuvchi kuchlanish qiymatlari (O'zgartirish kiritmang!)				
i =	1	2	3	4	Brigadal ar	$U_{yop1}$	$U_{yop2}$	$U_{yop3}$	$U_{yop4}$
$U_{yopi}, V$					1,5	-0.1	-0.3	-0.6	-0.8
$\lambda_i, nm$					2,6	-0.2	-0.4	-0.6	-0.9
$1/\lambda_i, 10^6 m^{-1}$					3,7	-0.3	-0.5	-0.7	-1.0
					4,8	-0.4	-0.7	-0.8	-1.1

***Natijalarni qayta ishlash va hisobotni tayyorlash:***

Teskari to'liqin uzunligi( $1/\lambda$ )ni hisoblab jadvalga kiriting.

Yopuvchi kuchlanish va teskari to'liqin uzunligining bog'lanish grafigini chizing.

Grafik va quyidagi formuladan foydalanib Plank doimiysini aniqlang:

$$h = \frac{e \Delta(U_{yop})}{c \Delta\left(\frac{1}{\lambda}\right)}$$



Fotoeffektning qizil chegarasini bilgan holda fotokatod materialining chiqish ishini hisoblang.

Olingan natijalar hususida mulohaza yuriting.

3 - jadval. Ayrim moddalar uchun chiqish ishi qiymatlari

Material	kaliy	litiy	platina	rubidiy	kumus h	seziy	rux
$A_{\text{chiq}}$ , eV	2.2	2.3	6.3	2.1	4.7	2.0	4.0

O'z o'zini tekshirish uchun savol va topshiriqlar:

1. Foton deb nimaga aytiladi?
2. Elektromagnit nurlanishning barcha modellarini sanab o'ring.
3. Foton energiyasi formulasini yozing.
4. Foton energiyasini uning massasi bilan bog'lanishi formulasini yozing.
5. Foton energiyasini uning impulsi orqali ifodalang.
6. Tashqi fotoeffekt hodisasini izohlang.
7. Metall sirtiga urilayotgan fotonning holatini qadam-ma qadam sanab bering.
8. Erkin elektronning foton bilan to'qnashgandan keyingi holatini tasvirlang.
1. Atom tarkibiga kiruvchi elektronning foton bilan to'qnashgandan keyingi holatini tasvirlang .
2. Chiqish ishi nima? Kvant optikasida bu harakteristika birinchi marta kim tomonidan berilgan?
3. Tashqi fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasini yozing.
4. Fotoeffektning qizil chegarasiga tushuncha bering.
5. Fotoelement qanday tuzilgan?
6. Nima uchun fotoelementning katodi fotokatod deb ataladi?
7. Fotokatod uchun yopuvchi kuchlanish nima?
8. Agar fotoelementda anod potentsiali fotokatod potentsalidan past bo'lsa fotoelektron qanday harakat qiladi?
9. Agar fotoelementda anod potentsiali fotokatod potentsalidan baland bo'lsa fotoelektron qanday harakat qiladi?
10. Elektronning katoddagi kinetik energiyasi uning anoddagi potentsial energiyasi bilan qanday bog'langan va nima uchun?

### 3.2 LABARATORIYA ISHI

#### Atomar vodorodning to'liqin spektri

Ma'ruzalar matni va o'quv qo'llanmasi (Savelyev 3-tom, §12, §28 ) bilan tanishib chiqing.

#### *Ishning maqsadi:*

- Qo'zg'atilgan vodorod atomlarining elektromagnit nurlanishini modellashtirishda atomning Planetar va Kvant modellari bilan tanishuv.
- Past bosimda atomar vodorodning chiziqli spektrda nurlanishi qonuniyatlarini tajribada tasdiqlash.
- Tajribada Ridberg doimiysini aniqlash.

#### Asosiy nazariy ma'lumotlar:

Elektromagnit nurlanish spekri deb shu moddaning atomlari (yoki molekulalari) tomonidan nurlanuvchi yoki yutiluvchi elektromagnit to'liqinlar yig'indisiga aytiladi.

Chiziqli spektr alohida qismlardan tashkil topadi. Chiziqlar orasidagi masofa (To'liqin uzunligi va chastotasi shkalasi bo'yicha) ularning uzunligidan anchagina katta bo'ladi. Bunday spektrni asosan atomar sharoitdagi gazlar nurlatadi.

Bundan tashqari yana molekulyar gazlardan nurlanadigan yo'l-yo'l va qizdirilgan qattiq jismlardan nurlanuvchi to'liqin chiziqli spektrlar ham mavjud.

Atomning Planetar modeli: markazda atom o'lchamiga nisbatan juda kichik musbat zaryadlangan yadro joylashgan, ma'lum orbita bo'ylab uni atrofida elektronlar aylanadi. Statsionar orbitada aylanish jarayonida elektron o'zidan EMN chiqarmaydi. Ammo ma'lum bir sharoitda elektronga EMN (foton) bilan ta'sirlashsa u yuqoriroq statsionar orbitaga ko'chadi. Bunda uning energiyasi  $\Delta E_{\text{elek}}$  (yutilgan foton energiyasiga teng) ga ortadi. Yana quyi orbitaga qaytishda elektron o'zidan energiyasi  $E_{\text{ef}} = |\Delta E_{\text{elek}}|$  ga teng bo'lgan foton chiqaradi.

Atomning Kvant modelining kamchiliklaridan biri unda elektron aniq belgilangan trayektoriya, koordinata va tezlikka ega emas. Atomning Kvant modelidan foydalanib faqatgina elektronning harakat orbitalini aniqlash mumkin xolos.

Elektronning Kulon maydonidagi harakati uchun Shredinger tenglamasi atomning Kvant modelini yaratishda qo'llaniladi. Bu tenglamani yechish natijasida nafaqat koordinataga, balki vaqt va yana "kvant sonlar" deb ataluvchi

4 ta parametrga bog'liq to'liqinli funksiya kelib chiqdi. Bu parametrlarning nomlari: asosiy (bosh), azimutal, magnitli va magnit spinli kvant sonlar.

**Bosh kvant son** faqatgina natural sonlarni (1,2,3,...,n) qabul qilishi mumkin. U elektronning atomdagi energiyasini ( $E_n = -\frac{E_i}{n^2}$ ) izohlaydi. Bu yerda

$E_i$  – Vodородning ionlashtirish energiyasi (13.6 eV).

**Azimutal (orbital) kvant son** -  $l$  elektronni orbitadagi harakatining impuls momentini modulini  $|\vec{L}| = \hbar\sqrt{l(l+1)}$  izohlaydi. U faqat musbat sonlarni qabul qiladi:  $l = 0, 1, 2, \dots, n-1$

**Magnit kvant son** " $m_l$ " elektronni orbitadagi harakatining impuls momenti vektorining tashqi magnit maydon  $\vec{B}$  yo'nalishiga proyeksiyasini ifodalaydi. U moduli bo'yicha  $l$  ga teng bo'lgan musbat va manfiy butun sonlarni qabul qiladi  $L_z = \hbar m_l$ , bu yerda  $m_l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$ .

**Magnit spinli kvant** esa son  $m_s$  elektronni (spin) hususiy impuls momenti vektorining tashqi magnit maydon  $\vec{B}$  yo'nalishiga proyeksiyasini ifodalaydi.  $S_z = \hbar m_s$  va u faqatgina 2 ta qiymat qabul qilishi mumkin:  $m_s = +1/2, -1/2$ . Spin moduli uchun:  $|\vec{S}| = \hbar\sqrt{s(s+1)}$ , bu yerda:  $s$  – spin kvant son, u har bir zarracha uchun faqatgina bitta qiymat qabul qilishi mumkin. Masalan, elektron uchun:  $s = \frac{1}{2}$  (Proton va neytronlar uchun ham xuddi shunday). Foton uchun:  $s = 1$ .

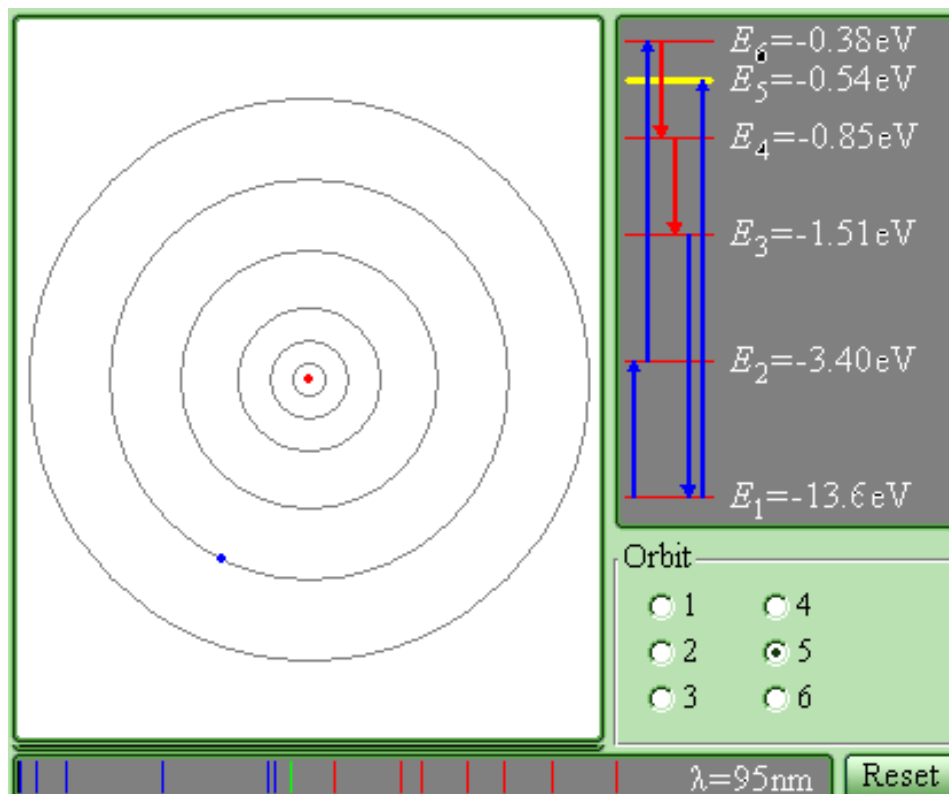
Elektronning atomdagi holatini ifodalash uchun bosh kvant sonni bildiruvchi raqam va azimutal kvant sonni izohlovchi harf ishlatiladi:

Harf	s	p	d	e	f
<i>l ning qiymati</i>	0	1	2	3	4

Azimutal kvant sonlarning o'tish qoidasi  $\Delta l = \pm 1$ . Atomdagi elektronlar bir holatdan ikkinchi holatga aynan shu qoidaga asoslanib o'tishi mumkin.

Seriya	Layman	Balmer	Pashen	Breket
O'tishlar	$np \rightarrow 1s$	$ns \rightarrow 2p,$ $nd \rightarrow 2p$	$nf \rightarrow 3d,$ $np \rightarrow 3d$	$ng \rightarrow 4f,$ $nd \rightarrow 4f$

*KeraCi ma'lumotlarni ekrandan laboratoriya-konspekt daftaringizga ko'chirib yozing.*



O'qituvchidan ishni bajarish uchun ruxsat oling.

O'lchash natijalarini hisoblashga doir uslubiy ko'rsatmalar:

- Sichqoncha ko'rsatkichini sizning brigadangiz uchun berilgan 2-jadvalda ko'rsatilgan qiymatlardagi  $n_0$ -energetik pog'ona ustiga keltiring.
- Ekraning yuqori chap burchagida Vodorod atomi modelidagi chaqnayotgan strelkalarni va ekraning pastgi va yuqori o'ng tomonidagi shu seriya yo'nalishlarini bildiruvchi chiziqlarni kuzating va chizib oling.
- Shu seriyaning quyi energetik pog'onasi uchun bosh Kvant son  $n$  ning qiymatini,seriya nomini va to'lqin uzunligini 1-jadvalga kiriting.

1-Jadval.O'lchash natijalari  
Seriya \_\_\_\_\_ n= \_\_\_\_\_

2-Jadval. Boshlang'ich  
ko'rsatkichlar (O'zgartirish  
kiritmang!)

Chiziq raqami i=	n	$\lambda_i$ , mkm	$1/\lambda_i$ , mkm <sup>-1</sup>
1			
2			
3			
4			

Brigada tartib raqami	Quy pog'onaning bosh kvant soni n
1,5	1
2,6	2
3,7	3
4,8	4

***Natijalarni qayta ishlash va hisobotni  
tayyorlash:***

1. Teskari to'lqin uzunligi qiymatlarini 1-jadvalga kiriting.
2. Har bir o'tish chizig'i elektronning qaysi Kvant pog'onalaridan o'tishiga to'g'ri kelishini aniqlang. Jadvalga n ning qiymatini yozing.
3. Shu spektral seriya uchun teskari to'lqin uzunligi ( $1/\lambda$ ) ning teskari bosh kvant son kvadrati ( $1/n^2$ ) bilan bog'lanishi grafigini tuzing.

4. Shu grafig o'zgarishiga qarab Ridberg doimiysini aniqlang:  $R = \frac{\Delta(1/\lambda)}{\Delta(1/n^2)}$ .

5. Olingan natijalar ustida bosh qotiring.

*O'zgarmas qiymatlar: Ridberg doimiysi:  $R = 1.1 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$ .*

***O'z o'zini tekshirish uchun savol va topshiriqlar:***

1. Elektromagnit nurlanish spektri nima?
2. EMN ning chiziqli spektri nima?
3. Nimalar EMN ning chiziqli spektri manbai bo'la oladi?
4. EMN ning yo'l-yo'l spektri qanday hosil bo'ladi va uning manbai nima?
5. Qanday sharoitlarda EMN to'lqinli spektrda nurlanadi?
6. Atomning "Planetar" modelini tavsiflang.

7. Qanday sharoitlarda atomdagi elektronlar EMN yutadi yoki o'zidan chiqaradi?
8. O'zidan foton chiqaruvchi foton va elektronning xarakteristikalari bir biri bilan qanday bog'langan?
9. Atomning "Kvant" modelini tekshirishda qanday tenglamadan foydalaniladi?
10. Bu tenglamani qanday yechimga ega?
11. Elektron va uning harakati atomning "kvant" modelida qanday tushuntiriladi?
12. To'lqinli funksiyaning kvadrat moduli nimani bildiradi?
13. Atomdagi elektron orbitalariga izoh bering.
14. Bosh kvant son nimani bildiradi? Uni topish formulasini yozing.
15. Azimutal kvant son nimani bildiradi? Uni topish formulasini yozing.
16. Magnit kvant son nimani bildiradi? Uni topish formulasini yozing.
17. Elektron "spin"i nima?
18. Spin kvant son nimani bildiradi? Uni topish formulasini yozing.
19. Magnit-spin kvant son nimani bildiradi? Uni topish formulasini yozing.
20. Elektronning qo'zg'algan(?) holati nima?
21. Elektron qo'zg'alishining davomiyligini qanday aniqlash mumkin?
22. Elektron holatini bildiruvchi yozuv:  $(2s^2, 2p^3)$  ni tavsiflang.
23. Elektron 2d holatda mavjud bo'lishi mumkinmi? Nima uchun?
24. Spektral seriya nima?
25. Atomar vodorod nurlanishinig spektral seriyalarini sanab o'ting va ularning sodir bo'lish sabablarini yozing.

## 4. MOLEKULYAR FIZIKA

### 4.1 LABARATORIYA ISHI

#### Maksvell taqsimotlari

Ma'ruzalar matni va o'quv qo'llanmasi (Savelyev 1-tom, §93,98,99) bilan tanishib chiqing.

Ishning maqsadi:

- Ideal gaz molekulalarining harakati bilan tanishtiruvchi kompyuter modeli bilan tanishuv.
- Ideal gaz molekulalari uchun Maksvell taqsimotlarini tajribada tasdiqlash

#### *Asosiy nazariy ma'lumotlar:*

O'lchovning qandaydir aniq  $R_i$  qiymatiga erishish uchun  $N_i$  marta ( $N \rightarrow \infty$ ) o'lchash olib borish mumkin.

$dP_v = F(v) dv$ , bu yerda  $F(v)$ -proporsionallik koeffitsiyenti molekulalar tezligi qiymatining taqsimot funksiyasi deyiladi. U boshqa taqsimot funksiyalari orqali ham ifodalanishi mumkin:

$F(v) = \varphi(v_x) \cdot \varphi(v_y) \cdot \varphi(v_z) \cdot 4\pi v^2 = f(v) \cdot 4\pi v^2$ , bu yerda  $\varphi(v_x)$ ,  $\varphi(v_y)$  va  $\varphi(v_z)$  – molekulalar tezliklarining mos proyeksiyalari uchun taqsimot funksiyalari,  $f(v)$  esa ularning yig'indisi.

§98 keltirilgan formulalar

$$F(v) = \left( \frac{m}{2\pi kT} \right)^{\frac{3}{2}} e^{\left( -\frac{mv^2}{2kT} \right)} 4\pi v^2.$$

$$\text{O'rtacha tezlik: } \langle v \rangle = \int_0^{\infty} v F(v) dv = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}},$$

$$\text{O'rta kvadratik tezlik: } v_{sr.kv} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}.$$

$F(v)$  funksiya maksimumga erishadigan  $v_{aniq}$  tezlik "ehtimolligi eng katta tezlik" deb ataladi:

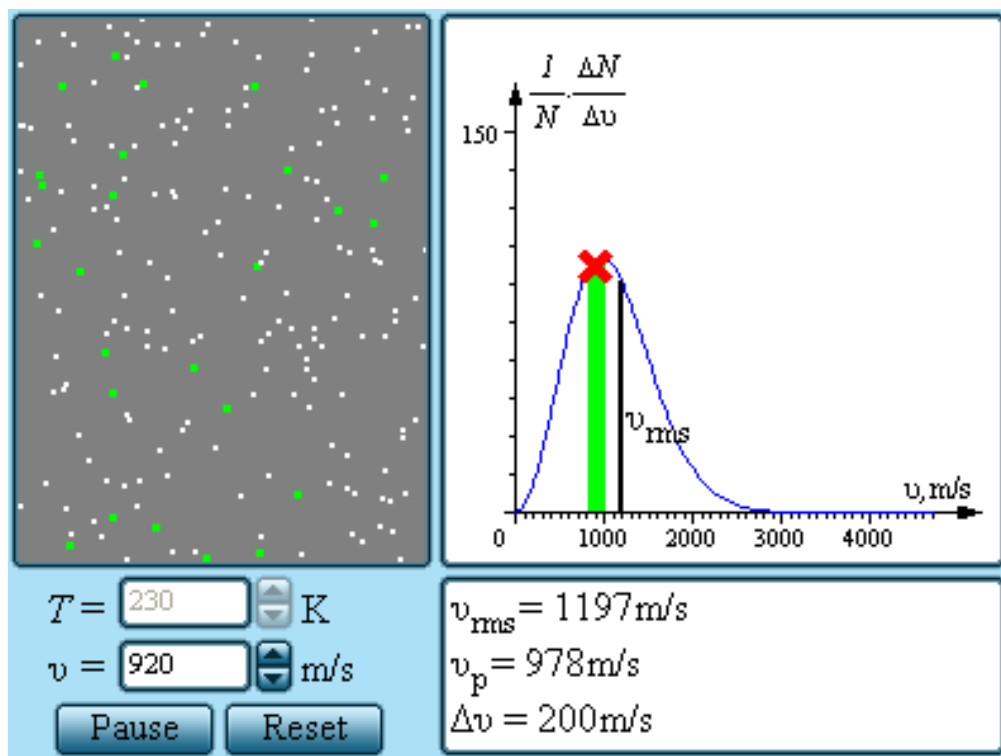
$$v = \sqrt{\frac{2kT}{m}}.$$

KeraCi ma'lumotlarni laboratoriya-konspekt daftaringizga ko'chirib yozing.

*O'lchash natijalarini hisoblashga doir uslubiy ko'rsatmalar:*

Sichqoncha bilan ekrandagi "Start" tugmachasini bosing. Kompyuter monitoridagi tasvirni diqqat bilan ko'zdan kechiring. Ekranning chap qismida berk hajm bo'ylab harakatlanayotgan zarrachalar tizimiga e'tiboringizni qarating. Ular bir-biri va idish devori bilan absolyut elastik to'qnashmoqda. Zarralar soni 100 ga yaqin va bu tizim bemalol Ideal gazning mehanik modeli bo'la oladi. "Rause" tugmachasi yordamida molekular harakatini to'xtatib oniy suratlarni qo'lga kiritish mumkin.

O'qituvchidan ishni bajarish uchun ruxsat oling.



**1 – TAJRIBA:** Chap ekrandagi oniy surat yordamida yashil rang bilan ajralib turgan molekularning ( $\Delta v$ ) tezlik diapazonini aniqlash.

Buning uchun sichqoncha ko'rsatkichini diapazon (<math><</math>) belgisi ustiga keltirib uni eng quyi holatga keltiring ( $v=0$ ). So'ngra sichqonchani (>) belgisi ustiga bosib tezlik  $v_{MAX}$  maksimal qiymatgacha ko'tariladi va bosishlar soni  $N$  sanaladi. Keyin esa  $\Delta v = v_{MAX} / N$  formuladan foydalaning.

**2 – TAJRIBA:** Molekularning tezlik bo'yicha taqsimlanishini o'rganish.

Tizimga brigadangiz jadvalida ko'rsatilgan  $T_1$  temperatura bering. Tezlik qiymatlarini 2-jadvaldagiga yaqinroq tanlang, "Rause" tugmachasini bosing va tezligi berilgan  $\Delta v$  diapazonda yotgan molekular soni  $\Delta N$  ni



sanang. Natijalarni 2-jadvalga yozing. Avval "Start" tugmachasini, bir necha soniyadan so'ng esa "Rause" tugmachasini bosish orqali yana bir oniy suratga ega bo'ling va undagi berilgan tezlikda harakatlanayotgan molekulalarni sanang. Har bir tezlik uchun 5 ta o'lchash bajaring va natijalarni 2-jadvalga yozing. So'ngra tezlikni o'zgartirib (5 ta tezlik uchun) o'lchashlar bajarib natijalarni 2-jadvalga yozing.

Keyin esa 1-jadvalda ko'rsatilgan  $T_2$  temperaturani o'rnatib 2-tajribadagi barcha punktlarni bajaring va natijalarni 3-jadvalga yozing.

### 1 - JADVAL

**Temperaturaning tahminiy qiymatlari (O'zgartirish kiritmang!!)**

Brigada	1	2	3	4	5	6	7	8
$T_1$	150	200	250	300	350	400	450	500
$T_2$	700	740	770	800	840	870	900	930

**2 va 3-jadval (bir biriga o'xshash)**

**O'lchash natijalari  $T = \text{___} \text{ K}$  da**

$v$ [km/s]=	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
$\Delta N_1$							
$\Delta N_2$							
$\Delta N_3$							
$\Delta N_4$							
$\Delta N_5$							
$\Delta N_{o'r}$							

#### Natijalarni qayta ishlash va hisobotni tayyorlash:

1. Zarrachalar sonining o'tacha qiymati  $\Delta N_{o'r}$  ni hisoblang va jadvalga kiriting.

2.  $\Delta N_{o'r}(v)$  bog'lanishni nazariy va amaliy shaxtlarining grafigini chizing. Nazariy bog'lanishni kompyuter ekranidan chizib olish mumkin (Mos masshtab qo'ygan holda)

3. Har bir temperatura uchun  $v_{aniq}$ ning (?) amaliy qiymatini aniqlang.

4. Aniq tezlikning temperatura bilan bog'lanish  $v_{aniq}(T)$  grafigini chizing.

5. Bu grafikdan molekula massasini aniqlang:

$$m = 2k \frac{\Delta(T)}{\Delta(v_{aniq}^2)}$$

6. Massasi o'lchangan molekula massasiga yaqin bo'lgan gaz tanlang.

7. Olingan javoblar va grafiCar hususida mulohaza yuriting.

### O'zgarmas qiymatlar

gaz	vodorod	geliy	neon	azot	kislorod
Molekula massasi $10^{-27}$ kg	3.32	6.64	33.2	46.5	53.12

### **O'z o'zini tekshirish uchun savol va topshiriqlar:**

1. Biror o'lchashning qanday bajarilishi to'g'risida tushuncha bering.
2. Tezlik qiymatini o'lchashda qanday usuldan foydalanilganini tushuntiring.
3. Taqsimot funksiyasi nima?
4. Qiymatning taqsimot funksiyasi va tezlik proyeksiyasi o'zaro qanday bog'langan?
5. Ideal gaz molekulalari tezligini taqsimot funksiyasi grafigining o'ziga xos xususiyatlari nimadan iborat?
6. Agar  $f(A)$  taqsimot funksiyasi ma'lum bo'lsa  $A$  fizik kattalikning o'rtacha qiymati qanday aniqlanadi?
7. Molekulalarning o'rtacha tezligini hisoblash formulasini yozing.
8. Molekulalarning o'rtacha kvadratik tezligini hisoblash formulasini yozing.
9. Molekulalarning aniq (?) tezligini hisoblash formulasini yozing.
10. Ideal gaz molekulalarini o'rtacha tezligining ifodasini yozing.
11. Ideal gaz molekulalarini o'rtacha kvadratik tezligining ifodasini yozing.
12. Ideal gaz molekulalarini aniq (?) tezligining ifodasini yozing.
13. Ideal gaz molekulalarining o'rtacha va o'rtacha kvadratik tezliCari necha foizga farq qilishini hisoblang.
14. Ideal gaz molekulalarining o'rtacha va aniq (?) tezliCari necha foizga farq qilishini hisoblang.

## 4.2 – Labaratoriya ishi

**Havo uchun molyar issiqlik sig'implari o'rtasidagi munosabat  $c_p/c_v$  ni aniqlash**

**Ishning maqsadi** – Havo uchun Adiabatata ko'rsatkichi  $\gamma = C_p / C_v$  ni aniqlash

### Asosiy nazariy ma'lumotlar

Issiqlik almashinuvisiz boruvchi termodinamik jarayon – Adiabatik jarayon deyiladi.  $PV$  koordinata o'qlarida adibatik jarayon tenglamasini keltirib chiqaramiz.

Quyidagi formula istalgan termodinamik jarayon uchun qo'llanilishi mumkin.

$$\delta Q = dU + \delta A \quad (1)$$

Bu yerda  $\delta Q$  - sistemaga berilgan o'ta kichik issiqlik miqdori;  $dU$  - Ichki energiyaning o'ta kichik o'zgarishi;  $\delta A$  - Shu termodinamik jarayonda bajarilgan juda kichik ish.

Adiabatik jarayon uchun (1) munosabat quyidagi ko'rinishga keladi:

$$dU + \delta A = 0 \quad (2)$$

Demak ideal gaz uchun:

$$dU = \nu C_v dT \quad (3)$$

$$\delta A = pdV \quad (4)$$

Bu yerda  $\nu$  - modda miqdori;  $C_v$  - O'zgarimas hajmdagi molyar issiqlik sig'imi;  $p$  - bosim;  $dT$  va  $dV$  – mos ravishda temperatura va hajmning o'ta kichik o'zgarishlari. (3) va (4)ni (2)ga qo'yib

$$\nu C_v dT + pdV = 0 \text{ ni hosil qilamiz.}$$

Ideal gaz Mendeleev-Capeyron tenglamasiga bo'ysinadi:

$$pV = \nu RT$$

Bu tenglamani differensiallab  $dP$ ,  $dV$  i  $dT$  lar orasidagi bog'lanishni topamiz:

$$pdV + Vdp = \nu R dT.$$

(4) va (6) dan

$$dT = \frac{pdV + Vdp}{\nu R} \quad \text{ga ega bo'lamiz.} \quad (7)$$

(7) ni (5) ga qo'yib adiabatik jarayonda hajm va bosim bog'lanishining differensial tenglamasini hosil qilamiz:

$$(C_v + R)p dV + C_v V dp = 0. \quad (8)$$

$C_v + R = C_p$  - Ideal gazning doimiy bosimdagi molyar issiqlik sig'imi ekanligini hisobga olsak (8) dan

$$\frac{C_p}{C_v} \frac{dV}{V} + \frac{dp}{p} = 0 \quad \text{ni hosil qilamiz} \quad (9).$$

Ma'lumki Ideal gazning molyar issiqlik sig'imlari:  $C_p$  va  $C_v$  faqatgina molekullarning erkinlik darajasi  $i$  ga bog'liq bo'ladi:

$$C_p = \frac{i+2}{2}R, \quad C_v = \frac{i}{2}R$$

Demak  $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$  ko'rsatkich – bu gaz uchun doimiy qiymatdir. Bundan (9)

differensial tenglama

$$pV^\gamma = const \quad (11)$$

ko'rinishga keladi

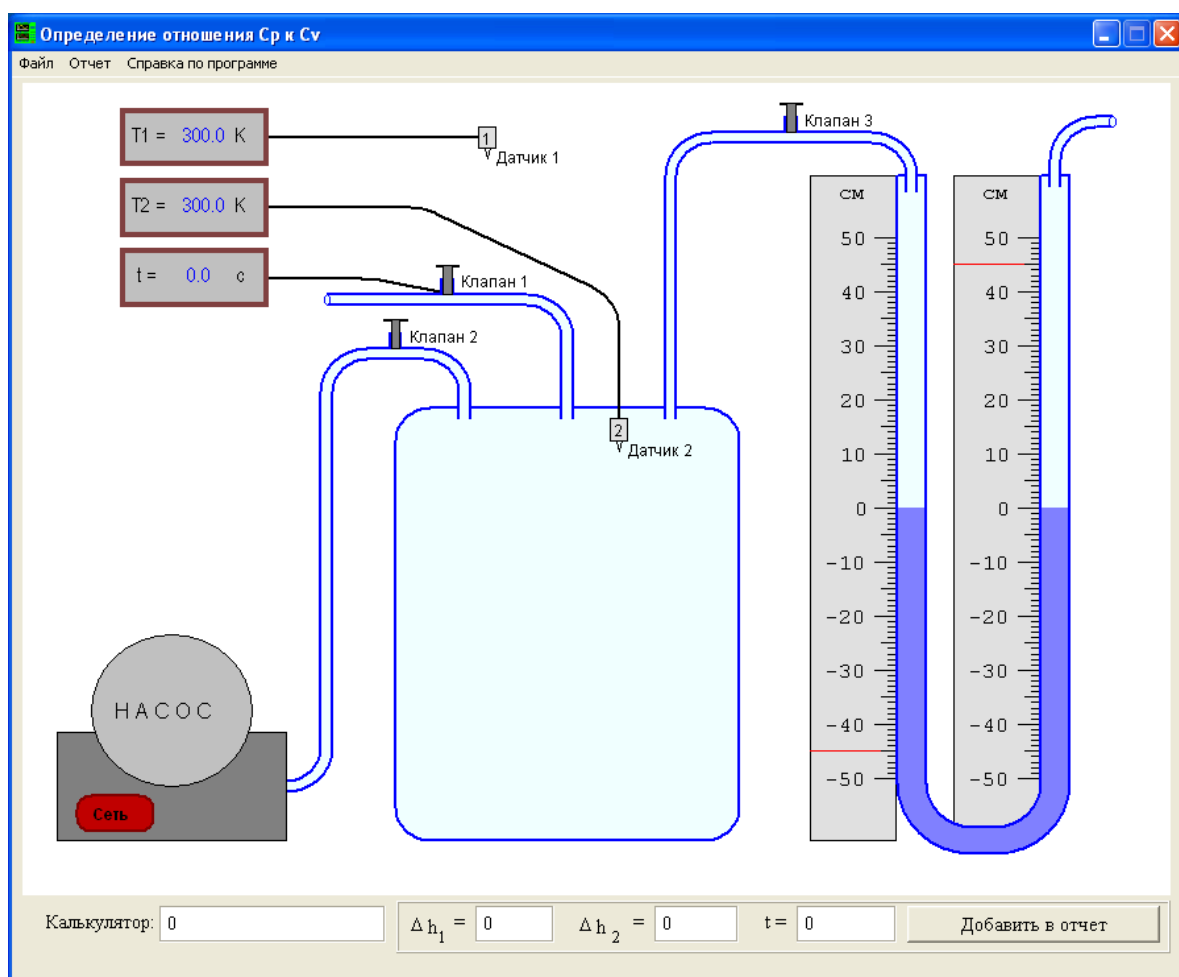
(11) tenglama adiabat tenglamasi (Puasson tenglamasi),  $\gamma$  koeffitsiyent esa adiabat doimiysi (Puasson doimiysi) deyiladi. Agar havoning bosimi atmosfera bosimiga, harorati  $27^\circ$  ga teng va uni asosan ikki atomli molekullardan tuzilgan ideal gaz ( $i=5$ ) deb hisoblasak unda

$$\text{havo uchun adiabatning nazariy qiymati: } \gamma = \frac{i+2}{i} = 1,4 \quad (12)$$

ga teng bo'ladi.

### **Tajriba dasturi va asosiy qurilmasining umumiy tuzilishi:**

Tajriba qurilmasining asosiy qismlari bu: (1a rasmga qarang) havo bilan to'latilgan  $B$  ballon, ; suyuqliCi (suvli) manometr  $M$  va kompressor (u ballonga ulangan, 1a rasmda ko'rsatilmagan, 1b rasmda nasos). 1-Capan( K1) ballonni atmosfera bilan birlashtiradi. 1-Capanning ko'ndalang kesimi juda katta. U ochilganda ballonda tezlik bilan atmosfera bosimi hosil bo'ladi. Bosimning bu tezkor o'zgarishi tashqi muhit bilan deyarli issiqlik almashmasdan yuz beradi va bu jarayonni adiabatik jarayon deb atash mumkin.. 2-Capan yordamida (K2) ballon uni havo bilan to'ldiruvchi kompressor bilan bog'lanishi mumkin.



(1 b) rasm. Dasturning asosiy oynasi. Modelli qurilma.

### O'lchash natijalarini hisoblashga doir uslubiy ko'rsatmalar.

Ballonga kompressor yordamida havo damlaymiz va 1-Capanni yopamiz. Ballondagi havo ozgina qiziydi ammo biroz vaqt o'tgach undagi gaz harorati xona harorati  $T_0$  bilan teng bo'lib qoladi. Bunda ballondagi gaz bosimi:

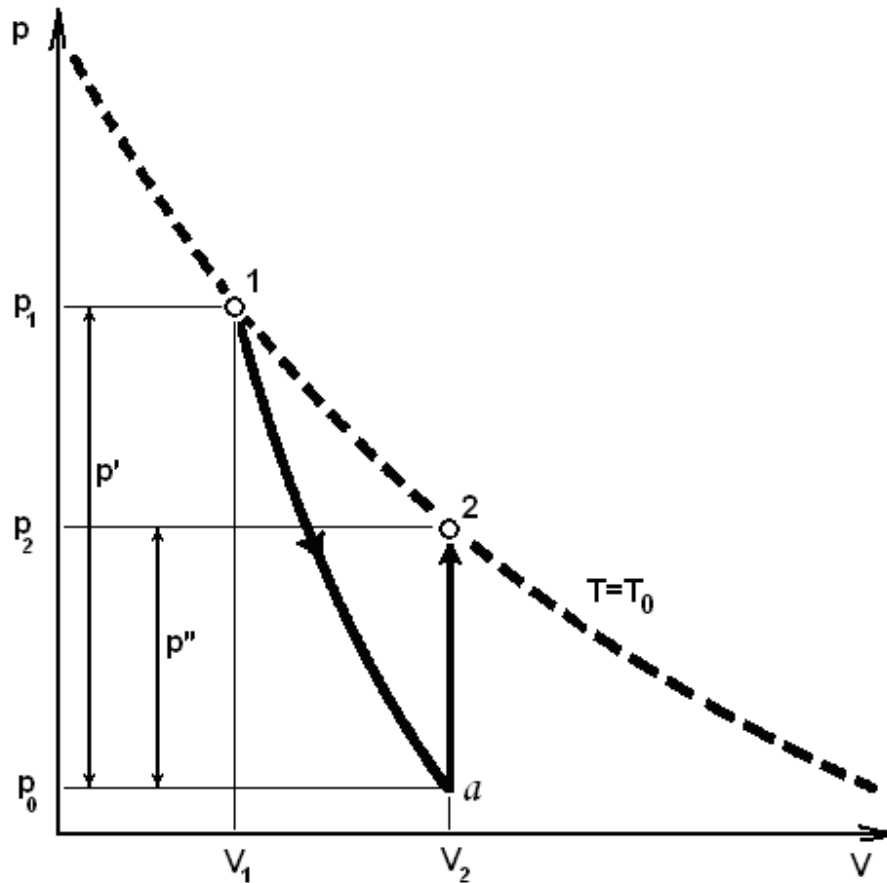
$$p_1 = p_0 + p' \text{ ga o'zgaradi} \quad (13)$$

bu yerda  $p_0$  – atmosfera bosimi;  $p'$  –havoning ortiqcha bosimi (Uni manometr orqali aniqlash mumkin).

Hozir Capandan uzoqda joylashgan  $V_1$  hajmni egallab turgan ma'lum miqdordagi gazni qaraymiz. Agar 1-Capanni qandaydir vaqtga ochiq qoldirsak ballondagi gazning bir qismi uni tark etadi va undagi bosim atmosfera bosimiga teng bo'lib qoladi (Bunda ballondagi gaz hajmi  $V_1$  dan  $V_2$  gacha ortadi (. 2-rasmdagi  $1 \rightarrow a$  jarayon)). Ballondagi temperatura pasayadi chunki gaz ballondan chiqish jarayonida o'z ichki energiyasi kamayishi hisobiga ish bajardi.

$1 \rightarrow a$  jarayonni adiabatik deb hisoblab, (4.1) dan

$$p_1 V_1^\gamma = p_0 V_2^\gamma \quad \text{ni hosil qilamiz (14)}$$



2- rasm. PV (Bosim-hajm) grafigida asosiy jarayonlarning grafik tasviri

1-Capan yopilgach ballon ichidagi gaz  $T_0$ -hona temperaturasigacha izoxorik qiziydi. ( $a \rightarrow 2$  jarayon). Bunda bosim atmosfera bosimiga nisbatan  $r''$  ga ortadi va

$$p_2 = p_0 + r'' \quad \text{ga teng bo'lib qoladi (15)}$$

1 va 2 holatlarda gazlar harorati o'zaro teng shu sababli ular uchun Boyle-Mariott qonunini qo'llaymiz:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \quad (16)$$

(14), (16) tenglamalar sistemasida hajmlar nisbati  $V_2/V_1$ , ni chiqarib tashlasak:

$$\frac{p_1}{p_0} = \left( \frac{p_1}{p_2} \right)^\gamma \quad \text{ni hosil qilamiz.}$$

Bu tenglikni logarifmlab shu bilan birga (13) va (15) tenglamalarni qo'llab,  $\gamma$  ni topamiz:

$$\gamma = \frac{\ln(p_1/p_0)}{\ln(p_1/p_2)} = \frac{\ln(1+p'/p_0)}{\ln(1+(p'-p'')/(p_0+p''))}.$$

$r'$  va  $r''$ - bosimlar qiymatlari atmosfera bosimidan ancha kichikdir.

$x \ll 1$  bo'lganda  $\ln(1+x) \approx x$  bo'ladi. Qiymati  $p_0$  ga qaraganda kichik bo'lgan  $p''$ ning qiymatini hisobga olmagan holda  $p_0+p''$  ni  $p_0$  ga almashtiramiz .

Natijada:

$$\gamma \approx \frac{p'}{p'-p''} \quad \text{ni hosil qildik.} \quad (18)$$

(18) formuladagi oriqla bosim istalgan birlik qiymatni qabul qilishi mumkin. Bu yerda  $r'$  va  $r''$ ni asosan suv ustunining balandligi ya'ni santimetrda o'lchash qulay. unda:

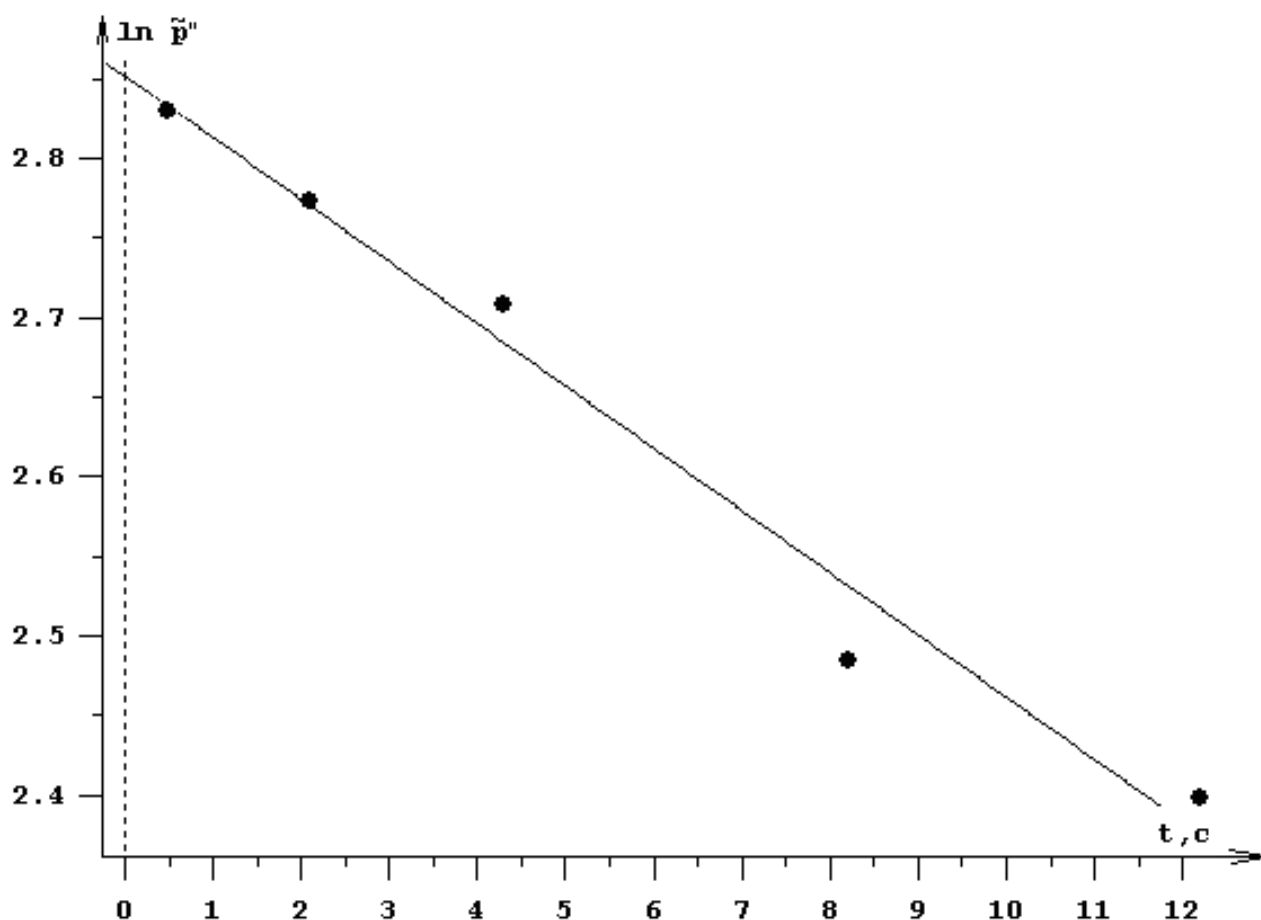
$$\begin{aligned} r' \text{ (sm suv ust.)} &= h' \text{chap (sm)- } h' \text{o'ng (sm) ,} \\ r'' \text{ (sm suv ust.)} &= h'' \text{chap(sm)- } h'' \text{o'ng (sm).} \end{aligned} \quad (19)$$

Bu yerda  $h' \text{chap}$  va  $h' \text{o'ng}$  –  $r'$  ni o'lchash jarayonida manometrning o'ng va chap ustunlarining ko'rsatkichidir..  $h'' \text{chap}$  va  $h'' \text{o'ng}$  ham  $r''$  uchun huddi shu usulda aniqlanadi.  $r''$  ni aniqlash uchun aynan adiabatik jarayon yakuniga yetgach 1-Capanni yopish kerak. Ammo masalaning yana bir tomoni shundaki adiabatik jarayon juda qisqa vaqt davom etadi shu sababli uning aniq tugash vaqtini aniqlash mushkuldir. Shuning uchun  $r''$  quyidagi usul bilan aniqlanadi. Boshlang'ich bosim  $r'$  o'zaro teng, ammo 1-Capanning ochilish davomiyligi  $t$  turlicha bo'lgan holda natijaviy bosim  $\tilde{p}''(t)$  o'lchanadi. *Atrof muxit* bilan sistemadagi gazning issiqlik almashinish qonuniyatini quyidagi eksponensial funksiya yordamida ifodalash mumkin:

$$\tilde{p}''(t) = p'' \exp\left(\frac{t - \tau}{\varepsilon}\right),$$

bu yerda  $\tau$  - Adiabatik jarayon davomiyligi  $\varepsilon$  - Issiqlik almashinuvi tezligini harakterlovchi o'zgarmas kattalik.  $s$  va  $t$  ga nisbatan  $\tau$  ni hisobga olmagan holda ikkala tomonni logarifmlab

$$\ln \tilde{p}''(t) = \ln p'' + \frac{t}{\varepsilon} \quad \text{ni hosil qilamiz}$$



3 rasm. Bosim natural logairfmining vaqt bilan bog'lanishi.

$\ln \tilde{p}''(t)$  vaqtga chiziqli ravishda bog'liq bo'lgani uchun  $t \rightarrow 0$  u  $\ln p''$  ga intiladi, bu holda vertikal chiziq bilan tajribada aniqlangan chiziqli grafikning kesishish nuqtasi yordamida  $t=0$  da  $\ln p''$  va  $p''$  ni aniqlash mumkin (3-rasm).

### Ishni bajarish tartibi

1).  $T_0$  temperatura va  $r_0$  bosim qiymatlari oldindan berilgan bo'ladi. Sekundomerning o'lchash hatoligi ( $\Delta t$ ) ni hisobga olmaymiz chunki bu termodinamik jarayonlar juda sekin boradi. Manometr ustunlaridagi suyuqlik balandligidagi hatolik ( $\Delta h$ ) hisobotga talaba tomonidan o'lchab yozib qo'yiladi.

2) Capanlarni boshlang'ich holatga keltiring:

- 1-Capan, Ballonni atmosfera bilan tutashtiradi – yopiq.
- 2-Capan, Ballonni kompressor bilan tutashtiradi – yopiq.
- 3-Capan, Ballonni manometr bilan tutashtiradi - ochiq.

Capanni ochish yoki yopish uchun uning ustiga sichqoncha bilan bosish kerak.

3) Nasosning old tomonidagi «set» tugmachasiga sichqoncha bilan bosing va kompressorni ishga tushiring.



4) Ballonni kompressor bilan tutashtiruvchi 2-Capanni oching va suvli manometr orqali ballonda bosim ortishini kuzating.  $h'_{o'ng} - h'_{chap} = (60 \div 70) \text{sm}$  bo'lgunicha ballonga havo damlang.

5) 2-Capanni yoping so'ngra nasosni o'chiring. Bilingki agar nasosni 2-Capanni yopmay turib o'chirsak nasos orqali havo chiqib ketganligi sababli ballondagi bosim asta sekinlik bilan pasayadi.

6) Ballondagi harorat hona harorati bilan tenglashishini kuting. Bunda bosim pasayadi ammo uning qiymati  $r'$  dan yuqori bo'lishi kerak. Aks holda ballonga yana ozroq havo damlang.

7) Bosimni keraCi qiymatgacha pasaytirish uchun 2-Capanni oching. Havo nasos orqali ballonni tark etadi va bosim asta sekin pasayadi. Manometrni diqqat bilan kuzatib turing: bosim keraCi qiymatgacha pasaygach 2-Capanni yoping. Manometr ko'rsatkichlarini  $\Delta h_1$  maydoniga kiritib qo'ying.

8) 1-Capanni  $t$  vaqtga oching va so'ngra yoping.  $t$  ning tavsiya etilgan qiymatlari: 2 sek; 4 sek; 6 sek; 8 sek 10 sek. O'tgan vaqt sekundlarda ko'rinib turadi. Capan ochiq turgan  $t$  vaqtni keraCi maydonga kiritib qo'ying.

9) Ballondagi temperatura hona temperaturasi bilan tenglashishini kuting. Manometrning  $\Delta h_2$  ko'rsatkichini keraCi maydonga kiriting va "Dobavit' v otchet" tugmachasini bosing.

10) 1-Capanni oching.

Boshlang'ich bosimni o'zgartirmasdan turli vaqt  $t$  qiymatlari uchun tajribani kamida 5 marta takrorlang.

So'ngra dasturning asosiy menyusidan "Otchet" tugmachasini bosing va hosil bo'lgan hisobot formasini to'ldiring. Asosiy menyudagi "Fayl | Soxranit' otchet" punkti yordamida hisobotni saqlab qo'ying.

**Diqqat!** Ballondagi temperatura keskin ko'tarilib ketmasligi uchun unga asta sekinlik bilan havo damlash kerak. Bundan tashqari ustundagi suyuqlikning quyi darajasi qizil ehtiyot chizig'iga yetib bormasligi kerak. Aks holda avtomatik ravishda jarayon to'xtatiladi.

### O'lchash natijalarini hisoblashga doir ko'rsatmalar

1. Olingan natijalar asosida  $\ln \tilde{p}''(t) = a t + b$  to'g'ri chiziq yasalib uning parametrlari  $a$  va  $b$  hisoblanadi.
2. Shu parametrlar yordamida  $\ln p''$  va  $r''$  hisoblanadi (3-rasmga qarang).

3.  $r''$  ning  $r'$  ga nisbatini aniqlang (Olingan natijalar asosida qanday qilib  $p'$  ni hisoblash mumkin?)
4.  $\gamma$  ni (18) formula yordamida hisoblang.
5.  $r'$  ni topishdagi nisbiy hatolikni quyidagi formula bilan aniqlang:

$$\Delta p' = \sqrt{2} \Delta h \quad (21)$$

Shu formulani keltirib chiqaring!

6. Koeffitsiyentlarning nisbiy hatoligini baholash yo'li bilan  $\Delta (\ln r'')$  ni aniqlang. So'ngra  $r''$  ni quyidagi

$$\Delta r'' = r'' \Delta (\ln r''). \text{ formula yordamida hisoblang. (22)}$$

7.  $\gamma$  ni hisoblashdagi nisbiy va absolyut hatolarni aniqlang:

$$\delta \gamma = \frac{p''}{p' - p''} \sqrt{\left(\frac{\Delta p'}{p'}\right)^2 + \left(\frac{\Delta p''}{p''}\right)^2}, \quad \Delta \gamma = \delta \gamma \cdot \gamma$$

8.  $r'$ ,  $r''$  va  $\gamma$  uchun qabul qilishi mumkin bo'lgan oraliqlarni yozing.
9.  $\gamma$  ning nazariy qiymati (12) shu oraliqqa to'g'ri kelish kelmasligini aniqlang.

### O'z-o'zini tekshirish uchun savol va topshiriqlar

1. SI birliCar sistemasida hajm, temperatura va molyar issiqlik sig'implari qanday birliCarda o'lchanadi?
2.  $S_r$  va  $S_v$  molyar issiqlik sig'implariga ta'rif bering.
3. Qanday jarayon adiabatik jarayon deyiladi?
4. Boyle-Mariott qonunini ta'riflang. Bu qonun qaysi jarayon uchun qo'llaniladi?
5.  $PV$  koordinata o'qlarida bir nuqtadan boshlanuvchi izoxorik sovutish, izobarik qizdirish, izotermik va adiabatik kengayish jarayonlari grafigini tasvirlang.
6. Biror termodinamik jarayon natijasida bajarilgan ish va sistema ichki energiyasining o'ta kichik o'zgarishini qanday hisoblash mumkin?
7. Molyar issiqlik sig'implari  $S_r$  va  $S_v$ , molekularning erkinlik darajasi  $i$  bilan qanday bog'langan?  $\gamma$  ning nazariy qiymati qanday?
8. Puasson tenglamaga ta'rif bering?
9. Biror miqdordagi gazning hajmi 2 marta adiabatik kengayganda uning bosimi qanday o'zgaradi?
10. Adiabatik jarayon tenglamasini isbotlashda qaysi fizik qonunlardan

foydalanildi?

11. (18) formulani keltirib chiqarishda qaysi lemmalardan foydalanildi va ular qayn darajada o'z isbotini topdi?
12.  $\frac{p'}{p_0}$  nisbat nechaga teng ?
13. Laboratoriya qurilmasi qanday elementlardan tashkil topgan?
14. Ideal gazning ichki energiyasiga tushuncha bering . Bu energiya  $1 \rightarrow a$  adiabatik jarayonda qanday o'zgarishlarga uchraydi?
15. Bu tajribadagi qaysi grafik  $r''$  –ikkinchi ortiqcha bosimga tegishli va nima uchun?
16. Agar  $1-Capanni$  10 sekund davomida ochiq qoldirsak ushbu qurilmada gaz bilan bog'liq qanday jarayonlar yuz beradi ?
17. Bu laboratoriya ishida biror miqdordagi gazda sodir bo'lgan jarayonlarni  $PV$  (Bosim-Hajm) grafigida tasvirlang.
18. "Adiabatik kengayish" jarayonidagi issiqlik almashinuvi  $1 \rightarrow a$  (2-rasmga qarang) grafikga va yakuniy natijaga qanday ta'sir ko'rsatadi?
19. Issiqlik muvozanati holatida  $T$  temperatura uchun molekulaning bitta erkinlik darajasiga qanday miqdordagi kinetik energiya to'g'ri keladi?
20. Bir mol gaz uchun  $S_r - S_v = R$  ekanini isbotlang
21. Quruq havo qanday komponentlardan tashkil topgan?

## ADABIYOTLAR

1. Savelyev.I.V. Umumiy fizika kursi T.1. M.: «Nauka», 1982.
2. Savelyev.I.V. Umumiy fizika kursi. T.2. M.: «Nauka», 1978.
3. Savelyev.I.V. Umumiy fizika kursi. T.3. M.: «Nauka», 1979.
4. Tixomirov V. Laboratoriya ishlari. Fizika va kompyuterda modellashtirish bo'yicha,(Moskva 2002).
5. Monaxov V.V., Kojedub A.V. Matematika kafedrası SPbGU

## FOYDALI MA'LUMOTLAR FIZIK DOIMIYLAR

Nomlanishi	Belgisi	Qiymati	O'lchov belgisi
Gravitatsion doimiy	$\gamma$ yoki G	$6.67 \cdot 10^{-11}$	$\text{N m}^2/\text{kg}^2$
Erkin tushush tezlanishi	$g_0$	9.8	$\text{m s}^{-2}$
Vakuumdagi yorug'lik tezligi	c	$3 \cdot 10^8$	$\text{m s}^{-1}$
Avogadro doimiysi	$N_A$	$6.02 \cdot 10^{26}$	$\text{kmol}^{-1}$
Universal gaz doimiysi	R	$8.31 \cdot 10^3$	$\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$
Bolsman doimiysi	k	$1.38 \cdot 10^{-23}$	$\text{J K}^{-1}$
Elementar zaryad	e	$1.6 \cdot 10^{-19}$	C
Elektron massasi	$m_e$	$9.11 \cdot 10^{-31}$	kg
Faradey doimiysi	F	$9.65 \cdot 10^4$	$\text{C mol}^{-1}$
Elektr doimiysi	$\epsilon_0$	$8.85 \cdot 10^{-12}$	$\text{F m}^{-1}$
Magnit doimiysi	$\mu_0$	$4\pi \cdot 10^{-7}$	$\text{Gn m}^{-1}$
Plank doimiysi	h	$6.62 \cdot 10^{-34}$	J s

## MUNDARIJA

<b>KIRISH</b> .....	3
Laboratoriya ishlarini bajarishda talabalarning vazifalari.....	3
Fizik kattaliklarni o'lchashdagi xatolik turlari .....	4
Bevosita o'lchash natijalarining xatoligi. Fizik kattaliklarning o'rtacha qiymati, o'lchashning mutlaq va nisbiy xatoliklari.....	6
<b>I.MEXANIKA</b> .....	10
1.1. Laboratoriya ishi. Mexanik to'lqinlar.....	10
<b>II. ELEKTR VA MAGNETIZM. OPTIKA</b> .....	19
2.1. Laboratoriya ishi. Elektr maydonda zaryadlangan zarrachaning harakati.....	19
2.2. Laboratoriya ishi. Nuqtaviy zaryadlarning elektr maydoni.....	24
2.3. Laboratoriya ishi. O'zgarmas tok qonunlari .....	31
2.4. Laboratoriya ishi.. O'ziinduksiya hodisasi va manbaning ichki qarshiligi .To'liq zanjir uchun Om qonuni.....	37
2.5. Laboratoriya ishi. Magnit maydon.....	41
2.6. Laboratoriya ishi.Elektromagnit induksiya . .....	49
2.7. Laboratoriya ishi. O'zgaruvchan tok zanjirida rezonans hodisasi.....	54
2.8. Laboratoriya ishi Difraksiya va interferensiya. ....	57
<b>III. KVANT OPTIKASI.ATOM FIZIKASI</b> .....	62
3.1. Laboratoriya ishi. Tashqi fotoeffekt.....	62
3.2. Laboratoriya ishi. Atomar vodorodning nurlanish .spektri.....	66
<b>IV. MOLEKULAR FIZIKA</b> .....	71
4.1. Laboratoriya ishi. Maksvell taqsimotlari.....	71
4.2. Laboratoriya ishi. Havo uchun molyar issiqlik sig'imlarining nisbati $C_p/C_v$ ni aniqlash.....	75
<b>ADABIYOTLAR</b> .....	84
<b>AYRIM FOYDALI MA'LUMOTLAR</b> .....	84
<b>MUNDARIJA</b> .....	85