

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI ALOQA , AXBOROTLASHTIRISH VA
TELEKOMMUNIKASIYA TEXNOLOGIYALARI DAVLAT QO‘MITASI**

TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI

**Televizion texnologiyalar fakulteti
Fizika kaferdrasi**

**F I Z I K A F A N I D A N
MAXSUS SIRTQI FAKULTET TALABALARI UCHUN
VIRTUAL LABORATORIYA ISHLARINI BAJARISH UCHUN
USLUBIY QO‘LLANMA**

Toshkent-2013

F I Z I K A F A N I D A N
MAXSUS SIRTQI FAKULTET TALABALARI UCHUN
VIRTUAL LABORATORIYA ISHLARINI BAJARISH UCHUN
USLUBIY QO'LLANMA

FIZIKA kafedrası majlisida ko'rib chirilgan va
2013 yil _____ № _____ sonli bayonnomasi bilan tasdiqlangan
11.10.2013 yil __ № 2(63) _ sonli bayonnomasi bilan
TATU IUKtomonidan chop etishga tavsiya etilgan

Ushbu qo'llanmada fizika fanining “Mexanika”, “Elektr va magnetizm”, “Molekulyar fizika”, “Optika”, “Kvant optikasi”, “Atom fizikasi” bo'limlari bo'yicha virtual laboratoriya ishlarini bajarishga oid uslubiy ko'rsatmalar keltirilgan.

Bu qo'llanma fizika fani bo'yicha Maxsus sirtqi fakultet talabalari uchun ishlab chiqilgan ishchi dasturga mos ravishda tayyorlangan.

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

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

Tuzuvchilar: prof. Abduraxmonov Q.P.
Katta o'qit. Ochilova O.O.

KIRISH

VIRTUAL LABORATORIYA ISHLARINI TASHKIL ETISH VA OLIB BORISH TARTIBI

Virtual ishlar, 2 kishidan oshmagan, talabalar guruhchalari tomonidan bajariladi, buning uchun semestr boshida o'quv guruhi guruhchalarga bo'linadi va semestr oxirigacha ular birgalikda ish bajaradilar.

Virtual laboratoriyalarning bajarilish ketma-ketligi mazkur metodik qo'llanma mundarijasidagi ketma-ketlikka mos keladi.

Laboratoriya mashg'ulotlarini qoldirgan talaba, qoldirgan mashg'ulotni dekanat yo'llanmasi bo'yicha belgilangan vaqtda qayta ishlashi lozim.

Har bir laboratoriya ishini bajarish quyidagilarni o'z ichiga oladi:

1. Nazariy tayyorgarlik.
2. Ish bajarishga ruxsat olish.
3. Tajribani o'tkazish, kuzatish va o'lchovlar olib borish.
4. O'lchov natijalari asosida xisob-kitob ishlarini bajarish.
5. Bajarilgan laboratoriya ishi xaqidagi hisobot.
6. Bajarilgan ishning ximoyasi.

1. Nazariy tayyorgarlik mavzuga doir fizik hodisalar va qonuniyatlarni o'rganish, laboratoriya ishini bajarish tartibi bilan tanishishni o'z ichiga oladi. Bu bosqichdan muvaffaqiyatli o'tish uchun talaba laboratoriya mashg'ulotidan oldin konspekt qilib ishning bajarish tartibini o'rganishi zarur. Auditoriya mashg'ulotlaridagi vaqt laboratoriyalarga ruxsat olish, natijalarni o'lchash, xisob-kitob va ishni ximoya qilishga ajratiladi.

2. Ish bajarishga ruxsat olish - talabaning nazariy tayyorgarligini tekshirish va ishni bajarish tartibi bilan tanish ekanligini aniqlashdan iborat.

3. Kuzatuv va o'lchovlar– tajribaning asosiy qismlari bo'lib, talabadan o'lchash usullarini bilishni, diqqatni va natijalarni yozib olishda izchillikni talab qiladi.

4. O'lchov natijalarini qayta ishlash – o'lchangan natijalarni ishchi formulalarga qo'yib, kerakli fizik kattaliklarni aniqlash, matematik jihatdan qayta ishlash, xatoliklarni baxolash.

5. Laboratoriya ishining bajarilganligi xaqidagi hisobothar bir talaba tomonidan individual shakllantiriladi.

Hisobotda quyidagilar aks ettirilishi lozim:

1. Ishning maqsadi.
2. Asbob va uskunalar.
3. Uskunaning prinsipial sxemasi yoki rasmi.
4. Ishchi (xisob-kitob) formulalari.
5. O'lchov va xisob-kitob natijalari aks etgan, hamda xatoliklar baholangan jadval.
6. Grafiklar.
7. Ishning natijalariga ko'ra xulosalar.

6. Bajarilgan ishning ximoyasi – nazariy savollarga og'zaki yoki yozma javob berish, ishchi formulalarni keltirib chiqarishlarni o'z ichiga oladi.

Bitta laboratoriya ishi 2-ta mashg'ulot (4 soat) davomida bajariladi. Quyida talaba tomonidan bajariladigan ishlar hajmi soatlar bo'yicha taqsimlab chiqilgan:

1. Birinchi soat–laborantlardan metodik qo'llanmalar olish va ruxsat olishga tayyorgarlik.
2. Ikkinchi soat–talabalarning laboratoriya ishini bajarish uchun ruxsatnoma olish (o'qituvchi talabaning konspekt daftariga qo'l qo'yish bilan amalga oshiriladi).
3. Uchinchi soat–o'lchashlarni amalga oshirish (o'qituvchi yoki laborant tomonidan kuzatib turiladi). O'lchov va xisob kitob natijalari, xatoliklar aniqlanib jadvalga yoziladi (bajarilganlik xaqidagi imzo olinadi).
4. To'rtinchi soat–natijalar mustaqil qayta ishlanadi va laboratoriya ishi ximoya qilinadi (ish topshirilganligi qayd etiladi).

1.ELEKTR VA MAGNETIZM.

1.1 – laboratoriya ishi

Elektronning bir jinsli elektr maydonida harakati

Ma'ruzalar matni va o'quv qo'llanmasidan ishning nazariyasi bilan tanishish
(Savelyev I.V., t.2, §5, §73)

Ishning maqsadi:

- 1.Yassi kondensatorning bir jinsli elektrostatik maydoni bilan tanishish;
- 2.Kondensatorning elektr maydonida elektron harakatining interaktiv modeli bilan tanishish;
- 3.Bir jinsli elektr maydonida nuqtaviy zaryadning harakat trayektoriyasini o'rganish;
- 4.Elektr maydon kuchlanganligi va zarralar tezligining uchib borish vaqti va masofasiga ta'sirini o'rganish;
- 5.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:

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

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{el}}{m} = \frac{q}{m} \vec{E} = const \quad Y = \frac{at^2}{2} = \frac{1}{2} \frac{q}{m} E \left(\frac{L}{V_{0x}} \right)^2, \quad V_Y = at = \frac{q}{m} E \frac{L}{V_{0x}},$$

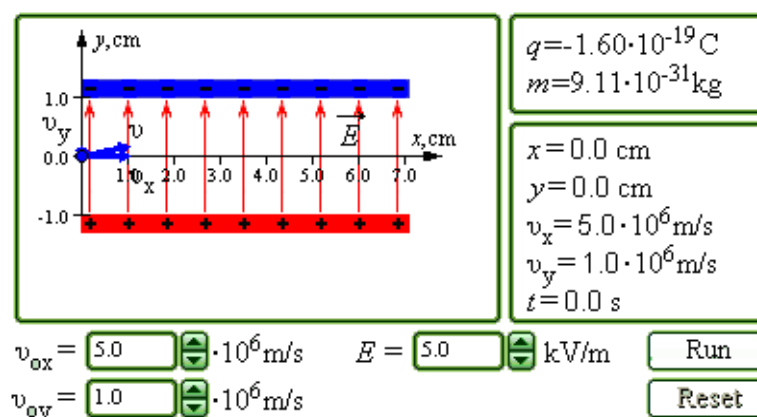
bu yerda Y - zarraning vertikal bo'ylab siljishi; \mathcal{G}_y - zarra kondensatordan uchib chiqqan paytdagi tezlikning vertikal tashkil etuvchisi.

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. Ekranda zarraning harakat trayektoriyasi namoyon bo'ladi 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.



O'lchashlar

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

Shu yo'l bilan , $\vartheta_{0_x} = 2 \cdot 10^6 \text{ m/s}$, $\vartheta_{0_y} = 0$ 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.

ϑ_{0_x} 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
E [V/m]	100	200	300	400	-100	-200	-300	-400

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

v_{0_x} [Mm/c]							
Y[MM]							
X[MM]							
t [HC]							
v_x Mm/c]							
v_y [Mm/c]							

Natijalar ustida ishlash va hisobot tayyorlash:

Alohida varaqlarga tajribadan olingan quyidagi bog‘lanishlar grafiklarini chizing:

5.kondensatordan uchib chiqishda vertikal siljish(Y) ning boshlang‘ich tezlik teskari qiymati kvadrati $(1/\mathcal{G}_{0_x})^2$ ga bog‘liqligi;

6.kondensatordan uchib chiqishda tezlikning vertikal tashkil etuvchisi \mathcal{G}_y ning boshlang‘ich tezlik teskari qiymati $(1/\mathcal{G}_{0_x})$ 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 grafiklar bo‘yicha xulosa chiqaring.

Jadval bo‘yicha elektronning solishtirma zaryadi $e/m = 1.76 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$.

Nazorat uchun savol va topshiriqlar

1. Elektr zaryadiga ta’rif bering.
2. Elektr zaryadi quyidagi tasnif sinflarining qaysi biriga taalluqligini aniqlang:
 - 1)harakat tasnifi
 - 2)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 shaklda bo'ladi?

1.2– Laboratoriya ishi

O'zgarmas tok qonunlari

Ma'ruzalar matni va o'quv qo'llanmasidan ishning nazariyasi bilan tanishish (Savelyev I.V., t.1, §§ 34-36).

Ishning maqsadi:

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

Qisqacha nazariya:

Tok kuchini aniqlash $I = \frac{dq}{dt}$.

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 φ_1 va φ_2 - zanjir qismi uchlaridagi potentsiallar, R -zanjirning mazkur qismiga ta'sir etayotgan EYUK.

Berk zanjir uchun Om qonuni $I = \frac{\varepsilon}{R}$, bu yerda ε -zanjirdagi

EYUKlar yig'indisi, R - zanjirdagi qarshiliklar 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 toklar musbat, tugundan chiqayotgan toklar manfiy deb hisoblanadi.

Kirxgofning birinchi qoidasi: tugunda uchrashuvchi toklarning 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

$$\sum_{k=1}^n I_k R_k = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i$$

Tarmoqlangan zanjirni tahlil qilishda, barcha ketma-ket ulangan elementlar orqali bir tugundan ikkinchisiga oqayotgan toklarni 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:

7. agar tokning yo'nalishi aylanib chiqish yo'nalishi bilan mos tushsa, tokni musbat deb, qarama-qarshi bo'lsa manfiy deb hisoblash qabul qilingan;

8. 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 toklar 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.

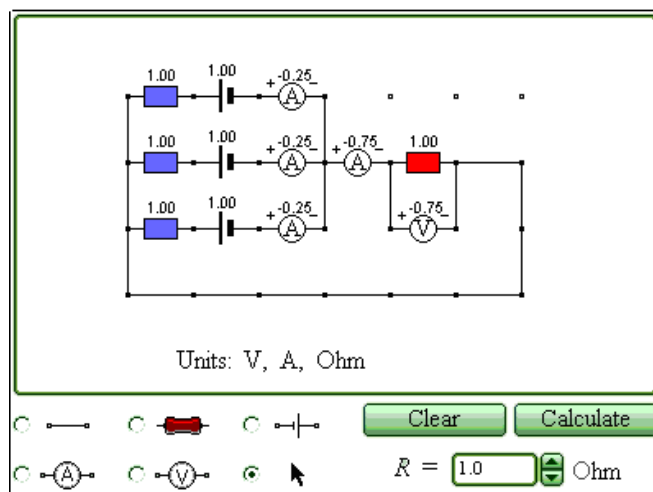
O'lchash usuli va tartibi

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 toklarning 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 sichqonchaning 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, sichqonchaning 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 yuklanish rezistorini va unga ketma-ket qilib ampermetrni joylashtiring. Yuklanish 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 sichqonchaning chap tugmasini bosing.

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

5. Yuklanish rezistori qarshiligini $R=1 \text{ Om}$ qilib o'rnatish. Barcha toklarni va yuklanishdagi 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 qarshiliklarning qiymatlari
(chizib olmang)

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 ₁ [A]	I ₂ [A]	I ₃ [A]	I [A]	U[B]
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

3-jadval. Hisoblash natijalari

I ₁ [A]	I ₂ [A]	I ₃ [A]	I [A]

Olingan natijalar ustida ishlash va hisobot tayyorlash

1. Tuzgan zanjiringiz bo'yicha barcha toklar uchun umumiy ko'rinishda tenglamalar tizimining yechimini yozing.
2. Yuklanish qarshiliklarining har biri uchun barcha toklarning qiymatlarini hisoblang va 3-jadvalga yozing.
3. Yuklanishdagi kuchlanish tushuvi(U)ning undan o'tayotgan tok(I)ga bog'lanish grafigini chizing.
4. 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 shakli 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 qon 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?

1.3 – Laboratoriya ishi.

Magnit maydoni

Ma'ruzalar matni va o'quv qo'llanmasi bilan tanishing (Savelyev I.V., t.2, §39-47).

Ishning maqsadi

Turli manbalarning magnit maydonini modellash bilan tanishish.

To'g'ri tok va tokli 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 tokli 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 - FeI elektr (Kulon) kuchi va elektr kuchidan marta kichik bo'lgan F_m magnit kuchi ta'sir etadi (bu yerda s - yorug'lik tezligi).

Deyarli barcha tokli 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 tokli o'tkazgichlar o'rtasida faqat magnit ta'sirlar kuzatiladi.

Magnit induksiyasi – MM ni kuch jihatdan tavsiflovchi kattalik bo'lib, tokli o'tkazgichga MM ning ta'sir kuchini ifodalaydi. U vektor kattalik, harfi bilan belgilanadi.

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

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi r^2} [d\vec{l}, \vec{r}_r] \quad (1)$$

bu yerda r – kuzatish nuqtasining radius – vektori e - birlik radius – vektor, kuzatish nuqtasi orgonal yo'nalgan, μ - 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.

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

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 toklar 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 turlishakldagi toklio'tkazgichlar hosil qilgan magnit maydon induksiyasini hisoblash mumkin.

Cheksiz uzun to'g'ri tokli o'tkazgichning magnit maydon induksiyasi:

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

To'g'ri tokli o'tkazgichning magnit induksiya chiziqlari, markazi o'tkazgich o'qida joylashgan, o'tkazgichga perpendikular tekislikda yotuvchi konsentrik fyanalardan iborat.

R radiusli I tokli aylana kontur o'qidagi va uning markazidan r 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.

Soloid deb uzun tokli g'altakka aytiladi. Soloid markaziga yaqin nuqtalarda MM induksiyasining qiymati juda kam o'zgaradi. Bunday maydonni bir jinsli maydon deb hisoblash mumkin.

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

$$B = \mu_0 In$$

bunda, $n = N / l$ - soloidning uzunlik birligiga mos keluvchi o'ramlar soni.

O'lchash usuli va tartibi

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

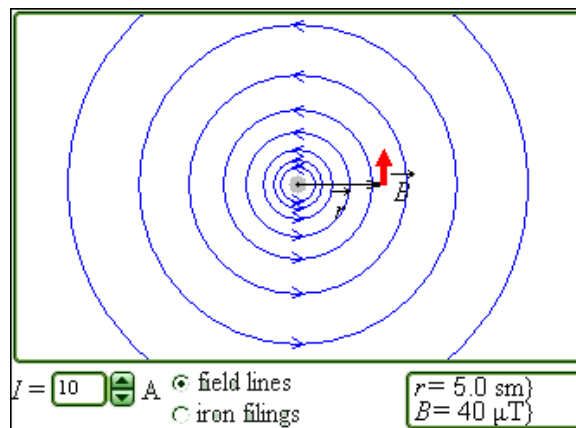
1-model. To'g'ri tokning magnit maydoni.

Bu model to'g'ri tokli 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 induksiya tokli o‘kazgichgacha bo‘lgan masofaga teskari proporsionalligiga ishon hosil qilish mumkin.

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



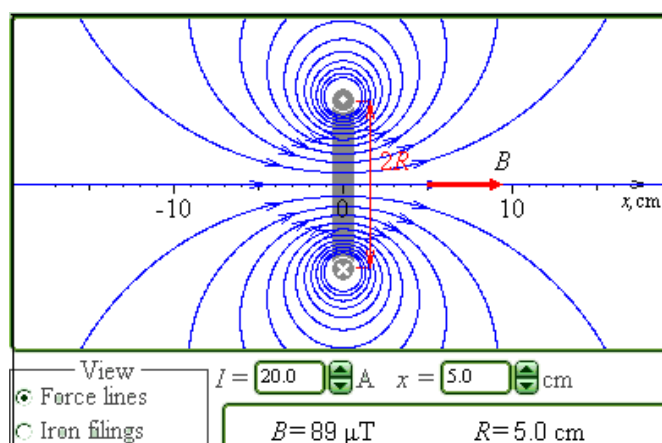
1-model. To‘g‘ri tokning magnit maydoni.

2 – model. Aylana tokli o‘ramning magnit maydoni.

Aylanma tokning magnit maydoni murakkab tuzilishga ega. Lekin Bio-Savar-Laplas qonunidan foydalanib tokli o‘ramning o‘qidagi magnit maydon indukciyasini aniqlash mumkin.

Kompyuter modeli aylanma tokning magnit maydon tuzilishini namoyish etadi va tokli o‘ramning o‘qidagi har xil nuqtalaridagi magnit maydon induksiya tokli o‘lchash imkonini beradi.

Aylanma tokning magnit maydoni tuzilishini temir kukunlari yordamida tajribada namoyish etish mumkin.



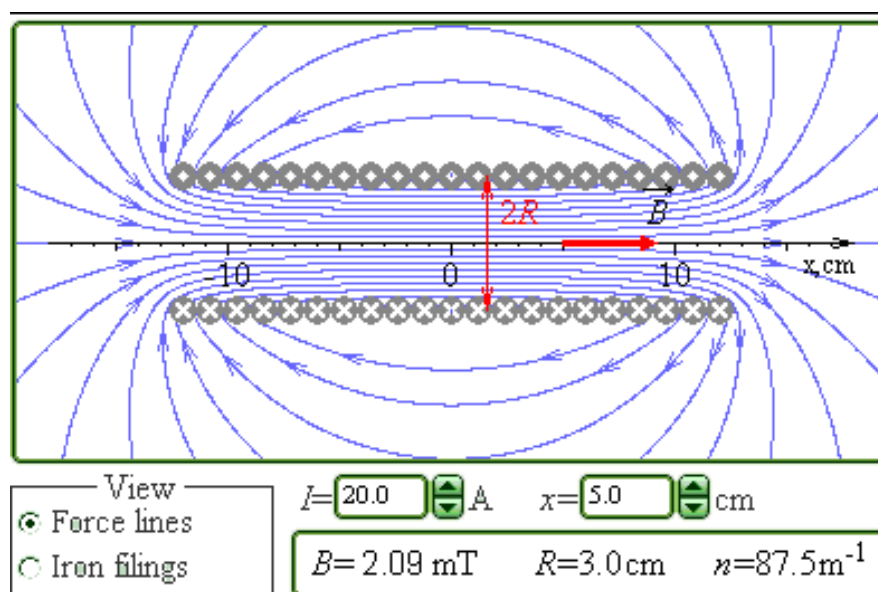
2 – model. Aylana tokli o‘ramning magnit maydoni

3 – model. Solenoidning 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.



3 – model. Solenoidning magnit maydoni

O'lchashlar

O'lchash natijalari 1 – jadvalga, tok qiymatining kattaligini 2 – jadvaldan olinib namunada ko'rsatilgandek 1 – jadvalni tayyorlang. Xuddi shuningdek 1 – jadvalga o'xshash 3 va 4 jadvallarni ham tayyorlang. Faqat ularda ikkinchi qatori bo'lmaydi.

Bu jadvallarning mazmunini keyin bo'limdan qarang

O'qituvchidan o'lchashlarni bajarish uchun ruxsat oling

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.

1-jadval
O'lchash natijalari

r (cm) =			..	0
1/r, m ⁻¹				
B ₁ , Tл				
B ₂ , Tл				
B ₃ , Tл				
B ₄ , Tл				

2-jadval.
Tokning qiymatlari

brigada lar	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄
1 и 5	5	10	15	20
2 и 6	-5	-10	-15	-20
3 и 7	-15	-10	5	10
4 и 8	-20	-15	-10	5

2 – Tajriba.

- Ichki oynaning yuqoridagi o'ng burchagidagi knopkani bosib 1 – tajriba oynasini yoping. So'ngra "Aylana tokli 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 bosib. r va B ning qiymatlarini 3 – jadvalga kiriting. U xuddi 1- jadval singari tuziladi, faqat 2 qatorida

qiymat yoziladi. 2 – jadvaldagi tokning qolgan 3 ta qiymati uchun ham o'lchashlarni takrorlang.

3-jadval.
O'lchash natijalari

r (cm) =			..	0
B ₁ , Tл				
B ₂ , Tл				
B ₃ , Tл				
B ₄ , Tл				

4-jadval.
Tokning qiymatlari

brigada lar	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄
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

3 – Tajriba.

- Ichki oynaning yuqoridagi o'ng burchagidagi tugmani bosib

2 – tajriba oynasini yoping. So'ngra "Solinoidning magnit maydoni" degan keyingi tajribani qo'ying. Solinoidning MM induksiya chiziqlarini kuzating.

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

- "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.

4-jadval.
O‘lchash natijalari

r (cm) =			..	0
B ₁ , Tл				
B ₂ , Tл				
B ₃ , Tл				
B ₄ , Tл				

5-jadval.
Tokning qiymatlari

briga dalar	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄
1 va 5	5	0	15	20
2 va 6	-5	10	-15	-20
3 va 7	-15	10	5	10
4 va 8	-20	15	-10	5

Olingan natijalar ustida ishlash va hisobot tayyorlash

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

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

formulani qo‘llab birinchi chizma uchun, va

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

formulani qo‘llab ikkinchi chizma uchun.

- Magnit doimiysining o‘rtacha qiymatini hisoblang.
- Solenoidning 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.
- Javoblarni yozing so‘ngra, javoblar hamda grafiklarni 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. Tokli o'tkazgichlarning kvazi neytralligini ta'riflang.
6. Tokli 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 tokli o'tkazgich uchun MM sirkulyatsiyasi formulasini yozing va ta'riflang.
13. To'g'ri tokli o'tkazgichni MM kuch chiziqlari qanday o'rinishga ega.
14. Aylanma tokli o'ram (kontur) o'qidagi MM induksiyasi formulasini yozing va ta'riflang.
15. Tokli 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 jinslimi?
20. Agar aniqlik darajasi berilsa solinoid ichidagi MM ning bir jinslilik sohasini qanday aniqlash mumkin.

TEBRANMA XARAKAT. OPTIKA.

2.1 – laboratoriya ishi

Mexanik tebranishlar

Ma'ruzalar matni va o'quv qo'llanmasidan ishning nazariyasi bilan tanishning (Savelyev I.V., t.1, § 49, 50, 53, 58)

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, φ_0 - boshlang'ich faza, ya'ni, $t = 0$ vaqt momentidagi faza.

Davrga teskari kattalik chastota deyiladi. Siklik chastota 2π 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:

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

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

(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. Siklik 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

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

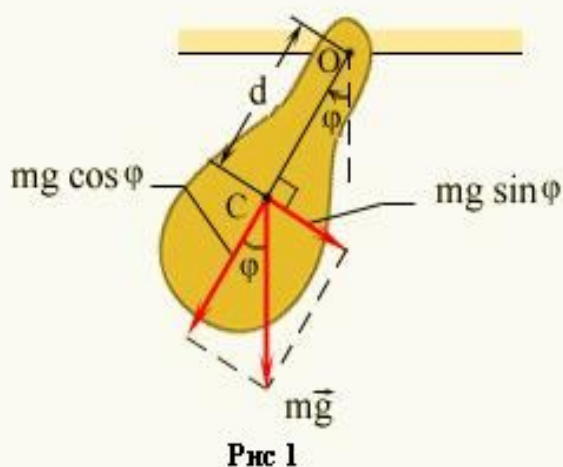
ko'rinishda bo'lib, undan garmonik tebranishlar differensial tenglamasi kelib chiqadi. Tebranishlarning siklik chastotasi quyidagicha topiladi

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

Fizik va matematik mayatniklar. Bu mayatniklar 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 atrofiga 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 φ - 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 burchaklar 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, qarayotgan holatda fizik mayatnikning tebranishi garmonik tebranish ekanligini, uning xususiy kichik tebranishlarining davri esa quyidagi formula orqali aniqlanishini ko‘ramiz:

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

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,

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

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.

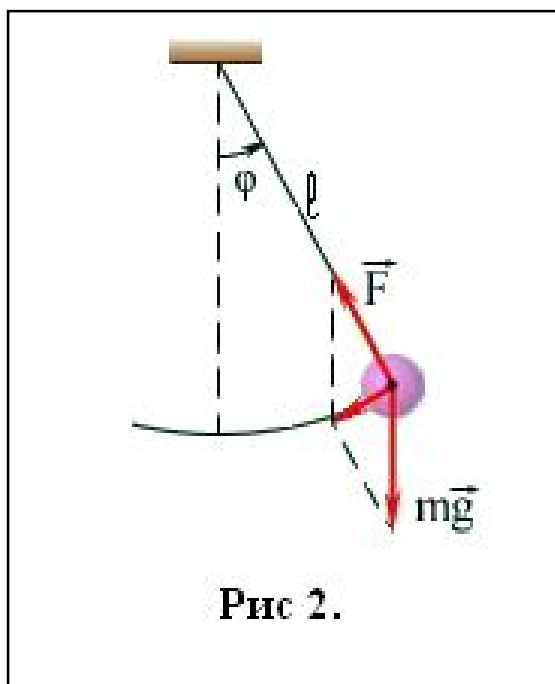
Tebranishlarning so‘nishi deb vaqt o‘tishi bilan tebranayotgan tizimning energiyasini yo‘qotishi tufayli tebranishlar amplitudasining kamayib borishiga aytiladi.

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, β - so‘nish ko‘effitsiyenti, ω_0 - xususiy tebranishlarning siklik chastotasi.

Differensial tenglamaning yechimi quyidagi ko‘rinishga ega

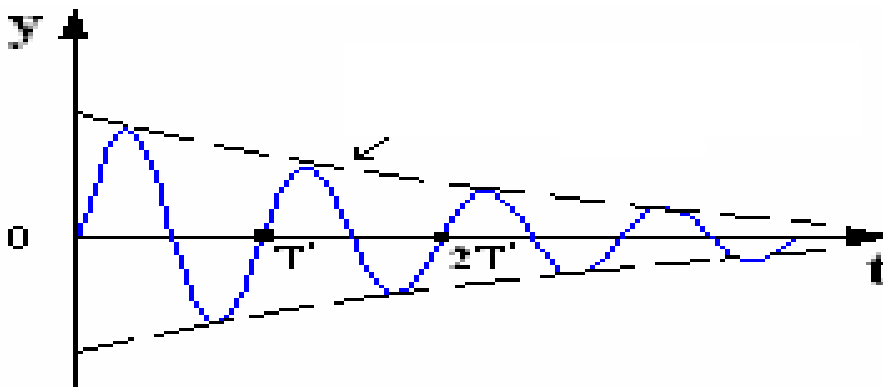


$$y = A_0 e^{-\beta t} \sin(\omega' t + \varphi_0) \quad (13)$$

Bu yerda $\omega' = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$ - soʻnuvchi tebranishlar chastotasi, A_0 va esa boshlangʻich holatga bogʻliq boʻlgan doimiy kattaliklardir.

Soʻnuvchi tebranishlar davriy boʻlmaydi. Masalan, tebranuvchi kattalik ning biror vaqt momentidagi maksimal qiymati keyinchalik hech ham qaytarilmaydi. Lekin, soʻnuvchi tebranishlarda kattalik teng vaqtlar oraligʻidan keyin maksimal va minimal qiymatlarga erishadi:

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



Siljishning vaqtga bogʻlanish grafigi

Shuning uchun va kattaliklar shartli ravishda davr (yoki shartli davr) va siklik chastota (shartli siklik chastota) deb ataladi.

Tebranishlar amplitudasi quyidagicha ifodalanadi:

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

bu yerda A_0 - boshlangʻich amplituda. Soʻnuvchi tebranishlar amplitudasi vaqt davomida kamayib boradi va bu kamayish soʻnish koeffitsiyenti β qancha katta boʻlsa, shuncha tez boʻladi.

Topshiriq: Mutlaq tekis gorizontal sirtida yotgan prujinaga biriktirilgan kubning erkin tebranishlari siklik chastotasi uchun formula chiqaring.

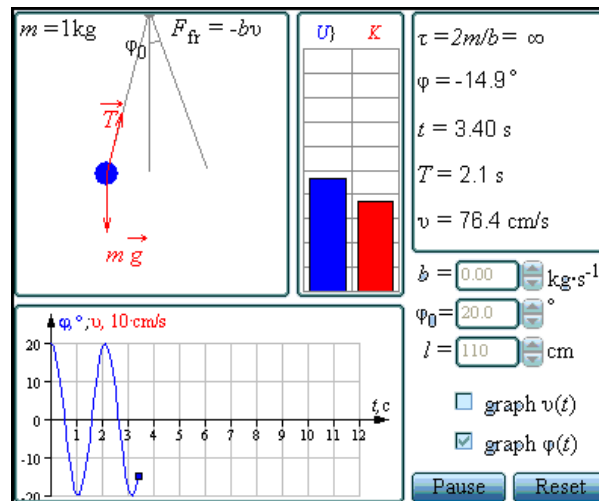
Koʻrsatma: Nyutonning ikkinchi qonuni formulasini yozing. Kubga taʼsir etuvchi barcha real kuchlarni unga kiriting. Hosil qilingan vektor tenglamani vertikal va gorizontal oʻqlarga proyeksiyalang. Tegishli almashtirishlarni bajarib, erkin tebranishlarning differensial tenglamasiga oʻxshash tenglamani keltirib chiqaring. A ning oldida koʻpaytuvchi boʻlib turgan oʻzgarmas kattalikni siklik chastota kvadratiga tenglang va undan ω ni toping.

Oʻlchash usuli va tartibi

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

Sichqoncha orqali matematik (garmonik) mayatnikli tajribani tanlang. Monitor ekranidan jismning harakat maydonini va tegishli kattaliklarni oʻzgartirgich(regulyator)larni chizib oling (ular nimani oʻzgartirishini koʻrsating).

1 – Tajriba.

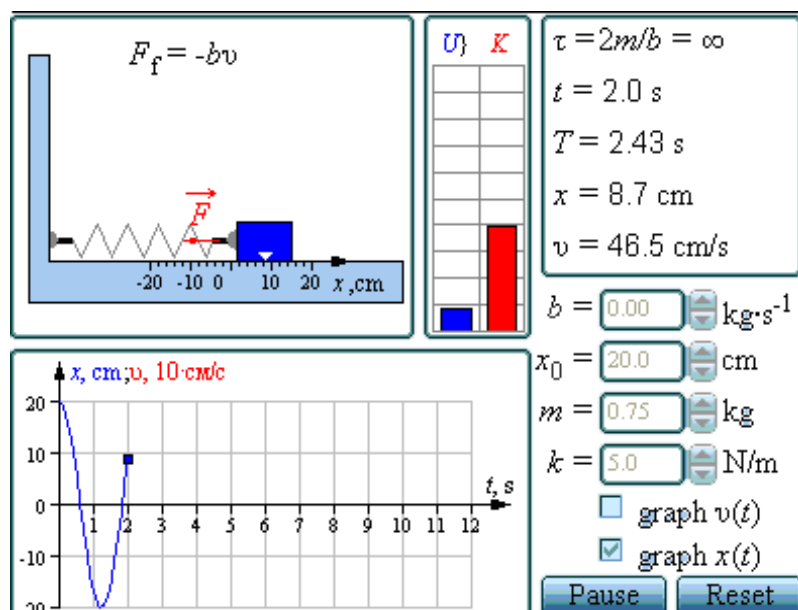


O'zgartirgichlar surilmalari yordamida ipning maksimal uzunligini, so'nish koeffitsiyenti va boshlang'ich og'ish burchagining qiymatlarini kiriting. Sizning brigadangiz uchun ushbu qiymatlar 1-jadvalda ko'rsatilgan. Sichqoncha yordamida monitor ekranining pastki qismidagi "Start" tugmasini bosib, burchak va tezlik grafiklarining chizilishini (yuqorida o'ngda) va mayatnikning harakatini kuzating. Harakatni klaviaturadagi "Pause" tugmasi bilan to'xtatib va probel tugmasi (klaviaturaning 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 o'rnatib, N (3-5) marta to'la tebranish uchun ketgan t vaqt o'lchanadi va ipning uzunligini har safar 10 sm kamaytirib borib (90 sm uzunlikkacha), o'lchashlar takrorlanadi. Ipning uzunligi l va o'lchangan t vaqt 2-jadvalga yozib boriladi (jadval namunasi quyida ko'rsatilgan).

2 – Tajriba



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

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

Brigada raqami	β	α_0	$X_0(\text{sm})$	Brigada raqami	β	α_0	$X_0(\text{sm})$
1	0.08	20	10	5	0.08	4	7
2	0.07	18	9	6	0.07	6	8
3	0.06	16	8	7	0.06	8	9
4	0.05	14	7	8	0.05	0	10

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

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

3-Jadval. O'lchash natijalari (o'lchashlar va qatorlar soni =6)

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

Natijalar ustida ishlash va hisobot tayyorlash

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

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

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

formuladan foydalangan holda g ning qiymatini aniqlang. g ni aniqlashdagi mutlaq xatolikni baholang. Javoblar va grafiklarni 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 kattaliklarning 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 siklik 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 siklik chastotasi formulasini yozing.
22. Prujinali mayatnikka ta'rif bering.
23. Prujinali mayatnikning erkin tebranishlari siklik chastotasi formulasini yozing.
24. Majburiy tebranishlarda qanday jarayonlar sodir bo'ladi?
25. Rezonans nima?
26. Qanday so'nishda rezonans keskinroq bo'ladi?

2.2 Laboratoriya ishi

Difraksiya va interferensiya

Ishining maqsadi: Kogerent elektromagnit to'qlinlarning qo'shilish jaraenining modellashtirishi bilan tanishish

1. Ikkita manba bilan (tirqish) erug'lik to'qlinlarining o'zaro bog'lanish qoquniyatini talribada o'rganish

Yorug'likning interferensiyasi deb, ikkita yoki undan ortiq yorug'lik nurlarining uchrashganda bir-birini kuchaytirishi yoki susaytirishi xodisasiga aytiladi.

Lekin xar qanday yorug'lik nurlari xam interferensiyalanavermaydi. Yorug'lik interferensiyasi yuz berishi uchun ko'shiluvchi to'qlinlar o'zaro kogerent bo'lishi kerak.

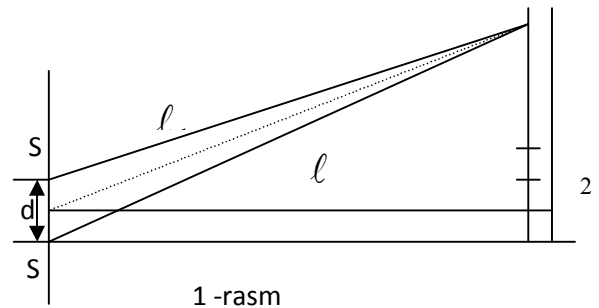
Kogerent to'qlinlar deb, o'zgarmas chastotali va bir xil faza yoki o'zgarmas fazalar farqi bilan tarqaladigan to'qlinlarga aytiladi.

Tekshirishlardan ma'lum bo'ldiki, elektromagnit to'qlinning yorug'lik ta'sirining \vec{E} vektori asosiy faktor xisoblanar ekan. U vaqtida S_1 , va S_2 manbalardan tarqalayotgan o'zaro kogerent to'qlinlar quyidagi ko'rinishga ega bo'lsin:

$$E_1 = E_{01} \sin(\omega t - k\ell_1) = E_{01} \sin \varphi_1 \quad (1)$$

$$E_2 = E_{02} \sin(\omega t - k\ell_2) = E_{02} \sin \varphi_2 \quad (2)$$

Bu yerda E_{01} , E_{02} – o'zaro kogerent yorug'lik to'qlinining amplitudasi,



$K = 2\pi/\lambda$ - kogerent to'qlinning soni, l_1 va l_2 – yorug'lik to'qlinlarining S_1 , va S_2 manbalaridan kuzatish M nuqttagacha bo'lgan masofa (1) va (2) yorug'lik to'qlinlari o'zaro kogerent bo'lmaganligidan quyidagi kogerentlik sharti kelib chiqadi:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = 0$$

yoki

$$\varphi_1 - \varphi_2 = const ,$$

nuqtada interferensiyalangan yorug'lik to'qlinining elektr maydon kuchlanganligi vektori (3) va uning moduli quyidagiga teng buladi:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 , \quad (3)$$

yoki

$$E_2 = E_1^2 + 2E_1E_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1) + E_2^2 \quad (3a)$$

Bundan ikki kogerent yorug'lik to'qlinining fazalar farqi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{2\pi}{\lambda}(\ell_2 - \ell_1) = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta\ell , \quad (4)$$

(3a) va (4) dan quyidagi interferensiyaning kuchayish va susayish sharti kelib chiqadi:

K u c h a y I s h s h a r t i. Ikki kogerent to'liqlar uchrashganda bir-birini kuchaytirish uchun ularning fazalar farqi juftlarga yoki optik yo'l farqi juft yarim to'liqlar uzunliklariga teng bo'lishi kerak, ya'ni:

$$\Delta\varphi = 2\pi m ,$$

$$\Delta\ell = 2m \frac{\lambda}{2} . \quad (1)$$

Bu yerda m-interferensiya yo'llarning tartib raqamlari bo'lib, u m=0, 1, 2, qiymatlarini oladi.

S u s a y I s h s h a r t i. Ikki kogerent to'liqlar uchrashganda, bir-birini susaytirish uchun ularning fazalar farqi tok π larga yoki optik yo'l farki tok yarim to'liqlar uzunligiga teng bo'lishi kerak, ya'ni:

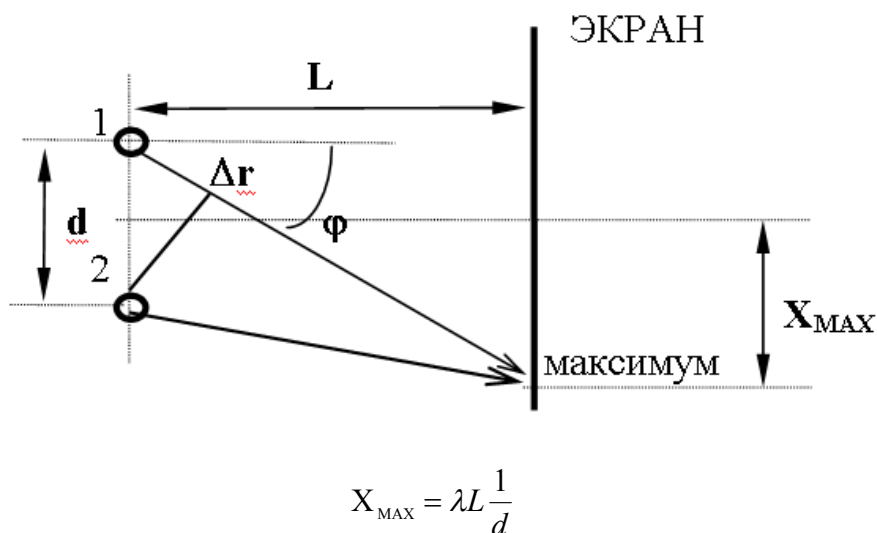
$$\Delta\varphi = (2m + 1)\pi ,$$

$$\Delta\ell = (2m + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (1.1)$$

Demak, yorug'lik to'liqlarining interferensiyalanishida optik yo'l farqi juft yarim to'liqlar uzunliklariga mos kelgan nuqtalar maksimum va tokiga mos kelgan nuqtalar esa minimum yoritilgan buladi.

Ekrangacha bo'lgan masofa $L \gg d$ bolganda ,birinchi maksimum uchun bog'lanish formulasi $d \sin(\varphi) = m\lambda$, bundan

$$\sin(\varphi) \approx \text{tg}(\varphi) \approx \frac{X_{\text{MAX}}}{L}, \text{ u holatda } \frac{X_{\text{MAX}} d}{L} = \lambda \text{ bo'ladi.}$$

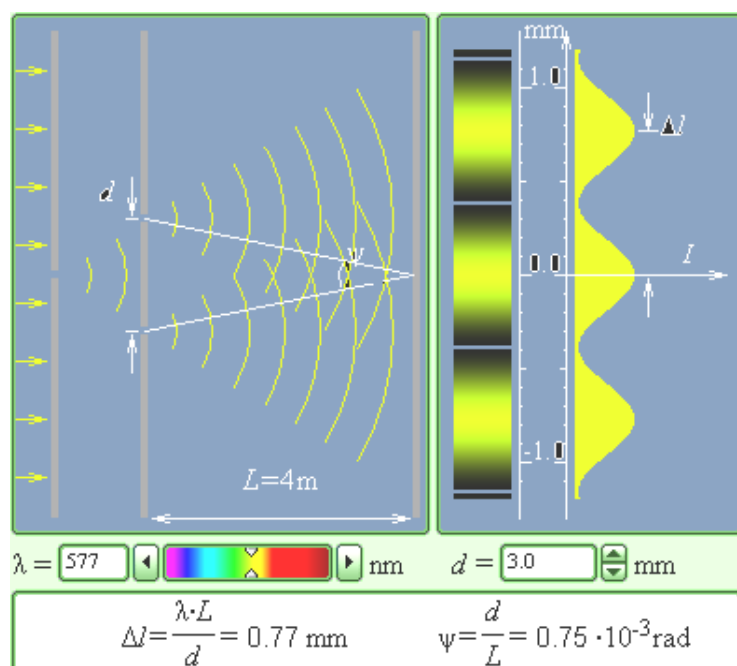


O'lchash tartibi va usuli:

1. Vertikal spektr chizig'iga sichqonch kursorini uyriting, sichqonchanning chap tugmasini bosig va uni bosib turgan holda 1- jadvalga olingan λ to'liqlar uzunligini son qiymatini belgilab vertikal chiziqlarni siljiting.

2. Xuddi shunday "sichqoncha" bilan regulator xarakatlantirgichini ushlab olib, tirqishlar orasidagi X_{max} ni o'lchang va 2- jadvalga yozib qo'eing. Xar gal d ni 0,3 mm ga oshirib borib X_{max} ning 9 ta qiymatini o'lchang.

3. 1-jadvaldan brigadangiz uchun λ to'liqin uzunligining yangi son qiymatini belgilab, natijalarni 3,4,5-jadvallarga yozib o'lchashlarni 2-punkt bo'yich takrorlang.



1-Jadval: To'liqin uzunligining taxminiy qiymatlari

Бригада	1	2	3	4	5	6	7	8
λ_1	400	405	410	415	420	425	430	435
λ_2	500	505	510	515	520	525	530	535
λ_3	580	585	590	595	600	605	610	615
λ_4	630	635	640	645	650	655	660	665

2-5 Jadvallar. $\lambda =$ - nm dagi o'lchash natijalari.

d[mm]										
X_{MAX} [mm]										
$1/X_{MAX}$ [mm ⁻¹]										

O'lchahs natijalarin hisoblash va hisobotni tayorlash:

Tirqishlar orasidagi masofaning teskari qiymatini $\frac{1}{d}$ ni hisoblang va jadvalga kiriting.

X_{max} ning birinchi maksimumidagi siljishning(λ to'liqin uzunligini ko'rsatib) tirqishlar orasidagi masofaning teckari riymati bilan bog'lanish grafigini

chizing. Grafikdan foydalanib λ_L ko'paytmaning tajribadagi qiymatini quyidagi formuladan foydalanib aniqlang:

$$\lambda_L = \frac{\Delta (X_{MAX})}{\Delta (\frac{1}{d})}$$

Tajribadan olingan (λ_L) ko'paytmaning o'rtacha qiymati va absolute xatoligini hisoblang.

Javobini yozing va grafiklar, jadvallarni yozma ravishda taxlil qiling.

Nazorat uchun savol va topshirqlar:

- 1 To'lqin deb nimaga aytiladi?
- 2 Garmonik to'lqin deb nimaga aytiladi?
- 3 To'lqin uzunligi nima?
- 4 To'lqinning tarqalish shakli va yo'nalishini nima aniqlab beradi.
- 5 Kogerentlik nima?
- 6 Interferensiya hodisasini tarifini bering.
- 7 Difraksiya hodisasini tarifini bering.
- 8 To'lqin sirti nima?
- 9 Guygens prinsipini tushuntiring
- 10 Frenel zonalarini tarifini berin
- 11 Maksimumlik va minimumlik shartlarini tushuntiring

3. KVANT OPTIKASI. ATOM FIZIKASI

3.1 Labaratoriya ishi **T a s h q i f o t o e f f e k t**

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 hisboti. 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: $E_f = h\nu$ Bu yerda:

ν - 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.

$$E_f = m_f c^2 \qquad m_f = h\nu/c^2$$

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

Foton impulsi: $p = m_f c$ bu yerda λ - 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:

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

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:

$$h\nu_{\text{kr}} = A_{\text{chiq}}.$$

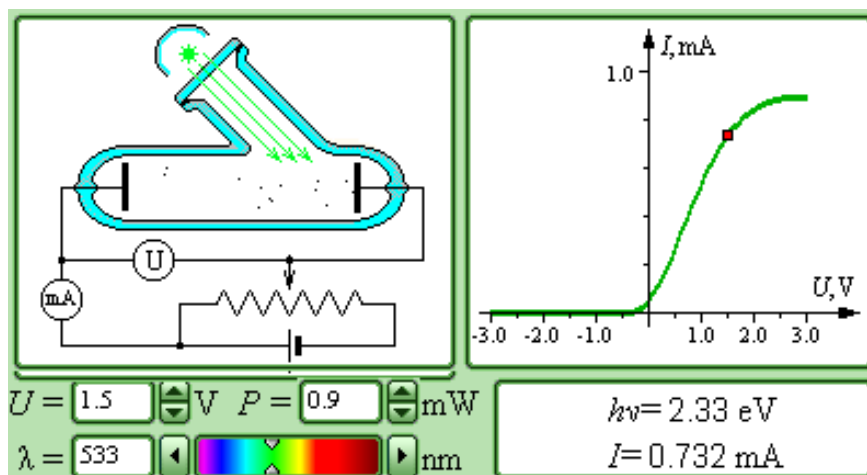
Yopuvchi (to'xtatuvchi) kuchlanish deb fotokatod va vakumli lampaning anodi (Fotoelement) o'rtasidagi minimal kuchlanishga aytiladi. Bunda zanjirda tok bo'lmaydi chunki fotoelektronlar anodgacha yetib bormaydi. Bu holda katoddagi

Ya'ni:

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

bu yerda e -elektron zaryadi.

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



fotoelektronlarning kinetik energiyasi anoddagi elektronlarning potensial energiyasiga teng bo'ladi.

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 (λ_{qizil}) ni aniqlang. Daftaringizga fotoeffektning qizil chegarasi to'lqin uzunligi (λ_{qizil})ni yozib qo'ying.

2. So'navchi nurlanishning yopuvchi kuchlanish bilan bog'liqligini yanada aniqroq o'rganish uchun quyidagi metodikadan foydalaniladi. Avvalo yopuvchi kuchlanish qiymatini jadvalda ko'rsatilgandek o'rnatish.

3. Sichqoncha bilan vertikal spektr tog'irlagichni surish orqali fototok to'xtaydigan to'lqin uzunligini o'rnatish (Bunda elektronlar anodgacha yetib boradi, keyin esa yana katodga qaytadi). λ va U_{yop} qiymatlarini jadvalga kiritish.

1-Jadval. O'lchash natijalari:						2-Jadval. Yopuvchi kuchlanish qiymatlari (O'zgartirish kiritmang!)				
i =	1	2	3	4		Brigada-lar	U _{yop1}	U _{yop2}	U _{yop3}	U _{yop4}
U _{yopi} , V						1,5	-0.1	-0.3	-0.6	-0.8
λ _i , nm						2,6	-0.2	-0.4	-0.6	-0.9
1/λ _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'lqin uzunligi(1/λ)ni hisoblab jadvalga kiriting.

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

Grafik va quyidagi formuladan foydalanib Plank doimiysini aniqlang:

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

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	kumush	seziy	rux
A _{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'ting.
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.
9. Atom tarkibiga kiruvchi elektronning foton bilan to'qnashgandan keyingi holatini tasvirlang

10. Chiqish ishi nima? Kvant optikasida bu harakteristika birinchi marta kim tomonidan berilgan?
- 11 Fotoeffektning qizil chegarasiga tushuncha bering.
- 12 Tashqi fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasini yozing.
- 13 Fotoelement qanday tuzilgan?
- 14 Nima uchun fotoelementning katodi fotokatod deb ataladi?
- 15 Fotokatod uchun yopuvchi kuchlanish nima?
- 16 Agar fotoelementda anod potentsiali fotokatod potentsialidan past bo'lsa fotoelektron qanday harakat qiladi?
- 17 Agar fotoelementda anod potentsiali fotokatod potentsialidan baland bo'lsa fotoelektron qanday harakat qiladi?
- 18 Elektronning katoddagi kinetik energiyasi uning anoddagi potentsial energiyasi bilan qanday bog'langan va nima uchun?

4. MOLEKULAR FIZIKA

4.1 – Laboratoriya ishi

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

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

Asosiy nazariy ma'lumotlar

Issiqlik almashinuvisiz boruvchi termodinamik jarayon – Adibatik 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 δQ - sistemaga berilgan o'ta kichik issiqlik miqdori; dU - Ichki energiyaning o'ta kichik o'zgarishi; δA - Shu termodinamik jarayonda bajarilgan juda kichik ish.

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

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

Demak ideal gaz uchun:

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

$$\delta A = p dV \quad (4)$$

Bu yerda ν - modda miqdori; C_v - O'zgarmas 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

$$\nu C_v dT + p dV = 0 \quad \text{ni hosil qilamiz.} \quad (5)$$

Ideal gaz Mendelev-Klapeyron tenglamasiga bo'ysinadi:

$$pV = \nu RT$$

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

$$p dV + V dp = \nu R dT.$$

(4) va (6) dan

$$dT = \frac{p dV + V dp}{\nu R} \quad \text{ga ega bo'lamiz.} \quad (7)$$

(7) ni (5) ga qo'yib adibatik 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'implari: C_p va C_v faqatgina molekulalarning 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)

differentensial tenglama $pV^\gamma = \text{const}$ ko'rinishga keladi (11)

(11) tenglama adiabat tenglamasi (Puasson tenglamasi), γ koeffitsiyent esa adiabat doimiysi (Puasson doimiysi) deyiladi. Agar havoning bosimi atmosfera bosimiga, harorati 27° ga teng va uni asosan ikki atomli molekulalardan tuzilgan ideal gaz ($i = 5$) deb hisoblasak unda havo uchun adiabatning nazariy

qiymati: $\gamma = \frac{i+2}{i} = 1,4$ ga teng bo'ladi. (12)

Tajriba dasturi va asosiy qurilmasining umumiy tuzilishi:

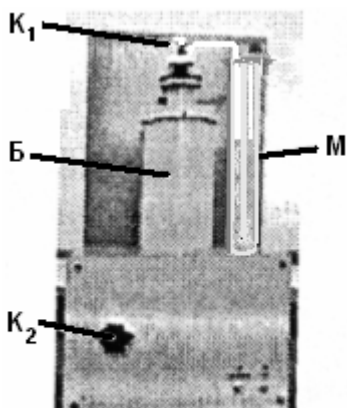
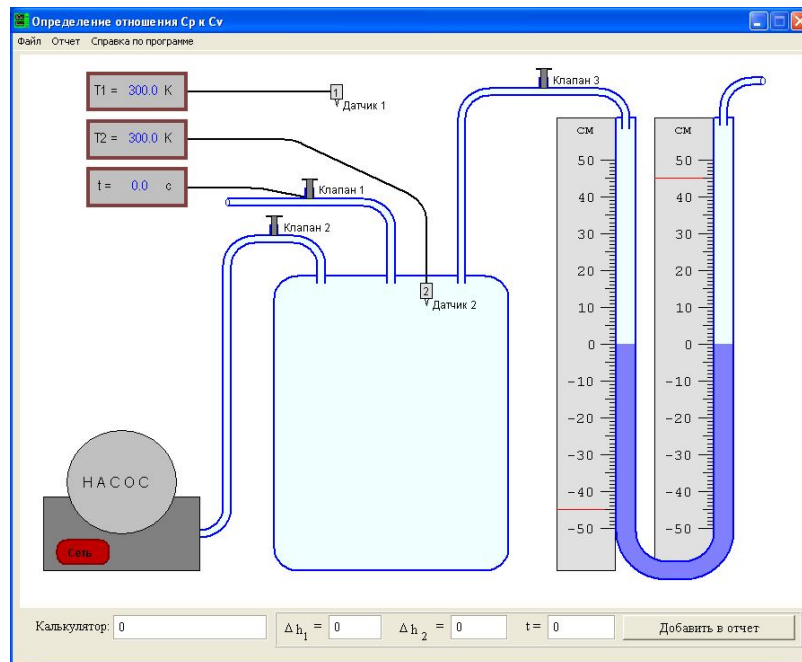


Рис. 1а

Tajriba qurilmasining asosiy qismlari bu: (1a rasmga qarang) havo bilan to'latilgan B ballon, ; suyuqlikli (suvli) manometr M va kompressor (u ballonga ulangan, 1a rasmda ko'rsatilmagan, 1b rasmda nasos). 1 -klapan($K1$) ballonni atmosfera bilan birlashtiradi. 1 -klapaning 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 -klapan 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-klapanni* 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:

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

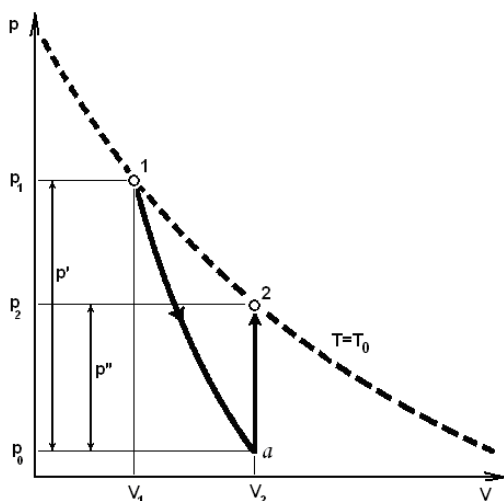
bu yerda p_0 – atmosfera bosimi; p' –havoning ortiqcha bosimi (Uni manometr orqali aniqlash mumkin).

Hozir klapandan uzoqda joylashgan V_1 hajmni egallab turgan ma'lum miqdordagi gazni qaraymiz. Agar *1-klapanni* 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

$$p_1 V_1^\gamma = p_0 V_2^\gamma \cdot \dots\dots\dots 14)$$

ni hosil qilamiz.



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

1-klapan yopilgach ballon ichidagi gaz T_0 -hona temperaturasiigacha izoxorik qiziydi. ($a \rightarrow 2$ jarayon). Bunda bosim atmosfera bosimiga nisbatan p'' ga ortadi va $p_2 = p_0 + p''$ 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, γ ni topamiz:

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

p' va p'' - 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 p' va p'' ni asosan suv ustunining balandligi ya'ni santimetrda o'lchash qulay. unda:

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

Bu yerda h' chap va $h'o'ng - p'$ ni o'lchash jarayonida manometrning o'ng va chap ustunlarining ko'rsatkichidir.. h' chap va $h'o'ng$ ham p'' uchun huddi shu usulda aniqlanadi. p'' ni aniqlash uchun aynan adiabatik jarayon yakuniga yetgach

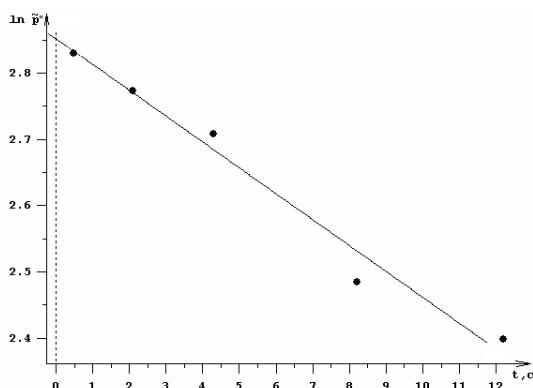
1-klapani yopish kerak. Ammo masalaning yana bir tomoni shundaki adiabatik jarayon juda qisqa vaqt davom etadi shu sababli uning aniq tugash vaqtini aniqlash mushkuldir. Shuning uchun p'' quyidagi usul bilan aniqlanadi. Boshlang'ich bosim p' o'zaro teng, ammo *1-klapaning* ochilish davomiyligi t turlicha 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 τ - Adiabatik jarayon davomiyligi ε - Issiqlik almashinuvi tezligini harakterlovchi o'zgarmas kattalik. c va t ga nisbatan τ ni hisobga olmagan holda ikkala tomonni logarifmlab

$$\ln \tilde{p}''(t) = \ln p'' + \frac{t}{\varepsilon}$$

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 p_0 bosim qiymatlari oldindan berilgan bo'ladi. Sekundomerning o'lchash hatoligi (Δt) ni hisobga olmaymiz chunki bu termodinamik jarayonlar juda sekin boradi. Manometr ustunlaridagi suyuqlik balandligidagi hatolik (Δh) hisobotga talaba tomonidan o'lchab yozib qo'yiladi.

2) Klapanlarni boshlang'ich holatga keltiring:

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

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

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

4) Ballonni kompressor bilan tutashtiruvchi *2-klapanni* 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-klapanni* yoping so'ngra nasosni o'chiring. Bilingki agar nasosni *2-klapanni* 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 p' dan yuqori bo'lishi kerak. Aks holda ballonga yana ozroq havo damlang.

7) Bosimni kerakli qiymatgacha pasaytirish uchun *2-klapanni* oching. Havo nasos orqali ballonni tark etadi va bosim asta sekin pasayadi. Manometrni diqqat bilan kuzatib turing: bosim kerakli qiymatgacha pasaygach *2-klapanni* yoping. Manometr ko'rsatkichlarini Δh_1 maydoniga kiritib qo'ying.

8) *1-klapanni* 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 sekundomerd ko'rinib turadi. Klapen ochiq turgan t vaqtini kerakli maydonga kiritib qo'ying.

9) Ballondagi temperatura hona temperaturasi bilan tenglashishini kuting. Manometrning Δh_2 ko'rsatkichini kerakli maydonga kiriting va "Добавить в отчет" tugmachasini bosing.

10) *1-klapanni* oching.

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

So'ngra dasturning asosiy menyusidan "Отчет" tugmachasini bosing va hosil bo'lgan hisobot formasini to'ldiring. Asosiy menyudagi "Файл | Сохранить отчет" 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 yasaliб uning parametrlari a va b hisoblanadi.

2. Shu parametrlar yordamida $\ln p''$ va p'' hisoblanadi (3-rasmga qarang).

3. p'' ning p' ga nisbatini aniqlang (Olingan natijalar asosida qanday qilib p' ni hisoblash mumkin?)

4. γ ni (18) formula yordamida hisoblang.

5. p' 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 $\Delta (\ln p'')$ ni aniqlang. So'ngra p'' ni quyidagi

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

7 γ ni hisoblashdagi nisbiy va absolyut hatoliklarni aniqlang:

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

8. p' , p'' va γ uchun qabul qilishi mumkin bo'lgan oraliqlarni yozing.

9. γ ning nazariy qiymati (12) shu oraliqqa to'g'ri kelish kelmasligini aniqlang.

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

1. SI birliklar sistemasida hajm, temperatura va molyar issiqlik sig'implari qanday birliklarda o'lchanadi?
2. C_p va C_v molyar issiqlik sig'implariga ta'rif bering.
- 3 Qanday jarayon adiabatik jarayon deyiladi?
- 4 Boyl-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 C_p va C_v , molekulalarning erkinlik darajasi i bilan qanday bog'langan? γ 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 p'' – ikkinchi ortiqcha bosimga tegishli va nima uchun?

- 16 Agar *I*-klapanni 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 $C_p - C_v = R$ ekanini isbotlang
- 21 Quruq havo qanday komponentlardan tashkil topgan?

ADABIYOTLAR

1. Савельев И. В. Курс физики. М.: КноРус, 2009, т. 1
2. Савельев И. В. Курс физики. М.: КноРус, 2009, т. 2
3. Савельев И. В. Курс физики. М.: КноРус, 2009, т. 3
4. К.П.Абдурахманов, Ў.Эгамов “Физика курси” дарслиги, Тошкент,2010 й.
5. П.А.Типлер, Р.А.Ллуэллин Современная физика (Лучший зарубежный учебник в двух томах) .М.: Мир, 2007, С.496 (1том)
6. П.А.Типлер, Р.А.Ллуэллин Современная физика (Лучший зарубежный учебник в двух томах) .М.: Мир, 2007, С.416 (2том)
7. Трофимова Т.И. Курс физики.М.:Высшая школа, 1999, С.543
8. Трофимова Т.И. Физика в таблицах и формулах. М.: Высшая школа 2002, С.424
9. Абдурахманов К.П., Тигай О.Э., Хамидов В.С. Курс мультимедийных лекций по физике, 2012, С.650
- 10.Тихомиров Ю.В. Лабораторные работы. По курсу физики с компьютерными моделями. Москва, 2002.
- 11.Монахов В.В., Кожедуб А.В. Кафедра вычислительной математики СПбГУ, 2002.

FOYDALI MA'LUMOTLAR FIZIK DOIMIYLAR

Nomlanishi	Belgisi	Qiymati	O'lchov belgisi
Gravitatsion doimiy	γ yoki G	$6.67 \cdot 10^{-11}$	$\text{N m}^2/\text{kg}^2$
Erkin tushush tezlanishi	g_0	9.8	m s^{-2}
Vakuumdagi yorug'lik tezligi	c	$3 \cdot 10^8$	m s^{-1}
Avogadro doimiysi	N_A	$6.02 \cdot 10^{26}$	kmol^{-1}
Universal gaz doimiysi	R	$8.31 \cdot 10^3$	$\text{J mol}^{-1} \text{K}^{-1}$
Bolsman doimiysi	k	$1.38 \cdot 10^{-23}$	J K^{-1}
Elementar zaryad	e	$1.6 \cdot 10^{-19}$	Kl
Elektron massasi	m_e	$9.11 \cdot 10^{-31}$	kg
Faradey doimiysi	F	$9.65 \cdot 10^4$	Kl mol^{-1}
Elektr doimiysi	ϵ_0	$8.85 \cdot 10^{-12}$	F m^{-1}
Magnit doimiysi	μ_0	$4\pi \cdot 10^{-7}$	ГН м^{-1}
Plank doimiysi	h	$6.62 \cdot 10^{-34}$	Дж с

QO'SHIMCHALAR VA KO'PAYTUVCHILAR

Sonni standart shaklga keltirish uchun

Qo'shimcha	Belgi	Ko'paytuvchi
deka	da	10^1
gekto	rg	10^2
kilo	k	10^3
mega	M	10^6
giga	G	10^9
tera	T	10^{12}

Qo'shimcha	Belgi	Ko'paytuvchi
detsi	d	10^{-1}
santi	s	10^{-2}
milli	m	10^{-3}
mikro	mk	10^{-6}
nano	n	10^{-9}
piko	p	10^{-12}

MUNDARIJA

KIRISH	4
Fizik laboratoriyada ishlash tartibi.....	4
Laboratoriya ishlariga ruxsat olish	4
Laboratoriya ishlariga ruxsat olish uchun konspektga qo'yiladigan talabla.....	4
Laboratoriya ishlarini topshirishga tayyorlash.....	4
1.ELEKTR VA MAGNETIZM.	6
1.1. Laboratoriya ishi. Elektr maydonda zaryadlangan zarrachaning harakati.....	6
1.2. Laboratoriya ishi. O'zgarmas tok qonunlari	11
1.3. Laboratoriya ishi. Magnit maydon.....	16
2.TO'LQINLAR.OPTIKA	23
2.1. Laboratoriya ishi. Mexanik tebranish.....	23
2.2. Laboratoriya ishi Difraksiya va interferensiya.	31
3. KVANT OPTIKASI.ATOM FIZIKASI	35
3.1. Laboratoriya ishi. Tashqi fotoeffekt.....	35
4. MOLEKULAR FIZIKA	39
4.1. Laboratoriya ishi. Havo uchun molyar issiqlik sig'imlarining nisbati C_p/C_v ni aniqlash.....	39
ADABIYOTLAR	46
AYRIM FOYDALI MA'LUMOTLAR	47
MUNDARIJA	48



Тасдиқлайман

Илмий услубий кенгашининг

2 (63) - сонли баённомасига оид

Раис

Тешбаев Т.З.

2013 йил 11 октябр

Илмий услубий кенгашининг 2013 йил 11 октябр 2 (63) - сонли баённомаси

ҚАРОРИДАН КУЧИРМА

Иштирок этдилар: ИУК нинг барча аъзоси катнашди.

КУН ТАРТИБИ

1 “Физика” кафедраси профессор- ўқитувчилари томонидан тайёрланган ўқув- услубий қўлланмаларни тахлили ҳақида.

Эшитилди:

Кун тартибидаги масала буйича ИУК раиси ўринбосари проф. А.А. Абдуазизов сўзга чиқди. У “Физика” кафедраси профессор-ўқитувчилари томонидан:

1. Методическое руководство по выполнению виртуальных лабораторных работ по курсу физики, часть 2 (Тигай О.Э., Хамидов В.С., Ахмедова Н.А., Джалолов Т.А.)
2. Физика фанидан виртуал лаборатория ишларини бажаришга оид методик қўлланма, 2 қисм (Тигай О.Э., Хамидов В.С., Ахмедова Н.А., Джалолов Т.А.)
3. Методическое руководство по выполнению лабораторных работ по курсу физики "Колебания и волны. Оптика. Молекулярная физика" часть 2 (Абдурахманов К.П., Тигай О.Э., Хамидов В.С.).

Махсус сиртки таълими талабалари учун:

4. Методическое руководство по выполнению виртуальных лабораторных работ по курсу физики для студентов заочного обучения (Абдурахманов К.П., Очилова О.О.)
 5. Fizika fanidan maxsus sirtqi fakultet talabalari uchun virtual laboratoriya ishlarini bajarish uchun uslubiy qo'llanma (Абдурахманов К.П., Очилова О.О.)
 6. Методические указания и контрольные задания по физике для студентов специального заочного обучения (Абдурахманов К.П., доц. Рахматуллаева М.Ф.)
- ўқув-услубий қўлланмалар тайёрланганлигини айтдиб ўтди.

Ушбу ўқув-услубий қўлланмалар факультетнинг ИУК кўриб чиқилган ва ТАТУ илмий услубий кенгашида кўриб чиқиш учун тавсия этилган.

“Физика” фанидан тайёрланган ўқув-услубий қўлланмалар барча факультетларнинг 1 курс талабалари ва махсус сиртки таълими йўналишидаги талабалар учун тавсия этилади. Ўқув-услубий қўлланмалар талабларга тўлиқ жавоб беради ва режа бўйича давлат стандартлари талабларига риоя қилган ҳолда тайёрланган.

Қарор килдилар:

“Физика” кафедраси профессор- ўқитувчилари томонидан тайёрланган ўқув- услубий қўлланмаларни нашр этишга тавсия этилсин.

ИУК котиби

Х.Х.Шоюсупова