

T OSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI
UNIVERSITETI

**FIZIKA FANI
BO'YICHA O'QUV
USLUBIY
MAJMUA**

TOSHKENT-2016

Mazkur o'quv-uslubiy majmua Oliy va maxsus o'rta t'lim vazirligining 20___yil "___" _____dagi ___sonli buyrug'i bilan tasdiqlangan reja va dastur asosida tayyorlandi

Tuzuvchilar: TATU professori K.P. Abduraxmonov
TATU katta o'qituvchisi V.S. Xamidov
TATU katta o'qituvchisi O.O.Ochilova
TATU asisstanti K.B.Haydarov

O'quv-uslubiy majmua Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Ilmiy-uslubiy kengashinig 2016 yil "_____"dagi _____sonli qarori bilan tasdiqqa tavsiya qilingan

MUNDARIJA

1.1. AMALIY MASHG'ULOTLAR MATERIALLARI.....	3
1.2. LABORATORIYA MASHG'ULOTLAR MATERIALLARI.....	255
2. GLOSSARIY.....	414
3. FAN BO'YICHA XORIJIY ADABIYOTLAR (elektron shaklda)	
4. HAR BIR MAVZU UCHUN TAQDIMOTLAR (elektron shaklda)	
5. QO'SHIMCHA O'QUV VA ILMIY MATERIAL (MAQOLALAR) (elektron shaklda)	
6. MAVZUNI O'ZLASHTIRILISHI UCHUN QO'SHIMCHA VIDEOLAR, KEYS-STADILAR VA HOKAZO MATERIALLAR (elektron shaklda)	

Amaliy mashg'ulotlarga tavsiya etiladigan mavzular

1. Ilgarilanma harakat kinematikasi va dinamikasi

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim.*

Adabiyotlar: A7; A3; A4; A5; A6; Q8; Q9; Q10; Q11.

2. Aylanma harakat kinematikasi va dinamikasi

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim. Pog'ona, qadamba-qadam metodi, Venn diagrammasi, Mindmapping, o'z-o'zini nazorat.*

Adabiyotlar: A1; A7; A3; Q5; Q10; Q11.

3. Impuls va impuls momentining saqlanish qonunlari

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim. Integrativ, munozara, o'z-o'zini nazorat.*

Adabiyotlar: A1; A7; A3; A4; A5; Q8; Q9; Q10; Q11.

4. Energiyaning saqlanish qonuni

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim. Blits-so'rov, zig-zag usuli, munozara, BBB, Insert, o'z-o'zini nazorat.*

Adabiyotlar: A7; A3; A4; A5; A6; Q8; Q9; Q10.

5. Vakuumda elektrostatik maydoni. Maydon kuchlanganligi

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim. Ma'ruza, namoyish etish, blits-so'rov, "baliq skeleti", guruhlarda ishlash metodi.*

Adabiyotlar: A7; A3; A5; A6; Q8; Q9; Q11.

6. Elektr maydoni potentsiali

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim. Ma'ruza, namoyish etish, Mindmapping, , "Blits-so'rov" metodlari.*

Adabiyotlar: A7; A3; A4; A5; A6; Q8; Q9; Q10.

7. Elektr maydonida dielektriklarning xususiyatlari

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim. Ma'ruza, namoyish etish, Mindmapping, , "Blits-so'rov" metodlari.*

Adabiyotlar: A7; A3; A4; A5; Q8; Q9; Q10.

8. Elektr maydonida o'tkazgichlar. Elektr

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim. Ma'ruza, namoyish etish, Mindmapping, "Blits-so'rov" metodlari.*

Adabiyotlar: A1; A7; A3; A4; Q8; Q9.

9. Doimiy tok qonunlari

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim. Ajurali arra, bumerang, usuli, munozara, o'z-o'zini nazorat. 33*

Adabiyotlar: A7; A3; A4; A5; A6; Q8; Q9; Q11.

10. Magnit o'zaro ta'sirlar

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim. Ajurali arra, bumerang, usuli, munozara, o'z-o'zini nazorat. 33*

Adabiyotlar: A7; A3; A4; A5; A6; Q8; Q9; Q11.

11. Vakuumdagi magnit maydoni

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim. Ajurali arra, bumerang, usuli, munozara, o'z-o'zini nazorat. 33*

Adabiyotlar: A7; A3; A4; A5; A6; Q8; Q9; Q11.

12. Bio-Savar-Laplas qonuni. Magnit maydon superpozitsiya

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim. Ajurali arra, bumerang, usuli, munozara, o'z-o'zini nazorat. 33*

Adabiyotlar: A7; A3; A4; A5; A6; Q8; Q9; Q11.

13. Moddaning magnit xossalari. Molekulyar toklar. Magnitlanish

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim. Ajurali arra, bumerang, usuli, munozara, o'z-o'zini nazorat. 33*

Adabiyotlar: A7; A3; A4; A5; A6; Q8; Q9; Q11.

14. Elektromagnit induksiya

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim. Ajurali arra, bumerang, usuli, munozara, o'z-o'zini nazorat. 33*

Adabiyotlar: A7; A3; A4; A5; A6; Q8; Q9; Q11.

15. Garmonik tebranishlar,

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim. Ajurali arra, bumerang, usuli, munozara, o'z-o'zini nazorat. 33*

Adabiyotlar: A7; A3; A4; A5; A6; Q8; Q9; Q11.

16. Tebranishlarni qo'shish

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim. Ajurali arra, bumerang, usuli, munozara, o'z-o'zini nazorat.* 33
Adabiyotlar: A7; A3; A4; A5; A6; Q8; Q9; Q11.

17. So'navchi va majburiy tebranishlar

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim. Ajurali arra, bumerang, usuli, munozara, o'z-o'zini nazorat.* 33
Adabiyotlar: A7; A3; A4; A5; A6; Q8; Q9; Q11.

18. To'lqin jarayonlari

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim. Ajurali arra, bumerang, usuli, munozara, o'z-o'zini nazorat.* 33
Adabiyotlar: A7; A3; A4; A5; A6; Q8; Q9; Q11.

19. Yorug'lik interferensiyasi. Yorug'lik difraksiyasi va qutblanish

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim. Ajurali arra, bumerang, usuli, munozara, o'z-o'zini nazorat.* 33
Adabiyotlar: A7; A3; A4; A5; A6; Q8; Q9; Q11.

20. Kvant optikasi

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim. Ajurali arra, bumerang, usuli, munozara, o'z-o'zini nazorat.* 33
Adabiyotlar: A7; A3; A4; A5; A6; Q8; Q9; Q11.

21. Kvant mexanikasi asoslari

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim. Ajurali arra, bumerang, usuli, munozara, o'z-o'zini nazorat.* 33
Adabiyotlar: A7; A3; A4; A5; A6; Q8; Q9; Q11.

22. Gaz qonunlari, termodinamikaning 1- qonuni

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim. Ajurali arra, bumerang, usuli, munozara, o'z-o'zini nazorat.* 33
Adabiyotlar: A7; A3; A4; A5; A6; Q8; Q9; Q11.

23. Ko'chish hodisasi. Entropiya

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim. Ajurali arra, bumerang, usuli, munozara, o'z-o'zini nazorat.* 33
Adabiyotlar: A7; A3; A4; A5; A6; Q8; Q9; Q11.

24. Atom yadrosining tuzilishi

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: *dialogik yondoshuv, muammoli ta'lim. Ajurali arra, bumerang, usuli, munozara, o'z-o'zini nazorat.* 33
Adabiyotlar: A7; A3; A4; A5; A6; Q8; Q9; Q11.

T/r	Amaliy mashg'ulotlarning mavzulari	Soat
1	Kirish darsi. Kirish nazorati	2
2	Ilgarilanma harakat kinematikasi va dinamikasi.	2
3	Aylanma harakat kinematikasi va dinamikasi	2
4	Impuls va impuls momentining saqlanish qonunlari	2
5	Energiyaning saqlanish qonuni	2
6	Vakuumda elektrostatik maydoni. Maydon kuchlanganligi	2
7	Elektr maydoni potentsiali	2
8	Elektr maydonida dielektriklarning xususiyatlari	2
9	Elektr maydonida o'tkazgichlar. Elektr sig'imi. Kondensatorlar.	2
10	Doimiy tok qonunlari	2
11	Magnit o'zaro ta'sirlar	2
12	Vakuumdagi magnit maydoni	2
13	Bio-Savar-Laplas qonuni. Magnit maydon superpozitsiya prinsipi.	2
14	Moddaning magnit xossalari. Molekulyar toklar. Magnitlanish. Magnit	2
15	Elekromagnit induksiya	2
16	Garmonik tebranishlar,	2
17	Tebranishlarni qo'shish	2
18	Nazorat ishi	2
19.	So'nuvchi va majburiy tebranishlar	4
20.	To'lqin jarayonlari	4
21.	Yorug'lik interferensiyasi. Yorug'lik difraksiyasi va qutblanish	4
22.	Kvant optikasi	4
23.	Kvant mexanikasi asoslari	4
24.	Gaz qonunlari, termodinamikaning 1- qonuni	4
25.	Ko'chish hodisasi. Entropiya.	4
26.	Atom yadrosining tuzilishi	4
27.	Nazorat ishi	4
	Jami	72

Mustaqil ta'lim tashkil etishning shakli va mazmuni

Talabaning mustaqil ishi – muayyan fandan o'quv dasturida belgilangan bilim, ko'nikma va malakaning ma'lum bir qismini talaba tomonidan fan o'qituvchisi maslahati va tavsiyalari asosida auditoriya va auditoriyadan tashqarida o'zlashtirishga yo'naltirilgan tizimli faoliyatdir.

Mustaqil ishni bajarish uchun o'quv rejada 2 semestr uchun 144 soatdan belgilangan. Har bir semestr uchun 72 soatdan belgilangan.

Mustaqil ishni bajarishdan asosiy maqsad – professor-o'qituvchilarning bevosita rahbarligi va nazorati ostida talabalarni semestr davomida fanni uzluksiz o'rganishini tashkil etish, olingan bilim va ko'nikmalarni yanada mustahkamlash, kelgusidagi darslarga tayyorgarlik ko'rish, aqliy mehnat madaniyatini, yangi bilimlarni mustaqil ravishda izlab topish va qabul qilishni shakllantirish hamda ushbu tariqa universitetda raqobatbardosh kadrlarni tayyorlashga erishishdan iborat.

- Ma'ruza mashg'ulotlarida talabalar tomonidan asosiy adabiyotlardan va internet tarmog'idan foydalangan jadvalda ko'rsatilgan mavzular bo'yicha referat yozadilar. Referat yozish Ilovada ko'rsatilgan talabalarga asosan bajariladi.
- Laboratoriya mashg'ulotlarida talabalar fizik stendda mavjud laboratoriya ishlarini va virtual laboratoriya ishlarini bajaradilar.
- Laboratoriya mashg'ulotlarini fizik jarayonlarni modellashtirish imkoniyatini beruvchi pedagogik dasturiy vositalardan foydalangan holda modellashtirish ishlarini bajaradilar.
- Amaliy mashg'ulotlarda talabalar masalalar echadilar yoki fizikaviy jarayonlarni modellashtirish imkoniyatini beruvchi pedagogik dasturiy vositalarda biror - bir fizikaviy jarayonni o'rganadilar va ilovada ko'rsatilgan talabalar asosida bajaradilar.
- Fizika.uz va eStudy.uz masofaviy ta'lim tizimida beriladigan loyiha ishlarini bajaradilar.

Talabalar mustaqil ta'limining mazmuni va hajmi

*Asosiy adabiyotlardan foydalangan holda¹:

T/r	Mustaqil ish mavzusi	Qisqa mazmuni	Soat
1	Giroskoplar	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar.	2
2	O'zgaruvchan massali jismning harakati	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
3	Reaktiv harakat	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2

¹Mustaqil ish mavzulari bo'yicha ilova sifatida Mind Maring (Aql haritasini) tuzish tavsiya etiladi.

4	Noinersial sanoq tizimlari	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
5	Nisbiylik nazariyasi elementlari	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
6	Relyativistik dinamika elementlari	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
7	Gazlarda elektr toki	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
8	Plazma	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
9	Vakuumda elektr toki	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
10	Termoelektron emissiya	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
11	Xoll effekti	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
12	Transformatorlar	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
13	Elektr va magnit maydonlar uchun Maksvellning tenglamalar tizimi	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
14	Gers vibratorlari	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
15	O'ta o'tkazuvchanlik va uning kvantomexanikaviy talqini	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
16	Kontakt hodisalari	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
17	Yarim o'tkazgich - yarim o'tkazgich kontakti	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
18	Dia-, para- va ferromagnetizm tabiati	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
19	Yorug'lik nurining tabiati	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
20	Elektronning asosiy xususiyatlari	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
21	Fizikaviy jarayonlarni modellashtirish imkoniyatini beruvchi pedagogik dasturiy vositalar ² misolida fizikaviy jarayonni modellashtirish	Tanlangan dasturiy vositaning imkoniyatlari va xususiyatlari, o'quv semestrda utilgan mavzulardan birini tanlagan holda dastur muhitida modellashtirish. Xulosalar.	6

² Vlab/crocodile Physics/interactive physics/Yenka/PhET

Internet tarmog'idan foydalangan holda³:

T/r	Mustaqil ish mavzusi	Qisqa mazmuni	Soat
1.	Uzunlik birligi etalonini amalga oshirish Vaqt birligi etalonini amalga oshirish Modda miqdori birligi etalonini amalga oshirish	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
2.	Temperatura birligi etalonini amalga oshirish Yorug'lik kuchi birligi etalonini amalga oshirish Tok kuchi birligi etalonini amalga oshirish	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
3.	Golografiya prinsipi va uning qo'llanilishi	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
4.	Qattiq jismlarda diffuziya xodisalari	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
5.	Yuqori chastotali signallarni uzatish usullari	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
6.	To'lqin o'tkazgichlar (volnovodlar)	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
7.	Yupqa qatlamlarning tuzilishi va xossalari	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
8.	Kvant o'ralar va ularning xususiyatlari	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
9.	Nanoo'lchamli klasterlar va kristallar. Nanotexnologiyalar.	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
10.	Nanoelektronika va uning materiallari	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
11.	Spinli elektronika va uning elementlari	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
12.	Suyuq kristallar va ularning xususiyatlari	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
13.	Katta adron kollyayderi va uning	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar	2

³ Mustaqil ish mavzulari bo'yicha ilova sifatida Mind Maring (Aql haritasini) tuzish tavsiya etiladi.

	ishlash prinsipi	asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	
14.	Quyosh fotoelektrik elementlari va modullari	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
15.	Optik tolali tizimlar	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlar asosida tushuntiriladi, amaliyotda qo'llanilishi, misollar	2
16.	O'zbek mutafakkirlari – A.R.Beruniy, Ibn Sino, M.Ulug'bek, Abu Nasr Farobiy, Al - Xorazmiy va boshqalarning ilmiy kashfiyotlari, jahon sivilizatsiyasiga qo'shgan ulkan hizmatlari	Ta'riflar, qaysi fizikaviy qonuniyatlarni ixtiro qilishgan, misollar	4

FIZIK JARAYONLARNI MODELLASH TIRISH VA KICHIK ILMIY TA'DQIQOT ISHLARINI BAJARISH BO'YICHA MUSTAQIL ISHLARI⁴

⁴ Bu mustaqil ish mavzulari talabalarga yuqorida ko'rsatilgan mavzulardan tashqari tanlash uchun tavsiya qilinadi.

	IshNING NOMI	IshNING QISQA TAVSIFI	Izoh
1.	Tushish va sinish burchaklari orqali sinish koeffitsentini aniqlash	<p>“Virtual tajribalar konstruktori”da (yoki Crocodile Physicsning inglizcha variantida) ishlang.</p> <p>“Optika” bo’limi</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.qo’yidagi muhitlarning sindirish koeffitsentini aniqlang (muz, benzin, suv, shishaning turli xillari, etanol, olmos). 2. Jadvaldagi qiymatlar bilan solishtiring va xulosa chiqaring. 3. Referatda geometrik optika qonunlarini yozing. 4.Crocodile Physics da yig’ilgan sxemalarni Print Screenorqali qo’ying. 5. Ximoya qiling. 	Kinematika mavzusiga aql xaritasini tuzing
2.	To’la ichki qaytish hodisasini o’rganish	<p>“Virtual tajribalar konstruktori”da (yoki Crocodile Physicsning inglizcha variantida) ishlang.</p> <p>“Optika” bo’limi</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.Berilgan materialdan optik tolali kabelni modellashtiring. 2. Kabeldagi nurni devorlardan ko’p marotalab aks etishini kuzatish uchun nurni kabelga to’la ichki qaytish burchagi ostida bo’lguncha (pod predelno’m uglom) yunaltiring. 3.Burchakni o’lchang. To’la ichki qaytish burchagini nazariy yo’l bilan hisoblang va o’lchang burchak bilan solishtiring. 4.Turli materialli kabellar va turli chastotali nurlardan foydalangan holda tajribani qaytaring. 5. Referatda geometrik optika qonunlarini yozing. 6.Crocodile Physics da yig’ilgan sxemalarni Print Screen orqali qo’ying. 7. Ximoya qiling. 	Dinamika mavzusiga aql xaritasini tuzing
3.	Turli muhitlarda to’lqin uzunligining o’zgarishi orqali sinish koeffitsentini aniqlash	<p>“Virtual tajribalar konstruktori”da (yoki Crocodile Physicsning inglizcha variantida) ishlang.</p> <p>“To’lqin” bo’limi</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.qo’yidagi muhitlarning sindirish koeffitsentini aniqlang (havo, benzin, optik oyna, cirkoniy kub, olmos, etanol, shaffof oyna, muz, polikarbonat, kvars oyna, vakum, suvdagi to’lqin) 2. Jadvaldagi qiymatlar bilan solishtiring va xulosa chiqaring. 3. Referatda geometrik optika qonunlarini yozing. 4. Crocodile Physics da yig’ilgan sxemalarni Print Screenorqali qo’ying. 5. Ximoya qiling. 	Elektr mavzusiga aql xaritasini tuzing
4.	Fotoeffekt	<p>PhET Simulations dasturida ishlang.</p> <p>Quantum Phenomena bo’limi.</p> <p>Photoelectric Effect modeli</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Turli materialli katodlar uchun turli parametrlarni o’zgartirgan holda fotoeffekt hodisasini o’rganing. 2. har bir metall uchun chiqish ishini aniqlang. 3. Elektronlarning chiqish energiyasini hisoblang. 4. Jadvaldagi qiymatlar bilan solishtiring. 5. Referatda fotoeffekt hodisasi va formulasi haqda 	Optika mavzusiga aql xaritasini tuzing

		<p>qisqa ma'lumot bering.</p> <p>6. Yig'ilgansxemalarni Print Screenorqali qo'ying.</p> <p>7. Ximoya qiling.</p>	
5.	Mikroskop	<p>“Virtual tajribalar konstruktori”da (yoki Crocodile Physicsning inglizcha variantida) ishleng.</p> <p>“Optika” bo'limi</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mikroskopning optic sxemasini modellashtiring. 2. Referatda mikroskopning ishlash prinsipi, formulasi, ishlatish sohalari va mikroskop turlari haqida qisqa malumot bering. 3. Crocodile Physics da yig'ilgan sxemalarni Print Screenorqali qo'ying. 4. Ximoya qiling. 	Kvant fizikasi mavzusiga aql xaritasini tuzing
6.	Geometrik optika qonunlari	<p>PhET Simulations dasturida ishleng.</p> <p>Light & Radiation bo'limi.</p> <p>bending-light_ modeli</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Geometrik optikaning asosiy qonunlarini, yorug'likning sinish va qaytish qonunlarini isbotlay oladigan qurilmalarni modellashtiring. 2. Tajribani turli muhitlar uchun qaytaring. 3. Yorug'lik nurining turli muhitlardagi to'lqin uzunligi va tezligini aniqlang. 4. Referatda qonunlarning ta'rifi, ma'nosi, formulalari va qo'llanilish sohalari haqida qisqa malumot bering. 5. Yig'ilgansxemalarni Print Screenorqali qo'ying. 6. Ximoya qiling. 	Tebranish va to'lqin mavzusiga aql xaritasini tuzing
7.	Teleskop	<p>“Virtual tajribalar konstruktori”da (yoki Crocodile Physicsning inglizcha variantida) ishleng.</p> <p>“Optika” bo'limi</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Teleskopning optic sxemasini modellashtiring. 2. Referatda teleskopning ishlash prinsipi, formulasi, ishlatish sohalari haqida qisqa malumot bering. 3. Crocodile Physics da yig'ilgan sxemalarni Print Screenorqali qo'ying. 4. Ximoya qiling. 	Kvant mexanikasi mavzusiga aql xaritasini tuzing
8.	Dopler effekti	<p>“Virtual tajribalar konstruktori”da (yoki Crocodile Physicsning inglizcha variantida) ishleng.</p> <p>“To'lqin” bo'limi</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dopler effektini havo muhiti uchun modellashtiring. 2. Tovush chastotasining, manba va qabul qilgichning tezligining parametrlarini o'zgartiring. 3. qabul qilgichning qabul qilayotgan tovush 	Magnetizm mavzusiga aql xaritasini tuzing

		<p>chastotasini qayd qiling.</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. qabul qilinayotgan tovush chastotasini formula orqali hisoblang. 5. Olingan ma'lumotlarni nazariy yo'l bilan olingan ma'lumotlar bilan solishtiring. 6. Referatda Dopler effektining tavsifi, ishlash prinsipi, formulasi, ishlatilish sohasi haqida qisqa ma'lumot bering. 7. Crocodile Physics da yig'ilgan sxemalarni Print Screenorqali qo'ying. 8. Ximoya qiling. 	
9.	Rentgen nurlarining yutilishi	<p>“Virtual tajribalar konstruktori”da (yoki Crocodile Physicsning inglizcha variantida) ishleng.</p> <p>“To'lqin” bo'limi</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Rentgen nurlarining tarqalish va yutilish muhitini modellashtiring. 2. qo'yidagi muhitlarda nurlarning yutilish koeffitsientlarining bog'liqligini aniqlang (havo, suyak, g'isht, polietilen, qo'rg'oshin, mushaklar, teri, yupqa alyumin folga, vakum) 3. Rentgen nurlarini yutuvchi muhitdan o'tguncha va o'tgandan keyingi intensivlikni aniqlang. 4. Referatda Rentgen nurlari hususiyati, formulasi va ishlatilish sohasi haqida qisqa ma'lumot bering. 5. Crocodile Physics da yig'ilgan sxemalarni Print Screenorqali qo'ying. 6. Ximoya qiling. 	Molekulyar fizika mavzusiga aql xaritasini tuzing
10.	To'lqin interferensiyasi	<p>“Virtual tajribalar konstruktori”da (yoki Crocodile Physicsning inglizcha variantida) ishleng.</p> <p>“To'lqin” bo'limi</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. To'lqin interferensiyasining ikki o'lchovli muhitini yarating. 2. Elektromagnit to'lqinlarning ikkita manbasini tanlang. 3. Manbalarning kogerentligiga e'tibor bering. 4. qurilma yordamida muhitning turli nuqtalarini o'rganing. 5. Interferensiyaning maksimum va minimumlari kuzatilayotgan nuqtalarini nazariy yo'l bilan hisoblang. 7. Referatda interferensiya va uning formulalari haqida qisqa ma'lumot bering. 8. Crocodile Physics da yig'ilgan sxemalarni Print Screenorqali qo'ying. 6. Ximoya qiling. 	Kvant optikasi mavzusiga aql xaritasini tuzing

11.	Yorug'lik dispersiyasi	<p>“Virtual tajribalar konstruktori”da (yoki Crocodile Physicsning inglizcha variantida) ishlang.</p> <p>“Optika” bo’limi</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Nyutonning oq nurni uchburchakli prizmadan o'tish tajribasini modellashtiring. 2. Turli to'lqin uzunlikdagi yorug'likning dispersiyasini aniqlang. (qizildan binafshagacha) 3. Transporter yordamida nurning tushish va sinish burchagini, shuningdek prizmaning sindirish burchagini o'lchang. 4. To'lqin uzunligiga bog'liq ravishda sindirish ko'rsatkichini $n(\lambda)$ hisoblang. 5. Tajribani turli materialdan yasalgan prizmalar uchun takrorlang. 9. Referatda dispersiya hodisasi va formulasi haqda qisqa ma'lumot bering. 10. Crocodile Physics da yig'ilgan sxemalarni Print Screenorqali qo'ying. 11. Ximoya qiling. 	To'lqin interferensiya si mavzusiga aql xaritasini tuzing
12.	Geometrik optika qonunlari	<p>“Virtual tajribalar konstruktori”da (yoki Crocodile Physicsning inglizcha variantida) ishlang.</p> <p>“Optika” bo’limi</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Geometrik optika asosiy qonunlarini isbotlaydigan qurilmalarni modellashtiring. Yorug'likning qaytish va sinish qonunlari. 2. Tajribani turli materialdan yasalgan prizma uchun qaytaring. 3. Referatda qonunlarning qisqa tavsifi, formulasi va ishlatilish sohalari haqda qisqa ma'lumot keltirilsin. 4. Crocodile Physics da yig'ilgan sxemalarni Print Screenorqali qo'ying. 5. Ximoya qiling. 	Yorug'lik dispersiyasi mavzusiga aql xaritasini tuzing
13.	Tordagi tebranishlar	<p>“Virtual tajribalar konstruktori”da (yoki Crocodile Physicsning inglizcha variantida) ishlang.</p> <p>“To'lqin” bo’limi</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fazoda mahkamlangan torning tebranishini modellashtiring. 2. 3.7 -laboratoriya ishidagi chiziqli zichlik formuladan turli hol uchun torning chiziqli zichligini aniqlang. 3. Referatda turg'un to'lqin va formulasi haqda qisqa a'lumot bering. 4. Crocodile Physics da yig'ilgan sxemalarni Print Screenorqali qo'ying. 5. Ximoya qiling. 	Yorug'lik difraksiyasi mavzusiga aql xaritasini tuzing

14.	Fotoeffekt	PhET Simulations dasturida ishlang. Quantum Phenomena bo'limi. Photoelectric Effect Effect modeli 8. Turli materialli katodlar uchun turli parametrlarni o'zgartirgan holda fotoeffekt hodisasini o'rganing. 9. har bir metall uchun chiqish ishini aniqlang. 10. Elektronlarning chiqish energiyasini hisoblang. 11. Jadvaldagi qiymatlar bilan solishtiring. 12. Referatda fotoeffekt hodisasi va formulasi haqda qisqa ma'lumot bering. 13. Yig'ilgansxemalarni Print Screenorqali qo'ying. 14. Ximoya qiling.	Mexanik ish mavzusiga aql xaritasini tuzing
-----	------------	--	---

***Amaliy va laboratoriya mashg'ulotlaridan mustaqil ishlar**

Amaliy mashg'ulotlarida mustaqil ish sifatida *“Fizika fanidan mashq uchun elektron masalalar to'plami va uslubiy ko'rsatmalar”* da keltirilgan masalalarning 40 % ini mustaqil ishlagan holda hisobot ko'rinishda beriladi. Shuningdek fizikaviy jarayonlarni modellashtirish imkoniyatini beruvchi Interactive Physics, Crocodile physics, Crocodile technology, PHET va Yenka pedagogik dasturiy vositalardan (simulyatorlar) foydalangan holda fizikaviy jarayonlarni modellashtirgan holda hisobot ko'rinishda topshirishlari tavsiya etiladi.

Amaliy va laboratoriya mashg'ulotlari uchun o'quv yili davomida 32 soatdan taqsimlanadi.

1. *“Fizika fanidan mashq uchun elektron masalalar to'plami va uslubiy ko'rsatmalar”* da keltirilgan masalalarning 40 % ini mustaqil ishlash.
2. Mexanikada kinematik jarayonlarni modellashtirishda Mathsad paketini qo'llash.
3. Elektr zanjirlarni Mathsad tizimida hisoblash.
4. Kinematik jarayonlarni Interactive Physics muhitida modellashtirish.
5. Kinematik jarayonlarni Crocodile physics muhitida modellashtirish.
6. Fizikaning “Elektr” bo'limini Crocodile physics muhitida modellashtirish o'rganish loyihalashtirish.
7. Fizikaning “Optika” bo'limini Crocodile physics muhitida modellashtirish o'rganish loyihalashtirish.
8. Fizikaning “To'lqinlar” bo'limini Crocodile physics muhitida modellashtirish o'rganish loyihalashtirish.
9. Elektr jarayonlarni Crocodile technology muhitida modellashtirish.
10. Kinematik jarayonlarni PHET muhitida modellashtirish.
11. Fizikaviy jarayonlarni PHET muhitida o'rganish.
12. Fizikadan masalalarni MS Excel muhitida echish.
13. Fizikaviy jarayonlarni Yenka muhitida modellashtirishG'o'rganishG'loyihalashtirish.
14. Masalalar echishda Mathsad muhitidan foydalanish.
15. Elektr zanjirlarni “Beginning Electronics” da hisoblash.

16. Fizikaning ma'lum bir bo'limlari bo'yicha elektron nazorat testlarini Spring QuizMaker, QuizCreator, Articulate Lectora dastur muhitlarida yaratish;

Dasturning informatsion uslubiy ta'minoti

Mazkur fanni o'qitish jarayonida ta'limning zamonaviy metodlari, pedagogik va axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini qo'llash nazarda tutilgan:

- chiziqli algebra nazariyasi asoslari, matritsalar va chiziqli tenglamalar sistemasini echishga bag'ishlangan mavzular zamonaviy kompyuter texnologiyalari yordamida prezentatsiya va elektron-didaktik texnologiyalaridan foydalanilgan holda o'tkaziladi;

Fanni o'zlashtirishda masofadan o'qitish tizimlaridan (<http://estudy.uz>, <http://my.estudy.uz> , www.khanacademy.org, <http://ocw.mit.edu>) darslik, o'quv qo'llanmalari va ma'ruzalar matnlarining elektron versiyalaridan, elektron plakatlari, grafik planshetlar, proektorlardan va virtual laboratoriya ishlaridan foydalaniladi.

Fanni o'qitishda quyidagi texnik ta'minotlardan foydalaniladi:

- Multimediali proektor
- Shaxsiy kompyuter
- Grafik planshet (Wacom)
- Elektron doska (Whitboard)
- Internet tarmog'i

Fanni o'qitishda quyidagi dasturiy ta'minotlardan foydalaniladi:

- Operatsion tizim: Windows XPG' Windows7,8
- Microsoft Word
- Microsoft PowerPoint
- Microsoft Excel
- Interactive Physics, Yenka, Crocodile physics, Crocodile technology, PHET
- MathCad, Maple

Ma'ruza, amaliy va laboratoriya mashg'ulotlarida multimedia muhitidan, virtual laboratoriya ishlarida, MathCad dasturidan, plakat, maket, elektron doska, proektor, grafik planshet va ko'rgazmali materiallardan foydalaniladi. Laboratoriya mashg'ulotlarida olingan natijalarni hisoblash uchun Excel dasturidan foydalanish tavsiya etiladi. Shuningdek, fizikaviy jarayonlarni modellashtirish, vizualizatsiyalash imkoniyatini bera oladigan qo'yida ko'rsatilgan pedagogik dasturiy vositalardan foydalanish tavsiya etiladi:

Interactive Physics, Crocodile physics, Crocodile technology, PHET va Yenka pedagogik dasturiy vositalar.

Internet serverlaridan google docs dan keng foydalanish tavsiya etiladi.

“Fizika” fanidan talabalar bilimini reyting tizimi asosida baholash mezonlari.

“Fizika” fani bo'yicha reyting jadvallari, nazorat turi, shakli, soni hamda har bir nazoratga ajratilgan maksimal ball, shuningdek joriy va oraliq nazoratlarining saralash ballari haqidagi ma'lumotlar fan bo'yicha birinchi mashg'ulotda talabalarga e'lon qilinadi.

Fan bo'yicha talabalar bilim saviyasi va o'zlashtirish darajasining Davlat ta'lim standartlariga muvofiqligini ta'minlash uchun quyidagi nazorat turlari o'tkaziladi:

-joriy nazorat (JN) – talabalar bilim mavzulari bo'yicha bilim va amaliy ko'nikma darajasini aniqlash va baholash usuli. Joriy nazorat fanning xususiyatidan kelib chiqqan holda amaliy mashg'ulotlarda og'zaki so'rov, test o'tkazish, suhbat, nazorat ishi, kollektivium, uy vazifalarini tekshirish va shu kabi boshqa shakllarda o'tkazilishi mumkin;

-oraliq nazorat (ON) – semestr davomida o'quv dasturining tegishli (fanlarning bir necha mavzularini o'z ichiga olgan) bo'limi tugallangandan keyin talabalar nazariy bilim va amaliy ko'nikma darajasini aniqlash va baholash usuli. Oraliq nazorat bir semestrda ikki marta o'tkaziladi va shakli (yozma, og'zaki, test va hokazo) o'quv faniga ajratilgan umumiy soatlar hajmidan kelib chiqqan holda belgilanadi;

yakuniy nazorat (YaN) – semestr yakunida muayyan fan bo'yicha nazariy bilim va amaliy ko'nikmalarni talabalar tomonidan o'zlashtirish darajasini baholash usuli. Yakuniy nazorat asosan tayanch tushuncha va iboralarga asoslangan “Yozma ish” shaklida o'tkaziladi.

ON o'tkazish jarayoni kafedra mudiri tomonidan tuzilgan komissiya ishtirokida muntazam ravishda o'rganib boriladi va uni o'tkazish tartiblari buzilgan hollarda, **ON** natijalari bekor qilinishi mumkin. Bunday hollarda **ON** qayta o'tkaziladi.

Oliy ta'lim muassasasi rahbarining buyrug'i bilan ichki nazorat va monitoring bo'limi rahbarligida tuzilgan komissiya ishtirokida **YaN** ni o'tkazish jarayoni muntazam ravishda o'rganib boriladi va uni o'tkazish tartiblari buzilgan hollarda, **YaN** natijalari bekor qilinishi mumkin. Bunday hollarda **YaN** qayta o'tkaziladi.

Talabalar bilim saviyasi, ko'nikma va malakalarini nazorat qilishning reyting tizimi asosida talabalar bilim o'zlashtirish darajasi ballar orqali ifodalanadi.

«Fizika» fani bo'yicha talabalar bilim saviyasi semestr davomidagi o'zlashtirish ko'rsatkichi 100 ballik tizimda baholanadi.

Ushbu 100 ball baholash turlari bo'yicha quyidagicha taqsimlanadi:

Ya.N.-30 ball, qolgan 70 ball esa J.N.-35 ball va O.N.-35 ball qilib taqsimlanadi.

Ball	Baho	Talabalarning bilim darajasi
86-100	A'lo	Xulosa va qaror qabul qilish. Ijodiy fikrlay olish. Mustaqil mushohada yurita olish. Olgan bilimlarini amalda qo'llay olish. Mohiyatini tushuntirish. Bilish, aytib berish. Tasavvurga ega bo'lish.
71-85	Yaxshi	Mustaqil mushohada qilish. Olgan bilimlarini amalda qo'llay olish. Mohiyatini tushuntirish. Bilish, aytib berish. Tasavvurga ega bo'lish.
55-70	Qoniqarli	Mohiyatini tushuntirish. Bilish, aytib berish Tasavvurga ega bo'lish.
0-54	Qoniqarsiz	Aniq tasavvurga ega bo'lmaslik. Bilmaslik.

-Fan bo'yicha saralash bali 55 ballni tashkil etadi. Talabani saralash balidan past bo'lgan o'zlashtirishi reyting daftarchasida qayd etilmaydi.

-Talabalarning o'quv fani bo'yicha mustaqil ishi joriy, oraliq va yakuniy nazoratlar jarayonida tegishli topshiriqlarni bajarishi va unga ajratilgan ballardan kelib chiqqan holda baholanadi.

-Fan bo'yicha joriy va oraliq nazoratlarga ajratilgan umumiy ballning 55 foizi saralash ball hisoblanib, ushbu foizdan kam ball to'plagan talaba yakuniy nazoratga kiritilmaydi.

-Joriy **JN** va oraliq **ON** turlari bo'yicha 55bal va undan yuqori balni to'plagan talaba fanni o'zlashtirgan deb hisoblanadi va ushbu fan bo'yicha yakuniy nazoratga kirmasligiga yo'l qo'yiladi.

-Talabani semestr davomida fan bo'yicha to'plagan umumiy bali har bir nazorat turidan belgilangan qoidalarga muvofiq to'plagan ballari yig'indisiga teng.

-**ON** va **YaN** turlari kalendar tematik rejaga muvofiq dekanat tomonidan tuzilgan reyting nazorat jadvallari asosida o'tkaziladi. **YaN** semestrning oxirgi 2 haftasi mobaynida o'tkaziladi.

-**JN** va **ON** nazoratlarda saralash balidan kam ball to'plagan va uzrli sabablarga ko'ra nazoratlarda qatnasha olmagan talabaga qayta topshirish uchun, navbatdagi shu nazorat turigacha, so'nggi joriy va oraliq nazoratlar uchun esa yakuniy nazoratgacha bo'lgan muddat beriladi.

-Talabani semestrda **JN** va **ON** turlari bo'yicha to'plagan ballari ushbu nazorat turlari umumiy balining 55 foizidan kam bo'lsa yoki semestr yakuniy joriy, oraliq va yakuniy nazorat turlari bo'yicha to'plagan ballari yig'indisi 55 balidan kam bo'lsa, u akademik qarzdor deb hisoblanadi.

-Talaba nazorat natijalaridan norozi bo'lsa, fan bo'yicha nazorat turi

natijalari e'lon qilingan vaqtdan boshlab bir kun mobaynida fakultet dekaniga ariza bilan murojaat etishi mumkin. Bunday holda fakultet dekanining taqdimnomasiga ko'ra rektor buyrug'i bilan 3 (uch) a'zodan kam bo'lmagan tarkibda apellyatsiya komissiyasi tashkil etiladi.

-Apellyatsiya komissiyasi talabalarining arizalarini ko'rib chiqib, shu kunning o'zida xulosasini bildiradi.

-Baholashning o'rnatilgan talablar asosida belgilangan muddatlarda o'tkazilishi hamda rasmiylashtirilishi fakultet dekani, kafedra muduri, o'quv-uslubiy boshqarma hamda ichki nazorat va monitoring bo'limi tomonidan nazorat qilinadi.

Talabalar ON dan to'playdigan ballarning namunaviy mezonlari

№	Ko'rsatgichlar	ON ballari		
		maks	1-ON	2-ON
1	Darslarga qatnashganlik darajasi. Ma'ruza darslaridagi faolligi, konspekt daftarlarining yuritilishi va to'liqligi.	10	0-5	0-5
2	Talabalarining mustaqil ta'lim topshiriqlarini o'z vaqtida va sifatli bajarishi va o'zlashtirish.	15	0-7	0-8
3	Og'zaki savol-javoblar, mustaqil ish va boshqa nazorat turlari natijalari bo'yicha	15	0-8	0-7
Jami ON ballari		40	0-20	0-20

Talabalar JN dan to'playdigan ballarning namunaviy mezonlari

№	Ko'rsatgichlar	ON ballari		
		maks	1-ON	2-ON
1	Darslarga qatnashganlik va o'zlashtirishi darajasi. Amaliy mashg'ulotlardagi faolligi, amaliy mashg'ulot daftarlarining yuritilishi va holati	10	0-5	0-5
2	Mustaqil ta'lim topshiriqlarining o'z vaqtida va sifatli bajarilishi. Mavzular bo'yicha uy vazifalarini bajarilish va o'zlashtirishi darajasi.	10	0-5	0-5
3	Yozma nazorat ishi yoki test savollariga berilgan javoblar	10	0-5	0-5
Jami JN ballari		30	0-15	0-15

Yakuniy nazorat "Yozma ish" shaklida belgilangan bo'lsa, u holda yakuniy nazorat 30 ballik "Yozma ish" variantlari asosida o'tkaziladi.

№	Ko'rsatgichlar	YaN ballari	
		maks	O'zgarish oralig'i
1	Fan bo'yicha yakuniy yozma ish nazorati	30	0-30
Jami:		30	0-30

Yakuniy nazoratda “Yozma ish” larni baholash mezonlari

Yakuniy nazorat “Yozma ish” shaklida amalga oshirilganda, sinov ko'p variantli usulda o'tkaziladi. Har bir variant 3 ta blokdan iborat bo'lib, 1- blokda 2 ta nazariy savol, 2-blokda 2 ta masala va 3-blokda 10 ta test topshiriqlaridan iborat bo'ladi. Nazariy savollar va test savollari fan bo'yicha tayanch so'z va iboralar asosida tuzilgan bo'lib, fanning barcha mavzularini o'z ichiga qamrab olgan.

Har bir nazariy savolga yozilgan javoblar bo'yicha o'zlashtirish ko'rsatkichi 0-10 ball oralig'ida baholanadi. Talaba maksimal 30 ball to'plashi mumkin.

Yozma sinov bo'yicha umumiy o'zlashtirish ko'rsatkichini aniqlash uchun variantda berilgan savollarning har biri uchun yozilgan javoblarga qo'yilgan o'zlashtirish ballari qo'shiladi va yig'indi talabaning yakuniy nazorat bo'yicha o'zlashtirish balli hisoblanadi.

Tavsiya etilgan adabiyotlar ro'yxati

2.1. Asosiy adabiyotlar.

1. Savelev I. V. Kurs fiziki. M.: Nauka 1989 t. 1 (o'zbek tilidagi nashri).
2. Savelev I. V. Kurs fiziki. M.: Nauka 1989 t. 2 (o'zbek tilidagi nashri).
3. Savelev I. V. Kurs fiziki. M.: Nauka 1989 t. 3 (o'zbek tilidagi nashri).
4. K.P.Abduraxmanov, O'.Egamov "Fizika kursi" darsligi, Toshkent, 2010 y.
5. Ismoilov M.,R. Xabibullaev, M.Xaliulin. Fizika kursi. Toshkent. "O'zbekiston" nashriyoti, 2000y.
6. Abduraxmanov K.P., Tigay O.E., Xamidov V.S. Kompleks multimediyano'x leksiya, o'zbek va rus tillarida. Elektron resurslar.
7. Vetrova V.T. Sbornik zadach po fizike. S individualno'mi zadaniyami. Ucheb. posobie dlya vuzov. - Minsk: Vo'sheysshaya shkola, 1991. - 386 s.
8. T.I.Trofimova, Fizika v tablitsax i formulax. Moskva, Izdatelstvo: Akademiya, 2010 - 448 s.
9. Chertov A., Vorobev A. Fizikadan masalalar to'plami. O'zbekiston. Toshkent-1997, 496 bet
10. Volkenshteyn V. S. Umumiy fizika kursidan masalalar to'plami. O'qituvchi. Toshkent-1969, 464 bet
11. Abduraxmanov K.P., Tigay O.E., Xamidov V.S. Fizika fanidan laboratoriya ishlari va uslubiy ko'rsatmalar majmuasi. 1) *Mexanika, elektrostatika, elektromagnetizm, o'zbek tilida. Abduraxmanov K.P., Abduqodirov M.A., Ochilova N.X., Xolmedov X.M., Masharipova S.Yu.* 2) *Tebranishlar va to'lqinlar, o'zbek tilida. Abduraxmanov K.P., Xaydarov Q.X., Xaitov M.S., Xolmedov X.M., Turg'unbaeva M.* 3) *Termodinamika, molekulyar fizika, qattiq jismlar va yadro fizikasi, o'zbek tilida. Abduraxmanov K.P., Xaydarov Q.X., Xolmedov X.M., Masharipova S.Yu.* 4) *Mexanika, rus tilida. Xaydarov K.X., Tigay O.E.* 5) *Elektrodinamika, elektromagnetizm, rus tilida. Xaydarov K.X., Xamidova X.X., Xaitov M.S., Xashaev M.M., Kormiltsev S.V.*
12. Virtual laboratoriya islarini bajarish uchun uslubiy qo'llanma, o'zbek tilida. Abdurahmanov Q.P., Hamidov V.S., Holmedov H.M. TATU
13. Virtualno'y laboratorno'y praktikum, rus tilida. Abduraxmanov K.P., Xaritonova N.F., Xamidov V.S. TATU
14. Abduraxmanov K.P., Tigay O.E., Xamidov V.S. Fizika fanidan mashq uchun savol va masalalar majmuasi. 1) *Mexanika, o'zbek tilida. Abduraxmanov K.P., Axmedova N.A., Xaitov M.S., Xolmedov X.M.* 2) *Elektromagnetizm, o'zbek tilida. Abduraxmanov K.P., Xaitov M.S., Kuziboev M.M., Xolmedov X.M., Ochilova N.X.* 3) *Tebranma harakat va to'lqinlar, o'zbek tilida. Abduraxmanov K.P., Raxmatullaeva M.F., Xaitov M.S., Muxamedaminova L.* 4) *Molekulyar fizika va termodinamika, o'zbek tilida. Abduraxmanov K.P., Abduqodirov M.A., Xolmedov X.M., Masharipova S.* 5) *Mexanika, rus tilida. Xaydarov K.X., Xamidova X.X., Xashaev M.M., Kormiltsev S.V.* 6) *Elektrodinamika, elektromagnetizm, rus tilida. Xaydarov K.X., Xamidova X.X., Xaitov M.S., Xashaev M.M., Kormiltsev S.V.* 7) *Kolebaniya i optika. Kvantovaya mexanika, rus tilida. Abduraxmanov K.P., Xaydarov K.X., Xamidova X.X., Tigay O.E., Kormiltsev S.V.* 8) *Molekulyarnaya fizika. Termodinamika. Fizika tverdogo tela, rus tilida. Xaydarov K.X., Xamidova X.X., Tigay O.E., Kormiltsev S.V.*

2.2. Qo'shimcha adabiyotlar

1. Epifanov G.I. Fizika tverdogo tela. M. Vo'sshaya shkola 1977
2. Ahmadjonov O. Fizika kursi. T.: «O'qituvchi», 1987. t. 1,2,3- qismlar
3. Ismoilov M., Xabibullaev P.K., Xaliullin M. Fizika kursi, T.; O'zbekiston», 2000. T.1.
4. Egamov U.U. Qattiq jismlar fizikasi. Qo'llanma. TEAI, 2000.
5. Fizikadan elektron kutubxona. CD disk. TATU, Abduraxmanov Q.P., Tigay O.E., Xamidov V.S.
- 6.
7. Xaydarov K.X., Xamidova X.X. Metodicheskie ukazaniya i kontrolno'e zadaniya po fizike dlya studentov spes. zaonchnogo obrazovaniya, Toshkent, "Aloqachi", 2008 y.
8. Abduraxmanov K.P., Begnazarova S. Fizika kursidan *elektron darslik, o'zbek tilida*, Pdf Q disk Q SNM.
9. Abduraxmanov K.P., Tigay O.E., Xamidov V.S. Fizika fanidan laboratoriya ishlari va ularni bajarish bo'yicha *elektron uslubiy ko'rsatmalar, o'zbek va rus tillarida*. Pdf Q disk Q SNM.
10. Abduraxmanov K.P., Tigay O.E., Xamidov V.S. Fizika fanidan mashq uchun *elektron masalalar to'plami va uslubiy ko'rsatmalar, o'zbek va rus tillarida*. Pdf Q disk Q SNM.

3.2.1. Internet resurslari

1. <http://ziyonet.uz>
2. <http://fizika.uz>
3. <http://estudy.uz> - intellektual masofaviy ta'lim tizimi
4. <http://my.estudy.uz> - masofaviy ta'lim tizimi
5. www.etuit.uz –TATUning virtual ta'lim muhiti, Fizika kursi
6. www.khanacademy.org
7. <http://utube.uz>

I – AMALIY MASHG'ULOT: ILGARILANMA HARAKAT KINEMATIKASI VA DINAMIKASI.

1-masala. Bir vertikal bo'yicha A va V jismlar bir-biri tomon harakatlanmoqda. A jism $(g_0)_1$ tezlik bilan vertikal yuqoriga, B jism esa $(g_0)_2=0$ tezlik bilan N balandlikdan vertikal pastga harakatlanmoqda. Jismlar bir vaqtda harakatini boshlab, t vaqtdan keyin ular orasidagi masofa h ga teng bo'ldi. Jadvaldagi topshiriq raqamiga qarab, noma'lum kattalikni toping. Jismlar qancha vaqtdan keyin uchrashishini aniqlang.

Topshiriq raqami	$(g_0), m/s$	H, m	t, c	h, m
1	?	16	0,5	10
2	15	?	0,2	5
3	17,5	22	?	15
4	20	5	0,1	?
5	?	7	0,3	4
6	7,5	?	0,8	16
7	5	15	?	20
8	25	23	0,32	?
9	?	10	0,16	6
10	12,5	?	0,24	2
11	10	26	?	20
12	22	21	0,5	?
13	?	25	1,2	13
14	5	?	1,4	7
15	6	18	?	9
16	6,25	6	0,8	?
17	?	12	0,25	8
18	25	?	0,2	11
19	8	8	?	4
20	8	19	1,25	?
21	?	14	0,15	8
22	10	?	0,7	3
23	13,75	20	?	9
24	12	17	1	?
25	?	24	0,7	10
26	20	?	0,35	5
27	15	13	?	7
28	12,5	9	0,4	?

2- *masala*. Ikkita moddiy nuqta bir sanoq sistemasida berilgan harakat tenglamasi bo'yicha harakatlanmoqda. Qaysi vaqt oralig'ida bu nuqtalarning tezliklari bir xil bo'ladi? Bu vaqt oralig'ida nuqtaning tezlik va tezlanish moduli topilsin.

Topshiriq raqami	Birinchi nuqtaning harakat tenglamasi, m	Ikkinchi nuqtaning harakat tenglamasi, m
1	$X=20+4t-4,5t^2$	$X=2+2t+0,5t^2$
2	$X=12+19t+0,6t^2$	$X=21+16t+1,6t^2$
3	$X=8+12t-0,3t^2$	$X=9+15t-4,5t^2$
4	$X=23+2,6t+1,5t^2$	$X=16+8t-0,75t^2$
5	$X=24+6t+0,5t^2$	$X=8+20t-1,5t^2$
6	$X=6+17,8t-1,75t^2$	$X=17+3t+0,1t^2$
7	$X=30+15t-1,25t^2$	$X=25+14t+1,25t^2$
8	$X=11+3t-0,1t^2$	$X=10+6t-0,4t^2$
9	$X=21+19,4t-0,35t^2$	$X=15+8t+0,6t^2$
10	$X=13+12,9t-1,8t^2$	$X=30+5,2t-0,7t^2$
11	$X=7+1,2t+1,6t^2$	$X=4+18t-0,8t^2$
12	$X=29+10t+0,5t^2$	$X=18+14t+0,8t^2$
13	$X=15+9,4t-1,5t^2$	$X=24+7t-0,7t^2$
14	$X=4+16t+0,15t^2$	$X=5+19,5t-1,6t^2$
15	$X=26+2,2t+1,8t^2$	$X=32+15t+0,2t^2$
16	$X=19+6,2t-0,8t^2$	$X=20+4t+1,4t^2$
17	$X=18+10t+0,45t^2$	$X=11+11t+0,4t^2$
18	$X=3+18t-1,25t^2$	$X=26+7t+1,5t^2$
19	$X=25+20t-0,2t^2$	$X=6+16t-0,1t^2$
20	$X=10+7t+0,65t^2$	$X=19+13t-0,85t^2$
21	$X=27+14,7t+1,2t^2$	$X=3+30t-0,5t^2$
22	$X=2+16t-0,7t^2$	$X=29+17t-0,9t^2$
23	$X=22+6,2t+1,5t^2$	$X=23+14t+4,5t^2$
24	$X=14+15t-0,2t^2$	$X=12+10,2t+1,4t^2$
25	$X=5+12t+1,7t^2$	$X=24+14,2t+0,6t^2$
26	$X=28+20t-0,4t^2$	$X=28+13,4t+1,8t^2$
27	$X=16+14,3t-2t^2$	$X=7+12t+0,3t^2$
28	$X=9+9t+0,8t^2$	$X=22+7t+1,2t^2$

3- masala. Moddiy nuqtaning koordinata boshiga nisbatan radius vektori vaqt o'tishi bilan ma'lum qonun bo'yicha o'zgaradi, bunda I va jx va y o'qlarining ortlari. a) traektoriya tenglamasini tuzing va grafigini chizing; b) koordinata o'qlaridagi tezlik proeksiyasini; v) t vaqt mobaynidagi tezlik va tezlanish vektorlari modullari topilsin.

Topshiriq raqami	Radius-vektorning o'zgarish qonuni $r=r(t),m$	A	V	t,c
1	$r = Ati + Bt^2j$	2 m/s ²	6 m/s ²	1,5
2		1 m/s	5,5 m/s ²	3
3		4 m/s	48 m/s ²	0,5
4		3 m/s	18 m/s ²	1
5	$r = At^2i + Bt^2j$	3 m/s ²	5 m/s ²	2
6		2 m/s ²	4 m/s ²	3
7		2 m/s ²	3 m/s ²	0,5
8		4 m/s ²	6 m/s ²	0,2
9	$r = At^2i - Btj$	16 m/s ²	12 m/s	0,1
10		4 m/s ²	7 m/s	4
11		9 m/s ²	15 m/s	2
12		25 m/s ²	7,5 m/s	0,4
13	$r = Ati - Bt^2j$	1,5 m/s	5 m/s ²	1
14		2 m/s	6 m/s ²	2
15		0,5 m/s	2 m/s ²	0,5
16		3 m/s	4,5 m/s ²	5
17	$r = At^2i + Btj$	36m/s ²	12 m/s	0,3
18		16 m/s ²	16 m/s	0,6
19		9 m/s ²	3 m/s	0,8
20		4 m/s ²	5 m/s	3
21	$r = At^2i - Bt^2j$	0,2 m/s ²	1,2 m/s ²	2
22		1,5 m/s ²	3 m/s ²	2,5
23		0,5 m/s ²	2 m/s ²	1,5
24		2 m/s ²	5 m/s ²	0,2
25	$r = Ati + BTj$	0,4 m/s	2 m/s	0,25
26		2,5 m/s	5 m/s	4
27		3 m/s	4,5m/s	1,3
28		8 m/s	20 m/s	1,7

4- masala. Agar koordinatalar boshiga nisbatan moddiy nuqta radius-vektorining o'zgarishi qonuni ma'lum bo'lsa, tezlik va tezlanish orasidagi burchak topilsin?

Topshiriq raqami	Radius-vektor o'zgarishi qonuni	A	V	t, c
1	$r = -At^2i + Btj$	2 m/s ²	32 m/s	1
2				2
3				3
4				4
5	$r = -Ati - Bt^2j$	0.5 m/s	2 m/s ²	1
6		1 m/s		
7		1,5m/s		
8		2 m/s		
9	$r = At^2i + Btj$	2,5 m/s ²	10 m/s	2
10				4
11				6
12				8
13	$r = -Ati + Bt^2j$	12 m/s	2 m/s ²	2
14			4 m/s ²	
15			6 m/s ²	
16			8 m/s ²	
17	$r = At^2i - Btj$	1,5m/s ²	16 m/s	4
18		2m/s ²		
19		2,5m/s ²		
20		3m/s ²		
21	$r = Ati - Bt^2j$	5 m/s	5 m/s ²	2,5
22				5
23				7,5
24				10
25	$r = -At^2i + Btj$	4 m/s ²	4 m/s	0,5
26			8 m/s	
27			12 m/s	
28			16 m/s	

5- masala. Moddiy nuqta to'g'ri chiziqli harakat qilmoqda. Moddiy nuqtaning tezlanishi $a = A + Bt + Ct^2$ tenglama bilan berilgan. A, V, S- o'zgarmas kattaliklar. Tinch xolatdan harakatlangan moddiy nuqta t, s

vaqtdan keyin qanday tezlikka erishadi? Bu vaqtda u qancha (m) yo'l bosib o'tadi?

Topshiriq raqami	$A, m/s^2$	$V, m/s^3$	$S, m/s^4$	t, s
1	1	-2	2	2,5
2	8	4	14	0,4
3	16	9	-5	1,2
4	4	-6	11	0,8
5	10	-3	13	0,75
6	22	-14	-6	2
7	12	18	15	0,4
8	8	7	-3	1,5
9	2	-5	4	0,9
10	17	-20	7	1,6
11	6	-10	8	0,5
12	9	4	19	0,3
13	8	-1	16	1,5
14	10	7	-3	2
15	18	-11	9	0,6
16	-2	20	14	0,5
17	2	-6	11	1,7
18	19	15	5	1
19	15	-3	18	0,8
20	12	20	-4	1,5
21	5	-7	13	0,7
22	12	-19	1	0,4
23	16	9	20	0,9
24	-3	-1	10	1,6
25	-6	3	12	1,8
26	17	-14	5	1,3
27	9	8	-15	0,6
28	7	10	-1	1,2

6-masala. Bitta sanoq sistemasida, koordinata boshidan ikkita moddiy nuqta harakatlana boshladi. t_1 vaqt ichidagi moddiy nuqtalar orasidagi masofa topilsin va moddiy nuqtalar orasidagi masofaning vaqtga bog'liqlik grafigi chizilsin.

Topshiriq raqami	$(\vartheta_1), m/s$	$(\vartheta_2), m/s$	t, c
1	$\vartheta_1 = 5ti + 2t^2j + 3k$	$\vartheta_2 = 4i + tj + 2t^2k$	1
2			2
3			3
4			4
5	$\vartheta_1 = 9t^2i - j + 2k$	$\vartheta_2 = 2ti + 6t^2k$	1
6			1,5
7			2
8			2,5
9	$\vartheta_1 = -1,2t^2j + 3t^2k$	$\vartheta_2 = 6t^2i + 4tj - k$	0,5
10			1
11			1,5
12			2
13	$\vartheta_1 = 8ti - 12t^2j + k$	$\vartheta_2 = i - 2tj + 3t^2k$	0,2
14			0,3
15			0,5
16			0,8
17	$\vartheta_1 = 2ti - 6t^2k$	$\vartheta_2 = 4,5t^2i - 2tj + 2tk$	2
18			3
19			4
20			5
21	$\vartheta_1 = -i + 3t^2j - 6tk$	$\vartheta_2 = 2ti - 9t^2k$	2
22			4
23			6
24			8
25	$\vartheta_1 = 4ti + 2tj$	$\vartheta_2 = 3t^2i - j + 1,5t^2k$	0,2
26			0,4
27			0,6
28			0,8

7- masala. ϑ_0 tezlik bilan gorizontaal otilgan koptok undan l masofada joylashgan devorga urildi. Koptokning devorga urilish burchagi φ , koptok otilgan balandlik bilan urilish nuqtasi orasidagi masofa Δh . Jadvalda ko'rsatilgan noma'lum kattaliklar topilsin. Havoning qarshiligi hisobga olinmasin.

Topshiriq raqami	l, m	$(\vartheta_0), m/s$	$\varphi, grad$	$\Delta h, m$
1	?	11,2	?	2,5
2	6	?	36,9	?
3	?	24,75	81	?

4	10,5	?	?	6
5	5	5,92	?	?
6	?	11,88	?	5
7	8,5	?	46,7	?
8	?	18,78	80,5	?
9	7	?	?	3
10	11	9,94	?	?
11	?	10,58	?	0,7
12	9	?	66	?
13	?	22,27	84,9	?
14	4,5	?	?	2,5
15	8	25,04	?	?
16	?	22,27	?	0,8
17	10	?	84,3	?
18	?	11,07	68,2	?
19	12	?	?	4
20	5,5	7,7	?	?
21	?	10,51	?	7,5
22	6,5	?	81,25	?
23	?	8,95	49,4	?
24	4	?	?	1
25	7,5	26,25	?	?
26	?	24,35	?	1
27	9,5	?	40,8	?
28	?	20,35	72,9	?

8-masala. Jism radiusi R bo'lgan aylana bo'ylab o'zgarmas a_τ tangensial tezlanish bilan harakatlanmoqda. Harakat boshlangandan t vaqt o'tgach normal tezlanish $a_n = na_\tau$. Topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	R, sm	$a_\tau, \text{m/c}^2$	t, c	n
1	?	0,5	2,1	0,6
2	87,27	?	0,8	2,2
3	840	2,8	?	0,75
4	115,2	1,6	1,2	?
5	?	0,8	1,5	1
6	14,4	?	0,6	1,25

7	4	0,4	?	1,6
8	270,75	3	1,9	?
9	?	1,4	0,5	0,5
10	320	?	2	2,5
11	8,33	0,25	?	3
12	887,47	2,6	1,6	?
13	?	1,5	0,8	1,75
14	28,17	?	1,3	2,4
15	176	2,2	?	5
16	8	0,7	0,2	?
17	?	1,2	0,4	2
18	125	?	1	0,8
19	168	3,5	?	3
20	324	0,2	1,8	?
21	?	1	1,4	1,2
22	5,4	?	0,	2,5
23	33,3	2,4	?	1,8
24	173,4	0,6	1,7	?
25	?	2	0,9	0,4
26	162,9	?	1,1	2,6
27	546,13	3,2	?	1,5
28	35,28	1,8	0,7	?

9-masala. x va y o'qi bo'yicha harakatlanayotgan moddiy nuqtaning harakat tenglamasi berilgan. t_i vaqt momentida moddiy nuqtaning normal, tangensial va to'la tezlanishlari, shuningdek harakat traektoriyasining egrilik radiusini toping.

Topshiriq raqami	x, m	y, m	t, c
1	$x = 2t - t^3$	$x = t^2 + 2t^3$	0,2
2			0,4
3			0,6
4			0,8
5	$x = 2t + 3t^2$	$x = 24 - 4t^3$	0,1
6			0,3
7			0,8
8			1

9	$x = 34 - t + 2t^3$	$x = 4t - t^2$	0,6
10			0,8
11			1
12			1,2
13	$x = 0,5t^2 + 3t$	$x = 15 - 4t + 1,5t^3$	1,2
14			1,3
15			1,4
16			1,5
17	$x = 11 + t^2 - 0,5t^3$	$x = 7 - 2,5t^3$	0,2
18			0,3
19			0,4
20			0,5
21	$x = -6 + 0,1t^3$	$x = 0,2t^2 - t^2$	5
22			4
23			3
24			2
25	$x = 5 + 2t + 1,5t^2$	$x = 18 + 0,25t^3$	1
26			1,1
27			1,2
28			1,3

10- masala. Jism gorizontga α burchak ostida, ϑ_0 boshlang'ich tezlik bilan otilgan. Masalani topshiriq raqamiga qarab bajaring.

Topshiriq raqami	α , grad	ϑ_0 , m/s	Topshiriq
1	30	30	Ko'tarilish balandligi, uchish uzoqligi va uchish vaqti topilsin. $\tau = f(\alpha)$, $H = f(\alpha)$, $l = f(\alpha)$ bog'lanish grafiklarini tuzing
2	45		
3	60		
4	75		
5	30	30	Jism harakatining tenglamasini tuzing, ko'tarilish balandligi va uchish uzoqligini toping. $H = f(\alpha)$, $l = f(\alpha)$ bog'lanish grafiklarini tuzing
6	45		
7	60		
8	75		
9	30	30	Traektoriya boshidagi R_0 va eng yuqori nuqtadagi R_H egrilik radiuslarini toping, $R_0 = f(\alpha)$, $R_H = f(\alpha)$ bog'lanish grafiklarini tuzing
10	45		
11	60		
12	75		
13		5	

14	30	10	Ko'tarilish balandligi, uchish uzoqligi va uchish vaqti topilsin. $\tau = f(\vartheta_0), H = f(\vartheta_0), l = f(\vartheta_0)$ bog'lanish grafiklarini tuzing
15		15	
16		20	
17	30	5	Traektoriya boshidagi R_0 va eng yuqori nuqtadagi R_H egrilik radiuslarini toping, $R_0 = f(\vartheta_0), R_H = f(\vartheta_0)$ bog'lanish grafiklarini tuzing
18		10	
19		15	
20		20	
21	45	30	Harakat boshidan 1 s, 2s, 3s, 4s o'tgandan keyingi tezlikning kattaligi va yo'nalishini toping, $\vartheta = f(t)$ bog'lanish grafiklarini tuzing
22			
23			
24			
25	45	30	Harakat boshidan 1 s, 2s, 3s, 4s o'tgandan keyingi normal va tangensial tezlanishlarni toping $a_n = f(t), a_\tau = f(t)$ bog'lanish grafiklarini tuzing
26			
27			
28			

Sinov savollari

1. Mexanik harakat deb nimaga aytiladi? Ilgarilanma harakat deb nimaga aytiladi? "Moddiy nuqta" nima? Qanday xollarda bir jismning o'zini moddiy nuqta deb hisoblash mumkin va qanday xollarda mumkin emas, misollar keltiring.

2. Sanoq sistemasi deb nimaga aytiladi? Moddiy nuqta tezligi nima? Moddiy nuqta tezlanishi nima? Nuqta koordinatasi o'zgarish qonunini bilgan xolda berilgan yo'nalishda tezlik va tezlanishning o'zgarish qonunini qanday aniqlash mumkin? Vaqt birligi ichida oniy tezlik va tezlanishni qanday hisolash mumkin?

3. Moddiy nuqtaning koordinatalar boshiga nisbatan radius-vektori deb nimaga aytiladi? Moddiy nuqta radius-vektorining koordinata boshiga nisbatan o'zgarish qonuni ma'lum bo'lsa, tezlik va tezlanish vektorini qanday topish mumkin? Moddiy nuqta radius-vektorining o'zgarish qonuni ma'lum bo'lsa, moddiy nuqta traektoriyasining tenglamasini qanday olish mumkin?

4. Vektor yo'nalishi qanday beriladi? Koordinata o'qlari bilan berilgan vektor orasidagi burchakni qanday hisoblash mumkin?

5. Agar berilgan yo'nalish bo'yicha tezlanish o'zgarishi qonuni berilgan bo'lsa, moddiy nuqta tezligi va koordinatasi o'zgarishi

qonunlarini qanday aniqlash mumkin? Javob aniq bo'lishi uchun, qo'shimcha nimalar berilgan bo'lishi kerak?

6. Fazoda ikkita nuqta orasidagi masofa nimaga teng? Berilgan vaqt orlig'ida, bir xil sanoq sistemasidagi moddiy nuqtalar tezliklarining o'zgarishi qonunlari ma'lum bo'lsa, ular orasidagi masofani qanday topish mumkin?

7. Harakatning bog'liq emaslik prinsipi nima? Biror balandlikdan gorizontal otilgan jism qanday harakatlanadi?

8. Normal va tangensial tezlanishlar deb qanday tezlanishlarga aytiladi? Ular qanday yo'nalgan? Tezlikning qanday o'zgarishini ular xarakterlaydi?

9. Qanday qilib, normal va tangensial tezlanishni bilgan xolda, to'la tezlanish yo'nalishi va modulini hisoblash mumkin?

10. Traektoriya egriligi deb nimaga aytiladi? Uning egrilik radiusi nimaga teng?

2 - AMALIY MASHG'ULOT:

AYLANMA HARAKAT KINEMATIKASI VA DINAMIKASI.

1-masala. Aylana bo'ylab harakatlanayotgan moddiy nuqtaning burchak tezlanishi β ning o'zgarishi qonuni berilgan. Tinch xolatdan harakatlanib tvaqt o'tgandan so'ng moddiy nuqtaning burchak tezligi nimaga teng bo'ladi? Uning shu vaqt oralig'idagi burchakli ko'chishini toping.

Topshiriq raqami	(ϑ_0) , m/s	A	B	t, c
1	$\beta = 12At^2 + 2B$	5 rad/s ⁴	2 rad/s ²	0,5
2		1 rad/s ⁴	1,5 rad/s ²	1,2
3		0,25 rad/s ⁴	0,3 rad/s ²	1,5
4		0,15 rad/s ⁴	0,5 rad/s ²	2
5	$\beta = 6(At + Bt^2)$	3 rad/s ³	2,4 rad/s ⁴	0,2
6		2,5 rad/s ³	4 rad/s ⁴	0,4
7		2 rad/s ³	6,2 rad/s ⁴	0,6
8		1,4 rad/s ³	1,8 rad/s ⁴	0,8
9	$\beta = 4(A + Bt^3)$	1,5 rad/s ²	0,6 rad/s ⁵	1,2
10		1 rad/s ²	0,5 rad/s ⁵	1,4
11		0,5 rad/s ²	0,8 rad/s ⁵	1,6
12		0,25 rad/s ²	0,3 rad/s ⁵	1,8
13	$\beta = 20At^3 - Bt$	1,2 rad/s ⁵	12 rad/s ³	1,5
14		1,4 rad/s ⁵	30 rad/s ³	2
15		0,5 rad/s ⁵	7,2 rad/s ³	2,5

16		0,2 rad/s ⁵	10,5 rad/s ³	3
17	$\beta = A + 8Bt$	1,6 rad/s ²	0,4 rad/s ³	1,5
18		2,4 rad/s ²	0,2 rad/s ³	2
19		0,8 rad/s ²	0,12 rad/s ³	2,5
20		0,4 rad/s ²	0,08 rad/s ³	3
21		$\beta = 5At^3 - 12Bt^2$	4,6 rad/s ⁵	0,9 rad/s ⁴
22	1,8 rad/s ⁵		0,5 rad/s ⁴	1,6
23	2 rad/s ⁵		0,7 rad/s ⁴	1,8
24	3 rad/s ⁵		1,3 rad/s ⁴	2
25	$\beta = 15At^4 + B$	2,5 rad/s ⁶	1,8 rad/s ²	1,2
26		1,75 rad/s ⁶	3 rad/s ²	1,3
27		14 rad/s ⁶	4,2 rad/s ²	0,8
28		6,6 rad/s ⁶	2 rad/s ²	0,9

2-masala. G'ildirak tekis tezlanuvchan aylanma harakat qilib harakat boshidan boshlab t vaqt o'tgach v chastotaga erishadi va shu vaqt ichida n marta aylanadi. G'ildirakning burchak tezlanishi β . Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	t,c	v,c ⁻¹	β ,rad/s ²	n
1	10	4	?	?
2	65	?	1.353	?
3	30	?	?	150
4	?	8	2.01	?
5	?	?	3,14	4
6	?	15	?	375
7	40	6	?	?
8	25	?	1,257	?
9	15	?	?	22,5
10	?	17	1,78	?
11	?	?	4,4	8,75
12	?	20	?	800
13	50	12,5	?	?
14	20	?	1,885	
15	75	?	?	487,5
16	?	2,5	1,047	?
17	?	?	1,396	225
18	?	5,5	?	55
19	60	12	?	?
20	35	?	2,154	?
21	55	?	?	200,75

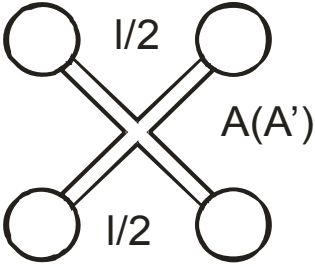
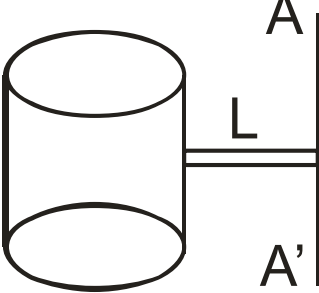
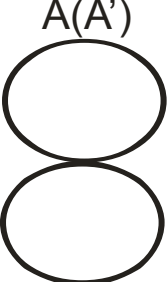
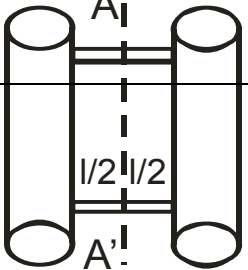
22	?	6,5	0,628	?
23	?	?	2,513	20
24	?	?	?	135
25	6	2,5	?	?
26	70	?	0,314	?
27	45	?	?	180
28	?	8,5	1,335	?

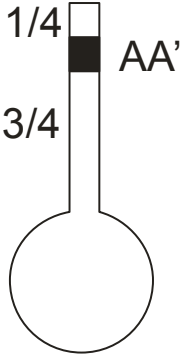

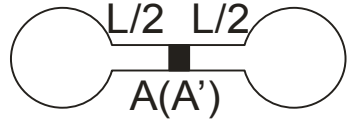
3-masala. Moddiy nuqta radiusi R bo'lgan aylana bo'ylab o'zgarmas burchak tezlanish β bilan harakatlanmoqda. Harakat boshidan tvaqt o'tgach uning to'la tezlanishi a ga, normal tezlanishi- a_n ga va tengensial tezlanishi - a_τ ga teng bo'ladi. Bu vaqtga kelib moddiy nuqtaning burchak tezligi ω , va chiziqli tezligi ϑ ga teng bo'ldi. Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	R, m	$\beta, \text{rad/s}^2$	t, c	$a, m/c^2$	$a_n, m/c^2$	$a_\tau, m/c^2$	$\omega, \text{rad/s}$	$\vartheta, m/s$
1	0,2	1,5	0,5	?	?	?	?	?
2	?	1	1,2	?	?	0,4	?	?
3	?	?	?	19	?	?	4,8	3,6
4	?	?	?	?	?	1,2	0,4	2,2
5	4	2,6	?	?	?	?	?	2,8
6	?	3,2	0,8	?	?	?	?	3,84
7	?	?	?	7,6	0,9	?	2,4	?
8	?	?	1	?	?	5,4	0,6	?
9	5	?	2	?	?	?	0,68	?
10	?	4	1,5	?	7,2	?	?	?
11	?	?	?	6	?	?	1,7	1,36
12	1	?	?	?	6,4	4,5	?	?
13	3	?	?	?	?	2,8	1,5	?
14	?	0,8	?	?	?	3	?	4,5
15	0,6	?	3	?	?	?	?	0,63
16	?	?	2,5	?	?	?	1,6	1,92
17	0,8	?	1,6	?	1,15	?	?	?
18	2,5	1	?	5	?	?	?	?
19	?	?	?	?	2	5,5	2	?
20	2,5	?	?	?	?	4	?	2,4
21	1,5	2	?	?	?	?	?	?
22	0,3	?	0,7	?	?	?	0,8	?
23	0,7	1,8	?	4	?	?	?	0,21

24	?	0,5	?	?	2	?	1,2	?
25	1,5	?	?	?	?	2,6	?	3
26	?	?	0,4	?	0,486	?	0,9	?
27	2	?	?	8	?	5	?	?
28	?	2,4	0,6	?	?	2	?	?

4- *masala*. Radiusi r va massasi m_1 bo'lgan bir yoki bir necha jism (silindr, shar, disk, xalqa) A nuqtaga osilgan yoki massasi m_2 va uzunligi l (sterjen va ipning uzunligi qalinligidan ancha katta) bo'lgan sterjenga mahkamlangan. AA' o'qqa nisbatan jismning inersiya momenti J topilsin.

Nº	Jismlar sistemasi	m_1, g	r, cm	m_2, g	l, sm	Bog'lanish grafigi tuzilsin
1	 4 ta shar sterjen uchlariga mahkamlangan	100	4	150	20	$J=f(m_1)$
2		200				
3		300				
4		400				
5	 Sterjenga silindr mahkamlangan	600	5	72	5	$J=f(l)$
6					10	
7					15	
8					20	
9	 Ikkita bir-biriga ulangna xalqa	100	10	40		$J=f(r)$
10			20			
11			30			
12						
13		100				
14		200				

15	2 ta sterjen bilan ulangan yuqqa devorli 2 ta silindr	300	2	60	30	$J=f(m_i)$
16		400				
17	 Sterjenga mahkamlangan disk	500	10	200	20	$J = f(l)$
18					40	
19					60	
20					80	
21	 Uchta bir-biriga ulangan sterjen			100	20	$J = f(l)$
22					30	
23					40	
24					50	
25	 Bitta sterjen bilan ulangan ikkita disk	150	10	120	4	$J = f(r)$
26					6	
27					8	
28					10	

5-masala. m massali jism uning massa markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan berilgan $\varphi = \varphi(t)$ qonuniyat bo'yicha aylanmoqda. Bu erda A , V , S —o'zgarmas kattaliklar (ularning qiymati ixtiyoriy belgilanadi). Agar jismning r radiusi ma'lum bo'lsa, t vaqt momentida jismga ta'sir qilayotgan natijaviy kuch momentini toping.

Top shir iq raqami	Aylanayotgan jism	φ ning o'zgarish qonuni	A	B	C	t, c	m, g	$r, c m$
1	Silindr	$\varphi = A + Bt + Ct^3$	2	18	15	40	200	2
2			12	4	12	34	300	2,5
3			6	20	10	25	400	3
4			14	10	16	15	500	3,5

5	SHar	$\varphi = At^5 + Bt + C$	5	3	14	10	200	2
6			8	4	10	8	300	2,5
7			4	15	6	6	400	3
8			3	8	2	4	500	3,5
9	Sterjen	$\varphi = A + B/t + Ct^2$	5	6	18	0,2	200	10
10			13	12	8	0,4	300	20
11			7	10	14	0,6	400	30
12			11	16	9	0,8	500	40
13	Disk	$\varphi = A/t^2 + Bt^4 + C$	30	2	17	2	200	4
14			27	1	13	3	300	6
15			64	0,5	18	4	400	8
16			75	0,1	22	5	500	10
17	YUpqa devorli sterjen	$\varphi = A + Bt^3 + C/t^2$	15	5	8	1,1	200	4
18			9	6	15	1,2	300	6
19			16	7	13	1,3	400	8
20			19	8	21	1,4	500	10
21	SHar	$\varphi = At^4 + B/t + C$	3	21	11	1,2	200	3
22			4	25	17	1,4	300	4
23			2	32	28	1,6	400	5
24			5	35	24	1,8	500	6

6-masala. Massasi m va radiusi (yoki uzunligi) r bo'lgan jism uning massa markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan $\varphi = \varphi(t)$ qonuniyat bo'yicha aylanmoqda. Bu erda A, V, S - o'zgarmas kattaliklar. t_1 dan t_2 gacha bo'lgan vaqt oralig'ida natijaviy kuch momentining jism ustida bajargan ishini toping. A, V, S lar ixtiyoriy tanlanadi.

Nº	Aylanayotgan jism	m, g	r, cm	φ ning o'zgarish qonuni	A	B	C	t_1, c	t_2, c
1	Sterjen	100	20	$\varphi = At^4 + B$	4	5		1,5	2
2	Disk	200	5		3	-7		2	2,5
3	Xalqa	100	12		0,8	0,5		2,5	3
4	SHar	300	4		2	0,9		3	3,5
5	Sterjen	75	18	$\varphi = A + Bt^3 + Ct$	2,5	6	-2	1,2	1,4
6	Ichi bo'sh silindr	100	5		11	5	1,5	1,4	1,6
7	SHar	200	5		0,7	4	-3	1,6	1,8
8	To'liq silindr	300	4		-8	3	4	1,8	2
9	Disk	300	10		-1	5	6	1	1,4

10	Sterjen	60	12	$\varphi = At^2 + B + Ct^3$	5	-9	-3	1,4	1,8
11	SHar	350	7		7	12	-4	1,6	2
12	Xalqa	90	10		-2	8	5	2	2,4
13	Ichi bo'sh silindr	150	6	$\varphi = At^4 + Bt + C$	9	-3	-6	0,5	0,6
14	SHar	250	6		7	4	8	0,6	0,7
15	Sterjen	120	30		6	-2	-2	0,7	0,8
16	To'liq silindr	500	5		5	-1	3	0,8	0,9
17	Xalqa	60	8	$\varphi = A + Bt^5$	4	0,8		2	2,2
18	Sterjen	80	15		2	0,9		2,2	2,4
19	Disk	400	12		5	0,3		2,4	2,6
20	SHar	500	5		-3	0,2		2,6	2,8
21	To'liq silindr	400	5	$\varphi = At^5 + Bt + C$	-4	15	10	1,2	1,3
22	Xalqa	80	9		3	-12	-8	1,4	1,5
23	Sterjen	90	25		-2	18	9	1,6	1,7
24	SHar	150	4		2	-23	11	1,8	1,9
25	Disk	250	6	$\varphi = A + Bt^2 + Ct$	8	14	-9	1	1,5
26	Ichi bo'sh silindr	120	6		-6	26	10	1,5	2
27	SHar	400	8		1	17	6	2	2,5
28	Sterjen	5	10		-4	15	-2	2,5	3

7-masala. Odam biror jismni gorizontal tekislikda g tezlik bilan dumalatmoqda. Bu jism gorizont bilan α burchak tashkil qilgan qiyalikka S masofagacha dumalab chiqadi. Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping. Ishqalanishni hisobga olmang.

Topshiriq raqami	Fizik jism	$g, m/s$	$\alpha, grad$	S, m
1	SHar			?
2	Xalqa	2	20	?
3	Disk			?
4	To'liq silindr			?
5	Ichi bo'sh silindr	?		
6	SHar	?	25	1
7	To'liq silindr	?		
8	Disk	?		
9	Xalqa		?	
10	Disk	3	?	2
11	To'liq silindr		?	

12	SHar		?	
13	?		10	2.57
14	?	2.5	15	1.85
15	?		20	1.3
16	?		25	1.51
17	Disk			?
18	To'liq silindr	1,5	10	?
19	SHar			?
20	Xalqa			?
21	SHar	?		
22	Disk	?	20	1,5
23	Xalqa	?		
24	To'liq silindr	?		
25	Ichi bo'sh silindr		?	
26	Disk	3,5	?	2.5
27	To'liq silindr		?	
28	SHar		?	

8-masala. Massasi m bo'lgan moddiy nuqta radiusirbo'lgan aylana bo'ylab ϱ chiziqli va ω burchak tezlik bilan harakatlanmoqda. Moddiy nuqtaning aylana markazidan o'tuvchi va tekislikka perpendikulyar bo'lgan o'qqa nisbatan inersiya momenti J , shu o'qqa nisbatan impuls momenti L . Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	m, g	r, sm	$\varrho, m/s$	$\omega, rad/s$	$J, kg \cdot m^2$	$L, kg \cdot m^2/s$
1	?	?	2	?	$1,35 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$
2	?	12,5	2,5	?	?	$4,375 \cdot 10^{-2}$
3	240	?	3	?	$2,16 \cdot 10^{-2}$?
4		?	3,5	7	$1,25 \cdot 10^{-2}$?
5	?	?	1,8	?	$5 \cdot 10^{-3}$	$3,6 \cdot 10^{-2}$
6	?	17	3,4	?	$5,78 \cdot 10^{-3}$?
7	100	?	3,8	20	?	?
8	?	30	?	8	?	$5,04 \cdot 10^{-2}$
9	?	?	3,6	22,5	?	$6,912 \cdot 10^{-2}$
10	?	35	2,8	?	$4,9 \cdot 10^{-2}$?
11	150	12	?	?	?	$5,4 \cdot 10^{-2}$
12	?	20	1,9	?	$9,6 \cdot 10^{-3}$?
13	?	?	2,2	11	$6 \cdot 10^{-3}$?
14	200	?	?	?	$4,05 \cdot 10^{-2}$	0,324

15	400	18	1,62	?	?	?
16	160	?	3,5	?	?	$5,6 \cdot 10^{-2}$
17	?	15	?	?	$5,625 \cdot 10^{-3}$	0,1125
18	60	?	?	7,5	?	$2,592 \cdot 10^{-2}$
19	220	40	?	6	?	?
20	80	?	4,2	12	?	?
21	?	22	?	9	?	$6,97 \cdot 10^{-2}$
22	250	?	?	10	?	0,169
23	140	30	3,6	?	?	?
24	50	?	2,52	?	$1,62 \cdot 10^{-3}$?
25	?	25	?	16	$6,25 \cdot 10^{-3}$?
26	120	?	1,82	?	?	$3,058 \cdot 10^{-2}$
27	?	?	2,64	?	$1,267 \cdot 10^{-2}$	0,1394
28	70	16		15	?	?

9-masala. Massasi M bo'lgan platforma uning markazidan o'tgan vertikal o'q atrofida aylanmoqda. Platforma markazidan r_1 masofada massasi m bo'lgan odam turibdi. Agar odam platforma markazidan r_2 masofaga ko'chsa, platformaning aylanish chastotasi n marta o'zgaradi. Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping (platformani R radiusli bir jinsli disk, odamni nuqtaviy massa deb qarang).

Topshiriq raqami	M, kg	R, m	m, kg	r_1, m	r_2, m	n
1	?	15	60	14	6,17	1,6
2	95	?	76	12	4,63	2,1
3	155	10	?	9	5,08	1,45
4	130	7,5	88	?	5,3	1,3
5	125	9	84	8,5	?	2
6	160	14	75	13	0,98	?
7	?	10,5	66	10	2	2
8	100	?	62	8	4,57	1,5
9	145	11	?	10,5	1,42	1,85
10	80	13,5	68	?	8,88	1,35
11	75	7	82	6,5	?	1,75
12	105	9,5	71	8,5	4,5	?
13	?	13	78	12	5,44	1,9
14	140	?	70	10	8	1,2
15	110	8,5	?	7,5	1,83	1,7
16	70	15,5	83	?	2,2	2,8
17	85	12,5	65	11	?	2,05

18	135	6	86	5,5	3,68	?
19	?	16,5	90	16	2,32	2,6
20	65	?	72	8	1,44	3
21	120	6,5	?	6	2,58	1,6
22	135	12	92	?	7,25	1,3
23	90	16	64	15	?	1,75
24	74	8	80	7,5	3,65	?
25	?	14,5	66	12,5	,23	2,2
26	60	?	7,4	9,5	3,43	2,5
27	115	11,5	?	11	4,7	1,8
28	150	5,5	85	?	3,74	1,4

Sinov savollari

1. Aylanma harakat nima? Moddiy nuqtaning burchak tezligi va burchak tezlanishi deb nimaga aytiladi? Moddiy nuqtaning vaqt birligi ichidagi burchak tezlanishini bilgan holda uning burchak tezligi va burilish burchagini qanday hisoblash mumkin?

2. Tekis aylanma harakatda burchak tezlik va burilish burchagini qanda hisoblash mumkin?

3. Moddiy nuqta harakatining chiziqli va burchak xarakteristikalari orasida qanday bog'lanish bor?

4. Moddiy nuqtaning inersiya momenti deb nimaga aytiladi? Moddiy nuqtaning biror o'qqa nisbatan inersiya momenti qanday topiladi? Massa markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan bir jinsli disk, shar, sterjenning inersiya momenti nimaga teng? Jismning massa markazidan o'tmaydigan o'qqa nisbatan inersiya momenti qanday topiladi?

5. Moddiy nuqtaning kuch momenti deb nimaga aytiladi? Kuch momentining yo'nalishi va kattaligi qanday aniqlanadi? Moddiy nuqta dinamikasining asosiy qonunini tushuntiring.

6. Ham ichki, ham tashqi kuchlar ta'sir qilayotgan, nta jismdan iborat mexanik sistemani nechta taenglama orqali ifodalash mumkin? Ilgarilanma va aylanma harakat qanday tenglamalar bilan beriladi?

7. Aylanma harakatda bajarilgan ish nimaga teng? Aylanayotgan jismga ta'sir etayotgan kuch momenti o'zgarsa, t_1 dan t_2 gacha bo'lgan vaqt oralig'ida bajarilgan ish qanday topiladi?

8. Dumalayotgan jism mexanik energiyasining saqlanish qonunini yozing va uni tushuntiring.

9. Berilgan o'qqa nisbatan moddiy nuqtaning impuls momenti deb nimaga aytiladi? Impuls momentining kattaligi va yo'nalishi qanday topiladi?

10. Impuls momentining saqlanish qonunini tushuntiring. Formulasini yozing.

3 - AMALIY MASHG'ULOT:

IMPULS VA IMPULS MOMENTINING SAQLANISH QONUNI

1-masala. M massali moddiy nuqta tezlanishining o'zgarishi $a = A + Bt$ tenglama bilan berilgan. Bu erda A va B – o'zgarimas kattaliklar. t vaqtidagi kuchning qiymati F ga teng. Topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	A, m/s ²	B, m/s ²	m,kg	F,H	t,c
1	-0,8	2,2	?	3,42	1,4
2	2,5	5	0,4		2,75
3	4	-1	2,2	6,05	?
4	1,5	-2,5	1	?	0,5
5	6	-3	?	1,2	1,8
6	0,5	1,1	0,4	0,86	?
7	-0,2	0,8	?	0,36	2,5
8	-1	4,5	2,6	?	1
9	7	-4	1	?	1,25
10	6	-2,5	2,5	2,5	?
11	-0,6	0,3	1,2	0,72	?
12	-3	1,5	?	0,9	2,6
13	-2,5	2	2,8	?	1,5
14	2	0,4	2	6,4	?
15	0,2	0,6	5	?	2,2
16	0,75	3	?	1,8	1,75
17	2	-0,5	1,8	1,35	?
18	1,5	1	0,5	?	2
19	0,4	1,2	?	3,48	1,6
20	4,5	3,5	?	1,5	3
21	-0,5	0,5	2,4	0,6	?
22	-0,7	0,25	0,3	0,09	?
23	3	-2	?	2,4	1,2
24	1	1,2	1,3	?	2,25
25	-0,4	2,5	?	2,24	2,4
26	3,5	4	0,15	?	0,8
27	-1,5	4,5	0,4	?	2,1
28	0,8	-0,2	2,5	0,9	?

2-masala. Ikkita jism to'g'ri chiziqli harakat qilmoqda. m₁ massali jism $v_1 = A_1 + B_1 + C_1 t^2 + D_1 t^3$ tezlik bilan, m₂ massali jism esa $v_2 =$

$A_2 + B_2 + C_2 t^2 + D_2 t^3$ tezlik bilan harakatlanmoqda. Tenglamadagi hamma kattaliklar o'zgarimas. Qachon jismga ta'sir qilayotgan kuchlar o'zaro tenglashadi?

Topshiriq raqami	m_1 , kg	A_1 m/s	B_1 m/s ²	C_1 m/s ³	D_1 m/s ⁴	m_2 kg	A_2 m/s	B_2 m/s ²	C_2 m/s ³	D_2 m/s ⁴
1	2,5	-3,2	-4,8	1	0,267	0,2	20	40	10	1,667
2	2	2,4	-3,5	1,5	0,5	2,5	2,5	2	1,4	0,267
3	1	2	-1	0,75	1,333	0,5	3	6	-1,5	2
4	2	5	1	-1,25	0,667	1	-4	10	-3,5	1
5	2	3	4,5	-1	0,333	3	2,5	1	-1,5	0,333
6	0,4	6	-12,5	7,5	-2,5	0,666	10	15	3	-2
7	5	0,9	2	0,5	0,067	2	-2	-10	1,5	0,333
8	0,2	3,5	-5	2,5	3,33	0,333	4	6	-1,5	1
9	4	-0,8	-0,5	1	0,5	2	0,25	3	1,5	0,833
10	3	1,2	-3	-0,5	0,333	4	-2,5	0,25	0	0,167
11	2	6	8	2,25	0,333	6	1	-2	0,5	0,167
12	1	-1,5	1	2	1	2	5	3,5	1,25	0,333
13	0,5	5,5	-6	-2	4	2	-1,4	0	-1	0,833
14	3	0,75	1	-0,5	0,667	2	3	4	0,25	0,833
15	2	3	-2,5	-2	2	1	3,5	3	-5	3,67
16	2,5	5	-3,2	-2,4	1,2	4	2	1	-1	0,667
17	1	4	-10	0,5	1,333	2	1	7	-0,25	0,5
18	2	-1,5	-2	0,75	1,5	2	0,8	-1	0,5	1,333
19	6	1	-1,5	0	0,333	2,5	3	2	1	0,667
20	4	7,5	-2	-0,25	-0,333	0,333	7	12	-4,5	-5
21	2	3	6	-0,5	1	1	1	0	3	1,667
22	1	4	6	-0,5	0,667	0,5	-2	4	3	0,667
23	1,5	5	2	-1	0,667	2	1,2	-1	0,75	0,333
24	0,333	2,8	-4,5	4,5	3	0,5	3	5	-2	2,667
25	2	2,2	0,5	0,5	1	3	1,3	-1	1	0,555
26	0,667	3	-7,5	-2,25	2,5	2	1	1,5	-0,25	0,667
27	2	-0,67	-2	-1	0,333	0,8	1,5	-1,25	-1,25	0,417
28	3	1,66	3	0	1	2	0,75	1	2	1,333

3-masala. Tekis harakatlanib tushayotgan Aerostatning ballast bilan birgalikdagi massasi m ga, hajmi esa V ga teng. Agar m_1 massali ballast tashlab yuborilsa, aerostat xuddi shunday tezlik bilan yuqoriga tekis ko'tariladi. Aerostatning ko'tarish kuchi F , shu balandlikdagi havoning zichligi ρ . Topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattalikni toping. Ko'tarilishdagi va tushishdagi havoning qarshilik kuchi bir xil deb qarang.

Topshiriq raqami	m , kg	V , m ³	m_1 , kg	F , H	ρ , kg/m ³
------------------	----------	----------------------	------------	---------	----------------------------

1	?	-	36,73	800	-
2	90	?	24	-	1,05
3	135	156,25	?	-	0,8
4	120	-	15,5	?	-
5	85	86,11	15	-	?
6	?	-	34,7	1300	-
7	110	?	22	-	1
8	125	-	?	1150	-
9	140	-	24,9	?	-
10	85	80	10	-	?
11	?	-	35,92	1000	-
12	105	?	18	-	1,25
13	115	122,2	?	-	0,9
14	150	-	14,29	?	-
15	75	64,55	8	-	?
16	?		32,65	1800	-
17	160	?	23	-	1,2
18	148	-	?	1400	-
19	180	-	33,45	?	-
20	70	83,44	6,5		?
21	?	103	5,5	-	0,75
22	140	?	19	-	1,1
23	100	-	?	900	-
24	135	-	4,7	?	-
25	95	72,92	15	-	?
26	?	-	25,51	1100	-
27	170	?	34	-	0,85
28	130	-		1250	-

4-masala. ϑ_0 tezlik bilan harakatlanayotgan t massali avtomobil F_t tormozlash kuchi ta'siridatvaqt davomida tekis sekinlanuvchan harakat qilib, S masofani o'tib to'xtadi. Topshiriq raqami bo'yicha jadvaldagi noma'lum kattaliklarni toping va qo'shimcha topshiriqni bajaring.

Topshiriq raqami	m, t	$\vartheta_0, km/soat$	F_T, N	t, s	S, m	Bog'lanish grafigi tuzilsin
1	1,5			?	?	Avtomobil massasining tormozlash yo'liga
2	2			?	?	
3	2,5	70	8000	?	?	

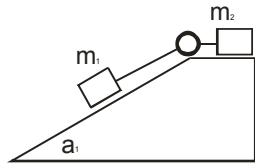
4	3			?	?	
5		60		?		Avtomobil tezligining tormozlash yo'liga
6		80		?		
7	2	100		?	5	
8		120		?		
9		60			?	Avtomobil tezligining tormozlash vaqtiga
10	2.5	80	5000		?	
11		100			?	
12		120			?	
13	1.2			?		Berilgan vaqtdagi tormozlash kuchining avtomobil massasiga
14	1.4	80		?	4	
15	1.6			?		
16	1.8			?		
17		70		?	?	Berilgan tormozlash yo'lida avtomobilning tezligini tormozlash kuchiga
18		90		?	?	
19	3	110		?	?	
20		130		?	?	
21				?	?	Berilgan tormozlash yo'lini tormozlash kuchiga
22	1.5	80		?	?	
23				?	?	
24				?	?	
25	2				?	Avtomobil massasining tormozlash yo'liga
26	3	90	10000		?	
27	4				?	
28	5				?	

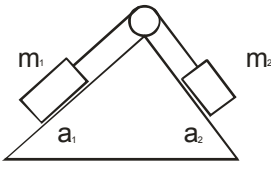
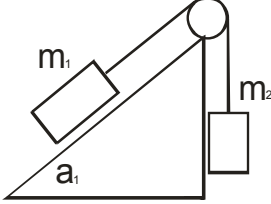
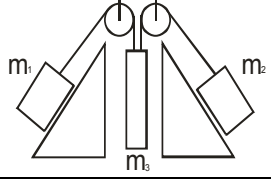
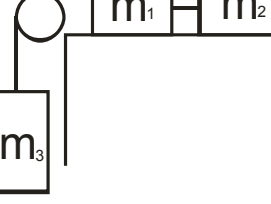
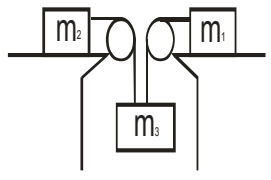
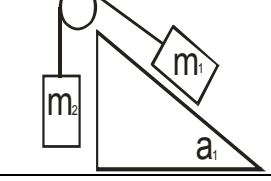
5-masala. M massali yuk osilgan ipning taranglik kuchi F_N bilan, shu yukning tezlanishi $a = mg$ (tezlanish yo'nalishi yuqoriga yoki pastga bo'lishi mumkin) bilan bog'lanish grafigini tuzing. (n proporsionallik koeffitsienti). Olingan bog'lanishlarni baholang.

Topshiriq raqami	Yukning yo'nalishi	m,kg	n
1			0,4
2	Yo'q	2	0,6

3			0,8
4			1
5			0,4
6	Pa	2	0,6
7			0,8
8			1
9			0,25
10	Yo'q	1	0,5
11			0,75
12			1
13			0,25
14	Pa	1	0,5
15			0,75
16			1
17			0,7
18	Yo'q	0,5	0,8
19			0,9
20			1
21			0,7
22	Pa	0,5	0,8
23			0,9
24			1
25			0,2
26	Yo'q	4	0,3
27			0,4
28			0,5

6-masala. Cho'zilmaydigan va vaznsiz ip orqali bog'langan ikkita yoki uchta jism vaznsiz blokka osilgan. Jismlar massalari (m_1, m_2, m_3), qiya tekislik bilan gorizont orasidagi burchaklar (α_1, α_2), ishqalanish koeffitsientlari (k_1, k_2). Tezlanish va taranglik kuchlari topshiriq raqami bo'yicha topilsin. Qo'shimcha topshiriqni bajaring. Bloklardagi ishqalanishni hisobga olmang.

Nº	Jismlar sistemasi	m_1 , kg	m_2 , kg	m_3 , kg	α_1 , g rad	α_2 , gr ad	k_1	k_2	Bog'lanishni baholash
1					30	-			Taranglik kuchi va tezlanishni α_1 ga
2		2	1	-	40				
3					50		0,12	0,15	
4					60				

5		0,3						Taranglik kuchi va tezlanishni m_1 ga	
6		0,4	0,1	-	30	45	0,1		0,15
7		0,5							
8		0,6							
9							0,1	Taranglik kuchi va tezlanishni k_1 ga	
10		3	1	-	45	-	0,2		-
11									0,3
12									0,4
13				0,2				Taranglik kuchi va tezlanishni m_3 ga	
14		0,1	0,1	0,3	30	30	0,2		0,2
15				0,4					
16				0,5					
17							0,1	0,1	Taranglik kuchi va tezlanishni k_2 ga
18		0,2	0,1	0,5	-	-	0,2	0,2	
19							0,3	0,3	
20							0,4	0,4	
21				0,2	-	-		Taranglik kuchi va tezlanishni m_3 ga	
22		0,1	0,1	0,4			0,15		0,15
23				0,6					
24				0,8					
25							0,1	-	Taranglik kuchi va tezlanishni k_1 ga
26		2	0,5	-	30	-	0,15		
27							0,2		
28							0,25		

7- masala. ϑ tezlik bilan harakatlanayotgan jism ikki qismga bo'lindi. Jism umumiy massasining β qismini tashkil qilgan bo'lagi ϑ_1 tezlik bilan, ikkinchi bo'lagi esa ϑ_2 tezlik bilan harakatlana boshladi. Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	$g, \text{ m/s}$	$\beta, \%$	$\vartheta_1, \text{ m/s}$	$\vartheta_2, \text{ m/s}$
1	?	35	-15	28,1
2	9,5	?	-12	23,8
3	12,5	75	?	-22
4	7	10	-16	?
5	?	25	-14,5	19,5
6	11,5	?	15	-2,5
7	14,5	85	?	-5,33

8	9	70	17,5	?
9	?	30	25	12,14
10	15,5	?	-20	51
11	8	55	?	-9,1
12	11	80	19	?
13	?	25	15	13,67
14	6,5	?	-18	12,625
15	14	50	?	8
16	10	65	18	?
17	?	75	22	-26
18	13	?	28,5	-23,17
19	7,5	45	?	21,82
20	16	20	15,5	?
21	?	55	28	-7,56
22	10,5	?	-24	25,29
23	6	40	?	19,33
24	15	30	5	?
25	?	60	19	9
26	12	?	23	-4,5
27	8,5	15	?	12,65
28	13,5	90	20	?

8-masala. m_1 massali konkichi m_2 massali toshni gorizontaal yo'nalishda uloqtirishi natijasida g_1 tezlik bilan harakatlana boshladi. t vaqtdan keyin tosh konkichidan s masofaga borib tushdi. Konki va muz orasidagi ishqalanish koeffitsienti k . Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	m_1, kg	m_2, kg	$g_1, \text{m/s}$	t, c	S, m	k
1	?	7,5	2,2	0,56	13,54	0,01
2	65	?	1,2	0,58	14,56	0,034
3	72	4	?	0,61	16,21	0,006
4	80	4	1,6	?	20,12	0,022
5	54	6	2	0,51	?	0,008
6	60	3	?	0,57	15,5	0,043
7	?	5	1,8	0,55	13,82	0,025
8	78	?	1,75	0,58	14,18	0,016
9	90	4,5	?	0,63	17,14	0,03
10	75	5	1,65	?	14,5	0,012
11	50	2,5	1,4	0,52	?	0,035

12	84		1,55	0,64	20,74	0,044
13	?	2	1,1	?	19,07	0,018
14	75	?	1	0,56	19,14	0,04
15	57	3	?	0,62	16,44	0,038
16	62	4	1,3	0,55	12,4	0,024
17	55	5,5	1,9	0,52	?	0,032
18	68	4	?	0,59	15,32	0,045
19	?	5	1,7	0,62	15,77	0,02
20	81	?	1,15	0,65	14,18	0,011
21	63	7	?	0,6	11,97	0,015
22	76	4	1,35	?	17,48	0,036
23	70	3,5	1,25	0,63	?	0,028
24	52	?	1,85	0,5	12,89	0,046
25	?	5	1,75	0,53	11,09	0,026
26	85	?	1,4	0,63	9,69	0,006
27	56	2,8	?	0,54	13,59	0,014
28	66	6	2,1	?	14,55	0,042

9-masala. ϑ_1 tezlik bilan temir yo'lda harakatlanayotgan platformaga zambarak o'rnatilgan. Zambarak bilan platformaning birgalikdagi massasi m_1 . Zambarakdan platforma harakati yo'nalishi bo'yicha gorizontga α burchak ostida o'q uzildi. m_2 massali o'q zambarakdan ϑ_2 tezlik bilan uchib chiqadi. Natijada platformaning tezligi u_1 ga teng bo'ldi. Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	m_1, t	$\vartheta_1, km/soat$	$\alpha, grad$	m, kg	$\vartheta_2, m/s$	$u_1, km/soat$
1	?	26	30	95	465	18,49
2	24	?	60	110	-400	21,38
3	11	34	?	80	490	27,83
4	15,5	21	45	?	-457	28,1
5	14	30	45	90	?	37,72
6	18,5	24	60	100	445	?
7	?	38	30	115	430	30,87
8	17	?	60	105	-410	40,78
9	12,5	35	?	65	510	26,91
10	23	20	45	?	495	14,34
11	10	40	60	70	?	45,82

12	20,5	29	30	120	435	?
13	?	32	60	110	425	28,77
14	14,5	?	30	90	-450	32,86
15	12	37	?	75	-500	45,19
16	17,5	18	45	?	480	12,50
17	20	31	30	105	?	22,98
18	11,5	39	45	85	-470	?
19	?	23	60	100	405	17,57
20	19,5	?	45	95	460	24,44
21	9	22	?	70	-505	29,24
22	16	36	45	?	415	29,62
23	13,5	27	30	75	?	18,84
24	22	19	60	100	440	?
25	?	25	60	115	420	19,40
26	16,5	?	30	85	-455	31,43
27	10,5	28	?	80	-485	39,73
28	19	33	30	?	450	26,15

10-masala. m massali jism ϑ tezlik bilan harakatlanib, devorga normalga nisbatan α burchak ostida absolyut elastik urilib, tezligini o'zgartirmasdan qaytadi. Urilish vaqtida devor $F\Delta t$ impulsiga ega bo'ladi. Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	m, g	ϑ , m/s	α , c	$F\Delta t$, H*c
1	?	24	30	3,12
2	50	?	45	1,273
3	15	30	?	0,45
4	80	8	60	?
5	?	6,5	60	0,26
6	125	?	45	0,884
7	10	22	?	0,22
8	45	10	30	?
9	?	12	60	0,72
10	75	?	30	1,04
11	40	9	?	0,509
12	100	15	45	?
13	?	18	45	2,546
14	30	?	30	1,04
15	120	5	?	0,85
16	70	26	60	?
17	?	16	30	0,416

18	65	?	45	0,92
19	110	4,5	?	0,857
20	20	7,5	60	?
21	?	25	45	1,77
22	60	?	60	0,9
23	25	6	?	0,15
24	85	15	30	?
25	?	4,5	30	0,624
26	55	?	45	0,933
27	90	20	?	2,546
28	35	14	60	?

Sinov savollari

1. Moddiy nuqta dinamikasining asosiy qonuni va qattiq jismlar ilgarilanma harakati qonunlarini ta'riflang. Inersiya qonuni nima? Inersial sanoq sistemalari deb nimaga aytiladi? Qanday xollarda, masala echishda Nyutonning ikkinchi qonunini qo'llash mumkin? Moddiy nuqta tezlanishining o'zgarishi ma'lum bo'lsa, unga ta'sir qilayotgan kuchni qanday aniqlash mumkin?

2. Jism tezligining o'zgarish qonuni ma'lum bo'lib, unga ta'sir ta'sir qilayotgan kuch ma'lum qiymatga erishsa, kuchning ta'sir qilish vaqtini qanday aniqlash mumkin?

3. Nyutonning uchinchi qonunini tushuntiring? Tashqi va ichki kuchlar deb nimaga aytiladi? Mexanik sistemaning massa markazi (inersiya markazi) deb nimaga aytiladi? Mexanik sistemaning harakati qaralayotgan vaqtda, uning faqat massa markazining harakatini qarash etarlimi?

4. To'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakatda bosib o'tilgan yo'l va tezlik formulalarini yozing. Bu xolda tezlanish qanday topiladi? Qanday kuchlar ta'sirida amalga oshirilgan harakatda tezlanish o'zgarmas saqlanadi?

5. Ipga osilgan jismga qanday kuchlar ta'sir qiladi? Jism og'irligi deb nimaga aytiladi, qachon jismning og'irligi og'irlik kuchiga son jixatdan teng bo'ladi? Yuk cho'zilmaydigan va og'irlikka ega bo'lmagan ipga osilgan, bunda qaysi jismga og'irlik, qaysi jismga og'irlik kuchi ta'sir qiladi?

6. Ham tashqi, ham ichki kuchlar ta'sir qilayotgan n ta jismdan tashkil topgan mexanik sistema nechta tenglama bilan yoritiladi? Bu

tenglamalar qandayo tuziladi? Bu sistemaga ta'sir qilayotgan barcha tashqi kuchlarning yig'indisi nimaga teng?

7. Impulsning saqlanish qonuni nima va uning fazoning bir jinsliliği bilan bog'lanishini tushuntiring.

8. O'zaro ta'sirlashayotgan ikkita jism uchun impulsning saqlanish qonunini yozing.

9. Bir biri bilan biror α burchak hosil qilib harakatlanayotgan ikkita jism uchun impulsning saqlanish qonunini yozing.

10. Kuch impulsi deb nimaga aytiladi? Agar o'zaro ta'sirlashayotgan ikkita jimdan birining massasi ikkinchisidan ancha katta bo'lsa, impulsning saqlanish qonuni qanday ko'rinishda yoziladi?

4 - AMALIY MASHG'ULOT: ENERGIYANING SAQLANISH QONUNI

1-masala. M massali moddiy nuqta biror kuch ta'sirida to'g'ri chiziqli harakatlanmoqda. Uning harakat tenglamasi $x = V + Ct + Dt^2$ ko'rinishga ega. Bu erda V, S, D — o'zgarmas kattaliklar. t_1 vaqt davomida kuch qanday A ish bajaradi? t_2 vaqt davomida moddiy nuqta qanday R quvvatga erishadi? $A = f(t)$ va $R = f(t)$ bog'lanish grafigini chizing.

Topshiriq raqami	m,kg	B,m	C,m/s	D,m/s ²	t ₁ ,s	t ₂ ,s
1					5	2
2	2	10	-2	1	10	4
3					15	6
4					20	8
5					1	0,5
6	3	5	8	2	2	1
7					3	1,5
8					4	2
9					2	1
10	1,5	-4	-1	5	4	2
11					6	3
12					8	4
13					2,5	0,5
14	2,5	-9	3	2	5	1
15					7,5	1,5
16					10	2
17					1	1
18	1	7	-4	3	1,5	1,5
19					2,	2

20					2,5	2,5
21					2	0,4
22	0,5	-8	-3	4	4	0,6
23					6	0,8
24					8	1
25					10	5
26	4	6		-1	20	10
27					30	15
28					40	20

2-masala. M massali moddiy nuqta konservativ kuch ta'sirida koordinatasi x_1 nuqtadan koordinatasi x_2 bo'lgan nuqtaga ko'chdi. x o'qi bo'yicha kuchning tashkil etuvchisi F_x koordinata bilan $F_x = f(x)$ qonunga binoan bog'langan. Moddiy nuqtani ko'chirishda kuchning bajargan ishini toping. Bajarilgan ishning ko'chish kattaligiga bog'liqlik grafigini tuzing.

Topshiriq raqami	m,kg	Tashkil etuvchi kuch-ning o'zgarish qonuni $F_x=f(x),H$	B,	C,	x_1,m	x_2,m
1		$F_x = \frac{Bm}{x^2} + C$			2	4
2	0,5		$4m^3/s^2$	0,2 H	4	6
3					6	8
4					8	10
5		$F_x = B + Cmx$			0,2	0,4
6					0,4	0,6
7	1		2,5 N	1,5 1/s ²	0,6	0,8
8					0,8	1
9		$F_x = \frac{B}{x} + C$			1	2
10	2		2N*m	0.5 N	2	3
11					3	4
12					4	5
13		$F_x = Bm + C$			0	0,5
14	2		0.3 H/kg	1H	0	1
15					0	1,5
16					0	2
17					0,1	0,2
18				0,2	0,3	

19	2	$F_x = -Bx + C$	5 H/m	0,6 N	0,3	0,4
20					0,4	0,5
21					0,5	1
22					0	1,5
23	1	$F_x = B \frac{m}{x^2} + C$	1,5 m ³ /s ²	4 N/m	1,5	2
24					2	2,5
25		$F_x = B + Cx^2$			0	0,25
26	1		1 H	3 N/m ²	0,25	0,5
27					0,5	0,75
28					0,75	1

3-masala. m massali jism gorizont bilan α burchak hosil qilgan qiya tekislikda harakatlanmoqda. Yo'lning s ga teng qismida unga harakat yo'nalishida F doimiy kuch ta'sir qiladi. Yo'lning shu qismidagi kinetik energiyaning o'zgarishi ΔW_k , ishqalanish koeffitsienti — k. Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	m,kg	α ,grad	s,cm	F,H	ΔW_k ,J	k
1	?	10	16	1,5	0,29	0,16
2	1,2	20	?	2,07	0,3	0,28
3	2,5	30	50	?	9,98	0,07
4	0,08	40	4	3,12	0,14	?
5	?	20	60	4,48	6,4	0,14
6	1,8	25	?	2,35	3,6	0,05
7	0,15	30	20	?	0,56	0,34
8	0,2	35	15	1,12	0,3	?
9	?	15	45	1,34	0,9	0,24
10	4	24	?	8,64	6,3	0,1
11	0,06	35	5	?	0,2	0,18
12	0,25	40	18	1,9	0,54	?
13	?	18	32	4,3	2,56	0,06
14	1,3	26	?	3,42	0,75	0,35
15	0,3	34	25	?	0,6	0,2
16	2,2	42	55	6,38	11	?
17	?	14	6	1,53	0,12	0,2
18	0,8	18	?	2,44	0,36	0,25
19	2,4	22	45	?	4,95	0,12
20	0,2	26	12	1,17	0,18	?
21	?	20	40	5,66	5,4	0,08
22	0,5	28	?	0,58	0,38	0,32

23	0,1	34	71,6	?	1,1	0,26
24	0,15	40	10	2,19	0,3	?
25	?	12	35	0,8	0,49	0,15
26	0,4	24	?	1,7	0,4	0,36
27	2,5	36	42	?	6,51	0,22
28	0,12	48	8	2,85	0,28	?

4-masala. ϑ_0 boshlang'ich tezlik bilan vertikal yuqoriga otilgan m massali jism harakatining t_1 va t_2 vaqt oralig'idagi kinetik, potensial, va to'la energiyalarining qiymatlarini toping. Kinetik, potensial va to'la energiyalarning vaqtga bog'liqlik grafiklarini tuzing.

Topshiriq raqami	$m, m/s$	ϑ_0, m	t_1, c	t_2, c
1			0,1	0,9
2	0,5	4,9	0,2	0,8
3			0,3	0,7
4			0,4	0,6
5			0,4	3,6
6	0,2	19,6	0,8	3,2
7			1,2	2,8
8			1,6	2,4
9			0,25	2,25
10	0,4	12,25	0,5	2
11			0,75	1,75
12			1	1,5
13			0,05	0,45
14	0,6	2,45	0,1	0,4
15			0,12	0,35
16			0,2	0,3
17			0,3	2,7
18	0,3	14,7	0,6	2,4
19			0,9	2,1
20			1,2	1,8
21			0,2	1,8
22	0,25	9,8	0,4	1,6
23			0,6	1,4
24			0,8	1,2
25			0,5	4,5
26	0,1	24,5	1	4
27			1,5	3,5
28			2	3

5-masala. Zarracha potensial energiyasi berilgan qonun bo'yicha o'zgaradi. Zarrachani koordinatalari x_1, y_1, z_1 bo'lgan nuqtadan, koordinatalari x_2, y_2, z_2 bo'lgan nuqtaga ko'chirishda maydon kuchlarining bajargan ishini toping. Zarrachaga ta'sir qilayotgan kuchning formulasi va uning boshlang'ich va oxirgi nuqtalardagi kattaligi topilsin.

Topshiriq raqami	Potensial energiyaning o'zgarish qonuni, J	x_1, m	y_1, c	z_1, m	X_2, m	Y_2, c	Z_2, m
1	$W_p = 2x^2 + 3y^2 + 0,5z$	0,5	1	0,2	0,1	0,75	0,1
2	$W_p = -\frac{4}{x} - 6z + 2$	2	0	0,5	0,5	0	0,2
3	$W_p = 2,5x^2 + 2y^2 - \frac{3}{z}$	1	2	1,5	2	3	0,75
4	$W_p = x + 2(y^2 + x^2)$	6,2	4	5,5	2,4	2,5	3
5	$W_p = -y^2 - 3,5z + 0,8$	0,8	0,5	0,1	0,4	0,7	0,5
6	$W_p = 2/x + 5y^2 + 2z^2$	4,5	2,5	1,2	3	3,5	1
7	$W_p = x^2 + 1,2y - 2/z$	1,2	0,8	1,5	1	1,2	1,4
8	$W_p = 3x - \frac{1,5}{y} + 1,1z$	2,4	0,5	2	1,5	0,4	1,5
9	$W_p = -x + 2,2\left(\frac{1}{y} + \frac{1}{z}\right)$	4	1,4	2,5	3,5	0,6	2
10	$W_p = 2x^2 + 4z + 5$	0,3	0,75	0,6	0,15	0,75	0,5
11	$W_p = \frac{1}{x} + 6y^2 - 4,8z$	1,4	1	1,25	1,2	0,8	1

12	$W_p = -y - z^2 + 1,5$	0,6	0,8	1	0,3	0,5	0,8
13	$W_p = \frac{6}{x} + \frac{4}{y} + 2/z$	2,5	2	1,7	1,5	1,3	1,2
14	$W_p = y + 5(x^2 + z^2)$	0,7	0,4	0,5	0,5	0,4	0,6
15	$W_p = -x^2 + 2y^2 - 4$	6	2,5	0	4	2	0
16	$W_p = 1,5x + y - \frac{1,4}{z}$	0,5	0,8	1,2	0,75	0,9	1
17	$W_p = \frac{3,8}{y} - 2z^2 + 0,6$	5	2,2	4	3,5	1,8	3
18	$W_p = 2x + 1,6y^2 + 1/z$	0,4	0,7	0,6	0,6	0,5	1
19	$W_p = \frac{5}{x} + 4/z$	3	1,5	2	2,5	1,1	1,4
20	$W_p = x^2 - 4(y + z) + 0,75$	1,25	1,1	1,6	1	1,5	1,5
21	$W_p = 2y^2 - 0,4y + 5/z$	0,1	0,4	0,2	0,25	0,6	0,4
22	$W_p = 8/x + 1,25z^2 + 2$	1,6	1,2	1	2	1,4	0,6
23	$W_p = 2x - y^2 + 1,8$	5,5	4	3,6	5	3,5	3
24	$W_p = 6/y + 2,2z^2$	0,75	1	0,9	0,5	0,6	1
25	$W_p = 4x - \frac{1}{y} - 2,6$	3,5	3	0	3	3,5	0
26	$W_p = 3,5/x + 2y + z$	6,5	4,5	5	5	4	3,5
27	$W_p = 2,2(x^2 + y) + 1,5$	0,2	0,75	0,5	0,4	1	0,75
28	$W_p = 2y^2 + 4z^2 + 1$	0,9	1,2	1,4	1	1,5	1,2

6- masala. Massasi m va radiusi r bo'lgan planeta hosil qilayotgan gravitatsion maydon potensialining planeta yaqinidagi qiymatini toping. Planeta yuzasidan qanday R masofada uning potentsiali moduli n marta kam bo'ladi. Sxematik ravishda ekvipotensial sirtlar va gravitatsion maydon kuchlanganligi chiziqlarini ko'rsating.

Topshiriq raqami	Planeta	m, kg	r, m	n
1				20
2	yer	$5,96 \cdot 10^{24}$	$6,37 \cdot 10^6$	40
3				60
4				80
5				200
6	Venera	$4,9 \cdot 10^{24}$	$6,05 \cdot 10^6$	300
7				400
8				500
9				1,5
10	Mars	$6,56 \cdot 10^{23}$	$3,4 \cdot 10^6$	2
11				2,5
12				3
13				2,5
14	Yupiter	$1,9 \cdot 10^{27}$	$7,1 \cdot 10^7$	5
15				7,5
16				10
17				10
18	Saturn	$5,67 \cdot 10^{26}$	$6 \cdot 10^7$	20
19				30
20				40
21				50
22	Uran	$8,64 \cdot 10^{25}$	$2,5 \cdot 10^7$	100
23				150
24				200
25				2
26	Pluton	$1,19 \cdot 10^{23}$	$1,4 \cdot 10^6$	20
27				200
28				2000

7- masala. Ikkita harakatlanayotgan jism noelastik to'qnashadi. Birinchi jismning to'qnashguncha bo'lgan tezligi ϑ_1 , ikkinchisniki ϑ_2 . Ularning to'qnashgandan keyingi umumiy tezligi ϑ . Birinchi jismning to'qnashguncha bo'lgan kinetik energiyasi ikkinchi jismning kinetik

energiyasidan n marta katta. Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	$(v_1), \text{ m/s}$	$(\vartheta_2), \text{ m/s}$	$(g), \text{ m/s}$	n
1	?	-4	1	1.25
2	2.5	?	1.5	25
3	1.4	-5	?	0.1223
4	3.6	1	1.2	?
5	?	-1.2	-0.5	0.159
6	3.2	?	0.2	2.786
7	1.75	2.5	?	0.98
8	2.2	0.6	1.3	?
9	?	1,8	1,7	0,347
10	1,6	?	2,1	0,55
11	2,8	-3,5	?	0,75
12	1	-1,6	-0,25	?
13	?	4,5	3	2,9
14	0,75	?	-0,1	0,41
15	2	3,6	?	0,679
16	1,4	-0,8	1,25	?
17	?	-1,3	0,2	1,027
18	2,4	?	0,75	4,727
19	1,25	2	?	0,142
20	3	-3,4	0,5	?
21	?	-0,75	1,6	30,08
22	0,5	?	-0,4	0,11
23	1,8	-2,2	?	0,606
24	2,25	1,5	1,75	?
25	?	4,4	3,8	0,529
26	1,2	?	1	2,25
27	2,6	-3	?	1,252
28	0,4	1,6	0,6	?

8-masala. Ikkita sharcha bir biriga tegib turadigan qilib uzunliklari bir xil bo'lgan parallel iplarga osilgan. Birinchi sharchaning massasi m_1 ikkinchisining massasi m_2 . Birinchi sharcha uning og'irlik markazi N balandlikka ko'tarilguncha og'dirilib, qo'yib yuborildi. Absolyut elastik to'qnashuvdan keyin ikkinchi sharcha h_2 balandlikka, birinchi sharcha esa h_1 balandlikka ko'tarildi. Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	m_1, kg	m_2, kg	H, cm	h_1, sm	h_2, sm
1	0,2	0,1	4,5	?	?
2	0,05	0,03	?	?	7,81
3	0,16	0,12	?	0,2	?
4	0,8	?	?	1,17	33,33
5	0,45	0,4	12	?	?
6	0,25	0,15	?	?	12,5
7	0,12	0,08	?	0,68	?
8	0,04	?	?	2,89	46,22
9	0,09	0,05	20	?	?
10	0,75	0,5	?	?	40,32
11	0,12	0,04	?	1,75	?
12	0,1	?	?	1,44	23,11
13	1	0,75	14	?	?
14	0,06	0,05	?	?	21,42
15	0,4	0,25	?	0,48	?
16	0,15	?	?	1,2	43,2
17	0,5	0,4	25	?	?
18	0,9	0,45	?	?	10,67
19	0,03	0,02	?	0,84	?
20	0,14	?	?	0,744	16,2
21	0,7	0,3	15	?	?
22	0,02	0,01	?	?	42,67
23	0,55	0,2	?	0,87	?
24	0,3	?	?	1,08	38,88
25	0,6	0,4	23	?	?
26	0,35	0,3	?	?	18,556
27	0,04	0,01	?	3,96	?
28	0,08	?	?	0,306	19,59

9-masala. Tinch turgan va massasi M bo'lgan mayatnikka m bo'lgan o'q gorizontga α burchak ostida urilib tiqilib qoldi. Bunda mayatnik olgan energiyaning necha foizi $\beta = \frac{W_{\text{BH}}}{W_{\text{пол}}} 100\%$ mayatnik-o'q sistemaning ichki energiyasiga aylanadi? Qo'shimcha vazifani bajaring.

Topshiriq raqami	m, g	M, g	α, grad	Bog'lanish grafigini tuzing
------------------	---------------	---------------	-----------------------	-----------------------------

1			10	$\beta=f(\alpha)$
2	12	80	20	
3			30	
4			40	
5	10			$\beta=f(m)$
6	20	100	25	
7	30			
8	40			
9		100		$\beta=f(M)$
10	10	200	15	
11		300		
12		400		
13			15	$\beta=f(\alpha)$
14	20	150	30	
15			45	
16			60	
17	5			$\beta=f(m)$
18	10	120	10	
19	15			
20	20			
21		150		$\beta=f(M)$
22	15	300	30	
23		450		
24		600		
25			0	$\beta=f(\alpha)$
26	8	75	20	
27			40	
28			60	

10-masala. Jism uzunligi l va gorizont bilan α burchak tashkil qilgan qiya tekislikdan boshlang'ich tezliksiz sirpanib tushib, yo'ning gorizont qismida S masofani bosib o'tib to'xtadi. Butun yo'ldagi ishqalanish koeffitsienti k . Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	l , cm	α , grad	S , cm	k
1	90	30	40	?
2	45	60	?	0.47
3	15	?	15	0.414
4	?	45	34	0.51

5	100	60	150	?
6	60	45	?	0,22
7	25	?	25	0,577
8	?	30	5,62	0,35
9	12	30	18,2	?
10	20	45	?	0,12
11	55	?	55	0,368
12	?	60	59,23	0,35
13	14	45	100	?
14	65	30	?	0,15
15	30	?	60	0,26
16	?	60	88,25	0,32
17	50	30	37,3	?
18	85	45	?	0,19
19	70	?	140	0,175
20	?	60	40,9	0,34
21	45	45	145	?
22	10	60	?	0,42
23	80	?	80	0,414
24	?	30	134,6	0,08
25	40	60	124	?
26	75	30	?	0,07
27	35	?	70	0,3464
28	?	45	223	0,16

Sinov savollari

1. Mexanik ish deganda nimani tushunasiz? Quvvat deb nimaga aytiladi?
2. O'zgaruvchan kuchning bajargan ishi formulasini yozing va tushuntirib bering.
3. Kinetik energiya deb nimaga aytiladi? U qaysi formula orqali hisoblanadi? Kinetik energiya bilan sistemaga ta'sir qilayotgan tashqi va ichki kuchlar orasida qandayo bog'lanish bor?
4. Potensial energiya deb nimaga aytiladi? Qandaydir potensial energiyaga ega bo'lgan jismlar haqida misollar keltiring. Potensial energiyani hisoblash formulalaridan qaysilarini bilasiz? Jismlar sistemasi va jismning to'la mexanik energiyasi qanday aniqlanadi?
5. Moddiy nuqtaning tashqi kuch maydonidagi potensial energiyasi bilan moddiy nuqtaga ta'sir etayotgan kuch orasida qanday bog'lanish bor?

6. Markaziy kuch maydoni deb nimaga aytiladi? Gravitatsion maydon kuchlanganligi deb nimaga aytiladi? Gravitatsion maydon potentsiali deb nimaga aytiladi? Maydon kuchlanganligi va potentsiali orasida qanday bog‘lanish bor?

7. Mexanik energiyaning saqlanish qonunini tushuntiring. Uning vaqtning bir jinsliliigi bilan bog‘lanishini tushuntiring.

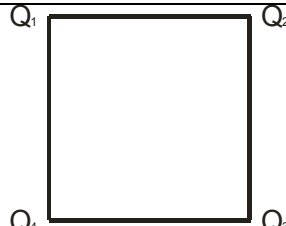
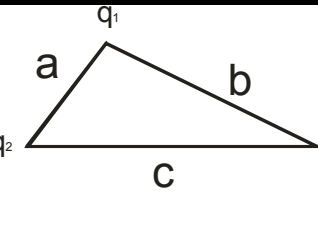
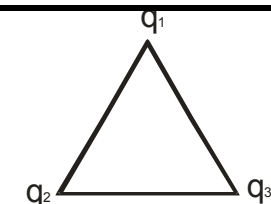
8. Absolyut elastik to‘qnashish deb nimaga aytiladi? Absolyut elastik to‘qnashishda qanday saqlanish qonunlari bajariladi? Ularni tushuntiring.

9. Absolyut noelastik to‘qnashish deb nimaga aytiladi? Absolyut noelastik to‘qnashishda mexanikaning saqlanish qonunlaridan qaysi biri bajariladi? Saqlanish qonunining qanday bajarilishini tushuntiring.

10. Energiya dissipatsiyasi deb nimaga aytiladi? Qanday mexanik sistemalar dissipativ hisoblanadi? Dissipativ sistemalarga misollar keltiring.

5 - AMALIY MASHG‘ULOT: VAKUUMDA ELEKTROSTATIK MAYDONI. MAYDON KUCHLANGANLIGI.

9.1-masala. Boshqa zaryadlar hosil qilgan maydon q_1 zaryadga qanday kuch bilan ta’sir qilayotganini toping. Jadvaldan topshiriq raqami bo‘yicha noma’lum kattaliklarni toping.

Nº	Zaryadlar sitemasi	a, sm	b, sm	c, sm	$q_1, 10^{-9}Kl$	$q_2, 10^{-8}Kl$	$q_3, 10^{-8}Kl$	$q_4, 10^{-8}Kl$	$q_5, 10^{-8}Kl$
1		1			+10	+1	+1	+1	
2		1				-1	+1	-1	
3		1				-1	-1	+1	
4						-1	+1	+1	
5		3	4	5	+1	+1	+2		
6						+6	-4		
7						-3	-2		
8						-1	+6		
9		2	3		+1	-2	-2		
10						-2	+2		
11						+1	+1		
12						+1	-1		

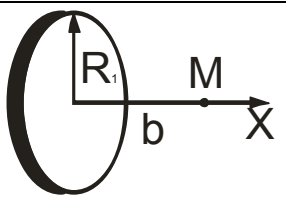
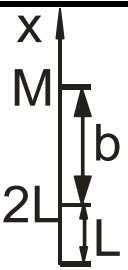
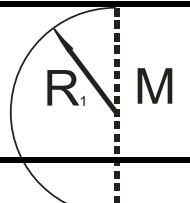
13		10			+1	+2	-5	-1	-2
14						-1	-1	+1	+1
15						+1	-1	+2	-3
16						-2	+3	-2	+4
17		4			+1	-1	+1	-1	
18						+1	+3	+1	
19						+2	+2	-1	
20						-2	-2	-1	
21		2			+0,1	-1	+1	-1	
22						-1	-3	+1	
23						+1	+1	+1	
24						+1	+2	-1	
25		3			+0,1	+1	-1	-1	
26						+1	+4	-4	
27						+1	+1	+1	
28						-1	-5	+5	

9.2 - masala. Ikkita musbat nuqtaviy q_1 va q_2 zaryadlar bir-biridan l masofada joylashtirilgan. Ikkita zaryadni tutashtiruvchi to'g'ri chiziqda birinchi zaryaddan x masofada muvozanatda turadigan qilib q_3 zaryad kiritilgan. Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping. q_3 zaryad muvozanatda qolishi uchun uning ish orasi qanday obo'lishi kerak?

Topshiriq raqami	q_1 , Kl	q_2 , Kl	l , m	x , m
1	?	$4 \cdot 10^{-9}$	0.6	0.2
2	$4.5 \cdot 10^{-9}$?	0.5	0.3
3	q_1	$4 q_1$?	0.2
4	$0.25 q_2$	q_2	1.0	?
5	?	$8 \cdot 10^{-9}$	1.2	0.4
6	$9 \cdot 10^{-8}$?	1.2	0.4
7	q_1	$2 q_1$?	0.5
8	$0.4 q_2$	q_2	2.0	?
9	?	$6 \cdot 10^{-9}$	0.3	0.2
10	$1.2 \cdot 10^{-10}$?	0.9	0.4

11	$0.5 q_2$	q_2	?	0.3
12	q_1	$2 q_1$	1.0	?
13	?	$7 \cdot 10^{-9}$	0.5	0.2
14	$1.6 \cdot 10^{-9}$?	0.8	0.4
15	q_1	$8 q_1$?	0.1
16	$0.25 q_2$	q_2	2.0	?
17	?	$1.2 \cdot 10^{-10}$	0.8	0.4
18	$8 \cdot 10^{-9}$?	0.7	0.2
19	$0.2 q_2$	q_2	?	0.1
20	q_1	$4 q_1$	1.0	?
21	?	$9 \cdot 10^{-8}$	0.4	0.1
22	$3.6 \cdot 10^{-9}$?	1.0	0.6
23	$0.4 q_2$	q_2	?	0.2
24	q_1	$6 q_1$	0.1	?
25	?	$1.6 \cdot 10^{-10}$	0.7	0.3
26	$6 \cdot 10^{-9}$?	0.8	0.2
27	q_1	$4 q_1$?	0.4
28	$0.2 q_2$	q_2	2.0	?

9.3 - masala. q musbat zaryad elektrostatik maydon hosil qiladi. Bu zaryad radiusi R_1 (R_1 yupqa xalqa uchun kichik radius, R_2 katta radius) va uzunligi $2L$ bo'lgan jismda teng taqsimlangan. Jism markazidan o'tuvchi o'qdan b masofada yotgan M nuqtadagi maydon kuchlanganligini toping. Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

N ^o	Maydon nuqtasidagi kuchlanganliklarni aniqlash	q, Kl	R_1, m	R_2, m	L, m	B
1		10^{-9}	0,1			0,05
2						0,10
3						0,15
4						0,20
5		$5 \cdot 10^{-10}$			0,1	0,15
6						0,20
7						0,25
8						0,30
9		10^{-10}	0,05			0
10			0,10			
11			0,15			

12				0,20			
13		Zaryadlanganteki sikkao'tkazilgan perpendikulyarda	$5 \cdot 10^{-10}$		0,1	0,05	
14						0,10	
15						0,15	
16						0,20	
17		Tekislikkao'tkazilgan perpendikulyarda	10^{-9}	0,1		0,05	
18						0,10	
19						0,15	
20						0,20	
21		Tekislikkao'tkazilgan perpendikulyarda	$3 \cdot 10^{-10}$	0,05	0,1	0,05	
22						0,10	
23						0,15	
24						0,20	
25		Zaryadlangansfer amarkazida	10^{-9}			0,05	
26						0,10	
27						0,15	
28						0,20	

9.4-masala. Zaryadlangan zarracha ϑ tezlik bilan harakatlanmoqda. U berilgan element atomi yadrosiga qanday eng kichik masofagacha yaqinlashishi mumkin? Atom zaryadi Ze ga teng, bu erda Z - atomning elementlar davriy sistemasidagi tartib raqami, e - elektronning zaryadi.

Topshiriq raqami	Zarracha	Element	$v, m/s$
1	Proton	H	$2 \cdot 10^5$
2		Al	$3 \cdot 10^5$
3		Cu	10^6
4		He	$2 \cdot 10^6$
5	a-zarracha	Al	$5 \cdot 10^5$
6		Cu	10^6
7		He	10^5
8		Zn	$5 \cdot 10^5$
9	Proton	B	$5 \cdot 10^4$
10		Ne	$1,5 \cdot 10^4$
11		Li	$1,2 \cdot 10^4$
12		C	$3 \cdot 10^5$

13	Proton	Be	$2 \cdot 10^5$
14		Ar	$3 \cdot 10^5$
15		Na	10^6
16		Cl	$2 \cdot 10^6$
17	a-zarracha	H	$5 \cdot 10^5$
18		N	10^6
19		C	10^5
20		Si	$5 \cdot 10^5$
21	a-zarracha	Fe	$5 \cdot 10^4$
22		Ca	$1.5 \cdot 10^4$
23		Hg	$1.2 \cdot 10^4$
24		Na	$3 \cdot 10^5$
25	Proton	N	$5 \cdot 10^5$
26		Ag	10^6
27		O	10^5
28		Ca	$5 \cdot 10^5$

9.5-masala. Bir-biridan d masofada joylashgan ikkita parallel plastinka elektr maydoni hosil qiladi. Ular orasidagi potentsiallar ayirmasi $\Delta\phi$ ga teng. Zaryadlangan zarracha kuch chiziqlari bo'ylab Δr masofani o'tib, maydon ta'sirida ϑ tezlikka erishadi. Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	Zarracha	d, sm	$\Delta\phi, V$	$\Delta r, sm$	$\vartheta, m/s$
1	a-zarracha	?	100.4	4	80000
2		1	?	0.8	40000
3		10	1570	?	300000
4		2	120	1	?
5	Proton	?	149	3.5	100000
6		18	?	12	400000
7		40	5800	?	100000
8		3	50	2	?
9	Elektron	?	83.4	1.5	2000000
10		10	?	0.5	800000
11		7	332	?	10000000
12		16	410	9	?
13		?	244	3	100000

14	a-zarracha	9	?	8	200000
15		12	307.5	?	70000
16		8	83.7	2.5	?
17	Proton	?	44.5	3	80000
18		4	?	0.3	50000
19		11	574	?	300000
20		6	78.3	4	?
21	Elektron	?	1290	15	20000000
22		3	?	1.2	6000000
23		50	4740	?	40000000
24		13	1344	11	?
25	a-zarracha	?	52.7	5	60000
26		20	?	16	400000
27		5	313.8	?	9000
28		15	353	10	?

9.6- masala. Taqsimlangan zaryadlar sistemasi hosil qilgan elektr maydonda elektrostatik maydon potentsiali φ quyidagi qonun bo'yicha o'zgaradi $\varphi=f(x,y,z)$. x_1, y_1, z_1 nuqtalardagi maydon kuchlanganliklarini toping?

№	$\varphi=f(x,y,z)$ o'zgarishtenglamasi	O'zgarmaskat taliklar		x_1, m	y_1, m	z_1, m
		a	b			
1	$\varphi = \frac{x^2}{b} - \frac{y^2 + z^2}{b}$	$5m^2/V$	$8m^2/V$	1	1	1
2				2	2	2
3				2	0	0
4				0	2	2
5	$\varphi = ax + b$	$7 V/m$	$12V$	1	1	1
6				2	1	2
7				3	2	1
8				4	1	2
9	$\varphi = \frac{1}{a}(x^2 + y^2 + z^2)$	$4m^2/V$		2	2	2
10				1	1	1
11				1	0	0
12				1	1	0
13	$\varphi = a - bz$			4	2	0

14		1V	5V/m	3	1	1
15				2	2	2
16				1	1	3
17	$\varphi = a(x^2 + y^2) + bz^2$	4 V/m ²	3V/m ²	4	4	1
18				2	2	2
19				2	2	1
20				1	1	1
21	$\varphi = a(x^2 + y^2) - bz^2$	6 V/m ²	2V/m ²	2	1	2
22				2	2	1
23				1	1	1
24				2	1	3
25	$\varphi = ay + b$	9 V/m	4V	1	1	1
26				2	2	2
27				1	3	0
28				2	4	1

9.7- masala. Tekis zaryadlangan jismning $s=ab$ maydoncha orqali hosil qilayotgan elektrostatik maydon kuchlanganligi vektori oqimini toping? Bu maydoncha birinchi jism markazidan r_1 masofada va ikkinchi jismdan shunday r_2 masofada joylashganki birinchi jism markazidan ikkinchi jisimga o'tkazilgan perpendikulyar bilan maydonchaga o'tkazilgan normal α burchak tashkil qiladi. A va b lar r_1 va r_2 dan ancha kichik.

Nº	Birinchi jism	Ikkinchi jism	S , sm ²	α , grad	r_1 , m	r_2 , m	
1	$q=+10^{-8}$ nuqtaviy zaryad	Cheksiz tekislik $\sigma=-2 \cdot 10^{-8}$ Kl	2	45	0,5	2	
2					1,0	1,5	
3					1,5	1,0	
4					2,0	0,5	
5	$q=-4 \cdot 10^8$ nuqtaviy zaryad	Cheksiz tekislik $\sigma=-5 \cdot 10^{-9}$ Kl	4	45	0	0,5	
6					30		1,5
7					45		
8					60		
9	Sferar $r=3$ sm, $\sigma=-10^{-6}$ Kl/m ²	Chekchizuzunsilindri ktruba, radiusi 2 sm $\sigma=-10^{-8}$ Kl/m ²	9	45	0	2,0	
10					30		1,0
11					45		
12					60		

13	Sferar=3 sm, $\sigma=-10^{-6}$ Kl/m ²	Cheksizo'tkazgich $\lambda=10^{-10}$ Kl	2	30	3,0	1,5
14			4			
15			6			
16			8			
17	Sferar=4 sm, $\sigma_1=2 \cdot 10^{-6}$ Kl/m ²	Cheksiz tekislik $\sigma=10^{-7}$ Kl/m ²	1	60	0,2	0,8
18					0,4	0,6
19					0,6	0,4
20					0,8	0,2
21	Cheksiz o'tkazgich, $\lambda=-3 \cdot 10^{-8}$ Kl/m	Cheksiz tekislik $\sigma=+2 \cdot 10^{-9}$ Kl	3	60	1,5	0,5
22				45		
23				30		
24				0		
25	Cheksizo'tkazgich $\lambda=+10^{-7}$ Kl/m	Cheksiz uzun silindrik truba, radiusi 3 sm $\sigma=10^{-7}$ Kl /m ²	2	45	1,0	2,0
26			3			
27			4			
28			5			

9.8- masala. Elektr maydoni tekis zaryadlangan chiziqli λ , sirtiy σ yoki hajmi v , ρ zichlik orqali hosil qilingan. Zaryadlangan jismdan r_1 va r_2 masofada joylashgan ikkita nuqtasi orasidagi potentsiallar ayirmasi $\Delta\varphi=\varphi_1-\varphi_2$ ni toping.

N ^o	Zaryadlangan jism	λ , Kl/m	σ , Kl/m ²	ρ , Kl/m ³	r_1 , sm	r_2 , sm
1	Cheksiz tekislik		$+2 \cdot 10^{-8}$		5	10
2					10	15
3					15	20
4					20	25
5	Cheksiz uzun o'tkazgich	$+4 \cdot 10^{-9}$			1	2
6					2	3
7					3	4
8					4	5
9	R=3sm bo'lgan sfera		$+6 \cdot 10^{-8}$		2	4
10					4	6
11					6	8
12					8	10
13	Chekchiz uzun silindrik truba,		$+10^{-8}$		10	20
14					20	30

15	radiusi $R=5\text{ sm}$				30	40
16					40	50
17	Chekchiz uzun silindrik truba, radiusi $R=5\text{ sm}$			$+3 \cdot 10^{-7}$	10	20
18					20	30
19					30	40
20					40	50
21	Xar-xil zaryadlangan ikkita parallel tekislik		$+5 \cdot 10^{-8}$		2	4
22					4	6
23					6	8
24					8	10
25	Shar, radiusi $R=1\text{ sm}$			$+7 \cdot 10^{-6}$	1	2
26					2	3
27					3	4
28					4	5

9.9-masala. Elektr maydoni tekis zaryadlangan chiziqli λ , sirtiy σ yoki hajmiy ρ , ρ zichlik orqali hosil qilingan. q' nuqtaviy musbat sinov zaryadini zaryadlangan jismdan r_1 masofada joylashgan nuqtadan r_2 masofadagi nuqtaga ko'chirishda qanday ish bajarilishini toping.

Nº	Zaryadlangan jism	λ , Kl/m	σ , Kl/m ²	ρ , Kl/m ³	q' , Kl	r_1 , sm	r_2 , sm
1	Zaryadlangan sfera, radiusi $R=10\text{ sm}$		$+3 \cdot 10^{-7}$		10^{-9}	25	5
2		15					
3		35					
4		45					
5	Shar, radiusi $R=10\text{ sm}$			$+2 \cdot 10^{-6}$	10^{-9}	20	50
6		$+5 \cdot 10^{-6}$					
7		$+8 \cdot 10^{-6}$					
8		$+10^{-5}$					
9	Cheksiz o'tkazgich	$+10^{-6}$			10^{-8}	50	30
10			40				
11			20				
12			10				
13	Chekchiz uzun silindrik truba, radius			$+4 \cdot 10^{-6}$	10^{-8}	15	5
14		10					

15	iR=5 sm						20
16							30
17	q=-6*10-7 Kl nuqtaviy zaryad				10 ⁻¹⁰	10	5
18						8	
19						6	
20						4	
21	Chekchiz uzun silindrik truba, radiusi R=2 sm		+10 ⁻⁶		10 ⁻⁷	2	6
22			+5*10 ⁻⁶				
23			+10 ⁻⁵				
24			+5*10 ⁻⁵				
25	Xar-xil zaryadlangan ikkita parallel tekislik				10 ⁻⁸	2	4
26							8
27			5*10 ⁻⁵				12
28							16

9.10-masala.

Elektr maydoni tekis zaryadlangan chiziqli λ , sirtiy σ yoki hajmiy v , ρ zichlik orqali hosil qilingan. Zaryadlangan jismdan d masofada massasi m bo'lgan kichik sharcha cho'zilmas va uzunligi l bo'lgan ipga osilgan. Agar sharchaga musbat q' zaryad berilsa, sharcha osilgan ip α burchakka og'adi. q' ni nuqtaviy deb hisoblab, jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

Nº	Zaryadlangan qo'zg'almas jism	m , g	q' , Kl	l , m	d , sm	α , grad
1	Vertikal joylashgan zaryadlangan cheksiz uzun silindr R=3; $\rho=5*10^{-5}$ Kl/m ³	?	$2*10^{-6}$	1.2	6	10
2		50	?	0.8	4	15
3		25	10^{-5}	?	5	30
4		10	$3*10^{-6}$	0.3	?	20
5	Vertikal joylashgan zaryadlangan cheksiz uzun silindr: R=4 sm; $\sigma=10^{-5}$ Kl/m ²	?	$5*10^{-7}$	0.7	4	20
6		30	?	0.5	5	15
7		16	10^{-7}	?	3	10
8		20	$2*10^{-7}$	1.5	?	5
9	Zaryadlangan shar, markaziga q' zaryad joylashtirilgan. R= 4sm;p=?	12	$4*10^{-5}$	1.0	6	25
10		35	$2*10^{-5}$	0.6	2	20
11		18	10^{-5}	1.3	8	15
12		40	$5*10^{-5}$	0.4	10	10
13	Vertikal joylashgan zaryadlangan		$4*10^{-7}$	1,0	4	?

14	cheksiz tekislik, $\sigma=3,16 \cdot 10^{-6} \text{Kl/m}^2$	20	$4 \cdot 10^{-7}$	0,5	7	?
15			10^{-7}	0,2	1	?
16			10^{-6}	0,7	9	?
17	Xar-xil zaryadlangan ikkita cheksiz parallel tekislik $\sigma=2 \cdot 10^{-6} \text{Kl/m}^2$	9	?	1.5	12	10
18		18	?	0.8	3	20
19		?	$9 \cdot 10^{-8}$	0.3	4	10
20		?	$3 \cdot 10^{-7}$	0.9	8	20
21	Zaryadlangan sfera, markaziga q' zaryad joylashtirilgan. $R=8 \text{sm}$; $\sigma=6 \cdot 10^{-6} \text{Kl/m}^2$	26	?	0.4	2	15
22		?	10^{-7}	1.1	10	20
23		15	?	1.3	5	25
24		?	$6 \cdot 10^{-6}$	0.6	1	30
25	Vertikal joylashgan zaryadlangan cheksiz uzun o'tkazgich. $\lambda=10^{-6} \text{Kl/m}$?	$5 \cdot 10^{-8}$	1.2	14	5
26		17	?	0.5	6	10
27		16	$3 \cdot 10^{-7}$?	2	15
28		22	$5 \cdot 10^{-7}$	0.3	?	20

Sinov savollari:

9.1. Elektrostatik maydon deb nimaga aytiladi? Kulon qonunini yozing va tushuntiring. Bir necha zaryad hosil qilgan maydon sinov zaryadiga qanday teng ta'sir etuvchi kuch bilan ta'sir qiladi?

9.2. Nuqtaviy zaryadning muvozanatda bo'lish sharti nimada? Qanday shart bajarilganda bu muvozanat mustahkam bo'ladi?

9.3. Elektr maydon kuchlanganligi nima?

Elektrostatik maydon kuchlanganligi vektori sirkulyatsiyasi nimaga teng? Maydon superpozitsiyasi usuli nima? Bu usulni nuqtaviy zaryad hosil qilayotgan maydon kuchlanganligini hisoblashda qanday qo'llash mumkin?

9.4. Elektrostatik maydonda nuqtaviy zaryadga ta'sir qilayotgan kuch bilan uning potensial energiyasi orasida qanday bog'lanish bor? Ikkita nuqtaviy zaryadning o'zaro ta'sir potensial energiyasi nimaga teng?

9.5. Elektr maydon potentsiali deb nimaga aytiladi? Maydonning ikkita nuqtasi orasidagi potentsiallar farqi nimaga teng? Elektr maydonda bajarilgan ish qanday aniqlanadi?

9.6. Berilgan nuqtada elektr maydon potentsiali bilan kuchlanganligi orasida qanday bog'liqlik bor? Ekvipotensial sirtlar nima?

9.7. Vakuumda elektrostatik maydon uchun Ostrogradskiy-Gauss teoremasini tushuntiring. Elektr maydon kuchlanganligini hisoblashda Ostrogradskiy-Gauss teoremasining qo'llanilishi (cheksiz tekislik, sirti zaryadlangan sfera, cheksiz uzun o'tkazgich va h.k.). Maydon kuchlanganligini hisoblashda qaysi xollarda Ostrogradskiy-Gauss teoremasi va qaysi xollarda superpozitsiya usuli qo'llaniladi?

9.8. Agar elektrostatik maydon kuchlanganligining o'zgarish qonuni ma'lum bo'lsa, bu maydondagi ikki nuqta orasidagi potentsiallar farqi qanday aniqlanadi?

9.9. Elektrostatik maydonda nuqtaviy zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish nimaga teng? Qachon bu ish musbat va qachon manfiy bo'ladi? Zaryadni ko'chirishdagi ish bilan uning potentsial energiyasi orasida qanday bog'lanish bor?

9.10. Elektr maydon kuchlanganligini bilgan holda maydonga kiritilgan nuqtaviy zaryadga maydon tomondan ta'sir qilayotgan kuchni qanday aniqlash mumkin?

10 - MAVZU. DIELEKTRIKLARDA ELEKTROSTATIK MAYDON. ELEKTROSTATIK MAYDONDA O'TKAZGICHLAR

Sinov savollari

10.1. Qanday dielektrlarni bilasiz? Molekulaning dipol momenti deb nimaga aytiladi? Molekulaning qutblanishi nima? Moddaning dielektrik singdiruvchanligi nima?

10.2. Dielektrikda maydon kuchlanganligi nimaga teng? Dielektrikning qutblanganligi nima? Ixtiyoriy yopiq sirt orqali o'tayotgan qutblanganlik vektori oqimi nimaga teng? Elektr siljish vektori deb nimaga aytiladi?

10.3. Dielektrlarda elektrostatik maydon uchun Ostrogradskiy-Gauss teoremasini tushuntiring. Berilgan tekislik orqali qutblanganlik vektori oqimini hisoblashda qanday qonunlarni hisobga olish kerak? Elektrostatik maydon kuchlanganligi chiziqlari qanday zaryaddan boshlanib qanday zaryadda tugaydi?

10.4. Elektr siljish chiziqlarining sinish qonunini yozing.

10.5. o'tkazgichda zaryad qanday taqsimlanadi? O'tkazgichda ikkita zaryadning tenglik shartini ayting.

10.6. Yakkalangan o'tkazgichning elektr sig'imi deb nimaga aytiladi? Yakkalangan sharning elektr sig'imi nimaga teng? O'tkazgich sirti yaqinida kuchlanganlik nimaga teng? O'tkazgichning sirt zichligi bilan uning sirti yaqinidagi elektr siljish orasida qanday bog'lanish bor? Yakkalangan o'tkazgich energiyasi nimaga teng?

10.7. Har xil potentsiilli ikkita yoki undan ortiq o'tkazgichlar ulanganda zaryad taqsimoti to'xtashi uchun qanday shart bajarilishi kerak? Bunda qanday ish bajariladi?

10.8. Kondensatorning elektr sig'imi deb nimaga aytiladi? Kondensator energiyasi qaysi formula orqali aniqlanadi?

10.9. Kondensator qoplamalari orasiga dielektrikdan yasalgan plastinka kiritilsa kondensatorning elektr sig'imi nimaga teng bo'ladi. Kuchlanish manbaidan uzilgan kondensator qoplamalari orasidagi masofani orttirish uchun bajarilishi kerak bo'lgan ish qanday topiladi?

10.10. Parallel ulangan kondensatorlarning umumiy sig'imi nimaga teng? Ketma-ket ulanganda-chi?

A D A B I Y O T L A R

1. I.V.Savelev. Umumiy fizika kursi. M., 1988.T. 2 (§. 10).
2. A.L. Detlaf, B.J. YAvorskiy. Fizika kursi.M.,1989 (§. 151 -153, 161-163, 171-173).
3. T.I.Trofimova. Fizika kursi.M., 1985 (§. 87-94).

10.1- masala. Gazning nisbiy dielektrik singdiruvchanligi uning temperaturasi $T=300K$ va bosimi r bo'lganda ϵ ga teng. Uning shu sharoitdagi gaz molekularining qutblanganligi β . Gaz molekulasining elektr maydon kuchlanganligi E bo'lgan maydondagi dipol momenti r_i . Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

Nº	R, Pa	ϵ	$\beta, Kl^*m^2/V$	r_i, Kl^*m	$E, kV/m$
1	10^5	1,00054	?	?	10
2	?	1,002	?	$2,93*10^{-36}$	14
3	$4*10^6$?	$4,14*10^{-29}$?	5
4	$7*10^5$	1,008	?	$2,93*10^{-36}$?
5	$6*10^6$?	?	$4,58*10^{-36}$	25
6	?	1,015	$3,1*10^{-29}$?	6

7	$4 \cdot 10^5$	1,003	?	?	12
8	?	1,0008	?	$1,32 \cdot 10^{-36}$	9
9	$4 \cdot 10^5$	1,006	?	$1,32 \cdot 10^{-35}$?
10	?	1,01	$2,76 \cdot 10^{-29}$	$1,46 \cdot 10^{-36}$?
11	$6 \cdot 10^5$?	$5,52 \cdot 10^{-29}$	$6,84 \cdot 10^{-36}$?
12	$7 \cdot 10^5$?	$5,91 \cdot 10^{-29}$?	7
13	$3 \cdot 10^5$	1,0009	?	$1,32 \cdot 10^{-36}$?
14	?	1,02	?	$4,4 \cdot 10^{-36}$	18
15	$8 \cdot 10^5$?	?	$1,03 \cdot 10^{-35}$	15
16	?	1,005	$4,14 \cdot 10^{-29}$	$7,33 \cdot 10^{-36}$?
17	$2 \cdot 10^6$?	$4,14 \cdot 10^{-29}$	$3,66 \cdot 10^{-36}$?
18	$2 \cdot 10^5$	1,0007	?	?	22
19	?	1,025	$2,59 \cdot 10^{-29}$?	16
20	$9 \cdot 10^5$?	?	$7,33 \cdot 10^{-36}$	9
21	$3 \cdot 10^6$?	$4,83 \cdot 10^{-29}$	$6,41 \cdot 10^{-36}$?
22	$5 \cdot 10^6$?	$4,14 \cdot 10^{-29}$?	10
23	$5 \cdot 10^5$	1,004	?	$2,34 \cdot 10^{-36}$?
24	?	1,0072	$4,97 \cdot 10^{-29}$	$5,72 \cdot 10^{-36}$?
25	$4 \cdot 10^6$?	?	$1,19 \cdot 10^{-35}$	26
26	?	1,001	?	$1,95 \cdot 10^{-36}$	16
27	?	1,03	$2,76 \cdot 10^{-29}$?	8
28	10^6	1,009	?	?	20

10.2- masala. Maydon kuchlanganligi E_0 bo'lgan bir jinsli maydonga bir jinsli va izotrop nisbiy dielektrik singdiruvchanligi ϵ bo'lgan yassi plastinka kiritilgan. Plastinka qirralari E_0 ga perpendikulyar. Dielektrik ichidagi maydon kuchlanganligi E , elektr siljish D , dielektrikning qutblanganligi R . Dielektrik qirralaridagi zaryadning sirt zichligi δ' . Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

N ^o	$E_0, \text{V/m}$	ϵ	$E, \text{V/m}$	$D, \text{Kl/m}^2$	$R, \text{Kl/m}^2$	$\delta', \text{Kl/m}^2$
1	100	2	?	?	?	?
2	?	2,6	120	?	?	?
3	?	?	?	$1,24 \cdot 10^{-9}$?	$8,85 \cdot 10^{-10}$
4	?	?	80	?	$2,2 \cdot 10^{-9}$?
5	?	3,0	?	?	$7,965 \cdot 10^{-10}$?
6	126	?	45	?	?	?
7	?	2,2	?	$1,56 \cdot 10^{-9}$?	?
8	204	?	?	?	$1,275 \cdot 10^{-9}$?

9	?	?	35	$1,36 \cdot 10^{-9}$?	?
10	?	4,0	?	?	?	$6,64 \cdot 10^{-10}$
11	?	3,6	?	$2,39 \cdot 10^{-9}$?	?
12	?	?	60	?	?	$7,08 \cdot 10^{-10}$
13	?	?	?	$1,06 \cdot 10^{-9}$	$6,195 \cdot 10^{-10}$?
14	430	?	?	?	?	$2,92 \cdot 10^{-9}$
15	180	6	?	?	?	?
16	?	3,4	80	?	?	?
17	?	?	?	$7,43 \cdot 10^{-10}$?	$4,78 \cdot 10^{-10}$
18	?	?	40	?	$1,06 \cdot 10^{-9}$?
19	?	3,5	?	?	$9,29 \cdot 10^{-10}$?
20	266	?	70	?	?	?
21	?	4,2	?	$1,3 \cdot 10^{-9}$?	?
22	297	?	?	?	$1,655 \cdot 10^{-9}$?
23	?	?	90	$2,55 \cdot 10^{-9}$?	?
24	?	2,5	?	?	?	$9,3 \cdot 10^{-10}$
25	?	4,2	30	?	?	?
26	?	?	50	?	?	$7,08 \cdot 10^{-10}$
27	?	?	?	$1,17 \cdot 10^{-9}$	$8,14 \cdot 10^{-10}$?
28	540	?	?	?	?	$3,72 \cdot 10^{-9}$

10.3- masala. Bitta yoki ikkita (cheksiz uzun o'tkazgichlar va silindrlar, cheksiz tekislik)chiziqli zichlik λ yoki sirt zichligi δ bo'lgan zaryad bilan tekis zaryadlangan va dielektrik singdiruvchanligi ϵ_1 va ϵ_2 bo'lgan ikkita dielektrikda elektr maydoni hosil qiladi. Birinchi va ikkinchi dielektriklardan mos ravishda R_1 i R_2 masofadagi nuqtalardagi (sfera, silindr, o'tkazgich, tekislik markazidan) maydon kuchlanganligini toping.

Nº	Jismlar sistemasi	ϵ_1	ϵ_2	r_1 , sm	r_2 , sm	R_1 , sm	R_2 , sm
1	dielektrik uzun brus silindrik o'qi bo'ylab r_1 radiusli tirqishdan o'tgan zaryadlangan uzun tola ($\lambda = +4 \cdot 10^{-10}$ Kl/m)	1	2,6	2		1,8	2,2
2				1,5		1	2
3				6		4	6,5
4				1		0,5	1,3
5	Sirtiy zaryadlangan ($\delta = +5 \cdot 10^{-8}$ Kl/m ²) r_1 radiusli sharcha, r_2 radiusli dielektrikdagi suyuqlik bilan to'ldirilgan sferik bo'shliq markazida	81	6	1,5	4	2	5
6				1	2,5	1,5	3
7				2	3,5	3	4
8				0,5	2	1	3

9	Atorofida turli dielektriklar bo'lgan cheksiz uzunlikdagi zaryadlangan ($\delta=+2 \cdot 10^{-9}$ Kl/m ²) yuza	1	6			5	5
10		81	4,5			2	20
11		2,6	7			10	4
12		2,6	81			15	3
13	Sirt zichligi ($\delta=+10^{-8}$ Kl/m ²) bo'lgan uzun zaryadlangan r_1 radiusli trubka qalin devorli r_2 radiusi bo'lgan boshqa truba ichida markaziy o'qlari bir xil bo'lib joylashgan.	1	6	0,8	1,8	1	2
14				1,5	2,2	1,6	2,5
15				1,2	1,7	1,5	2,0
16				2,0	2,9	2,4	3,0
17	Ikkita turli ishorali zaryadlangan o'zaro parralel cheksiz tekisliklarning zaryad zichliklari ($\delta=6 \cdot 10^{-9}$ Kl/m ²) ga teng. Ular orasida ikki qavatli r_1 va r_2 o'lchamlikdagi dielektrik mavjud	1	4	5	3	3	7
18		6	81	2	8	1	6
19		2,6	6	3	4	2	5
20		1	2,6	6	6	4	10
21	Ikkita konsentrik radiuslari mos ravishda r_1 va r_2 bo'lgan sirt zichligi ($\delta=8 \cdot 10^{-9}$ Kl/m ²) metall sferalar orasi dielektrik bilan to'ldirilgan.	1	2	2	4	1	3
22			2,6	7	9	5	8
23			5	5	8	3	7
24			6	3	6	2	4
25	Ikkita cheksiz uzun koaksial sirt zichligi ($\delta=2 \cdot 10^{-8}$ Kl/m ²), radiuslari r_1 va r_2 bo'lgan silindrlar orasi dielektrik bilan to'ldirilgan.	1	2	3	4	2	3,5
26			2,6	1	3	0,5	2
27			5	2	5	1	4
28			6	4	6	3	5

10.4- masala. Ikkita dielektrikning bo'linish chegarasida birinchi dielektrikdagi D_1 elektr siljish vektoribo'linish chegarasiga o'tkazilgan normal bilan α_1 burchak hosil qiladi, ikkinchi dielektrikdagi D_2 elektr siljish vektori esa α_2 burchak hosil qiladi. Dielektrik singdiruvchanliklar nisbati ϵ_1/ϵ_2 . Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

N ^o	D_1 , Kl/m ²	D_2 , Kl/m ²	α_1 , grad	α_2 , grad	ϵ_1/ϵ_2
1	?	$2 \cdot 10^{-9}$?	30	0,33
2	$4 \cdot 10^{-8}$?	60	?	?
3	?	$4 \cdot 10^{-8}$	53	24	?
4	$3 \cdot 10^{-9}$?	?	5	6,3
5	?	$2 \cdot 10^{-8}$	15	?	0,5
6	$4 \cdot 10^{-9}$?	26	10	?
7	?	$5 \cdot 10^{-9}$?	25	4,6
8	$6 \cdot 10^{-9}$?	7,5	?	3,5

9	?	$8 \cdot 10^{-9}$	60	16	?
10	$3 \cdot 10^{-9}$?	?	9	7
11	?	$8 \cdot 10^{-10}$	50	?	2,6
12	$2 \cdot 10^{-8}$?	54	40	?
13	?	$3 \cdot 10^{-9}$?	5	6,5
14	$9 \cdot 10^{-10}$?	12	?	0,25
15	?	$5 \cdot 10^{-9}$	70	36	?
16	10^{-8}	?	?	12	2
17	?	$9 \cdot 10^{-10}$	40	?	12
18	$7 \cdot 10^{-9}$?	66	18	?
19	?	$6 \cdot 10^{-9}$?	32	0,2
20	$5 \cdot 10^{-8}$?	30	?	4,3
21	?	$3 \cdot 10^{-8}$	10	34	?
22	$8 \cdot 10^{-10}$?	?	55	0,13
23	?	$7 \cdot 10^{-9}$	45	?	2,5
24	$5 \cdot 10^{-9}$?	58	28	?
25	?	$9 \cdot 10^{-9}$?	10	4
26	$2 \cdot 10^{-9}$?	45	?	2,3
27	?	$4 \cdot 10^{-9}$	28	4	?
28	$7 \cdot 10^{-10}$?	?	15	6

10.5- masala. Zaryadlangan fizik jismning zaryadi q , chiziqli zichligi λ va elektr momenti p va bu jism cheksiz metall tekislikdan l masofada joylashgan. Jism bilan tekislik orasidagi o'zaro ta'sir kuchi F . Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

N ^o	Zaryadlangan jism	q, Kl	$\lambda, \text{Kl/m}$	$p, \text{Kl} \cdot \text{m}$	l, m	F, H	Grafik tuzing
1	Nuqtaviy zaryad	$2 \cdot 10^{-8}$			0,2	?	$F=f(l)$
2					0,4	?	
3					0,6	?	
4					0,8	?	
5	Cheksiz uzun o'tkazgich, parallel tekisliklar		?		0,25	$3,24 \cdot 10^{-3}$	$F=f(\lambda)$
6			?			$3,6 \cdot 10^{-6}$	
7			?			$2,3 \cdot 10^{-4}$	
8			?			$1,3 \cdot 10^{-4}$	
9	Elektr momentir bo'lgan tekislikka			?	0,3	$4,17 \cdot 10^{-3}$	$F=f(r)$
10				?		$1,67 \cdot 10^{-4}$	

11	perpendikulyar nuqtaviy dipol			?		$6 \cdot 10^{-7}$	
12				?		$2 \cdot 10^{-5}$	
13	Nuqtaviy zaryad	$5 \cdot 10^{-8}$?	$5,625 \cdot 10^{-4}$	$F=f(l)$
14					?	$9 \cdot 10^{-5}$	
15					?	$1,25 \cdot 10^{-5}$	
16					?	$2,25 \cdot 10^{-5}$	
17	Tekislikka parallel cheksiz uzun o'tkazgich	$3 \cdot 10^{-8}$			0,3	?	$F=f(l)$
18					0,5	?	
19					0,4	?	
20					0,2	?	
21	Elektr momentir bo'lgan tekislikka perpendikulyar nuqtaviy dipol			$6 \cdot 10^{-9}$?	$3,11 \cdot 10^{-5}$	$F=f(l)$
22					?	$2,4 \cdot 10^{-4}$	
23					?	$4,75 \cdot 10^{-6}$	
24					?	$1,5 \cdot 10^{-5}$	
25	Nuqtaviy zaryad	?			0,3	$9 \cdot 10^{-5}$	$F=f(q)$
26						$2,5 \cdot 10^{-6}$	
27						$6,25 \cdot 10^{-5}$	
28						10^{-5}	

10.6-masala. Radiusi r bo'lgan metall sharning nisbiy dielektrik singdiruvchanligi ϵ , zaryadi q va sirt zichligi σ ga teng. SHarning potentsiali φ , sig'imi – S va energiyasi W . Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

Nº	r, sm	ϵ	q, Kl	$\sigma, \text{Kl/m}^2$	φ, V	S, pF	W, J
1	8	2,6	$5 \cdot 10^{-8}$?	?	?	?
2	?	4,05	?	$1,5 \cdot 10^{-6}$?	45	?
3	?	6,3	$8 \cdot 10^{-7}$?	?	60	?
4	?	81	?	?	1600	?	$9 \cdot 10^{-4}$
5	10	3,5	?	$7 \cdot 10^{-7}$?	?	?
6	5	?	$3 \cdot 10^{-8}$?	1800	?	?
7	?	?	?	$3 \cdot 10^{-6}$	2300	?	$3 \cdot 10^{-5}$
8	6	?	$2 \cdot 10^{-7}$?	?	70	?
9	4	?	?	?	?	20	$6 \cdot 10^{-5}$
10	7	?	?	?	1500	?	$2 \cdot 10^{-5}$
11	?	4,5	?	?	2100	34	?

12	?	?	$9 \cdot 10^{-8}$	$8 \cdot 10^{-6}$?	?	$5 \cdot 10^{-4}$
13	?	2,4	10^{-7}	?	?	?	$3 \cdot 10^{-4}$
14	20	?	$4 \cdot 10^{-7}$?	?	?	$2 \cdot 10^{-3}$
15	11	?	?	$5 \cdot 10^{-6}$?	120	?
16	?	6,5	$8 \cdot 10^{-8}$?	2200	?	?
17	?	?	?	$9 \cdot 10^{-7}$	1700	25	?
18	9	?	?	$2 \cdot 10^{-6}$?	?	$4 \cdot 10^{-4}$
19	8	?	?	?	2400	50	?
20	?	?	$7 \cdot 10^{-8}$	10^{-6}	?	42	?
21	?	?	$9 \cdot 10^{-8}$	$7 \cdot 10^{-7}$	2000	?	?
22	?	6,0	?	?	?	30	$8 \cdot 10^{-5}$
23	12	?	?	$6 \cdot 10^{-7}$	1400	?	?
24	10	?	$5 \cdot 10^{-8}$?	?	55	?
25	?	7,0	$3 \cdot 10^{-7}$	10^{-5}	?	?	?
26	?	?	?	$4 \cdot 10^{-6}$?	40	$7 \cdot 10^{-5}$
27	3	2,2	?	?	2500	?	?
28	?	3,4	?	$8 \cdot 10^{-7}$	1900	?	?

10.7- masala. Radiuslari r_1, r_2 bo'lgan ikkita metall sharcha sig'imini hisobga olmasa ham bo'ladigan sim bilan bir-biriga ulangan. Birinchi sharchaning zaryadi zaryadsizlantirilguncha q_1 , ikkinchi sharning potentsiali - φ_1 . Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

Nº	r_1 , sm	r_2 , sm	q_1 , Kl	φ_2 , kV	Aniqlansin
1	3	2	10^{-8}	9,0	Zaryadsizlantirilguncha birinchi sharning potentsiali
2	2	1	$5 \cdot 10^{-9}$	3,6	
3	4	2	$2 \cdot 10^{-8}$	4,5	
4	2	5	$6 \cdot 10^{-9}$	7,2	
5	3	2	10^{-8}	9,0	Zaryadsizlantirilguncha ikkinchi sharning zaryadi
6	2	1	$5 \cdot 10^{-9}$	3,6	
7	4	2	$2 \cdot 10^{-8}$	4,5	
8	2	5	$6 \cdot 10^{-9}$	7,2	
9	3	2	10^{-8}	9,0	Zaryadsizlantirilgandan keyin birinchi sharning potentsialiva zaryadi
10	2	1	$5 \cdot 10^{-9}$	3,6	
11	4	2	$2 \cdot 10^{-8}$	4,5	

12	2	5	$6 \cdot 10^{-9}$	7,2	Zaryadsizlantirilgandan keyin ikkinchi sharning potensialiva zaryadi
13	3	2	10^{-8}	9,0	
14	2	1	$5 \cdot 10^{-9}$	3,6	
15	4	2	$2 \cdot 10^{-8}$	4,5	
16	2	5	$6 \cdot 10^{-9}$	7,2	
17	3	2	10^{-8}	9,0	Zaryadsizlantirilguncha ikkala sharning energiyasi
18	2	1	$5 \cdot 10^{-9}$	3,6	
19	4	2	$2 \cdot 10^{-8}$	4,5	
20	2	5	$6 \cdot 10^{-9}$	7,2	
21	3	2	10^{-8}	9,0	O'tkazgich bilan ulangan sharchalarning energiyasi
22	2	1	$5 \cdot 10^{-9}$	3,6	
23	4	2	$2 \cdot 10^{-8}$	4,5	
24	2	5	$6 \cdot 10^{-9}$	7,2	
25	3	2	10^{-8}	9,0	Zaryadsizlantirishda bajarilgan ish
26	2	1	$5 \cdot 10^{-9}$	3,6	
27	4	2	$2 \cdot 10^{-8}$	4,5	
28	2	5	$6 \cdot 10^{-9}$	7,2	

10.8-masala. Yassi havo kondensatori plastinkalarining yuzasi – S , ular orasidagi masofa – d . Plastinkalar orasidagi potentsiallar farqi U . Zaryadsizlan-tirilganda kondensatordan ajraladigan issiqlik miqdori Q . Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

Nº	S, sm^2	d, mm^2	U, B	Q, J
1	?	1,3	100	$3,4 \cdot 10^{-8}$
2	50	?	300	$2,5 \cdot 10^{-6}$
3	12	1,0	?	$1,04 \cdot 10^{-7}$
4	28	4,5	290	?
5	?	6,0	300	$1,77 \cdot 10^{-8}$
6	4	?	120	$1,5 \cdot 10^{-8}$
7	24	5,5	?	$1,3 \cdot 10^{-7}$
8	10	0,7	150	?
9	?	1,2	250	$8,85 \cdot 10^{-7}$
10	15	?	190	$1,2 \cdot 10^{-7}$
11	7	0,6	?	$1,86 \cdot 10^{-8}$

12	26	5,0	240	?
13	?	4,0	400	$4,425 \cdot 10^{-7}$
14	8	?	75	$1,66 \cdot 10^{-8}$
15	35	2,2	?	$5,13 \cdot 10^{-7}$
16	20	0,9	160	?
17	?	2,0	220	$1,6 \cdot 10^{-7}$
18	5	?	80	$5,66 \cdot 10^{-9}$
19	30	3,5	?	$8,53 \cdot 10^{-8}$
20	14	1,1	130	?
21	?	6,0	180	$2,15 \cdot 10^{-8}$
22	25	?	200	$1,475 \cdot 10^{-7}$
23	9	0,8	?	$6 \cdot 10^{-8}$
24	16	1,4	230	?
25	?	7,0	150	$1,71 \cdot 10^{-8}$
26	18	?	70	$2,6 \cdot 10^{-8}$
27	6	0,5	?	$4,3 \cdot 10^{-8}$
28	22	3,0	210	?

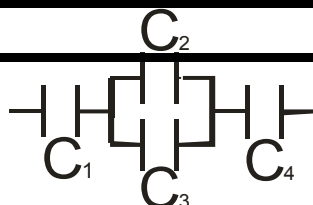
10.9- masala. P lastinkalarining yuzasi S va plastinkalar orasidagi masofa d_1 bo'lgan yassi kondensator plastinkalari orasi nisbiy dielektrik singdiruvchanligi ϵ bo'lgan dielektrik bilan to'ldirilgan. Kondensator U potensialgacha zaryadlanib, kuchlanish manbaidan uzildi. SHundan so'ng kondensator plastinkalari orasidagi masofani d_2 ga etkazish uchun qanday A ish bajarish kerak? Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

Nº	S, sm^2	d_1, sm	ϵ	U, B	d_2, sm	A, J
1	?	0,1	2,6	100	0,7	$9 \cdot 10^{-6}$
2	30	1,1	?	80	1,8	$1,5 \cdot 10^{-7}$
3	140	1,7	2,2	?	3,0	$1,94 \cdot 10^{-7}$
4	90	0,8	4,0	140	?	$1,56 \cdot 10^{-6}$
5	200	1,0	2,0	120	1,5	?
6	?	2,0	3,6	190	3,0	$6,7 \cdot 10^{-7}$
7	240	1,6	?	210	2,2	$1,75 \cdot 10^{-6}$
8	50	0,3	2,5	?	0,9	$3 \cdot 10^{-6}$
9	150	1,8	7,3	200	?	$3 \cdot 10^{-6}$
10	400	0,2	6,0	120	0,8	?
11	?	0,9	2,3	150	1,6	$4,55 \cdot 10^{-7}$

12	60	1,2	?	90	2,0	$4,3 \cdot 10^{-7}$
13	20	0,5	3,5	?	1,0	$1,4 \cdot 10^{-7}$
14	210	0,9	7,0	220	?	$5,7 \cdot 10^{-5}$
15	160	0,4	6,0	180	0,8	?
16	?	1,0	2,4	110	2,0	$2,5 \cdot 10^{-7}$
17	100	1,5	?	160	2,5	$2 \cdot 10^{-7}$
18	300	1,6	2,8	?	3,0	$1,1 \cdot 10^{-6}$
19	40	1,3	5,5	70	?	$9,3 \cdot 10^{-8}$
20	250	0,5	2,0	100	1,5	?
21	?	0,1	4,5	230	1,0	$8,5 \cdot 10^{-4}$
22	70	1,4	?	130	2,0	$1,25 \cdot 10^{-7}$
23	180	0,6	3,0	?	1,3	$6,75 \cdot 10^{-6}$
24	110	1,7	2,2	170	?	$2,12 \cdot 10^{-7}$
25	400	0,2	5,0	150	1,2	?
26	?	0,8	6,3	220	1,8	$2 \cdot 10^{-5}$
27	130	1,4	?	180	2,5	$1,35 \cdot 10^{-6}$
28	80	0,7	2,3	?	1,5	$3 \cdot 10^{-7}$

10.10-masala. Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

Nº	Ulanish sxemasi	S_1 , pF	S_2 , pF	S_3 , pF	S_4 , pF
1		10	20	20	40
2		10	10	20	20
3		10	20	10	20
4		20	20	10	40
5		200	100	20	50
6		20	50	200	100
7		100	20	50	200
8		50	200	100	20
9		20	20	40	40
10		20	40	20	40
11		10	20	20	40
12		10	40	20	20
13		10	20	20	40



14		10	40	20	20
15		20	40	10	20
16		20	40	10	50
17		50	40	20	10
18		10	50	40	20
19		40	20	10	50
20		20	10	50	40
21		20	20	40	40
22		40	40	20	20
23		40	20	20	40
24		20	40	40	20
25		40	10	50	20
26		10	20	40	50
27		50	40	20	10
28		20	50	10	40

11 - MAVZU. ELEKTROSTATIK MAYDONDA HARAKATLANAYOTGAN ZARYAD. O'ZGARMAS ELEKTR TOKI

Sinov savollari

11.1. Elektrostatik maydonda zaryadga ta'sir qilayotgan kuch nimaga teng? U qanday yo'nalgan? Bu kuch ta'sirida zaryadlangan zarra oladigan tezlik qanday topiladi?

11.2. E.yu.k. nima? Zanjirning berilgan qismidagi kuchlanishning tushishi (kuchlanish) deb nimaga aytiladi? Qanday holatda kuchlanish potentsiallar farqi bilan mos keladi?

11.3. Tok kuchi deb nimaga aytiladi? Tok kuchi zaryad bilan qanday bog'liq? Tok zichligi vektori deb nimaga aytiladi?

11.4. Zanjirning bir qismi uchun va to'liq zanjir uchun Om qonuni. Elektr zanjirga ampermetr qanday ulanadi? Ampermetrning o'lchash chegarasi qanday oshiriladi? Voltmetr qanday ulanadi? Voltmetrning o'lchash chegarasini oshirish mumkinmi va qanday? Voltmetr yordamida tok kuchini, ampermetr yordamida esa kuchlanishni o'lchash mumkinmi? Buning uchun nima qilish kerak?

11.5. Ketma-ket va parallel ulangan zanjirning qaysi qismida kuchlanish va qaysi qismida tok kuchi bir xil bo'ladi? Zanjirning bu qismlari uchun Om qonunini yozing.

11.6. Joule-Lenz qonuni. O'tkazgichdan ajralayotgan issiqlik miqdori tok manbaining ishi bilan qanday bog'liq? Isitgich priborining f.i.k. nimaga teng?

11.7. Tashqi qarshilikning qanday qiymatida tashqi zanjirdagi tok eng kichik bo'ladi? Tashqi qarshilikning qanday qiymatida foydali qiymat eng katta bo'ladi? Bu kattaliklarning maksimal qiymati qanday topiladi?

11.8. Metallning qarshiligi temperaturaga qanday bog'liq?

11.9. Om qonunining differensial ko'rinishi. Muxitning elektr o'tkazuvchanlik koeffitsienti deb nimaga aytiladi? Elektr o'tkazuvchanlik koeffitsienti solishtirma qarshilik bilan qanday bog'liq?

11.10. Zaryad tashuvchilarning harakatchanligi deb nimaga aytiladi?

A D A B I Y O T L A R

1. I.V.Savelev. Umumiy fizika kursi.88.T. 2(§.31–38,73.80-87).
2. A.L. Detlaf, B.M. YAvorskiy. Fizika kursi.M., 1989 (§. 18.1 -18.4,19.1 – 19.3, 20.2–20.9).
3. T.I.Trofimova. Fizika kursi. M. 1985, (§. 95-102, 107 -109).

11.1 - masala. Zaryadlangan zarra yassi kondensatorga uning gorizontol joylashgan plastinkalariga parallel ravishda u_x tezlik bilan uchib kirmoqda. Kondensatorning maydon kuchlanganligi – E , kondensator plastinkalari uzunligi – l . Zarracha kondensatordan v tezlik bilan gorizontol yo'nalishdan α burchakka og'ib uchib chiqadi. Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

№	Harakatlanayotgan zarracha	u_x , m/s	E , V/m	l , m	v , m/s	α , grad
1	Elektron	10^7	10^4	0,05	?	?
2		10^7	10^4	?	?	30
3		?	10^3	?	10^6	45
4		?	?	0,1	10^6	60
5	Proton	10^6	$5 \cdot 10^4$	0,1	?	?
6		10^6	$5 \cdot 10^4$?	?	60
7		?	10^4	?	10^5	30
8		?	?	0,1	10^5	45
9	Pozitron	10^7	10^4	0,05	?	?
10		10^7	10^4	?	?	45
11		?	100	?	10^6	60
12		?	7	0,1	10^7	30
13	Elektron	10^6	500	0,1	?	?
14		10^6	500	?	?	45
15		?	100	?	10^6	60
16		?	?	0,1	10^6	30
17	Proton	10^5	10^4	0,05	?	?
18		10^5	10^3	?	?	30
19		?	10^3	?	10^5	45
20		?	?	0,1	10^6	60
21	Pozitron	10^6	500	0,1	?	?
22		10^6	500	?	?	60
23		?	100	?	10^6	30
24		?	?	0,1		45
25	α -zarracha	10^5	10^4	0,1	?	?
26		105	10^4	?	?	30
27		?	10^4	?	10^5	45
28		?	?	0,1	10^5	60

11.2 - masala. Elektron-nur trubkada elektronlar dastasi U potentsiallar farqi bilan tezlashtirilib, zaryadlanmagan gorizontall joylashgan yassi kondensatordan uning plastinkalariga parallel xolda o'tganda kondensator oxiridan L masofada joylashgan ossillograf ekranida yorug' dog' hosil qiladi. Kondensator zaryadlanganda ekrandagi dog' ymasofaga siljiydi. Kondensator plastinkalaridagi poensiallar farqi U_1 , kondensator plastinkalari uzunligi - l , plastinkalar oralig'i - d . Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

Nº	U, V	L, m	u, m	U_1, V	l, m	d, m
1	?	0,1	0,02	200	0,04	0,03
2	320	0,1	0,03	80	0,04	?
3	400	0,16	?	100	0,08	0,04
4	300	0,12	0,03	?	0,06	0,014
5	240	0,12	?	80	0,04	0,02
6	600	0,125	0,03	120	0,05	?
7	?	0,2	0,03	150	0,01	0,025
8	400	0,15	0,045	?	0,06	0,03
9	240	0,13	?	80	0,06	0,02
10	200	0,1	0,04	?	0,04	0,02
11	?	0,125	0,06	120	0,05	0,015
12	240	0,09	0,015	100	0,06	?
13	?	0,15	0,05	300	0,02	0,03
14	450	0,125	0,035	150	0,03	?
15	300	0,12	?	60	0,04	0,02
16	250	0,2	0,03	?	0,05	0,01
17	360	0,13	?	120	0,06	0,04
18	300	0,17	0,03	90	0,06	?
19	?	0,1	0,05	100	0,04	0,02
20	450	0,175	0,04	?	0,05	0,01
21	210	0,15	?	70	0,06	0,03
22	300	0,1	0,023	?	0,03	0,01
23	?	0,16	0,03	90	0,08	0,04
24	600	0,1	0,02	120	0,04	?
25	?	0,17	0,04	80	0,06	0,02
26	480	0,13	0,05	100	0,06	?
27	360	0,13	?	120	0,04	0,01
28	150	0,1	0,025	?	0,05	0,03

11.3 - masala. O'tkazgichdagi tok kuchi ivaqt o'tishi bilan quyidagi qonun asosida o'zgaradi $i=f(t)$. O'tkazgichning ko'ndalang kesimidan t_1 dan t_2 gacha berilgan vaqt oralig'ida qancha elektr miqdori o'tadi? O'zgarmas I tok kuchining qanday qiymatida shu vaqt mobaynida o'tkazgichning ko'ndalang kesimidan xuddi shunday elektr miqdori o'tadi? $q=f(t)$ bog'liqlik grafigini chizing.

Nº	$i=f(t), A$	t_1, s	t_2, s
1	$i=4+2t$	1	2
2		1	3
3		1	4
4		1	5
5	$i=3t^2+1$	0	2
6		0	3
7		0	4
8		0	5
9	$i=t+3t^2$	2	3
10		2	4
11		2	5
12		2	6
13	$i=2+6t$	1	2
14		1	3
15		1	4
16		1	5
17	$i=5+t$	0	2
18		0	3
19		0	4
20		0	5
21	$i=2t+3t^2$	1	2
22		1	3
23		1	4
24		1	5
25	$i=3+4t$	2	3
26		2	4
27		2	5

28		2	6
----	--	---	---

11.4 - masala. O'lchash shkalasi n bo'lakka bo'lingan, ichki qarshilikka ega bo'lgan tok kuchi yoki kuchlanishni o'lchashga mo'ljallangan asbob berilgan. Kerakli o'lchashlarni amalga oshirish uchun qanday qarshilik olinishi kerak va u qanday ulanadi. Tok kuchi I_{pr} yoki kuchlanish U_{pr} ma'lum deb hisoblaymiz? Ishlatilayotgan asbobning bo'linish chegarasini toping.

Nº	Nimani o'lchash lozim	Qanday asbob berilgan	r, Om	n	I_{pr}, mA	U_{pr}, V
1	100 mA gacha bo'lgan tok kuchini	Ampermetr	0,18	100	10	
2			0,2	75	15	
3			0,1	150	15	
4			0,1	50	10	
5	75 V gacha bo'lgan potentsiallar farqini	Voltmetr	2000	150		
6			1000	75		
7			3000	100		
8			1500	50		
9	300 V gacha bo'lgan potentsiallar farqini	Ampermetr	0,5	150	2,5	30
10			0,4	30	5	15
11			0,3	50	2	50
12			0,2	75	1,5	15
13	150 mA gacha bo'lgan tok kuchini	Ampermetr	5	75	20	
14			4	50	50	
15			3	25	75	
16			2	100	5	
17	75 mA gacha bo'lgan tok kuchini	Ampermetr	0,2	25	5	
18			0,1	50	10	
19			0,2	75	15	
20			0,1	15	20	
21	1000 V gacha bo'lgan	Voltmetr	1000	50		100
22			2000	100		500
23			3000	25		50

24	potensiallar farqini		4000	150		25
25	150 V gacha bo'lgan potensiallar farqini	Ampermetr	2	30	5	
26			3	75	2	
27			4	15	1	
28			5	50	15	

11.5 - masala. Elektr sxemadagi ampermetrning ko'rsatishini aniqlang. Yopiq zanjirning uchlaridagi kuchlanish U . R_1 , R_2 , R_3 qarshiliklar ma'lum. Ampermetrning qarshiligini hisobga olmang.

Nº	Sxema	U, V	R_1, Om	R_2, Om	R_3, Om
1		2,1	5	6	3
2		3,0	7	2	3
3		4,2	6	4	6
4		2,8	3	4	9
5		4,0	4	8	12
6		12,0	10	6	8
7		20,	8	7	6
8		8,0	12	10	8
9		5,0	7	3	8
10		10,0	14	5	6
11		2,5	8	5	12
12		2,0	6	4	10
13		4,0	4	8	12
14		2,5	6	3	9
15		1,2	8	2	6
16		3,6	4	5	10
17		12,0	2	4	8
18		20,0	6	8	10
19		8,0	8	6	4
20		6,0	12	5	10
21		2,2	4	2	6
22		3,6	6	10	4
23		4,8	10	8	12

24		6,0	14	6	8
25		4,0	6	4	10
26		6,2	8	6	4
27		10,0	10	4	8
28		8,4	12	10	6

11.6 - masala. m massali suvni t_1 temperaturadan to qaynaguncha qizdirish uchun isitgich W elektr energiyani sarf etadi. Isitgichning F.I.K. η . Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

N ^o	m, kg	$t_1, ^\circ S$	W, kJ	$\eta, \%$
1	?	30	1257	80
2	2,2	?	921,8	58
3	2,38	23	?	77
4	2	20	838	?
5	?	20	900	74,5
6	1,8	?	754,2	67
7	3,58	45	?	55
8	3	40	1250	?
9	?	25	1400	78,6
10	1,6	?	670,4	83
11	3,58	28	?	72
12	2,5	30	1047,5	?
13	?	42	1676	58
14	1,25	?	523,75	66
15	2,86	22	?	78
16	1,8	25	754,2	?
17	?	22	1257	78
18	2,3	?	963,7	81
19	2,34	26	?	74
20	1,5	0	1047,5	?
21	?	32	502,8	68
22	1,5	?	628,5	79
23	1,98	18	?	82
24	2,0	10	1676	?
25	?	27	712,3	73
26	0,8	?	335,2	84
27	1,43	10	?	60

28	0,5	12	419	?
----	-----	----	-----	---

11.7 - masala. E.YU.K. ε va ichki qarshiligi r bo'lgan element I_{max} maksimal tok kuchi beradi. Bu element beradigan maksimal foydali quvvat P_{max} . Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

Nº	ε, V	r, Om	I_{max}, A	P_{max}, Vt
1	6	?	3	?
2	4	2	?	?
3	?	2	4	?
4	4	2	?	2
5	?	?	?	8
6	10	?	2	?
7	?	5	4	6
8	2	?	?	?
9	4	1	?	2
10	?	3	4	?
11	6	?	?	?
12	?	2	2	3
13	6	?	?	?
14	?	?	6	4,5
15	8	2	4	?
16	?	?	?	4,5
17	4	4	1	?
18	8	3	?	?
19	?	?	12	?
20	6	3	?	12
21	?	?	?	3
22	6	?	3	?
23	?	2	4	2
24	10	4	?	?
25	?	?	?	1
26	?	2	3	4,5
27	?	?	8	?
28	6	?	?	9

11.8 - masala. $t=0$ °S temperaturada R_0 qarshilikka ega bo'lgan simdan yasalgan reostat, R_A ichki qarshilikli milliampermetr va

qarshiligini hisobga olmasa ham bo'ladigan tok generatori ketma-ket ulangan. 0°S temperaturada milliamper I_0 tokni ko'rsatadi. Agar reostat Δt temperaturagacha qizisa, milliamper I_1 tokni ko'rsatadi. Resostat simining temperatura koeffitsenti α . Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

N ^o	R_0, Om	R_A, Om	I_0, mA	$\Delta t, \text{K}$	I_1, mA	$\alpha, 1/\text{K}$
1	?	5	10	100	9,2	$5 \cdot 10^{-3}$
2	100	?	31	80	22	$6 \cdot 10^{-3}$
3	120	20	?	50	20	$6 \cdot 10^{-3}$
4	80	4	102	?	95	$7 \cdot 10^{-3}$
5	80	5	25	60	?	$5 \cdot 10^{-3}$
6	120	8	83	16,4	76	?
7	?	4	132	40	120	$6 \cdot 10^{-3}$
8	60	?	20	80	18	$2 \cdot 10^{-3}$
9	90	2	?	50	102	$7 \cdot 10^{-3}$
10	80	6	84	?	75	$2 \cdot 10^{-3}$
11	120	20	22	50	?	$6 \cdot 10^{-3}$
12	60	10	58	40	51	?
13	?	12	36	100	31	$5 \cdot 10^{-3}$
14	80	?	59	70	42	$6 \cdot 10^{-3}$
15	75	10	?	50	78	$2 \cdot 10^{-3}$
16	150	20	44	?	39	$5 \cdot 10^{-3}$
17	130	10	120	80	?	$2 \cdot 10^{-3}$
18	80	3	52	31,4	44	?
19	?	25	28	100	22	$5 \cdot 10^{-3}$
20	90	?	53	30	46	$6 \cdot 10^{-3}$
21	80	2	?	40	39	$3 \cdot 10^{-3}$
22	60	4	68	?	61	$2 \cdot 10^{-3}$
23	20	0,5	12	80	?	$4 \cdot 10^{-3}$
24	120	10	39	59,25	32	?
25	?	18	21	50	17	$5 \cdot 10^{-3}$
26	40	?	103	60	94	$2 \cdot 10^{-3}$
27	120	10	?	70	112	$3 \cdot 10^{-3}$
28	90	6	41	?	34	$5 \cdot 10^{-3}$

11.9 - masala. l uzunlikdagi trubka gaz bilan shunday ionlashtirilganki, uning 1m^3 da n ta R qarshilikdagi ion bor. Ionlar bir valentli. Musbat ionlarning harakatchanligi u_+ , manfiy ionlarniki - u_- .

Trubkaning ko'ndalang kesimi – S. Jadvaldan topshiriq raqami bo'yicha noma'lum kattaliklarni toping.

Nº	l, m	S, mm^2	$n, 10^7 sm^{-3}$	$R, 10^{-3} m$	$u_+, 10^{-4} m^2/(V*s)$	$u_-, 10^{-4} m^2/(V*s)$
1	?	5	2	2	2,1	2,9
2	0,6	?	3	1	0,7	1,3
3	0,48	4	?	3	1,8	2,2
4	0,84	5	1	?	1,3	1,8
5	?	2	4	1	1,1	1,9
6	0,9	?	3	1	0,9	1,1
7	0,8	10	?	2	1,7	2,3
8	1,2	4	20	?	0,1	0,19
9	?	5	1	4	1,8	2,2
10	1,2	?	4	1	0,9	2,1
11	1,8	2	?	3	0,7	1,3
12	0,6	3	2	?	1,1	1,9
13	?	4	1	2	2,1	2,9
14	1,2	?	3	1	1,8	2,2
15	0,8	2	?	0,2	0,6	1,4
16	1,6	10	4	?	0,8	1,2
17	?	4	2	1	1,3	1,7
18	0,8	?	1	2	1,6	2,4
19	1,2	2	?	0,2	0,9	1,1
20	0,9	3	1	?	1,3	1,7
21	?	5	2	1	1,9	2,1
22	0,6	?	2	1	0,7	1,3
23	0,8	4	?	1	0,8	1,2
24	1,2	10	3	?	1,2	2,8
25	?	3	1	2	1,1	1,9
26	0,9	?	3	1,5	0,9	1,1
27	0,8	4	?	5	0,6	1,4
28	1,0	5	2	?	2,3	2,7

11.10 - masala. Razrad trubka elektrodlariga U potentsiallar ayirmasi qo'yilgan. Elektrodlar orasidagi masofa – d . Trubkadagi gaz bir marta ionlashtirilgan va $1 m^3$ dagi ion-juftlar soni n ga teng. Musbat ionlar harakatchanligi u_+ , manfiylari esa – u_- ga teng. A) trubkadagi tok zichligini; b) to'liq tokning qanday qismi (foizlarda) musbat ionlar tomonidan tashilishini aniqlang.

Topshiriq raqami	U, V	d, m	n, m^{-3}	$u_+, m^2/(V*s)$	$u_-, m^2/(V*s)$
1	50	0,1	10^8	0,03	300
2	100	0,15	$2*10^8$	0,03	60
3	150	0,2	$4*10^8$	0,06	30
4	200	0,25	$3*10^8$	0,06	60
5	200	0,1	$4*10^9$	0,01	50
6	400	0,15	$2*10^9$	0,02	80
7	600	0,2	$3*10^9$	0,015	100
8	800	0,25	10^8	0,03	30
9	700	0,1	10^8	0,006	5
10	800	0,2	10^9	0,008	8
11	900	0,3	10^{10}	0,01	12
12	1000	0,4	10^{11}	0,005	14
13	50	0,05	$2*10^{10}$	0,015	450
14	100	0,1	$3*10^{10}$	0,012	600
15	150	0,3	$5*10^{10}$	0,04	80
16	200	0,2	10^{10}	0,01	500
17	2500	0,4	$2*10^{11}$	0,008	4
18	2000	0,3	$4*10^{11}$	0,006	6
19	1500	0,2	$6*10^{11}$	0,012	8
20	1000	0,1	$8*10^{11}$	0,015	10
21	450	0,05	10^{12}	0,002	0,1
22	300	0,06	$2*10^{12}$	0,003	0,2
23	200	0,08	$4*10^{12}$	0,003	0,3
24	450	0,09	$5*10^{12}$	0,002	0,4
25	1000	0,12	10^{12}	0,002	0,1
26	1200	0,15	10^{11}	0,008	1,0
27	1400	0,18	10^{10}	0,03	10
28	1600	0,2	10^9	0,05	100

12 - МАВЗУ. ВАКУУМДАГИ МАГНИТ МАЙДОН

Nazorat savollari:

1. Berilgan nuqtadagi magnit maydon induksiyasi deb nimaga aytiladi? Tokli konturning xususiy magnit maomenti nima? Tokli konturning xususiy magnit momenti qanday yo'nalishga ega bo'ladi? Magnit induksiya chiziqlari qanday o'tkaziladi?

2. Bio-Savar-Laplas qonunini ta'riflang va tushuntiring. Cheksiz uzun tokli o'tkazgich hosil qilgan magnit maydon induksiyasini hisoblashga bu qonun qanday qo'llaniladi? Berilgan holatda magnit induksiya chiziqlari qanday ko'rinishga ega bo'ladi? To'g'ri chiziqli tokli o'tkazgich hosil qilgan magnit maydon induksiya vektorining yo'nalishi berilgan nuqtada qanday aniqlanadi?

3. Tokli, yarim cheksiz to'g'ri o'tkazgich va tokli, chekli to'g'ri o'tkazgich hosil qilayotgan magnit maydon induksiyasi qanday hisoblanadi?

4. Doiraviy tok o'qida hosil bo'layotgan magnit maydon induksiyasini hisoblashda Bio-Savar-Laplas qonuni qanday qo'llaniladi? Bu holda uning yo'nalishi qanday topiladi? Magnit induksiya chiziqlari bu holda qanday ko'rinishda bo'ladi?

5. Bir necha doiraviy tok o'qlari o'tayotgan magnit maydon induksiyasini qanday hisoblash mumkin?

6. Maydon superpozitsiyasi prinsipini tushuntiring. Har xil konfiguratsiyali chiziqli toklar hosil qilayotgan magnit maydon induksiyasini bu prinsip orqali qanday hisoblash mumkin?

7. Vakuumda magnit maydon uchun to'la tok qonunini yozing va tushuntiring. Sirkulyatsiyasi nolga teng bo'lmagan maydon vektori haqida nima deyish mumkin?

8. Uzun solenoid va toroid magnit maydoni induksiyasini hisoblashda to'la tok qonuni qanday qo'llaniladi? Uzun solenoid va toroidning magnit maydon induksiyasi nimaga teng?

9. Bir-biriga simmetrik magnit maydonlarni hisoblashda vakuumda magnit maydon uchun to'la tok qonunini qanday qo'llash mumkin?

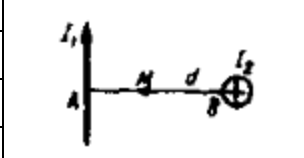

10. Agar magnit maydon simmetrik bo'lmasa va uni hosil qilgan toklar chiziqli bo'lmasa, u holda berilgan nuqtadagi magnit induksiyasi qanday aniqlanadi? Bu holda superpozitsiya prinsipini qanday qo'llash mumkin?

12.1 - masala. I tok kuchi oqayotgan, radiusi R bo'lgan yopiq aylanma kontur, B induksiya vektori magnit maydoniga, kontur normaliga maydon bilan o'zaro burchak hosil qiladigan qilib joylashtirilgan. Bunda konturga M kuch momenti ta'sir qilayapdi. Topshiriq raqamiga binoan noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	R , sm	I , A	B , Tl	M , N*m	α , grad
1	?	2,0	2,5	$3.14 \cdot 10^{-3}$	30
2	3,4	?	2,8	$7.1 \cdot 10^{-2}$	45
3	1,8	1,2	?	$4.33 \cdot 10^{-3}$	60

4	2,0	0,15	0,5	?	30
5	3,6	3,5	2,53	$1.8 \cdot 10^{-2}$?
6	?	6,37	5,0	$8.66 \cdot 10^{-3}$	60
7	2,2	?	2,2	$7.07 \cdot 10^{-3}$	45
8	2,8	2,4	?	$1.2 \cdot 10^{-2}$	30
9	1,5	2	1,2	?	45
10	3,8	2,3	4,025	$2.1 \cdot 10^{-2}$?
11	?	1,5	1,98	$4.2 \cdot 10^{-3}$	30
12	4,2	?	4,5	$8.66 \cdot 10^{-3}$	60
13	3,2	5,18	?	$4.33 \cdot 10^{-3}$	60
14	2,5	1,4	2,2	?	30
15	2,2	4,47	1,415	$6.8 \cdot 10^{-3}$?
16	?	3,1	1,27	$1.4 \cdot 10^{-2}$	45
17	2,3	?	6,0	$1.73 \cdot 10^{-2}$	60
18	1,6	6,2	?	$1.41 \cdot 10^{-2}$	45
19	4,5	0,6	3,2	?	30
20	3,0	1,8	1,1	$4.9 \cdot 10^{-3}$?
21	?	3,31	0,4	$5.2 \cdot 10^{-3}$	30
22	4,2	?	0,8	$1.41 \cdot 10^{-2}$	45
23	3,3	2,9	?	$1.73 \cdot 10^{-2}$	60
24	1,5	3,2	2,6	?	30
25	1,3	2,0	3,91	$3.6 \cdot 10^{-3}$?
26	?	2,83	0,2	$3.14 \cdot 10^{-3}$	45
27	3,5	?	1,3	$8.66 \cdot 10^{-3}$	60
28	2,6	4,33	?	$9.2 \cdot 10^{-3}$	30

12.2 - masala. Ikkita cheksiz to'g'ri o'tkazgichlar bir-biriga perpendikulyar joylashgan. O'tkazgichlardagi tok kuchlari I_1 va I_2 larning yo'nalishlari rasmlarda ko'rsatilgan. O'tkazgichlar orasidagi masafa AV ma'lum. Magnit maydon indukstiyasining o'tkazgichlardan biridan d masofada joylashgan M nuqtadagi qiymatini toping.

Topshiriq raqami	Toklar yo'nalishlari	AV , sm	d , sm	I_1 , A	I_2 , A
1		20	12	3,1	3,8
2		10	2	0,895	0,45
3		8	3	2,24	2,68
4		7	2	2,5	2,83
5		6	3	4,25	2,12
6		25	8	5,6	3,58

7		5	2	7,07	2,83
8		4	3	1,265	1,16
9		7	5	1,21	1,22
10		8	6	1,96	1,9
11		9	4	4,41	2,53
12		12	9	1,7	2,38
13		8	3	1,34	2,46
14		7	4	3,1	5,04
15		11	9	0,57	0,98
16		3	5	3,16	2,4
17		5	6	1,9	2,7
18		13	7	3,96	2,83
19		6	2	5,3	11,3
20		14	1	0,9	6,7
21		12	8	3,2	7,0
22		7	3	10,0	5,2
23		6	4	3,75	2,83
24		10	2	0,54	0,18
25		12	6	3,6	3,8
26		8	2	11,3	5,3
27		9	5	2,7	3,16
28		6	8	4,25	5,66

12.3- masala. Uzun α burchak ostida bukilgan o'tkazgichdan I tok oqayapti. Burchak bissektrisasidan o'tuvchi, burchak boshiga nisbatan l masofada joylashgan nuqtadagi maydon induksiyasi B ga teng. Topshiriq raqamiga mos qidirilayotgan kattalikni aniqlang.

Topshiriq raqami	I, A	l, sm	B, Tl	$\alpha, grad$
1	?	1,5	$1,052 \cdot 10^{-4}$	60
2	1,8	?	$2,82 \cdot 10^{-5}$	120
3	1,3	4,8	?	90
4	1,5	17,07	$4,23 \cdot 10^{-6}$?
5	?	1,0	$4,23 \cdot 10^{-4}$	120
6	3,0	?	$2,631 \cdot 10^{-5}$	60
7	2,0	34,1	?	90
8	2,5	9,33	$1,41 \cdot 10^{-5}$?
9	?	18,0	$1,41 \cdot 10^{-5}$	120

10	8,0	?	$2,4 \cdot 10^{-5}$	90
11	1,25	5,26	?	60
12	0,6	5,12	$5,64 \cdot 10^{-4}$?
13	?	6,4	$3 \cdot 10^{-5}$	90
14	0,5	?	$1,5 \cdot 10^{-5}$	120
15	2,4	12,0	?	60
16	1,5	4,5	$1,41 \cdot 10^{-5}$?
17	?	4,75	$5,26 \cdot 10^{-5}$	60
18	2,8	?	$8,46 \cdot 10^{-5}$	120
19	0,5	14,1	?	90
20	4,5	18,66	$1,27 \cdot 10^{-5}$?
21	?	9,0	$7,05 \cdot 10^{-5}$	120
22	1,5	?	$1,6 \cdot 10^{-5}$	90
23	2,0	10,52	?	60
24	3,0	15,0	$8,46 \cdot 10^{-6}$?
25	?	1,5	$4,8 \cdot 10^{-4}$	90
26	1,25	?	$1,31 \cdot 10^{-5}$	60
27	4,2	8,46	?	120
28	0,5	2,82	$1,707 \cdot 10^{-5}$?

12.4- masala. Radiuslari R_1 va R_2 bo'lgan ikki aylanma tok halqalari bir-biriga nisbatan masofada parrallel tekisliklarda joylashgan. Halqalardan I_1 va I_2 toklar o'tmoqda. Birinchi halqadan ikkinchisiga qarab yo'nalgan, birinchi halqaga nisbatan r masofada joylashgan, halqalar markazidan o'tuvchi o'qqa joylashgan nuqtadagi magnit maydon induksiya vektorini aniqlang. $V=f(r)$ grafigini chizing.

Topshiriq raqami	Toklar yo'nalishi	R_1, m	R_2, m	I_1, A	I_2, A	l, m	r, m
1	bir xil	0,2	0,1	2	2	0,05	0,01
2							0,02
3							0,03
4							0,04
5	qarama-qarshi	0,2	0,1	2	2	0,05	0,01
6							0,02
7							0,03
8							0,04
9	bir xil	0,1	0,1	4	2	0,06	0
10							0,02
11							0,04





12							0,06
13	qarama-qarshi	0,1	0,1	4	2	0,06	0
14							0,02
15							0,04
16							0,06
17							0
18	bir xil	0,2	0,1	2	1	0,15	0,05
19							0,10
20							0,15
21							0
22	qarama-qarshi	0,2	0,1	2	1	0,15	0,05
23							0,10
24							0,15
25							0
26	qarama-qarshi	0,2	0,2	5	5	0,3	0,1
27							0,15
28							0,2

12.5- masala. Radiusi R bo'lgan ikkita aylanma halqalarning har biridan I_1 va I_2 tok oqayotgan bo'lib, ular o'zaro perpendikulyar tekisliklarda joylashgan, markazlari bir nuqtada. Halqalarning umumiy markazlaridagi maydon induksiyasi V ga teng. Topshiriq raqamiga mos qidirilayotgan kattalikni toping.

Topshiriq raqami	R, m	I_1, A	I_2, A	V, Tl
1	?	1,2	1,6	$3,14 \cdot 10^{-5}$
2	23	?	1,43	$6,28 \cdot 10^{-5}$
3	32	2,24	?	$9,43 \cdot 10^{-6}$
4	60	2,5	1,66	?
5	?	2,3	1,93	$1,89 \cdot 10^{-4}$
6	20	?	4,47	$1,2 \cdot 10^{-4}$
7	43	3,32	?	$4 \cdot 10^{-5}$
8	58	3,2	2,4	?
9	?	3,6	3,47	$6,28 \cdot 10^{-5}$
10	17	?	2,24	$3,14 \cdot 10^{-5}$
11	65	6,71	?	$3,77 \cdot 10^{-4}$
12	56	1,8	0,87	?
13	?	3,2	2,4	$1,26 \cdot 10^{-4}$
14	23	?	2,65	$4 \cdot 10^{-5}$

15	12	2,83	?	$9,43 \cdot 10^{-6}$
16	54	2,7	1,31	?
17	?	4,1	4,38	$6,28 \cdot 10^{-5}$
18	7	?	3,6	$3,5 \cdot 10^{-5}$
19	19	3,34	?	$1,89 \cdot 10^{-4}$
20	25	4,5	3,97	?
21	?	3,5	4,9	$3,14 \cdot 10^{-5}$
22	25	?	2,24	$1,56 \cdot 10^{-5}$
23	24	1,73	?	$6 \cdot 10^{-5}$
24	23	1,5	2,6	?
25	?	1,6	2,54	$2,09 \cdot 10^{-5}$
26	26	?	1,73	$8 \cdot 10^{-6}$
27	6	4,0	?	$1,26 \cdot 10^{-4}$
28	57	3,6	4,8	?

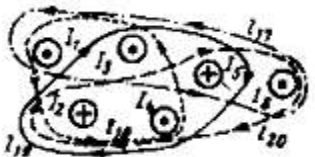
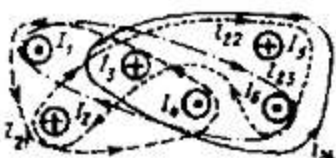
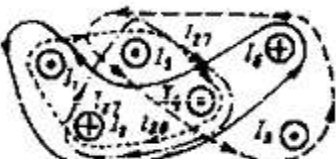
12.6- masala. *I* tok oquvchi chiziqli o'tkazgich *r* radiusli aylana yoki tomoni *l* uzunlikdagi ko'pburchak shaklidagi qattiq kontur ko'rinishida. Topshiriq raqamiga mos ravishda kontur markazidagi magnet maydoni induksiya vektorini aniqlang.

Topshiriq raqami	Tokli kontur shakli		<i>l</i> , sm	<i>r</i> , sm	<i>I</i> , A
1		Tomoni <i>l</i> bo'lgan teng tomonli uchburchak	3		2,2
2			16		3,1
3			21		8,0
4			10,4		2,0
5		Tomoni <i>l</i> bo'lgan kvadrat	5,7		1,8
6			6,3		4,45
7			12		1,66
8			20		0,7
9		Tomoni <i>l</i> bo'lgan to'g'ri oltiburchak	21,5		2,0
10			18		1,5
11			12		3,0
12			11,5		2,0
13		Tomoni <i>l</i> bo'lgan to'g'ri	8,6		1,4
14			9,5		3,0

15		sakkizburchak	3,2		0,6
16			14		2,5
17		duzunlikdagito'g'richizi	24	3	1,0
18		qlivarradiuslihalqahosil	24	2	1,0
19		qilgan/uzunlikdagio'tka	30	3	1,0
20		zgich	24	2	1,5
21		l uzunlikdagi o'tkazgich	24	3	1,0
22		r radiusli halqa va ikkita	24	2	1,0
23		d/2 uzunlikdagi to'g'ri	30	3	1,0
24		qismlarni hosil qiladi	24	2	1,5
25		Cheksiz uzun	∞	5	1,0
26		o'tkazgich r radiusli		10	
27		halqa va ikkita o'zaro		15	
28		perpendikulyar chiziqli		20	
		qismlarni hosil qiladi			

12.7- masala. Rasmlarda ko'rsatilgan ko'rinishdagi konturlar orqali hosil qilingan tokli chiziqli o'tkazgichlar tizimining magnet maydoni induksiya vektori sirkulyatsiyasini aniqlang (kontur raqami I_n topshiriq raqami bilan mos tushadi).

Nº	Chiziqli o'tkazgichlar va ularni o'rab turuvchi konturlar	I_1, A	I_2, A	I_3, A	I_4, A	I_5, A	I_6, A
1		1.1	1.0	2.2	0.3	1.1	0.9
2		0.1	1.4	0.7	1.3	0.2	1.6
3		1.7	2.3	1.2	1.7	1.9	2.7
4		0.6	0.2	2.1	0.9	0.8	0.7
5		1.5	0.7	0.5	1.1	1.0	2.0
6		1.8	1.9	1.8	2.0	2.4	1.7
7		0.3	0.9	0.8	0.1	1.4	2.3
8		1.4	2.2	1.7	1.6	0.5	0.4
9		2.0	1.1	2.4	0.4	0.3	1.2
10		0.7	2.1	1.3	1.0	0.9	2.6
11		2.4	0.1	2.5	2.3	2.5	1.8
12		1.2	1.5	0.2	0.6	1.6	0.6
13		1.9	1.2	2.0	0.8	1.3	1.5
14		0.2	2.6	0.3	2.6	1.8	2.1
15		2.3	0.4	2.5	0.2	1.2	0.1

16		1.6	2.7	1.1	1.4	0.6	1.9
17		0.8	1.7	0.9	2.8	2.5	2.8
18		2.8	0.6	2.6	1.2	0.4	1.0
19		1.0	2.4	0.1	0.7	2.2	0.8
20		2.6	1.6	2.8	2.1	1.7	2.5
21		0.5	2.0	1.5	0.5	1.4	0.3
22		2.2	1.8	1.0	1.2	2.0	2.4
23		1.3	0.3	2.3	1.5	0.1	1.3
24		2.5	2.8	0.6	1.8	2.7	0.5
25		0.9	0.5	2.7	2.5	2.3	1.1
26		2.7	2.5	1.4	0.9	0.7	2.2
27		2.1	1.3	2.0	2.2	2.1	1.4
28		0.4	0.8	1.6	1.9	1.5	0.2

12.8- masala. Diametrid bo'lgan o'tkazgichdan, ichida magnit maydon induksiyasi B bo'ladigan qilib solenoid o'rash kerak. O'tkazgichdan o'tishi mumkin bo'lgan eng katta tok kuchi I . Kerakli maydon induksiyasini hosil qilish uchun bir-biriga zich qilib N o'ram o'rash kerak. G'altak diametrini uning uzunligiga nisbatan ancha kichik deb olib, topshiriqqa asosan noma'lum kattalikni aniqlang.

Topshiriq raqami	d , mm	V , Tl	I , A	N
1	?	$6,28 \cdot 10^{-3}$	4,0	3
2	0,4	?	10,0	2
3	0,5	$1,2 \cdot 10^{-2}$?	4
4	1,57	$1,6 \cdot 10^{-2}$	5,0	?
5	?	$1,6 \cdot 10^{-2}$	4,5	4
6	2,0	?	6,0	5
7	0,8	$3,14 \cdot 10^{-2}$?	3
8	6,3	$5 \cdot 10^{-3}$	12,5	?
9	?	$3,2 \cdot 10^{-2}$	8,0	2
10	1,2	?	6,0	4
11	1,57	$5,5 \cdot 10^{-3}$?	5
12	3,4	$6,28 \cdot 10^{-3}$	5,7	?
13	?	$1,57 \cdot 10^{-2}$	6,5	3
14	2,7	?	8,1	2
15	3,6	$1,256 \cdot 10^{-2}$?	6
16	0,94	$8 \cdot 10^{-3}$	3,0	?

17	?	$1,7 \cdot 10^{-2}$	8,5	5
18	2,2	?	11,0	3
19	3,2	$9,4 \cdot 10^{-3}$?	4
20	4,0	$3,14 \cdot 10^{-3}$	5,0	?
21	?	$4,5 \cdot 10^{-2}$	7,2	5
22	1,8	?	12,0	6
23	1,6	$6,28 \cdot 10^{-3}$?	2
24	3,14	$8 \cdot 10^{-3}$	4,0	?
25	?	$5 \cdot 10^{-2}$	5,5	6
26	2,0	?	6,0	4
27	0,94	$3,2 \cdot 10^{-2}$?	3
28	0,63	$1,5 \cdot 10^{-2}$	2,5	?

12.9- masala. Koaksial o'tkazgich, ichki to'liq R_1 radiusli silindrdan, hamda ichki va tashqi radiuslari mos ravishda R_2 va R_3 bo'lgan silindrik qobiqlardan iborat. Silindr va qobiqlar bo'ylab qarama-qarshi yo'nalishda bir xil I tok kuchi oqmoqda. O'tkazgich o'qidan r masofadagi magnit maydon induksiyasini aniqlang. Tok zichligi r ga bog'liq bo'lmay $\mu = 1$ ga teng deb hisoblang.

Topshiriq raqami	R_1 , sm	R_2 , sm	R_3 , sm	I , A	r , sm
1	5	7,5	10	1	1
2					2
3					3
4					4
5	5	7,5	10	1	5,0
6					6,0
7					7,0
8					7,5
9	5	7,5	10	1	8
10					8,5
11					9
12					10
13	5	Silindrik qobiq yo'q		1	1
14					2
15					3
16					4
17	5	Silindrik qobiq yo'q		1	5
18					7

19					9
20					11
21	Ichki silindr yo'q	7,5	10	1	8,0
22					8,5
23					9,0
24					10
25	Ichki silindr yo'q	7,5	10	1	12,5
26					15,0
27					17,5
28					20,0

13 - MAVZU. MAGNIT MAYDONINING HARAKATLANAYOTGAN ZARYADGA, MAGNIT MAYDONIDAGI O'TKAZGICH VA KONTURGA TA'SIRI

Sinov savollari

13.1. Magnit maydonida harakatlanayotgan zaryadga qanday kuch ta'sir qiladi? Uning qiymati qancha? Yo'nalishi qanaqa (Qayerga yo'nalgan)? Eslab ko'ringchi, moddiy nuqta impuls momenti deb nimaga aytilardi. Tezlanishning normal va tangensial tashkil etuvchilari nimaga teng va qaysi tomonga yo'nalgan? Aylanma harakat davomida moddiy nuqtaning aylanish davri nimaga teng?

13.2. Qanday holda magnit maydoniga uchib kirayotgan zaryadlangan zarracha o'rama bo'ylab harakat qiladi? O'rama radiusi nimaga bog'liq? Uni qanday aniqlash mumkin? O'rama qadamini qanday hisoblash mumkin? U nimaga bog'liq?

13.3. Qanday kuch moddiy nuqtani aylanma orbitada ushlab turadi? Zaryadlangan zarrachaning magnit maydonidagi harakati davomida bu kuch o'rnini nima egallaydi. Qanday shartlardan zaryadlangan zarrachaning o'rama bo'ylab harakati tezligini va uning kinetik energiyasini aniqlash mumkin?

13.4. Xoll effekti nimadan iborat? Bunda vujudga keladigan ko'ndalang potentsiallar farqi qanchaga teng? Xoll doimiysi zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi bilan qanday bog'langan? Agar metalldagi tok tashuvchi elektronlar konsentratsiyasi undagi atomlar konsentratsiyasiga teng bo'lsa, atomlar konsentratsiyasini qanday aniqlash mumkin?

13.5. Metall va yarim o'tkazgichlarda yuzaga keluvchi Xoll effektlari orasida farq bormi? Yarim o'tkazgichlarda zaryad tashuvchilar nimalar?

13.6. Magnit maydonidagi tokli o'tkazgichga qanday kuch ta'sir qiladi? Uning qiymati va yo'nalishi qanday?

13.7. Kuch momenti nima? U nimaga teng? Qanday holda, magnit maydoniga joylashtirilgan tokli konturga aylantiruvchi kuch momenti ta'sir qiladi? Konturga ta'sir qiluvchi kuch momenti qachon nolga teng bo'ladi?

13.8. Ajratilgan maydon orqali o'tuvchi magnit oqimi deb nimaga aytiladi? Uni qanday aniqlash mumkin? Magnit maydoni uchun Ostrogradskiy-Gaussa teoremasini aytib bering.

13.9. Parralel tokli o'tkazgichlar uchun Amper qonunini formulirovka (shakllantiring) qiling. Bu qonunni qo'llab, o'tkazgichlarni orasidagi masofani o'zgartirganda bajariladigan ish formulasini fanday aniqlash mumkin?

13.10. Magnit maydonida tokli o'tkazgich va konturni ko'chirishda bajarilgan ish qanchaga teng? Konturni biror burchakka burishda bajarilgan ishni qanday aniqlash mumkin? Qachon ish musbat va qachon manfiy bo'ladi?

13.1- masala. Zaryadlangan zarracha, magnit induksiyasi B bo'lgan bir jinsli maydonga uning yo'nalishiga perpendikulyar holda, U potentsiallar farqida tezlangan kirib kelayapdi. Magnit maydonidagi zarracha traektoriyasi egrilik radiusi R ga teng. Noma'lum kattalikni toping va qo'shimcha topshiriqni bajaring.

Topshiriq raqami	Zarracha	U, V	V, Tl	R, sm	qo'shimcha ravishda aniqlansin
1	Proton	1800	$6 \cdot 10^{-2}$?	Aylanish davri
2		450	?	15	Impuls momenti
3		?	$3 \cdot 10^{-2}$	12	Normal tezlanish
4		200	$4 \cdot 10^{-2}$?	Tangensial tezlanish
5	Elektron	8000	$6 \cdot 10^{-3}$?	Impuls momenti
6		?	$3 \cdot 10^{-3}$	5	Normal tezlanish
7		320	?	6	Tangensial tezlanish
8		720	$9 \cdot 10^{-4}$?	Aylanish davri
9	Pozitron	720	?	3	Normal tezlanish
10		320	$2 \cdot 10^{-3}$?	Tangensial tezlanish
11		8000	?	15	Aylanish davri
12		?	$3 \cdot 10^{-3}$	6	Impuls momenti
13	Proton	800	$2 \cdot 10^{-2}$?	Aylanish davri
14		?	$4 \cdot 10^{-2}$	10	Impuls momenti
15		1250	?	25	Normal tezlanish
16		?	$3 \cdot 10^{-2}$	20	Tangensial tezlanish
17	α -zarracha	?	$4 \cdot 10^{-2}$	11	Tangensial tezlanish
18		900	?	12	Impuls momenti
19		400	$2 \cdot 10^{-2}$?	Normal tezlanish
20		?	$8 \cdot 10^{-2}$	15	Aylanish davri
21	Pozitron	8000	?	6	Tangensial tezlanish
22		?	$4 \cdot 10^{-3}$	3	Normal tezlanish
23		320	$3 \cdot 10^{-3}$?	Impuls momenti
24		720	?	9	Aylanish davri
25	Elektron	720	$3 \cdot 10^{-3}$?	Aylanish davri
26		320	?	2	Tangensial tezlanish

27		8000	$1,5 \cdot 10^{-2}$?	Normal tezlanish
28		?	$5 \cdot 10^{-4}$	20	Impuls momenti

13.2- masala. Zaryadlangan zarracha, bir jinsli magnit maydoniga α burchak ostida, U potentsiallar farqida tezlanganicha kirib kelib, vint traektoriyasi bo'ylab hakaratlanishni boshlaydi. Magnit maydon induksiyasi – V , vint traektoriyasi radiusi – R ga, balandligi – h ga teng. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	Zarracha	U, V	α , grad	V, Tl	R, sm	h, sm
1	α -zarracha	1600	30	$2 \cdot 10^{-1}$?	?
2	Pozitron	3500	60	$4 \cdot 10^{-2}$?	?
3	Proton	800	45	$1,41 \cdot 10^{-1}$?	?
4	Elektron	14050	45	$6,28 \cdot 10^{-2}$?	?
5	Pozitron	7900	45	?	6	?
6	Proton	1250	30	?	2,5	?
7	Elektron	878	60	?	0,87	?
8	α -zarracha	2500	60	?	2,5	?
9	Proton	?	45	$4,24 \cdot 10^{-1}$?	6,28
10	Elektron	?	60	$4 \cdot 10^{-2}$?	1,57
11	α - zarracha	?	45	$2,12 \cdot 10^{-1}$?	6,28
12	Pozitron	?	30	$2 \cdot 10^{-2}$?	5,44
13	Elektron	?	45	$3,53 \cdot 10^{-3}$	6	?
14	α - zarracha	?	30	10^{-1}	1,5	?
15	Pozitron	?	45	$7,07 \cdot 10^{-2}$	3	?
16	Proton	?	60	$3,46 \cdot 10^{-1}$	2	?
17	Proton	800	45	?	?	12,56
18	α - zarracha	900	30	?	?	16,3
19	Pozitron	14050	45	?	?	2,83
20	Elektron	7900	45	?	?	18,8
21	α - zarracha	1600	?	$2 \cdot 10^{-1}$	2	?
22	Elektron	3500	?	$2 \cdot 10^{-2}$	0,5	?
23	Pozitron	21950	?	$3,53 \cdot 10^{-2}$	1	?
24	Proton	1800	?	$4,24 \cdot 10^{-1}$	1	?
25	Pozitron	878	?	10^{-2}	?	3,14
26	Elektron	21950	?	$3,53 \cdot 10^{-2}$?	6,28
27	Proton	1250	?	10^{-1}	?	27,2
28	α - zarracha	2500	?	$1,73 \cdot 10^{-1}$?	9,1

13.3- masala. Zaryadlangan zarracha, bir jinsli magnit maydoniga α burchak ostida kirib, R radiusi bo'lgan vint traektoriyasi bo'ylab hakaratlanishni boshlaydi. Magnit maydoni induksiyasi – B , bunda zarracha kinetik energiyasi – W_k . ga teng. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	Zarracha	α , grad	R , sm	V , Tl	W_k , J
1	Proton	45	2,12	$3 \cdot 10^{-2}$?
2		30	2,5	?	$6,9 \cdot 10^{-17}$
3		60	?	$1,73 \cdot 10^{-2}$	$7,66 \cdot 10^{-18}$
4		?	4,0	$5 \cdot 10^{-2}$	$1,23 \cdot 10^{-16}$
5	α -zarracha	30	1,25	$5 \cdot 10^{-3}$?
6		60	4,33	?	$1,91 \cdot 10^{-16}$
7		60	?	$2,6 \cdot 10^{-1}$	$6,2 \cdot 10^{-16}$
8		?	4,5	$6,66 \cdot 10^{-3}$	$2,76 \cdot 10^{-18}$
9	Elektron	60	2,0	$4,33 \cdot 10^{-3}$?
10		45	1,07	?	$5,04 \cdot 10^{-15}$
11		45	?	$1,77 \cdot 10^{-2}$	$1,26 \cdot 10^{-15}$
12		?	1,73	10^{-2}	$5,6 \cdot 10^{-16}$
13	Proton	30	1,5	$2 \cdot 10^{-2}$?
14		60	8,66	?	$1,23 \cdot 10^{-16}$
15		45	?	$1,41 \cdot 10^{-1}$	$3,064 \cdot 10^{-16}$
16		?	4,24	$1,3 \cdot 10^{-1}$	$4,9 \cdot 10^{-16}$
17	Pozitron	45	1,5	$2,36 \cdot 10^{-3}$?
18		60	4,33	?	$5,6 \cdot 10^{-16}$
19		30	?	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$2,24 \cdot 10^{-15}$
20		?	3,5	10^{-2}	$6,86 \cdot 10^{-15}$
21	α -zarracha	60	3,0	$1,73 \cdot 10^{-2}$?
22		45	7,07	?	$3,75 \cdot 10^{-16}$
23		30	?	$1,25 \cdot 10^{-2}$	$7,66 \cdot 10^{-18}$
24		?	1,41	$4 \cdot 10^{-1}$	$4,9 \cdot 10^{-16}$
25	elektron	30	2,5	$1,2 \cdot 10^{-2}$?
26		45	3,535	?	$1,4 \cdot 10^{-16}$
27		60	?	$5 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^{-15}$
28		?	1,5	$2 \cdot 10^{-2}$	$5,04 \cdot 10^{-15}$

13.4-masala. Metall plastinkaning $S=ab$ ko'ndalang kesimidan (a – plastinka qalinligi, b – balandligi) I tok o'tmoqda. Plastinka induksiyasi

V bo'lgan magnit maydonga b qirrasiga va tok yo'nalishiga perpendikulyar kiritilgan. Bunda U ko'ndalang potentsiallar farqi paydo bo'ladi. Topshiriq raqamiga mos noma'lum kattalikni aniqlang. Elektronlar konsentratsiyasini atomlar konsentratsiyasiga teng deb hisoblang.

Topshiriq raqami	Metall	I, A	V, Tl	U, V	a, mm
1	Alyuminiy	?	0,5	$2,7 \cdot 10^{-7}$	0,25
2		2,6	?	$8,1 \cdot 10^{-7}$	0,12
3		5,2	0,4	?	0,27
4		3,9	0,6	$4,5 \cdot 10^{-7}$?
5	Kumush	?	1,05	$6,48 \cdot 10^{-7}$	0,41
6		2,1	?	$2,7 \cdot 10^{-7}$	0,44
7		6,5	0,21	?	1,08
8		5,25	0,8	$4 \cdot 10^{-7}$?
9	Platina	?	0,64	$1,6 \cdot 10^{-7}$	0,78
10		2,15	?	$3,9 \cdot 10^{-7}$	0,38
11		6,45	0,2	?	0,15
12		7,2	0,43	$7,8 \cdot 10^{-7}$?
13	Alyuminiy	?	0,78	$3 \cdot 10^{-7}$	0,81
14		3,6	?	$5,4 \cdot 10^{-7}$	0,18
15		2,6	0,8	?	0,54
16		6,0	0,26	$3,6 \cdot 10^{-7}$?
17	Kumush	?	0,41	$1,64 \cdot 10^{-6}$	0,135
18		4,2	?	$3,2 \cdot 10^{-7}$	0,54
19		10,5	0,35	?	0,7
20		2,1	0,45	$9 \cdot 10^{-7}$?
21	Alyuminiy	?	0,26	$3,6 \cdot 10^{-7}$	0,54
22		1,3	?	$5,4 \cdot 10^{-7}$	0,21
23		4,5	0,25	?	0,135
24		7,8	0,2	$1,8 \cdot 10^{-7}$?
25	Platina	?	0,86	$1,2 \cdot 10^{-6}$	0,39
26		4,3	?	$1,95 \cdot 10^{-6}$	0,16
27		3,1	0,43	?	0,13
28		2,15	0,28	$1,4 \cdot 10^{-7}$?

13.5- masala. Qalinligi a bo'lgan yarim o'tkazgich plastinka, a bo'ylab yo'nalgan magnit maydoniga kiritildi. YArim o'tkazgich solishtirma qarshiligi – ρ , magnit maydoni induksiyasi – V . Maydonga perpendikulyar yo'nalishda plastinka bo'ylab I tok o'tmoqda. Bunda Uko'ndalang potentsiallar farqi paydo bo'ladi. Yarim o'tkazgichdagi zaryadlar harakatchanligi u ga teng. Topshiriq raqamiga mos noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	a , mm	ρ , Om^*m	V , Tl	I , A	U , V	u , $m^2/(B^*c)$
1	?	2^*10^{-5}	0,4	0,7	$5,6^*10^{-4}$	$3,2^*10^{-2}$
2	0,85	?	0,35	0,9	$4,2^*10^{-4}$	$1,7^*10^{-2}$
3	0,64	10^{-5}	?	0,32	$1,2^*10^{-4}$	4^*10^{-2}
4	0,36	5^*10^{-5}	0,72	?	$5,4^*10^{-4}$	$1,08^*10^{-1}$
5	0,56	$1,4^*10^{-5}$	0,5	0,75	?	$1,6^*10^{-1}$
6	0,2	10^{-5}	1,0	0,1	$3,25^*10^{-3}$?
7	?	3^*10^{-5}	0,48	0,5	$1,2^*10^{-3}$	$7,1^*10^{-2}$
8	0,45	?	0,6	0,9	$2,4^*10^{-3}$	5^*10^{-2}
9	0,27	$1,5^*10^{-5}$?	0,54	$3,3^*10^{-3}$	$1,25^*10^{-1}$
10	0,52	10^{-5}	0,45	?	$7,2^*10^{-4}$	$1,04^*10^{-1}$
11	0,32	2^*10^{-5}	0,55	0,4	?	$6,4^*10^{-2}$
12	0,3	2^*10^{-5}	0,8	1,2	$3,2^*10^{-3}$?
13	?	4^*10^{-5}	0,6	0,9	$3,6^*10^{-3}$	$5,5^*10^{-2}$
14	0,62	?	0,93	0,25	$1,8^*10^{-3}$	8^*10^{-2}
15	0,46	$2,2^*10^{-5}$?	0,92	$5,72^*10^{-3}$	$1,3^*10^{-1}$
16	0,34	6^*10^{-5}	0,72	?	$1,44^*10^{-4}$	$1,7^*10^{-1}$
17	0,68	2^*10^{-5}	0,85	0,4	?	$3,82^*10^{-2}$
18	0,8	$3,2^*10^{-5}$	1,6	1,0	$9,6^*10^{-4}$?
19	?	4^*10^{-5}	0,36	1,5	$1,44^*10^{-3}$	$1,2^*10^{-2}$
20	0,35	?	0,64	1,05	$5,76^*10^{-4}$	2^*10^{-2}
21	0,4	$1,2^*10^{-5}$?	0,6	$3,6^*10^{-3}$	$2,2^*10^{-1}$
22	0,28	$1,4^*10^{-5}$	0,5	?	$5,8^*10^{-4}$	$1,16^*10^{-1}$
23	0,6	2^*10^{-5}	0,75	0,4	?	$5,35^*10^{-2}$
24	0,75	$2,5^*10^{-5}$	0,54	0,8	$7,2^*10^{-4}$?
25	?	$2,8^*10^{-5}$	0,25	0,55	7^*10^{-4}	4^*10^{-2}
26	0,58	?	1,16	0,6	$3,6^*10^{-4}$	3^*10^{-2}
27	0,42	4^*10^{-5}	?	0,6	$1,2^*10^{-4}$	$2,1^*10^{-1}$
28	0,39	$1,3^*10^{-5}$	0,9	?	$3,36^*10^{-4}$	$1,12^*10^{-1}$

13.6- masala. Elektromagnit qutblari orasida bir jinsli V induksiyali magnit maydoni yuzaga kelayapdi. Uzunligi l bo'lgan o'tkazgich

elektromagnit qutblari orasidaga kuch chiziqlariga nisbatan α burchak ostida joylashgan, undan t davomida $q=f(t)$ qonunga asosan, zaryad miqdori oqib o'tdi. Bunda o'tkazgichga ta'sir qiluvchi kuch F ga teng. Noma'lum kattalikni aniqlang.

Topshiriq raqami	$q=f(t)$, Kl	l , m	V , Tl	α , grad	F , N
1	$q=0.5t+2$?	$3 \cdot 10^{-2}$	30	$1.5 \cdot 10^{-4}$
2	$q=1.6+0.2t$	2.5	?	45	$7.07 \cdot 10^{-4}$
3	$q=t-0.75$	5	$3.8 \cdot 10^{-2}$?	$1.34 \cdot 10^{-3}$
4	$q=0.1t-0.25$	20	$1.4 \cdot 10^{-2}$	60	?
5	$q=0.25t+1.8$?	$8 \cdot 10^{-2}$	60	$4.33 \cdot 10^{-4}$
6	$q=2.47+0.6t$	3.3	?	45	$1.41 \cdot 10^{-3}$
7	$q=0.15t-0.04$	15	$4.3 \cdot 10^{-2}$?	$8.38 \cdot 10^{-4}$
8	$q=0.3t-2.2$	18	$6.2 \cdot 10^{-2}$	30	?
9	$q=1.2t-3.0$?	$5.83 \cdot 10^{-2}$	30	$3.5 \cdot 10^{-4}$
10	$q=0.75+2t$	7.5	?	60	$8.66 \cdot 10^{-4}$
11	$q=0.5t-0.48$	10	$5.7 \cdot 10^{-2}$?	$2 \cdot 10^{-3}$
12	$q=0.3t-0.23$	5	$8.2 \cdot 10^{-2}$	45	?
13	$q=0.35t+1.21$?	$2.72 \cdot 10^{-2}$	45	$4.24 \cdot 10^{-4}$
14	$q=2.75+0.8t$	6.2	?	30	$2.5 \cdot 10^{-3}$
15	$q=3.84+0.55t$	3	$6.4 \cdot 10^{-2}$?	$5.28 \cdot 10^{-4}$
16	$q=0.4t-0.17$	11	$9.6 \cdot 10^{-3}$	60	?
17	$q=0.9t-1.75$?	$5.55 \cdot 10^{-2}$	60	$1.73 \cdot 10^{-3}$
18	$q=0.55t+0.83$	9	?	45	$2.12 \cdot 10^{-3}$
19	$q=0.12+0.4t$	5	$9.5 \cdot 10^{-3}$?	$1.34 \cdot 10^{-4}$
20	$q=0.8t-0.98$	8	$5.8 \cdot 10^{-2}$	30	?
21	$q=0.6t-2.15$?	$5 \cdot 10^{-2}$	30	$6 \cdot 10^{-4}$
22	$q=3.84+0.45t$	6.66	?	60	$2.6 \cdot 10^{-3}$
23	$q=2.14+0.7t$	9	$8.8 \cdot 10^{-3}$?	$4.8 \cdot 10^{-4}$
24	$q=0.75t-0.18$	2	$7.3 \cdot 10^{-2}$	45	?
25	$q=1.12+0.35t$?	$4 \cdot 10^{-2}$	45	$4.95 \cdot 10^{-4}$
26	$q=0.44+0.85t$	8.82	?	30	$7.5 \cdot 10^{-4}$
27	$q=0.45t-2.11$	10	$7.8 \cdot 10^{-3}$?	$3.04 \cdot 10^{-4}$
28	$q=0.7t-1.31$	4	$9.2 \cdot 10^{-3}$	60	?

13.7- masala. Uzunligi l bo'lgan o'tkazgichdan turli turdagi konturlar tayyorlandi. Induksiyasi B bo'lgan bir jinsli magnit maydoniga joylashtrilgan har bir konturga M aylanish momenti ta'sir qilmoqda. Kontur bo'ylab I tok o'tmoqda. Kontur tekisligiga o'tkazilgan

normal magnit maydoni yo'nalishiga nisbatan α burgakni tashkil qiladi. Jadvaldagi topshiriq raqamiga mos noma'lum kattalikni aniqlang.

Topshiriq raqami	Kontur turi	l, sm	V, Tl	M, N*m	I, A	α , grad
1	Aylana	12,56	$4 \cdot 10^{-3}$?	0.6	45
2		6	?	$4.5 \cdot 10^{-7}$	0.2	30
3		?	$3.14 \cdot 10^{-3}$	$8.66 \cdot 10^{-7}$	0.1	60
4		6.28	$3 \cdot 10^{-2}$	$3.33 \cdot 10^{-6}$	0.5	?
5	Kvadrat	4	$1.5 \cdot 10^{-2}$	$2.6 \cdot 10^{-7}$?	60
6		8	$4 \cdot 10^{-2}$?	0.15	45
7		10	?	$7.51 \cdot 10^{-6}$	0.32	30
8		?	$1.25 \cdot 10^{-2}$	$4.33 \cdot 10^{-6}$	0.25	60
9	Tomonlari avab, a=2b bo'lgan to'g'ri to'rtburchak	9	10^{-2}	$8.7 \cdot 10^{-7}$	0.2	?
10		6	$2.5 \cdot 10^{-2}$	$1.41 \cdot 10^{-6}$?	45
11		12	$1.5 \cdot 10^{-3}$?	0.3	60
12		11	?	$1.21 \cdot 10^{-6}$	0.9	30
13	Aylana	?	$1.57 \cdot 10^{-2}$	$7.07 \cdot 10^{-7}$	0.125	45
14		9.3	$1.5 \cdot 10^{-2}$	$6.36 \cdot 10^{-6}$	0.3	?
15		10	$3.14 \cdot 10^{-2}$	$3.53 \cdot 10^{-6}$?	45
16		31.4	$7 \cdot 10^{-3}$?	0.4	30
17	Tomonlari avab, a=4b bo'lgan to'g'ri to'rtburchak	8	?	$1.28 \cdot 10^{-6}$	0.5	30
18		?	$1.25 \cdot 10^{-2}$	$7.07 \cdot 10^{-6}$	0.5	45
19		14	$5 \cdot 10^{-2}$	$3.4 \cdot 10^{-6}$	0.1	?
20		12	$2.5 \cdot 10^{-2}$	$2.6 \cdot 10^{-6}$?	60
21	Kvadrat	16	$5.5 \cdot 10^{-3}$?	0.25	60
22		12	?	$2.12 \cdot 10^{-6}$	0.35	45
23		?	$2.5 \cdot 10^{-2}$	$1.8 \cdot 10^{-6}$	0.64	30
24		6.4	$5 \cdot 10^{-2}$	$1.28 \cdot 10^{-6}$	0.2	?
25	Aylana	8	$6.28 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-7}$?	30
26		15.7	$3 \cdot 10^{-3}$?	0.8	60
27		5	?	$7.07 \cdot 10^{-7}$	0.63	45
28		?	$9.42 \cdot 10^{-3}$	$4.33 \cdot 10^{-6}$	0.66	60

13.8- masala. Disk, unga o'tkazilgan normal magnit maydoni induksiya chiziqlariga nisbatan α burchak ostida joylashgan bo'lib, normal bilan mos keluvchi o'qi atrofida ν chastota bilan aylanayapdi. r

radiusli diskni t vaqt davomida kesib o'tuvchi magnet maydoni oqimi F ga teng. Magnet maydoni induksiyasi – V ga teng. Jadvaldagi topshiriq raqamiga mos noma'lum kattalikni aniqlang.

Topshiriq raqami	α , grad	v , Gs	r , sm	t , min	F , Vb	V , Tl
1	?	15	3	2	$5.1 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-2}$
2	60	?	4	0.1	$6.28 \cdot 10^{-3}$	$2.08 \cdot 10^{-2}$
3	45	20	?	0.5	$1.7 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-3}$
4	30	20	5	?	$9.79 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-3}$
5	45	25	2	1	?	$4 \cdot 10^{-2}$
6	60	15	3	0.5	$3.8 \cdot 10^{-2}$?
7	?	30	5	0.5	$1.25 \cdot 10^{-1}$	$2.5 \cdot 10^{-2}$
8	45	?	1	0.2	$1.33 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-2}$
9	60	5	?	2	$1.13 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-2}$
10	45	18	1.5	?	$5.4 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-2}$
11	30	10	4	0.5	?	$8 \cdot 10^{-3}$
12	60	25	6	0.2	$1.36 \cdot 10^{-2}$?
13	?	12	2.5	1	$6.36 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^{-3}$
14	30	?	5	0.5	$3.67 \cdot 10^{-2}$	$1.2 \cdot 10^{-2}$
15	45	20	?	1.5	$5.99 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-3}$
16	45	30	1.5	?	$3.6 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2}$
17	60	20	8	3	?	$3 \cdot 10^{-2}$
18	30	5	4	2	$1.57 \cdot 10^{-2}$?
19	?	10	6	1.5	$5.03 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-3}$
20	60	?	3	0.5	$8.48 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-3}$
21	30	15	?	0.1	$1.1 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$
22	60	10	2	?	$2.83 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^{-3}$
23	45	18	7	1	?	$2 \cdot 10^{-2}$
24	45	5	2	1.5	$4.8 \cdot 10^{-2}$?
25	?	14	2	2	$2.74 \cdot 10^{-2}$	$1.5 \cdot 10^{-2}$
26	30	?	2.5	1	$7.14 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-3}$
27	45	5	?	0.5	$4.8 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2}$
28	60	25	3	?	$7.95 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$

13.9- masala. Ikkita o'zaro parrallel uzun to'g'ri o'tkazgichlar bir-biriga nisbatan r_1 masofada joylashgan. O'tkazgichlardan bir hil yo'nalishda I_1 va I_2 toklar oqmoqda. O'tkazgichlarni r_2 masofaga siljitish uchun uzunlik birligiga A . Topshiriq raqamiga asosan noma'lum kattalikni aniqlang.

Topshiriq raqami	r_1 , sm	r_2 , sm	I_1 , A	I_2 , A	A, J
1	?	5	1.4	0.5	$9.7 \cdot 10^{-8}$
2	2	?	0.75	1.2	$1.98 \cdot 10^{-7}$
3	r_1	$1.5 \cdot r_1$?	2.5	$4.05 \cdot 10^{-7}$
4	$0.5 \cdot r_2$	r_2	0.5	?	$6.93 \cdot 10^{-8}$
5	r_1	$2 \cdot r_1$	0.5	0.8	?
6	?	8	1.5	0.6	$2.49 \cdot 10^{-7}$
7	5	?	0.6	0.4	$3.33 \cdot 10^{-8}$
8	r_1	$3 \cdot r_1$?	0.25	$1.1 \cdot 10^{-7}$
9	$0.2 \cdot r_2$	r_2	0.4	?	$1.61 \cdot 10^{-7}$
10	r_1	$4 \cdot r_1$	1.0	1.5	?
11	?	4.5	0.8	0.5	$8.8 \cdot 10^{-8}$
12	6	?	1.2	1.6	$2.66 \cdot 10^{-7}$
13	$0.25 \cdot r_2$	r_2	?	1.25	$1.38 \cdot 10^{-7}$
14	r_1	$2 \cdot r_1$	1.5	?	$2.77 \cdot 10^{-7}$
15	$0.5 \cdot r_2$	r_2	2.2	1.5	?
16	?	12	0.7	1.0	$7 \cdot 10^{-8}$
17	3	?	1.3	0.5	$9 \cdot 10^{-8}$
18	$0.1 \cdot r_2$	r_2	?	0.4	$4.6 \cdot 10^{-7}$
19	r_1	$3 \cdot r_1$	0.2	?	$8.8 \cdot 10^{-8}$
20	r_1	$5 \cdot r_1$	0.2	0.6	?
21	?	12	0.3	0.7	$4.6 \cdot 10^{-8}$
22	4.5	?	1.4	2.0	$3.88 \cdot 10^{-7}$
23	r_1	$2.5 \cdot r_1$?	0.5	$9.16 \cdot 10^{-8}$
24	$0.25 \cdot r_2$	r_2	2.0	?	$2.77 \cdot 10^{-7}$
25	10	20	0.7	2.1	?
26	?	15	1.3	0.9	$1.88 \cdot 10^{-7}$
27	2	?	0.5	1.1	$7.62 \cdot 10^{-8}$
28	$0.4 \cdot r_2$	r_2	?	0.8	$1.83 \cdot 10^{-7}$

13.10-masala. Vertikal joylashgan r radiusli aylana kontur bir jinsli gorizontal magnit maydoniga kontur tekisligining musbat normali magnit maydoniga nisbatan α_1 burchak hosil qiladigan qilib joylashtirilgan. Magnit maydon induksiyasi – V . Kontur orqali oqayotgan tok kuchi $-I$. Konturni vertikal diametri bilan mos keluvchi o'qi atrofida uning normali magnit maydoniga nisbatan α_2 burchak hosil qiladigan qilib burish uchun A ish bajarish kerak. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	V, Tl	I, A	r, sm	α_1 , grad	α_2 , grad	A, J
1	?	0.25	4	60	0	$7.54 \cdot 10^{-5}$
2	0.02	?	3	30	90	$-2.45 \cdot 10^{-5}$
3	0.3	1.5	?	0	45	$-1.49 \cdot 10^{-3}$
4	0.45	0.9	6	?	120	$-5.53 \cdot 10^{-3}$
5	0.5	0.6	7	150	?	$3.22 \cdot 10^{-3}$
6	0.1	0.5	2	30	60	?
7	?	0.8	12	90	135	$-5.12 \cdot 10^{-3}$
8	0.25	?	5	60	120	$-1.57 \cdot 10^{-3}$
9	0.02	1.0	?	45	90	$-7.1 \cdot 10^{-5}$
10	0.3	0.7	4	?	90	$-9.14 \cdot 10^{-4}$
11	0.6	0.2	1	120	?	$5.65 \cdot 10^{-5}$
12	0.4	0.1	10	30	120	?
13	?	1.2	1	135	45	$3.2 \cdot 10^{-4}$
14	0.5	?	4	120	30	$3.43 \cdot 10^{-4}$
15	0.6	0.75	?	30	150	$-6.12 \cdot 10^{-3}$
16	0.1	0.5	8	?	120	$-5.03 \cdot 10^{-4}$
17	0.35	0.4	6	30	?	$-1.37 \cdot 10^{-3}$
18	0.05	1.2	5	0	45	?
19	?	0.6	2	45	30	$3 \cdot 10^{-5}$
20	0.8	?	3	150	90	$1.96 \cdot 10^{-3}$
21	0.7	0.8	?	0	30	$-9.43 \cdot 10^{-5}$
22	0.4	0.3	2	?	30	$5.52 \cdot 10^{-5}$
23	0.5	0.1	4	180	?	$2.51 \cdot 10^{-4}$
24	0.25	0.4	6	90	30	?
25	?	0.3	2	180	360	$3 \cdot 10^{-4}$
26	0.75	?	8	90	180	$-7.54 \cdot 10^{-3}$
27	0.08	0.6	?	60	150	$-1.85 \cdot 10^{-4}$
28	0.2	0.15	9	?	90	$-7.63 \cdot 10^{-4}$

14-MAVZU. MODDADAGI MAGNIT MAYDONI. ELEKTROMAGNIT INDUKSIYA. ELEKTROMAGNIT MAYDON UCHUN MAKSVELLNING ASOSIY NAZARIYALARI

Nazorat savollari

14.1. Modda magnitlanganligi deb nimaga aytiladi? Magnitlanganlik vektori ma'lum hajmdagi magnetiklarning magnit momentlari yig'indisiga qanday bog'liq? Moddaning magnit kirituvchanligi nima? Modda magnitlanganligi va magnit kirituvchanligi orasida qanday bog'liqlik bor? Moddadagi magnit maydon induksiyasi va magnit maydon kuchlanganligi orasida qanday bog'liqlik bor? Magnetiklarning absolyut va nisbiy magnit singdiruvchanliklari nima? Modda nisbiy magnit singdiruvchanligi uning magnit kirituvchanligi bilan qanday aloqada? Magnetiklar turlari qanday parametrlar bilan farqlanadilar?

14.2. Moddadagi magnit maydoni uchun to'liq tok qonunini tariflang. Ikki magnetiklar chegarasida: a) magnit maydon induksiyasining normal tashkil etuvchisi va b) magnit maydoni kuchlanganligining normal tashkil etuvchisi orasida qanday bog'liqlik mavjud?

14.3. Ikki magnetiklar chegarasida magnit maydonining tangensial tashkil etuvchilari orasida qanday bog'liqlik mavjud? Ikki magnetik chegarasida magnit induksiya chiziqlarining sinish qonunini yozing.

14.4. Elektromagnit induksiya hodisasi nima? Lens qoidasini tariflang.

14.5. Qaysi holda E.YU.K. induksiyasi maksimal bo'ladi? Konturning qaysi holatida uning aylanishi uni kesib o'tuvchi magnit oqimi o'zgarishiga olib kelmaydi?

14.6. Oqimni ushlab olish deb nimaga aytiladi? N ta o'ramdan iborat ramkadagi EYUK induksiyasi, bitta o'ramdan iborat xuddi shunday yuzaga ega bo'lgan kontur EYUK induksiyasidan qanchaga farq qiladi.

14.7. O'zinduksiya hodisasi nima? O'zinduksiya EYUKsi nimaga teng? Induktivlik nima? U qanday birliklarda o'lchanadi? Qaysi hollarda solenoid induktivligi doimiy qoladi? Qachon induktivlik solenoid o'ramlaridagi tok kuchiga bog'liq bo'ladi? Ohirgi holatda o'zinduksiya EYUK nimaga teng? Tokli kontur energiyasi nimaga teng? o'zaro bog'langan bir necha konturlarning energiyalarini qanday qilib aniqlanadi? Energiyaning hajmiy zichligi nima va uni qanday aniqlanadi?

14.8. Zanjir uzilganda tok qanday qonun bo'yicha kamayadi? Zanjirning vaqt doimiysi (relaksatsiya vaqti), deb nimaga aytiladi? Zanjir tutashtirilganda tok qanday qonunga ko'ra ko'payadi? Nima uchun zanjir

tutashganda yoki uzilganda tok birdaniga emas, balki asta-sekinlik bilan o'zgaradi?

14.9. Elektromagnit maydon uchun Maksvell nazariyasi asosi nimadan iborat? Siljish toki, deb nimaga aytiladi? Uning qiymati qanday aniqlanadi?

14.10. Maksvell tenglamalarini yozing va ularni tushuntiring.

ADABIYOTLAR

1. YA.V. Savelev. Kurs obuyefiziki. 1988. T. 2 (§ 51-71).

2. AL. Detlaf, B.M. YAvorskiy. Kurs fiziki M., 1989 (§ 24,1-24,6, 25,1-25,5)

14.1-masala. Magnit maydoniga R radiusli sharcha joylashtirilgan. Sharcha moddasi magnit kirituvchanligi χ ga, sharchaning magnit momenti $-p$ ga, sharcha ichidagi magnit maydoni induksiyasi $-V$ ga teng. Noma'lum kattalikni toping. Sharcha tayyorlangan moddaning qaysi magnetiklar turiga kirishini aniqlang.

Topshiriq raqami	V, Tl	R, sm	χ	$p, A \cdot m^2$
1	$6 \cdot 10^{-3}$	2	$1.76 \cdot 10^{-4}$?
2	$2 \cdot 10^{-3}$	1.5	?	$3.375 \cdot 10^{-6}$
3	$5 \cdot 10^{-2}$?	$2.1 \cdot 10^{-5}$	$3.5 \cdot 10^{-6}$
4	?	2.5	$-1.4 \cdot 10^{-5}$	$-3.645 \cdot 10^{-6}$
5	$4 \cdot 10^{-2}$	0.8	$6 \cdot 10^{-5}$?
6	$2 \cdot 10^{-2}$	0.5	?	$-1.466 \cdot 10^{-6}$
7	$8 \cdot 10^{-3}$?	$-9 \cdot 10^{-6}$	$-1.92 \cdot 10^{-6}$
8	?	1.5	$-2 \cdot 10^{-5}$	$-4.5 \cdot 10^{-7}$
9	$3 \cdot 10^{-3}$	3.5	$2.6 \cdot 10^{-4}$?
10	$5 \cdot 10^{-2}$	2	?	$-1.2 \cdot 10^{-5}$
11	$1.5 \cdot 10^{-3}$?	$1.4 \cdot 10^{-3}$	$1.887 \cdot 10^{-4}$
12	?	0.6	$-1.7 \cdot 10^{-5}$	$-1.224 \cdot 10^{-8}$
13	$1.2 \cdot 10^{-3}$	1.5	$3.6 \cdot 10^{-3}$?
14	$3.6 \cdot 10^{-3}$	1	?	$1.678 \cdot 10^{-5}$
15	10^{-3}	?	$5.8 \cdot 10^{-3}$	$1.538 \cdot 10^{-4}$
16	?	2.5	$-8 \cdot 10^{-6}$	$-2.083 \cdot 10^{-5}$
17	$7 \cdot 10^{-2}$	0.5	$-3 \cdot 10^{-6}$?
18	$6 \cdot 10^{-2}$	1	?	$-3.4 \cdot 10^{-6}$
19	$2 \cdot 10^{-3}$?	$1.2 \cdot 10^{-3}$	$7.99 \cdot 10^{-6}$
20	?	0.2	$-1.8 \cdot 10^{-4}$	$-1.44 \cdot 10^{-5}$
21	$6 \cdot 10^{-3}$	3	$-2 \cdot 10^{-5}$?
22	$1.5 \cdot 10^{-3}$	2.5	?	$1.092 \cdot 10^{-4}$
23	$1.2 \cdot 10^{-3}$?	$5.8 \cdot 10^{-3}$	$2.31 \cdot 10^{-5}$

24	?	0.5	$-1.7 \cdot 10^{-5}$	$-7.083 \cdot 10^{-5}$
25	$8 \cdot 10^{-2}$	0.1	$2.6 \cdot 10^{-4}$?
26	$4 \cdot 10^{-3}$	0.8	?	$8.182 \cdot 10^{-6}$
27	$9 \cdot 10^{-2}$?	$-3 \cdot 10^{-6}$	$-2.43 \cdot 10^{-5}$
28	?	1.5	$2.1 \cdot 10^{-5}$	$2.362 \cdot 10^{-7}$

14.2-masala. Kengligi h_0 bo'lgan tor vakuumli tirqishi bo'lgan ferromagnit o'zakli torroid o'ramlari torroidning uzunlik birligiga n ga teng. Tirqish kengligi h_0 torroidning o'rtacha diametri d ga nisbatan ancha kichik. Toroid o'ramlaridagi tok kuchi I bo'lganida tirqishdagi magnit maydoni induksiyasi V_0 ga, o'zakning nisbiy magnit singdiruvchanligi μ ga teng. Noma'lum kattalikni toping. Berilgan qo'shimcha topshiriqni bajaring.

Topshiriq raqami	d , sm	h_0 , mm	n , 1/m	I , A	V_0 , Tl	μ	Bog'liqlikni tushuntiring
1	30	1	1000	1.68	1.1	?	$\mu=f(I)$
2				2.41	1.2	?	
3				3.1	1.3	?	
4				3.64	1.35	?	
5	40	2	1000	2.46	?	280	$V_0=f(\mu)$
6					?	540	
7					?	710	
8					?	1140	
9	50	3	500	?	0.6	238	$V_0=f(I)$
10				?	0.3	318	
11				?	0.4	290	
12				?	0.5	265	
13	30	1.5	?	3.0	1.30	1035	$V_0=f(n)$
14			?		1.35	716	
15			?		1.25	1170	
16			?		1.20	1270	
17	50	?	850	1.5	0.56	2000	$V_0=f(h_0)$
18		?			0.46		
19		?			0.63		
20		?			0.51		
21	?	3	1000	2.5	1.0	2650	$\mu=f(d)$
22	?				1.1	1750	
23	?				1.25	1120	
24	?				1.4	650	

25	45	1.8	1350	2.0	1.2	?	$\mu=f(n)$
26			860		1.0	?	
27			630		0.8	?	
28			430		0.6	?	

14.3-masala. Ikkita turli magnetiklardan tayyorlangan tekisparallel plastinkalar birgalikda shunday birlashtirilib magnit maydoniga jaylashtirilganki, bunda birinchi magnetikdagi magnit induksiyasi vektori V_1 bo'linish chegarasiga o'tkazilgan urinmaga nisbatan α_1 burchakni, ikkinchi magnetikdagi V_2 vektori esa α_2 burchakni tashkil etadi. Magnetiklarning magnit singdiruvchanliklari nisbati μ_1/μ_2 ga teng. Topshiriqqa asosan noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	V_1, Tl	α_1, grad	V_2, Tl	α_2, grad	μ_1/μ_2
1	$2,5 \cdot 10^{-3}$	20	$2.506 \cdot 10^{-3}$?	?
2	?	45	$2 \cdot 10^{-3}$?	1.05
3	$5 \cdot 10^{-4}$	30	?	?	1.01
4	$4.08 \cdot 10^{-4}$?	$4 \cdot 10^{-4}$	45	?
5	$8 \cdot 10^{-3}$	60	?	?	0.97
6	?	30, 124	$3 \cdot 10^{-3}$	30	?
7	$5.955 \cdot 10^{-4}$?	$6 \cdot 10^{-4}$	60	?
8	?	?	$5 \cdot 10^{-2}$	40	1.004
9	$2.0014 \cdot 10^{-4}$?	$2 \cdot 10^{-4}$	20	?
10	$7 \cdot 10^{-3}$	45	?	?	0.995
11	$5 \cdot 10^{-3}$	30	$4.988 \cdot 10^{-3}$?	?
12	?	?	$4 \cdot 10^{-4}$	60	0.992
13	?	89	$2 \cdot 10^{-4}$?	$5 \cdot 10^3$
14	$6.982 \cdot 10^{-2}$?	$5 \cdot 10^{-3}$	1	?
15	$5 \cdot 10^{-2}$?	?	2	10^3
16	$1.146 \cdot 10^{-1}$	88	$4 \cdot 10^{-3}$?	?
17	$2 \cdot 10^{-4}$	1.5	$5.24 \cdot 10^{-3}$?	?
18	$3 \cdot 10^{-3}$?	$6.876 \cdot 10^{-2}$	87.5	?
19	$4 \cdot 10^{-3}$	1	?	?	$5 \cdot 10^{-4}$
20	?	?	$8 \cdot 10^{-2}$	88	$2 \cdot 10^{-3}$
21	$6 \cdot 10^{-2}$?	?	1.366	800
22	?	86	$2 \cdot 10^{-3}$?	1200
23	$2.864 \cdot 10^{-2}$?	10^{-3}	1.49	?
24	10^{-3}	87	$5.233 \cdot 10^{-5}$?	?
25	$8 \cdot 10^{-3}$?	$1.4 \cdot 10^{-4}$	4.368	?

26	$5 \cdot 10^{-3}$	88.5	?	?	680
27	?	?	10^{-4}	0.8	900
28	$2 \cdot 10^{-2}$	87.5	$8.727 \cdot 10^{-4}$?	?

14.4-masala. Induksiyasi V bo'lgan magnit maydonida uzunligi l bo'lgan tayoqcha o'zgarmas burchak tezlik bilan aylanayapdi. Aylanish o'qi tayoqcha uchiga mos keladi va magnit maydoni kuch chiziqlariga nisbatan α burchakni tashkil etadi. Bunda tayoqcha uchlarida ϵ ga teng EYUK induksiyasi vujudga keladi. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	V, Tl	l, sm	$\omega, rad/s$	$\alpha, grad$	ϵ, V
1	?	12	20	30	$2.5 \cdot 10^{-3}$
2	0.05	?	32	60	$3.6 \cdot 10^{-2}$
3	0.2	25	?	45	$1.77 \cdot 10^{-1}$
4	0.34	42	16	?	$2.4 \cdot 10^{-1}$
5	0.08	30	45	60	?
6	?	18	22	30	$3.4 \cdot 10^{-2}$
7	0.4	?	50	45	$2.83 \cdot 10^{-1}$
8	0.02	10	?	60	$1.5 \cdot 10^{-3}$
9	0.15	40	35	?	$3.97 \cdot 10^{-1}$
10	0.5	24	60	45	?
11	?	36	40	30	$8.98 \cdot 10^{-1}$
12	0.04	?	28	60	$1.75 \cdot 10^{-2}$
13	0.26	16	?	30	$1.44 \cdot 10^{-1}$
14	0.6	28	62	?	$7.29 \cdot 10^{-1}$
15	0.1	50	24	60	?
16	?	35	15	45	$1.3 \cdot 10^{-1}$
17	0.03	?	25	60	$1.875 \cdot 10^{-3}$
18	0.45	8	?	30	$7.48 \cdot 10^{-2}$
19	0.24	32	50	?	$4.34 \cdot 10^{-1}$
20	0.35	22	36	45	?
21	?	40	18	30	$6.235 \cdot 10^{-1}$
22	0.07	?	65	60	$2.56 \cdot 10^{-2}$
23	0.12	14	?	45	$4.16 \cdot 10^{-2}$
24	0.32	27	43	?	$4.34 \cdot 10^{-1}$
25	0.48	33	52	60	?
26	?	28	30	45	$2.5 \cdot 10^{-1}$
27	0.56	?	55	60	$6.93 \cdot 10^{-1}$
28	0.06	50	?	30	$1.3 \cdot 10^{-1}$

14.5-masala. Induksiyasi V ga teng bo'lgan bir jinsli magnit maydonida yuzasi S bo'lgan ramka ω burchak tezlik bilan bir tekis aylanayapdi. Aylanish o'qi ramka tekisligida bo'lib, magnit maydoni kuch chiziqlari bilan α burchakni tashkil qiladi. Ramkaning aylanish davridagi maksimal EYUK ϵ_{max} ni toping. ϵ_{max} ning o'zgaruvchi parametrga nisbatan qanday o'zgarishini kuzating

Topshiriq raqami	V, Tl	S, sm^2	$\omega, rad/s$	$\alpha, grad$	Bog'liqlikni tushuntiring
1	0,05	35	60	30	$\epsilon_{max}=f(\alpha)$
2				60	
3				90	
4				120	
5	0,3	4	10	45	$\epsilon_{max}=f(\omega)$
6			20		
7			30		
8			40		
9	0,5	10	80	30	$\epsilon_{max}=f(S)$
10		20			
11		30			
12		40			
13	0,05	25	6	150	$\epsilon_{max}=f(B)$
14	0,10				
15	0,15				
16	0,20				
17	0,4	16	120	90	$\epsilon_{max}=f(\alpha)$
18				120	
19				135	
20				150	
21	0,75	8	50	60	$\epsilon_{max}=f(\omega)$
22			100		
23			150		
24			200		
25	0,2	12	15	120	$\epsilon_{max}=f(B)$
26	0,4				
27	0,6				
28	0,8				

14.6-masala. Induksiyasi V bo'lgan bir jinsli magnit maydonida bir-biriga zich o'ralgan N o'ramdan iborat ramka v chastota bilan aylanayapdi. Ramka yuzasi S ga teng, aylanish o'qi induksiya chiziqlariga nisbatan perpendikulyar. Induksion EYUKning t vaqtdagi oniy qiymati ϵ_i ga teng. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	V, TI	v, Gs	N	S, sm^2	ϵ_i, V	t, s
1	?	27.77	900	40	108.8	0.15
2	0.3	20.5	1000	12	?	0.25
3	0.08	5	?	30	4.52	10.05
4	0.4	36.44	750	?	68.68	1.1
5	0.2	5	800	26	?	0.05
6	0.5	37	900	22	230	?
7	?	25	1100	15	54.97	4.005
8	0.75	11	?	30	130.63	2.02
9	0.6	16.75	?	18	64.3	1.5
10	0.1	42.5	1200	?	34	0.05
11	0.05	22.11	860	24	?	1.5
12	0.4	19.3	480	32	37.25	?
13	?	30.3	800	16	147.7	0.55
14	0.32	25	920	20	?	1.005
15	0.28	6.25	?	40	43.98	6.04
16	0.12	9.05	600	?	12.28	5
17	0.46	5.5	500	48	?	2.75
18	0.6	16.5	300	14	22.62	?
19	?	25	720	28	126.67	3.01
20	0.09	6	400	?	3.838	5.042
21	0.42	12.11	?	45	62.27	1.5
22	0.55	18.1	950	?	142.61	2.5
23	0.3	28.2	800	16	?	1.25
24	0.16	4.021	1200	36	8.73	?
25	?	12.5	750	18	37.48	2.01
26	0.64	10	500	34	?	2.025
27	0.5	26.1	?	25	164	2.5
28	0.4	15.25	850	?	57.58	0.5

14.7-masala. Bir biriga zich o'ralgan d diametrli simdan D diametrli silindrik o'zakka N ta o'ralgan uzun bir qatlamli solenoid induktivligi L ga teng. O'ramlardan tok kuchi oqayotgandi o'zak

moddasi magnit kirituvchanligi μ ga, magnit maydonining hajmiy zichligi w ga teng bo'ladi. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	L, Gn	N	d, mm	D, sm	I, A	μ	$w, \text{J/m}^3$
1	?	700	?	3.6	0.1	2300	$2.83 \cdot 10^{-4}$
2	$7.9 \cdot 10^{-5}$?	0.4	5.2	?	3500	$1.5 \cdot 10^{-2}$
3	?	2500	0.85	6.5	0.7	600	?
4	$6.2 \cdot 10^{-5}$?	0.07	4.4	0.45	?	0.155
5	?	1000	0.15	6.0	?	3300	0.415
6	$3.95 \cdot 10^{-5}$?	?	2.5	0.75	4200	0.116
7	$8.76 \cdot 10^{-6}$	500	?	?	0.3	1000	$8.13 \cdot 10^{-4}$
8	?	750	0.5	5.0	0.09	?	$1.72 \cdot 10^{-4}$
9	$5.76 \cdot 10^{-6}$?	0.8	3.5	0.4	950	?
10	$4 \cdot 10^{-5}$	460	?	4.6	?	3000	$1.9 \cdot 10^{-2}$
11	$2.42 \cdot 10^{-5}$	550	0.45	?	0.2	?	$1.92 \cdot 10^{-3}$
12	$1.4 \cdot 10^{-5}$	300	0.1	2.2	0.65	?	?
13	$4.1 \cdot 10^{-5}$	600	0.2	?	?	2700	$3.66 \cdot 10^{-2}$
14	?	850	?	4.2	0.15	1500	$1.49 \cdot 10^{-4}$
15	$4.23 \cdot 10^{-6}$?	0.65	3.0	0.5	800	?
16	$3.4 \cdot 10^{-5}$	320	?	5.4	0.9	?	$4.7 \cdot 10^{-2}$
17	?	950	0.3	3.8	0.07	2000	?
18	$2.2 \cdot 10^{-4}$	360	0.09	4.5	?	?	1.2
19	$7 \cdot 10^{-6}$?	0.55	2.4	0.85	?	$2.43 \cdot 10^{-2}$
20	$1.38 \cdot 10^{-4}$	800	?	5.6	0.12	950	?
21	?	900	0.75	4.0	?	700	$1.78 \cdot 10^{-4}$
22	$1.36 \cdot 10^{-4}$?	?	6.6	0.8	1100	$7.78 \cdot 10^{-2}$
23	$1.77 \cdot 10^{-5}$	450	0.25	?	0.55	?	$3.85 \cdot 10^{-2}$
24	$5.6 \cdot 10^{-5}$	1100	0.6	?	0.06	1400	?
25	$8.4 \cdot 10^{-6}$?	0.35	3.2	?	1650	$1.2 \cdot 10^{-2}$
26	$2.9 \cdot 10^{-5}$	830	?	?	0.25	2500	$1.08 \cdot 10^{-3}$
27	?	400	0.7	5.3	0.6	?	$3 \cdot 10^{-3}$
28	$4.77 \cdot 10^{-5}$	650	0.08	2.6	0.35	?	?

14.8-masala. G'altak R elektr qarshiligiga va L induktivlikka ega. G'altakdagi tok kuchi i_0 ga teng. Tok o'chirilganidan t vaqt o'tgach, g'altakdagi tok kuchi i ga teng bo'lib qoladi. Noma'lum kattalikni toping, qo'shimcha topshiriqni bajaring.

Topshiriq raqami	R, Om	L, Gn	i_0, A	i, A	t, s	Bog'liqlikni taxlil qiling
------------------	----------------	----------------	-----------------	---------------	---------------	----------------------------

1	?	0.133	i_0	$0.5i_0$	$4 \cdot 10^{-3}$	$i=f(t)$ $i_0, R, L - \text{const}$
2	30	?	i_0	$0.2i_0$	$1.6 \cdot 10^{-2}$	
3	12	0.036	?	0.1	$5.37 \cdot 10^{-3}$	
4	25	0.75	0.5	?	$2.08 \cdot 10^{-2}$	
5	11.1	0.032	i_0	$0.25i_0$?	$i=f(R)$ $i_0, L, t - \text{const}$
6	?	0.04	i_0	$0.1i_0$	$4.6 \cdot 10^{-3}$	
7	120	?	i_0	$0.4i_0$	$9.16 \cdot 10^{-4}$	
8	230	0.115	?	0.2	$8.05 \cdot 10^{-4}$	
9	180	0.09	0.8	?	$6.93 \cdot 10^{-4}$	$i=f(L)$ $i_0, R, t - \text{const}$
10	138.6	0.1	i_0	$0.5i_0$?	
11	?	0.16	i_0	$0.25i_0$	$2.77 \cdot 10^{-3}$	
12	35	?	i_0	$0.4i_0$	$1.83 \cdot 10^{-2}$	
13	90	0.27	?	0.125	$4.16 \cdot 10^{-3}$	$i/i_0=f(t)$
14	146	0.073	0.6	?	$8.95 \cdot 10^{-4}$	
15	28	0.252	i_0	$0.2i_0$?	
16	?	0.24	i_0	$0.1i_0$	$6.9 \cdot 10^{-3}$	
17	180	?	i_0	$0.25i_0$	$9.7 \cdot 10^{-4}$	$i/i_0=f(R)$
18	110.9	0.84	?	0.05	$1.05 \cdot 10^{-2}$	
19	72	0.144	0.1	?	$3.22 \cdot 10^{-3}$	
20	45.8	0.15	i_0	$0.4i_0$?	
21	?	0.45	i_0	$0.5i_0$	$2.08 \cdot 10^{-3}$	$i/i_0=f(L)$
22	96.6	?	i_0	$0.2i_0$	$8 \cdot 10^{-4}$	
23	85	0.34	?	0.14	$6.44 \cdot 10^{-3}$	
24	35.8	0.26	0.12	?	$1.3 \cdot 10^{-2}$	
25	104	0.2	i_0	$0.125i_0$?	$i/i_0=f(t)$
26	?	0.024	i_0	$0.1i_0$	$9.2 \cdot 10^{-4}$	
27	183.2	?	i_0	$0.4i_0$	$1.1 \cdot 10^{-3}$	
28	62	0.31	?	0.15	$1.04 \cdot 10^{-2}$	

14.9-masala. Plastinkalari orasidagi masofa t vaqt mobaynida d_0 dan d gacha v tezlik bilan o'zgarib turuvchi yassi kondensatordagi j_{sil} siljish tokini toping. Bu vaqt mobaynida kondensator plastinkalaridagi zaryadlar va potentsiallar farqi $\Delta\phi$ o'zgarmaydi. Plastinkalar orasidagi masofa d plastinkalar chiziqli o'lchamligiga nisbatan butun jarayon mobaynida kichkina bo'lib qoladi. Kondensator qoplamalari orasidagi muhitning dielektrik sindiruvchanligi ϵ ga teng.

Topshiriq raqami	$\Delta\phi, V$	d_0, sm	ϵ	$v, \text{sm/s}$	t, s	Bog'liqlikni tushuntiring
------------------	-----------------	------------------	------------	------------------	--------	---------------------------

1	150	0,5	1,8	0,5	0,2	$j_{sm}=f(u)$
2				0,1		
3				0,3		
4				0,8		
5	220	1,0	4,0	1,0	0,5	$j_{sm}=f(t)$
6				1,0		
7				1,5		
8				2,0		
9	100	0,8	25,2	2,0	1,5	$j_{sm}=f(\Delta\phi)$
10	200					
11	300					
12	400					
13	500	2,0	1,4	3,5	0,75	$j_{sm}=f(d_0)$
14		4,0				
15		6,0				
16		8,0				
17	250	1,5	2,2	5,0	1,0	$j_{sm}=f(\epsilon)$
18			4,5			
19			20			
20			81			
21	350	3,0	2,0	2,0	0,5	$j_{sm}=f(u)$
22				4,0		
23				6,0		
24				8,0		
25	180	2,5	1,5	3,0	0,01	$j_{sm}=f(t)$
26					0,1	
27					1,0	
28					10	

14.10-masala. Doiraviy parallel plastinkalar orasi bir jinsli yomon o'tkazuvchi, elektr o'tkazuvchanligi σ , dielektrik singdiruvchanligi ϵ (mangit sindiruvchanligi $\mu = 1$) bo'lgan muhit bilan to'ldirilgan. Plastinalar orasidagi masofa d plastinalar radiusi R dan ancha kichik. Plastinalarga $U=U_m \cos \omega t$ qonuniyat bo'yicha o'zgaruvchi kuchlanish berilyapti. $U=0$ bo'lganda hisob boshlanish vaqtini belgilab, t vaqt momentida plastina o'qidan R ga nisbatan ancha kichik bo'lgan r oralqdagi magnit maydoni kuchlanganligi H ni toping.

Topshiriq raqami	$\sigma, (0m*m)^{-1}$	ϵ	d, sm	U_m, V	$\omega, rad/s$	r, sm	t, s	
1	10^{-8}	6,0	2	300	500	1,0	10^{-2}	$H=f(\sigma)$
2	$5*10^{-8}$							
3	10^{-7}							
4	$3*10^{-7}$							
5	$4*10^{-8}$	2,0	1	250	1000	0,5	$2*10^{-3}$	$H=f(\epsilon)$
6		2,6						
7		6,0						
8		8,1						
9	$6*10^{-8}$	2,6	1	150	800	0,8	$6*10^{-3}$	$H=f(d)$
10			2					
11			3					
12			4					
13	$8*10^{-8}$	4,2	0,5	200	750	0,1	$5*10^{-4}$	$H=f(U_m)$
14				400				
15				600				
16				800				
17	$2*10^{-7}$	8,2	3,5	200	500	0,6	$7*10^{-3}$	$H=f(\omega)$
18					1000			
19					2000			
20					3000			
21	$7*10^{-8}$	5,4	3	500	400	0,5	$8*10^{-4}$	$H=f(r)$
22						1,0		
23						1,5		
24						2,0		
25	$2*10^{-8}$	4,8	1,5	350	600	1,0	10^{-3}	$H=f(t)$
26							$1,5*10^{-3}$	
27							$2,5*10^{-3}$	
28							$5*10^{-3}$	

TEBRANISH VA TO‘LQINLAR

15-MAVZU. GARMONIK, MEXANIK VA ELEKTROMAGNIT TEBRANISHLAR

Nazorat savollari

15.1. Qanday tebranishlar garmonik deyiladi? Garmonik tebranishlarning differensial tenglamalari va uning echimini yozing. Qanday kattaliklar garmonik qonun bo‘yicha o‘zgaradi: a) mexanik tebranishlarda; b) elektromagnit tebranishlarda? Bu kattaliklarning qaysi parametrga bog‘liqligi garmonik qonuniyat bo‘yicha o‘zgaradi?

15.2. Tebranish darvi, uning amplitudasi fazasi deb nimaga aytiladi? Tebranishning boshlang‘ich fazasi nima? Tebranuvchi nuqta qachon maksimal qiymatiga erishadi? U nimaga teng? Qachon uning tezlanishi maksimal qiymatga erishadi?

15.3. Qanday kuchlar elastik va kvazielastik deyiladi? Guk qonunini yozing va uning fizik mohiyatini tushuntiring. Prujinali mayatnik nimadan iborat, unda tebranayotgan moddiy nuqtaga qanday kuchlar ta‘sir qiladi? Prujinali mayatnik tebranish davri nimaga teng?

15.4. Fizik mayatnik deb nimaga aytiladi? Fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi deb nimaga aytiladi? Fizik mayatnikning tebranish davrini qaysi formula yordamida hisoblab topish mumkin? Ingichka halqa, yupqa disk, shar, sterjenlarning og‘irlik markazidan o‘tuvchi o‘qiga nisbatan inersiya momenti nimaga teng? Og‘irlik markazidan o‘tmaydigan o‘qqa nisbatan inersiya momentini qanday aniqlash mumkin?

15.5. Matematik mayatnik deb nimaga aytiladi? Matematik mayatnikning tebranish davri nimaga teng?

15.6. Nuqtaning muvozanat nuqtasiga nisbatan siljiganidagi tebranish-larining kinetik va potensial energiyalarining o‘zgarishini qiyosiy grafiklarini chizing va tushuntiring. Garmonik tebranayotgan moddiy nuqtaning to‘liq energiyasi qanday aniqlanadi?

15.7. Tebranayotgan moddiy nuqtaning kinetik energiyasi vaqt o‘tishi bilan qanday qonuniyat asosida o‘zgaradi? U qachon maksimal qiymatga erishadi? Garmonik mexanik tebranishlarda moddiy nuqta potensial energiyasining o‘zgarishi qaysi qonuniyatga bo‘ysunadi? Vaqtning qaysi momentlarida potensial energiya maksimal qiymatga erishadi?

15.8. Tebranish konturi deb nimaga aytiladi? Ideal tebranish konturi real tebranish konturidan nimasi bilan farq qiladi? Konturdagi

elektromagnit tebranishlar chastotasi konturning induktivligi va sig'imi bilan qanday bog'langan?

15.9. Kondensator qoplamalaridagi elektr miqdorining va garmonik elektromagnit tebranishlarning vaqt bo'yicha o'zgarishining differensial tenglamasini va uning echimini yozing. Bu holda induktivlik g'altigidan oqayotgan tok kuchi o'zgarishi qanday qonuniyatga bo'ysunadi? Kondensator qoplamalaridagi potentsiallar ayirmasi vaqt bo'yicha qanday o'zgaradi?

15.10. Garmonik tebranishlar chastotasi va davri o'rtasida qanday bog'liqlik mavjud? Tebranish konturidagi garmonik elektromagnit tebranishlar davrini aniqlash bo'yicha Tomson formulasini yozing.

A D A B I Y O T L A R

1. YA.V. Savelev. *Kurs ob'uyey fiziki. 1977. T.1 (§49-54).*
2. YA.V. Savelev. *Kurs ob'uyey fiziki. 1988. T. 2 (§ 88-89).*
3. AL. Detlaf, B.M. YAvorskiy. *Kurs fiziki M., 1989 (§ 27,1-27,3)*
4. T.I. Trofimova. *Kurs fiziki. M . 1985, (§ 140-143)*

15.1. Masala. Tebranish amplitudasi A bo'lgan, t vaqt davomidan marta tebranayotgan va boshlang'ich tebranish fazasi φ_0 ga teng bo'lgan garmonik tebranma harakat tenglamasini yozing. a) $t=0$ vaqtdagi nuqtaning siljishini; b) nuqtaning maksimal tezligini; v) uning maksimal tezlanishini toping. Bu harakat grafigini chizing.

Topshiriq raqami	A, sm	t, s	n	φ_0
1	0,5	60	150	$\pi/4$
2	3,2	96	120	$\pi/2$
3	2,0	16	80	$-\pi/4$
4	1,4	25,6	160	$-\pi/2$
5	1,5	51,2	160	$\pi/4$
6	0,3	8,0	80	$\pi/2$
7	2,2	48	120	$-\pi/4$
8	2,4	12	150	$-\pi/2$
9	1,2	24	120	$\pi/2$
10	3,3	6,0	150	π
11	0,4	32	80	$-\pi/2$
12	2,5	19,2	120	$-\pi$
13	0,2	2,4	120	$\pi/4$
14	1,3	64	80	$-\pi/4$
15	2,4	24	150	$\pi/2$
16	1,5	9,6	120	$-\pi/2$

17	1,2	64	160	$-\pi/2$
18	3,0	4,8	120	$\pi/2$
19	0,4	4,8	60	$-\pi/4$
20	5,0	32	100	$\pi/4$
21	2,0	12,8	80	π
22	3,5	12,0	120	$-\pi$
23	4,2	38,4	120	$\pi/2$
24	0,5	30	150	$-\pi/2$
25	2,5	15	150	$-\pi/4$
26	0,6	6,4	80	$\pi/4$
27	4,0	2,4	120	$-\pi/2$
28	5,2	48	240	$\pi/2$

15.2-masala. Moddiy nuqtaning garmonik tebranishlari boshlang'ich fazasi nulgga teng. Nuqtaning muvozanat nuqtasiga nisbatan siljishi x_1 ga teng bo'lganida uning tezligi u_1 ga teng, siljishi x_2 ga teng bo'lganida esa tezligi u_2 ga teng. Tebranish davri T ga teng. Topshiriq raqamiga asosan noma'lum kattalikni toping. Tebranish amplitudasini (0.01 sm aniqlikda) aniqlang.

Topshiriq raqami	x_1 , sm	x_2 , sm	u_1 , sm/s	u_2 , sm/s	T , s
1	?	1.5	4.2	2.5	2.08
2	3.0	?	8.0	6.0	3.14
3	1.5	2.0	?	1.0	2.94
4	2.4	2.8	3.0	?	4.05
5	1.2	1.5	2.0	1.6	?
6	?	4.0	3.5	0.4	4.78
7	0.1	?	2.5	2.0	2.052
8	4.5	6.0	?	0.8	6.36
9	0.8	1.0	3.5	?	2.09
10	2.0	2.5	3.0	2.0	?
11	?	6.0	4.5	1.0	4.75
12	4.0	?	14.0	2.8	2.05
13	1.4	2.0	?	1.0	3.9
14	0.2	0.8	5.0	?	1.062
15	3.5	4.0	2.6	1.4	?
16	?	1.0	4.0	3.5	2.81
17	1.0	?	2.5	1.0	4.75
18	0.4	0.6	?	1.6	2.34

19	2.2	2.8	2.0	?	6.28
20	5.0	6.0	12.0	3.2	?
21	?	2.5	4.5	1.2	2.17
22	0.5	?	5.2	2.5	0.86
23	6.0	6.5	?	2.0	2.78
24	1.6	2.0	4.0	?	2.85
25	2.5	3.0	3.6	1.2	?
26	?	0.5	5.0	3.0	0.72
27	5.5	?	10.0	1.5	2.75
28	0.6	1.2	?	1.4	2.46

15.3-masala. Prujina F kuch ta'siri ostida x masofaga chiziladi. Agar bu prujinaga m massali yuk ossak, yukning vertikal tebranishlar davri T ga teng. Topshiriq raqamiga asosan noma'lum kattalikni aniqlang. Prujina massasini e'tiborga olmang.

Topshiriq raqami	F, H	x , sm	m , kg	T , s
1	?	0.5	0.02	0.4
2	25	?	0.5	0.8
3	8	2.5	?	0.5
4	36	7.0	0.15	?
5	?	5.0	0.25	1.2
6	66	?	0.9	4.0
7	8	6.0	?	0.08
8	62	1.5	0.7	?
9	?	4.0	0.2	0.04
10	69	?	0.45	0.12
11	5	9.0	?	0.8
12	74	8.0	0.04	?
13	?	3.5	0.75	0.2
14	93	?	0.05	0.06
15	95	2.0	?	1.26
16	8	6.0	0.6	?
17	?	1.0	0.4	1.2
18	22	?	0.01	0.02
19	88	4.5	?	0.16
20	9	3.0	0.32	?
21	?	5.0	0.08	0.04

22	29	?	0.3	0.6
23	15	6.5	?	0.08
24	92	4.0	0.24	?
25	?	2.0	0.06	0.1
26	47	?	0.8	3.2
27	86	7.0	?	0.4
28	8	5.5	0.42	?

15.4-masala. Berilgan shakl va o'lchamlikdagi jismlar devorga qoqilgan mixga osilib, devorga parallel tekislikda kichik tebranishlarni amalga oshirmoqda. Topshiriq raqamiga mos ravishda berilgan jismlar uchun tebranish davrini aniqlang. Osilish nuqtasidagi halqa o'lchamlarini e'tiborga olmang.

Topshiriq raqami	Fizik jism	Jism o'lchamlari		Ipning uzunligi L, sm
		Radiusi r, sm	Uzunligi l, sm	
1	Halqa	19,6		
2		4,9		
3		122,5		
4		44,1		
5	Disk	5,29		
6		26,13		
7		6,53		
8		4,18		
9	Ipga osilgan disk	6,0		10
10		5,0		5
11		10,0		5
12		8,0		12
13	SHar	5,67		
14		4,48		
15		2,52		
16		7,0		
17	Ipga osilgan shar	2,0		3
18		5,0		5
19		12,0		8
20		12,0		18
21	Sterjen		20	
22			50	

23			80	
24			100	
25	Ipga osilgan sterjen		20	10
26			50	20
27			80	50
28			100	50

15.5.-masala. R radiusli bir jinsli shar L uzunlikdagi ipga osilgan. Bu fizik mayatnikni matematik, deb hisoblash mumkin, lekin bunday qarashda tebranish davrini aniqlashdagi xatolik $\delta T = |T_2 - T_1| / T_1$ ga teng. Bu erda T_1 - matematik mayatnikning tebranish davri; T_2 - fizik mayatnikning tebranish davri. Topshiriq raqamiga mos noma'lum kattalikni aniqlang.

Topshiriq raqami	R, sm	L, m	$\delta T, \%$
1	5,0	?	1.0
2		?	2.0
3		?	3.0
4		?	5.0
5	?	2.0	1.0
6	?		2.0
7	?		3.0
8	?		5.0
9	1.0	?	1.0
10	2.0	?	
11	3.0	?	
12	4.0	?	
13	?	1.0	1.0
14	?	2.0	
15	?	3.0	
16	?	4.0	
17	1.0	0.0346	?
18	5.0	0.078	?
19	10.0	0.215	?
20	20.0	0.313	?
21	10.0	?	1.0
22		?	2.0

23		?	5.0
24		?	10.0
25	?	0.5	1.0
26	?		2.0
27	?		5.0
28	?		10.0

15.6-masala. Massasini e'tiborga olmasa bo'ladigan darajada kichik bo'lgan moddiy nuqta prujinaga osilgan bo'lib, A amplituda bilan garmonik tebranma harakat qilmoqda. Bunda moddiy nuqtaga ta'sir etuvchi maksimal kuch F_{\max} ga, tebranma harakat qilayotgan nuqtaning to'liq energiyasi esa W ga teng. Prujina bikrligi k . Topshiriq raqamiga binoan noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	A, sm	F_{\max}, N	$k, \text{N/m}$	W, J
1	?	?	100	0.02
2	6	?	?	0.24
3	1	4	?	?
4	?	7	280	?
5	?	?	300	0.24
6	3	?	?	0.27
7	5	20	?	?
8	?	1.5	100	?
9	?	?	1400	0.07
10	0.8	?	?	0.12
11	1.5	8	?	?
12	?	5	200	?
13	?	?	200	$5.625 \cdot 10^{-3}$
14	2.5	?	?	$7.5 \cdot 10^{-2}$
15	0.9	2.5	?	?
16	?	12	300	?
17	?	?	100	0.125
18	4	?	?	0.18
19	6	30	?	?
20	?	1.6	320	?
21	?	?	233.3	$1.05 \cdot 10^{-3}$
22	2	?	?	0.16
23	3	6	?	?

24	?	6.4	800	?
25	?	?	416.7	$7.5 \cdot 10^{-3}$
26	0.7	?	?	$1.4 \cdot 10^{-2}$
27	0.5	0.9	?	?
28	?	18	600	?

15.7-masala. Massasi m bo'lgan moddiy nuqta $x=f(t)$ qonunga asosan garmonik tebranma harakat qilmoqda. Nuqta potensial, kinetik va to'liq energiyalarining vaqtga bog'liqlik qonunlarini yozing va ularning t_1 hamda t_2 vaqt onlaridagi miqdorini hisoblang. SHu bilan birga bu energiyalarning har birini bir davr ichidagi vaqtga bog'liqlik grafiklarini chizing.

Topshiriq raqami	$m, \text{ kg}$	$x=f(t), \text{ sm}$	$t_1, \text{ s}$	$t_2, \text{ s}$
1	0,25	$x=4\cos 1.25\pi t$	T	$T/8$
2			$T/4$	$3T/8$
3			$T/2$	$5T/8$
4			$3T/4$	$7T/8$
5	0,2	$x=3\cos 0.5\pi t$	T	$T/8$
6			$T/4$	$3T/8$
7			$T/2$	$5T/8$
8			$3T/4$	$7T/8$
9	0,05	$x=2\cos 12.5\pi t$	T	$T/8$
10			$T/4$	$3T/8$
11			$T/2$	$5T/8$
12			$3T/4$	$7T/8$
13	0,3	$x=5\cos 0.25\pi t$	T	$T/8$
14			$T/4$	$3T/8$
15			$T/2$	$5T/8$
16			$3T/4$	$7T/8$
17	0,1	$x=3\cos 5\pi t$	T	$T/8$
18			$T/4$	$3T/8$
19			$T/2$	$5T/8$
20			$3T/4$	$7T/8$
21	0,15	$x=4\cos 2.5\pi t$	T	$T/8$
22			$T/4$	$3T/8$
23			$T/2$	$5T/8$
24			$3T/4$	$7T/8$

25	0,35	$x=2\cos 6.25\pi t$	T	$T/8$
26			$T/4$	$3T/8$
27			$T/2$	$5T/8$
28			$3T/4$	$7T/8$

15.8-masala. L induktivlikka va C_1 dan C_2 gacha o'zgaruvchi elektr sig'imga va juda kichik elektr qarshiligiga ega kontur mavjud. U λ_1 dan λ_2 gacha diapazondagi to'lqin uzunliklarga to'g'irlanishi mumkin. Jadvaldagi topshiriq raqamiga mos noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	$L, 10^{-4} \text{ Gn}$	$C_1, \text{ nF}$	$C_2, \text{ nF}$	$\lambda_1, \text{ m}$	$\lambda_2, \text{ m}$
1	4,0	?	?	223	1306
2	7,0	20	1300	?	?
3	?	?	750	146	1264.5
4	?	45	900	?	4.0
5	9.0	?	?	160	16.96
6	1.0	5	650	?	?
7	?	?	1000	66.64	421.5
8	?	40	1400	?	1221.6
9	0.8	?	?	65.3	461.7
10	2.0	12	1200	?	?
11	?	35	?	208.6	1271.5
12	?	4	800	99.74	?
13	?	?	1750	178.8	1115
14	?	30	950	?	1643.3
15	0.1	?	?	26.66	197.7
16	5.0	3	1500	?	?
17	6.0	?	?	113.1	1460.1
18	0.4	10	900	?	?
19	?	8	?	119.2	1115
20	?	50	1700	133.3	?
21	8.0	?	?	119.8	1686
22	0.3	15	1100	?	?
23	?	?	850	357.6	1648.7
24	?	48	1800	?	1599.4
25	0.9	?	?	126.4	505.8
26	3.0	25	1600	?	?
27	?	9	700	?	386.3
28	?	?	980	273.2	1561.2

15.9-masala. Tebranish konturi C elektr sig'imli kondensator va L induktivlikli g'altakdan iborat. Zanjirning om qarshiligini e'tiborga olmaslik mumkin. Kondensator q_m zaryadga zaryadlangan. Ushbu kontur uchun kondensator qoplamalari orasidagi potentsiallar farqi va zanjirdagi tok kuchining vaqtga bog'liqlik tenglamasini yozing. Bu bog'liqliklarning grafiklarini chizing. Jadvalda berilgan qo'shimcha topshiriqlarni bajaring.

Topshiriq raqami	C, mkF	L, Gn	q_m, Kl	Qo'shimcha aniqlansin
1	0,06	1,5	$8 \cdot 10^{-6}$	T/4 vaqtdagi kondensator qoplamalari orasidagi potentsiallar farqi va konturdagi tok kuchini toping
2	1,7	0,04	$5 \cdot 10^{-5}$	
3	0,9	2,2	$6 \cdot 10^{-4}$	
4	0,025	1,0	$2.5 \cdot 10^{-6}$	
5	1,0	3,0	$6 \cdot 10^{-6}$	T/4 vaqtdagi elektr va magnit maydonlari energiyalarini hisoblang
6	0,2	1,4	$3 \cdot 10^{-5}$	
7	0,05	0,3	$8 \cdot 10^{-6}$	
8	1,4	0,005	10^{-6}	
9	0,8	2,0	$2 \cdot 10^{-4}$	T/4 vaqtdagi to'liq energiyani hisoblang
10	0,01	0,05	$8 \cdot 10^{-6}$	
11	1,6	0,8	$5 \cdot 10^{-6}$	
12	0,3	2,1	$4 \cdot 10^{-5}$	
13	0,02	0,08	10^{-5}	T/2 vaqtdagi elektr va magnit maydonlari energiyalarini hisoblang
14	0,1	1,6	$5 \cdot 10^{-5}$	
15	0,07	0,15	$2 \cdot 10^{-6}$	
16	1,2	0,5	$9 \cdot 10^{-5}$	
17	0,6	0,02	$3 \cdot 10^{-5}$	T/2 vaqtdagi kondensator qoplamalari orasidagi potentsiallar farqi va konturdagi tok kuchini toping
18	2,0	0,6	10^{-4}	
19	0,015	0,1	$4 \cdot 10^{-6}$	
20	0,08	1,3	$7 \cdot 10^{-6}$	
21	0,4	1,2	$2 \cdot 10^{-5}$	T/4 vaqtdagi kondensator qoplamalari orasidagi potentsiallar farqi va konturdagi tok kuchini toping
22	1,5	0,01	$7 \cdot 10^{-4}$	
23	0,04	1,8	$4 \cdot 10^{-6}$	
24	1,8	0,9	$6 \cdot 10^{-4}$	
25	0,03	2,5	$3 \cdot 10^{-6}$	T/2 vaqtdagi to'liq energiyani hisoblang
26	0,5	0,02	$7 \cdot 10^{-5}$	
27	0,09	0,7	10^{-6}	

28	1,3	2,8	$9 \cdot 10^{-6}$	
----	-----	-----	-------------------	--

15.10.-masala. Kondensator qoplamlari orasidagi potentsiallar farqining tebranish konturidavaqt bo'yicha o'zgarishi tenglamasi $U_c=f(t)$ ko'rinishda berilgan. Kondensator sig'imi S ga teng. Konturda tok kuchining o'zgarish qonunini yozing. Konturdagi tebranishlar davrini; konturning L induktivligini; kondensatorning q_{max} maksimal zaryadini; jadvaldagi topshiriq raqamiga mos holda kontur tarqatayotgan λ to'lqin uzunligini aniqlang.

Topshiriq raqami	$U_c=f(t), V$	$S, 10^{-9} F$	Aniqlang
1	$U_c=20\cos(5.5 \cdot 10^8 \pi t + \pi/4)$	0.5	T
2			L
3			q_{max}
4			λ
5	$U_c=5\cos(4 \cdot 10^8 \pi t - \pi/2)$	2.0	T
6			L
7			q_{max}
8			λ
9	$U_c=35\cos(5 \cdot 10^8 \pi t - \pi/4)$	0.6	T
10			L
11			q_{max}
12			λ
13	$U_c=25\cos(3.5 \cdot 10^8 \pi t - \pi/2)$	0.2	T
14			L
15			q_{max}
16			λ
17	$U_c=15\cos(8 \cdot 10^8 \pi t + \pi/4)$	1.0	T
18			L
19			q_{max}
20			λ
21	$U_c=10\cos(4.5 \cdot 10^8 \pi t - \pi/4)$	0.8	T
22			L
23			q_{max}
24			λ
25	$U_c=30\cos(3 \cdot 10^8 \pi t - \pi/2)$	1.2	T
26			L
27			q_{max}
28			λ

16- MAVZU. GARMONIK TEBRANISHLARNI QO'SHISH. SO'NUVCHI MEXANIK, ELEKTROMAGNIT TEBRANISHLAR. MAJBURIY TEBRANISHLAR.

Nazorat savollari

16.1. Amplituda vektori deb nimaga aytiladi? Amplituda vektorlari yordamida qanday qilib bir hil chastotali, bir yo'nalishdagi tebranishlarni qo'shish mumkin? Natijaviy tebranishlarning amplitudasini qanday hisoblash mumkin? Qaysi formula yordamida natijaviy tebranishning boshlang'ich fazasini aniqlash mumkin? Agar, a) qo'shilayotgan tebranishlar bir fazada bo'lsa, b) qo'shilayotgan tebranishlar qarama-qarshi fazada bo'lsa, natijaviy tebranish amplitudasi va boshlang'ich fazasi nimaga teng bo'ladi?

16.2. Qanday hollarda, bir hil yo'nalgan tebranishlarni qo'shganda turtki yuzaga keladi? Turtkili tebranishda natijaviy tebranish amplitudasi o'zgarish qonunini ifodalovchi qonunni yozing. Turtkili tebranish vaqtida amplitudaning o'zgarish davri qanchaga teng?

16.3. Bir vaqtda ikki o'zaro perpendikulyar, bir hil chastotali tebranishlarda ishtirok etuvchi nuqta harakat traektoriyasining tenglamasini yozing. Eng umumiy holda traektoriya qanday ko'rinishga ega? Agar a) $\alpha=0$; b) $\alpha =\pm\pi$; v) $\alpha =\pi/2$ bo'lsa, qo'shiluvchi tebranishlar fazalar farqi harakat traektoriyasi qanday ko'rinish oladi?

16.4. Qanday holda tebranish so'nadi? So'nuvchi tebranish differensial tenglamasi va uning echimini yozing. So'nuvchi tebranish amplitudasi qanday qonuniyat asosida o'zgaradi? Relaksatsiya vaqti deb nimaga aytiladi? Relaksatsiya vaqti so'nish koeffitsienti bilan qanday bog'langan?

16.5. So'nishning logarifmik dekrementi deb nimaga aytiladi? So'nishning logarifmik dekrementi so'nish koeffitsienti va tebranish davri bilan qanday bog'langan? So'nishning logarifmik dekrementiva relaksatsiya vaqtidagi tebranishlar soni bilan qanday aloqador? Kuch asilligi nima?

16.6. Tebranish konturida tebranishlar nima hisobiga so'nadilar? Tebranish konturi asilligi so'nishning logarifmik dekrementibilan qanday bog'langan? Konturi asilligi va relaksatsiya vaqtidagi tebranishlar soni bilan qanday aloqa mavjud? Konturasilligi uning induktivligi, sig'imi va qarshiligi bilan qanday bog'langan?

16.7. Tebranish konturida energiya bir turdan ikkinchisiga o'tishi qanday amalga oshadi? Real tebranish konturida nimaning hisobiga energiya sarfi (tarqalishi) amalga oshadi? Konturasilligi (dobrotnosti) konturdagi bir davr ichida energiya kamayishi bilan qanday bog'langan?

16.8. Majburiy tebranishlarning differensial tenglamasini yozing, majburiy tebranishlar grafigini chizingva uni tushuntiring. Majburiy tebranishlar chastotasi nimaga teng? Majburiy tebranishlar amplitudasi qaysi formula yordamida hisoblanadi?

16.9. Rezonans hodisasi nima? Rezonans vaqtida tebranish amplitudasi nima bilan aniqlanadi? Rezonans chastota qanday aniqlanadi?

16.10. Rezonans egri chiziqlari nima? Rezonans egri chiziqlari shakllari nimaga bog'liq? U tizimning asilligiga qanday bog'langan? Konturdagi tok kuchining rezonans qiymati nimaga teng? Tebranish konturi qoplamalaridagi kuchlanganlikning rezonans vaqtidagi maksimal qiymati qancha?

ADABIYOTLAR

1. YA. V. Savelev. *Kurs ob'ey fiziki*. 1977. T.1 (§55-61).
2. YA. V. Savelev. *Kurs ob'ey fiziki*. 1988. T. 2 (§90-92).
3. AL. Detlaf, B.M. YAvorskiy. *Kurs fiziki M.*, 1989 (§ 27,4-28,3)
- 4 T.I. Trofimova. *Kurs fiziki. M . 1985, (§ 144-152)*

16.1-masala. Bir hil yo'nalishdagi $x_1=f_1(t)$ va $x_2=f_2(t)$ tenglamalar bilan ifodalanuvchi tebranishlar qo'shilishi natijasida hosil bo'lgan garmonik tebranishning boshlang'ich fazasi va amplitudasini toping. Natijaviy tebranishning tenglamasini yozing.

Topshiriq raqami	$x_1=f_1(t)$, sm	$x_2=f_2(t)$, sm
1	$x_1=2\sin(5\pi t+\pi/2)$	$x_2=3\sin(5\pi t+\pi/4)$
2	$x_1=3\cos(10\pi t-\pi/2)$	$x_2=\cos(10\pi t+\pi/4)$
3	$x_1=8\cos(5\pi t-\pi/4)$	$x_2=3\cos(5\pi t+\pi/4)$
4	$x_1=\sin(0.5\pi t-\pi)$	$x_2=6\sin(0.5\pi t+\pi/2)$
5	$x_1=4\sin(18\pi t+\pi/6)$	$x_2=2\sin(18\pi t-\pi/3)$
6	$x_1=1.5\sin(6\pi t-\pi/6)$	$x_2=\sin(6\pi t+\pi/3)$
7	$x_1=6\cos(25\pi t+\pi/2)$	$x_2=5\cos(25\pi t-\pi/6)$
8	$x_1=12\cos(40\pi t-\pi/2)$	$x_2=9\cos(40\pi t+\pi/6)$
9	$x_1=14\cos(8\pi t-\pi)$	$x_2=10\cos(8\pi t+\pi/3)$
10	$x_1=5\sin(14\pi t+\pi)$	$x_2=3\sin(14\pi t-\pi/3)$
11	$x_1=9\sin(30\pi t-\pi/3)$	$x_2=6\sin(30\pi t+\pi/2)$
12	$x_1=10\cos(2\pi t+\pi/3)$	$x_2=12\cos(2\pi t-\pi/2)$
13	$x_1=3\cos(24\pi t+\pi/4)$	$x_2=4\cos(24\pi t-\pi/3)$
14	$x_1=10\sin(9\pi t-\pi/4)$	$x_2=9\sin(9\pi t+\pi/3)$

15	$x_1 = \cos(35\pi t - \pi/6)$	$x_2 = 5\cos(35\pi t - \pi/4)$
16	$x_1 = 6\sin(16\pi t + \pi/6)$	$x_2 = 4\sin(16\pi t + \pi/4)$
17	$x_1 = 5\cos(20\pi t - \pi)$	$x_2 = 8\cos(20\pi t + \pi/6)$
18	$x_1 = 1.2\sin(3\pi t + \pi)$	$x_2 = \sin(3\pi t + \pi/6)$
19	$x_1 = 8\sin(28\pi t + \pi/4)$	$x_2 = 3\sin(28\pi t - \pi)$
20	$x_1 = 12\cos(12\pi t - \pi/4)$	$x_2 = 10\cos(12\pi t - \pi)$
21	$x_1 = \cos(45\pi t + \pi/2)$	$x_2 = 2\cos(45\pi t + \pi/3)$
22	$x_1 = 10\sin(4\pi t - \pi/2)$	$x_2 = 7\sin(4\pi t + \pi/3)$
23	$x_1 = 4\cos(15\pi t + \pi/4)$	$x_2 = 6\cos(15\pi t - \pi/6)$
24	$x_1 = 8\sin(60\pi t - \pi/4)$	$x_2 = 12\sin(60\pi t - \pi/6)$
25	$x_1 = 3\sin(22\pi t - \pi)$	$x_2 = 4\sin(22\pi t - \pi/4)$
26	$x_1 = 9\cos(50\pi t + \pi)$	$x_2 = 8\cos(50\pi t - \pi/4)$
27	$x_1 = 12\sin(7\pi t + \pi/4)$	$x_2 = 7\sin(7\pi t + \pi/2)$
28	$x_1 = 1.5\cos(34\pi t - \pi/4)$	$x_2 = \cos(34\pi t + \pi/2)$

16.2- masala. Moddiy nuqta bir vaqtning o'zida, bir hil A amplitudali, boshlang'ich fazalari nolga teng bo'lgan, siklik chastotalari farqi $\Delta\omega = |\omega_1 - \omega_2|$ bo'lgan, bu erda $\Delta\omega \ll \omega_1$ va $\Delta\omega \ll \omega_2$ ikki tebranishda ishtirok etmoqda. Bunda yuzaga kelayotgan turtki T_t davriga ega. Tebranishning t_t vaqtidagi amplituda A_t ga teng. Topshiriq raqamiga mos noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	A, sm	$\Delta\omega, \text{rad}$	T_t, s	T_1, s	A_t, sm
1	?	?	12.0	4.0	1.0
2	2.0	?	12.0	?	2.83
3	0.3	2π	?	1.0	?
4	?	π	?	0.5	4.24
5	0.8	?	12.0	?	1.39
6	3.0	?	1.2	0.3	?
7	?	$\pi/3$?	2.0	5.0
8	0.4	$\pi/2$?	?	0.566
9	0.6	?	12.0	3.0	?
10	?	?	0.2	0.2	4.0
11	4.0	$\pi/6$?	?	5.66
12	2.0	$\pi/10$?	5.0	?
13	?	?	2.4	0.6	5.66
14	5.0	?	4.0	?	10.0
15	0.7	$\pi/3$?	1.0	?
16	?	5π	?	0.4	2.0

17	3.0	?	4.0	?	4.24
18	1.0	?	6.0	2.0	?
19	?	$\pi/6$?	4.0	5.0
20	0.5	$\pi/10$?	?	0.707
21	0.9	?	18.0	3.0	?
22	?	?	2.4	0.4	3.46
23	0.1	$\pi/3$?	?	0.1
24	4.0	4π	?	0.5	?
25	?	?	0.4	0.1	4.24
26	0.2	?	12.0	?	0.2
27	1.0	0.4π	?	5.0	?
28	?	2.5π	?	0.8	8.0

16.3- masala. Bir vaqtda o'zaro perpendikulyar $x=f_1(t)$ va $y=f_2(t)$ tenglamalar bilan ifodalanuvchi tebranma harakatda ishtirok etuvchimoddiy nuqta traektoriyasining tenglamasini ko'rsating. Traektoriyalar grafiklarini chizing.

Topshiriq raqami	$x=f_1(t)$, sm	$y=f_2(t)$, sm
1	$x=2\cos(2.5\pi t+3\pi/2)$	$y=2\cos(2.5\pi t+\pi)$
2	$x=2\cos(2.5\pi t+3\pi/2)$	$y=4\cos(2.5\pi t+\pi/2)$
3	$x=2\cos(2.5\pi t+3\pi/2)$	$y=4\cos(2.5\pi t+3\pi/2)$
4	$x=2\cos(2.5\pi t+3\pi/2)$	$y=4\cos(2.5\pi t+2\pi)$
5	$x=\cos(5\pi t-\pi/4)$	$y=7\cos(5\pi t+3\pi/4)$
6	$x=\cos(5\pi t-\pi/4)$	$y=7\cos(5\pi t+\pi/4)$
7	$x=\cos(5\pi t-\pi/4)$	$y=\cos(5\pi t-3\pi/4)$
8	$x=\cos(5\pi t-\pi/4)$	$y=7\cos(5\pi t-\pi/4)$
9	$x=3\cos(10\pi t+5\pi/2)$	$y=15\cos(10\pi t+\pi/3)$
10	$x=3\cos(10\pi t+\pi/4)$	$y=15\cos(10\pi t+\pi/6)$
11	$x=3\cos(10\pi t-5\pi/2)$	$y=15\cos(10\pi t+\pi/6)$
12	$x=3\cos(10\pi t+\pi)$	$y=3\cos(10\pi t-\pi/3)$
13	$x=3\cos(30\pi t+2\pi)$	$y=9\cos(30\pi t-\pi/3)$
14	$x=9\cos(30\pi t+2\pi)$	$y=9\cos(30\pi t+7\pi/6)$
15	$x=3\cos(30\pi t+2\pi)$	$y=9\cos(30\pi t+\pi/6)$
16	$x=3\cos(30\pi t+2\pi)$	$y=9\cos(30\pi t+2\pi/3)$
17	$x=4\cos(20\pi t-\pi/4)$	$y=6\cos(20\pi t-\pi/6)$
18	$x=4\cos(20\pi t-\pi/4)$	$y=6\cos(20\pi t+\pi/3)$
19	$x=4\cos(20\pi t-\pi/4)$	$y=6\cos(20\pi t+5\pi/6)$
20	$x=4\cos(20\pi t-\pi/4)$	$y=4\cos(20\pi t-2\pi/3)$
21	$x=2\cos(25\pi t-2\pi)$	$y=2\cos(25\pi t+5\pi/18)$
22	$x=2\cos(25\pi t+7\pi/18)$	$y=8\cos(25\pi t+5\pi/18)$

23	$x=2\cos(25\pi t-2\pi/9)$	$y=8\cos(25\pi t-2\pi/9)$
24	$x=2\cos(25\pi t+7\pi/9)$	$y=8\cos(25\pi t-2\pi/9)$
25	$x=6\cos(15\pi t+5\pi/2)$	$y=3\cos(15\pi t-7\pi/12)$
26	$x=6\cos(15\pi t+5\pi/2)$	$y=3\cos(15\pi t+5\pi/12)$
27	$x=6\cos(15\pi t+5\pi/2)$	$y=3\cos(15\pi t-\pi/12)$
28	$x=3\cos(15\pi t+5\pi/2)$	$y=3\cos(15\pi t+11\pi/12)$

16.4- masala. Uzunligi l bo'lgan, muvozanat vaziyatidan chiqarilgan matematik mayatnikbirinchi tebranishda A_1 sm masofaga, keyingisida – A_2 sm ga og'di. Relaksatsiya vaqti, ya'ni amplituda e marta kamayish vaqti τ teng. Topshiriqqa mos kattalikni toping.

Topshiriq raqami	l, m	A_1, sm	A_2, sm	τ, s
1	?	4	3	7.64
2	2.8	?	4	15.06
3	1.5	10	?	11.0
4	2.2	12	9	?
5	?	5	4	12.73
6	3.0	?	3.5	26.0
7	1.3	15	?	10.26
8	3.6	13	11	?
9	?	12	10.5	26.0
10	1.8	?	3	17.5
11	1.0	9	?	8.0
12	3.2	14	11	?
13	?	7	5	9.43
14	4.0	?	4	18.0
15	1.2	6	?	12.06
16	2.6	5	4.5	?
17	?	3	2.5	11.0
18	2.0	?	5.5	11.77
19	3.5	12	?	20.6
20	1.4	8	6	?
21	?	9	8	20.86
22	3.4	?	5.5	42.5
23	1.6	10	?	11.4
24	2.5	14	12	?
25	?	6	5	20.6
26	3.8	?	6	17.55

27	2.4	13	?	38.87
28	1.7	11	10	?

16.5-masala. Mexanik tizim t vaqt davomida N marta tebranib ulguradi. Bu vaqt oralig'ida tebranish amplitudasi n marta kamayadi. Tebranishlarning so'nish koeffitsienti β ga teng, so'nishning logarifmik dekrementi – κ ga, tizim aslligi – Q ga teng, tebranish davridagi tizim energiyasining nisbiy kamayishi – $\Delta W/W$ teng. Topshiriq raqamiga mos noma'lum kattalikni aniqlang.

Toprishi raqami	t, s	N	n	β, c^{-1}	K	Q	$\Delta W/W$
1	?	?	5.0	0.02	?	314	?
2	50	25	?	?	0.05	?	?
3	?	40	?	0.05	?	?	0.05
4	20	?	7.39	?	?	125.6	?
5	?	30	?	0.015	0.033	?	?
6	120	?	20.08	?	?	62.8	?
7	?	?	12.18	0.025	?	?	0.2
8	60	96	?	?	0.025	?	?
9	?	60	?	0.01	?	157	?
10	75	?	4.48	?	?	?	0.1
11	?	20	?	0.04	0.1	?	?
12	33	?	3.74	?	?	94.2	?
13	?	?	4.95	0.02	?	?	0.04
14	85	170	?	?	0.01	?	?
15	?	120	?	0.012	?	188.4	?
16	110	?	9.03	?	?	?	0.08
17	?	90	?	0.04	0.02	?	?
18	150	?	4.49	?	?	104.7	?
19	?	?	2.46	0.01	?	?	0.03
20	45	30	?	?	0.06	?	?
21	?	50	?	0.05	?	78.5	?
22	48	?	11.03	?	?	?	0.12
23	?	25	?	0.04	0.08	?	?
24	135	?	3.86	?	?	209	?
25	?	?	3.67	0.02	?	?	0.02
26	60	15	?	?	0.04	?	?
27	?	12	?	0.09	?	52.3	?
28	105	?	8.17	?	?	?	0.06

16.6- masala. Tebranish konturi L induktivlikli g'altak, C sig'imli kondensator va R aktiv qarshilikdan iborat. Bir davr ichida kondensator qoplamalari orasidagi potentsiallar farqi n marta kamayadi. Jadvaldagi raqamga mos noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	L, Gn	S, mkF	R, Om	n
1	?	8	2.0	1.134
2	0.1	?	5.0	1.099
3	0.05	45	?	1.152
4	0.22	3.52	2.5	?
5	?	2.25	0.8	1.0076
6	0.01	?	1.2	1.12
7	0.2	12.8	?	1.106
8	0.15	7.35	30	?
9	?	14.4	4.5	1.185
10	0.04	?	1.0	1.029
11	0.26	6.5	?	1.019
12	0.12	27	4.0	?
13	?	6.05	3.5	1.129
14	0.16	?	7.0	1.166
15	0.3	10.8	?	1.027
16	0.02	72	2.2	?
17	?	2.56	15	1.46
18	0.25	?	3.6	1.145
19	0.06	150	?	1.17
20	0.14	56	2.5	?
21	?	1.5	20	1.37
22	0.18	?	4.5	1.073
23	0.03	2.43	?	1.089
24	0.28	7	15	?
25	?	80	2.6	1.177
26	0.08	?	12	1.207
27	0.24	2.16	?	1.048
28	0.32	5.12	6.0	?

16.7-masala. Tebranish konturi C sig'im va L induktivlikka ega. So'nishning logarifmik dekrementi κ ga teng. Konturda t' vaqt oralig'ida

soʻnish natijasida $\Delta W/W_0$ energiya yoʻqoladi. Topshiriq raqamiga binoan nomaʼlum kattalikni toping. Qoʻshimcha topshiriqni ham bajaring.

Topshiriq raqami	C, mkF	L, Gn	κ	t', s	$\Delta W/W_0, \%$	Bogʻliqlikni tushuntiring
1	12	0,03	0,1	0,15	?	$\Delta W/W_0=f(t')$
2			0,2	0,20	?	
3			0,3	0,25	?	
4			0,4	0,30	?	
5	14,4	0,1	0,1	0,8	?	$\Delta W/W_0=f(\kappa)$
6			0,2	0,8	?	
7			0,3	0,8	?	
8			0,4	0,8	?	
9	18	0,5	0,1	?	90	$t'_{90\%}=f(\kappa)$
10			0,2	?	90	
11			0,3	?	90	
12			0,4	?	90	
13	80	0,2	0,1	?	60	$\Delta W/W_0=f(t')$
14			0,2	?	70	
15			0,3	?	80	
16			0,4	?	90	
17	16	0,25	0,1	1.5	?	$\Delta W/W_0=f(t')$
18			0,2	3.0	?	
19			0,3	4.5	?	
20			0,4	6.0	?	
21	40	0,4	0,1	?	99	$t'_{90\%}=f(\kappa)$
22			0,2	?	99	
23			0,3	?	99	
24			0,4	?	99	
25	90	0,1	0,1	1.0	?	$\Delta W/W_0=f(\kappa)$
26			0,2	1.0	?	
27			0,3	1.0	?	
28			0,4	1.0	?	

16.8- masala. Bikrligi k boʻlgan prujinada massasi m temir sharcha osilib turibdi. Oʻzgaruvchan magnit maydoni tomonidan sharchaga amplitudasi F_0 va siklik chastotasi Ω boʻlgan, sinusoidal kuch taʼsir qilmoqda. Muhitning qarshilik koeffitsienti r . $\Omega = b\omega_0$ boʻlgandagi

majburiy tebranishlar amplitudasini toping, bunda ω_0 – prujinali mayatnikning xususiy chastotasi. Tebranishlar amplitudasining majburlovchi kuch chastotasiga bog‘liqlik grafigini chizing.

Topshiriq raqami	$k, N/m$	m, kg	F_0, N	b	$r, N*s/m$
1	820	0,2	3,0	0,2	0,025
2				0,4	
3				0,6	
4				0,8	
5	820	0,2	3,0	0,85	0,025
6				0,9	
7				0,95	
8				0,99	
9	820	0,2	3,0	1,01	0,025
10				1,05	
11				1,25	
12				1,5	
13	650	0,1	2,0	0,5	0,12
14				0,6	
15				0,7	
16				0,8	
17	650	0,1	2,0	0,95	0,12
18				0,99	
19				1,0	
20				1,01	
21	650	0,1	2,0	1,05	0,12
22				1,10	
23				1,15	
24				1,20	
25	650	0,1	2,0	1,4	0,12
26				1,6	
27				1,8	
28				2,0	

16.9-masala. Massasi m bo‘lgan yuk prujinaga osildi, bunda prujina xsmga cho‘zildi. Agar tizimni muvozanat holatidan chiqarib qo‘yib yuborilsa, u so‘nuvchi tebranishlar qiladi. Bunda so‘nish

koeffitsienti β bo'lib, $\beta \ll \omega_0$ - tizimning xususiy tebranishlar chastotasi. Agar tizimga amplituda qiymati F_0 bo'lgan davriy, majburlovchi kuch ta'sir qilsa, $\omega_{rez} \approx \omega_0$ chastotada tebranishlar amplitudasining A_{rez} rezonans qiymatigacha ortishi kuzatiladi. Topshiriq raqamiga asosan noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	m, kg	x, sm	β, s^{-1}	F_0, N	A_{rez}, sm
1	?	0.5	0.3	1.2	22.6
2	0.12	?	0.22	4.0	108.2
3	0.25	0.7	?	2.5	89.1
4	0.08	0.26	0.12	?	127.25
5	0.1	0.15	0.28	1.8	?
6	?	0.36	0.16	2.1	41.9
7	0.35	?	0.05	1.0	57.7
8	0.2	0.22	?	2.4	89.9
9	0.04	0.1	0.2	?	25.25
10	0.15	0.25	0.14	1.2	?
11	?	0.18	0.31	0.5	21.86
12	0.3	?	0.08	3.6	131.2
13	0.14	0.12	?	1.5	118.6
14	0.2	0.45	0.09	?	35.7
15	0.26	0.2	0.1	3.0	?
16	?	0.35	0.26	2.2	80.0
17	0.36	?	0.24	3.5	20.5
18	0.16	0.24	?	1.4	34.2
19	0.3	0.32	0.1	?	15.06
20	0.24	0.6	0.15	2.6	?
21	?	0.14	0.32	1.7	12.7
22	0.22	?	0.16	2.0	64.2
23	0.05	0.3	?	0.6	35.0
24	0.28	0.42	0.18	?	20.6
25	0.18	0.4	0.25	0.9	?
26	?	0.16	0.35	3.2	39.0
27	0.32	?	0.07	1.6	88.4
28	0.06	0.28	?	0.8	45.1

16.10-masala. Induktivligi L , sig'imi C va elektr qarshiligi R bo'lgan tizim ketma-ket ravishda $\epsilon = \epsilon_m \cos \omega t$ ga asosan o'zgaruvchi kontur elementi EYUKga ulangan. Kontur asilligi Q ga teng. Kichik so'nishlarda

($\beta_2 \ll \omega_0^2$) kondensator qoplamalari zaryadining, konturdagi tok kuchining va kondensator qoplamalaridagi kuchlanishlar rezonans qiymatlari mos ravishda quyidagiga teng: q_{rez} , I_{rez} i U_{rez} . Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	L, Gn	C, mkF	R, Om	ϵ_m , V	ω_0 , rad/s	Q	q_{rez} , Kl	I_{rez} , A	U_{rez} , V
1	0,15	0.22	?	3.0	?	120	?	?	?
2	?	0.15	?	?	4714	210	$3.78 \cdot 10^{-5}$?	?
3	0.2	?	5.0	?	?	?	?	0.5	250
4	?	0.28	?	0.9	?	?	?	0.3	180
5	?	0.3	6.4	1.5	?	?	?	?	135
6	0.14	?	4.52	?	4518	?	$9.8 \cdot 10^{-5}$?	?
7	?	0.4	?	3.2	?	85	?	0.4	?
8	0.3	?	?	?	?	125	?	0.2	175
9	?	?	14.9	?	3536	95	?	?	190
10	0.1	0.26	?	?	?	130	$4.73 \cdot 10^{-5}$?	?
11	?	?	4.5	?	4200	?	?	0.2	108
12	?	?	?	0.8	6250	150	?	0.1	?
13	0.32	?	?	2.5	5590	140	?	?	?
14	?	0.3	5.9	?	4714	?	$1.08 \cdot 10^{-4}$?	?
15	0.4	?	?	3.15	?	?	?	0.35	252
16	0.2	?	?	?	?	110	?	0.4	176
17	0.18	0.1	?	1.2	?	?	?	?	180
18	0.24	?	?	?	5270	180	$4.05 \cdot 10^{-5}$?	?
19	?	0.25	5.0	?	?	90	?	0.8	?
20	?	0.8	2.0	0.4	?	?	?	?	50
21	?	0.2	12.25	?	?	100	?	?	140
22	0.2	0.4	6.73	?	?	?	$1.68 \cdot 10^{-4}$?	?
23	?	?	?	7.2	3600	70	?	0.6	?
24	?	?	?	3.0	5400	?	?	0.15	270
25	?	?	4.54	2.2	4082	180	?	?	?
26	?	0.5	?	?	3651	150	$2.04 \cdot 10^{-4}$?	?
27	0.28	?	12.0	?	?	?	?	0.3	360
28	?	0.6	?	1.5	?	?	?	0.5	120

17- MAVZU. TO'LQIN XARAKAT. ELEKTROMAGNIT TO'LQINLAR

Nazorat savollari

17.1. Qanday harakat to'ldin harakat deb ataladi? Yassi to'ldinning to'ldin tenglamasini va uning echimini yozing. A) to'ldin uzunligi; b) fazaviy tezlik, deb nimaga aytiladi?

17.2. To'ldin fronti, deb nimaga aytiladi? To'ldin yuzasi nima? Gyuygens prinsipi nimadan iborat?

17.3. To'ldin effekti, deb nimaga aytiladi? U to'ldin uzunligi bilan qanday bog'langan? To'ldin vektori nima?

17.4. Qanday to'ldinlar turg'un to'ldinlar, deb ataladi? Turg'un to'ldin tenglamasini yozing. Turg'un to'ldin amplitudasi qanday qonun bo'yicha o'zgaradi?

17.5. Turg'un to'ldinda tugunlar va do'ngliklar, deb nimaga aytiladi? Tugunlar va do'ngliklaryuzaga kelish shartlarini yozing. Turg'un to'ldin olishning eng oddiy usulini ayting. Tulqinning zichligi kattaroq va zichligi kamroq bo'lgan muhitdan qaytishi qanday yuz berishini tushuntiring.

17.6. Elektromagnit to'ldin tenglamasini yozing. Elektromagnit to'ldinlarning asosiy xususiyatlarini ayting. Muhitning qanday parametrlari unda elektromagnit to'ldinlarning tarqalish tezligini belgilaydi? Bir jinsli va izotrop muhitda elektromagnit to'ldin tezligini hisoblash formulasini yozing.

17.7. To'ldin paketi (gruppasi) deb nimaga aytiladi? To'ldin paketifazoda qanday tarqaladi? To'ldin paketining tenglamasini yozing. Paketda tebranishlar amplitudasi qaysi qonun bilan tushuntiriladi? Gruppaviy tezlik, deb nimaga aytiladi? U nimaga teng?

17.8. Gruppaviy va fazaviy tezliklar orasida qanday bog'liqlik bor? Bu bog'liqlikni tushuntiruvchi formulani yozing. Dispersiya, deb qanday kattalikka aytiladi? U nimani ko'rsatadi? Qanday muhitlar dispergatsiyalovchi, qandaylari dispergatsiyalamaydigan muhitlar, deb ataladi?

17.9. To'ldin ko'chirib o'tkazayotgan energiya zichligi, deb nimaga aytiladi? Bir jinsli va izotrop muhitda tarqalayotgan elektromagnit to'ldin energiyasi zichligi nimaga teng? Elektromagnit to'ldin ko'chirayotgan energiya oqimi zichligini qanday qilib aniqlanadi? Umov-Poynting vektori nimani xarakterlaydi?

17.10. Energiya oqimi, deb nimaga aytiladi? Energiya oqimi Umov-Poynting vektoribilan qanday bog'langan? Elektromagnit to'ldin ta'sir qilayotgan yuza tomonidan ma'lum vaqt ichida yutilayotgan energiya qanday qilib aniqlanadi?

ADABIYOTLAR

1. YA.V. Savelev. Kurs obıeyfiziki.)88.T. 2 (§ 93 - 99 , 104 - 107).
- 2 . AL. Detlaf, B.M. YAvorskiy. Kurs fiziki.M., 1989(§ 29.1 -29.7 , 30 . 1 - 30 . 5).
5. T .I. Trofimova. Kurs fiziki. M . , (§ 153— 157 , 161 -164) .

17.1-masala. Bir jinsli muhitda v chastotali va A amplitudali tebranishlar tarqalmoqda. To'liq uzunligi λ ga, fazaviy tezlik s ga, havo zarrachalarining maksimal tezligi v_{\max} ga teng. Jadvaldagi topshiriq raqamiga qarab, noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	v, Gs	A, mm	λ, m	$s, \text{m/s}$	$v_{\max}, \text{m/s}$
1	?	0.3	0.825	?	0.754
2	?	0.5	1.1	330	?
3	450	?	0.75	?	0.68
4	5000	0.46	?	350	?
5	3500	?	0.4	?	3.3
6	2200	?	?	836	4.15
7	?	0.28	0.08	320	?
8	80	0.25	5.0	?	?
9	?	0.42	0.12	?	7.92
10	140	0.56	?	910	?
11	1100	?	0.64	?	3.456
12	?	0.32	0.525	420	?
13	?	0.26	0.5	600	?
14	?	0.15	0.84	?	0.707
15	630	?	?	756	1.425
16	4800	0.2	?	720	?
17	?	0.4	0.26	520	?
18	86	?	4.2	?	0.433
19	100	1.15	?	330	?
20	?	0.6	1.2	?	1.131
21	750	0.7	?	825	?
22	5000	?	0.125	?	3.14
23	?	0.45	3.2	?	0.34
24	?	?	0.9	405	0.99
25	500	0.25	0.7	?	?
26	?	0.8	1.6	?	1.257
27	4000	?	?	480	2.01
28	90	0.6	?	378	?

17.2-masala. Manbaning soʻnmas tebranishlari tenglamasi $\xi=f_1(t)$ koʻrinishga ega. Agar tebranishlar tarqalish tezligi s ga teng boʻlsa, tebranish boshlanganidan t_1 vaqt oʻtganidan soʻng tebranishlar manбайдan x_1 masofada turgan nuqtaning ξ_1 koʻchishi topilsin. t_2 vaqt momentida toʻlqin fronti qancha masofaga suriladi? Jadvaldagi topshiriq raqamiga qarab echilsin, qoʻshimcha topshiriq bajarilsin.

Topshiriq raqami	$\xi=f_1(t)$, sm	x_1 , m	t_1 , s	t_2 , c	c , m/s	Grafik chizilsin
1	$\xi=3\cos 500\pi t$	6.4	$1.1 \cdot 10^{-2}$	0.2	320	x=const da $\xi=f(t)$
2		6.4	$1.2 \cdot 10^{-2}$	0.4		
3		6.4	$1.3 \cdot 10^{-2}$	0.6		
4		6.4	$1.4 \cdot 10^{-2}$	0.8		
5	$\xi=3\cos 500\pi t$	5.2	10^{-2}	1.0	320	t=constda $\xi=f(t)$
6		5.6	10^{-2}	1.2		
7		6.0	10^{-2}	1.4		
8		6.4	10^{-2}	1.6		
9	$\xi=4\sin 600\pi t$	0.75	10^{-2}	2.0	300	x=const da $\xi=f(t)$
10		0.75	$1.02 \cdot 10^{-2}$	3.0		
11		0.75	$1.04 \cdot 10^{-2}$	4.0		
12		0.75	$1.06 \cdot 10^{-2}$	5.0		
13	$\xi=4\sin 600\pi t$	0.6	10^{-2}	0.5	300	t=constda $\xi=f(t)$
14		0.8	10^{-2}	1.0		
15		1.0	10^{-2}	1.5		
16		1.2	10^{-2}	2.0		
17	$\xi=5\cos 66\pi t$	9.9	0.10	0.2	330	x=const da $\xi=f(t)$
18		9.9	0.11	0.4		
19		9.9	0.12	0.6		
20		9.9	0.13	0.8		
21	$\xi=5\cos 66\pi t$	2	0.1	1.0	330	t=constda $\xi=f(t)$
22		4	0.1	1.2		
23		6	0.1	1.4		
24		8	0.1	1.6		
25	$\xi=2\sin 160\pi t$	1.28	$1.25 \cdot 10^{-2}$	2.0	320	x=const da $\xi=f(t)$
26		1.28	$1.5 \cdot 10^{-2}$	3.0		
27		1.28	$1.75 \cdot 10^{-2}$	4.0		
28		1.28	$2.0 \cdot 10^{-2}$	5.0		

17.3-masala. Tebranish manbaidan mos ravishda x_1 i x_2 masofada tebranayotgan ikki nuqtaning fazalar farqi $\Delta\phi$ ga teng. Berilgan to‘lqinga mos keluvchi to‘lqin soni k ga teng. Jadvaldagi topshiriq raqamiga qarab, noma‘lum kattalikni toping. To‘lqin uzunligini aniqlang.

Topshiriq raqami	x_1, m	x_2, m	$\Delta\phi, rad$	$k, rad/m$
1	?	12.0	π	0.628
2	0.4	?	$\pi / 4$	12.566
3	11.0	16.0	?	0.314
4	0.2	0.7	1.5π	?
5	?	6.5	2π	1.571
6	3.75	?	$\pi / 2$	6.283
7	6.0	8.5	?	1.257
8	5.0	5.667	$\pi / 6$?
9	?	6.0	3π	3.14
10	4.1	?	$\pi / 2$	15.708
11	2.0	3.25	?	1.257
12	1.2	1.755	$\pi / 3$?
13	?	1.2625	$\pi / 2$	25.133
14	5.2	?	0.1π	0.942
15	2.1	2.5167	?	37.699
16	5.5	6.75	π	?
17	?	3.933	5π	18.849
18	6.25	?	$\pi / 4$	0.628
19	0.7	0.8	?	31.416
20	8.2	9.867	$\pi / 6$?
21	?	1.325	$\pi / 4$	6.283
22	1.4	?	2π	15.708
23	3.1	4.35	?	1.257
24	0.8	1.2	π	?
25	?	1.7	4π	12.566
26	0.55	?	$\pi / 2$	31.416
27	10.0	14.0	?	1.57
28	11.5	12.75	$\pi / 4$?

17.4-masala. To‘lqin uzunligi λ , amplitulasi A bo‘lgan va bir biriga qarab tarqalayotgan ikkita bir xil to‘lqinlarning qo‘shilishidan xosil bo‘lgan turg‘un to‘lqin, tebranish manbalaridan biridan x masofada V

amplitudaga ega. Jadvaldagi topshiriq raqamiga qarab, noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	λ , m	A, sm	X, m	V, sm
1	?	3,0	0,5	4,243
2	8,0	?	4,0	10,0
3	1,5	2,5	?	2,5
4	5,0	4,0	0,625	?
5	?	1,5	0,25	2,598
6	0,8	?	0,1	2,828
7	1,2	2,5	?	3,535
8	2,0	1,0	0,25	?
9	?	3,0	0,2	4,243
10	0,6	?	0,1	2,0
11	0,4	0,5	?	1,0
12	4,0	2,0	0,5	?
13	?	0,5	0,1	0,5
14	0,3	?	0,05	1,0
15	6,0	2,0	?	3,464
16	3,2	1,5	0,4	?
17	?	1,0	0,2	1,0
18	1,8	?	0,15	5,196
19	6,0	3,5	?	6,062
20	0,9	0,2	0,075	?
21	?	5,0	1,25	7,07
22	8,0	?	1,0	5,657
23	1,5	4,2	?	4,2
24	2,4	1,5	0,2	?
25	?	2,0	0,75	3,464
26	6,0	?	0,5	5,196
27	0,8	0,2	?	0,283
28	3,0	0,5	0,25	?

17.5-masala. Agar n - va k -chi do'ngliklar orasidagi masofa Δx ga teng bo'lsa va to'lqinning qaytishi manbadan x masofadagi nuqtada yuz berayotgan bo'lsa, ikki muhitning ajralish chegarasiga tushgan va undan qaytgan yuguruvchi to'lqinning qo'shilishidan xosil bo'lgan turg'un

to'liqning tugunlari va do'ngliklarining holati aniqlansin va grafigi chizilsin. Ikki muhit chegarasidan qaytish shartalari hisobga olinsin.

Topshiriq raqami	n	k	$\Delta x, m$	x, m	Qaytish yuz berayotgan muhitning zichligi
1	2	5	0,75	1,5	Zichroq
2					Syrakroq
3	4	8	0,4	1,0	Zichroq
4					Syrakroq
5	3	7	2,4	4,8	Zichroq
6					Syrakroq
7	2	6	4,0	7,0	Zichroq
8					Syrakroq
9	1	4	0,24	0,4	Zichroq
10					Syrakroq
11	1	5	1,2	1,5	Zichroq
12					Syrakroq
13	2	4	0,28	0,7	Zichroq
14					Syrakroq
15	1	7	4,8	7,2	Zichroq
16					Syrakroq
17	1	3	0,4	1,2	Zichroq
18					Syrakroq
19	3	5	0,8	2,0	Zichroq
20					Syrakroq
21	2	6	0,64	0,96	Zichroq
22					Syrakroq
23	1	5	16,0	32,0	Zichroq
24					Syrakroq
25	3	6	6,0	14,0	Zichroq
26					Syrakroq
27	2	3	0,32	1,6	Zichroq
28					Syrakroq

17.6-masala. Bir jinsli izotrop muhitda nisbiy dielektrik singdiruvchanligi ϵ va nisbiy magnit singdiruvchanligi μ_1 ga yaqin bo'lgan yassi elektromagnit to'liq tarqalmoqda. To'liqning elektr maydoni kuchlanganligi amplitudasi E_m ga, magnit maydon kuchlanganligi

amplitudasi N_m gateng. To'lqin tarqalishining fazaviy tezligi - v . Topshiriq raqamiga qarab, noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	ϵ	$E_m, V/m$	$N_m, 10^{-3} A/m$	$v, 10^8 m/s$
1	?	?	8,56	1,86
2	2,6	?	2,14	?
3	?	2,5	?	2,12
4	6	0,6	?	?
5	2,0	?	1,88	?
6	6,0	1,0	?	?
7	?	?	7,96	3,0
8	?	0,4	?	2,12
9	1,0	1,5	?	?
10	?	0,1	?	1,224
11	?	?	4,28	1,86
12	2,0	?	3,0	?
13	?	2,0	?	2,12
14	2,6	?	0,856	?
15	6,0	0,5	?	?
16	?	?	26,0	1,224
17	2,0	?	7,51	?
18	2,6	0,8	?	?
19	?	?	1,327	3,0
20	?	3,0	?	2,12
21	6,0	0,2	?	?
22	?	1,5	?	1,224
23	1,0	?	5,31	?
24	?	?	1,06	3,0
25	2,0	?	2,25	?
26	6,0	1,2	?	?
27	?	?	4,28	1,86
28	?	4,0	?	3,0

17.7-masala. Kristallning berilgan o'qi bo'ylab tarqalayotgan, elektr vektori amplituda qiymati E_m bir xil bo'lgan ikkita elektromagnit to'lqinlar qo'shilishidan hosil bo'lgan, siklik chastotalari, mos ravishda, ω_1 va ω_2 , to'lqin sonlari k_1 va k_2 bo'lgan to'lqin paketini tasvirlovchi

tenglamani yozing. Xar bir to'liqinning fazaviy tezligini (ikkitagacha farqlanuvchi sonlar aniqligida) va to'liqin paketining gruppaviy tezligini aniqlang.

Topshiriq raqami	$E_m, \text{V/m}$	$k_1, 10^6 \pi \text{ rad/m}$	$K_2, 10^6 \pi \text{ rad/m}$	$\omega_1, 10^{14} \pi \text{ rad/m}$	$\omega_2, 10^{14} \pi \text{ rad/m}$
1	1,25	2,98	3,11	5,81	6,05
2	0,5	3,05	3,39	5,93	6,59
3	1,4	3,11	3,66	6,05	7,10
4	0,02	3,39	3,93	6,59	7,61
5	0,55	3,66	4,11	7,10	7,95
6	0,07	3,93	4,16	7,61	8,02
7	0,15	4,11	4,94	7,95	9,46
8	0,2	4,16	6,59	8,02	12,29
9	1,6	4,94	9,33	9,46	16,16
10	0,05	6,59	10,8	12,29	17,11
11	0,8	9,33	10,8	16,16	17,11
12	0,45	2,98	3,05	5,81	5,93
13	0,1	3,05	3,11	5,93	6,05
14	0,75	63,11	3,39	6,05	6,59
15	0,08	3,39	3,66	6,59	7,10
16	0,25	3,66	3,93	7,10	7,61
17	0,01	3,93	4,11	7,61	7,95
18	0,65	4,11	4,16	7,95	8,02
19	0,4	4,16	4,94	8,02	9,46
20	1,0	4,94	6,59	9,46	12,29
21	1,5	6,59	9,33	12,29	16,16
22	0,06	1,59	2,98	3,12	5,81
23	1,8	2,98	3,39	5,81	6,59
24	0,3	3,05	3,66	5,93	7,10
25	1,2	3,11	3,93	6,05	7,61
26	0,04	1,59	3,05	3,12	5,93
27	0,35	3,39	4,11	6,59	7,95
28	0,6	3,66	4,16	7,10	8,02

17.8-masala. Bir jinsli muhitda tarqalayotgan elektromagnit tebranishlar i grupaviy tezlikka va v fazaviy tezlikka egalar. $D\lambda$ to'liqin uzunligi diapazonida λ yaqinida dispersiya D ga teng. Jadvaldagi topshiriq raqamiga qarab, noma'lum kattalikni toping; elektromagnit

to'liqin dispersiyalovchi yoki dispersiyalamaydigan muhitda tarqalayotganini, muhit mubat yoki manfiy dispersiyaga egaligini tushuntiring.

Topshiriq raqami	λ , nm	v , 10^8 m/s	u , 10^8 m/s	D , 10^{12} c^{-1}
1	?	1.82	1.78	5.55
2	804	?	1.80	9.95
3	1050	1.95	?	1.9
4	234	1.76	1.24	?
5	?	1.94	1.91	3.15
6	608	?	1.89	8.22
7	194	1.66	?	92.8
8	512	1.90	1.82	?
9	?	1.96	1.93	2.94
10	437	?	1.86	13.73
11	280	1.78	?	50.00
12	720	1.95	1.85	?
13	?	1.96	1.92	4.76
14	362	?	1.36	132.6
15	523	1.91	?	5.73
16	486	1.93	1.72	?
17	?	1.95	1.93	3.1
18	546	?	1.89	9.16
19	304	1.86	?	217.1
20	590	1.94	1.89	?
21	?	1.93	1.78	29.53
22	185	?	1.14	237.84
23	656	1.94	?	4.57
24	405	1.91	1.53	?
25	?	1.73	0.65	504.67
26	480	?	1.76	33.34
27	670	1.95	?	16.42
28	1256	1.96	1.92	?

17.9-masala. Vakuumda elektr maydon kuchlanganligi $E=E_m \cdot \cos(\omega t - kx)$ qonun bo'yicha, magnit maydon kuchlanganligi $H=H_m \cdot \cos(\omega t - kx)$ qonun bo'yicha o'zgarayotgan yassi elektromagnit to'liqin tarqalmoqda. Umov-Poyntingvektorining t_1 vaqt momentidagi x_1

nuqtadagi oniy qiymati va uning davrdagi o'rtacha va maksimal qiymati topilsin.

Topshiriq raqami	$E=E_m \cdot \cos(\omega t - kx)$	x_i, m	t_i, s
1	$E=2\cos(2,5 \cdot 10^8 \pi t - 0,83 \pi x)$	1.205	$4,667 \cdot 10^{-9}$
2			$5 \cdot 10^{-9}$
3			$5,32 \cdot 10^{-9}$
4			$8 \cdot 10^{-9}$
5	$E=12\cos(5 \cdot 10^6 \pi t - 0,01667 \pi x)$	60	$2,334 \cdot 10^{-7}$
6			$2,5 \cdot 10^{-7}$
7			$2,66 \cdot 10^{-7}$
8			$4 \cdot 10^{-7}$
9	$E=8\cos(1,25 \cdot 10^7 \pi t - 0,4167 \pi x)$	24	$9,33 \cdot 10^{-7}$
10			10^{-7}
11			$1,064 \cdot 10^{-7}$
12			$1,6 \cdot 10^{-7}$
13	$E = 20 \cos(6,25 \cdot 10^8 \pi t - 2,083 \pi x)$	0.48	$3,2 \cdot 10^{-9}$
14			$2,128 \cdot 10^{-9}$
15			$2 \cdot 10^{-9}$
16			$1,867 \cdot 10^{-9}$
17	$E = 6 \cos(3,125 \cdot 10^9 \pi t - 9,6 \cdot 10^{-2} \pi x)$	10.42	$4 \cdot 10^{-10}$
18			$6,4 \cdot 10^{-10}$
19			$4,256 \cdot 10^{-10}$
20			$3,734 \cdot 10^{-10}$
21	$E = 15 \cos(8,33 \cdot 10^7 \pi t - 0,278 \pi x)$	3.6	$1,4 \cdot 10^{-8}$
22			$1,5 \cdot 10^{-8}$
23			$2,4 \cdot 10^{-8}$
24			$1,6 \cdot 10^{-8}$
25	$E=30\cos(1,67 \cdot 10^8 \pi t - 0,556 \pi x)$	1.8	$8 \cdot 10^{-9}$
26			$7 \cdot 10^{-9}$
27			$7,5 \cdot 10^{-9}$
28			$1,2 \cdot 10^{-8}$

17.10-masala. Vakuumda elektr vektorining maksimal qiymati E_m ga teng bo'lgan yassi elektromagnit to'liqin tarqalmoqda. Bu to'liqinlar tarqalish yo'nalishiga perpendikulyar ravishda S maydonga ega bo'lgan yassi yuza joylashgan. Elektromagnit maydondagi elektr va magnit

vektorlar tebranish davrlaridan ancha katta bo'lgan t vaqt ichida bu yuza W ga teng bo'lgan energiyani yutadi. Topshiriq raqamiga qarab, noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	$E_m, \text{V/m}$	S, m^2	t, min	W, J
1	?	30	5	2.985
2	1.2	?	25	5.732
3	0.1	40	?	0.955
4	3.0	6	40	?
5	?	24	4	30.57
6	1.4	?	15	11.7
7	3.0	3	?	21.5
8	0.6	15	50	?
9	?	4	1	2.866
10	0.8	?	14	7.133
11	4.0	26	?	132.4
12	0.1	20	20	?
13	?	8	30	0.764
14	1.8	?	8	6.19
15	5.0	36	?	143.3
16	2.0	25	45	?
17	?	12	2	47.77
18	1.6	?	40	65.22
19	3.5	32	?	156.0
20	0.5	5	12	?
21	?	14	60	1070
22	0.3	?	3	0.86
23	1.5	22	?	47.29
24	4.5	10	35	?
25	?	16	55	17.5
26	2.5	?	10	29.86
27	0.4	35	?	8.92
28	5.0	2	16	?

TO'LQIN OPTIKASI

18- mavzu. YORUG'LIK INTERFERENSIYASI

Nazorat savollari

18.1 To'lqinlarinterferensiyasi hodisasi mohiyati nimadan iborat? Qanday to'lqinlar kogerent deyiladi? Ikki nur yo'lining optik farqi deb nimaga aytiladi? Ikki nur yo'llarining qanday farqmda va fazalarning qanday farqida kuzatilayotgan nuqtada nur intensivligida maksimumi va qaysi hollarda minimumi kuzatiladi?

18.2.Amalda qanday usullar bilan klgerent nurlar hosil qilish mumkin. Yung tajribasini tushuntiring. Interferension polosa kengligi deb nimaga aytiladi? U nimaga teng? Qo'shni interferension polosalar orasidagi masofa nimaga teng? U nimaga bog'liq?

18.3. Nima uchun agar interferensiyalashuvchi nurlarning birini yo'lga shaffof plastinka yoki ichida gaz yoki shaffof suyuqlik to'ldirilgan kyuveta qo'yilsa, interferension manzara suriladi? O'z javobingizni asoslang. Bu hodisadan amalda foydalanishga misollar keltiring.

18.4. YUpqa plenkalarda yorug'lik interferensiyasi qanday kechadi? Teng og'gan polosalar nima? Ular qanday vujudga keladilar?

18.5. "Optik oqarish" nimaga asoslangan? Oqartiruvchi qatlam qalinligi qanday hisoblanadi? U nimaga bog'liq?

18.6. YUpqa qoziqsifat plastinkada yorug'lik intenferensiyasi qanday kechadi? Bir hil qalinlikdagi polosalar deb nimaga aytiladi? Ular qanday vujudga keladilar?

18.7. SHaffof muhitlarni chegaralovchi ikki tekisliklar tomonidan yuzaga kelgan "havo qozig'i"da interferensiya qanday kechadi? Bu holda qaytgan nur intensivligining maksimumi va minimumi qanday sharoitlarda ro'y beradi?

18.8. Nyuton halqalari nima? Ular qanday vujudga keladilar? O'tuvchi va qaytgan nurlardan yuzaga keluvchi yorug' va qorong'i dog'larni yuzaga kelish sharti qanday yoziladi? Interferension manzara markazida yorug' yoki qorong'i dog' hosil bo'lishini qanday aniqlash mumkin?

18.9. Interferometrlar ishlash prinsipi nimaga asoslangan? Maykelson interferometri nimadan iborat? Bu interferometrda sochilmaydigan nurdan foydalanilganda interferension manzara qanday bo'ladi? U qanday o'lchashlarni amalga oshirish imkonini beradi?

18.10. Frenel ko'zgularini ishlatganda qanday qilib interferension manzara yuzaga kelishini tushuntiring. Bu holda qo'shni interferension polosalar orasidagi masofa qanchaga teng bo'ladi?

ADABIYOTLAR

1. I.V. Savelev. Kurs obʻuqey fiziki. M., 1988, T. 2 (§ 119 - 123).
2. AL. Detlaf, BM.YAvorskiy. Kurs fiziki, M., 1989 (§ 31.1 - 31.5).
3. T.I. Trofimova. Kurs fiziki. M., 1985 (§ 171 - 176).

18.1-masala. Yung tajribasida tirqishlar orasidagi masofa d ga, tirqishdan ekrangacha boʻlgan masofa l ga teng. λ toʻlqin uzunligiga mos keluvchi ikki qoʻshni polosalar orasidagi masofa Δx ga teng. Topshiriqqa mos nomaʼlum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	d , mm	L , m	λ , mkm	Δx , mm
1	0,7	0,32	0,35	?
2	4.0	2.0	?	0.23
3	3.1	?	0.62	0.30
4	?	4.6	0.40	0.92
5	1.5	3.5	0.66	?
6	7.0	28	?	1.36
7	4.5	?	0.55	1.10
8	?	5.0	0.38	1.00
9	10	30	0.65	?
10	2.1	4.2	?	0.84
11	2.6	?	0.52	1.20
12	?	24	0.34	2.04
13	1.6	6.2	0.48	?
14	3.0	18	?	3.12
15	2.4	?	0.60	2.50
16	?	4.4	0.54	2.97
17	0.2	0.8	0.50	?
18	2.1	2.2	?	0.66
19	4.0	?	0.36	0.72
20	?	7.5	0.44	2.20
21	7.8	4.5	0.64	?
22	6.5	26	?	2.28
23	2.7	?	0.45	2.50
24	?	40	0.58	4.64
25	4.0	25	0.32	?
26	0.9	3.6	?	1.80
27	3.4	?	0.68	4.00
28	?	4.8	0.56	3.84

18.2-masala. Agar Yung tajribasida birlamchi tushayotgan nur rangini boshqasi bilan almashtirilsa, qo'shni interferension polosalar orasidagi masofa necha marotaba o'zgaradi?

Topshiriq raqami	Boshlang'ich rang	λ_1, mkm	Keyingi rang	λ_2, mkm
1	Qizil	0,70	ko'k	0,48
2			Sariq	0,58
3			YAshil	0,55
4			Binafsha	0,40
5	Sariq	0,59	YAshil	0,55
6			YAshil-havo rang	0,51
7			Qizil	0,70
8			Binafsha	0,41
9	Binafsha	0,40	YAshil-havo rang	0,51
10			Qizil	0,64
11			Qizil	0,69
12			YAshil	0,54
13	YAshil-havo rang	0,51	Sariq	0,59
14			Binafsha	0,41
15			Qizil	0,64
16			Qizil	0,72
17	Ko'k	0,48	Zangori	0,62
18	YAshil	0,55		
19	Binafsha	0,40		
20	Qizil	0,70		
21	YAshil	0,55	Ko'k	0,46
22	Sariq	0,59		
23	Qizil	0,70		
24	Binafsha	0,4		
25	Binafsha	0,42	YAshil	0,54
26	Ko'k	0,48		
27	Sariq	0,58		
28	Qizil	0,72		

18.3-masala. Yung tajribasida interferensiyalanuvchi nurlarning birini yo'liga d qalinlikdagi, sindirish koeffitsienti n bo'lgan yupqa plastinka qo'yildi. Natijada interferension manzara m polosaga siljidi.

Tushuyotgan nur to'liqin uzunligi – λ , nur normal tushayapdi. Topshiriq raqamiga mos noma'lum kattalikni ainqlang.

Topshiriq raqami	d , mkm	n	m	λ , mkm	Graduirovka grafigini chizing
1	?	1.5	2	0.60	$m=f(d)$
2	?		5		
3	?		8		
4	?		10		
5	10	?	6	0.50	$m=f(n)$
6		?	10		
7		?	4		
8		?	8		
9	15	1.3	?	0.55	$m=f(\lambda)$
10			?	0.45	
11			?	0.65	
12			?	0.35	
13	?	1.4	5	0.55	$d=f(\lambda)$
14	?			0.40	
15	?			0.65	
16	?			0.35	
17	?	1.3	10	0.45	$d=f(n)$
18	?	1.4			
19	?	1.5			
20	?	1.6			
21	7.5	1.36	8	?	$n=f(\lambda)$
22		1.75		?	
23		1.62		?	
24		1.48		?	
25	11	?	4	0.55	$n=f(m)$
26		?	9.6		
27		?	7		
28		?	8.4		

18.4-masala. To'liqin uzunligi λ bo'lgan parallel nurlar dastasi havoda α burchak ostida turgan sindirish ko'rsatkichi n_1 bo'lgan yapqa plenka tushayapdi, plenka sindirish ko'rsatkichi n_2 bo'lgan modda ustida turibdi. Qaytuvchi nurlar interferensiya tufayli maksimal

kamayuvchi holat plenkaning d_1 qalinligida, maksimal kuchayuvchi holat esa plastinkaning d_2 qalinligidakuzatiladi. Jadvaldagi raqamga mos noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	λ , mkm	α , grad	n_1	n_2	d_1 , mkm	d_2 , mkm
1	?	45	1.10	1.30	?	0.6865
2	0.35	?	1.25	1.50	0.0971	?
3	0.66	60	?	1.10	?	0.1347
4	0.41	30	1.40	1.65	?	?
5	?	60	1.45	1.14	?	0.1397
6	0.44	?	1.30	1.15	0.20017	?
7	0.55	30	?	1.46	?	0.2521
8	0.38	45	1.20	1.40	?	?
9	?	45	1.15	1.45	?	0.2371
10	0.48	?	1.35	1.20	0.1914	?
11	0.40	60	?	1.65	?	0.2219
12	0.63	30	1.50	1.25	?	?
13	?	30	1.40	1.25	?	0.1109
14	0.54	?	1.20	1.35	0.1392	?
15	0.36	60	?	1.55	?	0.1856
16	0.46	45	1.55	1.15	?	?
17	?	60	1.60	1.30	?	0.0892
18	0.39	?	1.10	1.40	0.1437	?
19	0.43	45	?	1.60	?	0.1698
20	0.50	30	1.30	1.10	?	?
21	?	45	1.55	1.25	?	0.1160
22	0.37	?	1.15	1.35	0.102	?
23	0.56	60	?	1.55	?	0.2546
24	0.42	30	1.35	1.15	?	?
25	?	30	1.45	1.60	?	0.1286
26	0.45	?	1.50	1.20	0.1591	?
27	0.60	45	?	1.50	?	0.284
28	0.34	60	1.25	1.45	?	?

18.5-masala. Linza sifatini yaxshilash uchun odatda optik asboblarda “oqartirish” usuli qo'llaniladi, ya'ni bunda linza sirtiga d qalinlikdagi yupqa plenka tortiladi. Bunda inson ko'zi eng sezuvchi nur to'lqin uzunligi $\lambda=10^{-7}$ m bo'lgan yashil nur linza yuzasiga normal tushganida qaytgan nurning interferension manzarasida m tartibli

minimum kuzatiladi. Linzaning sindirish ko'rsatkichi – n_1 , oqartiruvchi plenkani esa – n_2 teng. Topshiriq raqamiga ko'ra noma'lum kattalikni aniqlang.

Topshiriq raqami	n_1	n_2	m	d_1 , mkm
1	1,6	1,5	0	?
2			1	?
3			2	?
4			3	?
5	1,75	?	4	0.825
6		?		0.728
7		?		0.884
8		?		0.773
9	1,5	1.45	?	1.233
10			?	0.8534
11			?	0.6638
12			?	1.043
13	1,3	1.35	2	?
14		1.40		?
15		1.45		?
16		1.50		?
17	1,15	?	5	1.375
18		?	6	
19		?	7	
20		?	8	
21	1,15	1.20	?	0.6875
22		1.25	?	0.44
23		1.30	?	0.6346
24		1.35	?	0.4074
25	1,35	1.4	0	?
26			1	?
27			2	?
28			3	?

18.6.-masala. Havoda turgan uchidagi burchagi α bo'lgan qoziqsifat yupqa plastinkada to'lqin uzunligi λ bo'lgan nur normal tushuyotganida qaytuvchi nurda interferension manzara kuzatilayapti.

Bunda interferensiyalar polosalar orasidagi masofa Δx ga teng. Plastinka moddasining sindirish ko'rsatkichi n ga teng. Topshiriq raqamiga ko'ra noma'lum kattalikni aniqlang.

Topshiriq raqami	Rang filtri	λ , mkm	α , min	n	Δx , mm	Grafigi chizilsin
1	Binafsha	0,41	1	1.5	?	$\Delta x=f(\alpha)$
2			2		?	
3			3		?	
4			4		?	
5	Qizil	0,70	0,5	1.45	?	$\Delta x=f(n)$
6				1.55	?	
7				1.65	?	
8				1.75	?	
9	?	?	1	1.6	0.752	$\Delta x=f(\lambda)$
10	?	?			0.505	
11	?	?			0.44	
12	?	?			0.634	
13	Sariq	0,59	?	1.7	0.398	$\Delta x=f(\alpha)$
14			?		0.239	
15			?		0.298	
16			?		0.596	
17	QizilQizil YAshil Binafsha	0,70	2	1.3	?	$\Delta x=f(\lambda)$
18		0,64			?	
19		0,51			?	
20		0,42			?	
21	Ko'k	0,47	0.5	?	1.154	$\Delta x=f(\alpha)$
22				?	1.01	
23				?	1.243	
24				?	1.077	
25	Qizil Sariq YAshil Ko'k	0,72	1	1.4	?	$\Delta x=f(\lambda)$
26		0,58			?	
27		0,55			?	
28		0,48			?	

18.7-masala. Sindirish ko'rsatkichi n_2 bo'lgan gazsimon yoki suyuq muhitda joylashgan sindirish ko'rsatkichi n_1 bo'lgan ikkita shaffof plastinkalar orasiga diametri d bo'lgan ip tushib qolishi natijasida qoziqsimon muhit hosil bo'lgan. Ipdan qoziqsimon mug'it uchigacha bo'lgan masofa – L . Plastinkaga to'lqin uzunligi λ bo'lgan nurning normal tushganida qaytuvchi nurda plastinkaning har l uzunligida m ta

interferension minimum kuzatilayapdi. Topshiriq raqamiga mos noma'lum kattalikni toping.

Toprishi raqami	n_1	n_2	$d,$ mkm	L, sm	$\lambda,$ mkm	m	l, sm
1	1,5	?	2	10	0.3472	5	3.1
2	1,75	1.0	?	12	0.4091	11	5.4
3	1,6	1.00077	16	?	0.4982	9	3.5
4	1,42	1.63	10	15	?	12	3.0
5	1,58	1.02	12	30	0.5814	?	5.7
6	1,65	1.16	2.5	17	0.4199	13	?
7	1,5	?	7	11	0.3733	6	1.6
8	1,47	1.2	?	15	0.6240	4	5.2
9	1,34	1.05	8	?	0.4536	10	5.4
10	1,62	1.0	15	22	?	8	3.1
11	1,49	1.1	3	14	0.4007	?	1.7
12	1,7	1.00038	5	16	0.6044	6	?
13	1,36	?	13	23	0.4845	7	2.5
14	1,55	1.54	?	8	0.5133	3	1.0
15	1,43	1.33	9	?	0.4309	5	0.9
16	1,8	1.12	10	18	?	8	3.9
17	1,45	1.0	17	21	0.5667	?	1.4
18	1,72	1.2	20	24	0.3500	4	?
19	1,38	?	4	9	0.5123	6	2.6
20	1,68	1.4	?	12	0.4480	10	3.2
21	1,76	1.08	4	?	0.6336	3	3.3
22	1,5	1.6	18	25	?	7	1.4
23	1,35	1.004	6	10	0.4016	?	1.0
24	1,44	1.1	11	19	0.5459	7	?
25	1,73	?	19	20	0.5146	6	1.3
26	1,48	1.005	?	11	0.4568	3	1.5
27	1,55	1.4	14	?	0.3733	7	0.8
28	1,64	1.18	5	13	?	9	5.3

18.8.-masala. Nyuton halqalarini kuzatish uskunasi linzaning sindirish ko'rsatkichi n_1 ga, plastinkaning sindirish ko'rsatkichi n_2 ga, ular orasini to'ldiruvchi gazsimon yoki suyuq muhitning sindirish ko'rsatkichi n_3 ga teng. Linzaning egrilik radiusi R ga teng. To'lqin uzunligi λ bo'lgan o'tuvchi (qaytuvchi) nurda kuzatilayotgan m yorug' (qorong'i) halqaning radiusi r_m ga teng. Topshiriq raqamiga ko'ra noma'lum kattalikni toping.

Interferension manzara markazida yorug' yoki qorong'i dog' bo'lishini aniqlang.

Topshiriq raqami	Kuzatilish sharti	n_1	n_2	n_3	λ , mkm	Halqa	m	r_m , mm	R , m
1	Qaytuvchi nurda	1,5	1,0	1,8	0,70	Qorong'i	2	?	0,5
2							3	?	
3							4	?	
4							5	?	
5	O'tuvchi nurda	1,5	1,0	1,8	0,55	Qorong'i	?	1,11	0,5
6							?	0,83	
7							?	0,64	
8							?	0,98	
9	Qaytuvchi nurda	1,8	1,63	1,5	?	YOrug'	3	0,81	0,6
10					?			0,74	
11					?			0,88	
12					?			0,66	
13	O'tuvchi nurda	1,5	1,63	1,5	0.4240	YOrug'	6	1,06	?
14					0.5477			0,84	?
15					0.6405			2,06	?
16					0.7232			2,42	?
17	Qaytuvchi nurda	1,5	1,63	1,7	0.50	YOrug'	5	0,88	?
18								1,24	?
19								2,77	?
20								3,92	?
21	O'tuvchi nurda	1,5	1,63	1,7	0.64	Qorong'i	2	?	8,0
22							4	?	
23							6	?	
24							8	?	
25	Qaytuvchi nurda	1,7	1,0	1,5	0.45	YOrug'	?	0,80	0,4
26			1,05				?	0,66	
27			1,1				?	0,95	
28			1,15				?	0,84	

18.9-masala. Maykelson interferometri pechida sochilmaydigan nurlar dastasi yo'lida bir xildagi l uzunlikdagi havosi so'rib olingan kyuvetalar joylashgan. Kyuvetalar oxirlari (tublari) tekis parallel shishalar bilan berkitilgan. Kyuvetalardan biri sindirish ko'rsatkichi bo'lgan modda bilan to'ldirilganida to'lqin uzunligi λ bo'lgan nur uchn interferension manzara m polosaga siljidi. Jadvaldagi raqamga mos noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	l, m	n	λ, mkm	m
1	?	1.33	0.5802	2275
2	2	?	0.6702	1119
3	4	1.03	?	654
4	6	1.08	0.4201	?
5	?	1.02	0.4507	355
6	1	?	0.7212	416
7	2	1.25	?	3214
8	3	1.13	0.5200	?
9	?	1.008	0.6000	400
10	8	?	0.4099	3220
11	10	1.07	?	1860
12	12	1.003	0.6818	?
13	?	1.5	0.6400	3125
14	2	?	0.50	4640
15	3	1.18	?	800
16	4	1.20	0.7002	?
17	?	1.12	0.5607	2140
18	2	?	0.6512	1290
19	4	1.15	?	1020
20	6	1.02	0.4297	?
21	?	1.06	0.6194	1550
22	10	?	0.4828	1160
23	11	1.54	?	1660
24	12	1.1	0.5503	?
25	?	1.12	0.5399	489
26	13	?	0.6896	812
27	14	1.41	?	1405
28	15	1.05	0.4	?

18.10-masala. Orasidagi burgachi ϕ bo'lgan Frenel ko'zgulariga, ko'zgular kesishish nuqtasiga nisbatan r masafada joylashgan tirqishdan, λ to'lqin uzunlikli monoxromatik nur tushuyapdi. Ko'zgulardan aks etgan nurlar, lo'gular kesishish chizig'idan b masofada joylashgan ekranda interferension manzara hosil qilayapdi. Bunda interferension polosalar orasidagi masofa Δx ni tashkil etadi. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	ϕ, min	b, m	r, m	λ, mkm	$\Delta x, \text{mm}$
------------------	--------------------	--------	--------	-----------------------	-----------------------

1				0.45	?
2				0.51	?
3	10	2.5	0.12	0.60	?
4				0.68	?
5				?	7.67
6				?	6.82
7	5	3.0	0.10	?	5.86
8				?	4.26
9			?		19.18
10			?		10.72
11	2	2.0		0.65	8.01
12			?		6.77
13		?			6.87
14		?			5.86
15	8	?	0.07	0.55	3.83
16		?			2.65
17	?				6.82
18	?				4.09
19	?	4.0	0.15	0.43	2.56
20	?				1.70
21	10				?
22	20				?
23	30	3.5	0.05	0.70	?
24	40				?
25			?		1.87
26			?		2.24
27	20	5.0	?	0.51	3.17
28			?		5.52

19- MAVZU. YORUG'LIK DIFRAKSIYASI

Nazorat savollari

19.1. Yorug'lik difraksiyasi hodisasi nima? Vayday sharoitda uni kuzatish mumkin? Difraksiyaning qanday ikki turini bilasiz? Gyuygens prinsipini nima, uni tushuntiring. Frenel uni nima bilan to'ldirdi? Frenel metodi nimaga asoslangan?

19.2. Qanday sharoitda parallel monoxromatik nurlar difraksiyasida doiraviy tuyrukdan o'tganda difraksion manzaraning markazida oq dog' va qanday sharoitda qora dog' hosil bo'ladi?

19.3. Kichikdoiraviy tuyrukli diafragramadan o'tgan nurlar difraksion manzarasini kuzatish nuqtasi diafragramadan uzoqlashgan sari markazdagi manzara minimum va maksimumlar navbat bilan almashadi. Nega bu holat kuzatilishini tushuntiring. Qanday sharoitda oxirgi maksimum va minimum kuzatiladi?

19.4. Agar kichik doiraviy tuynuklidiafragmani nuqtaviy yorug'lik manbaidan kuzatuvchi tomonga siljitsak, Frenel zonalari soni qanday o'zgaradi? Tuynukli diafragmaning qaysi holatida Frenel zonalari soni eng kam sonli bo'ladi?

19.5. Parallel monoxromatik nurlar dastasining kichik doiraviy to'siqdan keyingi difraksion manzarasi qanday ko'rinishda bo'ladi? Bunda Frenelning qaysi zonalari ko'rinadi? Frenel zonalari kengligi qanday hisoblanadi?

19.6. Parallel nurlar dastasi ingichka tirqishga normal tushganida difraksion manzaraning qanday turi kuzatiladi? Ekranda qanday burchaklar ostida yoritilganlikning maksimum va minimumlari kuzatiladi?

19.7. Parallel monoxromatik nurlar dastasining ingichka tirqishdan o'tganida difraksiyadagi ikki minimumlar va maksimumlar orasidagi masofa qanday hisoblanadi?

19.8. Difraksion panjaradagi difraksiyani qanday kuzatish mumkin? Bu holdagi difraksion manzara yakka ingichka tirqishdan bo'ladigan difraksion manzaradan nimasi bilan farq qiladi? Qanday burchak ostida asosiy difraksion maksimum kuzatiladi? Qanday burchak ostida ekranda asosiy difraksion minimumni kuzatish mumkin? Monoxromatik bo'lmagan oq nur difraksion panjaradan o'tganida oq nurning turli nurlarga bo'linishi qanday alamga oshadi?

19.9. Spektral asbobning chiziqli va burchak dispersiyasi deb nimaga aytiladi? Difraksion panjaraning ruxsat beruvchi kuchi undagi tirqishlar soni bilan qanday bog'liq?

19.10. Fazoviy panjarada difraksiya qanday amalga oshadi? Vulf-Bregglar formulasini yozing. A) kristall panjaraning ikki rentgenostruktur tahlili; b) rentgen spektroskopiyasi nimaga asoslangan?

ADABIYOTLAR

1. I.V. Savelev. *Kurs obıey fiziki. M., 1988, T. 2 (§ 1 25 - 132)*.
2. AL. Detlaf, BM.YAvorskiy. *Kurs fiziki, M., 1989 (§ 321 . 1 - 32 . 7)*.
3. T.I. Trofimova. *Kurs fiziki. M., 1985 (§ 1 77 - 1 8 4)*.

19.1- masala. Agar yorug'lik filtri orqali o'tayotgan nur to'lqin uzunligi λ ga, to'lqin yuzasidan yorug'lik manbaigacha masofa a ga, kuzatish nuqtasigacha bo'lgan masofa esa b ga teng bo'lsa Frenelning m -zonasi radiusini hisoblang. Frenelning m -zonasi radiusining mavjud parametr ga nisbatan o'zgarishi grafigini chizing.

Topshiriq raqami	To'lqin fronti	YO rug'lik filtri	λ , mkm	a , m	b , m	m	
1	Sferik	YAshil	0,55	0,3	2,2	1	
2						2	
3						3	
4						4	
5	Tekis	YAshil	0,55	∞	2,2	1	
6						2	
7						3	
8						4	
9	Sferik	Bishafsha rang	0,40	0,3	1,5	2	
10		YAshil	0,52				
11		Zarg'aldoq	0,60				
12		Qizil	0,70				
13	Tekis	Bishafsha rang	0,40	∞	1,5	2	
14		YAshil	0,52				
15		Zarg'aldoq	0,60				
16		Qizil	0,70				
17	Sferik	Ko'k	0,47	0,3	1	2	
18							2
19							3
20							4
21	Tekis	Ko'k	0,47	∞	1	2	
22					2		
23					3		

24					4	
25	Sferik	Qizil	0,64	0,1	1,8	3
26				0,2		
27				0,3		
28				0,4		

19.2-masala. To'liq uzunligi λ bo'lgan monoxramatik yorug'lik nuri manbaidan nur normal ravishda r radiusli kichik doiraviy teshikli difragmaga tushmoqda. Diafragmaga nisbatan L masofada ekran joylashgan. Ekrandagi difraksion manzara markazi qanday bo'ladi: yorug'mi yoki qorong'i? Diafragma tirqishiga difraksion manzara markazidan kuzatganda m ta Frenel zonalari sig'adi. Topshiriqqa asosan noma'lum kattalikni toping.

Toprishi raqami	λ , mkm	r , mm	L , m	m
1	0,500	0.4	0.08	?
2	0,577	1.5	?	3
3	0,408	?	0.2	6
4	?	0.9	1.8	1
5	0,416	0.8	0.22	?
6	0,641	1.0	?	2
7	0,533	?	0.54	5
8	?	0.5	0.16	4
9	0.457	1.1	0.53	?
10	0.643	0.6	?	7
11	0.485	?	1.32	1
12	?	1.4	1.45	2
13	0.706	1.2	0.34	?
14	0.544	0.7	?	5
15	0.440	?	1.94	3
16	?	0.9	0.23	6
17	0.676	0.5	0.37	?
18	0.402	1.3	?	3
19	0.538	?	0.52	7
20	?	0.8	0.47	4
21	0.521	1.0	0.96	?
22	0.457	0.4	?	5
23	0.417	?	1.20	2
24	?	1.2	3.0	1
25	0.571	0.6	0.21	?

26	0.620	1.4	?	2
27	0.483	?	0.70	5
28	?	0.9	0.39	4

19.3-masala. Radiusi r - bo'lgan doiraviy tirqishli diafragma to'liq uzunligi λ bo'lgan parallel nurlar dastasi normal tushmoqda. Ekranni diafragmadan uzoqlashtirganda oxirgi minimum difragma va ekran orasidagi b'_{min} masofada, oxirgi maksimum esa b'_{max} masofada kuzatilmoqda. Topshiriq raqamiga mos noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	$r, \text{ mm}$	$\lambda, \text{ mkm}$	$b'_{min}, \text{ m}$	$b'_{max}, \text{ m}$
1	1.2	0.45	?	?
2	0.4	?	?	0.291
3	?	0.67	?	1.21
4	?	0.53	0.236	?
5	1.8	?	3.857	?
6	0.7	0.46	?	?
7	1.3	?	?	3.38
8	?	0.51	?	1.255
9	?	0.64	0.125	?
10	1.4	?	2.04	?
11	0.3	0.40	?	?
12	1.0	?	?	1.667
13	?	0.47	0.0957	?
14	?	0.70	?	1.428
15	1.6	0.62	?	?
16	0.5	?	0.236	?
17	?	0.44	?	2.75
18	?	0.58	0.4225	?
19	0.9	?	?	1.246
20	1.5	?	2.5	?
21	0.6	0.50	?	?
22	?	0.38	?	0.948
23	?	0.55	1.31	?
24	1.1	?	?	1.73
25	1.7	?	2.26	?
26	0.8	0.48	?	?
27	?	0.60	?	2.82
28	?	0.42	0.048	?

19.4-masala. Radiusi r bo'lgan doiraviy tuynuk to'lqin uzunligi λ bo'lgan monoxromatik nur bilan yoritilmoqda. Difraksion manzara yorug'lik manbaidan L masofadagi nuqtadan kuzatilmoqda. Agar diafragmani yorug'lik manbaiga nisbatan a_1 masofadan a_2 masofaga siljitsak, difraksion manzara markazida to'liq qorong'ilik necha marta kuzatiladi?

Topshiriq raqami	r, mm	λ, mkm	L, m	a_1, m	a_2, m
1	1,5	0,55	2,5	0,4	0,5
2					1,0
3					1,5
4					2,0
5	0,8	0,40	1,4	0,2	1,0
6				0,3	
7				0,4	
8				0,5	
9	0,8	0,45	1,0	0,3	0,8
10	0,9				
11	1,0				
12	1,1				
13	1,3	0,4	3,0	1,0	1,8
14		0,5			
15		0,6			
16		0,7			
17	1,0	0,64	1,5	0,3	0,8
18					1,0
19					1,2
20					1,4
21	1,2	0,40	2,8	0,6	2,0
22				1,0	
23				1,2	
24				1,6	
25	0,9	0,43	1,0	0,1	0,7
26		0,52			
27		0,66			
28		0,72			

19.5-masala. To'lqin uzunligi λ bo'lgan monoxromatik parallel nurlar dastasi o'z yo'lida radiusi r bo'lgan kichik doiraviy ekranga duch kelmoqda. Difraksion manzara ekran markaziga nisbatan perpendikulyar

joylashgan undan b masofadagi inuqtada kuzatilmoqda. Ekran yonidagi Frenel zonasi kengligi Δx ga teng. Topshiriq raqamiga mos noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	λ , mkm	r , mm	b , m	Δx , mm
1	?	2,1	0,3	0,05
2	0,4464	?	0,25	0,06
3	0,6060	0,4	?	0,21
4	0,5389	1,5	1,0	?
5	?	0,8	0,9	0,22
6	0,4667	?	1,2	0,20
7	0,5639	2,0	?	0,35
8	0,6651	1,1	0,53	?
9	?	2,2	1,1	0,10
10	0,6162	?	0,52	0,18
11	0,4589	1,4	?	0,13
12	0,5789	0,5	0,19	?
13	?	1,6	0,45	0,09
14	0,508	?	0,7	0,14
15	0,667	0,9	?	0,23
16	0,425	0,3	0,5	?
17	?	0,6	0,36	0,16
18	0,5398	?	0,43	0,11
19	0,6625	1,2	?	0,25
20	0,488	2,3	2,8	?
21	?	1,8	1,7	0,26
22	0,6343	?	0,9	0,33
23	0,4009	0,7	?	0,15
24	0,5902	1,3	0,65	?
25	?	1,0	1,1	0,24
26	0,5022	?	0,4	0,07
27	0,6925	1,7	?	0,12
28	0,44440	1,9	1,8	?

19.6-masala. Tirqishga normal ravishda to'liqin uzunligi λ bo'lgan parallel monoxromatik nurlar dastasi tushmoqda. Tirqish kengligi to'liqin uzunligidan z marta katta. Difraksion manzaralarning m -tartibli maksimum va minimumlari qaysi burchak ostida kuzatilmoqda.

Topshiriq	Kuzatilayotgan	z	m
-----------	----------------	-----	-----

raqami	ekstremumlar		
1	Minimum	6	1
2			2
3			3
4			4
5	Maksimum	6	1
6			2
7			3
8			4
9	Minimum	9	1
10			3
11			5
12			7
13	Maksimum	9	1
14			3
15			5
16			7
17	Minimum	5	1
18			2
19			3
20			4
21	Maksimum	5	1
22			2
23			3
24			4
25	Minimum	10	3
26			4
27			6
28			7

19.7-masala. Kengligi b bo'lgan tirqishga to'liq uzunligi λ bo'lgan monoxromatik paralel nurlar dastasi tushmoqda. Linzadan L masofada turgan ekrandagi tirqish tasvirining kengligi Δx ga teng. Jadvaldagi topshiriq raqamiga mos noma'lum kattalikni toping. Tasvir kengligi sifatida asosiy yoritilganlik maksimumiga nisbatan ikki tomonda turgan birinchi difraksion minimumlar orasidagi masofa olinsin.

Topshiriq raqami	b , mkm	λ , mkm	L , m	Δx , sm
1	?	0,50	0,65	8,14
2	10	?	1,20	16,36

3	6	0,58	?	17,48
4	21	0,44	0,90	?
5	?	0,57	1,05	4,79
6	18	?	1,35	10,51
7	13	0,40	?	8,00
8	11	0,66	0,75	?
9	?	0,60	1,30	5,20
10	15	?	0,55	3,30
11	20	0,42	?	3,36
12	19	0,51	1,00	?
13	?	0,45	0,85	7,66
14	35	?	0,70	2,40
15	20	0,64	?	4,48
16	8	0,56	1,40	?
17	?	0,52	0,60	2,71
18	12	?	0,95	9,04
19	14	0,48	?	7,55
20	16	0,63	1,10	?
21	?	0,43	0,80	5,74
22	13	?	1,45	10,27
23	22	0,55	?	3,85
24	27	0,67	1,15	?
25	?	0,65	0,50	1,91
26	17	?	0,72	4,41
27	9	0,47	?	1,05
28	14	0,54	0,25	?

19.8-masala. Nur dastasi paralel tarzda har 1 mm da n shtrix bo'lgan difraksion panjaraga normal tushmoqda. Linzadan L masofada joylashgan ekranda difraksion spektr kuzatilmoqda. Undagi berilgan ikki chiziqlar orasidagi masofa Δx ga teng. Noma'lum kattalikni toping.

Tops hiri raqa mi	Birinchi chiziq			Ikkinchi chiziq			$n,$ m m^{-1}	$L,$ m	$\Delta x,$ sm
	Rangi	Tartibi	$\lambda,$ mk m	Rangi	tartibi	$\lambda_2,$ mkm			
1	qizil	Chapda n_1	0,68	Qizil	O'ngdan 1	0,68	400	0.5	?
2	qizil	CHapda n_2	0,68	Qizil	O'ngdan 2	0,68	400	0.5	?
3	YAshil	CHapda n_1	0,55	YAshil	O'ngdan 1	0,55	400	0.5	?
4	YAshil	CHapda	0,55	YAshil	O'ngdan	0,55	400	0.5	?

		n2			2				
5	Qizil	CHapda n1	0,68	Qizil	CHapda n2	0,68	500	0.8	?
6	Ko'k	CHapda n1	0,46	Ko'k	CHapda n2	0,46	500	0.8	?
7	Zarg'aldo q	CHapda n1	0,60	Zarg'aldo q	CHapda n2	0,60	500	0.8	?
8	YAshil	CHapda n1	0,55	YAshil	CHapda n2	0,55	500	0.8	?
9	Binafsha	O'ngdan 2	0,40	Qizil	O'ngdan 1	0,68	600	?	8.02
10	Binafsha	O'ngdan 2	0,40	Qizil	O'ngdan 1	0,64	600	?	5.25
11	Binafsha	O'ngdan 2	0,40	Zarg'aldo q	O'ngdan 1	0,60	600	?	3.22
12	Binafsha	O'ngdan 2	0,40	YAshil	O'ngdan 1	0,55	600	?	11.85
13	Ko'k	CHapda n1	0,46	Ko'k	O'ngdan 1	0,46	?	0.6	28.36
14	YAshil	CHapda n1	0,51	YAshil	O'ngdan 1	0,51	?	0.6	4.59
15	YAshil	CHapda n1	0,55	YAshil	O'ngdan 1	0,55	?	0.6	13.28
16	Zarg'aldo q	CHapda n1	0,60	Zarg'aldo q	O'ngdan 1	0,60	?	0.6	10.84
17	Ko'k	CHapda n1	0,46	Ko'k	O'ngdan 1	0,46	300	0.4	?
18	Ko'k	CHapda n2	0,46	Ko'k	O'ngdan 2	0,46	300	0.4	?
19	Zarg'aldo q	CHapda n1	0,60	Zarg'aldo q	O'ngdan 1	0,60	300	0.4	?
20	Zarg'aldo q	CHapda n2	0,60	Zarg'aldo q	O'ngdan 2	0,60	300	0.4	?
21	Binafsha	CHapda n1	0,40	Binafsha	O'ngdan 1	0,40	700	?	58.33
22	Binafsha	CHapda n2	0,40	Binafsha	O'ngdan 2	0,40	700	?	54.07
23	Qizil	CHapda n1	0,64	Qizil	O'ngdan 1	0,64	700	?	25.05
24	Qizil	CHapda n2	0,64	Qizil	O'ngdan 2	0,64	700	?	60.53
25	Qizil	CHapda n1	0,68	Qizil	O'ngdan 1	0,68	?	0.7	24.15
26	Ko'k	CHapda n2	0,46	Ko'k	O'ngdan 2	0,46	?	0.7	11.63
27	Zarg'aldo q	CHapda n2	0,60	Zarg'aldo q	O'ngdan 2	0,60	?	0.7	30.97
28	Binafsha	CHapda n3	0,40	Binafsha	O'ngdan 2	0,60	?	0.7	8.42

19.9-masala. Difraksion panjara kengligi l ga teng bo'lib N tirqishga ega panjara doimiysi d ga teng. Panjaraning λ to'lqin uzunliudagi m tartibi uchun ruxsat berish kattaligi $R=\lambda/(\Delta\lambda)$ ga, uning burchak dispersiyasi esa $D=\Delta\varphi/(\Delta\lambda)$ ga teng, bu erda $\Delta\lambda$ - difraksion panjara ko'ra oladigan ikki qo'shni maksimumlar to'lqin uzunliklar orasidagi farq. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	l, sm	d, sm	N	m	λ, A	$\Delta\lambda, \text{A}$	R	D, sm^{-1}
1	?	?	?	2	?	0.2	20000	4000
2	?	$2 \cdot 10^{-3}$	5000	2	5500	?	?	?
3	4.0	?	5000	3	?	0.3	?	?
4	6.0	?	4000	3	6000	?	?	?
5	4.5	$5 \cdot 10^{-4}$?	?	?	0.2	?	6000
6	3.0	?	?	4	6000	?	?	2500
7	?	$6 \cdot 10^{-4}$?	3	5000	?	25000	?
8	?	$5 \cdot 10^{-4}$	7500	?	?	0.3	?	4000
9	2.0	?	?	1	6400	?	8000	?
10	2.5	?	12500	2	5000	?	?	?
11	6.3	$1.5 \cdot 10^{-3}$?	2	?	0.5	?	?
12	?	$1.25 \cdot 10^{-3}$	3200	?	?	0.75	6400	?
13	2.0	$5 \cdot 10^{-4}$?	3	6000	?	?	?
14	1.4	$7 \cdot 10^{-4}$?	4	?	0.7	?	?
15	?	?	8750	?	?	0.25	17500	5000
16	1.8	?	2700	?	4050	?	?	4500
17	?	$7 \cdot 10^{-4}$?	1	?	0.6	10000	?
18	?	?	?	2	?	0.4	12600	6300
19	2.8	?	7000	2	?	0.35	?	?
20	3.2	?	?	3	?	0.3	?	4800
21	5.0	10^{-3}	?	?	?	0.25	?	3000
22	1.5	$1.25 \cdot 10^{-3}$?	3	4200	?	?	?
23	2.5	?	?	2	5250	?	5000	?
24	2.4	?	3000	?	?	0.9	6000	?
25	?	$2 \cdot 10^{-3}$	1500	1	4800	?	?	?
26	?	?	4500	?	?	0.6	9000	6000
27	?	$5 \cdot 10^{-4}$	6500	1	?	1.0	?	?
28	1.6	?	?	2	?	1.5	3000	?

19.10-masala. Kristall tomoniga to'lqin uzunligi λ bo'lgan parallel rentgen nurlari dastasi tushmoqda. Atom tekisliklari orasidagi sochilish d ga teng. Agar nurlar kristall tekisligiga nisbatan θ burchak ostida

tushsa, m tartibli interferension maksimum kuzatiladi. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	λ , nm	d , nm	θ	m
1	0.075	8	?	1
2			?	2
3			?	3
4			?	4
5	0.062	?	5°56'	1
6		?	7°25'	
7		?	5°05'	
8		?	11°56'	
9	?	5	19°28'	2
10	?		13°30'	
11	?		15°28'	
12	?		7°40'	
13	0.045	4	8°50'	?
14	0.060		7°50'	?
15	0.025		1°38'	?
16	0.037		4°49'	?
17	0.05	3	?	2
18			?	
19			?	
20			?	
21	0.08	?	10°29'	1
22		?	5°06'	
23		?	12°09'	
24		?	6°58'	
25	?	0.5	59°	3
26	?		68°13'	
27	?		16°36'	
28	?		25°23'	

20-MAVZU. YORUG'LIKNING QUTBLANISHI.

Nazorat savollari

20.1. Yorug'lik qutblanishining mohiyati nimadan iborat? Yorug'lik qutblanishining qanday turlarini bilasiz? Yorug'lik dielektrik sirtidan qaytganida qanday qilib qutblanadi? Qachon qaytgan nur to'la qutblangan bo'ladi? Bunda singan nur qanday qutblangan bo'ladi? Bryuster qonunini tushuntiring. To'liq ichki qaytish hodisasi nima? Qanday burchakka chegaraviy tushish burchagi deyiladi?

20.2. Yorug'lik intensivligi nima? U qanday birliklarda o'lchanadi? Qutblantirgich nima? Qutblantirgich tabiiy nur intensivligining qanday qismini o'tkazadi? Nega? Malyus qonunini tarifini keltiring.

20.3. Real qutblantirgichlar ideallaridan nimasi bilan farq qiladi? Analizator nima? Real (mukammal bo'lmagan) qutblantirgich va analizatordan o'tgan nur intensivligi uchun Malyus qonuni qanday ko'rinish oladi?

20.4. Qutblanish tekisliklari α burgak ostida joylashgan qutblantirgich va analizatorlardan o'tgan tabiiy yorug'lik nurini ko'zgodan qaytgach teskari yo'nalishda yo'naltirsak intensivligi qanday o'zgaradi? Metall va dielektrik sirtlardan qaytganda nurlarda kechuvchi jarayonlar nimasi bilan farq qiladi?

20.5. Qanday nur elliptik qutblangan deyiladi? Amalda elliptik qutblangan nurni qanday hosil qilish mumkin? Doiraviy qutblangan nur qanday olinadi? Perpendikulyar tebranishlarning murakkab ta'sirini eslang. Agar qo'shilayotgan tebranishlar fazalar farqi: 0 ; $\pm\pi/2$; $\pm\pi$ bo'lsa natijaviy harakat qanday bo'ladi? Ikkita o'zaro perpendikulyar yorug'lik vektorlari uchun xuddi shunday formulani keltirib chiqaring.

20.6. Ikkilamchi nur sinishi hodisasi nimadan iborat? Qanday nur oddiy va qanday nur g'ayrioddiy deyiladi? Oddiy va g'ayrioddiy nurlar qanday qutblanganlar? Kristallning optik o'qi deb nimaga aytiladi? Bir o'qli kristallarning qaysilari musbat va qaysilari manfiylarga kiradi? CHorak to'lqin uzunlikdagi plastinka deb nimaga aytiladi? SHunday plastinka yordamida tekis qutblangan (chizikli qutblangan) monoxromatik nurdan qanday qilib elliptik va doiraviy qutblangan nurlarni hosil qilish mumkin?

20.7. Agar ikki qutblantirgich orasiga bir o'qli kristalldan optik o'qiga parallel kesib qo'yilsa nima kuzatiladi? Oddiy va g'ayrioddiy nurlar plastinkadan o'tganlarida qanday optik yo'l farqi hosil bo'ladi? Agar : a) birinchi va ikkinchi qutblantirgichlar parallel bo'lsa; b) qutblanish tekisliklari perpendikulyar bo'lsa yuqorida keltirilgan nurlar ikkinchi

qutblantirgichdan o'tganlaridan keyin orasidagi yo'llar farqi nimaga teng bo'ladi?

20.8. Sun'iy ikkilamchi nur sinishi nima? Uni qachon kuzatish mumkin? Texnikada sun'iy ikkilamchi nur sinishidan foydalanish hollariga misollar keltiring. Keer effekti nimadan iborat. Keer yacheykasi nimadan iborat? Keer yacheykasidan o'tganida oddiy va g'ayrioddiy nurlar yo'llar farqi va fazalar farqi nimalarga bog'liq bo'ladi?

20.9. Qanday moddalar optik faol moddalar deyiladi? Kristall moddalarda qaysi yo'nalishda qutblanish tekisligining eng katta beralish effekti kuzatiladi? Moddaning buralish doimiysi deb nimaga aytiladi? U nimaga bog'liq?

20.10. Qanday nurlar qisman qutblangan bo'ladi? Amalda qisman qutblangan nurni to'liq elliptik qutlangan nurdan qanday ajratish mumkin? Nurning qutblanish darajasi nima? Uniqanday hisoblash mumkin?

ADABIYOTLAR

1. I.V. Savelev. *Kurs ob'ey fiziki. M., 1988, T. 2 (§ 134 - 141)*.

2. AL. Detlaf, BM.YAvorskiy. *Kurs fiziki, M., 1989 (§ 34 . 1 - 34 . 5)*.

3. T.I. Trofimova. *Kurs fiziki. M., 1985 (§ 191 - 196)*.

20.1-masala. Qandaydir modda uchun to'la ichki qaytish paytidachegaraviy tushish burchagi i_{pr} ga, nisbiy sindirish ko'rsatkichi esa n ga teng. Qaytgan nur maksimal qutblanishga erishadigan tushish burchachi esa i_B ga teng. Jadvaldagi noma'lum kattaliklarni toping va qo'shimcha topshiriqlarni bajaring.

Topshiriq raqami	n	i_{pr}	i_B	Bog'liqlik grafigini chizing
1	1,4	?	?	$i_B=f(n)$
2	1,5	?	?	
3	1,6	?	?	
4	1,7	?	?	
5	?	53°08'	?	$i_{pr}=f(n)$
6	?	33°45'	?	
7	?	47°48'	?	
8	?	37°03'	?	
9	?	?	58°38'	$i_B=f(n)$
10	?	?	52°01'	
11	?	?	52°51'	
12	?	?	55°46'	
13	1.35	?	?	

14	1.45	?	?	$i_{pr}=f(n)$
15	1.55	?	?	
16	1.65	?	?	
17	?	44°46'	?	$i_B=f(n)$
18	?	39°16'	?	
19	?	50°17'	?	
20	?	35°33'	?	
21	?	?	60°24'	$i_{pr}=f(n)$
22	?	?	56°50'	
23	?	?	53°52'	
24	?	?	59°14'	
25	1.80	?	?	$i_B=f(n)$
26	1.44	?	?	
27	1.75	?	?	
28	1.62	?	?	

20.2-masala. Intensivligi I_0 bo'lgan tabiiy nur ikkita ideal nikolni kesib o'tmoqda. Ularning qutblanish tekisliklari orasidagi burchak α ga teng. Birinchi nikoldan o'tgan nur intensivligi I_p ga ikkinchisidan o'tgan nur intensivligi esa I_A ga teng. Noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq raqami	$I_0, \text{Vt/m}^2$	$I_p, \text{Vt/m}^2$	$I_A, \text{Vt/m}^2$	α, grad
1	?	?	0.0582	10
2	0.28	?	?	60
3	?	0.05	0.025	?
4	?	0.34	?	80
5	?	0.18	0.1479	?
6	?	?	0.0362	55
7	0.10	?	0.0293	?
8	0.34	?	?	65
9	?	0.09	0.0795	?
10	0.40	?	0.0234	?
11	?	0.20	?	20
12	0.16	?	?	35
13	0.36	?	0.0592	?
14	?	0.10	?	40
15	?	?	0.1068	25
16	?	0.08	0.0776	?
17	?	0.16	?	75
18	?	?	0.029	50

19	?	0.12	0.09	?
20	0.32	?	?	15
21	?	?	0.03	30
22	?	0.06	0.0248	?
23	0.30	?	?	70
24	?	0.09	?	20
25	0.06	?	0.028	?
26	0.20	?	?	10
27	?	0.15	0.0375	?
28	?	0.07	?	45

20.3.-masala. Tabiiy nur mukammal bo'lmagan qutblantirgich va analizatoridan o'tmoqda, ularning qutblanish tekislari orasidagi burchak α ga teng. Bunda qutblantirgich tushayotgan nurning β_r sini qaytaradi va yutadi, analizator esa β_A sini. Analizatoridan o'tgan nur intensivligi tushgan nur intensivligining k qismiga teng. Jadvaldagi raqamga asosan noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	α , grad	β_r , %	β_A , %	k , %
1	?	4	2	23.52
2	40	?	9	25.36
3	65	11	?	7.31
4	10	16	3	?
5	?	5	7	7.89
6	70	?	4	5.28
7	30	12	?	26.70
8	45	17	15	?
9	?	10	16	15.62
10	20	?	5	39.00
11	50	15	?	15.45
12	75	6	8	?
13	?	18	17	22.83
14	80	?	6	1.37
15	40	13	?	23.23
16	15	2	4	?
17	?	20	14	4.02
18	50	?	7	17.29
19	25	7	?	36.28
20	60	21	13	?
21	?	9	12	23.50

22	30	?	8	31.74
23	55	14	?	12.59
24	70	19	10	?
25	?	8	11	13.47
26	35	?	9	26.26
27	75	22	?	2.22
28	60	3	5	?

20.4.-masala. Tabiiy nur qutblanish tekisliklari orasidagi θ burchak bo'lgan ikkita ideal nikol orqali o'tmoqda. Ikkinchi nikoldan o'tgach, nur qaytarish koeffitsienti bo'lgan ko'zguga tushmoqda, bunda qaytuvchi nur qutblanish tekisligi o'zgarmayapdi. Qaygan nur yana ikkala nikoldan o'tmoqda. Qayta o'tgach, nurning intensivligi tushgan nur intensivligiga nisbatan m marta kamaydi. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	θ , grad	k	m
1	20	0.75	?
2	30	0.75	?
3	40	0.75	?
4	50	0.75	?
5	35	?	9.87
6	35	?	7.41
7	35	?	14.81
8	35	?	6.35
9	?	0.6	30.8
10	?	0.6	9.68
11	?	0.6	4.94
12	?	0.6	7.4
13	45	0.1	?
14	45	0.2	?
15	45	0.3	?
16	45	0.4	?
17	25	?	7.41
18	25	?	5.93
19	25	?	4.56
20	25	?	3.95
21	?	0.7	3.28
22	?	0.7	89.57
23	?	0.7	3.67

24	?	0.7	8.3
25	15	0.5	?
26	30	0.5	?
27	45	0.5	?
28	60	0.5	?

20.5-masala. Elektr tebranish vektorlari tekisliklari o'zaro perpendikulyar bo'lgan ikkita kogerent yassi qutblangan nurlar bitta to'g'ri chiziq bo'ylab tarqalmoqdalar. Agar bu tebranishlarning elektr tebranishlar vektori amplitudasi k ($k=A_1/A_2$) ga va tebranishlar fazalar farqi $\delta\phi$ ($\delta\phi=\phi_2-\phi_1$) ga teng bo'lsa, ularni qo'shilishi natijasida hosil bo'lgan nurning qutblanishi nimaga teng bo'lishini ko'rsating. Birinchi nur elektr tebranishlari vektori E_1 ga nisbatan, qanday α burchak ostida natijaviy tebranishlar vektori E maksimal bo'ladi?

Topshiriq raqami	$k=A_1/A_2$	$\delta\phi=\phi_2-\phi_1$
1	0,5	0
2	1,0	$\pi/2$
3	1,4	$-\pi$
4	0,9	$-\pi/2$
5	0,4	$-\pi/2$
6	0,8	π
7	2,0	$\pi/2$
8	1,0	0
9	2,6	$-\pi$
10	1,0	$-\pi/2$
11	3,5	0
12	0,6	$\pi/2$
13	1,3	$-\pi/2$
14	0,7	$\pi/2$
15	1,0	π
16	1,5	0
17	1,0	$\pi/2$
18	2,2	0
19	1,5	$-\pi/2$
20	0,7	π
21	1,6	$-\pi$
22	1,4	$\pi/2$
23	0,4	0
24	1,0	$-\pi/2$
25	4,0	0

26	0,6	$-\pi$
27	0,8	$-\pi/2$
28	2,1	$\pi/2$

20.6-masala. Qandaydir bir o'qli kristalldan optik o'qiga parallel yupqa plastinka kesib olingan, plastinkaning taxminiy qalinligi d' . Agar plastinkaning qalinligini bir oz d gacha kamaytirilsa, uning yordamida to'liq uzunligi λ bo'lgan monoxromatik chiziqli qutblangan ko'rinuvchi nurni doiraviy qutblangan nurga aylantirish mumkin. Kristallning oddiy va g'ayrioddiy nurlar uchun sindirish ko'rsatkichlari mos ravishda n_o va n_e ga teng. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	Kristall turi	d' , mkm	d , mkm	λ , mkm	n_o	n_e
1	Manfiy Musbat	36	?	0.44	1.52	1.48
2		5.7	?	1.71	1.735	
3		Minimal	5.4	0.65	?	1.72
4		Minimal	2.7	0.39	1.63	?
5	Musbat Manfiy	60	?	0.55	1.80	1.84
6		21	?	1.54	1.515	
7		Minimal	2.5	0.46	?	1.726
8		Minimal	4.4	0.40	1.74	?
9	Manfiy Musbat	72	?	0.41	1.78	1.81
10		6.8	?	1.66	1.635	
11		Minimal	3.4	0.54	?	1.53
12		Minimal	3.1	0.49	1.58	?
13	Musbat Manfiy	150	?	0.45	1.49	1.515
14		32.5	?	1.61	1.59	
15		Minimal	2.75	0.43	?	1.76
16		Minimal	3.05	0.61	1.70	?
17	Musbat Manfiy	50	?	0.38	1.79	1.75
18		2.0	?	1.55	1.48	
19		Minimal	7.9	0.63	?	1.65
20		Minimal	3.1	0.50	1.75	?
21	Musbat Musbat	350	?	0.48	1.48	1.49
22		39.2	?	1.55	1.535	
23		Minimal	5.0	0.60	?	1.85
24		Minimal	3.0	0.40	1.76	?
25	Musbat	75	?	0.49	1.65	1.665
26		5.3	?	1.72	1.69	
27		Minimal	7.25	0.58	?	1.61

28	Manfiy	Minimal	5.0	0.40	1.58	?
----	--------	---------	-----	------	------	---

20.7-masala. Bir o'qli kristalldan optik o'qiga parallel kesib olgan plastinka, ikki qutblantirgich orasiga har birining optik o'qlariga nisbatan plastinkaning optik o'qi 45° tashkil etadigan qilib joylashtirilgan. Plastinkaning λ_1 to'lqin uzunlikdagi nurni maksimal kuchaytirish imkoni va λ_2 to'lqin uzunlikdagi nurni maksimal susaytirish imkoni bo'lgan minimal qalinligi d ni tashkil etadi. Kristallda to'lqin uzunligi λ_1 bo'lgan nur uchun oddiy va g'ayrioddiy nurlar uchun sindirish ko'rsatkichlari farqi Δn_1 ni tashkil etadi. To'lqin uzunligi λ_2 bo'lgan nur uchun esa bu farq Δn_2 ni tashkil etadi. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	Qutblantirgichlan-tirgichlar qutblanish tekisliklari	d	λ_1 , mkm	λ_2 , mkm	Δn_1	Δn_2
1	Parallel	?	0.62	0.8	0.013	0.014
2		0.238	?	0.6	0.024	0.027
3		0.325	0.52	?	0.008	0.009
4		0.143	0.43	0.8	?	0.028
5	Perpendikulyar	0.344	0.47	0.1	0.014	?
6		?	0.35	0.2	0.019	0.026
7		0.130	?	0.3	0.030	0.037
8		10.675	0.61	?	0.007	0.008
9	Parallel	0.062	0.45	0.6	?	0.034
10		1.408	0.58	0.7	0.013	?
11		?	0.37	0.8	0.020	0.025
12		0.052	?	0.9	0.029	0.032
13	Perpendikulyar	0.560	0.48	?	0.018	0.022
14		0.329	0.40	0.5	?	0.026
15		0.729	0.53	0.4	0.010	?
16		?	0.49	0.3	0.025	0.031
17	Parallel	1.358	?	0.2	0.028	0.036
18		0.843	0.46	?	0.017	0.020
19		0.737	0.55	0.1	?	0.030
20		2.79	0.54	0.6	0.021	?
21	Perpendikulyar	?	0.50	0.4	0.016	0.019
22		1.307	?	0.2	0.009	0.011
23		0.285	0.38	?	0.026	0.030
24		0.66	0.44	0.5	?	0.018
25		0.3	0.36	0.1	0.011	?

26	Parallel	?	0.60	0.2	0.027	0.031
27		0.442	?	0.3	0.015	0.019
28		14.790	0.51	?	0.022	0.025

20.8-masala. Keer effektini kuzatish uskunasi konsentratorning uzunligi l va orasidagi masofa d bo'lgan plastinalariga U kuchlanishlar farqi berilgan. To'liq uzunligi 0,6 mkm bo'lgan nurda oddiy va g'ayrioddiy nurlar uchun sindirish ko'rsatkichlari farqi n_o-n_e ga, shu to'liq uzunlik uchun xona haroratidagi Keer doimiysi esa $2,2 \cdot 10^{-12}$ m/V²ga teng. Oddiy va g'ayrioddiy nurlar Keer yacheykasidan o'tgach, ular orasida Δ ga teng yo'llar farqi va δ ga teng fazalar farqi yuzaga keladi. Noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	l , sm	d , mm	U , B	n_o-n_e	Δ , mkm	δ
1	?	2.67	?	$4.17 \cdot 10^{-7}$	0.05	?
2	10	1.41	?	$1.2 \cdot 10^{-6}$?	?
3	?	?	1150	$9 \cdot 10^{-7}$?	0.255π
4	5	2.0	1200	?	?	?
5	?	?	1500	$3 \cdot 10^{-6}$	0.11	?
6	8	?	1340	$1.8 \cdot 10^{-6}$?	?
7	?	1.2	?	$4.1 \cdot 10^{-6}$?	$\pi / 2$
8	7.5	?	900	?	?	$\pi / 4$
9	?	2.1	1050	?	0.09	?
10	16	?	1400	?	0.13	?
11	?	1.0	850	?	?	0.2π
12	?	1.3	?	$7.5 \cdot 10^{-7}$?	0.4π
13	12	1.8	?	?	0.07	?
14	?	2.2	?	$8 \cdot 10^{-7}$	0.15	?
15	?	1.6	800	?	0.12	?
16	9	?	1400	?	?	0.3π
17	15	1.46	?	$2.5 \cdot 10^{-6}$?	?
18	12.5	?	750	?	0.1	?
19	?	?	1100	$7 \cdot 10^{-7}$?	0.15π
20	?	1.7	1450	?	?	0.45π
21	10.5	1.9	?	?	0.08	?
22	18.5	?	1000	?	0.16	?
23	13	?	1300	?	?	0.35π
24	?	?	1360	$2 \cdot 10^{-6}$	0.14	?
25	11	1.5	1250	?	?	?

26	14	?	950	$1.5 \cdot 10^{-6}$?	?
27	?	1.1	?	$8.5 \cdot 10^{-7}$	0.06	?
28	?	0.9	?	$9.5 \cdot 10^{-7}$?	0.55π

20.9-masala. Vertikal tekislikda qutblangan oq nur optik o'qiga nisbatan perpendikulyar kesilgan o'ng tomonga buruvchi kvars plastinkadan o'tmoqda. Uning ortida qutblantirgich o'rnatilgan. Agar qutblantirgich vertikalga nisbatan ϕ burgakni hosil qilsa, qutblantirgichdan chiqqan nurdagi asosiy qismini tashkil etuvchi nur to'lqin uzunligi λ ga teng. Kvarsning buralish doimiysi α ni to'lqin uzunligiga nisbatan chiziqli o'zgaradi: $\lambda_1=0,5$ mkm da har 1 mmga $\alpha_1=31^\circ$ gadan, $\lambda_2=0,65$ mkm da har 1 mmga $\alpha_2=17^\circ$ gacha deb hisoblab, noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	l , mm	ϕ	λ , mkm	Rang
1	1,0	30°	?	?
2		26°	?	?
3		21°	?	?
4		19°	?	?
5	0,75	?	0.650	Qizil
6		?	0.590	Sariq
7		?	0.55	YAshil
8		?	0.510	YAshil-havo rang
9	?	16°	0.505	YAshil-havo rang
10	?	23°		
11	?	$27^\circ 30'$		
12	?	$36^\circ 30'$		
13	1.25	21°	?	?
14	1.05		?	?
15	0.81		?	?
16	0.7		?	?
17	0.6	?	0.6	Zarg'aldoq
18	0.7	?		
19	0.8	?		
20	0.9	?		
21	?	24°	0.650	Qizil
22	?		0.625	Qizil
23	?		0.595	Zarg'aldoq
24	?		0.552	YAshil
25	0.65	17°	?	?
26		15°	?	?

27		13°30'	?	?
28		11°	?	?

20.10.-masala. Tabiiy nurning sindirish ko'rsatkichi n bo'lgan, shishaga i burchak ostida tushganida qaytish koeffitsientini va qutblanish darajasini aniqlang. Qo'shimcha toshiriqni bajaring.

Topshiriq raqami	n	i, grad	Bog'liqlik grafigini chizing
1	1,5	45	Qaytish koeffitsientining shisha sindirish ko'rsatkichiga bog'liqligini
2	1,6		
3	1,7		
4	1,8		
5	1,5	20	Qaytish koeffitsientining shishaga tushish burchagiga bog'liqligini
6		30	
7		40	
8		50	
9	1,55	35	Qaytgan nurning qutblanganlik darajasining shisha sindirish ko'rsatkichiga bog'liqligini
10	1,65		
11	1,75		
12	1,85		
13	1,6	20	Qaytgan nurning qutblanganlik darajasining shishaga nurning tushish burchagiga bog'liqligini
14		30	
15		40	
16		50	
17	1,5	25	Singan nurning qutblanganlik darajasining shisha sindirish ko'rsatkichiga bog'liqligini
18	1,6		
19	1,7		
20	1,8		
21	1,7	20	Singan nurning qutblanganlik darajasining shishaga nurning tushish burchagiga bog'liqligini
22		30	
23		40	
24		50	
25	1,5	Bryuster burchagi	Singan nur qutblanganlik darajasining sindirish ko'rsatkichiga bog'liqligini
26	1,6		
27	1,7		
28	1,8		

KVANT MEXANIKASI VA QATTIQ JISM FIZIKASI ELEMENTLARI. ATOM YADROSI FIZIKASI ASOSLARI

21- MAVZU. NURLANISHNING KVANT TABIATI

Nazorat savollari

21.1. Issiqlik nurlanishi nima? Qanday nurlanishni muvozanatli deyiladi? Energetik yorituvchanlik, deb nimaga aytiladi? A) jismning nur chiqarish qobiliyati; b) uning nur yutish qobiliyati, deb nimaga aytiladi? Bitta jismning nur chiqarish va nur yutish qobiliyatlari orasida qanday bog'liqlik mavjud? Bu bog'liqlik qanday qonun bilan ifodalanadi? Qanday jismlarni a) mutloq qora; b) mutloq oq; v) mutloq kulrang, deb ataladi? Qanday qurilma absolyut qora jism modeli bo'lib xizmat qila oladi? Stefan-Bolsman qonunini ta'riflang va uni tushuntiring.

21.2. Qanday qilib absolyut qora jismning temperaturasini bilgan holda bu jism tomonidan muayyan vaqt ichida barcha yo'nalishlar bo'yicha tarqatilayotgan energiyani aniqlash mumkin? Bu energiyaning qancha qismi boshqa jismning berilgan yuzasiga uzatiladi?

21.3. Mutloq qora bo'lmagan jismlarning energetik yorituvchanligi bo'lgan holatda Stefan-Bolsman qonuni qanday ko'rinishda bo'ladi? Bunda energetik yorituvchanlik ifodasidagi koeffitsient qanday ma'noga ega bo'ladi?

21.4. Vin sijish qonunini ta'riflang va tushuntiring.

21.5. Plank formulasini yozing. Uni tushuntiring. Kirxgofning univesal funksiyasi qanday fizikaviy ma'noga ega?

21.6. Foton nima? Fotonning energiyasi va impulsi nimaga teng? Fotonning massasi qanday aniqlanadi?

21.7. Tashqi fotoeffekt hodisasi nimadan iborat? Bu hodisa qanday sharoitlarda kuzatiladi? Fotoeffektning "qizil chegarasi", deb nimaga aytiladi? Metallardan elektron chiqish ishi, deb nimaga aytiladi? Tashqi fotoeffekt qonunlarini ta'riflab bering. Fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasini yozing va uni tushuntiring.

21.8. To'xtatuvchi oqimlar farqi, deb nimaga aytiladi? U nimaga bog'liq? Plank doimiysini aniqlashning tashqi fotoeffektga asoslangan usuli nimadan iborat?

21.9. Biror yuzaga yutilayotgan yoki undan qaytayotgan yorug'likning o'sha yuzaga berayotgan bosimi nimaga bog'liq? Bu bosimni qanday qilib hisoblanadi?

21.10. Kompton effekti nimadan iborat? Bu hodisa nima bilan tushuntiriladi? Kompton to'lqin uzunligi, deb nimaga aytiladi? Siljirilgan

(qo'zg'atilgan) chiziqning to'lqin uzunligi nima bilan aniqlanadi? Uni qanday formula yordamida hisoblash mumkin?

ADABIYOTLAR

1. I.V. Savelev. *Kurs ob'ey fiziki. M., 1988, T. 3 (§ 1- 11)*.
2. AL. Detlaf, BM.YAvorskiy. *Kurs fiziki, M., 1989 (§ 35 . 3 - 36 . 6)*.
3. T.I. Trofimova. *Kurs fiziki. M., 1985 (§ 197 - 207)*.

21.1-masala . Eritish pechi darchasidan nurlanayotgan energiya oqimi F ga teng. Pech ichidagi temperatura - T , ko'rish darchasining yuzasi - S . Jadvaldagi topshiriq raqamiga qarab, noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	F, Vt	T, K	S, sm^2
1	18,70	?	5
2	41,73	?	
3	49,85	?	
4	81,40	?	
5	18,57	950	?
6	32,50		?
7	41,78		?
8	46,43		?
9	?	700	6
10	?	800	
11	?	900	
12	?	1000	
13	40	?	3
14		?	5
15		?	7
16		?	9
17	10.5	800	?
18	17.1	1000	?
19	61.46	1200	?
20	76.64	1400	?
21	?	850	4
22	?		6
23	?		8
24	?		10
25	14.43	?	8
26	21.64	?	

27	37.14	?	
28	94.56	?	

21.2-masala. Quyosh sistemasidagi planetalarning yoki galaktikamizdagi yulduzlarning S yuzasining t vaqt ichida Quyoshdan olgan energiyasini (nurlarning normal tushishida) aniqlang. Quyosh sathining temperaturasi 6000K, quyosh diametri - $1,39 \cdot 10^6$ km, Quyoshdan planetagacha (yoki yulduzgacha) bo'lgan masofa - r . Energiyaning atmosferada yutilishi e'tiborga olinmasin.

Topshiriq raqami	Quyosh sistemasi planetasi (yulduz)	r , km	t	S , m ²
1	Merkuriy	$5,8 \cdot 10^7$	1 s	1
2			1 min	100
3	Venera	$1,08 \cdot 10^8$	1 s	1
4			1 min	100
5	Er	$1,5 \cdot 10^8$	1 s	1
6			1 min	100
7	Mars	$2,28 \cdot 10^8$	1 s	1
8			1 min	100
9	YUjupiter	$7,78 \cdot 10^8$	1 s	1
10			1 min	100
11	Saturn	$1,426 \cdot 10^9$	1 s	1
12			1 min	100
13	Uran	$2,87 \cdot 10^9$	1 s	1
14			1 min	100
15	Neptun	$4,5 \cdot 10^9$	1 s	1
16			1 min	100
17	Pluton	$5,9 \cdot 10^9$	1 s	1
18			1 min	100
19	α -Sentavr	$4 \cdot 10^{13}$	1 min	100
20			1 soat	2500
21	α -Kattalt	$8,1 \cdot 10^{13}$	1 min	100
22			1 soat	2500
23	α -Burgut	$1,5 \cdot 10^{14}$	1 min	100
24			1 soat	2500
25	α -Orion	$6 \cdot 10^{15}$	1 min	100
26			1 soat	2500
27	β -Egizaklar	$3,2 \cdot 10^{14}$	1 min	100
28			1 soat	2500

21.3-masala. R quvvatli elektr lampasi S ga teng bo'lgan nur tarqatuvchi yuzaga ega. Cho'g'lama tolaning temperaturasi - T , tolaning nurlanishi absolyut qora jismning shu temperaturadagi nurlanishining k siga teng. Jadvaldagi topshiriq raqamiga qarab, noma'lum kattalikni toping. Issiqlik o'tkazuvchanlik sababli bo'ladigan issiqlik yo'qotishlar hisobga olinmasin

Topshiriq raqami	R, Vt	S, sm^2	T, K	$k, \%$
1	?	2.16	2430	70
2	25	?	2365	30
3	150	1.73	?	45
4	60	0.58	2390	?
5	?	1.56	2410	50
6	100	?	2400	55
7	50	0.42	?	65
8	200	1.65	2440	?
9	?	0.85	2360	40
10	500	?	2415	75
11	200	2.87	?	35
12	250	3.28	2405	?
13	?	0.57	2355	25
14	250	?	2425	60
15	100	1.44	?	40
16	150	2.50	2435	?
17	?	1.18	2397	45
18	60	?	2385	65
19	200	2.11	?	50
20	50	0.4	2370	?
21	?	3.75	2450	65
22	100	?	2380	60
23	60	0.98	?	30
24	300	3.33	2435	?
25	?	0.9	2300	35
26	25	?	2375	40
27	150	1.65	?	55
28	500	3.41	2420	?

21.4-masala. Temperaturasi nur tarqatayotgan jism temperaturasi T ga teng absolyut qora jismning nurlantirish qobiliyatining minimumiga

mos keluvchi to'liq uzunligi nimaga teng. Nurlantirish qobiliyatining maksimumi qaysi sohada joylashgan.

Topshiriq raqami	Nur tarqatuvchi jism	T, K
1	Quyosh sirti	5800
2	Erish temperaturasiidagi temir	1803
3	Elektr lampochkasi spirali	2300
4	Er sirti	300
5	Pavroz paytidagi raketa korpusi	1100
6	«Oq karliklar» yulduzlari sirti	10000
7	Erish temperaturasiidagi Alyuminiy	932
8	Qaynash temperaturasiidagi suv	373
9	Portlash paytidagi atom bombasi	1000000
10	Spirit gorelkasi alangasi	1400
11	Kavsharlash paytidagi erigan qalayi	505
12	«Qizil» yulduzlar sirti	3000
13	elektr payvandlash paytidagidugali razryad	4250
14	Erish temperaturasiidagi Latun	1173
15	Odam tanasi	310
16	«Sariq» yulduzlar sirti	6000
17	O'q otish paytida pushka stvolining ichki yuzasi	500
18	Erish temperaturasiidagi Platina	2043
19	quyish paytidagi metall sirti	900
20	Muzlash temperaturasiidagi suv	273
21	Eritish pechi (kuzatish darchasi orqali)	1600
22	Erish temperaturasiidagi Mis	1373
23	«Moviy» yulduzlar sirti	30000
24	Qizigan dazmol	450
25	Gaz gorelkasi alangasi	2000
26	Raketa dvigatelining yonuv kamerasi	3300
27	Erish temperaturasiidagi Qo'rg'oshin	600
28	Noyob «Qaynoq» yulduzlar sirti	100000

21.5-masala. Mutloq qora jismning λ_1 to'liq uzunligi yaqinida T_1 temperaturadagi nur chiqarish qobiliyati λ_2 to'liq uzunligi yaqinida T_2 temperaturadagi nur chiqarish qobiliyatidan necha marta kattaligi aniqlansin.

Topshiriq raqami	λ_1 , mkm	T_1 , K	λ_2 , mkm	T_2 , K
1	1,2	1000	0,6	1000
2		2000		
3		3000		
4		4000		
5	0,75	2000	0,5	2000
6	1,25			
7	1,5			
8	1,75			
9	2,0	1500	0,5	1500
10			1,0	
11			1,5	
12			2,5	
13	2,2	1300	0,7	1300
14				1400
15				1500
16				1600
17	1,0	1700	0,45	1700
18	1,5			
19	1,7			
20	2,0			
21	0,45	6000	0,40	6000
22			0,55	
23			0,60	
24			0,70	
25	2,4	1200	0,65	1000
26				1200
27				1400
28				1600

21.6-masala. Fotonning λ to'liq uzunligi va ν nurlanish chastotasiga mos keluvchi energichsi ϵ ga teng. Foton massasi m , impulsi - r . Jadvaldagi topshiriq raqamiga qarab, noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	λ , m	ν , Gs	ϵ , J	m , kg	R , kg·m/s
1	$1,6 \cdot 10^{-12}$?	?	?	?
2	?	$5 \cdot 10^{18}$?	?	?
3	?	?	$6 \cdot 10^{-31}$?	?
4	?	?	?	$6 \cdot 10^{-31}$?

5	?	?	?	?	$2 \cdot 10^{-31}$
6	$5 \cdot 10^{-10}$?	?	?	?
7	?	$3 \cdot 10^{15}$?	?	?
8	?	?	$2 \cdot 10^{-12}$?	?
9	?	?	?	$4 \cdot 10^{-32}$?
10	?	?	?	?	$5 \cdot 10^{-20}$
11	$2.5 \cdot 10^{-11}$?	?	?	?
12	?	$8 \cdot 10^{14}$?	?	?
13	?	?	$7 \cdot 10^{-13}$?	?
14	?	?	?	$2 \cdot 10^{-30}$?
15	?	?	?	?	$9 \cdot 10^{-19}$
16	$8 \cdot 10^{-9}$?	?	?	?
17	?	$2 \cdot 10^{16}$?	?	?
18	?	?	$3 \cdot 10^{-15}$?	?
19	?	?	?	$8 \cdot 10^{-33}$?
20	?	?	?	?	$6 \cdot 10^{-22}$
21	$4 \cdot 10^{-13}$?	?	?	?
22	?	$7 \cdot 10^{17}$?	?	?
23	?	?	$9 \cdot 10^{-16}$?	?
24	?	?	?	$3 \cdot 10^{-31}$?
25	?	?	?	?	$4 \cdot 10^{-23}$
26	$9 \cdot 10^{-8}$?	?	?	?
27	?	$4 \cdot 10^{19}$?	?	?
28	?	?	$5 \cdot 10^{-17}$?	?

21.7-masala. Fotoeffektning qizil chegarasi ga, fotoelektronning maksimal kinetik energiyasi ga teng. Bunda fotoelektronning uzilib chiqish ishiga sarf qilingan foton energiyasi ulushi k dan iborat. Jadvaldagi topshiriq raqamiga qarab, noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	λ_0 , mkm	W_{max} , eV	k
1	0,66	0,5	?
2	0,473		?
3	0,276		?
4	0,545		?
5	0,621	?	0,9
6		?	0,8
7		?	0,7
8		?	0,6
9	?	0.767	0.75
10	?	0.465	
11	?	1.48	
12	?	0.637	
13	0.5176	0.074	?
14		0.209	?
15		0.327	?
16		0.457	?
17	0.887	?	0.8
18	0.776	?	
19	0.276	?	
20	0.234	?	
21	?	0.65	0.95
22	?		0.85
23	?		0.75
24	?		0.70
25	0.472	0.054	?
26	0.621	0.105	?
27	0.262	0.772	?
28	0.776	0.478	?

21.8-masala. Fotoeffekt paytidato'lqin uzunligi λ bo'lgan nurlanish bilan yoritilayotgan metall yuzasidan metallan chiqish ishi A_{chiq} ga teng bo'lgan elektronlar uchib chiqadi. Fotoeffekt to'lqin uzunligi $\lambda < \lambda_0$ bo'lgan nurlanish uchun kuzatiladi, bu erda λ_0 - fotoeffektning qizil

chegarasi. To'xtatuvchi potentsiallar farqi U_t ga teng. Jadvaldagi topshiriq raqamiga qarab, noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	λ , mkm	A_{chiq} , eV	λ_0 , mkm	U_t , V
1	?	?	0.565	0.9
2	?	1.9	?	0.36
3	0.2	4.74	?	?
4	0.3	?	?	0.34
5	0.25	?	0.289	?
6	0.46	2.3	?	?
7	?	?	0.522	0.1
8	?	1.4	?	0.37
9	?	?	0.621	0.07
10	0.42	?	?	0.16
11	0.23	?	0.282	?
12	0.21	5.3	?	?
13	?	?	0.284	0.41
14	?	2.4	?	0.135
15	0.72	?	0.776	?
16	0.26	4.5	?	?
17	0.31	?	0.327	?
18	0.22	?	?	0.33
19	?	?	0.259	0.38
20	?	2.63	?	0.13
21	0.28	4.25	?	?
22	0.32	?	0.341	?
23	0.48	?	?	0.24
24	?	2.49	?	0.61
25	?	?	0.376	0.25
26	0.54	?	?	0.14
27	0.29	3.92	?	?
28	?	4.7	?	0.95

21.9-masala. To'lqin uzunligi λ bo'lgan monoxromatik yorug'lik dastasi qaytarish qobiliyati ρ bo'lgan yassi yuzaga normal tushmoqda. Bunda yuzaga Δt vaqt oralig'ida N ta foton tushmoqda. Energiya oqimi F ga, yuzaga tushayotgan bosim kuchi esa F ga teng. Jadvaldagi topshiriq raqamiga qarab, noma'lum kattaliklarni toping.

Topshiriq	λ , mkm	ρ	Δt , s	N , 10^{20}	F , Vt	F , 10^{-7} N
-----------	-----------------	--------	----------------	-----------------	----------	-------------------

raqami						
1	?	?	1.0	0.823	36.36	2
2	0.46	?	8.5	93.2	?	30
3	0.60	0.7	?	5.33	88.24	?
4	0.53	?	5.0	?	154.8	8
5	?	0.95	6.5	1.685	?	0.5
6	0.55	0.3	3.0	?	92.3	?
7	0.48	?	?	6.79	56.25	3
8	?	0.75	4.5	17.5	154.3	?
9	0.58	0.45	?	0.796	?	0.6
10	0.44	0.6	2.0	4.98	?	?
11	0.65	?	?	3.817	116.7	7
12	0.52	0.9	1.5	?	31.58	?
13	0.43	0.35	9.0	?	?	0.3
14	?	?	5.5	14.05	92.3	6
15	0.50	0.5	?	0.176	2.0	?
16	?	0.25	8.0	5.41	?	0.8
17	0.62	?	10.0	?	180	9
18	?	0.65	2.5	6.4	127.3	?
19	0.45	0.8	?	0.795	?	0.7
20	0.59	?	7.0	16.85	?	5
21	0.54	0.2	6.0	?	?	0.4
22	?	?	9.5	106.52	342.85	20
23	0.42	0.85	3.5	3.6	?	?
24	0.64	0.15	?	2.1	26.1	?
25	0.68	?	1.0	?	70.6	4
26	?	0.55	4.0	2.1	?	0.9
27	0.56	1.0	?	0.338	?	0.2
28	0.40	0.4	7.5	?	171.4	?

21.10-masala. Erkin, deb hisoblash mumkin bo'lgan elektronlarda sochilish paytida fotonlarning bir qismi Kompton effekti natijasida boshlang'ich yo'nalishidan θ burchakka og'ganlar. Elektronlarning fotonlar bilan o'zaro to'qnashguncha bo'lgan kinetik energiyasi va impulsi e'tiborga olmasa bo'ladigan darajada kichik bo'lgan. Fotonlarning sochilishgacha bo'lgan ϵ energiyasi λ to'lqin uzunligidagi nurlanishga mos keladi. Sochilgan fotonlarning ϵ' energiyasi λ' to'lqin uzunligidagi

nurlanishga mos keladi. Noma'lum kattaliklar topilsin. Qo'shimcha topshiriq bajarilsin.

Topshiriq raqami	ϑ , grad	ϵ , MeV	λ , A	ϵ' , MeV	λ' , A	Grafik chizilsin
1	30		0,5		?	$\Delta\lambda=f(\theta)$
2	60				?	
3	90				?	
4	120				?	
5	?		0.2		0.2087	$\lambda'=f(\theta)$
6	?				0.2398	
7	?				0.2200	
8	?				0.2452	
9	?	0.4		0.2757		$\epsilon'=f(\theta)$
10	?			0.1653		
11	?			0.2246		
12	?			0.1753		
13	60				?	$\Delta\epsilon=f(\theta)$
14	90				?	
15	120				?	
16	150				?	
17	120		0.2		?	$\Delta\lambda=f(\lambda)$
18			0.4		?	
19			0.6		?	
20			0.8		?	
21	40		?		0.65	$\Delta\lambda=f(\theta)$
22	80		?			
23	120		?			
24	160		?			
25	40	?		0.1		$\Delta\epsilon=f(\theta)$
26	80	?				
27	120	?				
28	160	?				

22-mavzu. Atom fizikasi va kvant mexanikasi elementlari

Nazorat savollari

22.1. Bor postulatlarini ta'riflang. Vodorod atomida elektron qabul qilishi mumkin bo'lgan energiyalar qiymatlari uchun formulani yozing.

Vodorod atomida elektronning impuls momenti (Bor nazariyasiga ko'ra) qanday qiymatlarni qabul qilishi mumkin?

22.2. Materiyaning xususiyatlarining korpuskulyar-to'lqin dualizmi nimadan iborat? Korpuskulyar-to'lqin dualizmni tasdiqlovchi hodisalarga misol keltiring. De Broyl gipotezasi nimadan iborat? Xarakatlanayotgan zarracha uchun mos keluvchi to'lqin protsessi to'lqin uzunligi va chastotasi uchun De Broyl formulasini yozing va tushuntiring. Atom va yadro fizikasida energiya o'lchov birligi elektron voltlarda va to'lqin uzunligi angstremlarda o'lchanadi. Bu birliklar SI sistemasi birliklari bilan qanday bog'langan?

22.3. Nima sababdan monokristall yuzasidan qaytgan kichik energiyali elektron dastasida difraksion manzara kuzatiladi? Difraksion maksimum xosil bo'lish shartini aniqlovchi ifodani yozing va tushuntiring.

22.4. Geyzenbergning noaniqlik pritsipini ta'riflang. Koordinata va impuls, energiya va vaqt momentlari uchun noaniqliklarning munosabatlarini yozing va tushuntiring. Qanday qilib energiyani aniqlashdagi noaniqlikni bilgan holda, to'lqin uzunlikni aniqlashdagi noaniqlikni aniqlash mumkin? Qanday qilib, impulsni aniqlashdagi noaniqlikni bilgan holda, to'lqin uzunlikni aniqlashdagi noaniqlikni aniqlash mumkin?

22.5. Elektron - nurli trubkadagi elektron dastasi impulsni aniqlashdagi noaniqlik nima? Elektron dastasini hosil qilishda elektron koordinatasini aniqlashdagi noaniqlik nimaga teng?

22.6. Erkin xarakatlanayotgan zarracha uchun SHredinger tenglamasini yozing va tushuntiring. Statsionar kuch maydonida xarakatlanayotgan zarra uchun SHredinger tenglamasi qanday ko'rinishda bo'ladi? To'lqin funksiyasi modulining kvadrati nima ma'noni anglatadi? Zarraning berilgan sohada bo'lish ehtimolligining nisbiy zichligi nima?

22.7. Cheksiz chuqur bir o'lchamli to'g'ri burchakli potensial o'radagi zarraning holatini ifodalovchi to'lqin funksiyasi qanday ko'rinishda bo'ladi? Bunday potensial o'radagi zarraning turli energetik sathlardagi to'lqin funksiyalari bir-biridan nima bilan farq qiladi? Potensial o'ra devoriga nisbatan qanday masofada zarrachaning birinchi, ikkinchi va h.k. energetik sathlarda bo'lish ehtimolligi maksimal bo'ladi?

22.8. Cheksiz chuqur bir o'lchamli potensial o'radagi zarracha uchun energiyasi qiymatlari ifodasini yozing. Qo'shni energiya sathlari orasidagi masofa nimalarga bog'liq?

22.9. Vodorod simon ion uchun SHredinger tenglamasini yozing va uni tushuntiring. Qanday hollarda bu tenglama aniq chekli va cheksiz echimga ega bo'ladi? Elektronlar energiyalarining musbat va manfiy

qiymatlari qanday ma'noga ega? Vodorodsimon iondagi elektron energiyasining qabul qilishi mumkin bo'lgan qiymatlari uchun ifodani yozing. Atomda elektronning holati qanday kvant sonlari bilan tavsiflanadi. Bu kvant sonlari qanday qiymatlarni qabul qilishlari mumkin? Pauli prinsipi nimadan iborat? Atomda elektronlarning holatlari qanday ifodalanadi? "Tanlash qoidasi"ga ko'ra energetik sathlar orasida qanday o'tishlar bo'lishi mumkin?

22.10. Nur chiqarish va yutilish spektrlarida spektral chiziqlarning seriyalari qay tarzda yuzaga keladi? Layman, Balmer, Pashen, Brekket, Pfued seriyalarini tavsiflovchi formulalarni yozing. Seriyalar orasidagi chegaralarni qanday aniqlanadi?

ADABIYOTLAR

1. *I.V. Savelev. Kurs obuyey fiziki. M., 1988, T. 3 (§ 12- 36).*
2. *AL. Detlaf, BM.YAvorskiy. Kurs fiziki, M., 1989 (§ 37. 3 - 39.8).*
3. *T.I. Trofimova. Kurs fiziki. M., 1985 (§ 208 -227, 232).*

22.1 - masala. Bor nazariyasiga binoan Vodorod atomining n - orbitasida turgan elektron harakatini tavsiflovchi fizik kattaliklarning qiymatlarini hisoblang.

Topshiriq raqami	n	Aniqlang
1	1	n - Bor orbitasining radiusini
2	2	
3	3	
4	4	
5	1	n - Bor orbitasidagi elektron tezligini
6	2	
7	3	
8	4	
9	1	n - Bor orbitasidagi elektronning aylanish davrini
10	2	
11	3	
12	4	
13	1	n - Bor orbitasidagi elektron kinetik energiyasini
14	2	
15	3	
16	4	
17	1	n - Bor orbitasidagi elektron to'liq
18	2	

19	3	energiyasini
20	4	
21	1	<i>n</i> - Bor orbitasidagi elektronning burchak tezligini
22	2	
23	3	
24	4	
25	1	Vodorod atomining asosiy va qo'zg'algan holatlardagi ionizatsiya potensialini
26	2	
27	3	
28	4	

22.2 - masala. *U* potentsiallar farqi orqali tezlatilgan zarracha λ ga teng de Broyl to'liqin uzunligiga ega. Topshiriq raqamiga binoan noma'lum kattalikni aniqlang.

Topshiriq raqami	Harakatlanayotgan zarracha	<i>U</i> , V	λ , A
1	Elektron	1	?
2		100	?
3		1000	?
4		10000	?
5	Proton	?	0.064
6		?	0.045
7		?	0.037
8		?	0.032
9	?	1000	0.3873
10	?	100	0.0286
11	?	10	0.0905
12	?	1	0.2862
13	α -zarracha	5	?
14		10	?
15		50	?
16		100	?
17	Elektron	?	1.83
18		?	1.0
19		?	0.5
20		?	0.316
21	?	5	0.128
22	?	50	1.734
23	?	75	1.416
24	?	15	0.074

25	Proton	25	?
26		50	?
27		75	?
28		100	?

22.3 - masala. Devisson va Jermer tajribasida U potentsiallar farqi bilan tezlatilgan elektronlar dastasi doimiy d to'rga ega monokristall sirtiga normal tushdi va monokristall sirtidan shunday sochildi, difraksion panjaralar θ_n burchak ostida ko'ringilar (θ_n - elektronlarning boshlang'ich va yuzadan sochilgan dastalari orasidagi burchak, n - maksimum oqimi). Turli energiyali elektron dastalari va elektron dastasini sochayotgan turli monokristallar uchun birinchi to'rtta maksimum qanday burchak ostida kuzatilgan.

Topshiriq raqami	n	U, V	d, A
1	1	350	2,8
2	2		
3	3		
4	4		
5	1	200	2,8
6	2		
7	3		
8	4		
9	1	200	3,5
10	2		
11	3		
12	4		
13	1	350	3,5
14	2		
15	3		
16	4		
17	1	200	3,14
18	2		
19	3		
20	4		
21	1	700	3,14
22	2		
23	3		
24	4		
25	1		

26	2	700	1,42
27	3		
28	4		

22.4 - masala. Uyg'otilgan atom Δt vaqt oralig'ida foton chiqaradi. Nurlanish to'liqin uzunligi λ ga, spektral chiziq kengligi $\Delta\lambda$ ga teng. Foton energiyasi ϵ_1 , energiyaning va fotonning xolatini aniqlashdagi noaniqlik mos ravishda. $\Delta\epsilon$ va Δx ga teng. Jadvaldagi topshiriq raqamiga binoan noma'lum kattalikni aniqlang. Olingan natijalarni taxlil qiling.

Topshiriq raqami	λ, A	$\Delta\lambda, A$	$\Delta t, s$	ϵ_1, eV	$\Delta\epsilon, eV$	$\Delta x, sm$
1	6000	?	10^{-8}	?	?	?
2	6000	?	10^{-9}	?	?	?
3	4500	?	10^{-8}	?	?	?
4	4500	?	10^{-9}	?	?	?
5	?	?	?	0.9	10^{-7}	?
6	?	?	?	0.9	10^{-6}	?
7	?	?	?	1.2	10^{-7}	?
8	?	?	?	1.2	10^{-6}	?
9	5500	0.1	?	?	?	?
10	5500	0.01	?	?	?	?
11	7000	0.1	?	?	?	?
12	7000	0.01	?	?	?	?
13	?	?	?	1.0	?	0.1
14	?	?	?	1.0	?	10
15	?	?	?	3.0	?	0.1
16	?	?	?	3.0	?	10
17	?	?	10^{-8}	1.5	?	?
18	?	?	10^{-10}	1.5	?	?
19	?	?	10^{-8}	2.5	?	?
20	?	?	10^{-10}	2.5	?	?
21	2500	?	?	?	10^{-5}	?
22	2500	?	?	?	10^{-8}	?
23	6500	?	?	?	10^{-5}	?
24	6500	?	?	?	10^{-8}	?
25	7500	?	?	?	?	200
26	7500	?	?	?	?	0.2
27	4000	?	?	?	?	200
28	4000	?	?	?	?	0.2

22.5 - masala. Elektron-nur trubkasidagi elektronlar dastasining tezlatuvchi kuchlanishi U ga, dastaning diametri – d ga, elektron yo‘li uzunligi - l ga teng. Impuls qiymatidagi Δp_x noaniqlikni va kvant effekti sababli elektronlarning ekrandagi boshqarib bo‘lmaydigan siljishi Δs ni aniqlang.

Topshiriq raqami	$U, \text{ kV}$	$d, \text{ m}$	$l, \text{ m}$	bog‘liqlikni tushuntiring
1	1	10^{-5}	0,5	$\Delta s=f(U)$
2	5			
3	10			
4	15			
5	10	10^{-5}	0.3	$\Delta s=f(d)$
6		$5 \cdot 10^{-5}$		
7		10^{-4}		
8		$5 \cdot 10^{-5}$		
9	15	$2 \cdot 10^{-5}$	0.2	$\Delta s=f(l)$
10			0.4	
11			0.6	
12			0.8	
13	8	10^{-5}	0.45	$\Delta p_x=f(U)$
14	10			
15	12			
16	14			
17	7.5	10^{-6}	0.35	$\Delta p_x=f(d)$
18		$4 \cdot 10^{-6}$		
19		$8 \cdot 10^{-6}$		
20		$1.2 \cdot 10^{-6}$		
21	13	$2.5 \cdot 10^{-5}$	0.25	$\Delta p_x=f(l)$
22			0.5	
23			0.75	
24			1.0	
25	16	$2 \cdot 10^{-5}$	0.65	$\Delta s=f(\Delta p_x)$
26		$4 \cdot 10^{-5}$		
27		$6 \cdot 10^{-5}$		
28		$8 \cdot 10^{-5}$		

22.6 - masala. W energiyaga ega bo‘lgan elektronlar dastasi o‘z yo‘lida U balandlikka ega bo‘lgan yarim cheksiz potensial to‘siqni uchratadi. Elektronning to‘siq boshlanishidan x masofada bo‘lish

ehtimolligi nisbiy zichligi η ga teng. Jadvaldagi topshiriq raqamiga binoan noma'lum kattalikni aniqlang.

Topshiriq raqami	W, eV	U, eV	x, A	η
1	?	22	0.5	0.48
2	25	?	1.9	0.14
3	40	45	?	0.25
4	31	33	1.0	?
5	?	30	1.5	0.11
6	21	?	2.6	0.02
7	33	35	?	0.56
8	28	32	0.8	?
9	?	22	1.2	0.12
10	36	?	2.0	0.016
11	18	20	?	0.23
12	24	26	1.8	?
13	?	28	0.7	0.29
14	29	?	2.2	0.006
15	22	25	?	0.41
16	34	37	1.3	?
17	?	24	0.9	0.27
18	26	?	1.4	0.057
19	32	35	?	0.1
20	19	20	2.5	?
21	?	31	0.6	0.42
22	23	?	2.4	0.085
23	37	39	?	0.175
24	30	35	1.6	?
25	?	40	0.4	0.44
26	20	?	1.7	0.049
27	35	36	?	0.44
28	27	29	2.2	?

22.7 - masala. Zarracha kengligi l bo'lgan cheksiz chuqur bir o'lchamli to'g'ri burchakli potensial o'rada n -chi energetik sathda turibdi. Zarrachaning x_1 dan $x_1 + \Delta x$ gacha intervaldagi potensial o'ra devoridan x_1 uzoqlikdan o'tish ehtimolligini aniqlang.

Topshiriq raqami	n	x_1	Δx
------------------	-----	-------	------------

1	1	0,125/	0,01/
2		0,25/	
3		0,375/	
4		0,5/	
5	2	0,125/	0,01/
6		0,25/	
7		0,375/	
8		0,5/	
9	3	0,125/	0,01/
10		0,25/	
11		0,375/	
12		0,5/	
13	4	0,125/	0,01/
14		0,25/	
15		0,375/	
16		0,5/	
17	1	0.5/	0.002/
18			0.004/
19			0.006/
20			0.008/
21	2	0.25/	0.02/
22			0.03/
23			0.04/
24			0.05/
25	3	0.5/	0.05/
26			0.1/
27			0.15/
28			0.2/

22.8 - masala. m massali zarracha l kenglikdagi cheksiz chuqur biro'lxamli potensial o'rada turibdi. Turli zarrachalarning n -chi va $(n+1)$ -chi energetik sathlari orasidagi ΔW_n holatlarni hisoblang.

Topshiriq raqami	Vid chastitsy	n	l, m	bog'liqlikni tushuntiring
1	Elektron	1	10^{-10}	$\Delta W_n=f(n)$
2		2		
3		3		
4		4		
5	Vodorod molekulası	1	10^{-10}	$\Delta W_n=f(l)$
6			10^{-8}	

7			10^{-6}	
8			10^{-4}	
9	Elektron	1	10^{-9}	$\Delta W_n=f(m)$
10	Proton			
11	α -zarracha			
12	Vodorod molekulasi			
13	Elektron	1	10^{-10}	$\Delta W_n=f(l)$
14			10^{-8}	
15			10^{-6}	
16			10^{-4}	
17	Proton	1	10^{-10}	$\Delta W_n=f(n)$
18		2		
19		3		
20		4		
21	Elektron	2	10^{-9}	$\Delta W_n=f(m)$
22	Proton			
23	α -zarracha			
24	Vodorod molekulasi			
25	α -zarracha	1	10^{-10}	$\Delta W_n=f(n)$
26		2		
27		3		
28		4		

22.9 - masala. Vodorod atomidagi elektron tashqi faktorlar ta'sirida bir holatdan ikkinchi holatga o'tdi. Bunda uning orbital magnit momenti $\Delta\mu$ ga, energiyasi esa ΔW ga o'zgardi. Jadvaldagi topshiriq raqamiga binoan noma'lum kattaliklarni aniqlang.

Topshiriq raqami	Boshlang'ich holat	Keyingi holat	$\Delta\mu, J/Tl$	$\Delta W, eV$
1	2p	1s	?	?
2	4f	3d	?	?
3	2p	5d	?	?
4	3s	2p	?	?
5	?	?	$-9.6 \cdot 10^{-24}$	-1.9
6	?	?	$1.31 \cdot 10^{-23}$	-2.8
7	?	?	$-9.6 \cdot 10^{-24}$	-2.5
8	?	?	$1.31 \cdot 10^{-23}$	10.2
9	?	1s	?	-12.8
10	?		?	-10.2
11	?		?	-12.1

12	?		?	-13.1
13	2s	?	?	2.5
14	3s	?	?	0.66
15	4s	?	?	-2.5
16	5s	?	?	-0.97
17	2s	5p	?	?
18	4d	2p	?	?
19	5f	3d	?	?
20	2p	4s	?	?
21	?	?	$9.41 \cdot 10^{-24}$	1.14
22	?	?	$-1.31 \cdot 10^{-23}$	2.5
23	?	?	$-9.32 \cdot 10^{-24}$	-0.17
24	?	?	$-9.35 \cdot 10^{-24}$	-0.3
25	?	2s	?	-3.0
26	?		?	-2.5
27	?		?	-1.9
28	?		?	-2.8

22.10 - masala. Vodorod atomining nurlanish spektridagi jadvalda ko'rsatilgan o'tishlarga mos keluvchi to'liqin uzunliklarini hisoblang. Seriya chegaralariga mos keluvchi to'liqin uzunliklarini aniqlang. $1/\lambda$ uchun Ridberg doimiysini $R_v=1.097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$ ga teng, deb hisoblansin.

Topshiriq raqami	Nurlanish seriyasi	elektron o'tishlari	
		Boshlang'ich holat	Keyingi holat
1	Layman	2p	1s
2		3p	
3		4p	
4		5p	
5	Layman	6p	1s
6		7p	
7		8p	
8		9p	
9	Balmer	3p	2s
10		4p	
11		5p	
12		6p	
13	Balmer	7p	2s
14		8p	
15		9p	

16		10p	
17	Pashen	4f	3d
18		5 f	
19		6 f	
20		7 f	
21		5g	
22	6g		
23	7d		
24	8d		
25	Pfund	6 f	5g

23-MAVZU. QATTIQ JISM FIZIKASI ELEMENTLARI

Nazorat savollari

23.1. Metallar issiqlik sig'iminining klassik nazariyasini eslang, Dyulong va Pauli qonunini ta'riflang. Qanday shartlar bajarilganda bu qonun tajriba natijalari bilan mos tushadi? Eynshteynning issiqlik sig'imi nazariyasining asosida nima yotadi? Qanday sharoitlarda u miqdoriy jixatdan noto'g'ri natijani beradi?

23.2. Qanday tebranishlar sistemaning normal tebranishlari, deb ataladi? Panjaraning normal tebranishlari maksimal chastotasi nimaga teng? Kristallda uyg'otiladigan eng kichik to'lqin uzunligi nimaga teng? normal tebranishlarning maksimal chastotasi bilan Debay xarakteristik temperaturasi qanday bog'langan? Foton nima? Nima uchun uni kvazizarracha, deb ataladi? Foton uchun Pauli prinsipi tadbiiq qilinadimi? Nima uchun?

23.3. Boze-Eynshteyn statistikasiga qanday zarrachalar bo'ysunadi? Boze-Eynshteyn taqsimoti ifodasini yozing va uni tushuntiring. Fermi-Dirak statistikasiga qanday zarrachalar bo'ysunadi? Bu taqsimot ifodasini yozing va uni tahlil qiling. Metalldagi erkin elektron kvant nazariyasi nimaga asoslangan? Fermi sathi nima? Elektronning bu sathda bo'lish ehtimolligi nimaga teng? Holatlar zichligi nima? U nimaga teng? $T=0$ da Fermi sathi energiyasi nimaga teng? Utemperaturaga qanday bog'langan?

23.4. Elektronlarning yuqoriroq sathlarga o'tishi qanday yuz beradi? $T>0$ da Fermi-Dirak taqsimot funksiyasi grafigi qanday ko'rinishga keladi? Metallni ma'lum bir temperaturaga qizdirganda fermi sathidagi elektronlar energiyasiga qaraganda ko'proq energiyaga ega bo'lgan elektronlarning ulushini qanday qilib baholash mumkin?

23.5. Metallarda elektr qarshilik mavjudligini kvant mexanikasi qanday tushuntiradi? Elektronning effektiv massasi degan tushuncha

nima uchun kiritilgan? Elektronlarning metalldagi o'rtacha dreyf tezligi, deb nimaga aytiladi? Metallning solishtirma elektr o'tkazuvchanligi nimaga teng? Metalldagi erkin elektronlar konsentratsiyasini qanday tajriba usullari bilan aniqlash mumkin?

23.6. Metall, yarimo'tkazgich va dielektrlardagi ruxsat etilgan energetik sathlar sistemasi nima bilan farq qiladi? Xususiy yarimo'tkazgich, deb qanday yarimo'tkazgichga aytiladi? Xususiy yarimo'tkazgichda zaryad tashuvchi bo'lib nima xizmat qiladi? Yarimo'tkazgichning xususiy o'tkazuvchanligi temperaturaga qanday bog'langan? Xususiy o'tkazuvchanlikning aktivatsiya energiyasi nimaga teng?

23.7. Qanday yarimo'tkazgichlar n -tipga, qandaylari – p -tipga tegishli bo'ladi? Donorlar i akseptorlar nima? Kirishmaviy o'tkazuvchanlikning aktivatsiya energiyasi nimaga teng? Kirishmaviy zaryad tashuvchilarning aktivatsiya energiyalariga mos keluvchi temperaturadan pastda va yuqorida kirishmaviy zaryad tashuvchilarning konsentratsiyasi nimaga teng?

23.8. Ichki fotoeffekt hodisasi nimadan iborat? Yarimo'tkazgichning fotoo'tkazuvchanligi nima? Ichki fotoeffektning qizil chegarasi, deb nimaga aytiladi? Uni qanday aniqlanadi?

23.9. Elektronning metalldan chiqish ishi, chiqish potentsiali, deb nimaga aytiladi? Termoelektron emissiya hodisasi nimadan iborat? Boguslovskiy-Longmyur qonunini (uchdan ikki qonuni) ta'riflang. To'yinish tokining temperaturaga bog'liqligi ifodasini yozing va uni tushuntiring.

23.10. Nazorat tashqi va ichki potentsiallar farqi, deb nimaga aytiladi? Ularning yuzaga kelishi sababi nimada? Ularning qiymatini qanday hisoblash mumkin?

ADABIYOTLAR

1. I.V. Savelev. *Kurs obujey fiziki. M., 1988, T. 3 (§ 45-59)*.
2. AL. Detlaf, BM.YAvorskiy. *Kurs fiziki, M., 1989 (§ 41.1 - 44 4)*.
3. T.I. Trofimova. *Kurs fiziki. M., 1985 (§ 234 -249)*.

23.1 - masala. Issiqlik sig'imi uchun Debay ifodasiga kiruvchi integral $x_m \rightarrow \infty$ (ya'ni, $T \rightarrow \theta$) da $4\pi^4/15$ ga teng qiymatni qabul qiladi, deb hisoblab, m massali berilan modda kristallini T_1 temperaturadan T_2 temperaturaga qizdirish uchun zarur bo'ladigan Q issiqlik miqdorini aniqlang. Berilgan modda uchun Debay xarakteristik temperaturasi θ ga teng, deb qabul qilinsin. $T \ll \theta$ shart bajariladi, deb hisoblansin.

Topshiriq raqami	Berilgan modda	m, g	T_1, K	T_2, K	θ, K
1	Kumush	0,5	4	6	208
2			6	8	
3			8	10	
4			10	12	
5	Alyuminiy	20	5	10	396
6			10	15	
7			15	20	
8			20	25	
9	Argon (qattiq holatdagi)	0,3	4,0	4,5	92
10			4,5	5,0	
11			5,0	5,5	
12			5,5	6,0	
13	qo'rg'oshin	15	4,0	4,5	76
14			4,5	5,0	
15			5,0	5,5	
16			5,5	6,0	
17	Natriy xlorid	10	4	8	320
18			8	12	
19			12	16	
20			16	20	
21	Berilliy	0,4	10	20	1400
22			20	30	
23			30	40	
24			40	50	
25	Mis	25	4	6	310
26			8	8	
27			6	10	
28			10	12	

23.2-masala. Ximiyaviy oddiy moddaning kristallida ko'ndalang to'lqinlarning tarqalish tezligi v_{\perp} ga, bo'ylama to'lqinlarniki - v_{\parallel} ga teng. Panjaraning normal tebranishlarining maksimal chastotasini va Debay xarakteristik temperaturasi toping.

Topshiriq raqami	Berilgan kristall	$v_{\perp}, m/s$	$v_{\parallel}, m/s$	n
1	Bir o'lchamli kristall (atomlarzanjirlari o'zla-ri	$v_{\perp}=v_{\parallel}=$	$v_{\perp}=v_{\parallel}=$	$10^9 m^{-1}$
2				$5 \cdot 10^9 m^{-1}$

3	joylashgan to'g'ri chiziq bo'ylab tebranadilar)	=3000	=3000	10^{10} m^{-1}
4				$2 \cdot 10^9 \text{ m}^{-1}$
5	ikki o'lchamli kristall (atomlar to'g'ri burchakli yachey-kalar uchlarida joylashagan va yuza bo'ylab tebranadilar)	$v_{\perp}, v_{\parallel} = 3000$	$v_{\perp}, v_{\parallel} = 3000$	10^{19} m^{-2}
6				$2,5 \cdot 10^{19} \text{ m}^{-2}$
7				$5 \cdot 10^{19} \text{ m}^{-2}$
8				$7,5 \cdot 10^{19} \text{ m}^{-2}$
9	Uch o'lchamli kristall (atomlar to'g'ri burchakli kristall yacheykalar uchla-rida joylashagan)	$v_{\perp}, v_{\parallel} = 3000$	$v_{\perp}, v_{\parallel} = 3000$	$1,25 \cdot 10^{29} \text{ m}^{-3}$
10				$5 \cdot 10^{25} \text{ m}^{-3}$
11				$7,5 \cdot 10^{26} \text{ m}^{-3}$
12				10^{29} m^{-3}
13	Uch o'lchamli kristall	800	2500	$5 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$
14		1200	3200	
15		1600	3800	
16		2000	4300	
17	Berilliy	8830	12550	$1,23 \cdot 10^{29} \text{ m}^{-3}$
18				
19				
20				
21	Kumush	1590	3600	$5,86 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$
22				
23				
24				
25	Qo'rg'ishin	700	2160	$3,28 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$
26				
27				
28				

23.3 - masala. Zichligi ρ ga teng bo'lgan metall elektronining Fermi sathidagi energiyasi va impulsi aniqlansin. Metallning har bir atomiga β ta erkin elektronlar to'g'ri keladi, deb hisoblansin. β - element atomining tashqi qobig'idagi elektronlar soni (β ning tajribada olingan qiymatlari sezilarli darajada kam bo'lishi mumkin, masalan alyuminiyda 2,2ga teng). Fermi sathida energiyaning temperaturaga bog'liqligi hisobga olinmasin.

Topshiriq raqami	Metall	$\rho, \text{ kg/m}^3$	β
1	Alyuminiy	6,98	3
2	Natriy	68,4	1
3	Niobiy	570	1
4	Platina	1450	1

5	Mis	960	1
6	Tantal	6600	2
7	Xrom	190	1
8	Kaliy	62	1
9	Volfram	9300	2
10	Rux	140	2
11	Iridiy	22400	2
12	Temir	7874	2
13	Berilliy	4847,7	2
14	Molibden	10200	1
15	Litiy	534	1
16	Nikel	8900	2
17	Bor	2340	3
18	Uran	18950	2
19	Oltin	19320	1
20	Titan	4500	2
21	Vanadiy	6110	2
22	Osmiy	22570	2
23	Toriy	11720	2
24	Kobalt	8900	2
25	Indiy	7310	3
26	Kumush	10500	1
27	Seziy	1870	1
28	Magniy	1738	2

23.4 - masala. Berilgan metallning Fermi sathidagi elektronlarining energiyasi W_F ga teng, deb hisoblab, metallni T temperaturaga qizdirilganda Fermi sathini tark etuvchi elektronlar ulushi (%larda) aniqlansin.

Topshiriq raqami	Metall	W_F, eV	T, K
1	Mis	7,0	300
2			600
3			1000
4			1300
5	Oltin	5,5	300
6			600
7			1000
8			1300
9			300

10	Kobalt	11,7	1000
11			1300
12			1700
13	Tantal	8,4	300
14			1000
15			1700
16			3000
17	Iridiy	9,8	300
18			1000
19			1700
20			3000
21	Platina	6,0	300
22			1000
23			1700
24			3000
25	Volfram	9,2	300
26			1000
27			1700
28			3000

23.5 - masala. Xoll doimiysining tajribada olingan R_H qiymatlaridan foydalanib metallning Fermi sathidagi elektronlari energiyasi, tok zichligi va E kuchlanishli tashqi elektr maydon ta'siridagi elektron-larning o'rtacha dreyf tezligi hisoblab topilsin. Metallning solishtirma qarshiligi ρ ga teng. Natijalarni 23.3 - masala natijalari bilan solish-tiring, natijalarning ozgina farqi borligini tushuntiring.

Topshiriq raqami	Metall	$R_H, 10^{-11} \text{ m}^3/\text{K}$	$\rho, \text{ mkOm}^*\text{m}$	$E, \text{ V/m}$
1	Kumush	8,4	0,016	0,05
2				0,1
3				0,15
4				0,2
5	Mis	5,5	0,0172	0,10
6				0,12
7				0,14
8				0,16
9	Oltin	7,2	0,024	10^{-4}
10				10^{-3}
11				10^{-2}
12				0,1

13	Natriy	25	0,049	$2,5 \cdot 10^{-3}$
14				$5 \cdot 10^{-3}$
15				$7,5 \cdot 10^{-3}$
16				10^{-2}
17	Litiy	17	0,06	$2 \cdot 10^{-4}$
18				$5 \cdot 10^{-4}$
19				$2 \cdot 10^{-3}$
20				$5 \cdot 10^{-3}$
21	Alyuminiy	4,0	0,028	0,02
22				0,04
23				0,06
24				0,08
25	Vismut	5000	1,065	0,1
26				0,2
27				0,3
28				0,4

23.6 - masala. Xususiy yarimo'tkazgichning T temperaturadagi σ solishtirma elektr o'tkazuvchanligi va 18°S da taqiqlangan zonaning kengligi ΔW_0 ga tengligi ma'lum bo'lsa, xususiy yarimo'tkazgich solishtirma o'tkazuvchanligi formulasiga kiruvchi σ_0 kattalikni hisoblab topilsin. Bir xil ishorali elektronlar konsentratsiyasi $-n$, elektron va kovaklarning xarakatchanligi mos ravishda, u_n va u_p . Taqiqlangan zona kengligining temperaturaga bog'liqligi hisobga olinmasin.

Topshiriq raqami	YArimo'tkazgich	ΔW_0 , eV	n , m^{-3}	u_n , $\text{m}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$	u_p , $\text{m}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$	T , K
1	Germaniy	0,8	$2,5 \cdot 10^{19}$	0,6	0,18	300
2						350
3						400
4						450
5	Kremniy	1,12	$1,6 \cdot 10^{16}$	0,19	0,05	300
6						350
7						400
8						450
9	Tellur	0,36	10^{22}	0,17	0,12	300
10						350
11						400
12						450
13	Arsenid galliy	1,43	$1,1 \cdot 10^{13}$	0,85	0,04	300
14						350

15						400
16						450
17	Arsenid indiy	0,36	$2 \cdot 10^{21}$	3,0	0,046	300
18						350
19						400
20						450
21	Qo'rg'ishin Sulfid	0,41	10^{22}	0,06	0,07	300
22						350
23						400
24						450
25	Karbid kremniy	2,86	10^7	0,01	0,002	300
26						350
27						400
28						450

23.7 - masala. Agar kirishmalarning konsentratsiyasi juda kam (0,01%dan kam) bo'lsa, temperaturani T_1 dan T_2 gacha o'zgartirilganda kirishmali yarimo'tkazgichda ΔW_{pr} aktivatsiya energiyasiga teng bo'lgan kirishmaviy zaryad tashuvchilarning soni necha martaga o'zgaradi? Qanday temperaturada kirishmalarning aktivatsiyasi yuz beradi? Aktivatsiya energiyasining temperaturaga bog'liqligini hisobga olmaslik mumkin.

Topshiriq raqami	Kirishmali yarimo'tkazgich	ΔW_{pr} , eV	T_1 , K	T_2 , K
1	Fosfor bilan legirlangan Germaniy	0,012	45	50
2			50	55
3			55	60
4			60	65
5	Surma bilan legirlangan Germaniy	0,0096	35	40
6			40	45
7			45	50
8			50	55
9	Bor bilan legirlangan Germaniy	0,01	35	40
10				45
11				50
12				55
13	Fosfor bilan legirlangan Kremniy,	0,044	50	100
14			100	150
15			150	200
16			200	250

17	Mishyak bilan legirlangan Kremniy	0,049	50	100
18				150
19				200
20				250
21	Galliy bilan legirlangan Kremniy	0,065	150	200
22				250
23				300
24				350
25	Indiy bilan legirlangan Kremniy	0,16	300	400
26				500
27				600
28				700

23.8 - masala. Yarimo'tkazgichning xususiy o'tkazuvchanligi aktivatsiya energiyasi ΔW_0 ga, berilgan legirlovchi moddaning kirishmaviy o'tkazuvchanligi aktivatsiya energiyasi esa ΔW ga teng. Ichki fotoeffekt qizil chegarasi - λ_0 . Jadvaldagi topshiriq raqamiga qarab, noma'lum kattalikni toping. (**d**) va (**a**) harflari bilan donor va akseptor belgilangan.

Topshiriq raqami	Yarimo'tkazgich	Legirlovchi element	ΔW_0 , eV	ΔW , eV	λ_0 , mkm
1	Germaniy Ge		0.8		?
2	Kremniy Si		1.12		?
3	Selen Se		1.7		?
4	Tellur Te		0.36		?
5	Kremniy Si	Litiy Li (d)		0.033	?
6		Surma Sb (d)		0.039	?
7		Fosfor P(d)		0.044	?
8		Mishyak As (d)		0.049	?
9	Kremniy Si	Bor B (a)		0.045	?
10		Alyuminiy Al(a)		0.057	?
11		Galliy Ga (a)		0.065	?
12		Indiy In (a)		0.16	?
13	Misoksidi Cu ₂ O		1.56		?
14	qo'rg'oshin sulfid PbS		0.41		?
15	Arsenid galliy GaAs		1.43		?
16	Arsenid indiy InAs		0.36		?
17	Kremniy Si	? (d)		?	25.32
18		? (d)		?	31.81
19		? (a)		?	19.09

20		? (a)		?	21.77
21	Germaniy Ge	Litiy Li (d)		0.0095	?
22		Surma Sb (d)		0.0096	?
23		Fosfor P(d)		0.012	?
24		Mishyak As (d)		0.013	?
25	Germaniy Ge	Bor B (a)		0.010	?
26		AlyuminiyAl(a)		0.010	?
27		Galliy Ga (a)		0.011	?
28		Indiy In (a)		0.011	?

23.9 - masala. Elektronlarning chiqish ishi A ga teng bo'lgan metallning temperaturasi T_1 dan T_2 gacha ko'tarilganda termoelektron emissiya to'yinish toki β ga ortadi. Jadvaldagi topshiriq raqamiga qarab, noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	A, eV	T_1, K	T_2, K	$\beta, \%$
1	?	1990	2000	17.96
2	4.12	3085	3100	?
3	?	880	886	48.2
4	4.58	2010	2020	?
5	?	1960	1990	38.4
6	4.54	3120	3140	?
7	?	1700	1715	31.65
8	2.8	1100	1115	?
9	?	1600	1610	24.0
10	4041	1695	1710	?
11	?	895	902	1.57
12	4.3	2650	2700	?
13	?	890	895	31.84
14	4.4	1294	1300	?
15	?	1650	1658	17.64
16	4.0	2500	2520	?
17	?	2586	2600	11.67
18	4.7	3293	3300	?
19	?	2000	2007	12.15
20	4.3	1990	2000	?
21	?	1270	1280	39.18
22	3.3	2038	2050	?
23	?	650	652	26.93
24	3.9	2050	2090	?

25	?	1650	1660	21.5
26	4.54	2960	3000	?
27	?	1680	1692	25.9
28	3.64	880	890	?

23.10 - masala. Erkin elektronlari konsentratsiyasi n_1 va n_2 ga teng bo'lgan ikki metall o'zaro ulanmoqda (kontaklanmoqda). Bunda yuzaga keladigan ichki ulanish potensial farqi $\Delta\phi_{\text{ichki}}$ ga teng. Jadvaldagi topshiriq raqamiga qarab, noma'lum kattalikni toping.

Topshiriq raqami	n_1, m^{-3}	n_2, m^{-3}	$\Delta\phi_{\text{ichki}}, \text{V}$
1	10^{29}	10^{28}	?
2		$2 \cdot 10^{28}$?
3		$3 \cdot 10^{28}$?
4		$4 \cdot 10^{28}$?
5	$2 \cdot 10^{29}$?	6.88
6		?	9.78
7		?	10.25
8		?	6.28
9	?	$5 \cdot 10^{25}$	9.52
10	?		2.37
11	?		5.35
12	?		1.82
13	$6 \cdot 10^{28}$	10^{28}	?
14	$7 \cdot 10^{28}$?
15	$8 \cdot 10^{28}$?
16	$9 \cdot 10^{28}$?
17	$8.5 \cdot 10^{28}$?	2.78
18		?	5.357
19		?	5.034
20		?	3.93
21	?	$2 \cdot 10^{28}$	3.80
22	?		9.78
23	?		0.834
24	?		5.17
25	$1.5 \cdot 10^{29}$	$2 \cdot 10^{28}$?
26		$4 \cdot 10^{28}$?
27		$6 \cdot 10^{28}$?
28		$8 \cdot 10^{28}$?

Sinov savollari

24.1 Atom yadrosi tarkibiga qanday zarralar kiradi? Nuklonlar nima? Zaryad va massa sonlari qanday aniqlanadi? YAdroning qaysi soni uning kimyoviy elementga tegishlilikini ko'rsatadi? Qanday formula orqali yadroning radiusi aniqlanadi? YAdroning bog'lanish energiyasi va massa defekti nima ekanligini aniqlashtiring. Nuklonlarning yadroda solishtirma bog'lanish energiyasi nimani anglatadi?

24.2 Qanday yadrolar a) izotop b) izobara v) izoton g) izomer deb ataladi? Misollar keltiring.

24.3 Agar kimyoviy toza modda barqaror ikkita izotopga ega bo'lsa, izotoplarning xamda kimyoviy elementni massa sonini bilgan xolda, qanday qilib tabiiy modda tarkibidagi izotoplar foiz miqdorini aniqlasa bo'ladi?

24.4 YAdro kuchlari qanday xususiyatga ega? Virtual zarralar nima? Nuklonlar kuchli ta'sirida ularning ahamiyati qanday? Qanday zarralar mezonlar deyiladi? Pionlar va myuonlar xamda nuklonlarning xajmiy ta'siri qanday sxemada ifodalaydi?

24.5 Radioaktivlik deb nimaga aytiladi? Radioaktiv parchalanish qonunini yozing va tushuntirin. Modda yadrosining yarim emirilish davri deganda nimani tushuniladi? Radioaktiv yadroning o'rtacha yashash vaqti deganda nimani tushuniladi?

24.6 Radioaktiv modda aktivligi deganda nima tushuniladi? Vaqt o'tishi bilan qanday o'zgaradi? Radioaktiv modda miqdori bilan uning aktivligi qanday bog'langan?

24.7 α - va β -zarrachalar o'zi nima? Saqlanish qonunlariga ahamiyat qaratgan xolda α - va β parchalanishlar sxemalarini yozing va tushuntiring. γ - nurlari nima? Nima sababdan α parchalanish γ -nurlarini chiqarish bilan yuz beradi?

24.8 YAdroviy ta'sirda effektiv kesim deb nimaga aytiladi? YAdroviy xodisalarda 1 barn nimaga teng?

24.9 YAdro reaksiyalarida ajralgan energiya qanday hisoblanadi? YAdro reaksiyalarida manfiy tshorali energiya nimani anglatadi? Bunday yadro reaksiyasi ketishi uchun nima qilinishi kerak?

24.10 ^{14}S izotopi orqali arxeologik topilmalarning yoshini aniqlashda qanday metod yotadi?

24.1-masala. Yadro p proton vanneytrodan iborat. Quyidagilar qaysi kimyoviy moddaga tegishli ekanligini zaryad va massa sonlarini yozgan xolda aniqlang. Agar atom massasi m_a bo'lsa, kimyoviy moddaning taxminiy radiusini va solishtirma bog'lanish energiyasini aniqlang.

Topshiriq raqami	p	n	m_a . m.a.b.
1	6	6	12,0000
2	16	20	35,9671
3	18	18	35,9675
4	10	10	19,9924
5	14	14	27,9769
6	18	22	39,9624
7	7	8	15,0001
8	19	21	39,9640
9	20	20	39,9626
10	6	7	13,0034
11	10	11	20,9938
12	18	20	37,9627
13	20	23	42,9588
14	14	15	28,9765
15	8	9	16,9991
16	14	16	29,9738
17	20	26	45,9537
18	7	7	14,0031
19	22	24	45,9526
20	10	12	21,9914
21	23	27	49,9472
22	24	26	49,9461
23	22	28	49,9448
24	8	8	15,9949
25	22	26	47,9479
26	8	10	17,9992
27	20	28	47,9525
28	24	28	51,9405

24.2-masala. Jadvalda keltirilgan kimyoviy moddalarning barqaror izotoplar tarkibiga kiruvchi neytron va protonlar sonini aniqlang.

Topshiriq raqami	Atom nomeri	Kimyoviy modda	Izotop simvoli
1	1	Vodorod	${}^1\text{N}, {}^2\text{N}$

2	2	Geliy	$^3\text{Ne}, ^4\text{Ne}$
3	3	Litiy	$^6\text{Li}, ^7\text{Li}$
4	5	Bor	$^{10}\text{V}, ^{11}\text{V}$
5	6	Uglerod	$^{12}\text{S}, ^{13}\text{S}$
6	7	Azot	$^{14}\text{N}, ^{15}\text{N}$
7	8	Kislород	$^{16}\text{O}, ^{17}\text{O}, ^{18}\text{O}$
8	10	Neon	$^{20}\text{Ne}, ^{21}\text{Ne}, ^{22}\text{Ne}$
9	12	Magniy	$^{24}\text{Mg}, ^{25}\text{Mg}, ^{26}\text{Mg}$
10	14	Kremniy	$^{28}\text{Si}, ^{29}\text{Si}, ^{30}\text{Si}$
11	16	Oltingugurt	$^{32}\text{S}, ^{33}\text{S}, ^{34}\text{S}, ^{36}\text{S}$
12	17	Xlor	$^{35}\text{Cl}, ^{37}\text{Cl}$
13	18	Argon	$^{36}\text{Ar}, ^{38}\text{Ar}, ^{40}\text{Ar}$
14	19	Kaliy	$^{39}\text{K}, ^{40}\text{K}, ^{41}\text{K}$
15	20	Kalsiy	$^{40}\text{Ca}, ^{42}\text{Ca}, ^{43}\text{Ca}, ^{44}\text{Ca},$ $^{46}\text{Ca}, ^{48}\text{Ca}$
16	22	Titan	$^{46}\text{Ti}, ^{47}\text{Ti}, ^{48}\text{Ti}, ^{49}\text{Ti}, ^{50}\text{Ti}$
17	23	Vanadiy	$^{50}\text{V}, ^{51}\text{V}$
18	24	Xrom	$^{50}\text{Cr}, ^{52}\text{Cr}, ^{53}\text{Cr}, ^{54}\text{Cr}$
19	26	Temir	$^{54}\text{Fe}, ^{56}\text{Fe}, ^{57}\text{Fe}, ^{58}\text{Fe}$
20	28	Nikel	$^{58}\text{Ni}, ^{60}\text{Ni}, ^{61}\text{Ni}, ^{62}\text{Ni}, ^{64}\text{Ni}$
21	29	Mis	$^{63}\text{Cu}, ^{64}\text{Cu}$
22	30	Rux	$^{64}\text{Zn}, ^{66}\text{Zn}, ^{67}\text{Zn}, ^{68}\text{Zn},$ ^{70}Zn
23	31	Galliy	$^{69}\text{Ga}, ^{71}\text{Ga}$
24	32	Germaniy	$^{70}\text{Ge}, ^{72}\text{Ge}, ^{73}\text{Ge}, ^{74}\text{Ge},$ ^{76}Ge
25	34	Selen	$^{74}\text{Se}, ^{76}\text{Se}, ^{77}\text{Se}, ^{78}\text{Se},$ $^{80}\text{Se}, ^{82}\text{Se}$
26	35	Brom	$^{79}\text{Br}, ^{81}\text{Br}$
27	42	Molibden	$^{92}\text{Mo}, ^{94}\text{Mo}, ^{95}\text{Mo}, ^{96}\text{Mo},$ $^{97}\text{Mo}, ^{98}\text{Mo}$
28	50	Qalay	$^{112}\text{Sn}, ^{114}\text{Sn}, ^{116}\text{Sn}, ^{119}\text{Sn},$ $^{122}\text{Sn}, ^{124}\text{Sn}$

24.3- masala. Tabiiy kimyoviy toza modda atomining massasi A . Bu modda atom massalari A_1 va A_2 bo'lgan izotoplardan iborat. Tabiatda g_1 va g_2 foiz miqdorda uchraydi. Jadvaldagi no'malumlarini aniqlang.

Topshiriq raqami	A , m.a.b	A_1 , m.a.b	A_2 , m.a.b	g_1 , %	g_2 , %
1	?	14.0031	15.0001	?	0.365
2	50.9415	?	50.9439	0.24	?
3	4.0026	3.0140	?	?	99.99987
4	?	62.9296	64.9278	69.1	?
5	69.72	?	70.9247	?	39.8
6	35.453	34.9688	?	75.77	?
7	?	78.9183	80.9185	?	49.46
8	1.0079	?	2.0141	99.985	?
9	85.468	84.0118	?	?	27.85
10	?	0.0981	7.0160	7.5	?
11	107.868	?	108.9048	?	48.6
12	60.9415	49.9671	?	0.24	?
13	?	10.0129	11.0093	?	80.1
14	4.0026	?	40026	0.00013	?
15	12.011	12.000	?	?	1.11
16	?	112.9041	114.9039	4.28	?
17	35.453	?	36.9659	?	24.23
18	10.81	10.0129	?	19.9	?
19	?	120.903	122.9042	?	42.7
20	63.546	?	64.9278	69.1	?
21	1.0079	1.008	?	?	0.015
22	?	68.9256	70.9247	60.2	?
23	6.941	?	7.0160	?	92.5
24	14.0067	14.0031	?	99.635	?
25	?	137.9069	138.9060	?	99.911
26	12.011	?	13.0033	98.89	?
27	79.904	78.9183	?	?	49.46
28	?	84.9118	86.9092	72.15	?

24.4-masala. Jadvalni pion va myuonlarning parchalanish sxemalari hamda nuklonlarning xajmiy ta'sirlashuvi asosida to'ldiring.

Topshiriq raqami	pion va myuonparchalanish sxemalari	nuklonlarning xajmiy ta'sirlashuv sxemalari
1	$? \rightarrow \mu^+ + \nu$	$n + p \Leftrightarrow ? + \pi^- + ? \Leftrightarrow p + n$
2	$\pi^0 \rightarrow ? + \gamma$	$p + n \Leftrightarrow ? + \pi^0 + n \Leftrightarrow p + n$
3	$\mu^+ \rightarrow ? + \nu + \vartheta$	$n + n \Leftrightarrow n + ? + n \Leftrightarrow n + n$
4	$? \rightarrow e^+ + e^- + e^+ + e^-$	$? + n \Leftrightarrow n + \pi^+ + n \Leftrightarrow n + ?$
5	$\mu^- \rightarrow ? + \nu + \vartheta$	$p + p \Leftrightarrow ? + \pi^0 + p \Leftrightarrow p + p$
6	$\pi^- \rightarrow ? + \vartheta$	$? + n \Leftrightarrow p + \pi^0 + n \Leftrightarrow ? + n$
7	$\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma + ?$	$p + n \Leftrightarrow ? + \pi^+ + ? \Leftrightarrow n + p$
8	$\pi^0 \rightarrow ? + e^- + \gamma$	$n + ? \Leftrightarrow n + \pi^0 + n \Leftrightarrow ? + n$
9	$? \rightarrow e^+ + \nu + \vartheta$	$? + p \Leftrightarrow p + \pi^- + p \Leftrightarrow p + ?$
10	$\pi^+ \rightarrow ? + \nu$	$p + p \Leftrightarrow p + ? + p \Leftrightarrow p + p$
11	$\pi^0 \rightarrow e^+ + ? + \gamma$	$n + n \Leftrightarrow ? + \pi^0 + n \Leftrightarrow n + n$
12	$\mu^- \rightarrow e^- + \nu + ?$	$p + ? \Leftrightarrow p + \pi^0 + n \Leftrightarrow p + ?$
13	$? \rightarrow \gamma + \gamma$	$? + n \Leftrightarrow n + \pi^0 + n \Leftrightarrow n + ?$
14	$\mu^+ \rightarrow e^+ + ? + \vartheta$	$p + ? \Leftrightarrow n + \pi^+ + n \Leftrightarrow ? + p$
15	$\pi^- \rightarrow \mu^- + ?$	$p + n \Leftrightarrow p + ? + n \Leftrightarrow p + n$
16	$? \rightarrow \gamma + \gamma + \gamma$	$? + p \Leftrightarrow p + \pi^0 + p \Leftrightarrow p + ?$
17	$\pi^0 \rightarrow ? + e^+ + e^- + e^+$	$p + p \Leftrightarrow p + ? + p \Leftrightarrow p + p$
18	$? \rightarrow \mu^- + \vartheta$	$n + ? \Leftrightarrow p + \pi^- + p \Leftrightarrow ? + n$
19	$\mu^- \rightarrow e^- + ? + \vartheta$	$p + n \Leftrightarrow n + ? + n \Leftrightarrow n + p$
20	$\pi^0 \rightarrow ? + \gamma + \gamma$	$? + n \Leftrightarrow n + \pi^0 + n \Leftrightarrow n + ?$
21	$? \rightarrow e^+ + e^- + \gamma$	$n + n \Leftrightarrow n + \pi^0 + ? \Leftrightarrow n + n$
22	$\pi^0 \rightarrow e^+ + e^- + e^+ + ?$	$p + n \Leftrightarrow n + ? + n \Leftrightarrow n + p$
23	$? \rightarrow e^- + \nu + \vartheta$	$p + p \Leftrightarrow p + \pi^0 + ? \Leftrightarrow p + p$
24	$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + ?$	$p + n \Leftrightarrow p + \pi^0 + ? \Leftrightarrow p + n$
25	$\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu + ?$	$n + p \Leftrightarrow p + ? + p \Leftrightarrow p + n$
26	$\pi^0 \rightarrow \gamma + ?$	$n + ? \Leftrightarrow p + \pi^- + p \Leftrightarrow ? + n$
27	$\pi^0 \rightarrow \gamma + ? + \gamma$	$p + ? \Leftrightarrow p + \pi^0 + p \Leftrightarrow ? + p$
28	$\pi^0 \rightarrow e^+ + e^- + ?$	$? + n \Leftrightarrow p + \pi^0 + n \Leftrightarrow ? + n$

24.5-masala. Parchalanish doimiysi λ va yarim emirilish davri T bo'lgan radioaktiv moddada, t vaqt mobaynida k yadro parchalandi.

Radioaktiv moddaning o'rtacha yashash davri τ bo'lsa, jadvaldagi noma'lumlarni toping.

Topshiriq raqami	λ, yil^{-1}	T, yil	t	$k, \%$	τ
1	0.0546	?	10 yil	?	?
2	?	?	?	26,2	65,8 sut
3	0,0565	?	?	36,36	?
4	?	5,26	4 yil	?	?
5	?	86	?	43,12	?
6	?	?	16 yil	?	25,4 yil
7	?	?	1 yil	64,46	?
8	0,3466	?	2,5 yil	?	?
9	?	?	?	43,73	42,3 yil
10	0,0433	?	?	47,77	?
11	?	5730	3000 yil	?	?
12	?	17,6	?	44,62	?
13	?	?	10000 yil	?	34625 yil
14	?	?	100 sut	43,75	?
15	0,1318	?	5 yil	?	?
16	?	?	?	51,71	5,5 yil
17	0,00806	?	?	53,50	?
18	?	30	25 yil	?	?
19	?	12,7	?	58,26	?
20	?	?	100 sut	?	105,3 sut
21	?	?	200 sut	38,63	?
22	0,2666	?	3 yil	?	?
23	?	?	?	51,32	8266,6 yil
24	0,025	?	?	52,76	?
25	?	16	20 yil	?	?
26	?	2,6	?	60,67	?
27	?	?	200 sut	?	238 sut
28	?	?	300 sut	49,66	?

24.6-masala. Radioaktiv izotopning massasi m bo'lsa, uning aktivligi a topilsin. Preparat aktivligining o'zgaruvchi parametrga bog'liqligi taxlil qilinsin. Izotopning xamma atomlari radioaktiv, deb hisoblansin.

Topshiriq raqami	Izotop	m, mkg	T	t	Bog'lanishni tahlil qiling
------------------	--------	-----------------	-----	-----	----------------------------

1	${}_{86}\text{Rn}^{222}$	0.15	3.8 sut	2 sut	$a=f(t)$
2				4 sut	
3				6 sut	
4				8 sut	
5	${}_{88}\text{Ra}^{228}$	0.1	6.7 yil	5 yil	$a=f(t)$
6		0.2			
7		0.3			
8		0.4			
9	${}_{81}\text{Ti}^{210}$	0.25	1.3 min	24 ch	$a=f(T)$
10	${}_{82}\text{Pb}^{210}$		22 yil		
11	${}_{83}\text{Bi}^{210}$		5 sut		
12	${}_{84}\text{Po}^{210}$		138,4 sut		
13	${}_{82}\text{Pb}^{209}$	0.3	3.3 soat	6 soat	$a=f(t)$
14				12 soat	
15				18 soat	
16				24 soat	
17	${}_{81}\text{Tl}^{207}$	0.16	4.8 min	5 min	$a=f(A)$
18	${}_{87}\text{Fr}^{221}$		4,8 min	5 min	
19	${}_{82}\text{Pb}^{210}$		21,8 yil	25 yil	
20	${}_{89}\text{Ac}^{227}$		21,8 yil	25 yil	
21	${}_{89}\text{As}^{225}$	0,05	10 sut	30 sut	$a=f(t)$
22		0,1			
23		0,15			
24		0,2			
25	${}_{83}\text{Bi}^{213}$	0.25	47 min	1 soat	$a=f(t)$
26				2 soat	
27				3 soat	
28				4 soat	

24.7- masala. Radioaktiv yadro parchalanish natijasida n ta α -zarracha va t ta β -zarracha yo'qotib boshqa modda yadrosiga aylandi. Jadvaldagi noma'lumlarni toping.

Topshiriq raqami	Boshlang'ich modda	n	t	Hosil bo'lgan modda
1	${}_{92}\text{U}^{238}$	1	2	?
2		3	2	?
3		5	2	?
4		6	3	?
5	?	5	4	${}_{82}\text{Pb}^{206}$
6	?	2	4	

7	?	2	3	
8	?	1	2	
9	${}_{90}\text{Th}^{232}$	1	2	?
10		3	2	?
11		5	2	?
12		5	3	?
13	?	6	3	${}_{83}\text{Bi}^{209}$
14	?	4	3	
15	?	3	2	
16	?	1	2	
17	${}_{92}\text{U}^{235}$	2	2	?
18		5	2	?
19		6	3	?
20		7	4	?
21	?	5	3	${}_{82}\text{Pb}^{208}$
22	?	4	2	
23	?	3	2	
24	?	1	2	
25	${}_{93}\text{Np}^{237}$	3	1	?
26		3	2	?
27		6	2	?
28		7	3	?

24.8 - masala. Issiq neytronlar zichligi ρ , uzunligi d bo'lgan moddadan o'tib β marta kamaymoqda. Nishon atom yadrosining qamrab olish reaksiyasi effektiv kesimi σ . Jadvaldagi noma'lumlarni toping.

Topshiriq raqami	modda	ρ , kg/m ³	σ , barn	d , sm	B
1	Alyumin	2699	?	79,4	3
2	Berilliy	1848	?	888,8	
3	Bor	2340	?	0,011	
4	Vanadiy	6110	?	2,98	
5	Volfram	19300	19,2	?	2
6	Temir	7874	2,53	?	
7	Indiy	7310	190	?	
8	Indiy	22400	430	?	
9	Marganets	1738	0,063	10	?
10	Mis	8960	3,69		?
11	Molibden	10200	2,4		?

12	Nikel	8900	4,6		?
13	Nikel	8570	?	6,1	1,5
14	Qo'rg'oshin	7298	?	18,26	
15	Osmiy	22570	?	0,39	
16	Platina	21450	?	0,76	
17	Platina	19860	1025	?	50
18	Simob	13546	38	?	
19	Kumush	10500	62	?	
20	Tantal	16600	21,3	?	
21	Titan	4500	5,8	6	?
22	Xrom	7190	2,09		?
23	Rux	7140	1,07		?
24	Sinniy	6510	0,18		?
25	Uran	18950	?	1,8	2
26	Gr	2265	?	1357	
27	Oltinugurt	2000	?	37,67	
28	Kaliy (suyuq)	800	?	28,56	

24.9-masala. Yadro reaksiyasini to'liq xolda yozing. Jadvaldagi noma'lumlarni toping. Yadro reaksiyasi natijasida ajraydigan energiya miqdorini toping.

Topshiriq raqami	Yadro reaksiyasining qisqacha yozilishi
1	$^{14}\text{N} (? , p) ^{17}\text{O}$
2	$^2\text{H} (d, n) ?$
3	$^9\text{Be} (d, 2\alpha) ?$
4	$^6\text{Li} (? , p) ^7\text{Li}$
5	$^9\text{Be} (a, ?) ^{12}\text{C}$
6	$^2\text{H} (d, ? ^3\text{H})$
7	$^{35}\text{Cl} (a, ?) ^{35}\text{S}$
8	$? (p, \alpha) ^4\text{He}$
9	$? (a, n) ^{30}\text{P}$
10	$^3\text{H} (d, n) ?$
11	$^{56}\text{Fe} (d, ?) ^{54}\text{Mn}$
12	$^7\text{Li} (? , n) 2 ^4\text{He}$
13	$^{10}\text{B} (a, n) ?$
14	$^3\text{H} (^3\text{H}, 2n) ?$
15	$^{95}\text{Mo} (? , n) ^{96}\text{Tc}$
16	$? (d, \alpha) ^4\text{He}$
17	$^{24}\text{Mg} (d, \alpha) ?$

18	${}^3\text{He} (? , p) {}^4\text{He}$
19	$? (p, n) {}^{113}\text{Sn}$
20	${}^{65}\text{Cu} (d, 2n) ?$
21	${}^7\text{Li} (p, ?) {}^4\text{He}$
22	${}^3\text{He} (? , 2p) {}^4\text{He}$
23	${}^{54}\text{Fe} (n, p) ?$
24	${}^{32}\text{S} (? , p) {}^{32}\text{P}$
25	${}^6\text{Li} (p, ?) {}^3\text{He}$
26	${}^6\text{Li} (n, a) ?$
27	$? (p, a) {}^{22}\text{Na}$
28	${}^{14}\text{N} (n, p) ?$

24.10-masala. Agar namunalarning ${}^{44}\text{S}$ bo'yicha faolligi yangi o'simliklar faolligining β siga mos kelsa, qadimgi yog'och va matodan iborat arxeologik topilmaning yoshini aniqlang. ${}^{44}\text{S}$ ning yarim emirilish davri 5730 yilga teng.

Qadimgi yog'ochdan namuna				Qadimgi matodan namuna			
Topshiriq raqami	$\beta, \%$	Topshiriq raqami	$\beta, \%$	Topshiriq raqami	$\beta, \%$	Topshiriq raqami	$\beta, \%$
1	80	8	1	15	98	22	84
2	60	9	0,8	16	96	23	82
3	40	10	0,6	17	94	24	80
4	20	11	0,4	18	92	25	78
5	10	12	0,2	19	90	26	76
6	5	13	0,05	20	88	27	74
7	20	14	0,01	21	86	28	72

LABORATORIYA ISHLARI

1-Laboratoriya Ishi

ATVUD MASHINASIDA KINEMATIKA VA DINAMIKA QONUNLARINI O'RGANISH

Kerakli asboblari: Atvud mashinasi, qo'shimcha yukchalar, sekundomer.

Ishning maqsadi

Talaba ishni bajarish mobaynida «tezlik», «tezlanish», «massa», «kuch», «impuls» kabi fizik kattaliklarning ma'nosini, Nyutonning uchta qonunining mazmunini bilishi hamda bog'langan yuklar tizimi harakatini ifodalovchi oddiy o'lchashlarni bajarib, ushbu harakatlarni tavsiflashda kinematika va dinamika qonunlarini tadbiiq eta olishi kerak.

Topshiriq

1. Atvud mashinasining tuzilishini va o'lchash usulini o'rganish.
2. Yo'l qonunini tekshirish.
3. Tezlik qonunini tekshirish.
4. Nyutonning 2- qonunini tekshirish.
5. O'lchash natijalarining aniqligini tekshirish.

Asosiy nazariy ma'lumotlar

Jismlarning yoki jism qismlarining bir-biriga nisbatan ko'chishiga mexanik harakat deyiladi. Jismlarning mexanik harakatini o'rganishda mutlaq (absolyut) qattiq jism va moddiy nuqta tushunchalaridan keng foydalaniladi. Ixtiyoriy ikki nuqtasi orasidagi masofa doimo o'zgarishsiz qoladigan jism mutlaq qattiq jism deyiladi. Moddiy nuqta deb esa o'lchamlari va shakli qaralayotgan masofaga nisbatan hisobga olinmasa ham bo'ladigan jismga aytiladi.

Jism ilgarilama harakat qilganda uning ikkita nuqtasini birlashtiruvchi to'g'ri chiziq o'z-o'ziga parallelligicha qoladi. Moddiy nuqtaning mexanik harakati davomida bosib o'tgan nuqtalarining geometrik o'rni harakat trayektoriyasi deyiladi. Harakat trayektoriyasining uzunligi bosib o'tilgan yo'lni beradi. Moddiy nuqtaning boshlang'ich va oxirgi vaziyatlarini tutashtiruvchi, yo'nalishga ega bo'lgan to'g'ri chiziq kesmasiga moddiy nuqtaning ko'chishi deyiladi. Ko'chish vektor kattalik, yo'l esa skalyar kattalikdir.

Jismlarning tezligi vaqt davomida o'zgarib tursa, bunday harakat o'zgaruvchan harakat deyiladi. Bunda tezlanish

$$a = \frac{g - g_0}{t}$$

ifoda orqali aniqlanadi. a tezlanish bilan harakatlanayotgan jismning t vaqtdan keyingi tezligi va bosib o'tgan yo'li tekis tezlanuvchan harakatda

$$g = g_0 + at, \quad S = g_0 t + \frac{at^2}{2}$$

tekis sekinlanuvchan harakatda esa

$$g = g_0 - at, \quad S = g_0 t - \frac{at^2}{2}$$

ifodalar orqali topiladi.

Tekis tezlanuvchan harakatda tezlik vektorining yo'nalishi bilan tezlanish vektorining yo'nalishi bir xil, sekinlanuvchan harakatda esa qarama-qarshi bo'ladi.

To'g'ri chiziqli tekis tezlanuvchan harakatda koordinataning vaqt bo'yicha o'zgarishini ifodalovchi tenglamaga harakat tenglamasi deyiladi

$$x = x_0 + g_0 t + \frac{at^2}{2}$$

Jism tezligining kattaligi va yo'nalishi bu jismga boshqa jismlarning ko'rsatadigan ta'siri natijasida o'zgaradi. Jism tezligining o'zgarishiga, ya'ni tezlanish olishiga yoki uning deformatsiyalanishiga sababchi bo'lgan ta'sirni tavsiflovchi kattalikka kuch deyiladi. Jismning olgan tezlanishi unga ta'sir etuvchi kuchga to'g'ri, jismning massasiga esa teskari proporsionaldir. Bu xulosa Nyutonning 2-chi qonunini ifodalaydi:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \quad \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

Nyutonning ikkinchi qonuni faqat inersial sanoq sistemalari uchun o'rinlidir. Ushbu qonunni jismning impulsi ($\vec{P} = m \vec{g}$) orqali quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{d}{dt}(m \vec{g}) = \vec{F} \quad \text{yoki} \quad \frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{F}$$

Bu Nyuton 2-chi qonunining umumiyroq ko'rinishdagi ifodasi bo'lib, quyidagicha ta'riflanadi: moddiy nuqta impulsining o'zgarish tezligi unga ta'sir etayotgan kuchga teng.

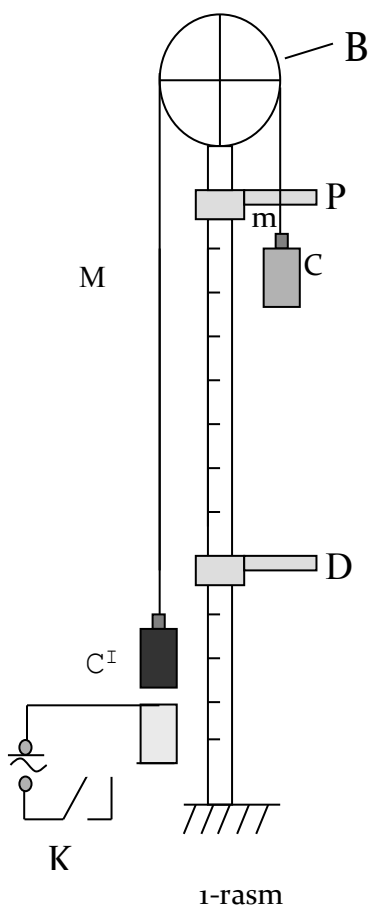
Agar jismga bir nechta kuch ta'sir qilayotgan bo'lsa, unda Nyutonning 2-chi qonunining matematik ifodasini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$m\vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \vec{F}$$

\vec{F} - jismga ta'sir etayotgan hamma kuchlarning natijalovchisidir. U jismga qo'yilgan barcha kuchlarning vector yig'indisiga teng.

Qurilmaning tavsifi va o'lchash usuli

Qurilma - Atvud mashinasi (1-rasm) vertikal holatda o'rnatilgan A sterjendan iborat bo'lib, bu sterjenda santimetrlarga bo'lingan shkala mavjud. Sterjenning yuqori qismiga kam ishqalanish bilan aylana oladigan yengil B blok mahkamlangan. Blok orqali uchlariga bir xil massali C va C^I yuk osilgan ingichka ip o'tkazib qo'yilgan. C^I yukni M elektromagnit ushlab tura oladi. C yuk bemalol o'tishi uchun halqasimon P platforma va pastki D platforma A sterjenga o'rnatiladi. Ishni bajarishda bir-biridan farq qiluvchi m₁ va m₂ massali yukchalar va sekundomer kerak bo'ladi. Agar C yuk ustiga og'ir yukchani, C^I yuk ustiga yengil yukchani qo'yib, elektromagnit bilan ushlab turib, keyin qo'yib yuborilsa, ta'sir etuvchi kuchlar o'zgarmas bo'lgani uchun, sistema tekis tezlanuvchan harakat qiladi. Tekis harakatni kuzatish uchun yukchalarni faqat C yuk ustiga qo'yish kerak. Shunda yukchalarni halqasimon P platforma ushlab qolib, D platformaga urilguncha sistema tekis harakat qiladi. Agar yengil yukcha C^I yuk ustiga qo'yilsa, C yuk ustidagi yukchani halqasimon P platforma ushlab qoladi va harakat tekis sekinlanuvchan bo'ladi.



Nyutonning ikkinchi qonuniga asosan, moddiy nuqtaning tezlanishi barcha ta'sir etuvchi kuchlarning vektor yig'indisiga to'g'ri proporsional, massaga esa teskari proporsionaldir. Yukchalar ilgariharakat qilgani uchun ularni moddiy nuqta deb hisoblash mumkin. Agar B blok vaznsiz holatda deb faraz qilinsa, ipning tarangligi o'ng va chap tomonda bir xil bo'ladi.

Ishni bajarish tartibi

1-vazifa. Jism tinch holatdan boshlab tekis tezlanuvchan harakat qilgandagi yo'l qonunini tekshirish

1. C yukning ustiga m₁ massali yukcha qo'yilib M elektromagnit zanjiri tok manbaiga ulanadi va C^I yukni pastga tushirib M magnitga tortiladi. D platforma C yukning pastki qismidan biron masofada joylashtiriladi. Halqasimon platformani yukdan balandroqda o'rnatiladi.

2. Elektromagnit toki o'chirilib, shu ondayoq sekundomer ishga tushiriladi. C yuk D platformaga urilganda sekundomer to'xtatiladi. Tajriba 5 marta

bajariladi. O'lchash natijalari 1-jadvalga yozilib, o'rtacha vaqt hisoblanadi.

3. D platforma 10-20 sm ga suriladi va platformadan C yukning pastki qismigacha bo'lgan masofa o'lchanadi. Yuqoridagi tajriba o'sha yukchalar bilan 5 marta bajariladi va o'rtacha vaqt hisoblanadi.

Tajriba uch xil S_1, S_2, S_3 masofalar uchun bajariladi.

1-jadval

N	$S_1=$			$S_2=$			$S_3=$			$\bar{a} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 a_i$	δ
	t_{1i}	$\langle t_1 \rangle$	$\langle a_1 \rangle$	t_{2i}	$\langle t_2 \rangle$	$\langle a_2 \rangle$	t_{3i}	$\langle t_3 \rangle$	$\langle a_3 \rangle$		
1											
2											
3											
4											
5											

4. Tajriba bir xil yukchalar bilan o'tkazilganda tizimning tezlanishi ham (deyarli) bir xil bo'ladi

$$a = \frac{2S_1}{t_1^2} = \frac{2S_2}{t_2^2} = \frac{2S_3}{t_3^2}$$

5. Tekis tezlanuvchan harakatda yo'l qonunini tekshirish aniqligini baholash uchun, har xil o'tilgan yo'llarda tezlanishni topishdagi nisbiy xatolikni hisoblash kerak

$$\delta = \frac{\langle \Delta a \rangle}{\langle a \rangle} * 100\%$$

bu yerda
$$\langle \Delta a \rangle = \frac{1}{3} \{ |\langle a \rangle - a_1| + |\langle a \rangle - a_2| + |\langle a \rangle - a_3| \}$$

2-vazifa. Tezlik qonunini tekshirish

1. C yukning yuqorigi yuzasidan biror masofada halqasimon P platforma joylashtiriladi. Undan pastda (taxminan 30 sm da) tekis D platforma o'rnatiladi. C yukga qo'shimcha yukcha qo'yiladi va tizim boshlang'ich holatga keltirilib, elektromagnit toki ulanadi.

2. Elektromagnit toki o'chirilib, shu ondayoq sekundomer ishga tushiriladi. P platforma qo'shimcha yukchani ushlab qolganda sekundomer to'xtatiladi. C yo'lda tizimning tekis tezlanuvchan harakati uchun ketgan t vaqt o'lchanadi. Vaqt kamida 5 marta o'lchanadi.

3. Halqasimon platforma yukchani ushlab qolganda tizimning tekis harakatidagi tezligi aniqlanadi. Uni aniqlash uchun platformalar orasidagi masofadan C yukning balandligini ayirib l yo'l topiladi va tekis harakat vaqti τ o'lchanadi. τ quyidagi tartibda aniqlanadi: elektromagnit toki o'chirilib shu ondayoq sekundomer ishga tushiriladi, D platformaga C yuk urilganda sekundomer to'xtatiladi va t' vaqt hisoblanadi. C va l

ning muayyan qiymatlari uchun t' vaqt 5 marta o'lchanadi. Tekis harakat vaqti quyidagicha aniqlanadi

$$\langle \tau \rangle = \langle t' \rangle - \langle t \rangle.$$

Bunda: $g = \frac{l}{t}$ va $a = \frac{g}{\langle t \rangle} = \frac{l}{\langle \tau \rangle \cdot \langle t \rangle}.$

Yuqoridagi tajriba halqasimon platformaning 3 xil holati uchun o'tkaziladi (ya'ni S_2, l_2 va S_3, l_3 holat uchun ham shu tartibda bajariladi). O'lchash natijalari 2- jadvalga yoziladi.

2-jadval

№ №	S _i =		l _i =		$\langle a \rangle = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3}$ va $\langle \Delta a \rangle$
	t'	t	$\langle \tau \rangle$	$g_1 = \frac{l_1}{\tau_1}$ $a_1 = \frac{g_1}{\langle t_1 \rangle}$	
1					
2					
3					
4					
5					
	$\langle t' \rangle$	$\langle t \rangle$			

4. Bir xil qo'shimcha yuk qo'yilganda sistemaning tezlanishi bir xil bo'ladi. Shuning uchun quyidagi tenglik o'rinlidir (taqriban)

$$a = \frac{g_1}{\langle t_1 \rangle} = \frac{g_2}{\langle t_2 \rangle} = \frac{g_3}{\langle t_3 \rangle}.$$

Agar 1-chi va 2-chi tajribalarda qo'shimcha yukcha bir xil bo'lsa, unda $a_1 = a_2 = a_3$ (taqriban).

5. Tezlanishni aniqlashdagi xatolikni baholash uchun 1 qismning 5 punktidagi amallar bajariladi.

3-vazifa. Nyutonning 2- qonunini tekshirish

Atvud mashinasida qo'shimcha yukchani **C** yukdan **C^I** yukka olib qo'yib, tizimning massasini o'zgartirmay harakatlanuvchi kuchni o'zgartirish mumkin. Dinamikaning asosiy qonunini tekshirishda 2 ta qo'shimcha yukcha kerak bo'ladi.

1. **C** yukning pastki asosidan S_1 masofada yaxlit platforma o'rnatiladi.
2. O'ngdagi **C** yuk ustiga 2 ta **m₁** va **m₂** yukchalar qo'yiladi va elektromagnitni tok manbaiga ulab, tizimni boshlang'ich holatda ushlab turiladi.
3. Elektromagnit tokdan uziladi va bir vaqtning o'zida sekundomer ishga tushiriladi. **D** platformaga **C** yuk urilganda sekundomer to'xtatiladi. t vaqt 5 marta o'lchanadi.

Bu hol uchun,
$$S = \frac{at^2}{2} \quad (1)$$

va
$$m_t a_1 = (m_1 + m_2)g = F_1 \quad ; \quad (2)$$

bu yerda
$$m_t = 2m + m_1 + m_2$$

O'lchangan vaqt (t_i) ning qiymatlari, vaqtning o'rtacha qiymatining kvadrati $\langle t_i \rangle^2$ va S_1 masofa 3-jadvalga yoziladi.

4. S_1' va S_1'' qiymatlar uchun 1, 2, 3 punktlar qaytariladi va 3-jadvalga yoziladi.

5. Chapdagi C^I yuk ustiga yengil yukcha ($m_1 < m_2$) va o'ngdagi C yuk ustiga esa og'ir yukcha qo'yilgan hol uchun tajriba qaytariladi. Bu hol uchun

$$S_2 = \frac{a_2 t_2^2}{2}, \quad (3)$$

$$m_t a_2 = F_1 = (m_1 - m_2)g. \quad (4)$$

Olingan natijalar 3-jadvalning o'ng tomoniga yoziladi va o'rtacha vaqt $\langle t_2 \rangle$ aniqlanadi hamda $\langle t_2 \rangle^2$ hisoblanadi.

6. (1) va (3) dan

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{S_1 \langle t_2 \rangle^2}{S_2 \langle t_1 \rangle^2} \quad (5)$$

(2) va (4) dan esa

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{F_1}{F_2} = \frac{m_1 + m_2}{m_1 - m_2} \quad (6)$$

hosil qilinadi.

Agar tajribada o'lchangan kattaliklar (5) va (6) formulalarning o'ng tomonlari tengligini isbotlasa, u holda formulaning chap tomonlari ham tengligi isbotlanadi. Demak, tajriba asosida aniqlangan tezlanishlar nisbati (5), Nyutonning ikkinchi qonuniga asosan hisoblangan (2,4) tezlanishlar nisbatiga teng ekanligi tekshiriladi.

Shuning uchun tajriba natijalari bo'yicha $\frac{S_1 \langle t_2 \rangle^2}{S_2 \langle t_1 \rangle^2}$ nisbat topiladi. Bu amal 3-6 ta turli kombinatsiyalarda bajariladi. Ularning barchasi taxminan o'zaro teng bo'lishi hamda $\frac{F_1}{F_2}$ nisbatga yaqin bo'lishi kerak.

3-jadval

N ^o	$F_1=(m_1+m_2)g$	$F_2=(m_1-m_2)g$	$\frac{S_1 \langle t_2 \rangle^2}{S_2 \langle t_1 \rangle^2}$	$\frac{m_1+m_2}{m_1-m_2}$	
----------------	------------------	------------------	---	---------------------------	--

N ^o	S ₁	t ₁	<t ₁ > ²	S ₂	t ₂	<t ₂ > ²			δ
1									
2									
3									
4									
5									

N ^o	S' ₁	t ₁ ¹	<t ₁ ¹ > ²	S' ₂	t ₂ ¹	<t ₂ ¹ > ²	$\frac{S_1^1 <t_2^1>^2}{S_2^1 <t_1^1>^2}$	$\frac{m_1 + m_2}{m_1 - m_2}$	δ ¹
1									
2									
3									
4									
5									

S₁¹ va S₂¹ uchun ham shu tartibda bajariladi.

Quyidagi nisbat aniqlanadi

$$\delta = \left(\frac{m_1 + m_2}{m_1 - m_2} - \frac{S_1 <t_2>^2}{S_2 <t_1>^2} \right) / \frac{m_1 + m_2}{m_1 - m_2} \quad (7)$$

va ularning o'rtacha qiymati topiladi

$$\langle \delta \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta_i * 100\% .$$

Hisoblashlarni soddalashtirish uchun tajribani S₁ = S₂ , □ S₁¹ = S₂¹ , S₁¹ = S₂¹ qiymatlarda o'tkazish mumkin, ya'ni bunda 3 punktdan keyin 5 punkt bajariladi va h.k. Masofalar albatta har xil bo'lishi mumkin, unda (5) va (7) formulalar qisqarmaydi.

NAZORAT SAVOLLARI

1. Qattiq jismning ilgarilanma harakati deb qanday harakatga aytiladi? Moddiy nuqta nima? Qachon qattiq jismning ilgarilanma harakatini moddiy nuqta-ning harakati deb qarash mumkin?
2. Trayektoriya, ko'chish, tezlik va tezlanish nima?
3. Kuch, kuch impulsi, kuch momenti nima? Teng ta'sir etuvchi kuch nima? Nyutonning 3 ta qonunini ta'riflang.
4. Massa deb nimaga aytiladi? Moddiy nuqtaning impulsi qanday kattalik? Dinamikaning asosiy qonuni qanday tushuntiriladi?
5. Inersial sanoq tizimini tushuntiring.

6. Atvud mashinasining tuzilishini soʻzlab bering. Unda yukning tekis, tekis tezlanuvchan va tekis sekinlanuvchan harakati qanday kuzatiladi.
7. Atvud mashinasida tekis tezlanuvchan harakatning yoʻl qonuni qanday tekshiriladi?
8. Atvud mashinasida tekis tezlanuvchan harakatning tezlik qonuni qanday tekshiriladi?
9. Nyutonning ikkinchi qonunini Atvud mashinasi yordamida qanday tekshirish mumkin?

ADABIYOTLAR

1. Savelyev I.V. "Umumiy fizika kursi", I tom. Toshkent, "Oʻqituvchi" nashriyoti, 1983.
2. Ismoilov M.I., Habibullayev P.K., Xaliulin M.G. Fizika kursi (Mexanika, elektr, elektromagnetizm). Toshkent, "Oʻzbekiston" 2000.
3. Ahmadjonov O. Fizika kursi (Mexanika va molekulyar fizika). Toshkent, "Oʻqituvchi" 1985.
4. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Высшая школа, 1990.
5. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. М.: Высшая школа, 1989.

2 - laboratoriya ishi

JISMLARNING INERSIYA MOMENTLARINI DINAMIK USUL BILAN ANIQLASH

Kerakli asboblari: Blokli va elektromagnitli asosga mahkamlangan aylanuvchi gorizontol stolchadan iborat qurilma, stolcha ustiga oʻrnatish uchun massa markazi orqali teshilgan m_0 massali ikkita parallelepiped, shtangensirkul, masshtabli chizgʻich, elektrosekundomer.

Ishning maqsadi

Talaba ishni bajarish mobaynida aylanma harakat uchun kinematika va dinamika qonunlarini, bu qonunlardagi kattaliklarning maʼnosini bilishi hamda mexanik tizimlar uchun energiyaning saqlanish qonunidan foydalanib, jismlarning inersiya momentlarini tajriba orqali aniqlay olishi kerak.

Bu ishda energiyaning saqlanish qonunidan foydalanib dinamik usul bilan parallelepipedning inersiya momenti aniqlanadi.

Topshiriq

1. Jismlarning inersiya momentlarini aniqlashning dinamik usulini oʻrganish.
2. Qurilma - yuk qoʻyiladigan aylanuvchi stolcha tuzilishi bilan tanishish.

3. Parallelepipedning inersiya momentini ikki usul bilan aniqlash: tajriba orqali - energiyaning saqlanish qonuni yordamida, nazariy - Shteyner teoremasi yordamida.
4. Tajriba natijalarini nazariy usulda topilgan natijalar bilan solishtirish orqali o'lchash aniqligini baholash. Inersiya momentini o'lchash natijalarini tahlil qilish.

Asosiy nazariy ma'lumotlar

Jismlarning aylanma harakati deb shunday harakatga aytiladiki, bunda jismning barcha nuqtalari markazlari bir to'g'ri chiziqda yotadigan aylanalar chizadi, bu to'g'ri chiziq aylanish o'qi deyiladi.

Aylanma harakatni tavsiflash uchun quyidagi tushunchalar kiritiladi:

1. Aylanish davri T - bir marta to'la aylanish uchun ketgan vaqt.
2. Aylanish chastotasi ν - vaqt birligidagi aylanishlar soni

$$\nu = \frac{1}{T}. \quad (1)$$

3. Radius vektorning burilish burchagi $d\varphi = \frac{ds_{yoy}}{r}$.

4. Burchak tezlik

$$w = \frac{d\varphi}{dt}. \quad (2)$$

5. Burchak tezlanish

$$\beta = \frac{dw}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}. \quad (3)$$

Aylanma harakat uchun kiritilgan bu kattaliklarning qulayligi shundaki, ular jismning barcha nuqtalari uchun bir xildir.

Aylanma va chizikli harakatni tavsiflovchi kattaliklar orasida quyidagi bog'lanish mavjud.

Chizikli siljish

$$dS = r d\varphi, \quad (4)$$

bu yerda r - aylanish radiusi.

Chizikli tezlik

$$v = w \cdot r. \quad (5)$$

Tangensial tezlanish

$$a_t = \beta \cdot r. \quad (6)$$

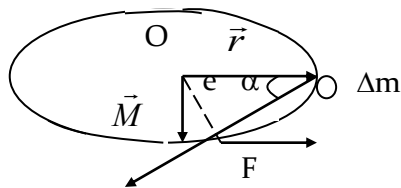
Normal tezlanish

$$a_n = w^2 r. \quad (7)$$

Burchak tezlikning o'zgarishi kuch momentining ta'siriga bog'liq. Kuch momenti son jihatdan kuchning yelkaga ko'paytmasiga teng

$$|\vec{M}| = F \cdot l.$$

Kuch yelkasi deb (O) aylanish markazidan \vec{F} kuch ta'sir qilayotgan chiziqqacha bo'lgan eng qisqa masofaga aytiladi (1-rasm). Kuch yelkasi (l) ni radius-vektor (\vec{r}) orqali ifodalasak:



1 - rasm

$l = r \cdot \sin \alpha$ bundan:

$$|\vec{M}| = F \cdot r \cdot \sin \alpha.$$

Vektor ko'rinishda yozsak

$$\vec{M} = [\vec{r}, \vec{F}] \quad (8)$$

Kuch momenti vektori (\vec{M})ning yo'nalishi (\vec{r}) va (\vec{F}) ning yo'nalishlari bilan o'ng vint qoidasi asosida bog'langan. Δm massali moddiy nuqta uchun Nyutonning ikkinchi qonuni tenglamasini yozib, chiziqli va aylanma harakat kattaliklari orasidagi bog'lanishdan foydalansak, quyidagi ifodani olamiz

$$M = \Delta m r^2 \beta = J \beta \quad (9)$$

Bu yerda $J = \Delta m r^2$ skalyar kattalik bo'lib, moddiy nuqtaning aylanish o'qiga nisbatan inersiya momenti deyiladi.

Jismning barcha nuqtalarining aylanish o'qiga nisbatan inersiya momentlari yig'indisi

$$J = \sum J_i = \sum \Delta m_i r_i^2 \quad (10)$$

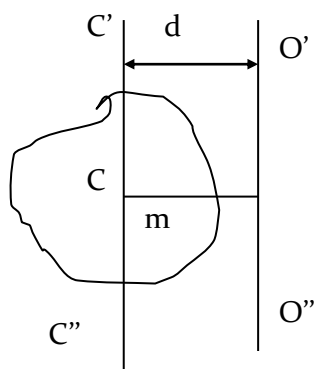
qattiq jismning inersiya momenti deyiladi.

(9) formulani vektor ko'rinishida quyidagicha yozish mumkin

$$\vec{M} = J \cdot \vec{\beta}.$$

(11)

Jismga qo'yilgan barcha kuchlarning aylanish o'qiga nisbatan natijalovchi kuch momenti jismning shu o'qqa nisbatan inersiya momentini burchak tezlanishga ko'paytmasiga teng. Bu aylanma harakat uchun dinamikaning asosiy qonuni (Nyutonning ikkinchi qonuni) ta'rifi hisoblanadi. Bundan inersiya momenti jismning inertlik o'lchovi ekanligi kelib chiqadi, ya'ni aylanma harakatda massa rolini o'ynaydi. Inersiya momenti jism massasining aylanish o'qiga nisbatan qanday taqsimlanganligiga bog'liq. O'qdan uzoqda joylashgan nuqtalarning $J = \sum \Delta m_i r_i^2$ yig'indiga qo'shgan hissasi o'qqa yaqin joylashgan nuqtalarga nisbatan kattaroq bo'ladi. Jism inersiya momentining qiymati jismning shakliga, o'lchamlariga, massasiga va aylanish o'qiga nisbatan qanday joylashganligiga bog'liq.



2 - rasm

Og'irlik markazidan o'tmagan o'qqa nisbatan jismning inersiya momenti (2-rasm) Shteyner teoremasi orqali aniqlanadi: jismning og'irlik markazidan o'tmagan istalgan aylanish o'qiga nisbatan inersiya momenti shu o'qqa parallel bo'lgan, og'irlik markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti va jism massasi bilan og'irlik markazidan aylanish o'qigacha masofa (o'qlar orasidagi masofa) kvadratining ko'paytmasi yig'indisiga teng

$$I_{O'O''} = I_{C'C''} + md^2. \quad (12)$$

Qurilmaning tavsifi va o'lchash usuli

Bu ishda ikkita bir xil to'g'ri burchakli parallelepiped shaklidagi qattiq jismlarning inersiya momentlarini aniqlash uchun vertikal o'q atrofida erkin aylana oladigan gorizontol aylana stolchadan foydalaniladi. Stolchaga shkif mahkamlangan bo'lib, unga ip o'ralgan va bu ip kronshteynga mahkamlangan blok orqali o'tkazilib, uchiga yuk osilgan. Dastlab yuk eng yuqori holatda elektromagnit yordamida tutib turiladi. Elektromagnit o'chirilganda yuk ipni tortib pastga tusha boshlaydi va stolchani unda joylashgan parallelepiped shaklidagi jismlar bilan birga aylantiradi.

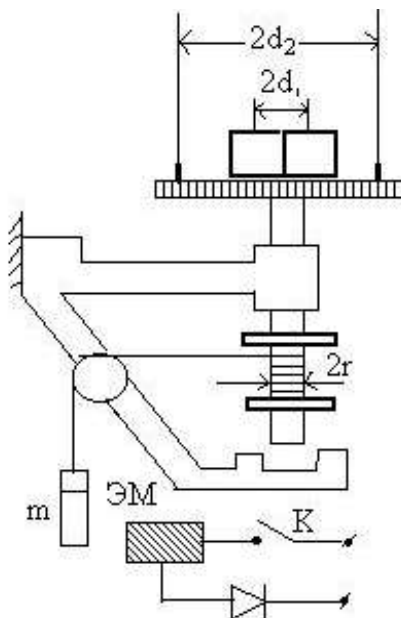
Energiyaning saqlanish qonuniga asosan, dastlabki holatda yuqoriga ko'tarilgan yukning potensial energiyasiga teng bo'lgan tizimning to'liq mexanik energiyasi yukning ilgari lanma harakati kinetik energiyasiga, stolchani aylantirish kinetik energiyasiga va ishqalanish kuchlariga qarshi ish bajarishga sarflanadi.

Podshipniklardagi ishqalanish kuchlariga qarshi bajariladigan ishga sarflanuvchi mexanik energiyani hisoblash qiyin bo'lganligi uchun tajriba har xil m_1 va m_2 yuklarda olib boriladi. Bu esa ishqalanishga qarshi bajarilgan ishlarni hisobga olmaslikka imkon beradi, chunki bu ishlarning qiymati o'zgarmaydi

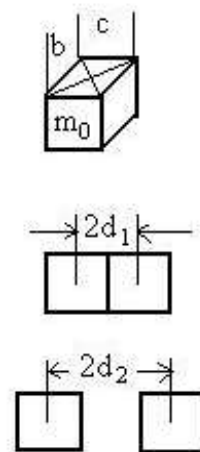
$$m_1gh = \frac{m_1g_1^2}{2} + \frac{Iw_1^2}{2} + A_{ishq}, \quad m_2gh = \frac{m_2g_2^2}{2} + \frac{Iw_2^2}{2} + A_{ishq} \quad (13)$$

Bu yerda I - aylanayotgan tizim inersiya momenti, g_1, g_2 - yuklarning chiziqi tezligi, w_1, w_2 - yuklar pastga tushib platformaga urilgan paytda stolchani aylantirish burchak tezliklari.

Yuk tinch holatdan (boshlang'ich tezlik nolga teng) tekis tezlanuvchan ilgari lanma harakat qilgan hol uchun kinematika formulalaridan foydalansak:



3 - rasm



$$I_0 = \frac{1}{12} m_0 (b^2 + c^2)$$

$$I_{1-yuk}^{Naz} = 2I_0 + 2m_0 d_1^2$$

$$I_{2-yuk}^{Naz} = 2I_0 + 2m_0 d_2^2$$

4 -rasm

$$g = at, \quad h = \frac{at^2}{2} = \frac{g \cdot t}{2}, \quad g = \frac{2h}{t}.$$

Chiziqli va burchak tezliklarni ($w = \frac{g}{t}$) bevosita o'lchash imkoniyati bo'lgan h va t orqali ifodalash mumkin:

$$g_1 = \frac{2h}{t_1}, \quad g_2 = \frac{2h}{t_2}, \quad w_1 = \frac{2h}{t_1 r}, \quad w_2 = \frac{2h}{t_2 r},$$

bu yerda r - shkif radiusi.

Bu almashtirishlarni hisobga olgan holda (13) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$m_1 gh = \frac{m_1 \cdot 2h^2}{t_1^2} + \frac{I \cdot 2h^2}{t_1^2 r^2} + A_{ishq} \quad (14)$$

$$m_2 gh = \frac{m_2 \cdot 2h^2}{t_2^2} + \frac{I \cdot 2h^2}{t_2^2 r^2} + A_{ishq} \quad (15)$$

(15) dan (14) ni ayirsak

$$(m_2 - m_1)g = I \frac{2h}{r^2} \left(\frac{1}{t_2^2} - \frac{1}{t_1^2} \right) + 2h \left(\frac{m_2}{t_2^2} - \frac{m_1}{t_1^2} \right) \quad (16)$$

(16) dan inersiya momenti uchun quyidagi ifoda kelib chiqadi

$$I = \frac{(m_2 - m_1)gr^2 t_1^2 t_2^2}{2h(t_1^2 - t_2^2)} - \frac{r^2(m_2 t_1^2 - m_1 t_2^2)}{t_1^2 - t_2^2} \quad (17)$$

bu yerda I - aylanayotgan stolchanning va stol ustidagi barcha jismlarning aylanish o'qiga nisbatan inersiya momentlari.

Ikkita bir xil parallelepiped shaklidagi jismlarning aylanish o'qiga nisbatan inersiya momentlarini aniqlash uchun ustiga parallelepipedlar qo'yilgan stolchani aylantirib tajriba o'tkazish kerak. Parallelepipedlar stolchaga ikki xil holatda mahkamlanadi va har bir holat uchun (17) formula bo'yicha aylanayotgan tizimning I_1 va I_2 inersiya momentlari hisoblanadi. Bo'sh stolchani aylantirib tajriba o'tkaziladi va (17) formula bo'yicha stolchanning I_c inersiya momenti topilib, butun tizimning inersiya momentidan ayriladi

$$I_{1-yuk} = I_1 - I_c, \quad (18)$$

$$I_{2-yuk} = I_2 - I_c, \quad (19)$$

bu yerda, I_{1-yuk} va I_{2-yuk} - parallelepipedlarni stolcha markaziga yaqin va uzoq joylashtirilgan holatlardagi inersiya momentlari.

Ishni bajarish tartibi

1. Shtangensirkul yordamida shkifning diametri o'lchanadi va radiusi hisoblanib, 1-jadvalga yoziladi.

2. m_1 yukning massasi o'lchanadi yoki qurilmadagi jadvaldan aniqlanadi. m_1 yukning ustiga qo'yiladigan qo'shimcha yukcha massasi Δm o'lchanadi va $m_2 = m_1 + \Delta m$ topiladi.
3. Yukni elektromagnit tutib turadigan holatgacha ko'tariladi va elektromagnit ulanadi.
4. Elektromagnit tutib turgan yukning pastki qismidan yuk kelib uriladigan platformagacha bo'lgan h balandlik o'lchanadi.
5. Elektromagnit o'chiriladi va shu ondayoq sekundomer ishga tushiriladi. Stolcha bo'sh bo'lgan holatda m_1 yukning t_1 tushish vaqti o'lchanadi. Tajriba 3 marta bajariladi. $\langle t_1 \rangle$ o'rtacha vaqt topiladi. Natijalar 1-jadvalga yoziladi.
6. Pastga tushadigan yukka qo'shimcha yukcha qo'yiladi. 5-punkttdagi o'lchashlar takrorlanadi. Yukning qo'shimcha yukcha bilan birgalikda tushish uchun ketgan o'rtacha vaqti $\langle t_2 \rangle$ topiladi. Natijalar 1-jadvalga yoziladi.
7. Parallelepipedlarni stolchanning markaziga yaqin holatda o'rnatiladi, 5 va 6 punktlardagi o'lchashlar takrorlanib, m_1, m_2 yuklarning o'rtacha tushish vaqti $\langle t_1' \rangle, \langle t_2' \rangle$ aniqlanadi. Natijalar 1-jadvalga yoziladi.
8. Parallelepipedni stolcha chetiga yaqin holatda o'rnatiladi. 5 va 6 punktlardagi o'lchashlar takrorlanib, m_1, m_2 yuklarning o'rtacha tushish vaqti $\langle t_1'' \rangle, \langle t_2'' \rangle$ topiladi. Natijalar 1-jadvalga yoziladi.
9. Shtangensirkul yordamida parallelepipednin "b" va "c" tomonlari o'lchanadi.
10. Parallelepipedni stolcha markaziga va chetiga yaqin holatda o'rnatish uchun mo'ljallangan o'qchalar orasidagi $2d_1$ va $2d_2$ masofalar o'lchanadi hamda d_1, d_2 qiymatlar 2-jadvalga yoziladi.
11. Parallelepipedning bittasi tarozida tortiladi va uning m_0 massasi 2-jadvalga yoziladi.

O'lchash natijalarini hisoblashga doir uslubiy ko'rsatmalar

1. (17) formulaga $\langle t_1 \rangle$ va $\langle t_2 \rangle$ ning qiymatlarini qo'yib bo'sh stolchanning inersiya momenti I_c topiladi.
2. (17) formulaga $\langle t_1' \rangle, \langle t_2' \rangle$ ning qiymatlarini qo'yib, parallelepipedlar markazga yaqin holatda o'rnatilganda stolchanning inersiya momenti I_1 topiladi.

3. Parallelepipedlar markazga yaqin holatda o'rnatilganda stolchanning inersiya momenti I_1 dan (18) formula bo'yicha bo'sh stolchanning inersiya momentini ayirib, markazga yaqin o'qchalarda o'rnatilgan parallelepipedning aylanish o'qiga nisbatan inersiya momenti aniqlanadi.

4. (17) formulaga $\langle t_1'' \rangle, \langle t_2'' \rangle$ ning qiymatlarini qo'yib, parallelepipedlar chetki o'qchalarda o'rnatilgan holat uchun stolchanning inersiya momenti I_2 topiladi.

5. Parallelepipedlar chetki o'qchalarda o'rnatilgan holatda stolchanning inersiya momenti I_2 dan (19) formula bo'yicha bo'sh stolchanning inersiya momentini ayirib, chetki o'qchalarda o'rnatilgan parallelepipedning aylanish o'qiga nisbatan inersiya momenti aniqlanadi.

6. Inersiya momentining nazariy qiymati formuladan keltirib chiqariladi. Unga binoan bitta parallelepipedning og'irlik markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti

$$I_0 = \frac{1}{12} m_0 (b^2 + c^2)$$

ga teng.

Shteyner teoremasi yordamida qurilmaning aylanish o'qiga nisbatan parallelepipedning inersiya momentini topish mumkin:

$$I_{1-yuk}^{Naz} = 2I_0 + 2m_0 d_1^2, \quad I_{2-yuk}^{Naz} = 2I_0 + 2m_0 d_2^2.$$

7. Inersiya momentlarining tajriba orqali va nazariy aniqlangan qiymatlari solishtiriladi

$$\Delta_1 = |I_{1-yuk}^{Naz} - I_{1-yuk}|, \quad \Delta_2 = |I_{2-yuk}^{Naz} - I_{2-yuk}|.$$

8. Inersiya momentini aniqlashdagi nisbiy xatoliklar topiladi

$$\delta_1 = \frac{|I_{1-yuk}^{Naz} - I_{1-yuk}|}{I_{1-yuk}^{Naz}} \cdot 100\%, \quad \delta_2 = \frac{|I_{2-yuk}^{Naz} - I_{2-yuk}|}{I_{2-yuk}^{Naz}} \cdot 100\%.$$

1 - jadval

№	r	h	m ₁	m ₂	Bo'sh stol			Stolcha markazida			Stolcha chetida			
					t ₁	t ₂	I	t ₁ ^I	t ₂ ^I	I ₁	t ₁ ^{II}	t ₂ ^{II}	I ₂	
1														
2														
3														

2 - jadval

m ₀	b	C	d ₁	d ₂	I ₀	I _{1-yuk} ^{Naz}	I _{2-yuk} ^{Naz}
----------------	---	---	----------------	----------------	----------------	-----------------------------------	-----------------------------------

--	--	--	--	--	--	--	--

NAZORAT SAVOLLARI

1. Jismning aylanish o'qiga nisbatan inersiya momentini aniqlash usulini tushuntiring.
2. Yuk - stolcha -platforma tizimi uchun energiyaning saqlanish qonuni qanday yoziladi?
3. Aylanma harakatni tavsiflovchi kattaliklar - burchak tezlik, burchak tezlanishni ta'riflang. Chiziqli va aylanma harakat kinematikasini tavsiflovchi kattaliklar o'zaro qanday bog'langan?
4. Aylanma harakat dinamikasining asosiy kattaliklari - jismning kuch momenti, inersiya momenti, impuls momentining ma'nosini tushuntiring.
5. Aylanma harakat dinamikasining asosiy qonunini ta'riflang. Ilgarilanma harakat bilan solishtiring.
6. Aylantiruvchi momentning ishi qanday aniqlanadi? Qattiq jism aylanma harakatining kinetik energiyasi nimaga teng?
7. Jismlarning inersiya momentlarini nazariy va tajriba orqali aniqlash usullarini tushuntiring.

ADABIYOTLAR

1. Savelyev I.V. . "Umumiy fizika kursi", I tom. Toshkent, "O'qituvchi" nashriyoti, 1983 .
2. Ismoilov M.I., Habibullayev P.K., Xaliulin M.G. Fizika kursi (Mexanika, elektr, elektromagnetizm). Toshkent, "O'zbekiston" 2000.
3. Ahmadjonov O. Fizika kursi (Mexanika va molekulyar fizika). Toshkent, "O'qituvchi" 1985.
4. Трофимова Т.И. Курс физики. Москва. «Высшая школа» 1990.
5. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. Москва. «Высшая школа», 1989.

3 - Laboratoriya Ishi

OBERBEK MAYATNIGIDA JISMLARNING INERSIYA MOMENTLARINI ANIQLASH

Kerakli asboblari: Oberbek mayatnigi, mayatnikni harakatga keltiruvchi m massali yuk, inersiya momentlari topilishi kerak bo'lgan m_0 massali to'rtta silindrsimon yuklar, shtangensirkul, masshtabli chizg'ich, elektrosekundomer.

Ishning maqsadi

Talaba ishni bajarish mobaynida quyidagi nazariy va amaliy bilimlarga ega bo'lishi kerak: aylanma harakat uchun kinematika va dinamika qonunlarini tushuntirib bera olishi, bu qonunlardagi kattaliklarning ma'nosini bilishi, jismlarning inersiya momentlarini tajriba orqali aniqlay olishi, bog'langan va aylanayotgan jismlarning harakat tenglamalarini tuzishi va o'lchash aniqligini baholab bera olishi kerak.

Bu ishda ilgari aylanma va aylanma harakat uchun dinamika qonunlaridan foydalanib, jismlarning inersiya momenti aniqlanadi.

Topshiriq

1. Qattiq jismlarning inersiya momentlarini aniqlashning ushbu ishda qo'llaniladigan usulini o'rganish.
2. Tajriba qurilmasi- Oberbek mayatnigi tuzilishi bilan tanishish.
3. Oberbek mayatnigidagi jismlarning inersiya momentini ikki usulda - tajriba orqali va nazariy aniqlash.
4. Tajriba natijalarini nazariy usulda topilgan natijalar bilan solishtirish orqali o'lchash aniqligini baholash.
5. Inersiya momentlarini o'lchashda olingan natijalarni tahlil qilish.

Asosiy nazariy ma'lumotlar

Jismlarning aylanma harakati deb shunday harakatga aytiladiki, bunda jismning barcha nuqtalari markazlari bir to'g'ri chiziqda yotadigan aylanalar chizadi, bu to'g'ri chiziq aylanish o'qi deyiladi.

Aylanma harakatni tavsiflash uchun quyidagi tushunchalar kiritiladi:

1. Aylanish davri T - bir marta to'la aylanish uchun ketgan vaqt.
2. Aylanish chastotasi ν - vaqt birligidagi aylanishlar soni

$$\nu = \frac{1}{T}. \quad (1)$$

3. Radius vektorining burilish burchagi $d\varphi = \frac{ds_{yoy}}{r}$.

4. Burchak tezlik

$$w = \frac{d\varphi}{dt} . \quad (2)$$

5. Burchak tezlanish

$$\beta = \frac{dw}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2} . \quad (3)$$

Aylanma harakat uchun kiritilgan bu kattaliklarning qulayligi shundaki, ular jismning barcha nuqtalari uchun bir xildir.

Aylanma va chiziqli harakatni tavsiflovchi kattaliklar orasida quyidagi bog'lanish mavjud.

Chiziqli siljish

$$dS = r d\varphi , \quad (4)$$

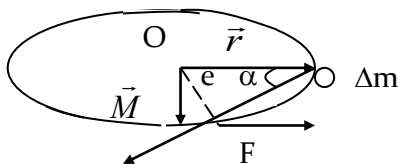
bu yerda, r - aylanish radiusi.

Chiziqli tezlik $v = w \cdot r . \quad (5)$

Tangensial tezlanish $a_t = \beta \cdot r . \quad (6)$

Normal tezlanish $a_n = w^2 r . \quad (7)$

Burchak tezlikning o'zgarishi kuch momentining ta'siriga bog'liq. Kuch momenti son jihatdan kuchning yelkaga ko'paytmasiga teng:



1 - rasm

$$|\vec{M}| = F \cdot l .$$

Kuch yelkasi deb (O) aylanish markazidan \vec{F} kuch ta'sir qilayotgan chiziqqacha bo'lgan eng qisqa masofaga

aytiladi (1-rasm).

Kuch yelkasi (l) ni radius-vektor (\vec{r}) orqali ifodalasak:

$$l = r \cdot \sin \alpha$$

Bundan, $|\vec{M}| = F \cdot r \cdot \sin \alpha .$

Vektor ko'rinishda yozsak

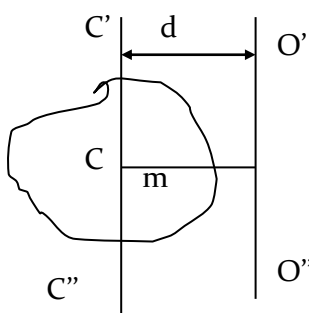
$$\vec{M} = [\vec{r}, \vec{F}] . \quad (8)$$

Kuch momenti vektori (\vec{M})ning yo'nalishi (\vec{r}) va (\vec{F}) ning yo'nalishlari bilan o'ng vint qoidasi asosida bog'langan. Δm massali moddiy nuqta uchun Nyutonning ikkinchi qonuni tenglamasini yozib, chiziqli va aylanma harakat kattaliklari orasidagi bog'lanishdan foydalansak, quyidagi ifodaga ega bo'lamiz

$$M = \Delta m r^2 \beta = J \beta ,$$

(9)

bu yerda, $J = \Delta m r^2$ skalyar kattalik bo'lib, moddiy nuqtaning aylanish o'qiga nisbatan inersiya momenti deyiladi.



2 - rasm

Jismning barcha nuqtalarining aylanish o'qiga nisbatan inersiya momentlari yig'indisi

$$J = \sum J_i = \sum \Delta m_i r_i^2 \quad (10)$$

qattiq jismning inersiya momenti deyiladi.

(9) formulani vektor ko'rinishida yozish mumkin

$$\vec{M} = J \cdot \vec{\beta}. \quad (11)$$

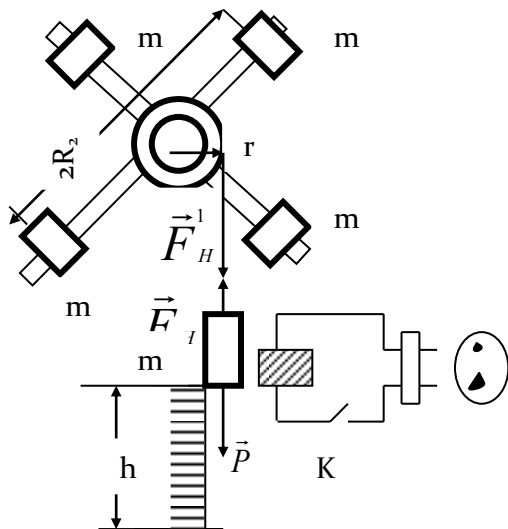
Jismga qo'yilgan barcha kuchlarning aylanish o'qiga nisbatan natijalovchi kuch momenti jismning shu o'qqa nisbatan inersiya momentini burchak tezlanishga ko'paytmasiga teng. Bu aylanma harakat uchun dinamikaning asosiy qonuni (Nyutonning ikkinchi qonuni) ta'rifi hisoblanadi. Bundan inersiya momenti jismning inertlik o'lchovi ekanligi kelib chiqadi, ya'ni aylanma harakatda massa rolini o'ynaydi. Inersiya momenti jism massasining aylanish o'qiga nisbatan qanday taqsimlanganligiga bog'liq. O'qdan uzoqda joylashgan nuqtalarning $J = \sum \Delta m_i r_i^2$ yig'indiga qo'shgan hissasi o'qqa yaqin joylashgan nuqtalarga nisbatan kattaroq bo'ladi. Jism inersiya momentining qiymati jismning shakliga, o'lchamlariga, massasiga va aylanish o'qiga nisbatan qanday joylashganligiga bog'liq.

Og'irlik markazidan o'tmagan o'qqa nisbatan jismning inersiya momenti (2-rasm) Shteyner teoremasi orqali aniqlanadi: jismning og'irlik markazidan o'tmagan istalgan aylanish o'qiga nisbatan inersiya momenti shu o'qqa parallel bo'lgan, og'irlik markazidan o'tuvchi o'qqa nisbatan inersiya momenti va jism massasi bilan og'irlik markazidan aylanish o'qigacha masofa (o'qlar orasidagi masofa) kvadratining ko'paytmasi yig'indisiga teng

$$I_{O'O''} = I_{C'C''} + md^2. \quad (12)$$

Qurilmaning tuzilishi va o'lchash usuli

Oberbek mayatnigi gorizontol o'q atrofida aylana oladigan shkivga xoch shaklida (biri ikkinchisidan 90° farq bilan) mahkamlangan to'rtta bir



xil sterjendan tashkil topgan. Shkivga ip o'rab, ipning uchiga yuk osib qo'yilgan. Sterjenlarga har biri m_0 massali to'rtta yuk simmetrik ravishda o'rnatilgan bo'lib, aylanish o'qidan yuklarning markazigacha bo'lgan R masofa yuklarning chiziqli o'lchamlaridan ancha katta. R masofani o'zgartirish orqali yuklarning aylanish o'qiga

3-rasm

nisbatan inersiya momentlarini o'zgartirish mumkin.

Shkivga o'ralgan ipni yuk pastga tortishi natijasida sterjenlar aylanma harakat qiladi. Tizim yukning ilgari-ylanma va sterjenlarning aylanma harakatini o'z ichiga olganligi sababli, dinamikaning ilgari-ylanma va aylanma harakatlar uchun asosiy qonunini qo'llab, yuk va sterjenlarning harakat tenglamasini tuzish va yechish kerak

$$\begin{cases} m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_t \\ I\vec{\beta} = [\vec{r}_1\vec{F}_t] + \vec{M}_{ishq} \end{cases} \quad (13)$$

Bu yerda m - ipga osilgan yukning massasi, \vec{F}_a - ipning taranglik kuchi, \vec{M}_{ishq} - ishqalanish kuchi momenti, $\vec{\beta}$ - burchak tezlanish, I - aylanayotgan tizimning aylanish o'qiga nisbatan inersiya momenti, \vec{a} - yuklarning ilgari-ylanma harakati tezlanishi bo'lib, u ip ingichka, cho'zilmaydigan bo'lganda shkiv sirtidagi nuqtalarning tangensial (urinma) tezlanishiga mos keladi.

Yuk pastga tushayotganda burchak tezlanish vektori va shkivga qo'yilgan ipning taranglik kuchi momenti yo'nalishi ishqalanish kuchi momentining yo'nalishiga qarama-qarshi bo'ladi. Yo'nalishlarni hisobga olib, (13) ni skalyar ko'rinishda quyidagicha yozish mumkin

$$\begin{aligned} ma &= mg - F_t \\ I\beta &= F_t r - M_{ishq} \end{aligned} \quad (14)$$

Yukning va shkiv sirtidagi nuqtalarning tezlanishi tekis tezlanuvchan harakat uchun yo'l qonunidan aniqlanadi

$$a = a_\tau = \frac{2h}{t^2},$$

burchak tezlanish esa, tangensial va burchak tezlanishlar orasidagi bo'lanishdan topiladi

$$\beta = \frac{a_t}{r} = \frac{2h}{t^2 r}.$$

Ishqalanish kuchi momentini hisobga olmaslik uchun tajribani ipga turli m_1 va m_2 yuklarni osib bajariladi, bu esa taranglik kuchi, aylantiruvchi moment va tezlanishning qiymatlarini o'zgartiradi

$$I\beta_1 = M_1 - M_{ishq} \quad (15)$$

$$I\beta_2 = M_2 - M_{ishq}. \quad (16)$$

(16) dan (15)ni ayirib, quyidagi ifodani hosil qilamiz

$$I(\beta_2 - \beta_1) = M_2 - M_1, \quad (17)$$

bunda $\beta_1 = \frac{2h}{t_1^2 r}$; $\beta_2 = \frac{2h}{t_2^2 r}$ almashtirishlarni bajarsak:

$$M_1 = F_{t1}r = m_1(g - a_1)r = m_1 \left(g - \frac{2h}{t_1^2} \right) r ,$$

$$M_2 = F_{t2}r = m_2(g - a_2)r = m_2 \left(g - \frac{2h}{t_2^2} \right) r$$

bu ifodalarni (17)ga qo'yib, quyidagi formulani olamiz

$$I = \frac{\left[m_2 \left(g - \frac{2h}{t_2^2} \right) - m_1 \left(g - \frac{2h}{t_1^2} \right) \right] r}{\frac{2h}{r} \left(\frac{1}{t_2^2} - \frac{1}{t_1^2} \right)} . \quad (18)$$

Ishni bajarish tartibi

1. Shtangensirkul yordamida shkivning radiusi $r = \frac{d}{2}$ o'lchanadi va 1-jadvalga yoziladi.
2. Ipga osilgan yukning massasi m_1 aniqlanadi.
3. Aylantiruvchi momentni o'zgartirish uchun m_1 yuk ustiga qo'yiladigan qo'shimcha yukchanning Δm massasi aniqlanadi va $m_2 = m_1 + \Delta m$ qiymat 1-jadvalga yoziladi.
4. Yuklar sterjenlarning chetiga mahkamlanadi. Ipni shkivga o'rab, yuk yuqoriga ko'tariladi va elektromagnitni ulab, yukni shu holatda tutib turiladi.
5. Yukning pastki qismidan yuk kelib uriladigan platformagacha bo'lgan h masofa o'lchanadi.
6. Elektromagnit o'chirilib, shu ondayoq sekundomer ishga tushiriladi va yukning tushish vaqti t_1 o'lchanib, 1-jadvalga yoziladi. Tajriba 3 marta takrorlanib, yukning o'rtacha tushish vaqti $\langle t_1 \rangle$ topiladi.
7. Tushayotgan yukka qo'shimcha yukcha qo'shib, 6-bandda bajarilgan ishlar 3 marta takrorlanadi. O'lchangan t_2 vaqt 1-jadvalga yoziladi va uning o'rtacha qiymati $\langle t_2 \rangle$ topiladi.
8. Yuklar sterjenning o'rtasiga mahkamlanadi. 6 va 7 bandlarda bajarilgan ishlar yana takrorlanadi. Yukning tushish vaqtlari t_1'' va t_2'' 1-jadvalga yoziladi hamda o'rtacha tushish vaqti $\langle t_1'' \rangle$, $\langle t_2'' \rangle$ topiladi.
9. Sterjenga mahkamlangan yuklarning m_0 massasi hamda sterjenning m_s massasi o'lchanadi (yoki aniqlanadi) va 2-jadvalga yoziladi.
10. Yuklarning aylanish radiuslari R_1 va R_2 hamda sterjenning uzunligi l o'lchanadi va 2-jadvalga yoziladi (bunda simmetrik joylashgan

yuklarning markazlari orasidagi $2R_1$ va $2R_2$ masofalarni va sterjenlar uchlari orasidagi $2l$ masofani o'lchash maqsadga muvofiqdir).

O'lchash natijalarini hisoblashga doir uslubiy ko'rsatmalar

1. Yuklarning $\langle t_1 \rangle$ va $\langle t_2 \rangle$ o'rtacha tushish vaqtlarini (18) formulaga qo'yib, yuklar sterjenlarning chetiga mahkamlangan holat uchun tizimning inersiya momenti I_1 topiladi.
2. Yuklarning $\langle t_1'' \rangle$ va $\langle t_2'' \rangle$ o'rtacha tushish vaqtlarini (18) formulaga qo'yib, yuklar sterjenlarning o'rtasiga mahkamlangan holat uchun tizimning inersiya momenti I_2 topiladi.
3. Quyidagi formulalardan foydalanib inersiya momentining nazariy qiymati hisoblanadi:

$$I_1^N = 4m_0R_1^2 \quad \text{va} \quad I_2^N = 4m_0R_2^2$$

4. Yuklar inersiya momentlarining tajribada va nazariy yo'l bilan topilgan qiymatlari solishtiriladi:

$$\Delta_1 = |I_1^N - I_1|, \quad \Delta_2 = |I_2^N - I_2|.$$

5. Inersiya momentini aniqlashdagi nisbiy xatolik topiladi:

$$\delta_1 = \left| \frac{I_1^N - I_1}{I_1^N} \right| \cdot 100\%, \quad \delta_2 = \left| \frac{I_2^N - I_2}{I_2^N} \right| \cdot 100\%.$$

1-jadval

O'lc. t.r.	r	h	m_1	m_2	Yuklar sterjen chetida			Yuklar sterjen o'rtasida		
					t_1	t_2	I_1	t_1''	t_2''	I_2
1										
2										
3										

2-jadval

m_0	$4m_0$	l	R_1	R_2	I_1^N	I_2^N	δ_1	δ_2
-------	--------	-----	-------	-------	---------	---------	------------	------------

--	--	--	--	--	--	--	--	--

NAZORAT SAVOLLARI

1. Aylanma harakatni tavsiflovchi kattaliklar - burchak tezlik, burchak tezlanishni ta'riflang. Chiziqli va aylanma harakat kinematikasini tavsiflovchi kattaliklar o'zaro qanday bog'langan?
2. Aylanma harakat dinamikasining asosiy kattaliklari - jismning kuch momenti, inersiya momenti, impuls momentining ma'nosini tushuntiring.
3. Aylanma harakat dinamikasining asosiy qonunini ta'riflang. Ilgarilanma harakat bilan solishtiring.
4. Ilgarilanma va aylanma harakat qilayotgan jismlarning harakat tenglamalarini tuzishda dinamika qonunlarining qo'llanilishini tushuntiring.
5. Ushbu ishda qo'llangan yuklarning inersiya momentlarini aniqlash usulini tushuntiring.
6. Oberbek mayatnigining burchak tezlanishi kattaligi nimaga bog'liq va u tajriba davomida qanday o'zgaradi? Tajribada aylantiruvchi moment va inersiya momenti qanday o'zgartiriladi?

ADABIYOTLAR

1. Savelyev I.V. "Umumiy fizika kursi", I tom. Toshkent, "O'qituvchi", 1983.
2. Ismoilov M.I., Habibullayev P.K., Xaliulin M.G. Fizika kursi (Mexanika, elektr, elektromagnetizm). Toshkent, "O'zbekiston", 2000.
3. Ahmadjonov O. Fizika kursi (Mexanika va molekulyar fizika). Toshkent, "O'qituvchi" 1985.
4. Трофимова Т.И. Курс физики. Москва. «Высшая школа» 1990.

4 - Laboratoriya Ishi

TUSHAYOTGAN SHARCHANING KINETIK VA POTENSIAL ENERGIYALARINI ANIQLASH

Kerakli asboblari: Grimzel qurilmasi, po'lat sharcha, masshtabli chizg'ich, ko'chiruvchi qora qog'oz, toza oq qog'oz, elyektromagnit.

Ishning maqsadi

Laboratoriya ishini bajarish davomida talaba "energiya" va "ish" fizikaviy tushunchalarining ma'nosini tushunishi hamda energiyaning saqlanish qonuni mazmunini anglab olishi kerak.

Tushayotgan sharcha misolida mexanik jarayonlarda energiyaning bir turdan boshqa turga o'tishini tahlil qila olishi kerak.

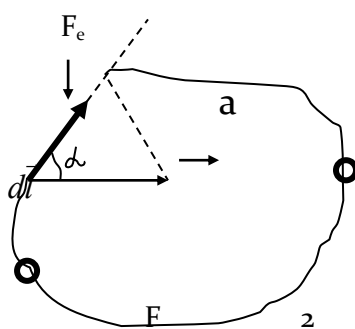
Topshiriq

1. Laboratoriya ishi bajariladigan qurilma tuzilishini va o'lchash usulini o'rganish.
2. Tushayotgan sharchaning kinetik va potensial energiyasini o'lchash.
3. Energiyaning saqlanish qonunini bajarilishini analitik va grafik ravishda tahlil qilish.
4. O'lchash natijalari aniqligini tekshirish.

Asosiy nazariy ma'lumotlar

Materiyaning barcha shakldagi harakatlarining universal o'lchovi energiyadir. U mexanik tizimning holat funksiyasi bo'lib, tizimning oxirgi konfiguratsiyalari va tezliklarning oxirgi qiymatlari bilan aniqlanadi $W=f(x,y,z, v_x, v_y, v_z)$. Energiyaning o'zgarishi jismlarning o'zaro ta'siri jarayonida, ya'ni ish bajarish jarayonida sodir bo'ladi. Demak energiya shunday fizikaviy kattalikki, uning o'zgarishi ishga tengdir va u jismning ish bajarish qobiliyatini ifodalaydi.

\vec{F} kuchning \vec{dl} kichik siljishdagi ta'siri (1-rasm) elementar ish deb ataluvchi, \vec{F} ning \vec{dl} ga skalyar ko'paytmasiga teng bo'lgan kattalik bilan xarakterlanadi



$$\delta A = (\vec{F}, \vec{dl}) = F dl \cos \alpha = F_1 dl. \quad (1)$$

Butun l yo'l bo'yicha \vec{F} kuch tomonidan bajarilgan ish yo'lning alohida kichik bo'laklarida bajarilgan elementar ishlar yig'indisiga teng bo'ladi

$$A = \int_l F_1 dl. \quad (2)$$

Agar jismni 1 nuqtadan 2 nuqtaga ko'chirishda \vec{F} kuch tomonidan bajarilgan A_{12} ish ko'chirish qaysi

trayektoriya bo'yicha amalga oshirilganligiga bog'liq bo'lmay, faqat jismning boshlang'ich va oxirgi vaziyatlari (tizimning boshlang'ich va oxirgi konfiguratsiyalari) bilan aniqlansa, jismga ta'sir etayotgan \vec{F} kuch konservativ kuch deyiladi

$$A_{1-2} = A_{1-a-2} = A_{1-b-2} . \quad (3)$$

Jism harakati yo'nalishini teskari tomonga o'zgartirish konservativ kuch bajargan ishning ishorasi o'zgarishiga olib keladi. Shuning uchun jism yopiq trayektoriya bo'yicha harakatlanganda konservativ kuch bajargan ish nolga teng bo'ladi

$$\oint_l F_l dl = 0 . \quad (4)$$

(3) va (4) dan ko'rinadiki, konservativ kuchlar bajargan ish tizimning konfiguratsiyaga bog'liq bo'ladi. Tizimning konfiguratsiyasi bilan bog'liq ish zaxirasi tizimning potensial energiyasini ifodalaydi. Potensial energiya faqat uning koordinatalari funksiyasi hisoblanadi. Konservativ kuchlar bajargan ish tizimning potensial energiyasini kamaytiradi

$$A_{1-2} = W_{p1} - W_{p2} = -\Delta W_p . \quad (5)$$

Konservativ kuchlarga misol qilib, butun olam tortishish kuchi, elastik kuchlar, elektrostatik o'zaro ta'sir kuchlarini ko'rsatish mumkin.

(3) va (4) shartlarni qoniqtirmaydigan kuchlar nokonservativ kuchlar deyiladi. Nokonservativ kuchlarning xususiy holi sifatida dissipativ kuchlarni ko'rsatish mumkin. Bu kuchlar ta'sirida mexanik energiya boshqa turdagi (masalan, issiqlik) harakatiga aylanadi.

Agar jismga bir vaqtning o'zida bir necha $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \dots, \vec{F}_n$, kuchlar ta'sir etsa, $d\vec{l}$ siljishda barcha kuchlar bajargan ishlarning algebraik yig'indisi, shunday siljishda kuchning teng ta'sir etuvchisi bajaradigan ishga teng bo'ladi. $dl = \vartheta dt$ ekanligini hisobga olgan holda, Nyutonning 2-qonunini $F = m \frac{d\vartheta}{dt}$ qo'llab, teng ta'sir etuvchi kuch bajargan ishni topamiz

$$A = \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_2} m \frac{d\vartheta}{dt} \vartheta dt = \int_{\vartheta_2}^{\vartheta_1} m \vartheta d\vartheta = \frac{m\vartheta_2^2}{2} - \frac{m\vartheta_1^2}{2} . \quad (6)$$

(6)dan ko'rinadiki, teng ta'sir etuvchi kuch ishi quyidagi kattalikni oshib borishiga olib keladi

$$W_K = \frac{m\vartheta^2}{2} , \quad (7)$$

bu kattalik jism o'zining mexanik harakati hisobiga bajarishi mumkin bo'lgan ishni ifodalaydi va u jismning kinetik energiyasi deyiladi.

Potensial va kinetik energiyalar yig'indisi jismlar tizimining to'liq mexanik energiyasi deyiladi.

Mexanik tizimni tashkil etuvchi jismlar bir-biri bilan yoki tizimga tegishli bo'lmagan boshqa jismlar bilan ta'sirlashishi mumkin. Shunga binoan, tizimdagi jismlarga ta'sir etuvchi kuchlarni ichki (tizimdagi jismlarning o'zaro ta'sirlashuvi) va tashqi (tizimga tegishli bo'lmagan jismlar ta'sirlashuvi) kuchlarga ajratiladi. Ichki kuchlar har doim konservativ bo'ladi, tashqi kuchlar esa konservativ ham, dissipativ ham bo'lishi mumkin.

Teng ta'sir etuvchi kuchlar bajargan ish tizimning kinetik energiyasini o'zgartiradi, ichki va tashqi konservativ kuchlar ishi tizimning umumiy potensial energiyasini o'zgartiradi, dissipativ kuchlar ishi esa tizimning to'liq mexanik energiyasini o'zgartiradi. Bu o'zgarishlar bir-biri bilan quyidagicha bog'langan

$$dW_k = -dW_{pi} - dW_{pt} + dA_{nk} \quad (8)$$

yoki,

$$d(W_k + W_{pi} + W_{pt}) = dA_{nk} \quad (9)$$

Agar tizimda faqat konservativ kuchlar ta'sir qilsa, $dA_{nk} = 0$ va

$$W_k + W_{pi} + W_{pt} = W_k + W_p = const \quad (10)$$

bo'ladi.

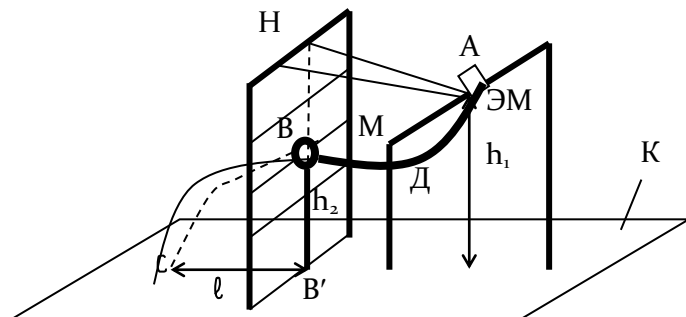
Agar jismlar tizimiga faqat konservativ kuchlar ta'sir etayotgan bo'lsa, bu tizimning to'liq mexanik energiyasi o'zgarmas bo'lib qoladi (mexanik energiyaning saqlanish qonuni).

Agar tizimga nokonservativ kuchlar ta'sir etayotgan bo'lsa, tizimning mexanik energiyasi kamayadi: energiyaning dissipatsiyasi (sochilishi) ro'y beradi, lekin ekvivalent miqdorda boshqa turdagi energiyalar hosil bo'ladi. Energiya hech qachon yo'qolmaydi va qayta hosil bo'lmaydi, u faqat bir turdan ikkinchi turga aylanadi (energiya saqlanishining umumiy qonuni).

Qurilmaning tuzilishi va o'lchash usuli

Qurilmaning sxemasi (Grimzel qurilmasi) 2-rasmda ko'rsatilgan. Gorizontaal taxtaga vertikal ustunlar o'rnatilgan. (H) ustunlarga yengil bifilyar osmada mis halqa biriktirilgan bo'lib, u bo'sh qo'yilganda (vertikal holatda) halqaning teshigi (H) ustunlarga ko'ndalang mahkamlangan (M) plastina teshigiga to'g'ri keladi. Ustunlarga yoysimon metal tarnov (Д) o'rnatilgan bo'lib, tarnov bo'ylab (ЭМ) elektromagnit harakatlanadi. Elektromagnit toki (K) kalit bilan o'chiriladi va yoqiladi. Osmo halqa va metal sharchani moddiy nuqta deb hisoblash mumkin.

Agar sharchali halqani elektromagnitga tekkuncha siljitsak (A holatga), elektromagnit sharchani shu holatda tutib turadi. Elektromagnit toki o'chirilganda sharcha ABC trayektoriya bo'ylab harakatga keladi. AB oraliqda sharcha aylana yoyi bo'ylab, BC oraliqda esa parabola bo'ylab harakatlanadi.



Elektromagnitni yoysimon tarnov bo'ylab surib, sharchaning h_1 ko'tarilish balandligini o'zgartirish mumkin.

A nuqtada sharcha quyidagi potensial energiyaga ega bo'ladi

$$W_{p1} = mgh_1. \quad (11)$$

B nuqtada sharchaning potensial energiyasi

$$W_{p2} = mgh_2. \quad (12)$$

AB yo'lda sharchaning potensial energiyasi kamayadi

$$\Delta W_p = W_{p1} - W_{p2} = mg(h_1 - h_2). \quad (13)$$

Shu vaqtning o'zida sharcha quyidagi kinetik energiyaga ega bo'ladi

$$W_K = \frac{m\vartheta^2}{2}, \quad (14)$$

ϑ - sharchaning B nuqtadagi tezligi.

Bu ishda havoning qarshilik kuchi sharchaning og'irlik kuchidan juda kichik bo'lganligi uchun havoning qarshilik kuchi e'tiborga olinmaydi. Sharchaning harakatini ikkita harakatning ya'ni gorizontal yo'nalishda ϑ tezlik bilan tekis harakat va vertikal yo'nalishda g tezlanish bilan tekis tezlanuvchan harakat yig'indisi deb qarash mumkin. (B) nuqtada tezlikning vertikal tashkil etuvchisi nolga teng. Unda BC trayektoriya bo'ylab sharchaning harakat vaqti sharchaning BB' vertikal bo'ylab erkin tushish vaqtiga tengdir, ya'ni

$$t = \sqrt{\frac{2h_2}{g}}. \quad (15)$$

Sharchaning gorizontal yo'nalishdagi siljishi l va harakat vaqti t ni aniqlab, tezlikning gorizontal tashkil etuvchisini hisoblash mumkin. U o'zgarmas bo'lib, sharchaning tezligiga teng

$$g = \frac{l}{t} = \frac{l}{\sqrt{\frac{2h_2}{g}}}. \quad (16)$$

Sharcha ko'chirma qog'oz qoplangan oq qog'oz ustiga tushib, iz qoldiradi. Bunda chizg'ich bilan gorizontaal ko'chish $l = B'C$ osongina o'lchanadi.

Tezlikning topilgan qiymatini (14) formulaga qo'yib, sharchaning B nuqtadagi kinetik energiyasi hisoblanadi

$$W_K = \frac{mgl^2}{4h_2}. \quad (17)$$

Energiyaning saqlanish qonuniga binoan sharchaning B nuqtadagi kinetik energiyasining qiymati sharchani A nuqtadan B nuqtaga ko'chirganda potentsial energiyasining kamayishiga teng bo'lishi kerak

$$\frac{m g^2}{2} = mg(h_1 - h_2), \quad (18)$$

yoki (17) ni hisobga olgan holda,

$$\frac{mgl^2}{4h_2} = mg(h_1 - h_2). \quad (19)$$

Ishni bajarish tartibi va o'lchash natijalarini hisoblashga doir uslubiy ko'rsatmalar

1. Sharchaning massasi m va h_2 balandlik o'lchanadi. Olingan natijalar 1-jadvalning yuqori qismiga yoziladi.
2. A nuqtaga sharchali halqa keltirilib, elektromagnit yoqiladi, sharcha ko'tarilgan h_1 balandlik o'lchanadi.
3. Qurilma stoliga oq qog'oz qo'yilib, ko'chirma qog'oz bilan qoplanadi. (K) kalit orqali elektromagnit o'chiriladi. Chizg'ich bilan $l_i = B'C_i$ masofa o'lchanadi va qog'ozda qolgan sharchaning izi belgilanadi. Qog'ozni biroz surib, yana ko'chirma qog'oz qoplanadi.
4. Tajriba 5 marta qaytariladi. Muayyan h_1 balandlikdan sharchaning uchib tushish uzunligining o'rtacha arifmetik qiymati $\langle l \rangle$ topiladi.
5. 2,3,4 punktlar h_1 ning boshqa qiymatlari uchun takrorlanadi. h_1 balandlik 5 marta o'zgartiriladi.
6. Sharchaning B nuqtadagi W_k kinetik energiyasi (17) formula bo'yicha va ΔW_p potentsial energiyaning kamayishi (13) formula bo'yicha hisoblanadi.
7. Usulning aniqligini baholash uchun quyidagi nisbat hisoblanadi

$$\delta = \frac{\Delta W_p - W_K}{\Delta W_p}. \quad (20)$$

8. O'lchash natijalari va hisoblashlar jadvalga yoziladi.

9. Olingan natijalar asosida grafik chiziladi. "x" o'qiga ΔW_p , "y" o'qiga W_k qiymatlari joylashtiriladi. (18) ga asosan nazariy chiziq o'qlarga nisbatan 45° burchak ostida o'tuvchi to'g'ri chiziq ko'rinishida bo'lishi kerak. Nazariy chiziq punktir bilan, tajriba grafigi uzluksiz chiziq bilan chiziladi.

		m=..... kg				h ₂ =.....m		
No	h ₁	l ₁	l ₂	l ₃	$\langle l \rangle$	W _k	ΔW_p	δ
1								
2								
3								

NAZORAT SAVOLLARI

1. Kinetik energiya nima va u qanday hisoblanadi? Qanday kuchning bajargan ishi kinetik energiya o'zgarishiga teng bo'ladi?
2. Potensial energiya nimani tavsiflaydi? Qanday kuchlarning bajargan ishi potensial energiyaning o'zgarishi bilan bog'liq?
3. Mexanik energiya nima? Mexanikada energiyaning saqlanish qonuni qanday ifodalanadi? Qanday sharoitlarda u bajariladi?
4. Qanday kuchlar dissipativ kuchlar deb ataladi? Energiyaning umumiy saqlanish qonuni qanday ifodalanadi?
5. Qurilma sxemasini tushuntiring. Nima uchun sharcha dumalab harakatlanmay halqa bilan birga harakatlanadi?
6. Kinetik energiyani hisoblash formulasini keltirib chiqaring.
7. Tushayotgan sharchaning potensial energiyasi o'zgarishi qanday hisoblanadi?

ADABIYOTLAR

1. Savelyev I.V. "Umumiy fizika kursi", I tom. Toshkent, "O'qituvchi" nashriyoti, 1983.
2. Ismoilov M.I., Habibullayev P.K., Xaliulin M.G. Fizika kursi (Mexanika, elektr, elektromagnetizm). Toshkent, "O'zbekiston", 2000.
3. Ahmadjonov O. Fizika kursi (Mexanika va molekulyar fizika). Toshkent, "O'qituvchi", 1985.
4. Трофимова Т. Курс физики. Москва. «Высшая школа», 1990.

5 - Laboratoriya Ishi

ELEKTROSTATIK MAYDONDA POTENSIALNING TAQSIMLANISHINI O'RGANISH

Kerakli asboblari: tagi ma'lum masshtabda kataklarga bo'lingan elektrolitik vanna, indikator lampa o'rnatilgan zond, maydoni tekshiriladigan ikkita metal elektrod, ulash simlari, tok manbai.

Ishning maqsadi

Elektrodlar atrofida hosil bo'lgan elektr maydonini o'rganish va ekvipotensial sirtlarning geometrik o'rnini aniqlash usuli bilan tanishish.

Topshiriq

1. Qurilmaning tuzilishini o'rganish va ishda qo'llaniladigan o'lchash usuli bilan tanishyish.
2. Elektrodlar o'rtasidagi potensial taqsimotini o'lchash va bu maydonning ekvipotensial chiziqlarini chizish.
3. Kuchlanganlik chiziqlari orqali elektr maydonining grafik tavsiflash
4. Elektrodlar o'rtasidagi o'q bo'ylab potensialning o'zgarish grafigi $\varphi=f(x)$ ni tuzish.
5. Grafikdan foydalanib berilgan nuqtadagi maydon kuchlanganligini topish.

Asosiy nazariy ma'lumotlar

Qo'zg'almas zaryadlar hosil qilgan va vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydigan maydon elektrostatik maydon deyiladi. Bu maydonlar vektor va potensial hisoblanadi.

Elektrostatik maydonning har bir nuqtasini maydonga kiritilgan sinov zaryadiga (q_0) ta'sir etuvchi kuch (\vec{F}) bilan xarakterlash mumkin.

Elektrostatik maydonning biror nuqtasidagi kuchlanganligi (\vec{E}) deb, maydonning shu nuqtasiga kiritilgan bir birlik musbat sinov zaryadiga (q_0) ta'sir qilgan kuchga (\vec{F}) miqdor jihatidan teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}, \quad \text{bu yerda } F = \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (1)$$

$$\vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad \text{nuqtaviy zaryad maydon kuchlanganligi.}$$

Elektrostatik maydonning potentsiali deb, maydonning shu nuqtasiga kiritilgan birlik musbat sinov zaryadiga (q_0) mos kelgan

potensial energiyaga (W_p) miqdor jihatidan teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi

$$\varphi = \frac{W_p}{q_0}, \quad W_p = \frac{qq_0}{4\pi\epsilon_0 r}, \quad \varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}. \quad (2)$$

Zaryadlangan jismlar hosil qilgan elektrostatik maydonni kuch chiziqlari va ekvipotensial sirtlar orqali grafik ravishda tavsiflash mumkin.

Maydonning kuch chiziqlari deb, shunday chiziqlarga aytiladiki, uning har bir nuqtasida maydon kuchlanganlik vektori unga urinma ravishda yo'nalgan bo'ladi.

Ekvipotensial sirtlar deb, potentsiallari bir xil bo'lgan nuqtalarning geometrik o'rniga aytiladi.

Elektrostatik maydon potensial maydon va unda ta'sir etuvchi kuchlar konservativ kuchlardir. Yopiq kontur bo'yicha zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish nolga tengdir, $A = \oint q_0 E_e de = 0$ va $q_0 = 1$ bo'lganda $\oint E_e dl = 0$ bo'ladi.

Demak, kuchlanganlik vektorining yopiq kontur bo'yicha sirkulyatsiyasi har doim nolga tengdir. q_0 zaryadni kichik siljishida bajarilgan ishni ikki xil aniqlash mumkin

$$dA = Fdl = q_0 E \cos(\vec{E}d\vec{l}) dl, \quad \text{va} \quad (3)$$

$$dA = -q_0 d\varphi = -dW, \quad (4)$$

ya'ni potensial energiyani kamayishi orqali aniqlash mumkin. Bu formuladan \vec{E} va φ lar orasidagi bog'lanishni topish mumkin

$$q_0 E \cos(\vec{E}d\vec{l}) dl = -q_0 d\varphi, \quad E \cos(\vec{E}d\vec{l}) dl = E_e$$

ya'ni \vec{E} vektorni dl ga proyeksiyasi

$$E_e = -\frac{d\varphi}{dl}.$$

Formuladagi minus ishorasi \vec{E} vektorning yo'nalishi potensialni kamayishi tomonga yo'nalgan ekanligini bildiradi.

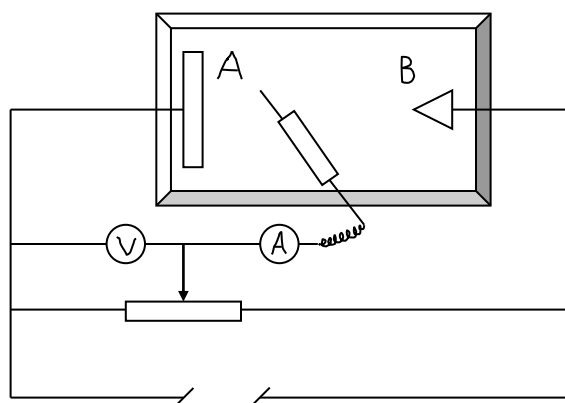
Agar zaryad dl yo'nalishi bo'ylab ko'chadigan bo'lsa, ya'ni kuch chiziqlariga perpendikular yo'nalishda, demak \vec{E} vektorga perpendikular bo'lsa,

$$E \cos(\vec{E}d\vec{l}) = 0, \quad \vec{E}_e = 0 \quad \text{va} \quad \frac{d\varphi}{dl} = 0, \quad \varphi = const \quad \text{bo'ladi.}$$

Demak, kuchlanganlik vektori chiziqlariga perpendikular bo'lgan egri chiziq potentsiali bir xil, ya'ni ekvipotensial sirtlar bo'ladi.

Qurilmaning tuzilishi va o'lchash usuli

Laboratoriyada foydalaniladigan elektrolitik vannalar qurilmasining



2- rasm

prinsipial elektr sxemasi 2-rasmda keltirilgan. Yaxshi elektrizolyatsiya xossasiga ega bo'lgan organik shishadan $25 \times 50 \text{ sm}^2$ o'lchamda yasalgan, x va y o'qlar bo'yicha darajalangan vannaga A va B elektrodlar joylashtiriladi, ular orasida tekshiriladigan maydon hosil qilinadi. Vanna elektr o'tkazuvchanligi metalnikiga nisbatan kichik bo'lgan suyuqlik –

elektrolit bilan to'ldiriladi. Xususan bunday elektrolit sifatida oddiy suv olinadi. A va B elektrodlar vanna tubiga tayanib, vannaga qo'yilgan elektrolit sathidan chiqib turadi. Elektr zond sifatida metal simning o'tkir uchi xizmat qilib, u nol galvanometr, yoki ossillograf, yoki indikator (yashil ko'zli) radiolampa orqali P potentsiallarga ulanadi. Agar elektrodga o'zgarish kuchlanish berilsa, elektroliz sababli elektrodlarda modda ajraladi va qutblanish elektr yurituvchi kuch hosil bo'lib, u tekshirilayotgan maydon xarakterini o'zgartiradi. Shu sababli bu ishda o'zgarish tok o'rnida past chastotali o'zgaruvchan tokdan foydalaniladi.

Laboratoriya ishida zaryadlangan metal elektrodlar orasida hosil bo'ladigan elektr maydoni shunday maydonni modellashtirish yo'li bilan ya'ni, ekvivalent elektr maydoni hosil qilib o'rganiladi. O'tkazuvchanligi yomon bo'lgan elektrolitlarda Ohm qonuni bajarilganligi $j = \sigma E$ uchun shunday elektrolitlarda hosil bo'lgan maydon o'rganiladi: formulada j - tokning zichligi, σ - solishtirma o'tkazuvchanlikdir.

Elektrolitdagi tok chiziqlari maydon kuchlanganligi yo'nalishi bilan mos keladi, elektrolitik vannada maydonning ekvipotensial sirtlari modellashtirilgan ekvipotensial sirtlar bilan mos tushadi.

Eslatma! Laboratoriya ishini bajarishda quyidagi shartlar bajarilishi zarur:

1. Elektrolit bir jinsli va katta qarshilikka ega bo'lishi kerak. Shu yo'l orqali maydonlarni o'xshashligi hosil qilinadi va kuch chiziqlarini va elektrodlar sirtlarining tok chiziqlariga perpendikularligi hosil bo'ladi.
2. O'zgarish tok o'rnida kichik chastotali o'zgaruvchan tokdan foydalanish ma'quldir.
3. Laboratoriya ishida ekvipotensial sirtlar potentsiali o'lchanganligi uchun ishning elektr sxemasi ko'priki (Uitston ko'prigi) sxemasini eslatadi va bunda reoxord voltmetrli potentsiometrik reostat bilan almashtirilgan. Bu voltmetr reostatning suriluvchan kontakti bilan

uning potentsiali nolga teng bo'lgan elektrolitik vannaga ulangan elektrodleri orasidagi kuchlanishni o'lchaydi.

Ishni bajarish tartibi va o'lchash natijalarini hisoblashga doir uslubiy ko'rsatmalar

1. Elektrolit turadigan idish (vanna)ning gorizontalligini tekshirib ko'rib, unga suv quyiladi.
2. Millimetr shtrixlari chizilgan qog'ozga yoki katak daftarga masshtabni moslab elektrodler va koordinata o'qlari chiziladi.
3. Vanna tokka ulanib B elektrodning potentsiali yozib olinadi. Buning uchun reostatning suriluvchi kontaktini oxirigacha suriladi voltmetrning eng katta ko'rsatishi B elektrodning potentsiali bo'ladi. So'ngra reostatni suriluvchi kontakti orqali voltmetrni 5V dan kamaytirib ampermetr ko'rsatishlarini nolga aylanguncha surib boramiz.
4. Topilgan nuqtani tayyorlab qo'yilgan millimetrli qog'ozga tushiramiz va undan 1-2 sm narida ikkinchi va hokazo nuqtalarni qidiramiz. Nuqtalarni ko'paytirib va ularni birlashtirib, ekvipotensial sirtlarni topamiz.
5. Ekvipotensial sirt chizilgandan so'ng, grafikda kuch chiziqlari chiziladi. Bunda kuch chiziqlari elektrodler sirtiga va ekvipotensial sirtlarga perpendikular bo'lishi e'tiborda bo'lishi kerak.
6. Ekvipotensial sirtlar ketma-ket zich qilib olinsa, bu holda maydonning har qanday nuqtasida maydon kuchlanganligini topish mumkin. Buning uchun potentsiallari φ_1 va φ_2 ikkita ketma-ket keluvchi ekvipotensial sirtlar orasidagi masofa d ni kichik bo'lganligi uchun bu maydonni bir jinsli deb hisoblasa bo'ladi, unda

$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d}, \quad (B/M.)$$

Y	$\varphi_1 = V$	$\varphi_2 = V$	$\varphi_3 = V$	$\varphi_4 = V$	$\varphi_5 = V$
	X	X	X	X	X
o	/	/	/	/	/
± 2	/	/	/	/	/
:	/	/	/	/	/
± 10	/	/	/	/	/

NAZORAT SAVOLLARI

1. Elektrostatik maydonning kuchlanganligi va potentsialini ta'riflang va tushuntiring.
2. Maydonlarning superpozitsiya prinsipini tushuntiring. Nuqtaviy zaryadning maydon kuchlanganligi va potentsiali qanday topiladi?

3. Maydon kuchlanganligi va elektr siljish vektori uchun Gauss teoremasi nimani ta'kidlaydi?
4. Kuchlanganlik vektorining sirkulyatsiyasi nimaga teng?
5. Qanday sirtlar ekvipotensial sirtlar deyiladi va ular kuch chiziqlariga nisbatan qanday joylashgan bo'ladi?
6. Ushbu usulda nima uchun o'zgaruvchan tokdan foydalaniladi?

ADABIYOTLAR

1. Savelyev I.V. "Umumiy fizika kursi", II tom. Toshkent, "O'qituvchi", 1983 .
2. Ismoilov M.I., Habibullayev P.K., Xaliulin M.G. Fizika kursi (Mexanika, elektr, elektromagnetizm). Toshkent, "O'zbekiston", 2000.
3. Ahmadjonov O. Fizika kursi ,2- qism, Toshkent, "O'qituvchi" 1985.
4. Трофимова Т.И. Курс физики. М. «Высшая школа» 1990.
5. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. Москва. «Высшая школа», 1989
6. Kalashnikov S.G.. Elektr. Toshkent, "O'qituvchi", 1979.

6 - Laboratoriya Ishi

O'TKAZGICH QARSHILIGINI UITSTON KO'PRIGI VOSITASIDA O'LGHASH

Kerakli asboblari: Uitston ko'prigi qurilmasi, o'zgarmas tok manbai, reoxard, reostat, tumbler (kalit), galvanometr, o'lchanadigan rezistorlar (qarshiliklar), sxemani ulash simlari .

Ishning maqsadi

Laboratoriya ishini bajarish natijasida talaba: tok kuchi, tok zichligi, kuchlanish kabi fizikaviy kattaliklarning ma'nodini bilishi; Om, Joul-Lents qonunlarini go'llashni bilishi: parallel va ketma-ket ulangan qarshiliklardan iborat zanjir uchun Kirxgof qoidalarini qo'llay olishi kerak.

Topshiriq

1. Qarshiliklarni ko'prik sxemasi yordamida o'lchashning klassik usuli- Uitston ko'prigi bilan tanishish.
2. Uitston ko'prigi qurilmasidan foydalanib ikkita qarshilikning qarshiligini alohida-alohida o'lchash.
3. Bu qarshiliklarni parallel va ketma-ket ulangan hollari uchun umumiy qarshilikni o'lchash.
4. O'lchash natijalarini parallel va ketma-ket ulangan qarshiliklarning umumiy qarshiligini hisoblash formulalari bo'yicha nazariy hisoblashlar bilan solishtirish va tegishli xulosalar chiqarish.

Asosiy nazariy ma'lumotlar

1. Elektr zanjiri va uning elementlari. Eng sodda elektr zanjiri elektr energiyasi manбайдan, elektr energiyani uzatuv-chi va qabul qiluvchi qismlardan tashkil topgan bo'ladi. Shunday qilib, elektr energiya manbai, tok o'tishi mumkin bo'lgan simlar va tokni qabul qiluvchi qismlardan tashkil topgan sistema elektr zanjiri deyiladi. Elektr zanjirni tashkil qilgan qismlarning shartli belgilar asosida ifodalanishi elektr sxema deyiladi.

2. Elektr toki va tokning kuchi. Zaryadlarning tartibli harakatiga elektr toki deyiladi. Zaryadlangan jismlarning tartibli harakatidan hosil bo'lgan tokka konveksion tok deyiladi.

Metallardagi erkin elektronlarning tashqi elektr maydoni ta'sirida tartibli harakati natijasida hosil bo'lgan tokka o'tkazuvchanlik toki deyiladi.

Tok kuchi deb, o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasidan vaqt birligi ichida o'tgan zaryadga miqdor jihatdan teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi

$$I = \frac{dq}{dt} . \quad (1)$$

Agar tokning kuchi miqdor va yo'nalish jihatdan doimiy, ya'ni $I = \text{const}$ bo'lsa, (1) tenglama integral ko'rinishga keladi

$$I = \frac{q}{t} . \quad (1.a)$$

3. Zanjirning bir qismi uchun Om qonuni. O'tkazgichning bir qismidan o'tgan tokning kuchi, uning uchlaridagi kuchlanish U ga to'g'ri, qarshiligi R ga teskari proporsionaldir

$$I = \frac{U}{R} . \quad (2)$$

O'tkazgichning qarshiligi uning uzunligi l ga to'g'ri, ko'ndalang kesim yuzi S ga esa teskari proporsionadir, ya'ni

$$R = \rho \frac{l}{S} , \quad (3)$$

bunda, ρ - proporsionallik koeffitsiyenti, u metallning tabiatiga bog'liq bo'lib, solishtirma qarshilik deb ataladi.

Metallardagi zaryadli zarralarning ta'sirlashuvi o'tkazgichning temperaturasi bog'liq bo'lib, bu o'z navbatida o'tkazgich elektr qarshiligining o'zgarishiga olib keladi. Bu bog'lanishni ifodalash uchun qarshilikning temperatura koeffitsiyenti (α) tushunchasi kiritiladi.

Agar berilgan o'tkazgich materialining $T_0 = 273^\circ\text{K}$ (0°C) temperaturadagi solishtirma qarshiligi ρ_0 bo'lsa, u holda uning ixtiyoriy temperaturadagi ρ solishtirma qarshiligining temperaturaga bog'lanishi quyidagicha ifodalanadi

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha \Delta T) = \rho_0[1 + \alpha(T - T_0)] \quad (4)$$

U vaqtda (3) ga asosan o'tkazgich qarshiligining temperaturaga bog'lanishi quyidagicha bo'ladi

$$R = R_0(1 + \alpha \Delta T) = R_0[1 + \alpha(T - T_0)] , \quad (5)$$

bunda, R_0 - o'tkazgichning $T_0 = 273 \text{ K}$ (0°C) temperaturadagi qarshiligidir. (4) va (5) formulalardagi $(1 + \alpha \Delta T) = [1 + \alpha(T - T_0)]$ ifodaga termik qarshilik binomi deb ataladi va o'tkazgich qarshiligining R_0 ga nisbatan necha marta o'zgarishini ko'rsatadi.

O'tkazgichlar uchun yana xarakterli bo'lgan parametrlar solishtirma qarshilik va qarshilikning teskari ifodasidan iborat bo'lgan solishtirma va elektr o'tkazuvchanlik (σ , G) dir

$$\sigma = \frac{1}{\rho} , \quad G = \frac{1}{R} . \quad (6)$$

4. To'liq zanjir uchun Om qonuni. Yopiq zanjirdan o'tayotgan tokning kuchi manbaning elektr yurituvchi kuchi (E.Yu.K.)ga to'g'ri, zanjirning to'la qarshiligiga teskari proporsionaldir

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon_{12}}{R}, \quad (7)$$

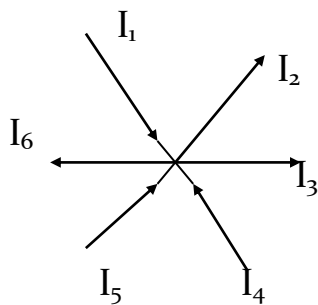
$$I = \frac{\varepsilon_{12}}{R} = \frac{\varepsilon_{12}}{R_g + r}. \quad (8)$$

Om qonunining differensial ifodasi

$$\vec{j} = \sigma \vec{E} = \frac{1}{\rho} \vec{E} \quad (9)$$

5. Kirxgof qonunlari. Tarmoqlangan murakkab zanjirni Om qonuni asosida hisoblash juda qiyin bo'lib, uni Kirxgof qonunlari asosida osongina hisoblash mumkin.

a) Kirxgofning 1-qonuni. Zanjir tugunida uchrashgan toklarning algebraik yig'indisi nolga tengdir



1-rasm

$$\sum_{i=1}^n I_i = 0. \quad (10)$$

Bunda tugunga kelayotgan toklar musbat deb olinsa, tugundan chiqib ketayotgani manfiy deb olinadi.

1-rasmda tasvirlangan tugun uchun (10) tenglama yozilsa

$$I_1 - I_2 - I_3 + I_4 + I_5 - I_6 = 0$$

(10.a)

yoki,
$$I_1 + I_4 + I_5 = I_2 + I_3 + I_6. \quad (10.b)$$

(10.b) ga binoan Kirxgof 1-qonunini yana quyidagicha ta'riflash mumkin: Tugunga keluvchi toklarning yig'indisi tugundan ketuvchi toklarning yig'indisiga tengdir.

b) Kirxgofning 2- qonuni: Tarmoqlangan murakkab zanjirning ixtiyoriy berk konturi qismlaridan o'tayotgan tok kuchlarining mos ravishda qarshiliklariga ko'paytmalarining yig'indisi, shu konturdagi E.Yu.K.larning algebraik yig'indisiga tengdir

$$\sum_i I_i R_i = \sum_k E_k \quad (11)$$

6. O'tkazgichlarni ulash:

a) O'tkazgichlarni ketma-ket ulash. Elektr zanjiriga o'tkazgichlar ulanganda tarmoqlanish sodir bo'lmasa, ular o'zaro ketma-ket ulangan bo'ladi.

Ketma-ket ulangan n-ta o'tkazgichlardan tuzilgan batareyaning umumiy qarshiligi har bir ulangan qarshiliklarning algebraik yig'indisiga tengdir

$$R_{n-n} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n = \sum_{i=1}^n R_i \quad (12)$$

Agar ketma-ket ulangan barcha o'tkazgichlarning qarshiliklari o'zaro teng va R_0 bo'lsa, (12) quyidagiga teng bo'ladi

$$R_{n-1} = \sum_{i=1}^n R_0 = nR_0. \quad (13)$$

Shunday qilib, qarshiliklari bir xil bo'lgan, ketma-ket ulangan n -ta o'tkazgichdan tuzilgan batareyaning umumiy qarshiligi har bir o'tkazgichning qarshiligidan n marta kattadir.

b) O'tkazgichlarni parallel ulash. O'tkazgichlarning birinchi va ikkinchi uchlari mos ravishda ulanib tarmoqlanish hosil bo'lsa, ular o'zaro parallel ulangan bo'ladi. Parallel ulangan m -ta o'tkazgichlardan tuzilgan batareya umumiy qarshiligining teskari ifodasi har bir o'tkazgich qarshiligi teskari ifodalarining algebraik yig'indisiga tengdir, ya'ni

$$\frac{1}{R_{nap}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_m} = \sum_{i=1}^m \frac{1}{R_i}. \quad (14)$$

Agar parallel ulangan o'tkazgichlar qarshiliklari o'zaro bir-biriga teng va R_0 bo'lsa, u holda (14) dan quyidagi hosil bo'ladi:

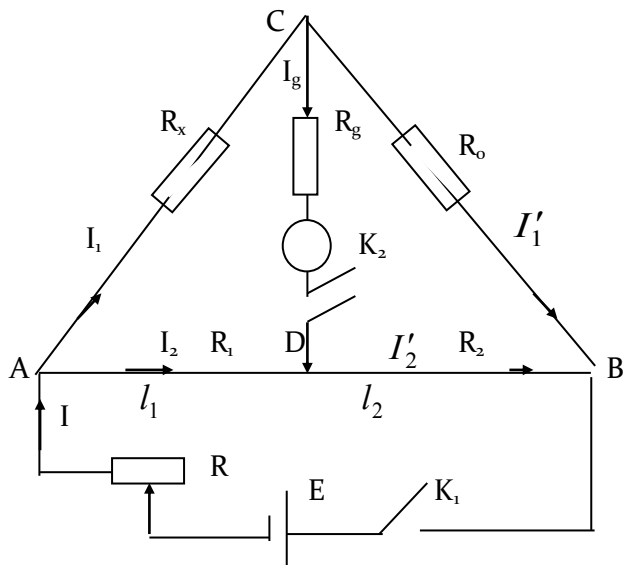
$$\frac{1}{R_{nap}} = \sum_{i=1}^m \frac{1}{R_0} = \frac{m}{R_0} \quad \text{yoki,} \quad R_{nap} = \frac{R_0}{m}. \quad (14.a)$$

Shunday qilib, parallel ulangan qarshiliklari bir xil bo'lgan m ta o'tkazgichdan tuzilgan batareyaning umumiy qarshiligi har bir o'tkazgich qarshiligidan m marta kichikdir.

Qurilmaning tuzilishi va o'lchash usuli

Biror R_x qarshilikning qiymatini R_0 ma'lum qarshilikning qiymati bilan taqqoslab topishda qo'llaniladigan sxema Uitston ko'prigi deb ataladi. Uitston ko'prigining prinsipial sxemasi 2-rasmda tasvirlangan. Uitston ko'prigidagi E manbaga ulangan zanjirdan o'tuvchi I tok kuchi A tugunda tarmoqlanadi.

Zanjirning ACBA qismi ketma-ket ulangan R_x – noma'lum va R_0 – aniq ikkita qarshilik va tarang tortilgan AB simdan iboratdir. Bu qarshiliklarning uchlari ulangan C nuqtaga o'lchov asbobi G-galvanometr ulanib, ikkinchi uchi esa D sirpanuvchi kontaktga ulangan. Bu kontakt AB sim bo'ylab siljiy oladi va shu tarzda AD va DB qismlarning R_1 hamda R_2



2- rasm

qarshiliklar yoki l_1 hamda l_2 uzunliklar nisbatini o'zgartira oladi. Bu holat uchun tokning yo'nalishi 2-rasmda ko'rsatilgandek tanlab olinsa, Kirxgofning I-qonunini (10) ifodaga binoan quyidagi tenglamalar orqali yozish mumkin. A, C, D tugunlar uchun:

$$\begin{cases} I_1 + I_2 - I = 0 \\ I_1' + I_g - I_1 = 0 \\ I_2' - I_g - I_2 = 0 \end{cases} \quad (15)$$

Sxemadagi ACDA, CBDC va ABEA berk konturlarning har biri uchun Kirxgofning II-qonuni (11) ga binoan quyidagi tenglamalarni yozish mumkin:

$$\begin{cases} I_1 R_x + I_g R_g - I_2 R_1 = 0 \\ I_1' R_0 - I_2' R_2 - I_g R_g = 0 \\ I_2 R_1 + I_2' R_2 + IR = 0 \end{cases} \quad (16)$$

Galvanometrdan o'tuvchi tok nolga ($I_g = 0$) teng bo'lganda (15) va (16) tenglamalar quyidagi ko'rinishga keladi

$$\begin{cases} I_1 R_x = I_2 R_1 \\ I_1 R_0 = I_2 R_2 \end{cases} \quad (17)$$

bundan,

$$\frac{R_x}{R_0} = \frac{R_1}{R_2}. \quad (18)$$

Bu yerda bir jinsli AB sim qismlar qarshiliklarining nisbati, uzunliklari nisbati kabidir, ya'ni:

$$R_x = R_0 \frac{l_1}{l_2}, \quad \text{va} \quad R_x = R_0 \frac{l_1}{l - l_1}. \quad (19)$$

(19) formulada yelkalar nisbati $\frac{l_1}{l_2}$ birga yaqin bo'lganda R_x -ning o'lchash aniqligi katta bo'ladi. Shuning uchun ham Uitston ko'prigidan R_x no'malum qarshilikni o'lchashda R_0 ma'lum qarshilik noma'lum qarshilikdan ko'p farq qismasligi maqsadga muvofiqdir.

Ishni bajarish tartibi va o'lchash natijalarini hisoblashga doir uslubiy ko'rsatmalar

1. O'lchashning aniqligi maksimal bo'lishi uchun, ulash simlarining kontaktlari toza va sirpangich D ning reoxord bilan kontakti ham yaxshi bo'lishi kerak.
2. Uitston ko'prigida ulash simlarining qarshiligiga yaqin bo'lgan, ya'ni 1 Om dan kichik qarshiliklarni o'lchash tavsiya qilinmaydi.
3. Ishning yig'ilgan sxemasi tekshirtirilgandan keyin, zanjirda hosil bo'ladigan ekstra toklar galvanometrni ishdan chiqarmasligi uchun, oldin K_1 kalit orqali tok manbai ulanib, keyin K_2 kalit orqali galvanometr ulanadi. (Kalitlarni uzish teskari tartibda bajariladi).
4. Uitston ko'prigidagi galvanometrning ko'rsatishini chegaralash uchun, unga 10^3 - 10^4 Om qarshiliklar ketma-ket ulanadi. Uitston ko'prigidagi R_x no'malum qarshilikni o'lchashda, ko'prikdagi qarshiliklar magazinidan R_0 ma'lum qarshilikni shunday tanlab olinadiki, D qo'zg'aluvchi kontakt reoxordning o'rtasiga yaqin joyda bo'lganda galvanometr nolni ko'rsatsin.
5. Reoxordning l_1 va l_2 yelkalarining uzunliklari AB sim bo'ylab joylashtirilgan hisob chizig'i yordamida topiladi va (19) formula asosida izlanayotgan R_x qarshilik hisoblanadi. Berilgan har bir o'tkazgich uchun o'lchashlar 3-4 marta takrorlanib, har bir o'tkazgichning o'rtacha qarshiligi hisoblanadi.
6. O'lchash va hisoblash natijalari 1-jadvalga yoziladi.

1- jadval

Qarshiliklar	O'lchashlar	R ₀ , Om	l ₁	l ₂	R _x , Om	<R _x >, Om
R'_x	1					
	2					
	3					
R''_x	1					
	2					
	3					

7. Berilgan o'tkazgichlardan ikkitadan o'zaro ketma-ket va parallel ulangandagi qarshiligi yana Uitston ko'prigidan o'lchanadi va (19) formula asosida hisoblanadi.

8. 1-hisoblash jadvalidagi aniqlangan har bir o'tkazgichlarning o'rtacha qarshiliklari R' , R'' , R''' larni haqiqiy qiymatlar deb, ularga asosan ketma-ket va parallel ulangan o'tkazgichlarning qarshiliklari quyidagi formulalar asosida nazariy hisoblanadi:

$$R_{k-k}^{naz} = \sum_{i=1}^n R_i \quad \text{va} \quad \frac{1}{R_{par}^{naz}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}.$$

9. O'zaro ketma-ket va parallel ulangan o'tkazgichlarining R^{taj} – tajribada aniqlangan va R^{naz} – nazariy hisoblangan qarshiliklari asosida, o'lchashning nazariyaga nisbatan nisbiy xatoligi quyidagi formuladan aniqlanadi

$$\delta = \frac{|R^{taj} - R^{naz}|}{R^{naz}} 100\%.$$

7, 8, 9 – bandlarda o'lchangan va hisoblangan natijalar 2-jadvalga yoziladi.

2- jadval

Ulash	R_0, Om	l_1	l_2	R_x^{taj}, Om	R_x^{naz}, Om	$\delta, \%$
Ketma-ket						
Paral-Lel						

NAZORAT SAVOLLARI

1. Tok va tokning kuchi deb nimaga aytiladi?
2. Zanjirning bir qismi uchun Om qonuni ta'riflansin va matematik ifodasi yozilsin.
3. Qarshilik va solishtirma qarshilik nima? Ular qanday birliklarda o'lchanadi?
4. O'tkazgichlarni ketma-ket va parallel ulashni tushuntirib bering.
5. Kirxgofning birinchi va ikkinchi qonunlarini ta'riflang. Matematik ifodasini yozing.
6. Qarshilik Uistston ko'prigida qanday o'lchanadi?

7 - Laboratoriya Ishi

AMPER KUCHINI VA MAGNIT MAYDON INDUKSIYASINI ANIQLASH

Kerakli asboblari: Taqasimon magnitlar, < Arg'umchoq > simon osilgan o'tkazgich, tok manbai, chizg'ich va ulash simlari.

Ishning maqsadi

Laboratoriya ishini bajarish natijasida talaba;

- Amper qonunini bilishi;
- Amper qonunini qo'llab doimiy magnitning magnit maydon induksiya-sini aniqlay olishi zarur.

Topshiriq

1. Laboratoriya qurilmasining tuzilishi bilan tanishing.
2. Tajriba natijalaridan Amper kuchining qiymatini toping.
3. Magnit maydon induksiya-sining modulini hisoblang.

Asosiy nazariy ma'lumotlar

Magnit maydoni deb, harakatlanuvchi zaryadlar, tokli o'tkazgich va doimiy magnitlar atrofida hosil bo'ladigan maydonga aytiladi. Demak, magnit maydonini faqat harakatlanuvchi zaryadga, tokli o'tkazgichga va doimiy magnitlarga ta'sir orqaligina aniqlash mumkin.

Magnit maydoniga joylashtirilgan to'g'ri tokli o'tkazgichga F_A - Amper kuchi ta'sir etadi. Amper qonuni quyidagicha ta'riflanadi. Magnit maydoniga kiritilgan (dl) elementar uzunlikdagi tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi elementar kuch (dF_A) o'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchiga, o'tkazgichning uzunligi ($d\vec{l}$) bilan magnit maydon induksiya-si (\vec{B}) ning vektor ko'paytmasiga to'g'ri proporsional

$$dF_A = I \cdot [d\vec{l} \cdot \vec{B}] \quad \text{yoki} \quad dF_A = I \cdot B \cdot dl \cdot \sin(d\vec{l} \cdot \vec{B}), \quad (1)$$

bu yerda, $d\vec{l}$ vektorning yo'nalishi tok yo'nalishi bilan bir xil (1-rasm).

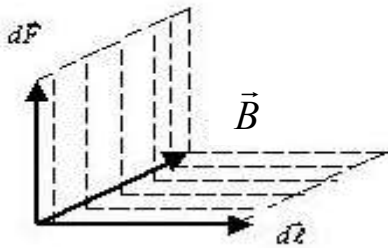
Cekli uzunlikdagi tokli o'tkazgichga magnit maydoni tomonidan ta'sir etuvchi Amper kuchi quyidagicha aniqlanadi:

$$F_A = \int_0^l (IB \sin \alpha) \cdot dl, \quad (2)$$

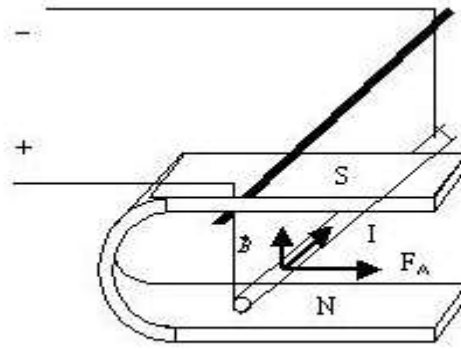
bunda integrallash o'tkazgichning butun uzunligi bo'yicha olinadi. Bir jinsli magnit maydoni ($\vec{B} = const$) va doimiy tok ($I = const$) bo'lgan hol uchun esa,

$$F = IB l \sin \alpha,$$

bu yerda α burchak - $d\vec{l}$ va \vec{B} vektorlar orasidagi burchak.



1-rasm



2-rasm

Agar $d\vec{l} \perp \vec{B}$ bo'lsa, $d\vec{F}_A$ kuchning yo'nalishi chap qo'l qoidasi bilan topiladi.

Agar chap qo'lning kaftiga magnet induksiya vektori tik kirsa, to'rt barmoq yo'nalishi elektr tokining yo'nalishi bo'yicha joylashtirilsa, bu holda 90° ga ochilgan bosh barmoq, magnet maydoniga kiritilgan tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi Amper kuchi yo'nalishini ko'rsatadi.

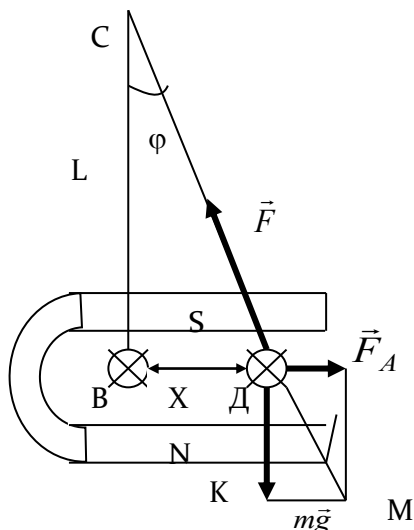
Bu holda $\sin 90^\circ = 1$, va Amper kuchi maksimal bo'ladi (2-rasm).

Amper qonuni magnet maydonning kuch xarakteristikasi bo'lgan (\vec{B}) ni ta'riflash imkonini yaratadi. Magnet maydon induksiyasi deb, bir birlik tok elementi ($I d\vec{l}$) ga ta'sir etuvchi Amper kuchining maksimal qiymatiga teng bo'lgan fizikaviy kattalikka aytiladi

$$B = \frac{dF_{\max}}{I dl}$$

Bunga ko'ra magnet maydon induksiyasining o'lchov birligi - tesla (Tl) ning ta'rifini berish mumkin. 1 Tl - bir jinsli magnet maydonining shunday induksiyasiki, bunda maydon yo'nalishiga perpendikular joylashtirilgan o'tkazgichdan 1A tok o'tganda, o'tkazgichning har bir metriga 1 N kuch ta'sir etadi, ya'ni

$$1 \text{ Tl} = 1 \frac{\text{N}}{\text{A}\cdot\text{m}}$$



3 - rasm

Qurilmaning tuzilishi va o'lchash usuli

Laboratoriya ishini o'tkazish uchun Amper kuchini "arg'imchoq" yordamida kuzatish usulidan foydalaniladi. "Arg'imchoq" qalin mis simdan iborat bo'lib, uning ikki uchiga emal himoya qoplamali ingichka ikkita ip kavsharlangan. "Arg'imchoq" shtativga mahkamlangan izolatsiyalovchi sterjenga osilgan. "Arg'imchoq"ning mis simi

taqasimon magnit qutblari orasiga joylashtirilgan.

Tok o'tkazilganda mis sim Amper kuchi ta'sirida ma'lum (x) masofaga siljiydi (3-rasm). Muvozanat holatida o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuchlar kompensatsiyalangan bo'lib, natijaviy kuch nolga teng

$$m\vec{g} + \vec{F}_A + \vec{F} = 0$$

bunda: $m\vec{g}$ – mis o'tkazgichga ta'sir etuvchi og'irlik kuchi, \vec{F}_A – Amper kuchi, \vec{F} – "arg'imchoq"ning taranglik kuchi.

3-rasmdan KDM va BCD uchburchaklar o'xshashligidan α - kichik burchaklar uchun quyidagi munosabatni yozish mumkin:

$$\frac{F_A}{x} = \frac{mg}{L}, \text{ bundan } F_A = \frac{mgx}{L}$$

Amper kuchini o'lchab, magnit maydon induksiyasini quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$B = \frac{F_A}{I \cdot l}$$

bunda I – mis o'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchi; l – magnit ichidagi o'tkazgich uzunligi.

[Ishni bajarish tartibi va o'lchash natijalarini hisoblashga doir uslubiy ko'rsatmalar](#)

1. Osma "arg'imchoq"ning uzunligi – L va magnit maydon ichidagi mis o'tkazgich uzunligi l (uni magnitning kengligiga teng deb olinadi) o'lchanadi.
2. Doimiy tok manbai ulanadi. Ulashdan oldin manba ko'rsatkichi nolga keltirib olinadi. Tok kuchining qiymati qo'yilib, magnit maydonidagi "arg'imchoqqa" osilgan mis o'tkazgichning boshlang'ich holatidan qanchaga og'gani (x) chizg'ich yordamida aniqlanadi.
3. $F_A = \frac{mgx}{L}$ formula orqali Amper kuchi hisoblanadi, m - o'tkazgich massasi (qurilmada ko'rsatilgan bo'ladi).
4. $B = \frac{F_A}{I \cdot l}$ formula bo'yicha magnit maydon induksiyasi hisoblanadi, bunda I – zanjirdagi tok kuchi bo'lib, u ampermetr bo'yicha aniqlanadi.
5. 1-4 bandlar tok kuchining boshqa qiymatlari uchun ham takrorlanadi (bunda tok kuchi 2A dan oshmasligi kerak).
6. Ikkita bir xil magnitni birlashtirish orqali magnit maydon ichidagi o'tkazgich uzunligini ikki marta oshirib, tajribaning takrorlash mumkin.
7. Tajriba natijalari quyidagi jadvalga yoziladi.

T/r №	O'tkazgich uzunligi, l (m)	x (m)	Tok kuchi, I (A)	Amper kuchi F_A (N)	Magnit maydon induksiyasi			O'lchash xatoligi, $\varepsilon = \frac{\langle \Delta B \rangle}{\langle B \rangle} \cdot 100\%$
					B (T)	$\langle B \rangle$	$\langle \Delta B \rangle$	
1								
2								
3								
4								
5								

NAZORAT SAVOLLARI

1. Nimalar magnit maydon manbalari bo'lishi mumkin? Ushbu ishda magnit maydoni nima orqali hosil qilinadi?
2. Amper kuchini vektor va skalyar ifodalarini yozing va Amper qonunini ta'riflang. Amper kuchining yo'nalishi qanday aniqlanadi.
3. Magnit maydon induksiyasini va SI tizimida magnit maydon induksiyasi birligini ta'riflang.
4. Parallel toklar uchun Amper formulasini yozing va tok kuchi birligi (amper)ning ta'rifini ayting.
5. O'lchash va hisoblashlarni o'tkazish tartibini tushuntirib bering.

ADABIYOTLAR

1. Savelyev I.V. "Umumiy fizika kursi", II tom. Toshkent, "O'qituvchi", 1983.
2. Ismoilov M.I., Habibullayev P.K., Xaliulin M.G. Fizika kursi (Mexanika, elektr, elektromagnetizm). Toshkent, "O'zbekiston", 2000.
3. Ahmadjonov O. Fizika kursi, 2- qism, Toshkent, "O'qituvchi" 1985.
4. Трофимова Т.И. Курс физики. Москва. «Высшая школа» 1990.
5. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. Москва. «Высшая школа», 1989
6. Kalashnikov S.G.. Elektr. Toshkent, "O'qituvchi", 1979.

8- LABORATORIYA ISHI

TANGENS-BUSSOL YORDAMIDA YER MAGNIT MAYDON KUCHLANISHINING GORIZONTAL TASHKIL ETUVCHISINI ANIQLASH

Kerakli asboblari: Tangens-Bussol, aylana shaklidagi tokli g'altak, doimiy tok manbai, kalit, ampermetr, reostat

Ishning maqsadi

Laboratoriya ishini bajarish natijasida talaba:

- Magnit maydon tavsiflari \vec{B} va \vec{H} ta'riflari va ular orasidagi bog'lanish; Yer magnitizmi haqida tasavvurga ega bo'lishi kerak.
- Turli shakldagi tokli o'tkazgichlarning magnit maydon induksiyasini hisoblash uchun Bio-Savar-Laplas qonunini qo'llashni bilishi kerak.

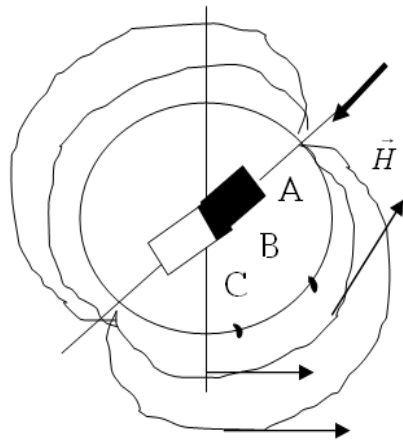
Topshiriq

1. Tangens-Bussol yordamida yer magnit maydon kuchlanganligining gorizonttal tashkil etuvchisini o'lchash.
2. O'lchash xatoliklarini hisoblash

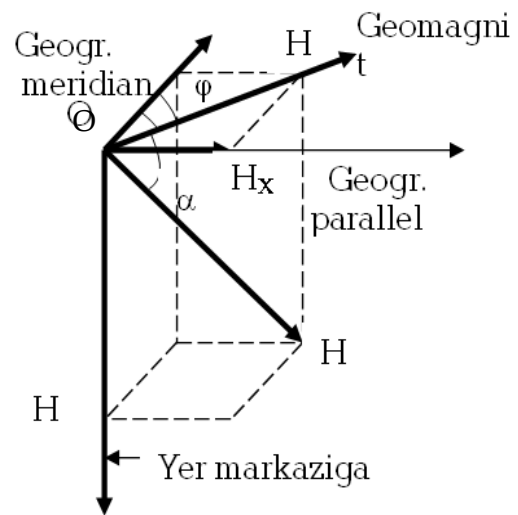
Asosiy nazariy ma'lumotlar

Yer magnetizmi, geomagnetizm – Yerning xususiyatlaridan biri, Yer shari atrofidagi magnit maydoniga bog'liqdir. Yerning magnit qutblari geografik qutblariga mos kelmaydi va vaqt o'tishi bilan o'z o'rnini o'zgartirib turadi. Yerning janubiy magnit qutbi shimoliy geografik qutbi yaqinida shimoliy magnit qutbi esa janubiy geografik qutbi yaqinida joylashgandir (1-rasm). Yer magnit maydonini taxminan Yer markazidan bir necha yuz kilometr janubda joylashgan magnit momenti $P_m = -8,1 \cdot 10^{22} \frac{J}{Tl}$ ga teng bo'lgan magnit dipoli hosil qilgan maydon deb qarash mumkin.

Yer magnit maydoni kuchlanganligi uncha katta bo'lmasa ham u juda keng tarqalganligi sababli uning energiyasi juda kattadir. Yerning magnit induksiya oqimiga teng bo'lgan magnit induksiya oqimi hosil qilishlik uchun, Yer ekvatoriga o'ralgan simdan 660 mln amper kattalikdagi tokni o'tkazishi kerak bo'lar edi.



1-rasm



2-rasm

Yer magnit maydonini kompasning magnit strelkasi yordamida osongina tekshirish mumkin. Agar magnit strelkasi og'irlik markazidan yengil ipga osib qo'yilsa, u Yer magnit maydon kuch chiziqlari, ya'ni maydon kuchlanganligi vektori \vec{H} bo'ylab oreintatsiyalanadi. Xususiyl hollarda, Yerning magnit maydon kuchlanganligi ekvatorida gorizontall yo'nalgan bo'lib 0,34 erstedga va qutbda esa vertikal yo'nalgan bo'lib 0,66 erstedga tengdir.

\vec{H} vektorning miqdori Yer magnetizmining elementlari, ya'ni magnit og'ish burchagi (φ), gorizontall tashkil etuvchisi (\vec{H}_0), enkayish burchagi (α) va vertikal tashkil etuvchisi \vec{H}_z bilan ifodalanadi.

Yer magnetizmi elementlari to'g'ri burchakli koordinatalar sistemasida quyidagicha joylashgan (2-rasm): y -geografik meridian, x -geografik kenglik va z -vertikal chiziq bo'ylab yo'nalgan koordinata o'qlari. Yer magnit maydon kuchlanganligi \vec{H} ning x , y , z - o'qlariga bo'lgan proyeksiyalari \vec{H}_x , \vec{H}_y , \vec{H}_z - larga Yer magnit maydonining shimoliyl, sharqiy va vertikal tashkil etuvchilari deb ataladi.

Yer magnit maydon kuchlanganligi \vec{H} vektorning gorizontall tekislikdagi proyeksiya \vec{H}_0 ga Yer magnit maydon kuchlanganligining gorizontall tashkil etuvchisi deyiladi.

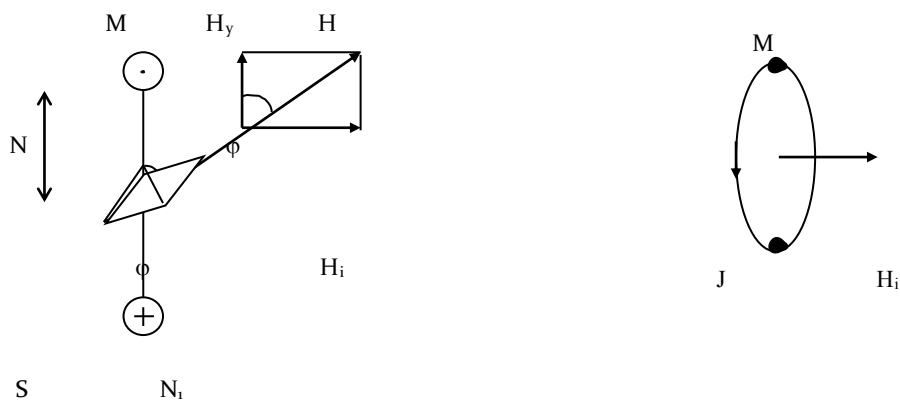
\vec{H} vektor joylashgan H_0OZ tekislikka magnit meridian tekisligi deyiladi. Magnit meridian tekisligi H_0OZ bilan YOZ tekisligi orasidagi burchak φ ga magnit maydonning og'ish burchagi deyiladi va Yer magnit maydon kuchlanganligi \vec{H} vektor bilan gorizontall tashkil etuvchisi \vec{H}_0 orasidagi burchak α ga esa enkayish burchagi deyiladi.

Yer magnetizmini xarakterlovchi kattaliklar, ya'ni elementlar kompas, magnet teodometr, turli magnetometrlar, magnet tarozilar, magnet variometrlar va boshqalar yordamida o'lchanadi. Bundan tashqari, dengizda, havoda o'lchash uchun kema, samolyot va vertolyotlarga maxsus asboblarni o'rnatiladi.

Yerning magnet maydoni doimiy va o'zgaruvchan magnet maydonlardan tashkil topgandir. Doimiy magnet maydoni Yer yuzining hamma joyida mavjud bo'lib, juda sekin, "asriy" ravishda o'zgaradi. U Yer magnet maydonining 99% ni tashkil qiladi. Yer doimiy magnet maydonning mavjud bo'lishiga sabab Yer ichki qatlamlarida kechadigan turli jarayonlar sabab bo'ladi. O'zgaruvchan magnet maydon Yer magnet maydonining 1% ni tashkil etadi va Yer atmosferasining yuqori qatlamlarida hosil bo'lgan elektr toklaridan vujudga keladi. Shu bilan birga, Yer magnet maydonining tasodifiy o'zgarishlari ham mavjuddir. Yer magnet maydonining tasodifiy o'zgarishlari Quyoshda sodir bo'ladigan chaqnash hodisalariga ham bog'liq, ular magnet bo'ronlariga sabab bo'ladi, radiolokatorni buzadi.

Qurilmaning tuzilishi va o'lchash usuli

Tangens-galvanometr (tangens-bussol) (n) ta vertikal sim o'ramidan iborat (r) radiusli g'altakdan va g'altak markaziga gorizontalk tekislikda joylashtirilgan kompasdan tashkil topgan. G'altakda tok bo'lmaganda magnet strelkasi Yerning (N-S) magnet meridiani bo'ylab joylashadi.



G'altakni vertikal o'q atrofida aylantirib g'altak tekisligini magnet meridian tekisligi bilan ustma-ust tushirishga erishish mumkin (3-rasm).

Bunday holatda g'altak orqali tok o'tkazilsa, magnet strelkasi qandaydir (φ) burchakka buriladi. Bu holat magnet strelkasiga 2 ta maydon ta'siri orqali tushuntiriladi: Yerning magnet maydoni (gorizontalk tashkil etuvchisi) H_0 va tok hosil qilgan maydon H_i . Superpozitsiya prinsipiga

ko'ra, magnit strelkasiga ta'sir etuvchi natijaviy magnit maydon kuchlanganligi \vec{H} , \vec{H}_0 , \vec{H}_i , vektorlarning geometrik yig'indisiga teng:

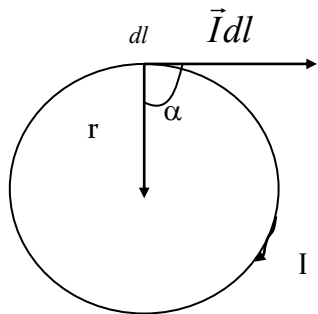
$$\vec{H} = \vec{H}_0 + \vec{H}_i$$

Bitta asosga o'ralgan (n) ta o'ramdan iborat aylanma o'tkazgichning markazidagi magnit maydon kuchlanganligi

$$H_i = \frac{In}{2r}, \quad (1)$$

bunda I – o'ramdagi tok kuchi, r – g'altak radiusi, n – o'ramlar soni.

(1) ifodani ($I d\vec{\ell}$) tok elementi uchun Bio-Savar-Laplas qonunidan osongina olish mumkin



5-rasm

$$d\vec{H} = \frac{1}{4\pi} \frac{I [d\vec{\ell}, \vec{r}]}{r^3} \quad \text{yoki} \quad dH = \frac{1}{4\pi} \frac{Id\ell \sin \alpha}{r^2}$$

Aylanma tok elementi (dl) uchun $\alpha = \frac{\pi}{2}$, $\sin \alpha = 1$

(5-rasm).

Superpozitsiya qonuniga binoan

$$H = \int dH = \frac{1}{4\pi} \cdot \frac{I}{r^2} \int_0^{2\pi} d\ell = \frac{I}{2r}$$

n ta o'ram uchun esa,

$$H_i = \frac{In}{2r}.$$

Aylanma tok kuchlanganligi \vec{H}_i o'ram tekisligiga perpendikular bo'lgan tekislikda yotadi (4-rasm). Chunki aylanma tokli o'ramning tekisligi bilan mos tushadi, u holda \vec{H}_i vektor \vec{H}_0 vektorga perpendikular

$$3\text{-rasmdan ko'rinadiki,} \quad \text{tg} \varphi = \frac{H_i}{H_0} \quad \text{va} \quad H_0 = \frac{H_i}{\text{tg} \varphi}. \quad (2)$$

Shunday qilib, (1) va (2) ifodalardan Yer magnit maydonining gorizonta tashkil etuvchisini hisoblash formulasini keltirib chiqaramiz:

$$H_0 = \frac{In}{2r \text{tg} \varphi} = \frac{In}{2r} \text{ctg} \varphi \quad (\text{A/m})$$

H_0 ni tangens-bussol g'altagidagi tokning 3-5 ta qiymatida o'lchab,

$H_{o'r} = \frac{\sum H_{0i}}{n}$ o'rtacha qiymat va og'ishning o'rtacha qiymati topiladi:

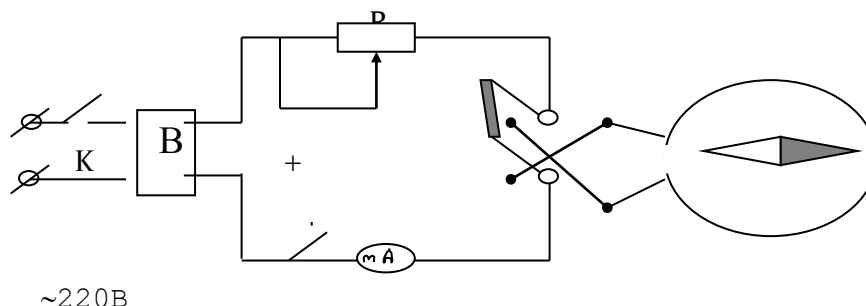
$$\Delta H_{o'r} = \frac{\sum \Delta H_{0i}}{n} \quad \text{bu yerda,} \quad \Delta H_{0i} = |H_{o'r} - H_{0i}|$$

Strelka uchlarning o'ram markazi bilan aniq mos tushmasligi sababli shimoliy (φ_N) va janubiy (φ_S) uchlari bo'yicha hisoblashlar olish

kerak. Xatoliklarni kamaytirish uchun har bir tok qiymati uchun og'ish burchagi (φ' va φ'') tokning turli yo'nalishlari uchun ikki martadan o'lchanadi va hisoblanadi

$$\varphi_i = \frac{\varphi_{iN}^I + \varphi_{iS}^I + \varphi_{iN}^{II} + \varphi_{iS}^{II}}{4}$$

Qurilmaning elektr sxemasi 6-rasmda berilgan.



6-rasm

Ishni bajarish tartibi va o'lchash natijalarini hisoblashga doir uslubiy ko'rsatmalar

1. Tangens-galvanometrni shunday o'rnatiladiki, o'ram tekisligi magnet meridiani bilan mos tushsin.
2. K (K') kalit va П – o'tkazuvchilar ulanib, tok manbai yoqiladi. O'zgaruvchi rezistor (R) yordamida magnet strelkasini 30° - 50° gacha og'diruvchi tok kuchi beriladi. I_i – ampermetr ko'rsatishi va (φ'_{iN} va φ'_{iS}) burchaklarning qiymatlari berilgan tok uchun jadvalga yoziladi.
3. Almashtirgich (П) yordamida tok yo'nalishi o'zgartirilib I_i'' va φ''_{iN} va φ''_{iS} qiymatlari yoziladi.
4. Tajriba tokning 3 ta turli xil qiymatlarida takrorlanadi.
5. $H_{0o'r}$, $\Delta H_{0o'r}$ larning qiymatlari hisoblab topiladi

$$H_0 = H_{0o'r} \pm \Delta H_{0o'r} \quad , \quad \delta = \frac{\Delta H_{0o'r}}{H_{0o'r}} \cdot 100\%$$

N ^o	I_i^I	I_i^{II}	$I_i (A)$	φ'_{iN}	φ'_{iS}	φ''_{iN}	φ''_{iS}	φ_i	H_{oi}	$H_{oo'r}$	ΔH_{oi}	$\Delta H_{oo'r}$	δ
1													
2													
...													

NAZORAT SAVOLLARI

1. Magnet induksiya vektori deb nimaga aytiladi va u qanday birliklarda o'lchanadi?
2. \vec{B} vektorning yo'nalishi qanday aniqlanadi?
3. Magnet maydon kuchlangani va induksiyasi qanday bog'langan?

4. Magnit maydoni grafigi qanday tavsiflanadi. Elektr va magnit maydonlarining tasviri qanday ifodalanadi.
5. Magnit maydoni superpozitsiya prinsipi qayerda qo'llaniladi.
6. Bio-Savar-Laplas qonuni formulasini (vektor va skalyar) ko'rinishlarini yozing. Bu qonunning grafigi talqinini bering.
7. Bio-Savar-Laplas qonunini aylanma tok magnit maydonini hisoblashga tatbiqi.
8. Yer magnit maydon kuchlanganligining gorizonta tashkil etuvchisini topish usulini tushuntiring va hisoblash formulasini keltirib chiqaring.

ADABIYOTLAR

1. Savelyev I.V. "Umumiy fizika kursi", II tom. Toshkent, "O'qituvchi", 1983.
2. Ismoilov M.I., Habibullayev P.K., Xaliulin M.G. Fizika kursi (Mexanika, elektr, elektromagnetizm). Toshkent, "O'zbekiston", 2000.
3. Ahmadjonov O. Fizika kursi ,2- qism, Toshkent, "O'qituvchi" 1985.
4. Трофимова Т. Курс физики. Москва. «Высшая школа» 1990.
5. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. Москва. «Высшая школа», 1989
6. Kalashnikov S.G.. Elektr. Toshkent, "O'qituvchi", 1979.

9- Laboratoriya Ishi

SOLENOID O'QIDAGI MAGNIT MAYDONINI O'RGANISH

Kerakli asboblari: Solenoid, flyuksmetr (galvanometr ga ulangan N ta o'ramdan tashkil topgan sinov galtagi), tok manbai, milliampermetr, ulash simlari.

Ishning maqsadi

Laboratoriya ishini bajarish natijasida talaba:

- elektromagnit induksiyasi hodisalarini va magnit maydonning asosiy fizikaviy kattaliklarini ta'riflay bilishi kerak;
- Bio-Savar-Laplas qonunini turli shakldagi tokli o'tkazgichlarning magnit maydon kuchlanganligini hisoblashda qo'llashni o'rganishi zarur;
- flyuksmetr yordamida solenoidning magnit maydonini o'rganishda elektromagnit induksiyasi hodisasining ahamiyatini tushuntirib berishi kerak.

Topshiriq

1. Flyuksmetr yordamida magnit maydon induksiyasini o'lchash usulini o'rganish;
2. Olingan natijalar asosida ballistik galvanometr ko'rsatkichlari η ning solenoid o'qidagi ixtiyoriy nuqtaning x koordinata bilan bog'lanish grafiqi $\eta=f(x)$, yoki $B=f(x)$ ni chizish.
3. Olingan natijalarni tahlil qilish.

Asosiy nazariy ma'lumotlar

Toklarning magnit maydonini hisoblash asosida tok elementi (Idl), maydonning superpozitsiya prinsipi va Bio-Savar-Laplas qonunlari yotadi

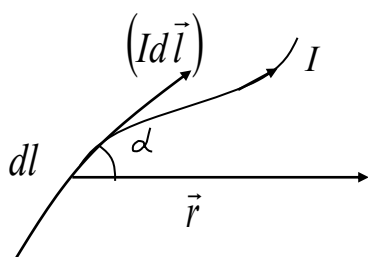
$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I [d\vec{l}, \vec{r}]}{4\pi r^3}, \text{ yoki } dB = \frac{\mu_0 Idl \sin \alpha}{4\pi r^2},$$

bu yerda, \vec{r} -dl tokli o'tkazgichdan magnit maydon induksiyasi hisoblanayotgan maydondagi A nuqtagacha bo'lgan radius-vektor (1-rasm).

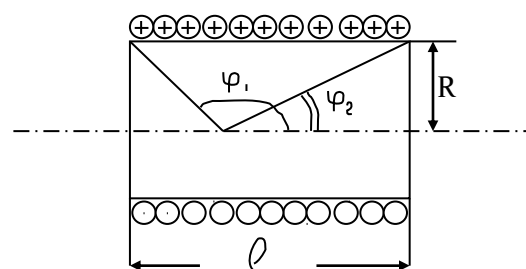
I -tok kuchi, $d\vec{l}$ -tok o'tayotgan tomonga yo'nalgan elementar o'tkazgich uzunligi, $(Id\vec{l})$ - vektor kattalik elementar tok, \vec{r} - elementar tokdan magnit induksiyasi aniqlanayotgan nuqtagacha yo'nalgan radius-vektor, α - $(Id\vec{l})$ va \vec{r} vektorlar orasidagi burchak.

Bio-Savar-Laplas formulasini

va



88



2 - rasm

superpozitsiya prinsipini qo'llash natijasida solenoid o'qidagi magnit maydon induksiyasini aniqlash mumkin

$$B = \frac{\mu_0 In}{2} (\cos \varphi_2 - \cos \varphi_1),$$

bunda I - tok kuchi, n - solenoidning bir birlik uzunligiga to'g'ri keluvchi o'ramlar soni, φ_1 va φ_2 - magnit maydon induksiyasi o'lchanayotgan nuqtadan solenoidning chetki o'ramlariga o'tkazilgan radius-vektorlar orasidagi burchaklar (2-rasm). Solenoid markazida esa,

$$\cos \varphi_2 = \frac{2l}{\sqrt{l^2 + 4R^2}}, \quad \cos \varphi_1 = -\cos \varphi_2$$

Bundan

$$B = \frac{\mu_0 Inl}{\sqrt{l^2 + 4R^2}} = \frac{\mu_0 In}{\sqrt{1 + \frac{4R^2}{l^2}}}$$

Agar solenoidning uzunligi uning o'ramlari diametridan ancha katta bo'lsa $l \gg 2R$, u holda, solenoiddan tashqarida hosil bo'lgan magnit maydon induksiyasi nolga teng bo'ladi, maydon solenoid ichida bir jinsli bo'lib, quyidagiga teng

$$B = \mu_0 \frac{IN}{l} = \mu_0 In,$$

bu yerda I - solenoid o'ramlaridan o'tuvchi tok kuchi, l - cheksiz uzun solenoidning bir qismi uzunligi, N - l uzunlikdagi o'ramlar soni, $n = \frac{N}{l}$ - bir birlik uzunlikka mos keluvchi o'ramlar soni.

Ixtiyoriy S -yuzadan o'tuvchi magnit oqimi deb, quyidagi fizik kattalikka aytiladi

$$\Phi = \int_S B_n dS, \quad \text{yoki} \quad \Phi = \int_S (\vec{B}_n \cdot d\vec{S})$$

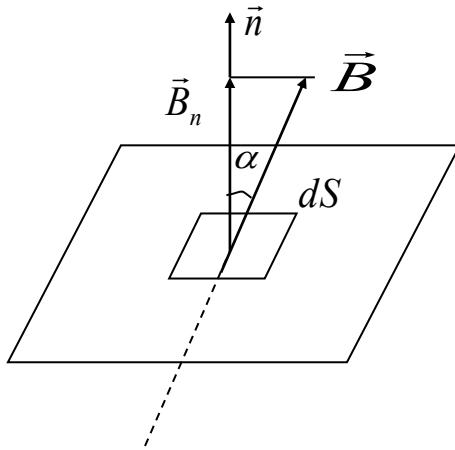
bunda $B_n = B \cos \alpha$ - \vec{B} vektorning dS birlik yuzaga tushirilgan n normalga proyeksiyasi. (3-rasm). Bir jinsli magnit maydonda oqim $\Phi = BS \cos \alpha$ ga teng.

Yopiq o'tkazuvchi konturidagi magnit oqimining o'zgarishi, konturda induksion tokni hosil qiladi, bu hodisa elektromagnit induksiya hodisasi deyiladi.

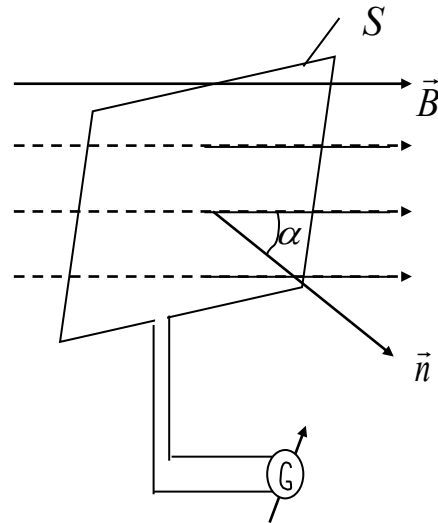
Faradey qonuniga ko'ra, yopiq konturda hosil bo'lgan induksion EYuK, shu kontur bilan chegaralangan yuza orqali o'tayotgan magnit induksiya oqimining o'zgarish tezligiga miqdor jihatdan teng, yo'nalishi esa qarama-qarshidir

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}.$$

Agar o'tkazuvchi konturdan o'zgaruvchan tok o'tsa, u holda uning atrofida o'zgaruvchi magnit maydoni hosil bo'ladi. Binobarin, konturning



3- rasm



4- rasm

o'zida induksion EYuK ning hosil bo'lishiga olib keladi, bu o'zinduksiya hodisasi deyiladi.

O'zinduksiya EYuK quyidagiga teng

$$\varepsilon_S = -L \frac{dI}{dt}, \quad \Phi = LI,$$

bunda, L - o'tkazgichning induktivligi bo'lib, Φ va I orasidagi proporsionallik koeffitsiyenti, u faqat konturning geometrik shakli, o'lchami va muhitning magnit singdiruvchanligiga bog'liq.

Induktivlikning o'lchov birligi genri (Gn)

$$1Gn = 1 \frac{V \cdot s}{A}.$$

Cheksiz uzun solenoidning induktivligi

$$L = \mu\mu_0 n^2 V,$$

bu yerda, V -solenoid hajmi, $V = Sl$, $n = \frac{N}{l}$.

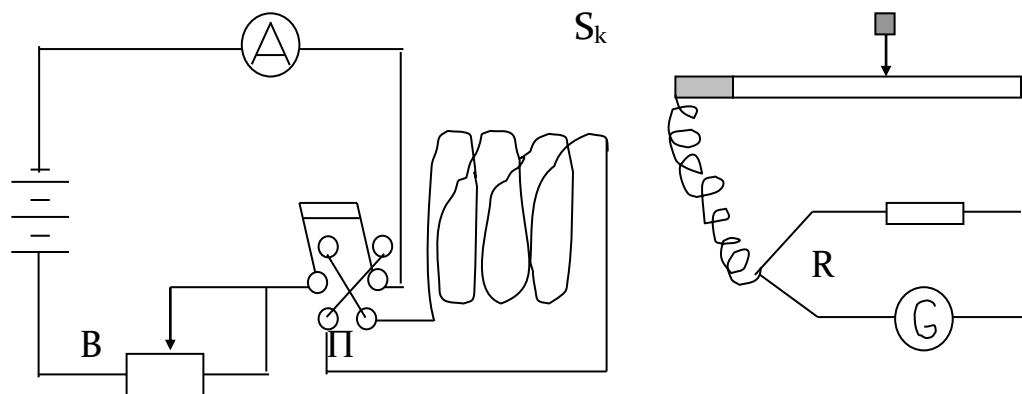
Konturning induktivligi undan o'tayotgan tokning o'zgarishiga nisbatan olingan elektr "inersiya"si hisoblanadi: ya'ni, tok kuchi asta sekin ortadi yoki kamayadi.

Qurilmaning tuzilishi va o'lchash usuli

Magnit maydonni o'lchash usullaridan biri elektromagnit induksiyasi hodisasiga asoslangan.

N ta o'ramlardan tashkil topgan g'altakni galvanometr bilan ulab, o'rganilayotgan magnit maydonga joylashtirilgan (4-rasm).

Flyuksmetr deb, elektromagnit induksiya qonuniga binoan induksiyalangan zaryadni o'lchab, magnit oqimini aniqlashga imkon beradigan qurilmaga aytiladi. Flyuksmetrning asosiy gismi galvanometrga ulangan N ta o'ramdan tashkil topgan sinov galtigidan iborat (4-rasm). Galvanometr strelkasining og'ishi $\Delta\Phi$ magnit oqimining o'zgarishiga proporsional va oqimni hamda magnit maydon induksiyasi B ni o'lchash mumkin.



Galvanometr zanjiridan o'tuvchi induksion tok tashuvchi zaryadni aniqlash mumkin. Elektromagnit induksiya qonuniga asosan

$$\varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt},$$

Om qonuniga asosan galvanometr zanjirida induksiyalangan tok kuchi

$$I_i = \frac{\varepsilon_i}{R},$$

bu yerda R -galvanomentr zanjiridagi umumiy qarshilik. Tok kuchi ifodasiga ko'ra

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

Bundan ,

$$dq = Idt = \frac{\varepsilon}{R} dt = -\frac{d\Phi}{R},$$

$$q = -\frac{1}{R} \int_{\Phi_1}^{\Phi_2} d\Phi = -\frac{\Phi_2 - \Phi_1}{R} = -\frac{\Delta\Phi}{R}. \quad (1)$$

Odatda, magnit oqimini o'zgartirish uchun quyidagi usullarining biridan foydalaniladi:

- a) magnit maydonda sinov g'altagi 90° yoki 180° ga buriladi;
- b) g'altak, o'lchanayotgan maydon sohasidan, nolinci maydon sohasiga chiqariladi, yani g'altak magnit maydonida harakatlantiriladi;
- v) g'altak tinch holatda qoldirilib, o'lchanayotgan magnit maydoni o'zgartiriladi.

Ushbu laboratoriya ishida (5-rasm) ko'ndalang kesim yuzasi S va o'ramlar soni N bo'lgan sinov g'altagi, induksiya chiziqlariga perpendikular holda joylashtirilgan, magnit maydonni o'chirib- ulanadi. Solenoiddagi tok kuchi (B) tok manbai orqali hosil qilinadi. Solenoid zanjiriga (A) ampermetr ulangan.

Sinov g'altagining solenoid ichkarisida joylashishi (x) masshtabli chizg'ich orqali aniqlanadi.

Bu ishda harakatlanuvchi tizimli yuqori inersiya momentiga ega bo'lgan ballistik galvanometr ishlatiladi.

Galvanometr ramkasining ballistik og'ishi unda tok bo'lmaganda sodir bo'ladi, uning impulsini o'lchanayotgan zaryad tashib o'tadi. Tok impulsining davomiyligi sekundning yuzdan yoki mingdan bir qismini tashkil etadi.

Ballistik galvanometr nazariyasiga ko'ra uning zanjiridan oqib o'tuvchi zaryad miqdori, galvanometr qo'zg'almas tizimining birinchi og'ishidagi bo'limlar soniga proporsional (ballistik og'ish).

$$q = b\eta, \quad (2)$$

b – galvanometrning ballistik doimiysi.

Magnit maydon induksiyasi kattaligi quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi

$$B = \frac{\Delta\Phi}{NS}$$

(1) va (2)ni hisobga olgan holda,

$$B = \frac{Rq}{NS} = \frac{Rb}{NS}\eta \quad (3)$$

ifodani olamiz. Ya'ni B induksiya kattaligi galvanometrning ballistik og'ishiga proporsional.

Ushbu ishdan maqsad $B(x)$ orasidagi bog'lanish grafigini olish. (3) formuladan, B galvanometrning birinchi ballistik og'ishi η ga proporsional bo'lgani uchun, $\eta(x)$ bog'lanish grafigini chizish mumkin.

**Ishni bajarish tartibi va o'lchash natijalarini hisoblashga doir
uslubiy ko'rsatmalar**

1. Galvanometrning yorituvchi qurilmasi ulanadi va ko'rsatishi "nol" holatga keltiriladi.

2. Sinash g'altagini solenoid markaziga joylashtiriladi va Π -pereklyuchatel yordamida solenoid zanjiriga tok berilib, ballistik og'ish η kuzatiladi. Solenoiddagi tok shunday tanlanadi, bunda galvanometrning ko'rsaishi ("0" ga yaqin bo'lmasligi va juda katta bo'lmasligi kerak). Agar ikki marta katta og'ishlarni olish kerak bo'lsa, u holda tokni o'chirmasdan perpendikular yo'nalishini, uni markazida ushlab turmasdan tez almashtirish kerak.
3. 2 banddagi o'lchashlar tokning bir xil qiymatida, lekin sinash g'altaning har xil (tashqi tomondan har 1 sm da va solenoid o'rta qismidan har 2-3 sm da) qaytariladi. Tokning o'zgarmasligiga qarab turiladi.
4. Hamma o'lchashlar tokning boshqa qiymatlarida qaytariladi, B va I larning proporsionalligiga iqror bo'lish kerak.
5. Quyidagi jadval to'ldiriladi.

X cm							
η_1							
η_2							
$\langle \eta \rangle$							I=

6. Ikkala grafikni millimetrli qog'ozga chiziladi $B(x)$, $\eta(x)$

NAZORAT SAVOLLARI

1. Magnit oqimi deb nimaga aytiladi? O'lchov birligi nima? Nimalarga bog'liq?
2. Berk sirt ichidan o'tuvchi \vec{B} vektor oqimini ta'riflovchi teoremani tushuntiring (Gauss teoremasi). Uning fizik ma'nosi nimada?
3. Elektromagnit induksiya hodisasini va uning qoidasini ta'riflang.
4. Induksion tok olib o'tgan elektr miqdori nimaga teng (formulasini keltirib chiqaring).
5. Cheklangan solenoid magnit maydoni cheksiz uzun solenoid maydonidan nima bilan farq qilinadi? Bio-Savar-Laplas qonunidan va sirkulyatsiya teoremasidan foydalanib cheksiz uzun solenoid va cheklangan solenoidning (chetida va o'rtasida)gi induksiyasini hisoblash formulasini keltirib chiqaring.
6. O'zinduksiya hodisasini ta'riflang va uni ushbu ishda ishlatilishini tushuntiring? Induktivlik nima? Induktivlikning o'lchov birligi? Solenoidning induktivligi nimaga teng?

7. Ballistik galvanometr yordamida magnit maydonni induksion usulda o'rganish nimadan iborat? Ishni bajarish tartibini va usulini tushuntirib bering.

10 - Laboratoriya Ishi.

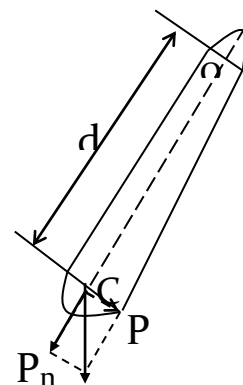
Fizik va matematik mayatniklarning tebranishlarini o'rganish va erkin tushish tezlanishini aniqlash

Ishdan maqsad. Talaba laboratoriya ishini bajarishi natijasida quyidagilarni bilishi kerak: tebranma jarayonlarni tavsiflovchi fizik kattaliklarni ma'nosini; garmonik tebranishlar qonunlarini va ularning tenglamalarini; ma'lum bir tebranma tizim uchun garmonik tebranishlar differensial tenglamasini tuza olishi.

Kerakli asboblari va uskunalari: fizik va matematik mayatniklar; mashtabli chizg'ich; shtangelsirkul; sekundomer.

Qisqacha nazariy ma'lumotlar

Og'irlik markazidan o'tmagan gorizontal o'q atrofida erkin tebrana oladigan qattiq jismga **fizik mayatnik** deyiladi. M massali A jism (1-rasm) O nuqtaga osib qo'yilgan bo'lsin. Jismning og'irlik markazi C jism osilgan nuqtadan d uzoqlikda joylashgan. Og'irlik kuchi P jismning og'irlik markaziga qo'yilgan deb faraz qilaylik. A jismni muvozanat holatidan α kichik burchakka og'dirib, so'ng qo'yib yuboraylik. U holda jism, og'irlik kuchi P ning tangensial tashkil etuvchisi P_t ta'sirida muvozanat holat atrofida T ga teng tebranish davri bilan tebranadi. Jismning harakat tenglamasini yechib, tebranish davrini topish mumkin. Haqiqatan, o' o'qiga nisbatan og'irlik kuchining momenti:



1-rasm

$$M = -P d \sin \alpha \quad (1)$$

ga teng. Bundagi minus ishora, R kuchining siljishga qarama-qarshi yo'nalganligini ko'rsatadi. Bu moment ta'sirida jism $\beta = \frac{d^2 \alpha}{dt^2}$ ga teng burchak tezlanish oladi. Aylanma harakat uchun Nyutonning ikkinchi qonunidan

$$\beta = \frac{M}{I}$$

(2)

ga teng. Bunda I - jismning aylanish o'qi o ga nisbatan inersiya momenti. M ning qiymatini (1) formuladan (2) ga qo'yib va oq'ish burchagi kichik bo'lganda $\sin \alpha \approx \alpha$ deb olinsa,

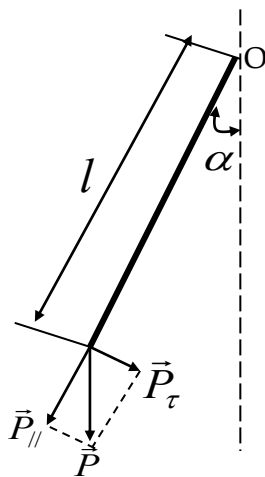
$$\frac{d^2 \alpha}{dt^2} = -\frac{mgd}{I} \alpha \quad (3)$$

tenglama hosil bo'ladi. Bu tenglama oq'irlik kuchi ta'sirida hosil bo'lgan garmonik tebranma harakatni differensial tenglamasidir. Bu tenglamadan siklik chastotani

$$\omega^2 = \frac{mgd}{I}. \text{ Ikkinchidan, } \omega = \frac{2\pi}{T} \text{ yoki } T^2 = \frac{4\pi^2}{\omega^2} \text{ ekanligini}$$

eslab, fizik mayatnikning tebranish davri ifodasini topamiz:

$$T_{\phi} = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgd}}, \quad (4)$$



2-rasm

Oq'irligi hisobga olinmasa bo'ladigan darajada kichik va cho'zilmaydigan ipga osilgan moddiy nuqtaga (2-rasm) **matematik mayatnik** deyiladi. Agar shunday mayatnikni muvozanat holatidan kichik burchakka oq'dirilsa, u T tebranish davri bilan tebrana boshlaydi va uni osongina topish mumkin. Moddiy nuqtaning O o'qiga nisbatan inersiya momenti $I = ml^2$ ga teng. Moddiy nuqtaning oq'irlik markazi nuqtaning o'zida bo'lganidan $d = l$ ga teng bo'ladi. Shularni hisobga

olib, (4) - formulani quyidagicha yozamiz:

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (5)$$

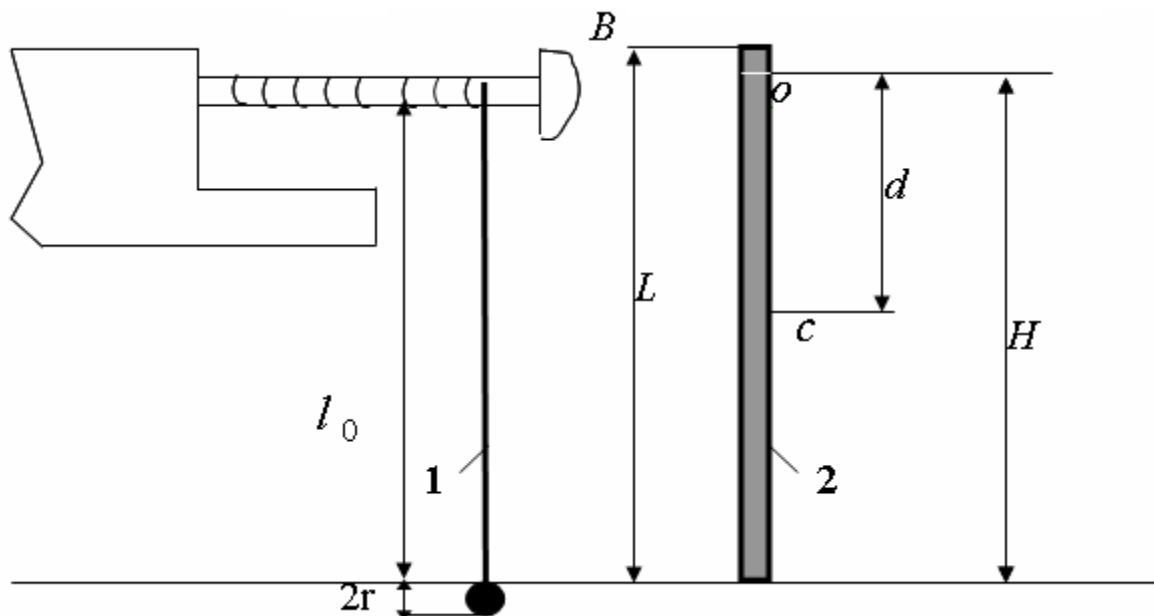
(4) va (5) - formulalarni solishtirib, fizik mayatnikda l_k matematik mayatnikning uzunligi kabi rolni o'ynashini ko'ramiz. Shuning uchun $\frac{I}{md}$ ga **fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi** deyiladi. Har qanday fizik mayatnik uchun, shunday uzunlikdagi matematik mayatnik tanlash mumkinki, ularning tebranish davrlari birday bo'lsin, u holda

$$l_k = \frac{I}{md} \quad (6)$$

bo'ldi. Demak, fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi deb, shunday matematik mayatnikning uzunligiga aytiladiki, fizik va matematik mayatniklarni tebranish davrlari bir-biriga teng bo'ldi.

Qurilmaning tuzilisi va ishni bajarish tartibi

Bu ishda matematik mayatnik bilan fizik mayatniklar (3-rasm) ning sinxron,



3-rasm. (1-matematik, 2-fizik mayatniklar)

ya'ni bir xil davr bilan tebranishiga erishiladi. Shu paytdagi matematik mayatnik uzunligi, fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi bo'ldi. Matematik mayatnik sifatida, kronshteyntirqishi-dan o'tgan (3-rasm) ipga osilgan sharcha olingan. B q'altakni aylantirib, ipni uzaytirish va qisqartirish mumkin. Bu ko'ri-nishdagi matematik mayatnikning uzunligi $l = l_0 + r$ bo'ldi, fizik mayatnik sifatida esa L uzunlikdagi bir jinsli silindrik sterjen olingan. Sterjenni oq'irlik markazi C uning o'rtasida joylashgan deb hisoblaymiz.

Shteyner teoremasiga asosan sterjenni aylanish o'qiga nisbatan inersiya momenti:

$$I = I_0 + md^2 = \frac{1}{12} mL^2 + md^2 \quad (7)$$

Bu ifodani (6) ga qo'yib, fizik mayatnikning keltirilgan uzunligini hisoblash formulasini hosil qilamiz:

$$l_k = \frac{I}{md} = \frac{\frac{1}{12} mL^2 + md^2}{md} = \frac{L^2}{12d} + d \quad (8)$$

Bu formuladan ko'rinadiki, d va L ni o'lchab, fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi osongina topiladi. Lekin fizik mayatnikning keltirilgan uzunligini tajribada matematik mayatnik uzunligini o'zgartirib ham topish mumkin.

1. Matematik va fizik mayatniklar muvozanat holatdan kichik burchakka (8°) oq'dirib, ularning sinxron tebranishiga erishiladi. Keyin matematik mayatnik uzunligi $l = l_0 + r$ hisoblanadi. Xuddi shu uzunlik tajribada aniqlangan, fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi bo'ladi. Tajribani 3-marta takrorlab fizik mayatnik keltirilgan uzunligining o'rtacha qiymati aniqlanadi.

2. Fizik mayatnik uzunligi L , osilgan nuqtasidan sterjen oxirigacha masofa H o'lchanib, o'lchanganlar asosida $d = H - \frac{L}{2}$ topiladi. Topilgan L va d larning qiymatlarini (8) formulaga qo'yib, fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi nazariy hisoblanadi.

3. O'lchangan va hisoblanganlarni 1-chi jadvalga yozish tavsiya etiladi.

Fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi l_k ning tajribada o'lchangan qiymati, (8) formula bo'yicha hisoblangan qiymatiga yaqin bo'lishi kerak.

1-jadval

Tajribaning tartib raqami	r m	l_0 m	Tajriba asosida l_k , m	L m	H m	d m	Formula bo'yicha hisoblangan $l_{k,m}$
1.							
2.							
3.							
4.							

MATEMATIK MAYATNIK YORDAMIDA ERKIN TUSHISH TEZLANISHINI ANIQLASH

1. Matematik mayatnik ipining uzunligi l_0 ni chizg'ich bilan, sharchaning diametri d ni shtangensirkul bilan o'lchab, mayatnik uzunligi $l = l_0 + r$ hisoblanadi.

2. Mayatnikni kichik burchak (8°) ga oq‘dirib, so‘ng qo‘yib yuboriladi va sekundomer ishga tushiriladi. Mayatnik 20-30 marta to‘la tebrangach, sekundomer to‘xtatiladi va tebranishlar soni va tebranishlar uchun ketgan vaqt yozib olinadi.
3. Tebranishlar uchun ketgan vaqt (t) ni tebranishlar soni (N) ga bo‘lib, tebranish davri (T) aniqlanadi.
4. Mayatnik uzunligini o‘zgartira borib, tajriba 5 marta takrorlanadi. Tajribada o‘lchangan va hisoblangan kattaliklarning qiymatlari 2-jadvalga yozib boriladi.
5. Erkin tushish tezlanishini $g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2}$ formula bo‘yicha aniqlanadi.
6. Erkin tushish tezlanishini aniqlashda yo‘l qo‘yilgan absolyut va nisbiy xatoliklar hisoblanadi.

2-jadval

Tajriba tartib raqami	l_0 m	r m	l m	t s	N	T=t/N s	g m/s ²	ε (g) %)
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								

Nazorat uchun savollar

1. Tebranma harakat siljish tenglamasi. Tebranish amplitudasi, fazasi, chastotasi, davri, erkin tebranma harakat differensial tenglamasi.
2. Tebranma harakat kinematikasi: tezlik va tezlanish.
3. Tebranma harakat energiyasi.
4. Fizik va matematik mayatniklarni ta‘riflang.
5. Fizik mayatnikning keltirilgan uzunligi deb nimaga aytiladi?

11-Laboratoriya Ishi

Soʻnuvchi tebranishlarni oʻrganish va soʻnishning logarifmik dekrementini aniqlash.

Ishdan maqsad. Talaba laboratoriya ishini bajarishi natijasida quyidagilarni bilishi kerak: soʻnuvchi tebranishlarni tavsiflovchi fizik kattaliklar (amplituda, chastota, soʻnuvchi tebranishlar davri, soʻnish koeffitsiyenti, sonish dekrementi, relaksatsiya vaqti, asillik) ni va bu kattaliklar orasidagi oʻzaro boqʻlanishni; biror mehanik tizim uchun soʻnuvchi tebranishlar differensial tenglamasini tuza olishi; yuqorida koʻrsatilgan kattaliklarni aniqlashni va olingan natijalarni tahlil qilishi.

Kerakli asboblari va uskunalari: Tebranuvchi gurilma; sekundomer; mashtabli chizqʻich; qoʻshimcha yuklar; tarozi.

Qisqacha nazariy maʼlumotlar

Tebranuvchi, oʻzaro boqʻlangan jismlar toʻplami – tebranuvchi tizim deyiladi. Agar tebranish uzoq davom etsa, tizimga muhitning taʼsiri sezilarli boʻlib, tebranish amplitudasi vaqt oʻtishi bilan kichrayib boradi. Bunday tebranishlar soʻnuvchi tebranishlar deyiladi. Tebranish sekin soʻnsa va tebranish amplitudasi kichik boʻlganda, soʻnuvchi tebranishlarni davriy, muhit qarshilik kuchini esa tebranuvchi jism tezligiga proporsional deb hisoblash mumkin:

$$R = -r \frac{dx}{dt},$$

(1)

bu yerda R – qarshilik kuchi, r – esa qarshilik koeffitsiyenti. Tebranuvchi sistemaga kvazielastik kuch

$$F_{\text{kvz. el.}} = -kx$$

(2)

ham taʼsir etganida, soʻnuvchi tebranayotgan sistemani harakat

tenglamasini quyidagicha yozamiz: $m \frac{d^2x}{dt^2} = -r \frac{dx}{dt} - kx.$

Bu ifodani nolga tenglab m – ga boʻlsak,

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{r}{m} \cdot \frac{dx}{dt} + \frac{k}{m}x = 0. \quad (3)$$

Belgilashlar kiritamiz:

$$2\beta = \frac{r}{m}, \text{ bundan } \beta = \frac{r}{2m}$$

(4)

ga soʻnish koeffitsiyenti deyiladi,

$$\omega^2 = \frac{k}{m}$$

(5)

tebranishning tsiklik davriy chastotasi. U holda (3) ni quyidagicha yozish mumkin.

$$x + 2\beta x + \omega^2 x = 0 .$$

(6)

Bu ifoda, soʻnuvchi tebranishning differensial tenglamasi deyiladi. Differensial tenglamalar nazariyasida bu koʻrinishdagi tenglamani yechimi

$$x = A_c e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi)$$

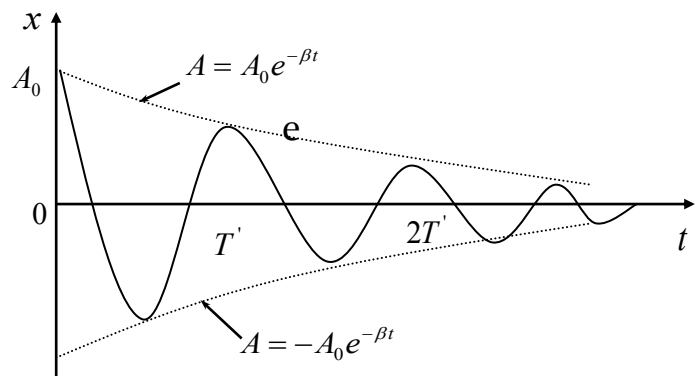
(7)

koʻrinishga ega ekanligi isbotlanadi. Bu tenglamadagi koʻpaytma

$$A_t = A_0 e^{-\beta t} ,$$

(8)

soʻnuvchi tebranishning amplitudasi deb ataladi. U vaqt oʻtishi bilan eksponensial qonun boʻyicha kamayadi (1-rasm). Bunda β -soʻnish koeffitsiyenti boʻlib, soʻnuvchi tebranish amplitudasi A_t 2. 718 marta kamayishi uchun kerakli vaqtga teskari kattalik.



Soʻnish koeffitsiyentining qiymatini tebranayotgan jism massasini qoʻshimcha yuk yordamida oʻzgartirish mumkin.

1-rasm

Bir-biridan bir marta toʻla tebranish davriga farq qiluvchi amplitudalar nisbatiga

soʻnish dekrementi deyilad

$$D = \frac{A(t)}{A(t+T)} = \frac{A_0 e^{-\beta t}}{A_0 e^{-\beta(t+T)}} = e^{\beta T} .$$

(9)

Amplitudalar nisbatidan olingan natural logarifmga - soʻnishning logarifmik dekrementi deyiladi:

$$D = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} = \beta T .$$

(10)

Vaqt boʻyicha bir toʻla tebranish davriga farq qiluvchi amplitudalar bir-biridan oz farq qilganidan, soʻnish koeffitsiyentini kam xato bilan aniqlash uchun, bir-biridan n ta davr uzoqdagi amplitudalar oʻlchanadi. Haqiqatdan:

$$\frac{A_0}{A_1} = e^{\beta T}, \quad \frac{A_1}{A_2} = e^{\beta T}, \quad \frac{A_{n-1}}{A_n} = e^{\beta T}.$$

Bu ifodalarni ko'paytirib, so'ng logarifmlansa,

$$\frac{A_0}{A_1} \cdot \frac{A_1}{A_2} \cdot \frac{A_2}{A_3} \dots \frac{A_{(n-1)}}{A_n} = (e^{\beta T})^n, \quad \ln \frac{A_0}{A_n} = n\beta T.$$

(11)

Demak, n – ko'p bo'lsa, so'nish koeffitsiyentini kichik xato bilan aniqlash mumkin.

2. QURILMANING TAVSIFI VA TAJRIBANI

O'TKAZISH TARTIBI

Ishni bajarish uchun 2-rasmda ko'rsatilgan qurilmadan foydalanish mumkin. Qurilma alyumin trubkaga osib qo'yilgan 12 sm diametrli kavak sharda iborat bo'lib, mayatnik uchiga ko'rsatkich strelka maxkamlangan. Ko'rsatkich strelka masshtabli shkala bo'ylab harakatlanib, tebranish amplitudasining o'zgarishini kuzatish va o'lchash imkonini beradi.

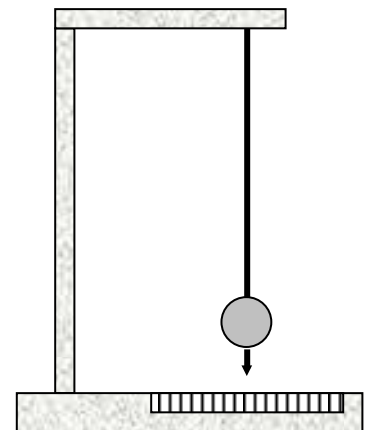
Tajribani o'tkazish tartibi quyidagicha bo'ladi:

1. Tebranuvchi sistemani, qo'shimcha yuksiz, muvozanat holatdan chiqarib, boshlanq'ich amplituda A_0 shkala bo'yicha o'lchanadi.
2. Sistema qo'yib yuboriladi va sekundomer ishga tushiriladi.

Tebranish amplitudasi 2-3 bo'lakka kamayguncha tajriba davom etadi.

Tebranish amplitudasi 2-3 bo'lakka kamaygach, sekundomer to'xtatiladi va tebranishning oxirgi amplitudasi A_1 o'lchanadi.

3. Tajribani kamida ikki boshlanq'ich amplituda uchun takrorlash kerak.
4. Qo'shimcha yukchalarni tebranuvchi sistemaga maxkamlab, 1, 2, 3 – da aytilganlar takrorlanadi.
5. Tajriba natijalarini quyida keltirilgan jadvalga yozib borish tavsiya etiladi.
6. Tajribada o'lchanganlar asosida tebranishning davri, so'nishning logarifmik dekrementi va so'nish koeffitsiyenti aniqlansin.
7. So'nishning logarifmik dekrementini aniqlashda yo'l qo'yilgan absolyut va nisbiy xatolik hisoblanadi.



2-rasm

T.r	YUKSIZ						
N ^o	A ₀ , m	n	t s	T=t/N...s	$D = \frac{1}{n} \ln \frac{A_0}{A_1}$	$\beta = \frac{D}{T}$	$\delta (D)$
1.							
2.							
3.							

Yukcha tebranuvchi sistemaga maxkamlangan							
1.							
2.							
3.							

TEKSHIRISH UCHUN SAVOLLAR

1. So‘nuvchi tebranishni ta’riflang, so‘nish sabablarini tushuntiring.
2. So‘nuvchi tebranishning differensial tenglamasini yozing. So‘nish koeffitsiyentini ta’riflang.
3. So‘nuvchi tebranishning amplitudasini vaqt o‘tishi bilan o‘zgarish qonunini ayting va formulasini yozing. Chizmasini chizib ko‘rsating.
4. So‘nishning logarifmik dekrementini ta’riflang va formulasini yozing.
5. So‘nishning logarifmik dekrementini va so‘nish koeffitsiyentini tajribada aniqlash tartibini bayon eting.

12-Laboratoriya Ishi.

Torning xususiy tebranishini rezonans usuli bilan tekshirish

Ishdan maqsad. Talaba laboratoriya ishini bajarishi natijasida quyidagilarni bilishi kerak: o‘lchash usullari nazariyasini; torning xususiy tebranishlar xossalarini; oberton va garmonika tushunchalarini; turgun to‘lqinlarni hosil bo‘lishi va ularning xossalarini; majburiy tebranishlar nazariyasini va rezonans hodisasini; tajribada hosil bo‘ladigan garmonikalarni ajrata olishni.

Kerakli asboblari va uskunalar: tovush to‘lqinlari generatori, torli qurilma, chizq‘ich, mikrometr, yukchalar, tarozi.

Qisqacha nazariy ma’lumotlar



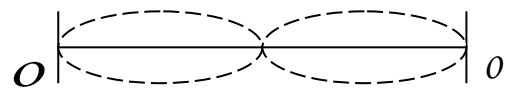
1-rasm

Interferentsiyaning alohida ko‘rinishi – bu turq‘un to‘lqinlardir. Ular ikkita bir-biriga qarama-qarshi yo‘nalishda tarqalayotgan

yuguruvchi to'liqlarning usnma-ust tushishi natijasida xosil bo'ladi. Masalan, ikki uchi mahkamlangan ℓ uzunlikdagi torni olaylik (1-rasm). Agar shu torning ma'lum bir nuqtasini muvozanat holatdan chiqarib so'ng o'z holiga qo'yib yuborilsa, u nuqta elastiklik kuchi ta'sirida garmonik tebranma harakat qiladi. Tebranuvchi nuqtaning energiyasi qo'shni nuqtalarga uzatilib ularni tebranma harakatga keltiradi va kichik vaqt o'tgandan keyin torning mahkamlangan nuqtasidan bo'shqa hamma nuqtalari tebrana boshlaydi. Torning barcha nuqtalari birday fazada tebranadi, ya'ni maksimal siljish nuqtalariga bir vaqtda yetib keladi, muvozanat vaziyatlaridan bir vaqtda o'tadi va hokazo. Tebranishning siljishi tebranuvchi nuqta torning qayerdaligiga bog'liq: biz tekshirayotgan torning o'rtasida joylashgan nuqta eng katta siljishga, chetki nuqtalari esa kichik siljishga ega bo'ladi. Tebranish davri esa hamma nuqtalar uchun birday bo'lib, torning tarangligiga va oq'irligiga boq'liqdir (1-rasm). Jismning ichki elastik kuchlar ta'siridagi tebranishiga shu jismning xususiy tebranishi deyiladi. Agar yuqorida aytilgan torning o'rtasidan ham mahkamlab, so'ng tebranishga majbur etilsa (2-rasm) yana garmonik tebranish hosil bo'ladi, faqat o'rtasidagi nuqta tebranmaydi. Bu holda hosil bo'lgan tebranishning davri 1-rasmda hosil bo'lgan tebranish davridan ikki marta kichik bo'ladi.

Agar torning chetki nuqtalaridan tashqari yana ikki nuqtasidan mahkamlansa

(teng uch bo'lakka bo'linadigan qilib) (3-rasm), hosil bo'lgan tebranishning davri (1-rasm)da hosil bo'lgan tebranish davridan uch marta kichik bo'ladi (3-rasm).

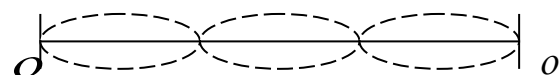


2-rasm

Tebranayotgan jismda (torda), ayrim nuqtalarning qo'zg'almasdan qolishi, qolgan nuqtalarning birday fazada tebranishiga turg'un to'liqin deyiladi. To'liqinning muxitni qo'zq'almas nuqtalariga to'q'ri kelgan yerlarini turq'un to'liqinning tugunlari, eng katta siljishga ega bo'lgan nuqtalariga to'q'ri kelgan yerlarini turq'un to'liqinning do'ngliklari deyiladi.

Ikki qo'shni tugun yoki do'nglik orasidagi masofaga turq'un to'liqinning uzunligi deyiladi.

Yuqorida ko'rilgan misollarimizdan ko'rinadiki, tor uzunligida butun sondagi (1, 2, 3 . . .)



3-rasm

to'liqin uzunlikli turq'un to'liqlar hosil bo'ladi. Tor uzunligida bitta turq'un to'liqin hosil bo'lsa, uni torning asosiy tebranishi yoki asosiy toni deyiladi.

Tor uzunligida bir nechta turq'un to'lqin hosil bo'lsa, ularni torning obertonlari yoki garmonikalari deb yuritiladi (3-rasm).

Agar ixtiyoriy ravishda tebranayotgan torni qisqich yordamida biror nuqtasidan qisilsa, uning hamma garmonikalari qo'shilish natijasida torda murakkab tebranish hosil bo'ladi. Bu holda torning xususiy tebranish davrini aniqlash qiyinlashadi.

Lekin amalda murakkab tebranishning ayrim garmonikasini kiritib olib, so'ng uni tebranish davrini o'lchash usullari mavjuddir. Keng tarqalgan usullaridan biri rezonans hodisasidan foydalanishdir.

Agar xususiy tebranayotgan jismga, mos ravishda davriy o'zgaruvchan kuch bilan ta'sir etilsa, tebranishning amplitudasi orta boshlaydi. Agar majburlovchi kuchning tebranish davri, jismning xususiy tebranish davriga yaqinlashsa, tebranishning amplitudasi eng katta qiymatga intiladi.

Biz ko'rib o'tgan xususiy tebranish, tebranma davrlari $T_0, \frac{T_0}{2}, \frac{T_0}{3}, \dots$, yoki tebranish chastotalari ν_1, ν_2, ν_3 , yoki $\nu_0, 2\nu_0, 3\nu_0, 4\nu_0$, bo'lgan tebranishlarning qo'shilishlaridan iborat. Agar shu tebranuvchi torga davriy o'zgaruvchan kuch bilan ta'sir etilsa, masalan ν_2 ga teng chastota tanlansa, rezonans hodisasi natijasida unga tebranishning $2\nu_0$ – chastotali garmonikasi "javob" bo'ladi. Qolgan garmonikalarning amplitudasi juda kichik bo'lib, ular torning tebranishiga deyarli ta'sir etmaydi. Shunday qilib, davriy ta'sir etuvchi kuchning chastotasini o'zgaitirib, torning xususiy tebranish garmonikalarini ajratib olish mumkin. Rezonans hodisasi paytidagi majburlovchi kuchning chastotasi va torda hosil bo'lgan do'ngliklar soni garmonikaning tartib nomerini va uning chastotasini beradi.

Garmonikaning tartib nomeri torda hosil bo'lgan do'ngliklar soniga teng. Bu laboratoriya ishidan maqsad torning xususiy tebranish chastotasi bilan tarangligi orasidagi bog'lanishni ifodalovchi nazariy formulani tekshirishdan iborat.

Nazariyadan ma'lumki, turg'un to'lqinning uzunligi har doim "chopar" (берущей) to'lqin uzunligining yarmiga teng.

$$\lambda_t = \frac{\lambda}{2} .$$

(1)

Chopar to'lqin uzunligi esa, o'z navbatida tebranishning chastotasi va tarqalish tezligi "c" bilan quyidagicha boq'langan:

$$\lambda = \frac{c}{\nu} .$$

(2)

λ - ning qiymatini (2) formuladan (1) -ga qo'yilsa, torda hosil bo'lgan aniq garmonikali turq'un to'lqinning uzunligini topamiz.

$$\lambda_t = \frac{c}{2\nu_n}.$$

(3)

Bunda ν_n , n - nchi garmonikaning tebarinsh chastotasi. Yuqorida aytilganga ko'ra torda butun sonda ifodalangan turq'un to'lqin hosil bo'ladi:

$$\ell = n\lambda_t.$$

(4)

(3) va (4) formulalarni birlashtirib n - nchi garmonikaning chastotasini topamiz.

$$\nu_n = \frac{nc}{2\ell}.$$

(5)

Nazariyadan ma'lumki, torda to'lqinning tarqalish tezligi

$$c = \sqrt{\frac{P}{\rho S}}$$

(6)

ga teng. Bunda R - torning taranglik kuchi, ρ - esa torning chizirli zichligi, S ning ifodasini (6) dan (5) ga qo'yib, ushbu natijaviy formulani hosil riamiz.

$$\nu_n = \frac{n}{2\ell} \sqrt{\frac{P}{\rho S}}.$$

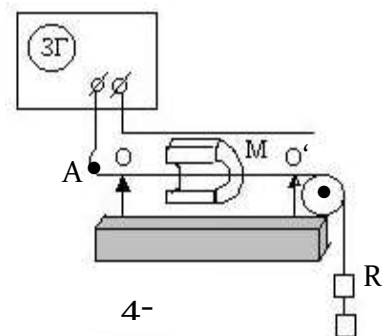
(7)

Laboratoriya ishini maqsadi, shu munosabatni, ya'ni (7) ni tekshirishdan iborat.

ISHNING TAVSIFI

Laboratoriya ishini qurilmasi 4-rasmda keltirilgan. Mis simdan yasalgan torning bir uchi A-da mahkamlangan bo'lib, oo' tayanchga ega.

Torning tayanchlari orasidagi uzunligi l - bo'ladi. Torning ikkinchi uchi blok orqali o'tib, R yuk yordamida taranglashadi. Torning doimiy magnit maydoniga joylashtirib, so'ng undan chastotasi 20 dan 20000 Gs gacha o'zgaradigan tovush generatori orqali o'zgaruvchan tok o'tkaziladi.



Ma'lumki, magnit maydoniga joylashtirilgan tokli o'tkazgichga Amper kuchi ta'sir etadi. Bu kuch o'tkazgich uzunligiga, o'tkazgichdan o'tayotgan tokka proporsionaldir. Berilgan taranglikdagi tordan o'tayotgan tokning chastotasi sekin orttira borilsa, kichik chastotada tor deyarlik qo'zq'almaydi. Tok chastotasini orttirishi davom ettirilsa, torda hosil bo'lgan tebranishning siljishi orta boradi va ma'lum ν_1 chastotada maksimumga erishadi. Shu vaqtda torning o'rtasida do'nglik kuzatiladi. Tok chastotasini yana orttirilsa, torda hosil bo'lgan tebranishning siljishi minimum holatga keladi, chastota $\nu_2=2\nu_1$ bo'lganda tebranishning siljishi yana maksimumga erishadi. Bu holda torning o'rtasida tugun hosil bo'ladi, do'ngliklar soni 2-ta bo'ladi (ikkinchi garmonika). Tok chastotasini yana orttirib, torda 3-chi, 4-chi va hokazo garmonikalarni uyq'otish mumkin.

TAJRIBANI BAJARISH TARTIBI

1. Torning mahkamlangan uchiga R yuk osib, tarang tortiladi.
2. Tordan o'tayotgan tokning chastotasini generator yordamida o'zgartirib, birinchi, ikkinchi va hokazo garmonikalar uchun rezonans chastotalar aniqlanadi. Topilgan chastotalarning karrali ekanligiga ishonch hosil qilish zarur.
3. Yukni yana ikki marta o'zgartirib, torning tarangligi o'zgartiriladi va tajriba takrorlanadi.
4. Har bir taranglikda torda o'lchangan garmonikalarning rezonans chastotalari bo'yicha birinchi garmonikaning o'rtacha rezonans chastotasi hisoblanadi:

$$V_{\text{1o'rt}} = \frac{\nu_1 + \frac{1}{2}\nu_2 + \frac{1}{3}\nu_3 + \dots + \frac{1}{n}\nu_n}{n}.$$

5. ν o'rtacha, formula (7) bo'yicha $n=1$ deb hisoblangan chastota bilan solishtiriladi. Buning uchun torning uzunligi va diametrini o'lchab, misning zichligi jadvaldan olinadi.
6. Tajriba natijalari jadvalga yoziladi.

1-jadval

l m	d m	ρ S kg/ m	Taranglik kuchi R, N	Garmonika tartibi	Rezonans ν_n	ν_1 - Q'o'tacha chastota	Formula bo'yicha hisoblangan
				1. 2. 3.			

TEKSHIRISH UCHUN SAVOLLAR

1. Turq'un to'lqin tenglamasini yozing va turq'un to'lqin hosil bo'lish mexanizmini bayon eting.
2. Torning asosiy toni va obertoni deb nimaga aytiladi?
3. Torda to'lqinni tarqalish tezligi formulasini yozing.
4. Torning xususiy tebranishlarini tekshirishda tartib etilgan rezonans usulini tushuntirib bering.
5. Qurilma chizmasini chizing va tushuntirib bering.

13- Laboratoriya Ishi.

Havoda tovushning tarqalish tezligini turq'un to'lqinlar usuli bilan aniqlash

Ishdan maqsad. Talaba laboratoriya ishini bajarishi natijasida quyidagilarni bilishi kerak: to'lqin jarayonlari nazariyasini va ularning asosiy tavsiflarini; tovush to'lqini nima ekanligini; to'lqinlar superpozitsiyasi nazariyasini;

turq'un to'lqinlar tavsifini; o'lchash va natijalarni tahlil qilishni.

Kerakli asboblari va uskunalari: tovush to'lqinlari generatori; tovush to'lqini tarqaladigan va ichiga qo'zq'uvchi porshen o'rnatilgan metal trubka; mashtabli chizq'ich; tovushni eshitish uchun rezina naychasi.

Qisqacha nazariy ma'lumotlar

Muhitning davriy deformatsiyalanishi natijasida hosil bo'lgan to'lqinsimon harakatga tovush to'lqinlari yoki qisqacha tovush deyiladi. Tovush to'lqinlari faqat elastik muhitlarda hosil bo'ladi va tarqaladi.

Muhit zarrachalarining tebranish chastotalari 1 sekundda taxminan 20 tebranishdan 20000 tebranishgacha bo'lgan intervaldagilari bizning eshitish a'zoimiz – quloq'imizga yetgach, maxsus tovush sezgisini hosil qiladi. Bu ishda tovushni havoda tarqalishini ko'rib chiqamiz.

Nazariyada tovush manbalari va tovush tarqalayotgan elastik muhit zarrachalarining tebranishi garmonik deb hisoblanadi. Shuning uchun tovush manbai tebranishini ushbu tenglama yordamida ifoda etamiz.

$$S = A_0 \sin \omega t ,$$

(1)

bunda S – tovush manbaining istalgan nuqtasining muvozanat holatdan siljishi, A_0 – tebranishni boshlanq'ich amplitudasi, ω - tebranishning siklik chastotasi va t – vaqt oraliqi. (1) formulada biz boshlanq'ich vaqt

oraliq'ida ($t=0$), tebranuvchi nuqta muvozanat holatda deb olsak ($S=0$), bunday tebranishning boshlanq'ich fazasi nolga teng bo'ladi. Muhitning biror nuqtasidagi tebranishi qo'shni nuqtaga biroz vaqt o'tgandan so'ng yetib keladi. Faraz qilaylik, tovush manbaidan x - oraliq'idagi nuqtaga tovush to'lqin $\tau = \frac{x}{v}$ vaqt o'tgandan so'ng yetib kelsin (bunda v - tovush to'lqinning tarqalish tezligi). Natijada muhitning nuqtadagi tebranishi τ vaqtga kechikiadi, lekin nuqtaning tebranish chastotasi, manbaning chastotasi kabi bo'ladi. Muhit nuqtasining siljishi esa $S=A_0 \sin \omega t'$ ga teng bo'ladi. Bunda $t' = t - \tau$ ga teng. t' ni va τ -ning qiymatlarini hisobga olib muhit nuqtasining siljish formulasini quydagicha yozamiz:

$$s = A_0 \sin \omega \left(t - \frac{x}{v} \right) \quad (2)$$

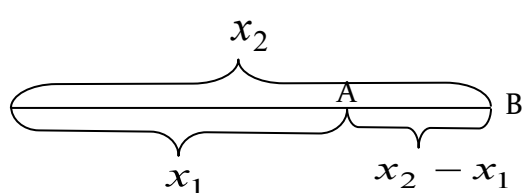
(2) tenglama monoxromatik chopar to'lqin tenglamasi deyiladi. Bu tenglama yordamida, tovush manbaidan istalgan aniq masofadagi muhit zarrachasining muvozanat holatdan siljishini topish mumkin.

To'lqin bir vaqtda yetib kelgan nuqtalarning geometrik o'rni tekislikdan iborat bo'lsa, to'lqin yassi deyiladi. Yassi to'lqin tarqalishida energiya yo'qolmasa, muhit zarrachasining tebranishi amplitudasi A , manbaning tebranish amplitudasi A_0 - ga teng deb olinadi. Doiraviy yoki siklik chastota odatdagi chastota bilan shunday boq'langandir:

$$\Omega = 2\pi \omega.$$

(3)

Odatdagi chastota ν , tebranish davri T bilan ham boq'liq:



1-rasm

$$\nu = \frac{1}{T} \quad (4)$$

(2) formuladan ko'rinadiki, tovush manbai o dan x_1 va x_2 oraliqda joylashgan va masofalar ayirmasi $x_2 - x_1 = 2k\lambda/2$ ga teng bo'lgan nuqtalar (1-rasm) birday fazada tebranadilar. Ularning muvozanat holatga nisbatan siljishlari ham birday bo'ladi. Haqiqatan ham A - nuqtaning t - vaqt oraliq'idagi siljishi:

$$S_A = A \sin \omega \left(t - \frac{x_1}{v} \right) = A \sin \left(\omega t - \frac{\omega}{v} x_1 \right),$$

bo'lsa, shu vaqt oraliq'idagi B -nuqtaning siljishi

$$S_B = A \sin \omega \left(t - \frac{x_2}{v} \right) = A \sin \left(\omega t - \frac{\omega}{v} x_2 \right),$$

lekin

$$x_2 = x_1 + \frac{2\pi v}{\omega}$$

bo'lganidan

$$S_B = A \sin \omega \left(t - \frac{x}{v} - \frac{2\pi}{\omega} \right) = A \sin \left(\omega t - \frac{\omega}{v} x_1 - 2\pi \right)$$

bo'ladi, chunki sinus, davri 2π li davriy funksiyadir. Bir xil fazada tebranuvchi ikki nuqta orasidagi eng yarin masofaga to'lqin uzunligi deyiladi va λ - bilan belgilanadi. Isbotlanganga asosan $\lambda = \frac{2\pi v}{\omega}$ ga teng. λ - ning qiymatini formula (3) ga qo'yib:

$$\lambda = \frac{2\pi v}{2\pi \nu} = \frac{v}{\nu} = \nu T$$

(5)

ni hosil qilamiz. Demak, to'lqin uzunligi, to'lqinni bir tebranish davri T ga teng vaqt oralig'ida bosib o'tgan masofasiga teng ekan.

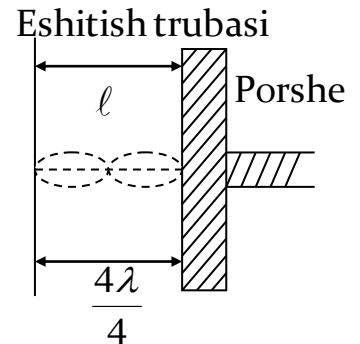
Agar muhit zarrachalarining siljishi to'lqinning tarqalish yo'nalishi bo'yicha bo'lsa, to'lqin bo'yлама deyiladi. Agar muhit zarrachalarining siljishi to'lqinning tarqalish yo'nalishiga perpendikular bo'lsa, to'lqin ko'ndalang deyiladi. Havodagi tovush to'lqinlari ko'ndalang to'lqinlardir.

Tovush to'lqinlari biror to'siqni uchratsa, qisman qaytib, qisman ikkinchi muhitga o'tib, unda tarqalishni davom ettiradi. Natijada muhitning har bir nuqtasi manbadan kelgan va to'siqdan qaytuvchi tebranishlarda ishtirok qiladi. Manbadan ixtiyoriy nuqtaga kelgan to'lqinni hosil qilgan tebranishning siljishi- (2) formulaga asosan

$$S_1 = A \sin \omega \left(t - \frac{x}{v} \right) = A \sin \left(\omega t - \frac{\omega}{v} x \right),$$

ga teng, to'siqdan qaytgan to'lqinning shu nuqtada hosil qilgan siljishi

$$S_2 = A \sin \omega \left(t - \frac{x+2\ell}{v} \right) = A \sin \left(\omega t - \frac{\omega(x+2\ell)}{v} \right) \quad (6)$$



2-rasm

bo'ladi. Manbadan tarqalayotgan chopar to'lqinga qaraganda qaytgan to'lqin (teskari to'lqin) 2ℓ masofani ortiq o'tadi (2-rasm) va siljishga ega tebranishlarning qo'shilishi natijasida ushbu ifoda hosil bo'ladi:

$$S = S_1 + S_2 = 2A \cos \omega \frac{\omega \ell}{v} \cdot \sin \omega \left(t - \frac{x+\ell}{v} \right).$$

(7)

$$\omega = \frac{2\pi}{T}, \quad \text{ekanini eslab,}$$

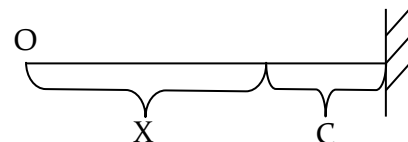
$$S = 2A \cos \omega \frac{2\pi\ell}{\lambda} \cdot \sin 2\pi \left(\frac{t}{\pi} - \frac{x+\ell}{\nu} \right) \quad (7a)$$

hosil qilamiz. Bu tenglamadan ko'rinadiki:

1) Natijaviy tebranish amplitudasi $2A \cos 2\pi\ell/\lambda$, to'siqdan to'q'ri qaytgan to'lqinlar ($\ell=0$) natijaviy tebranish amplitudasi $2A$ ga teng (to'lqin zichligi muhit zichligidan kichik to'siqdan qaytadi deb olinganda)

$$\frac{\lambda}{4}; \frac{3}{4}\lambda; \frac{5}{4}\lambda; \dots \text{ yoki } \ell = (2\kappa + 1) \frac{\lambda}{4}$$

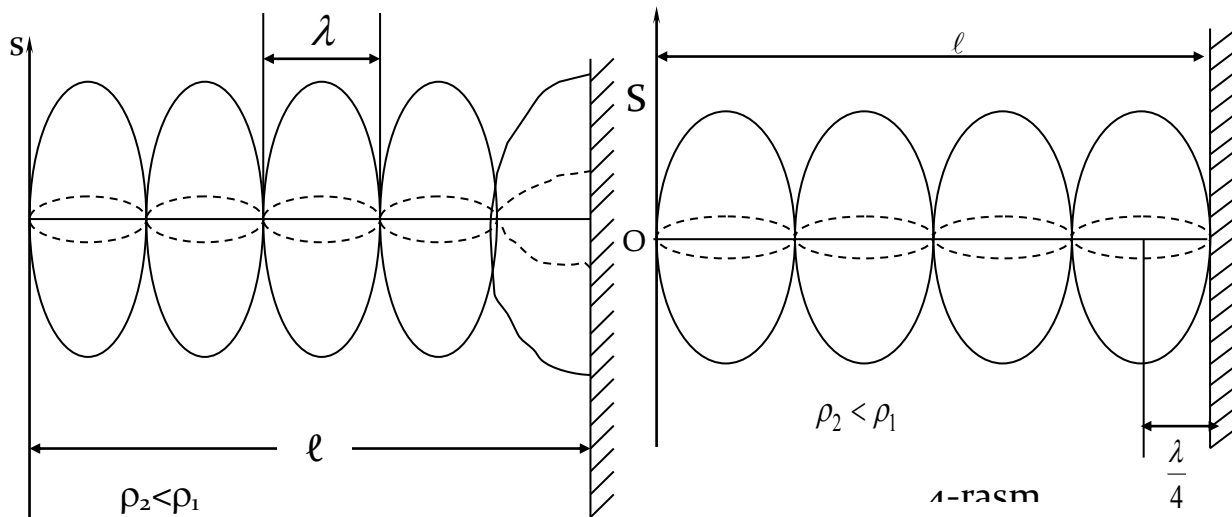
masofalarda natijaviy tebranish amplitudasi nolga teng.



3-rasm

2) Ikki to'lqin sirtlari orasida joylashgan muhit nuqtalari birday faza bilan tebranadilar, chunki (7a) formuladagi $x+\ell$ hamma nuqtalar uchun o'zgarmasdir. Faqat kosinusning ishorasi musbatdan manfiyga o'tganda o'zgaradi.

Bu nuqtalarda uchrashgan to'q'ri va qaytgan to'lqinlarning qo'shilishi natijasida hosil bo'lgan to'lqinga turq'un to'lqin deyiladi (3-rasm). Natijaviy tebranish amplitudasi nolga teng bo'lgan nuqtalarga turq'un to'lqinning tugunlari deyiladi. Natijaviy tebranish amplitudasi eng katta qiymatga teng nuqtalarni turq'un to'lqinning do'ngliklari deyiladi.



1-rasm

Ikki tugun yoki do'nglik orasidagi masofaga turq'un to'lqin uzunligi deyiladi. U chopar to'lqin uzunligining yarmiga teng.

Agar to'liqin zichligi kattaroq muhitdan qaytsa, to'siqda tugun hosil bo'ladi, 1-chi do'nglik esa undan $\frac{\lambda}{4}$ ga teng masofada hosil bo'ladi (4-rasm).

Turq'un to'liqinlar hosil qilish usuli bilan tovush to'liqinining uzunligini va muhitda tovushning tarqalish tezligini aniqlash mumkin. (5)-formuladan ma'lumki.

$$v = \lambda \nu$$

(8)
yoki

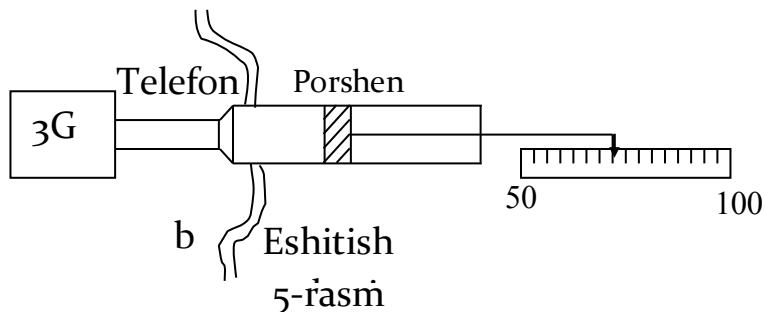
$$v = 2\lambda_t \cdot \nu.$$

(8a)

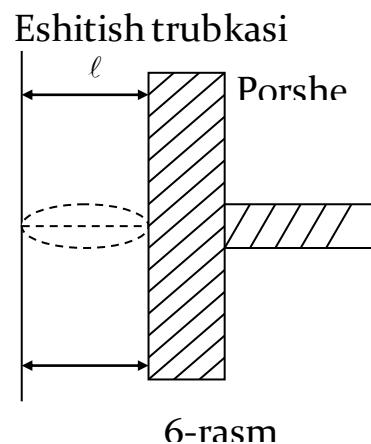
Bu formuladan ko'rinadiki, tovushning tebranish chastotasi va turq'un to'liqinining uzunligi ma'lum bo'lsa, berilgan muhitda tovushning tarqalish tezligini aniqlash mumkin.

ISHNING TAVSIFI

Xavoda tovushning tezligini aniqlash uchun ishlatiladigan qurilma uzunligi 0.5 metr, diametri 4 sm metal trubadan iborat (5-rasm). Trubani bir uchi qo'zq'aluvchi metal porshen bilan berkitilgan bo'lib, uning qancha masofaga qo'zq'atilganligi masshtab lineyka bilan o'lchanadi. Trubaning ikkinchi uchiga tovush manbai sifatida telefon o'rnatilgan. Telefon tovush generatori Г3-33 ga ulangan. Mikrofonga kelayotgan



o'zgaruvchan tokning chastotasini tovush generatori yordamida 20 dan 20000 Gs gacha o'zgartirish mumkin. Tovushni generatorga "amplituda" deb yozilgan buragich yordamida o'rgartirish mumkin. Trubaga telefondan tashqari eshitish trubkasi ham o'rnatilgandir. Telefon membranasidan tarqalayotgan to'liqinlar, trubka ichidagi porshendan qaytadi va chopar to'liqin bilan qaytgan to'liqin uchrashishi natijasida trubka ichida turq'un to'liqinlar hosil bo'ladi. Turq'un to'liqin tugunlari va do'ngliklarining qayerda hosil bo'lishi porshenning



holatiga boq'liq.

Agar eshitish trubkasi bilan porshen orasidagi masofa $\ell = 2k\frac{\lambda}{4}$ ga teng bo'lsa, u nuqtada (6-rasmga qarang) turq'un to'liqini tuguni hosil bo'ladi va tovush eshitilmaydi. Agar $\ell = (2k+1)\frac{\lambda}{4}$, ya'ni tok sondagi chorak to'liqin uzunligiga teng bo'lsa, u nuqtalarda turq'un to'liqinning do'ngliklari hosil bo'ladi, eshitish trubkasida kuchli tovush eshitiladi.

TAJRIBANI O'TKAZILISH TARTIBI

1. Trubka ichidagi porshenni eshitish trubkasiga yarim holatga keltiriladi.
2. Tovush generatori (ГЗ-33) ma'lum bir chastota (mas. 1000 s^{-1}) ga moslanadi.
3. Eshitish trubkasida max kuchli tovush eshitilguncha porshen siljiriladi va porshenning holati yozib olinadi. Porshenni yana surib, tovush maksimumi eshitilayotgan keyingi nuqta topiladi va porshenning shu holati yana yozib olinadi va hokazo. Keyin porshen orqaga surib avvalgidek nuqtalar yozib olinadi. Porshenning ikki maksimum holati bo'yicha o'rta holat topiladi.
4. Porshenning qo'shni maksimum holatlar o'rasidagi masofalar topiladi.
5. Topilgan ayirmalarning o'rta qiymati hisoblanadi. Topilgan son o'lchanayotgan to'liqin uzunligining yarmiga yoki turq'un to'liqin uzunligiga teng bo'ladi.
6. Ma'lum tebranish chastotasi ν ni va turq'un to'liqin uzunligini (8a) formulaga qo'yib, tovushning berilgan muhitda tarqalish tezligi hisoblanadi.
7. Yuqorida aytilganlar turli chastotalarda takrorlanadi.
8. Tovush tezligi o'lchanayotgan paytdagi havo temperaturasini termometrga qarab yozib qo'yiladi.
9. Tovush tezligini o'lchashda qilingan absolyut va nisbiy xatoliklar hisoblanadi.
10. O'lchangan va hisoblangan kattaliklar jadvalga yoziladi.

ν_i	№	ℓ_1^I m	ℓ_1^{II} m	$\bar{\ell}_i$ m	$\lambda_t = \frac{\lambda}{2}$	$\nu = \nu 2\lambda_t$ m/s	Xatolikni hisoblash
ν_1	1.						
	2.						
	3.						
ν_2	1.						

	2.						
	3.						
v_3	1.						
	2.						
	3.						

TEKSHIRISH UCHUN SAVOLLAR

1. To‘lqinning siljishi, amplitudasi, davri, doiraviy, oddiy chastotasi va fazasini ta’riflang.
2. To‘lqin hosil bo‘lish jarayonini tushuntiring. Bo‘ylama va ko‘ndalang to‘lqinlarni ta’riflang va misollar keltiring. Tovush to‘lqinlari deb qanday to‘lqinlarga aytiladi?
3. To‘lqin uzunligini ta’riflang. To‘lqin uzunligi, to‘lqinning tarqalish tezligi va chastotasi orasidagi boq‘lanish formulasini yozing.
4. Yassi to‘lqinni ta’riflang. Yassi to‘lqin tezligini formulasini yozing.
5. To‘lqinlar interferensiyasini tushuntiring.
6. Turq‘un to‘lqin deb qanday to‘lqinlarga aytiladi. Turq‘un to‘lqinning tugunlari va do‘ngliklarining hosil bo‘lishini tushuntiring.
7. Turq‘un to‘lqin usuli bilan tovush tezligini aniqlashni bayoni.

16- Laboratoriya Ishi. Malyus qonunini o‘rganish

Ishdan maqsadi. Polyarizator va analizatoridan o‘tgan yoruq‘lik intensivligining polyarizator va analizator optik o‘qlari orasidagi burchakka boq‘liqligini tajribada tekshirishdan iborat.

Kerakli asboblari va uskunalari: yoruq‘lik manbai, polyarizator va analizator o‘rnatilgan optik qurilma, analizatorning burilish burchagini o‘lchovchi moslama.

YORUQ‘LIKNING QUTIBLANISHI. QUTIBLANMAGAN (TABIY) VA QUTBLANGAN YORUQ‘LIK NURLARI

Maksvel sof nazariya asosida elektromagnit to‘lqinning mavjudligini ko‘rsatib berdi va shuningdek, bu to‘lqinlarning vakuumda tarqalish tezligi yoruq‘likning tezligi $C=3 \cdot 10^8$ m/s ga teng ekanligini aniqladi. Shunga asosan, Maksvel yoruq‘lik elektromagnit to‘lqindan iborat, nazariyasini yaratdi. Bundan tashqari, elektromagnit to‘lqindan iborat, nazariyasini yaratdi. Elektromagnit to‘lqinlarning ko‘ndalang to‘lqin ekanligi Maksvel nazariyasidan bevosita kelib chiqadi.

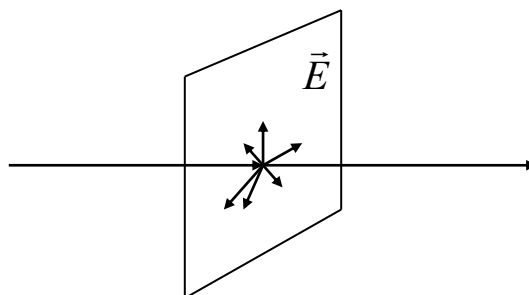
Gers xosil qilgan elektromagnit to‘lqinlar tarqalganda yoruq‘lik to‘lqinlariga xos bo‘lgan: qaytish, sinish, interferensiya, difraksiya qutblanish va boshqa xossalarga ega bo‘lishi isbotlandi. Bu esa

yoruq'likning elektromagnit to'lqin nazariyasi ob'yektiv nazariya ekanligini butkul isbotlab berdi.

Yoruq'lik ko'ndalang elektromagnit to'lqindan iborat bo'lib, \vec{E} vektorning xosil qilgan to'lqini ko'zning to'r pardasiga yoki fotoemulsiyaga ta'sir qiladi. Binobarin, yoruq'lik to'lqini deyilganda, faqat \vec{E} vektor xosil qilgan to'lqin tushuniladi (magnit ta'sir elektr ra'sirga nisbatan juda kichik).

Yoruq'lik to'lqini \vec{E} vektorning yo'nalishiga qarab qutblangan va qutblanmagan yorug'lik to'lqinlariga bo'linadi.

Tarqalish yunalishiga perpendikular bo'lgan barcha yo'nalishda \vec{E} vektor tebranishi teng ehtimolli bo'lib, yoruq'lik to'lqini qutblanmagan, unga tabiiy yoruq'lik to'lqini deyiladi (1-rasm).

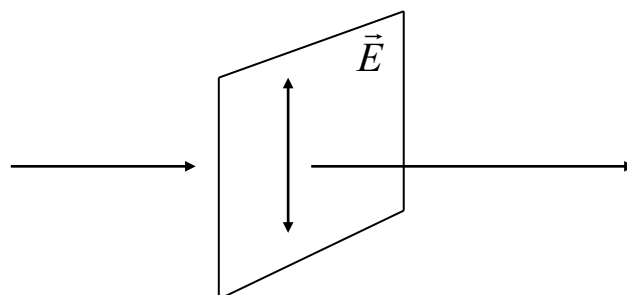


1-rasm

Xuddi shuningdek, odatdagi yorug'lik manбайдan chiqayotgan yoruq'lik nuri xam qutblanmagandir.

Qutblanmagan yoruq'lik nurlari nikoli prizmasi, turmalin plastinkasi va polyarodlardan o'tganda yassi-qutblangan yoruq'lik nuriga aylanadi.

Yassi-qutblangan yoruq'lik nuri deb, \vec{E} tebranish amplitudasi vaqt bo'yicha bir tekislikda yotgan to'lqinlarga aytiladi (2-rasm).



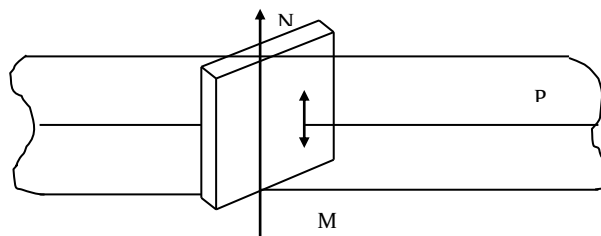
2-rasm

Qutblangan nur \vec{E} vektor va yoruq'lik to'lqinining tarqalish tezligidan o'tuvchi tekislikka qutblanish tekisligi deyiladi (3-rasm).

Tabiiy yoruq'likni qutblashga imkon beruvchi qurilmaga polyarizator deyiladi.

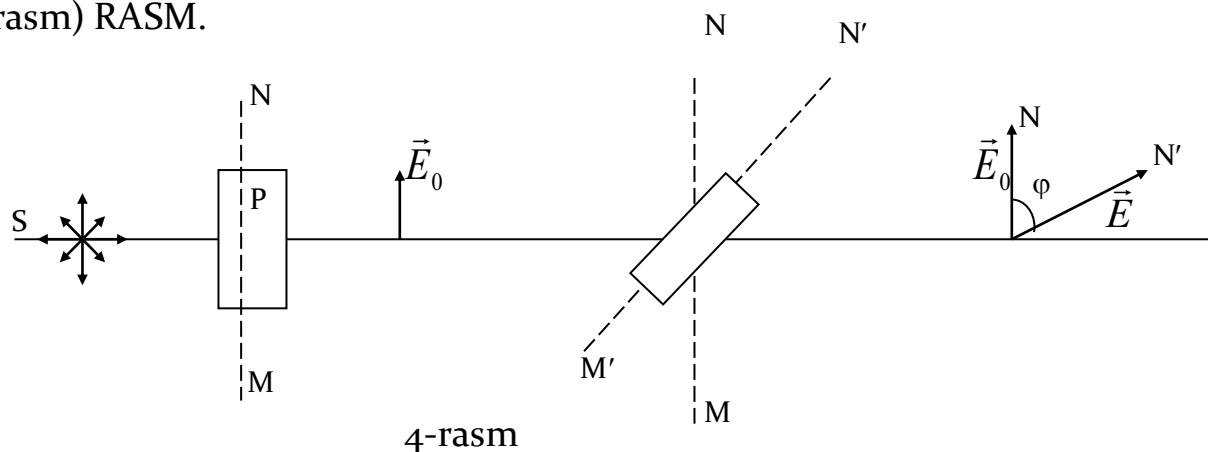
Yoruq'likning qutblanganligi va qutblanmaganligini taxlil qilishda foydalaniladigan qurilmaga analizator deyiladi.

Bir vaqtning o'zida yoruq'likni qutblovchi qurilmaning o'zidan xam polyarizator, xam analizator sifatida foydalanish mumkin.



3-rasm

Agar polarizator (P) dan chiqayotgan, amplitudasi \vec{E} bo'lgan yassi-qutblangan yorug'lik nuri analizator (A) ga tushayotgan bulsin (4-rasm) RASM.



4-rasmdagi chizmada MN va M' N' - lar polarizator (P) va analizator (A)ning qutblanish tekisliklari bo'lib, ular orasidagi burchak φ ga teng bo'lsin. U vaqtda analizatoridan o'tgan yorug'lik to'liqning amplitudasi \vec{E} quyidagiga teng bo'ladi;

$$E = E_0 \cos \varphi . \quad (1)$$

Yorug'likning intensivligi I tebranishlar amplitudasi \vec{E} ning kvadratiga to'g'ri proporsionaldir:

$$I = kE^2 \quad (2)$$

U vaqtda (1) ni kvadratga ko'tarib, K-proporsionallik koeffitsiyentiga ko'paytirib yuborilsa:

$$kE^2 = kE_0^2 \cos^2 \varphi . \quad (3)$$

Buni (2) ga asosan quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$I = I_0 \cos^2 \varphi , \quad (4)$$

bunda I_0 -analizatorga tushuvchi yassi-qutblangan yorug'lik nurining intensivligi.

(4)-ifoda Malyus qonunining matematik ifodasi bo'lib, u quyidagicha ta'riflanadi.

Polyarizator va analizatoridan o'tgan yorug'likning intensivligi polarizator va analizator qutblanish tekisliklari (MN va M'N') orasidagi burchak kosinusining kvadratiga to'g'ri proporsionaldir.

Malyus qonunidan ko'rinadiki, polarizatorga nisbatan analizator burilganda yorug'likning intensivligi noldan I_0 gacha o'zgaradi.

YORUQ'LIKNING IKKI DIELEKTRIK CHEGARASIDAN

QAYTISH VA SINISHIDA QUTBLANISHI. BRYUSTER QONUNI.

Qutblanmagan (tabiiy) yoruq'lik ikki dielektrik chegarasidan qaytgan va o'tgandagi qutblanishini tajriba asosida tekshirgan Bryuster o'z qonunini ta'riflaydi:

Ikki dielektrik chegarasiga yoruq'likning tushish burchagining tangensi ikki muxitning nisbiy sindirish ko'rsatgichiga teng bo'lganda qaytgan nur to'liq qutblanib, sindirish qisman

qutblanar ekan (5-rasm), ya'ni: $tgi_b = n$.

Bu yerda i_b - to'la qutblanish (Bryuster) burchagi, n ikki muxitning nisbiy sindirishini kursatgich Yorug'likning sinish qonuni

$n = \frac{\sin i_b}{\sin r}$ ni (4) bilan taqqoslansa, quyidagi

kelib chiqadi: $i + \tau = 90^\circ$.

Demak, ikki dielektrik chegarasidan qaytgan yoruq'lik to'liq qutblanganda, qaytgan va singan nurlar orasidagi burchak 90° ga teng bo'lishi kerak.

Shunday qilib, ikki dielektrik chegarasi yoki dielektrik bilan vakuum chegarasi polyarizator (qutblagich) bo'la olar ekan.

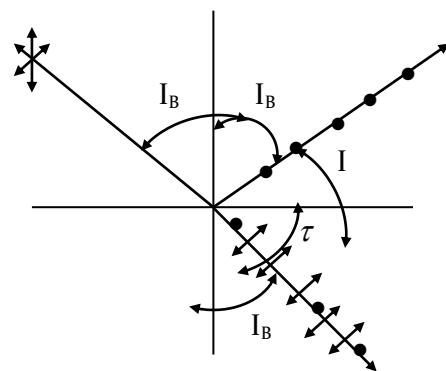
Nurning tushish burchagidan qat'inazar singan nur qisman qutblanadi. Shuning uchun xam cheksiz ko'p yomq'ir tomchilardan sinib o'tgach kamalak ko'rinishidagi yoruq'lik xam qutblangandir.

Qurilma va tajribaning tavsifi

(Bu ishni bajarishdan oldin "Yoruq'likning qutblanishi" dan iborat qisqacha nazariya bilan tanishib chiqish kerak).

Malyus qonuniga binoan, polyarizator va analizator o'tgan yoruq'likning intensivligi polyarizator va analizator qutblanish tekisliklari orasidagi burchak kosinusining kvadratiga to'q'ri proporsionaldir.

$$I = I_0 \cos^2 \varphi. \quad (5)$$

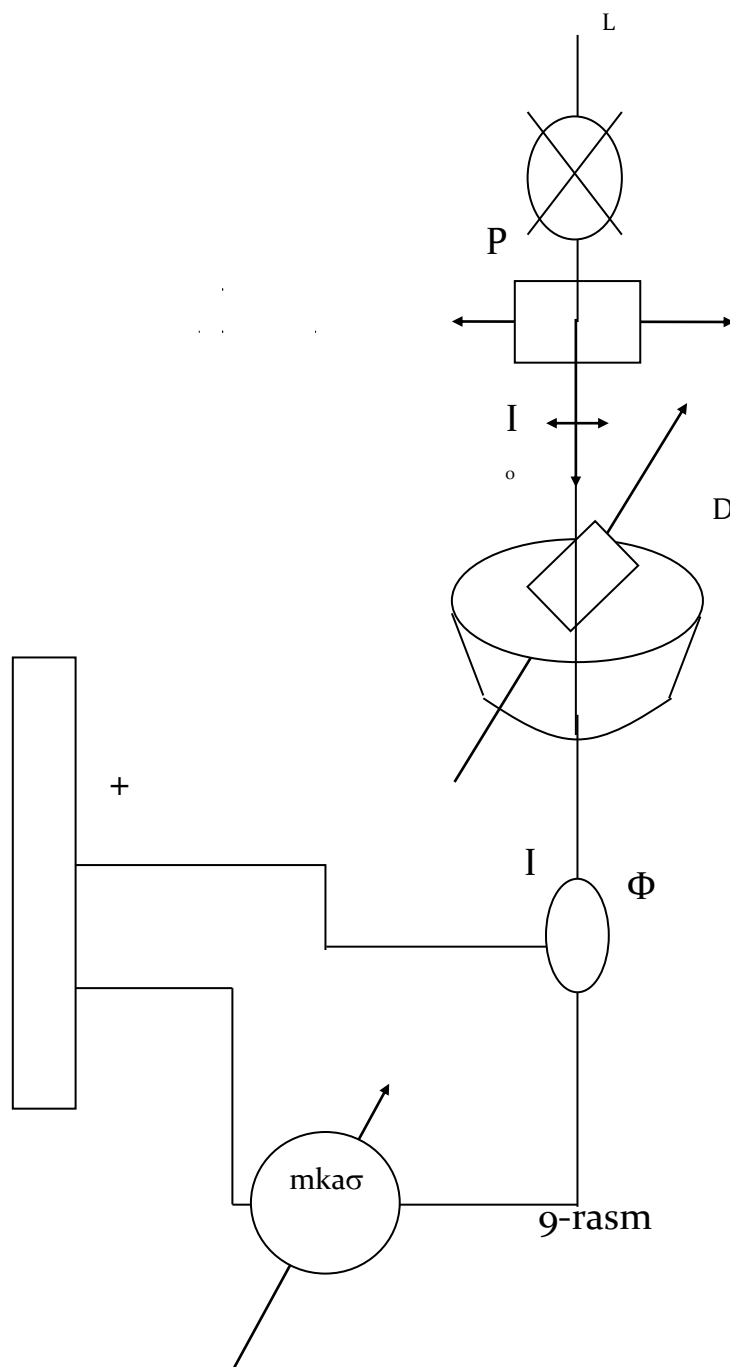


5-

Qurilmaning chizmasi 9-rasmda tasvirlangan. Unda L – lampochkadan chiqayotgan yoruq‘lik nuri, qo‘zq‘almas P – polarizatoridan o‘tganda qutblanadi va nur o‘tgan o‘q atrofida erkin aylana oladigan A analizatorga tushadi. Analizator maxkamlangan D diskning shkalasidan A analizatorning burilish burchagi φ - ni o‘lchash mumkin. Polarizator va analizatoridan o‘tgan yoruq‘lik nuri Φ fotoelementga tushadi.

To‘q‘rilagichga ulangan fotoelementda hosil bo‘lgan fototokning qiymati mikroampermetr (mkA) bilan o‘lchanadi. Fotoeffekt qonuniga binoan fototokning qiymati yoruq‘likning intensivligi I ga proporsionaldir, ya‘ni $I_{\phi} = \kappa I$.

U vaqtda fototok I_{ϕ} ham $\cos^2 \varphi$ ga proporsional bo‘ladi. Agar I_{ϕ} fototokning $\cos^2 \varphi$ ga boq‘lanish grafigi chizilsa, bunday boq‘lanish koordinata boshidan o‘tuvchi to‘q‘ri chizirdan iborat bo‘ladi.



O‘lchash va o‘lchash natijalarini xisoblash

1. Fototok I_{ϕ} ning analizatorning burilish burchagi φ ga boq‘lanishini har 10° dan oralatib, 0° dan to 360° gacha o‘lchanadi.
2. Burilish burchak kosinusining absolyut qiymati $|\cos\varphi|$ ga mos kelgan fototoklar I_{ϕ} ning va ularning o‘rtacha $\langle I_{\phi} \rangle$ qiymatlari

quyidagi jadvalga yoziladi. Jadvaldagi gorizontaal burchaklar, masalan 60° , 120° , 240° va 300° ga mos kelgan $|\cos\varphi|=0.5$ ga teng bo'ladi.

3. Jadvaldagi xisoblash natijalariga asosan q'rtacha fototok $\langle I_f \rangle$ ning $\cos^2 \varphi$ ga boq'lanish $I=f(\cos^2 \varphi)$ grafigi chiziladi.

O'lchash va xisoblash jadvali

φ°	I_{ϕ} mкA	φ°	I_{ϕ} mкA	φ°	I_{ϕ} mкA	φ°	I mкA	$\langle I_{\phi} \rangle$	$\cos\varphi$	$\cos^2\varphi$
0		180				360				
10		170		190		350				
20		160		200		340				
30		150		210		330				
40		140		220		320				
50		130		230		310				
60		120		240		300				
70		110		250		290				
80		100		260		280				
90				270						

17- Laboratoriya Ishi.

Stefan-bolsman va plank doimiylarini aniqlash

Ishdan maqsad. Talaba laboratoriya ishini bajarishi natijasida quyidagilarni bilishi kerak: issiqlik nurlanish asosiy tavsiflarini tariflashni va issiqlik nurlanish qonunlari mohiyatini.

Kerakli asboblari va uskunalari: optic pirometr; temperaturasi aniqlanishi kerak bo'lgan qizdirilgan volfram plastinka; ampermetr; voltmeter; o'zgarmas tok manbai.

Issiqlik nurlanishining qisqacha nazariyasi

Qizdirilgan modda atomlari va molekularining tartibsiz issiqlik harakati tufayli yuzaga keladigan elektromagnit nurlanishlariga issiqlik yoki temperaturali nurlanish deyiladi. Bu nurlanishlar temperaturasi absolyut nol (OK) dan farqli bo'lgan barcha jismlarda kuzatilib, ular jismning temperaturasi kuchli boq'liq bo'ladi.

Barcha qizdirilgan qattiq va suyuq moddalarning issiqlik nurlanishi tutash spektr beradi. Spektrda energiya taqsimoti ham temperaturaga boq'liq bo'lib, past temperaturada issiqlik nurlanishi asosan infraqizil ($\lambda=5 \cdot 10^{-4}$ m dan $\lambda_q=8 \cdot 10^{-7}$ m gacha) nurlanishdan, yuqori temperaturalarda esa, ko'zga ko'rinadigan ($\lambda=8 \cdot 10^{-7}$ m dan $4 \cdot 10^{-7}$ m

gacha) va ultrabinafsha ($\lambda=4\cdot 10^{-7}$ m dan $\lambda_p=10^{-9}$ m gacha) nurlanishlar hosil bo'ladi.

Issiqlik nurlanishga oid qonunlarni bayon qilishdan oldin nurlanish va uning jism bilan ta'sirlanishini tavsiflovchi ba'zi kattaliklarni qarab chiqaylik.

1. Nurlanishning oqimi deb, vaqt birligi ichida yuza orqali o'tayotgan nurlanish energiyasiga miqdor jihatidan teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi, ya'ni

$$\Phi = \frac{dW}{dt} \quad ,$$

(1)

bunda dW berilgan yuza orqali dt vaqt ichida o'tgan nurlanish energiyasi.

2. Jismning issiqlik nurlanishi energetik yorqinlik yoki integrall nurlanish qobiliyati deb ataluvchi R kattalik bilan ham tavsiflanadi. Jismning nurlanish qobiliyati deb birlik yuzadan vaqt birligi ichida chiqayotgan nurlanish energiyasiga miqdor jihatidan teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi, ya'ni

$$R_T = \frac{dW}{Sdt} \quad .$$

(2)

3. Jismning spektral nurlanish qobiliyati $R_{\nu,T}$ yoki $R_{\lambda,T}$ deb nurlanish qobiliyatining chastotasi yoki to'lqin uzunligining bir-birligi oraliq'iga mos kelgan nurlanish qobiliyatiga miqdor jihatidan teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi, ya'ni

$$R_{\nu,T} = \frac{dR_T}{d\nu} \quad , \text{ yoki } R_{\lambda,T} = \frac{dR_T}{d\lambda} \quad ,$$

(3)

(13.3) dan integral nurlanish qobiliyati dR_T quyidagiga teng bo'ladi:

$$dR_T = R_{\nu,T} d\nu = R_{\lambda,T} d\lambda \quad .$$

(4)

Spektral nurlanish qobiliyatlari $R_{\nu,t}$ va $R_{\lambda,t}$ larning o'zaro boq'lanishi

$\lambda = \frac{c}{\nu}$ ni differensiallab aniqlash mumkin

$$d\lambda = -\frac{c}{\nu^2} d\nu \quad , \quad \text{yoki} \quad |d\lambda| = \frac{c}{\nu^2} d\nu \quad ,$$

(5)

(13.5) ni (13.4) ga qo'yilsa, quyidagi hosil bo'ladi:

$$R_{\nu,T} = -\frac{c}{\nu^2} R_{\lambda T}, \quad R_{\lambda,T} = -\frac{\nu^2}{c} R_{\nu,T},$$

(6)

bunda $c=3 \cdot 10^8$ m/s - elektromagnit to'liqning vakuumdadi tarqalish tezligi.

4. Jismning integral nur yutish qobiliyati deb, jism yutgan yoruq'lik energiyasi DW_{Yut} ning shu jismga tushayotgan yoruq'lik energiyasi dW_{tush} ga bo'lgan nisbatiga miqdor jihatidan teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi.

$$A = \frac{dW_{yut}}{dW_{tush}}.$$

(7)

Jismning nur yutish qobiliyati o'lchamsiz kattalikdir. Jismning nur yutish qobiliyati chastota (to'liq uzunligi) ga boq'liq bo'lganligi uchun, u spektral nur yutish qobiliyati $A_{\nu,t}$ yoki $A_{\lambda,t}$ bilan ham tavsiflanadi: jismning spektral nurlanish qobiliyati deb, to'liq chastotasi $d\nu$ yoki to'liq uzunligi $d\lambda$ intervaldagi nur yutish qobiliyatiga aytiladi:

$$A_{\nu T} = \frac{dW_{\nu, \nu+d\nu}^{yut}}{dW_{\nu, \nu+d\nu}}, \quad \text{yoki} \quad A_{\lambda, T} = \frac{dW_{\lambda, \lambda+d\lambda}^{yut}}{dW_{\lambda, \lambda+d\lambda}}.$$

(8)

Ta'rifga binoan jismning nur yutish qobiliyati birdan katta bo'lishi mumkin emas.

5. Tushayotgan yoruq'lik energiyasini, ixtiyoriy temperaturada, butunlay yutadigan jismlarga *absolyut qora jismlar* deyiladi. Boshqa jismlardan farqli ravishda absolyut qora jismning spektral nurlanish va nur yutish qobiliyatlarini mos ravishda $r_{\lambda,t}$, $r_{\nu,t}$ va $a_{\nu,t}$, $a_{\lambda,t}$ kichik harflar orqali belgilaymiz. Ta'rifga binoan absolyut qora jismning nur yutish qobiliyati 1 ga tengdir, ya'ni

$$a_{\nu, T} = a_{\lambda, T} = 1.$$

(9)

Tabiatda absolyut qora jismlar mavjud emas. Qurum yoki platina qorasi uchun nur yutish qobiliyati, faqat ko'zga ko'rinadigan to'liq uzunligi intervalida birga yaqin. O'z xususiyatlari bilan absolyut qora jismga juda ham yaqin bo'lgan qurilma yasash mumkin. Bunday qurilma juda kichik teshikka ega bo'lgan sferadan iboratdir (1-rasm). Nur teshik orqali qurilma ichiga kirib, nur chiqib ketguncha sferaning ichki sirtidan juda

ko'p marta qaytadi. Har bir qaytishda energiyaning bir qismi yutila boradi, natijada barcha chastotali hamma nurlar shu sfera ichida yutiladi. Shuning uchun ham, bunday qurilmaga absolyut qora jism modeli deyiladi. Absolyut qora jism tushunchasi bilan bir qatorda kul rang jism tushunchasi amaliy qo'llanishga ega. Kul rang jism deb, nur yutish qobiliyati barcha chastotalar uchun bir va birdan kichik bo'lib, temperaturaga, jism moddasiga va uning sirtiga boq'liq bo'lgan jismga aytiladi. Shunday qilib, kul rang jismning nur yutish qobiliyati quyidagiga teng:

$$A_{\nu,T}^{kul,r} = A_T = const < 1 . \quad (10)$$

KIRXGOF QONUNI

Tekshirishdan ma'lum bo'ldiki, ixtiyoriy jismning nurlanish va nur yutish qobiliyati o'rtasida aniq boq'lanish mavjud ekan. Jismlarning nurlanish qobiliyati $R_{\nu,t}$ qancha katta bo'lsa, uning nur yutish qobiliyati $A_{\nu,t}$ ham shuncha katta bo'lib, ular-ning nisbati o'zgarmas qoladi, ya'ni

$$\left(\frac{R_{\nu,T}}{A_{\nu,T}} \right)_1 = \left(\frac{R_{\nu,T}}{A_{\nu,T}} \right)_2 = \left(\frac{R_{\nu,T}}{A_{\nu,T}} \right)_3 = \dots = const , \quad (11)$$

bunda 1, 2, 3, va x.k. indekslar turli jismlarga tegishlidir. (13.11) dan absolyut qora jism ($a_{\nu,t}=1$) uchun $\frac{r_{\nu,T}}{a_{\nu,T}}$ bilan tenglashtirilsa, quyidagi

tenglama kelib chiqadi.

$$\frac{R_{\nu,T}}{A_{\nu,T}} = \frac{r_{\nu,T}}{a_{\nu,T}} = r_{\nu,T} = f(\nu, T) . \quad (12)$$

Bu tenglama Kirxgof qonunining matematik ifodasi bo'lib, u quyidagicha ta'riflanadi: Har qanday jismning nurlanish qobiliyatini nur yutish qobiliyatiga bo'lgan nisbati jismlarning tabiatiga boq'liq bo'lmay, shu sharoitdagi absolyut qora jismning nurlanish qobiliyatiga teng bo'lib chastota va temperaturaning universal funksiyasidir.

Shunday qilib, Kirxgofning $f(\nu, T)$ universal funksiyasi absolyut qora jismning nurlanish qobiliyati $r_{\nu,t}$ ning o'zginasidir. Binobarin, bu universal funksiya $f(\nu, T)$ ning ko'rinishi aniqlangandagina, absolyut qora jismning nurlanish qonuniyati masalasi hal qilingan bo'ladi. Kirxgof qonuni (12) bajarilmaydigan holda nurlanish issiqlik nurlanishi bo'laolmaydi.

STEFAN-BOLTSMAN QONUNI

Kirxgof universal funksiyasi $f(\nu, T)$ ning ko'inishini nazariy keltirib chiqarishdagi urinishlar uzoq vaqt masalaning umumiy yechimini bera olmadi. Avstraliyalik fiziklardan I.Stefan tajriba natijalariga va L.Boltsman esa termodinamik mulohazalarga asoslanib, xususiy holda, absolyut qora jismning integral nurlanish qobiliyati uchun quyidagilarni topdilar:

$$r_T = \int_0^{\infty} f(\nu, T) d\nu = \int_0^{\infty} r_{\nu, T} d\nu = \sigma T^4, \quad (13)$$

bu yerda σ - Stefan-Boltsman doimiysi bo'lib, uning qiymati quyidagiga teng

$$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} BT / M^2 K, \quad (13a)$$

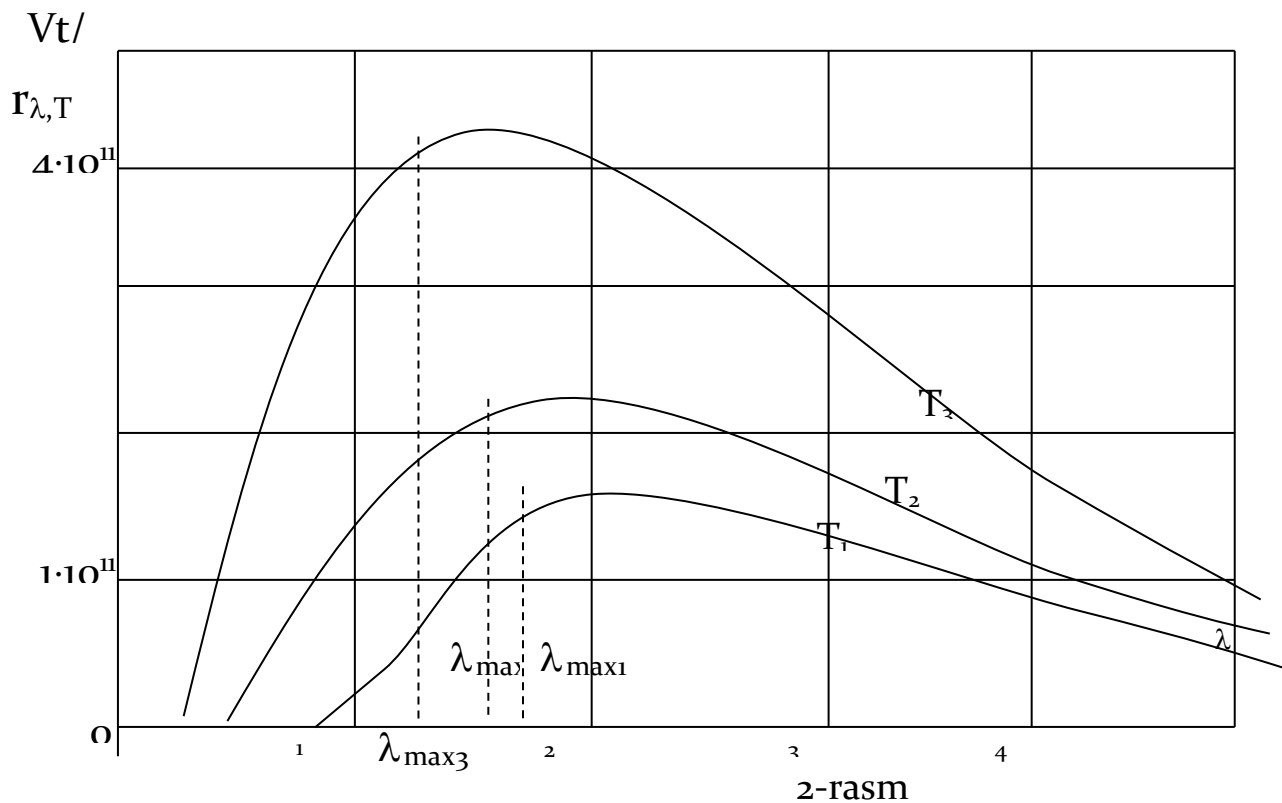
T-absolyut temperatura. temperatura. Absolyut qora jismning integral nurlanish qobiliyati bilan absolyut temperatura orasidagi (13) munosabat Stefan-Boltsman qonunining matematik ifodasi bo'lib, u quyidagicha ta'riflanadi:

absolyut qora jismning integral nurlanish qobiliyati absolyut temperaturaning to'rtinchi darajasiga proporsionaldir.

VIN QONUNI

Absolyut qora jismning spektral tavsifi, - ya'ni nurlanish qobiliyati $r_{\nu, T}$ - ning to'lqin uzunligi λ ga boq'lanish izotermalari ($T_1 < T_2 < T_3$) 2-rasmda keltirilgan. Tajriba asosida aniqlangan bu egri chiziqlar asosida quyidagi xulosalar kelib chiqadi.

1. Absolyut qora jismning spektral tavsifi uzluksizdir.
2. Har bir temperaturaga tegishli spektral tavsif egri chiziq'ida aniq maksimum mavjud bo'lib, u temperatura oshgan sari qisqa to'lqin uzunlik sohasiga siljiydi (2-rasm).



Nemis fizigi Vin (1864-1928), absolyut qora jismning spektral tavsifiga termo va elektrodinamika qonunlaridan foydalangan holda quyidagi qonunni yaratdi: absolyut qora jismning spektral tavsifining maksimumiga mos kelgan λ_{\max} to'liq uzunligi absolyut temperaturasiga teskari proporsional bo'lib, temperatura ortgan sari qisqa to'liqlar sohasi tomon siljib boradi, ya'ni:

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T} \quad (14)$$

bu yerda b -Vin doimiysi deb ataladi, uning son kiymati quyidagiga teng:

$$b = 0,28979 \cdot 10^{-2} m.K$$

(14a)

Bu qonunni keyinchalik Vin qonuni deb ataldi.

PLANK FORMULASI

Klassik fizika qonunlariga tayanib, absolyut qora jism spektral nurlanish qobiliyati $r_{v,t}$ ning tajriba bilan mos keluvchi ifodasini topishdagi muvaffaqiyatsizliklarining sababi - klassik nazariya zaminida kamchiliklarning mavjudligidir.

1900 yilda nemis fizigi M.Plank klassik nazariyaga zid bo'lgan gipotezasini yaratib, absolyut qora jism spektral nurlanish qobiliyati $r_{v,t}$

ning tajriba natijasiga aniq mos kelgan ifodasining topishga muvaffaq bo'ldi.

Plank gipotezasining mohiyati quyidagidan iboratdir:

Jismning nurlanishi uzluksiz bo'lmagan alohida ulushlar-kvantlar sifatida chiqariladi. Har bir yoruq'lik kvantining energiyasi ε_0 yoruq'lik chastotasi ν ga proporsionaldir, ya'ni:

$$\varepsilon_0 = h\nu, \quad (5)$$

bunda h - Plank doimiysi bo'lib, uning son qiymati quyidagiga tengdir

$$h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ j.c.} \quad (15a)$$

Shunday qilib, nurlanishlarning ulushlar-kvantlar ko'rinishida sodir bo'lishi ossillyatorlarning chiqargan yoruq'lik energiyasi ε , yoruq'lik kvanti energiyasi ε_0 ning karrali qiymatiga teng, ya'ni

$$\varepsilon = n\varepsilon_0 = nh\nu (n = 0, 1, 2, \dots) \quad (16)$$

U vaqtda ossillyator nurlanish kvantining o'rtacha energiyasi $\langle \varepsilon \rangle$ energiyaning diskret qiymati orqali quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\langle \varepsilon \rangle = \frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{KT}} - 1},$$

(16a)

bunda K - Boltsman doimiysi, T - absolyut temperatura.

Binobarin, absolyut qora jismning spektral nurlanish qobiliyati, quyidagi ko'rinishga keladi chiqadi:

$$r_{\nu, T} = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} \langle \varepsilon \rangle = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} \cdot \frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{KT}} - 1}.$$

(17)

Bu formula Plank formulasi deb ataladi. Bunda ν - nurlanish chastotasi, c - yorug'likning vakuumdagi tarqalish tezligi, K - Boltsman doimiysi, h - Plank doimiysi, T - absolyut temperatura.

Plank formulasidan foydalanib, absolyut qora jism nurlanishining emperik ravishda aniqlangan barcha qonunlarini hosil qilish mumkin. (17) ni chastota ν bo'yicha 0 dan ∞ gacha integrallasak:

$$r_T = \int_0^{\infty} r_{\nu, T} d\nu = \int_0^{\infty} \frac{2\pi\nu^2 h\nu}{c^2 e^{\frac{h\nu}{KT}} - 1} d\nu = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^3} T^4 = \sigma T^4.$$

(18)

Bu ifodadan Stefan-Boltsman doimiysi σ quyidagiga teng ekanligi kelib chiqadi:

$$\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^3}.$$

(19)

Bunda , Boltsman doimiysi $K=1.32 \cdot 10^{-23} \text{ J/k}$, Plank doimiysi $h=6.625 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$.

$c=3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ - yoruq'likning vakuumda tarqalish tezligi.

STEFAN-BOLTSMAN VA PLANK DOIMIYLARINI ANIQLASH

Kerakli asbob va materiallar.

1. Optik pirometr. 2. Sirti oksidlangan nikel plastinka. 3. Ampermetr. 4. Voltmetr. 5. Reostat. 6. Mikrometr. 7. Tok manbai. 8. Kalitlar.

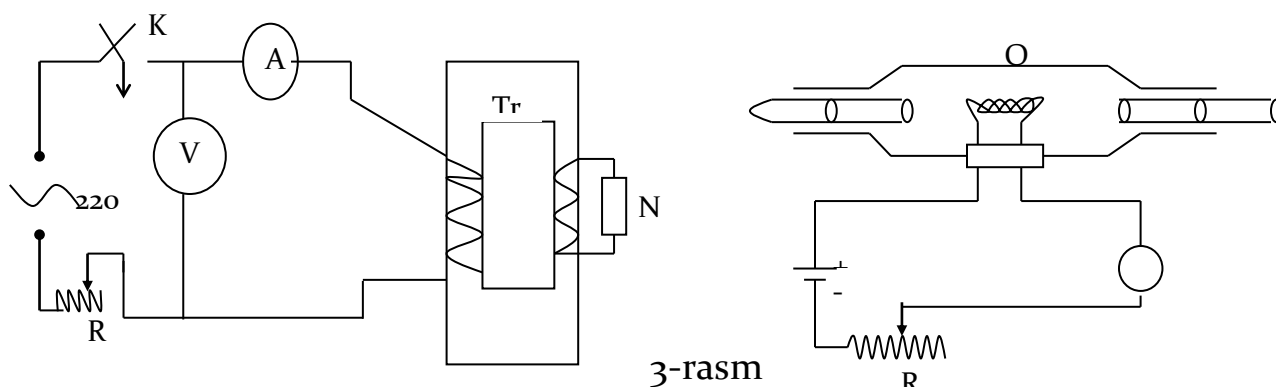
Ishning maqsadi:

Temperaturali nurlanish hodisasiga asoslangan optik pirometrning tuzilishi va ishlash prinsipi bilan tanishish, uning yordamida nurlanuvchi jism absolyut temperaturasini o'lchab, Stefan-Boltsman doimiysini aniqlashdan iborat.

Bu ishda absolyut qora jismning integral nurlanish qobiliyati r ni va absolyut temperaturasi T ni tajribada o'lchab, Stefan-Boltsman qonunini ifodalaydigan (18) formuladan foydalanib r_T ning qiymati topiladi.

$$r_T = \sigma T^4 . \quad (18a)$$

Shu maqsadda 3-rasmda tasvirlangan chizma



bo'yicha zanjir tuziladi. Bu jism, sirti oksidlangan nikel (Ni) plastinka bo'lib, uning nurlanishi absolyut qora jismnikiga yaqindir.

Yupqa nikel (Ni) plastinkasi tok transformatoriga ulangan bo'lib, transformatorning F.I.K. $\eta=1$ bo'lganligi uchun, plastinkaning nurlanish quvvati

$$N=IU .$$

(20)

Bundagi I va U lar ampermetr hamda volmetrning ko'rsatishidan olinadi.

U vaqtda tasmaning birlik yuzasidan vaqt birligi ichida sochilgan nurlanish energiyasi, ya'ni plastinkaning integral nurlanish qobiliyati quyidagiga tengdir:

$$R_T = \frac{dW}{Sdt} = \frac{Ndt}{Sdt} = \frac{N}{S} = \frac{IU}{S},$$

(21)

bunda S - plastinkaning nurlanish yuzasi bo'lib, u taxminan plastinka ikki yuzasining yiq'indisiga tengdir.

$$S = 2a\epsilon.$$

Bunda a - plastinkaning kengligi, b - esa uzunligidir.

U vaqtda (21) formula quyidagi ko'rinishga keladi.

$$R_T = \frac{IU}{2a\epsilon}.$$

(21a)

Ikkinchi tomondan Stefan-Boltsman qonuni (13) ga binoan, absolyut qora jismning biror muhitdagi integral nurlanish qobiliyati r_T quyidagiga teng bo'ladi:

$$r_T = \sigma(T^4 - T_0^4),$$

(22)

bunda T_0 - atrofdagi muhit (xona)ning temperaturasi: T - esa cho'q'langan plastinkaning temperaturasi.

Nikel plastinka absolyut qora jismdan qoralik darajasi bilan farq qiladi, ya'ni:

$$R_T = \alpha(T)r_T,$$

(23)

bunda $\alpha(T)$ - jismning qoralik darajasi yoki qoralik koeffitsiyenti deyiladi. Nikel oksidi uchun temperaturaning (800-1400)°C oraliq'ida $\alpha(T) = 0.85$ ga teng ekan. (13.21a) va (13.22) ni (13.23) ga qo'yilsa

$$\frac{IU}{2a\epsilon} = \alpha(T)\sigma(T^4 - T_0^4).$$

Oxirgi ifodadan Stefan-Boltsman doimiysini aniqlash formulasi kelib chiqadi.

$$\sigma = \frac{IU}{2\alpha(T)a\epsilon(T^4 - T_0^4)}.$$

(24)

Bu formuladagi $\alpha(T)$, a , b larni bilgan holda T va T_0 larni tajribada aniqlab, σ hisoblab topiladi.

Stefan-Boltsman doimiysi σ ning qiymatini bilgan holda, (19) formuladan Plank doimiysi h ni quyidagi formuladan hisoblab chiqariladi:

$$h = \sqrt[3]{\frac{2\pi^5 \kappa^4}{15c^2 \sigma}}.$$

(25)

Ishni bajarish tartibi

1. STEFAN-BOLTSMANDOIMIYSINI ANIQLASH

1. Nikel plastinkaning berilgan qoralik koeffitsiyenti $\alpha(T)$ ni, xonaning harorati T_0 ni va plastinkaning eni "a" ni, uzunligi "b" ni o'lchab, ularning qiymatlari 1-hisoblash jadvaliga kiritiladi.
2. 13.3-rasmda keltirilgan ish chizmasi bo'yicha elektr zanjir tuziladi.
3. Optik pirometr (O.P.) cho'q'langan nikel plastinkaning temperaturasi o'lchashga tayyorlab qo'yiladi.
4. Elektr zanjir chizmasi tekshirilgandan keyin, K kalit ulanadi va R reostat yordamida plastinkaga zarur bo'lgan tok berilib, voltmeter va ampermetrning ko'rsatishi qayd qilinib, ular 1-hisoblash jadvaliga yoziladi.
5. Cho'q'langan plastinkaning haroratini o'lchash uchun optik pirometr (O.P.) lampa tolasining va plastinkaning nurlanish ravshanligi bir xil bo'lganda, pirometrning ko'rsatishi plastinkaning temperaturasi bilan bir xil bo'lib, uning qiymati ham 1-hisoblash jadvaliga kiritiladi.
6. O'lchab olingan kattaliklardan foydalanib, har bir T, U, I lar uchun (24) formuladan Stefan-Boltsman doimiysi σ ning qiymati hisoblanib, uning o'rtacha qiymati $\langle\sigma\rangle$ topiladi va 1-hisoblash jadvaliga kiritiladi.
7. O'lchashda qo'yilgan absolyut σ hamda nisbiy δ % hatoliklar hisoblab chiqiladi, ular 1-jadvalga yoziladi.

1-jadval

T.r. №	I	U	t	T	σ	$\langle\sigma\rangle$	$\Delta\sigma$	$\langle\Delta\sigma\rangle$	δ
	A	v	s	K	Vt/m^2K^4				%
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									

2. PLANK DOIMIYSINI ANIQLASH

1. Plank doimiysini hisoblashda zarur bo'lgan Boltsman doimiysi K ning va yorug'likning bo'shliqdagi tarqalish tezligi c ning qiymatlari 2-hisoblash jadvaliga yoziladi.

2. Aniqlangan Stefan-Boltsman doimiysi σ ning topilgan qiymatlari 1-jadvaldan olinib, yana bir bor 2-jadvalga yoziladi.
3. Boltsman doimiysi K ni va yoruq'lik tezligi c ni bilgan holda, tajribadan aniqlangan har bir σ ning qiymati uchun (25) formuladan Plank doimiysi h hisoblab chiqiladi va o'rtacha qiymati $\langle h \rangle$ topiladi.
4. Xisoblashda yo'l qo'yilgan absolyut Δh , o'rtacha absolyut $\langle \Delta h \rangle$ va nisbiy xatoliklar $\delta\%$ hisoblab topiladi va 2-hisoblash jadvaliga kiritiladi.

2-jadval

		$K=1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$	$c=3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$			
T.r.	σ	h	$\langle h \rangle$	Δh	$\langle \Delta h \rangle$	$\delta\%$
Nº	$\text{Wt/m}^2\text{K}^4$	$\text{J}\cdot\text{S}$				%
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						

TEKSHIRISH UCHUN SAVOLLAR

1. Issiqlik (termoparali) nurlanish deb qanday nurlanishga aytiladi?
2. Issiqlik nurlanishi qanday spektrni beradi?
3. Nurlanish oqimi deb nimaga aytiladi?
4. Jismning issiqlik nurlanishining energetik yorqinligi yoki integral nurlanishning qobiliyati deb nimaga aytiladi? Spektral nurlanish qobiliyati deb-chi?
5. Jismning integral nur yutish qobiliyati deb nimaga aytiladi? Spektral nur yutish qobiliyati deb-chi?
6. Absolyut qora jism deb nimaga aytiladi? Kulrang jism deb-chi?
7. Kirxgof qonunini ta'riflab, uning matematik ifodasini yozing.
8. Absolyut qora jism nurlanishining emperik Stefan-Boltsman va Vinning siljish qonunlarini ta'riflang?
9. Pirometrning tuzilishi va uning elektr hamda optik chizmasini chizib, ishlash prinsipi tushuntirib berilsin.
10. Plank gipotozasining mohiyati qanday?
11. Plank formulasini yozib, uni izohlab bering.
12. Plank formulasidan Stefan-Boltsman va Vinning siljish qonunlari qanday kelib chiqadi?

18- Laboratoriya Ishi.

Tashqi fotoeffekt qonunlarini o'rganish

Ishdan maqsad. Talaba laboratoriya ishini bajarishi natijasida quyidagilarni bilishi kerak: fotoelektr effect qonuniyatlarini, yorug'likning kvant hususiyatlariga asosiy tushunchalarni, tashqi fotoeffekt qonunlarini tushuntira olishni.

Kerakli asboblari va uskunalari: fotoelement, o'zgarmas tok manbai, voltmeter, milliampermetr, reostat, yorug'lik manbai, svetofiltrlar, mashtabli chizq'ich.

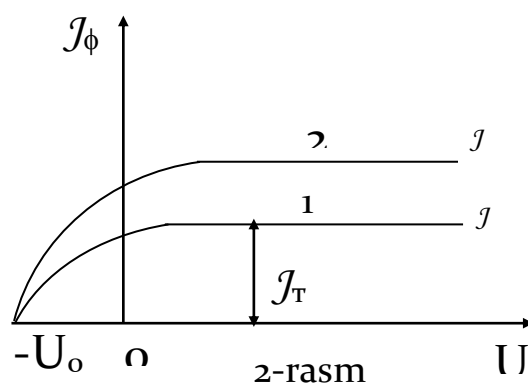
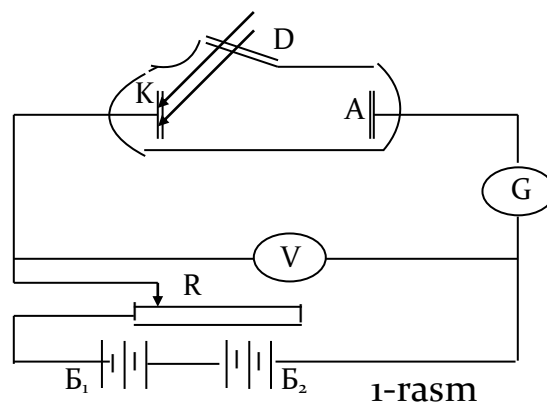
Qisqacha nazariy ma'lumotlar

Elektromagnit nurlanish ta'siri natijasida moddalardan elektronlarning ajralib chikishi xodisasiga tashqi fotoeffekt deb ataladi.

Tashqi fotoeffekt qonunlarini o'rganish uchun 1-rasmda ko'rsatilgan qurilmadan foydalaniladi. Xavosi so'rib olingan trubaga ikki elektrod: anod va katod joylashtiriladi. Katodga tekshirilishi lozim bo'lgan metal qoplanadi va D tirqish orqali monoxromatik elektromagnit nurlar bilan yoritiladi. Anod va katod orasidagi potentsiallar farqi R potentsiometr orqali boshqarilib, V voltmeter yordamida o'lchanadi. Fototok galvanometr bilan o'lchanadi.

Fotoeffektning asosiy xarakteristikasi j fototok anod va katod orasidagi potentsiallar farqiga bo'qliqdir (2-rasm). Bu bogliqligini fotoeffektning volt-ampere xarakteristikasi deb ataladi. J_1 va J_2 yoritilayotgan yorug'lik nurining intensivligidir. 2-rasmni talqin qilish natijasi shuni ko'rsatadiki, qandaydir kuchlanishda I fototok to'yinishiga erishiladi, ya'ni katoddan chiqayotgan barcha elektronlar anodga kelib tushadi. To'yinish toki shuni ko'rsatadiki, birlik vaqtda elektronlarning ajralib chikishi chegaralangandir. Rasmning egri qismi katoddan elektronlar xar xil tezlikda uchib chikishini bildiradi.

Elektronlarning uchib chikishini to'xtatish uchun tormozlovchi



elektr maydon xosil qilish kerak bo'ldi, yoki anodga manfiy kuchlanish beriladi. Rasmdagi 2- egri chiziq' yorug'lik nurini intensivligi oshishi natijasida, elektronlarni birlik vaqtida katoddan ajralib chiqishi ortishini ko'rsatadi. Fototokning 0 va U_0 kuchlanishi oraligida xosil bo'lishi, katoddan yorug'lik nuri urib chiqarayotgan elektronlarning kinetik energiyasi 0 dan farqligini bildiradi. Shu energiya xisobiga elektronlar to'rtmozlovchi kuchlanishga nisbatan ish bajaradi va anodga yetib keladi.

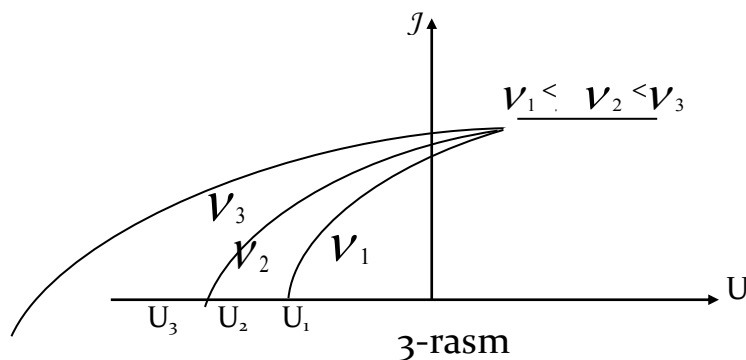
Elektronlarning maksimal tezligi v_{\max} tormozlovchi kuchlanish bilan quyidagicha boq'langan:

$$\frac{mv_{\max}^2}{2} = eU_0, \quad (1)$$

bu yerda e - elektron zaryadi, m - elektron massasi $U \leq U_0$ bo'lganda j fototok nol ga teng. Rasmdagi ikkala egri chizigining boshi bir nuqtada bo'lishi, yorug'lik nuri ta'sirida urib chiqarilgan elektronlarni maksimal tezligi, nurlanish intensivligiga bogliq emas ekanligini ko'rsatadi

Agar yorug'lik intensivligini doimiy sanab, uning chastotasini o'zgartirsak, elektronlarning kinetik energiyasi ortganligini kuzatamiz (3-rasm).

Ya'ni tormozlovchi kuchlanish ortadi. Tormozlovchi kuchlanish chastotaga boq'liqlik grafigi 4-

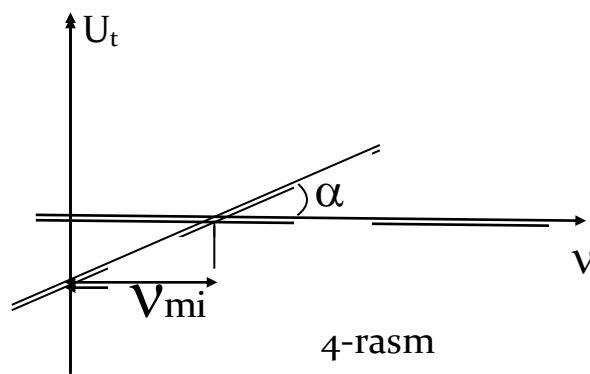


rasmda ko'rsatilgan. v_{\min} chastotada fotoeffekt yo'qoladi va xar xil metallar uchun boshqa qiymatlarga ega bo'ldi.

2-4 - rasmlarni o'rganish natijasida tashqi fotoeffekt qonunlari keltirib chiqarilgan:

1. Chastotasi o'zgarmas saqlangan monoxramatik yorug'lik ta'siri natijasida xosil bo'lgan to'yinish toki, yorug'lik oqimiga to'q'ri proporsional. (Stoletov qonuni).

2. Fotoelektronlarning tezligi fotokatodga tushayotgan yorug'lik chastotasi ortishi bilan ortadi va yorug'likning intensivligiga boq'liq emas.



3. Har bir modda uchun mutlaqo aniq chegaraviy to'liqin uzunligi borki, fotoeffekt undan qisqa to'liqin uzunliklardagina kuzatiladi. Bu chegaraviy to'liqin uzunligi fotoeffektning qizil chegarasi deb ataladi.

4. Fotoeffekt yoruglik tushgan ondayoq boshlanadi, ya'ni u inersiyasiz hodisadir.

Klassik to'liqinning fizikasi yordamida faqat Stoletov qonunini tushuntirish mumkin. Fotoeffektning inersizligini, elektronlarning tezligi va kinetik energiyalari tushayotgan yoruq'lik intensivligiga boq'liq emasligi va tushayotgan yoruq'lik chastotasi ortishi bilan qizil chegara mavjudligini klassik fizika qonunlari tushuntirib bera olmaydi. Klassik nazariyaga ko'ra metalda ushlab turuvchi potensial to'siqdan o'ta oladigan holda keladi, ya'ni chiqish ishini bajaradi. Demak, fotoelektron energiyasi tushayotgan yoruq'lik intensivligiga to'q'ri boq'liq bo'lishi kerak edi. Tajriba ko'rsatadiki, tormozlovchi potensial va fotoelektronlar energiyasi intensivlikka boq'liq bo'lmay, tushayotgan yoruq'lik chastotasiga boq'liqdir.

1905 yili A.Eynshteyn fotoeffektning nazariy tushuntirib berdi. U elektromagnit kvantlarning (fotonlar) mavjudligini belgilovchi gipotezaga asoslanadi. Tushayotgan yoruq'lik nurini elektromagnit to'liqlari deb qaramasdan, ularni zarrachalar kvanti yoki fotonlar deb belgiladi. Zarrachaning tezligi yoruq'likni vakuumdagi tezligiga tengdir.

Kvant energiyasi $E=h\nu$ bo'lib, Plank doimiysi $h=6.62 \cdot 10^{-34}$ J.S ga teng. Energiya va massa orasidagi boq'liqlikdan foton massasi $m = \frac{E}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2}$ va

$$\text{impulsi } P = mc = \frac{h\nu}{c}.$$

Yoruq'lik oqimidagi zarrachalar konsentratsiyasi yoruq'lik intensivligiga boq'liqdir.

Yoruq'lik kvanti modda bilan ta'sirlashishi natijasida o'z energiyasini modda elektroniga beradi. Har bir kvant bitta elektronni urib chiqaradi. Elektron $E=h\nu$ foton energiyasini agar uning energiyasi yetarli darajada katta bo'lsa, metaldan otilib chiqib, chiqish ishini bajaradi.

Elektrondagi qolgan energiya unga kinetik energiya berishga sarflanadi.

$$h\nu = A + \frac{m\nu_{\max}^2}{2}. \quad (2)$$

(2) tenglama fotoelektrik effekt uchun Eynshteyn tenglamasi deb ataladi. Elektronlarni moddadan chiqarib olish uchun, unga berilgan eng kichik energiya chiqish ishi deb ataladi. (2) tenglama barcha tajribalar natijalariga mos keladi.

O'zgarmas chastotali tushayotgan yorug'lik nurining intensivligi fotonlar konsentratsiyasiga mos ravishda o'zgaradi. Shuning uchun fototok nurlanish intensivligiga proporsional ravishda o'zgaradi (fotoeffektning I-qonuni). Agar nurlanish intensivligi juda yuqori bo'lmasa, har bir foton bittadan elektron urib chiqaradi. Bu holatda elektron tezligi va energiyasi foton energiyasiga va chastotasiga boq'liq bo'ladi (fotoeffektning ikkinchi qonuni). (2) tenglamadan $\nu < \nu_0 = \frac{A}{h}$ holda Eynshteyn tenglamasi ma'noga ega bo'lmaydi. Bu fotoeffektning qizil chegarasi mavjudligini tushuntiradi (fotoeffektning III-qonuni).

Tashqi fotoeffekt vujudga kelishi uchun quyidagi tenglik bajarilishi kerak:

$$\nu \geq \nu_0 = \frac{A}{h}, \quad (3) \quad \text{yoki} \quad h\nu \geq A. \quad (4)$$

Ya'ni tushayotgan kvant energiyasi chiqish ishidan yuqori bo'lishi kerak. Tushayotgan yorug'likning to'lqin uzunligi uchun

$$\lambda \leq \lambda_0 = \frac{hc}{A}, \quad (5)$$

Tenglama o'rinlidir: Metallar uchun chegaraviy chastota $\nu_0 = \frac{A}{h} \approx 10$ Gs. Bu chastota elektromagnit to'lqinlarining ko'rinish optik diapazoniga to'q'ri keladi, shuning uchun fotoeffekt yorug'lik nurining ko'rinish diapozonidan boshlab vujudga keladi.

Fotoeffektning inertsizligi (IV-qonuni), foton o'z energiyasini elektron bilan to'qnashgan ondayoq berishi bilan isbotlanadi.

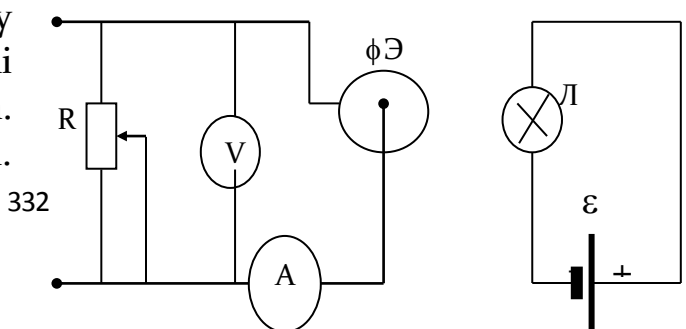
FOTOELEMENTNING VOLT-AMPER XARAKTERISTIKASINI OLISH VA STOLETOV QONUNINI TEKSHIRISH

Ishning maqsadi.

Talaba laboratoriya ishini bajarish natijasida, fotoelektrik effekt qonuniyati, yorug'likni kvant tushunchasini bilish, tashqi fotoeffekt qonunlarini tushuntirish, elektromagnit to'lqinlari modda bilan ta'sirlanganda diskret xarakterga ega bo'lishini o'rganishi lozim.

QURILMANING TAVSIFI

Tashqi fotoeffektning o'rganish uchun vakuumli surma-seziy fotoelementdan foydalaniladi. U shisha ballondan iborat bo'lib, uning ichki sirtining bir tomoniga seziy bugi bilan ishlangan surma ratlami surtilgan va havosi so'rib olingan. Bu qatlam katod vazifasini bajaradi.



5-rasm

Anod doiraviy shaklda bo'lib ballon markaziga joylashtirilgan. Bu fotoelementning qizil chegarasi elektromagnit to'lqinlarining ko'rinish diapozoniga joylashgan. Anod va katod orasida potentsiallar farqi hosil qilinadi. Fotoelement yoritilmaganda zanjirda tok bo'lmaydi. Katod yoritilganda, undan elektronlar otilib chiqib, anod tomon harakat qiladi, natijada zanjirda fototok hosil bo'ladi. Fotoelementning asosiy xarakteristikasi uning Volt-amper xarakteristikasidir, ya'ni u fototok bilan katod va anod orasidagi U potentsiallar farqi orasidagi boq'lanish. Bu xarakteristikani o'rganish uchun 5-rasmdagi zanjir yiq'iladi. Fotoelement va yorug'lik manbai optik o'rindiqqa bir-biriga nisbatan suriladigan qilib joylashtiriladi. Yorug'lik manbai-oddiy cho'q'lanma elektr lampasidir.

ISHNING BAJARILISH TARTIBI VA O'LCHASH NATIJALARINI XISOBLASH

1. Fotoelement va yorug'lik manbai ma'lum (60 sm) masofada joylashtiriladi.
2. Qurilma yoqilib (o'zgarmas masofada), R reostat yordamida U kuchlanish o'zgartirilib J fototok o'lchanadi. O'lchangan J va U jadvalga yoziladi. O'lchash J_t to'yinish toki hosil bo'lguncha olib boriladi.
3. Kuchlanishni kamaytirib, yana oldingi kuchlanishlar uchun J fototok o'lchanadi.
4. Shu o'lchash yana ikki masofa uchun bajariladi.
5. O'lchangan natijalar asosida Φ oqim o'zgarmas holi uchun $J=f(U)$ grafigi Φ oqimni uchta qiymati uchun $J=f(U)$ bir chizmada chiziladi.
6. O'lchashlar natijasidan $J=f(\Phi)$ grafigi chiziladi. Buning uchun yorug'lik oqimi o'zgarmas quvvatli lampochkalarda fotoelement va yorug'lik manbai orasidagi masofa ℓ orqali belgilanadi. $\Phi \sim \frac{1}{R^2}$ dan ,
demak $J=f(\frac{1}{R^2})$ tenglama orqali $J=f(\Phi)$ grafigi chiziladi.

1-jadval

N_0	Masofa ℓ_1		ℓ_2		ℓ_3	
	U_0	J_f	U_0	J_f	U_0	J_f
1						
2						
3						

TEKSHIRISH UCHUN SAVOLLAR

1. Fotoeffekt hodisasini tushuntiring.
2. Fotoeffekt hodisasining klassik fizika tushuntira olmasligini, izohlang.
3. Fotoeffekt qonunlarini o'rganuvchi qurilmani tushuntiring.
4. Fotoeffekt qizil chegarasi nima?
5. Nima uchun fotoelektronlarning maksimal energiyasi katodga tushayotgan nurlanish oqim zichligiga boq'liq emas? Fotoelektronlarning maksimal tezligi qanday o'lchanadi?
6. Fotoeffektning asosiy qonunlarini ta'riflang. Fotoeffektning qaysi qoidalari klassik fizika qonunlari asosida tushuntirib bo'lmaydi? Bu qonunlar, nurlanishni, kvant nazariyasi asosida qanday izohlanadi?
7. Chiqish ishi nomi, u nimalarga boq'liq?
8. Stoletov qonunlari tajribada qanday tekshiriladi? Volt-amper xarakteristikasini tushuntiring?

ADABIYOTLAR

1. Savelev I.V. "Umumiy fizika kursi". 3-tom "O'qtuvchi". Toshkent, 1976.
2. Shpolskiy E.V. Atom fizikasi "O'qtuvchi". Toshkent, 1970.
3. Bekjonov R.B. Atom va yadro fizikasi. "O'qtuvchi", Toshkent, 1972.
4. Axmadjonov O. Fizika kursi. 3-tom. "O'qtuvchi", Toshkent, 1989.
5. Umumiy fizika kursidan praktikum. Prof. P.K. Xabibullaev tahriri ostida. "O'qtuvchi", Toshkent, 1982.

1-Laboratoriya Ishi

Suyuqliklarning ichki ishqalanish koeffisientini Stoks usuli bilan aniqlash

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

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

Asosiy nazariy ma'lumotlar

Ichki ishqalanish ko'chish hodisalaridan biri bo'lib, ixtiyoriy muhitda kuzatiladi. Suyuqliklarda ichki ishqalanishning hosil bo'lish sabablarini gidrodinamik va molekulyar kinetik nazariya asosida qarab chiqamiz. Suyuqlikning qovushqoqligi, ya'ni impulsning qatlamdan qallamga

ko'chishi asosan molekular tufayli sodir bo'ladi. . Suyqlikning molekulari gaz molekulari kabi erkin harakat qila olmaydi, ular tebranma harakat qilib, vaqti-vaqti bilan ko'chadi, bunda siljish masofasi ularning o'lchamlari tartibida bo'ladi. Suyuqlik zichligi katta bo'lganligi sababli molekularning ilgariharakati cheklangandir. Past haroratlarda suyuqlik molekularining sakrab ko'chishi juda siyrak bolganligi sababli, suyuqlikning qovushqoqligi gazlarnikiga nisbatan juda katta boladi. Suyuqlikning qovushqoqligi haroratga kuchli bog'liq bo'lib, harorat ortishi bilan tez kamaya boradi.

Suyuqlik harakatlenganda uning qatlamlari orasida ichki ishqalanish kuchlari yuzaga kelib, ular qatlamlar tezliklarini tenglashtirishga intiladi. Bu kuchlarning yuzaga kelishini quyidagicha tushuntirish mumkun: har xil tezliklar bilan harakatlanuvchi qatlamlar molekulari bilan o'zaro almashinadi, natijada katta tezlik bilan harakatlanuvchi qatlam molekulari sekinroq harakatlanuvchi qatlama bir miqdor impuls uzatishi sababli sekinroq harakatlanuvchi qatlamning harakati tezlashadi. Aksincha, bunday almashinish natijasida tezligi katta bo'lgan qatlam sekinlashadi. Shunday qilib, qatlamdan qatlama impulsning ko'chishi, impulsning o'zgarishiga sabab bo'ladi. O'z o'rnida impulsning o'zgarishi esa qatlamlararo parallel joylashtirilgan tekislikka urinma ravishda yo'nalgan ichki ishqalanish kuchini hosil qiladi. Nyuton qonuniga binoan ichki ishqalanish kuchi quyidagiga tengdir(1-rasm):

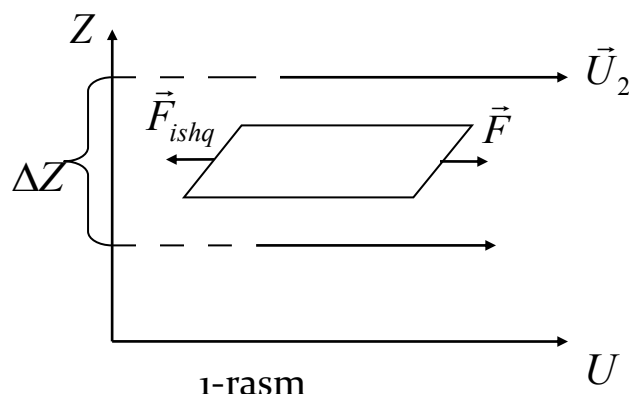
$$F_{ishq} = -\eta \frac{dU}{dz} \Delta S \quad (1)$$

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

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

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

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



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

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

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

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

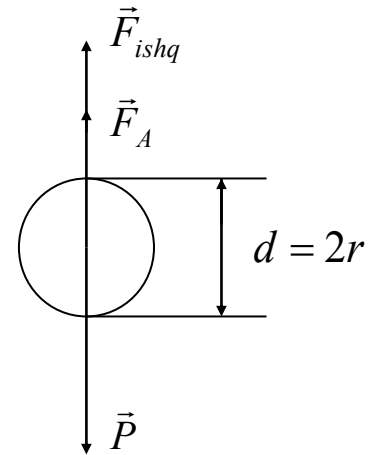
$$P = mg = \rho g V = \rho g \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{1}{6} \pi d^3 \rho g \quad (2)$$

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

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

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

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



2 - rasm

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

Sharchaning suyuqlik ichidagi harakatini ikki bosqichga ajratish mumkin:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

tenglamani olamiz va bundan η - ichki ishqalanish koeffitsientini aniqlasak:

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

Bu yerda \mathcal{G} - sharchaning barqaror topgan tezligi bo'lganligidan, u quyidagiga tengdir:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

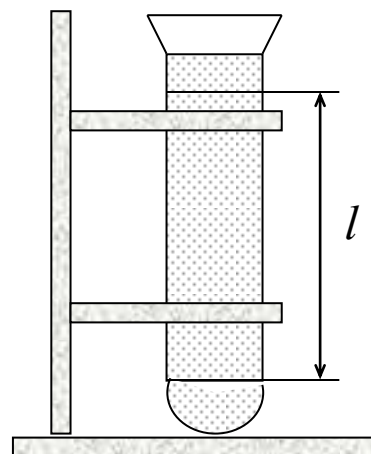
Turbulent oqimda, oqim chizig'i har doim o'zgarib turganligi sababli, bu harakat nostatsionar – beqaror harakatdan iboratdir.

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

Qurilmaning tuzilishi va o'lchash usuli

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

Tajribalarni turli sharchalar bilan kamida 10 marta takrorlash kerak.



3 - rasm

1. Tajribani o'tkazish tartibi va hisoblashlar

1. Millimetrli chizg'ich yordamida tekshiriladigan suyuqlik solingan idishning A va B (3-rasm) belgilari orasi o'lchanadi.
2. Areometr yordamida tekshirilayotgan suyuqlikning ρ_0 zichligi, termometr bilan harorati t° o'lchanadi.
3. Sharcha zichligi ρ ning qiymati tegishli jadvaldan aniqlanadi.
4. O'lchanadigan har bir sharchani mikroskopning buyum stolchasiga o'rnatib, uning har 60° burchak ostidagi $O_1O'_1$, $O_2O'_2$ va $O_3O'_3$ yo'nalishlardagi (4-rasm) diametrining uchta:

$\Delta N_1 = N_2' - N_1'$; $\Delta N_2 = N_2'' - N_1''$; $\Delta N_3 = N_2''' - N_1'''$
qiymatlari mikrometrik shkalalar bo'limida o'lchanadi.

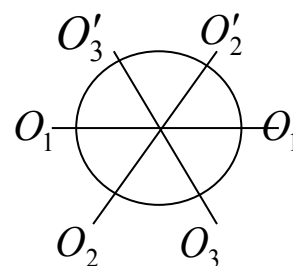
5. Har bir sharchaning o'rtacha diametri, mikrometrik shkalalar bo'limida ifodalanadi:

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

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

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

bunda $\alpha = 1 \cdot 10^{-3}$ sm bo'lib, mikrometrik shkala har bir bo'limning santimetrdagi



4 - rasm

ifodasidir.

Bu ma'lumotlarning barchasi 1-jadvalga yoziladi.

1-jadval

N ^o	N' ₁	N' ₂	N'' ₁	N'' ₂	N''' ₁	N''' ₂	ΔN ₁	ΔN ₂	ΔN ₃	⟨ΔN⟩	⟨d⟩	Doimiylar
1												t° =
2												ρ ₀ =
3												ρ =
...												l =
...												
...												
10												

7. Har bir sharchaning A va B belgilar orasini bosib o'tish vaqti τ sekundomer yordamida aniqlanadi.

8. Tajribada aniqlangan kattaliklar ρ, τ, ρ₀, ℓ va ⟨d⟩ ning qiymatlari (10) hisoblash formulasiga qo'yib, har bir tajriba uchun suyuqlikning ichki ishqalanish koeffitsienti aniqlanadi. 6, 7 va 8 bandlardan olingan natijalar 2-jadvalga yoziladi.

Tajriba xatoliklarini hisoblash

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

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

2. Har bir tajribada qilingan absolyut xatolik hisoblanadi:

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

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

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

4. Suyuqlik ichki ishqalanish koeffitsientining ishonch intervali quyidagicha yoziladi:

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

5. Tajribada qilingan nisbiy xatolik hisoblanadi:

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

Bu topilgan ma'lumotlarning barchasi 2-jadvalga yoziladi.

2-jadval

N ^o	d _i	τ _i	η _i	⟨η⟩	Δη _i	⟨Δη⟩	η	δ(η)
----------------	----------------	----------------	----------------	-----	-----------------	------	---	------

1								
2								
3								
...								
...								
10								

Nazorat uchun savollar

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

Adabiyotlar

1. Frish S.E, va Timoreva A.V. Umumiy fizika kursi.- 1 tom. T. O'qituvchi. 1965. §42,46
2. Savelev N.V. Umumiy fizika kursi.- 1 tom.T.:O'qituvchi.1973. § 58, 59, 69.
3. Sivuxin D.V. Umumiy fizika kursi "Mexanika" T.:O'qituvchi. 1961, 194, 96, 97, 98, 99.
4. Fizikadan praktikum. Mexanika va molekulyar fizika. Professor Iveronova V.I. tahriri ostida. T.:O'qituvchi.1973. 46-vazifa.
5. Nazirov E.N. va boshqalar. Mexanika va molekulyar fizikadan praktikum. T.:O'qituvchi.1979, 14-ish.

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

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

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

Asosiy nazariy ma'lumotlar

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

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

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

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

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

Muvozanatli holat va muvozanatli jarayon tushunchalari termodinamikada katta rol o'ynaydi. Termodinamikaning barcha miqdoriy xulosalarini faqat muvozanatli jarayonlargagina qo'llash mumkin.

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

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

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

Agar tizim ideal gazdan iborat bo'lsa, gazning ichki energiyasi molekulalar harakatining o'rtacha kinetik energiyasi $\langle \varepsilon \rangle = \frac{1}{2} kT$ ning

yig'indisiga tengdir. Agar berilgan gazda N ta molekula bo'lsa uning ichki energiyasi

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

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

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

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

T – absolyut harorat, K ;

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

i – gaz molekularining erkinlik darajasi.

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

bir atomli gaz molekulari uchun $i = 3$;

ikki atomli gaz molekulari uchun $i = 5$;

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

(2)dan gaz ichki energiyasining o'zgarishi

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Bu ifodaga Robert-Mayer formulasi deyiladi .

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

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

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

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

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

Gazlarning solishtirma issiqlik sig'irlarining $\gamma = \frac{C_P}{C_V}$ nisbatini

topishning quyida bayon etilgan Kleman-Dezor usuli juda ham soddadir .

Qurilmaning tuzilidhi va o'lchash usuli

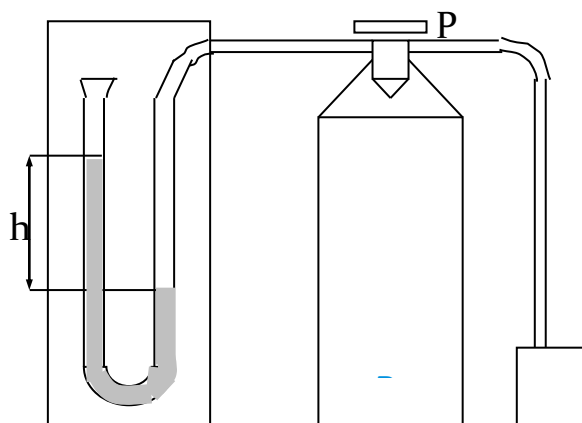
Qurilma havo bilan to'ldirilgan 10-20 litr hajmli B shisha balondan iborat (1-rasm).

Rezina naylar yordamida balonga ulangan U—simon manometrning tirsaklaridagi gazning hajmini balonning hajmiga nisbatan nazarga olmasa ham bo'ladi. Balonga yana N qo'l nasos yoki kompressor ulangan bo'lib, uning yordamida balonga gaz damlanadi. Po'kak tiqin yoki elektromagnit tiqin balon ichidagi gazni tashqi atmosferadan ajratib turadi. Balonda siqilgan gazning ortiqchasi juda kichik vaqtda tashqariga chiqib ketishga ulgurishi va yuz beradigan kengayish adiabatik jarayondan iborat bo'lishi uchun tiqin o'rnatilgan teshik yetarlicha katta bo'lishi kerak.

Usulning nazariyasi

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

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



1 - rasm

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

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

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

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

P_2 bilan, manometrning shu bosimni munosib ko'rsatishini h_2 bilan belgilansa, P_2 quyidagiga teng bo'ladi

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Bu tenglamada $\frac{h_1}{P_0}$ va $\frac{T_1 - T_2}{T_2}$ lar birdan juda kichik bo'lgani

uchun, tenglamaning ikki hadini Nyuton binomi bo'yicha yoyib, birinchi tartibli aniqlik bilan olinsa

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ishni bajarish tartibi va o'lchash natijalarini hisoblash

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

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

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

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

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

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

Olingan barcha ma'lumotlar quyidagi jadvalga yoziladi.

N ^o	h_1	h_2	γ_i	$\langle \gamma \rangle$	$\Delta \gamma_i$	$\langle \Delta \gamma \rangle$	γ	$\delta(\gamma), \%$
1								
2								
·								
·								
·								
10								

Nazorat savollari

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

Adabiyotlar

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

5 - laboratoriya ishi

Termoparani darajalash va termoelektr yurituvchi kuchni aniqlash

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

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

Asosiy nazariy ma'lumotlar

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

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

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

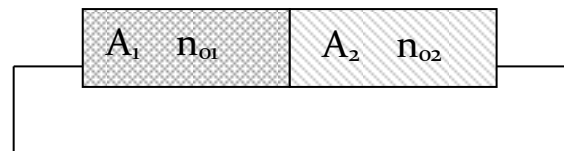
Metallarning klassik elektron o'tkazuvchanlik nazariyasiga binoan, tutashtirilgan ikki metal o'tkazgich (1-rasm) uchlari dagi kontakt potentsiallar farqi tashqi

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

va ichki

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

kontakt potentsiallar farqlarining yig'indisiga tengdir, ya'ni

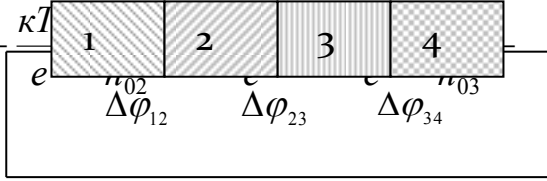


1-rasm

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

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

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

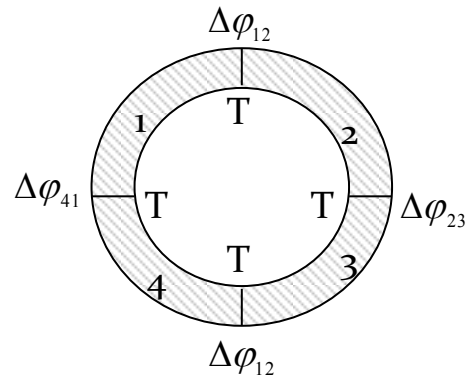
$$\Delta\varphi_{14} = \Delta\varphi'_{12} + \Delta\varphi'_{23} + \Delta\varphi'_{34} = -\frac{A_1 - A_2}{e} + \frac{\kappa T}{e} \ln \frac{n_{01}}{n_{02}} - \frac{A_3 - A_4}{e} + \frac{\kappa T}{e} \ln \frac{n_{03}}{n_{04}}$$


2-rasm

Bundan

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

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



3-rasm

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

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

Termoelektr hodisasi. Kontaktlardagi haroratlar turlicha bo'lgan yopiq zanjirda noldan farqli bo'lgan **termoelektr kuch** yuzaga keladi. Agar ikkita metallardan yopiq zanjir tuzib payvandlangan uchlaridan biri T_1

haroratgacha sovutilib, ikkinchisi T_2 haroratgacha isitilsa, zanjirda termoelektr yurituvchi kuch hosil bo'ladi (1-rasm).

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

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

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

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

bunda

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

Bu yerda $C = \frac{\kappa T}{e} \ln \frac{n_{01}}{n_{02}}$ - har bir juft o'tkazgich tizimi uchun xarakterli o'zgarmas kattalik bo'lib, unga solishtirma termoelektr yurituvchi kuch deyiladi.

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

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

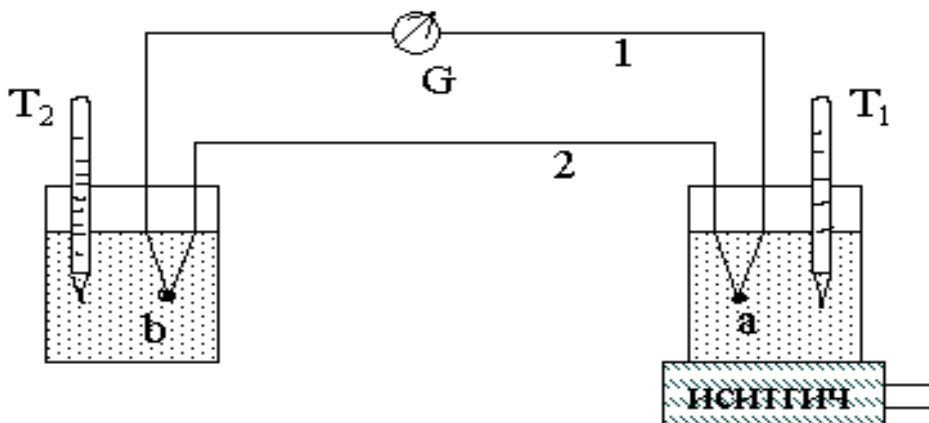
Solishtirma termoelektr yurituvchi kuch deb, termopara kontaktlarida temperatura farqi 1 K ga teng bo'lganda, hosil bo'lgan TEYUK teng bo'lgan kattalikka aytiladi.

Qurilmaning tuzilishi va o'lchash usuli

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

1. 4-rasmda ko'rsatilgan tajriba qurilmasining elektr sxemasi yig'iladi va yig'ilgan sxemaning to'g'ri ekanligiga ishonch hosil qilingach, termoparaning kavsharlangan uchlaridan biri ichida sovuq suv yoki muz bo'lgan idishga tushiriladi, ikkinchi uchi esa qizdiriladigan suyuqlik ichiga tushiriladi.

2. Boshlangich holda idishlar ichida suyuqliklarning harorati bir xil bo'lganligi uchun $\Delta T=0$ va demak $\varepsilon'_T = 0$ bo'ladi.
3. Galvanometr strelkasi aniq nolga keltirilgach, muz yoki sovuq suvning harorati tajriba davomida o'zgarmas saqlanadi.
4. Termostatdagi yoki ikkinchi idishdagi suyuqlik juda sekinlik bilan



4-rasm

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

jadval

N ^o	t $^\circ\text{C}$	Δt $^\circ\text{C}$	ε'_T mV	ε''_T mV	$\langle \varepsilon_T \rangle$ mV	C_i $\frac{mV}{grad}$	$\langle C \rangle$ $\frac{mV}{grad}$	ΔC_i $\frac{mV}{grad}$	$\langle \Delta C \rangle$ $\frac{mV}{grad}$	δ %
1		0								
2		5								
3		10								
4		15								
5		..								
.		..								
.		..								
16		75								
17		80								

5. Isitkichni tok manбайдan uzib, suvning asta-sekin sovushiga imkon beriladi va 4-banddagi oxirgi qiymatdan haroratning pasayishi tomonga qarab ularga mos kelgan galvanometrning ko'rsatishlari (ε'') jadvalga yozib boriladi.
6. $\langle \varepsilon_T \rangle$ ning Δt ga bog'lanish grafigi $\varepsilon_T=f(\Delta t)$ chiziladi.
7. Jadvaldagi qiymatlardan foydalanib, termoparaning solishtirma termoelektr yurituvchi kuchi C_i ning qiymati (6) formula asosida hisoblanadi va uning o'rtacha qiymati $\langle C \rangle$ topiladi.

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

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

Nazorat savollari

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

Adabiyotlar

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

6 - Laboratoriya Ishi

Fotoqarshilikni o'rganish

Kerakli asbob va materiallar: fotoqarshilik, yorug'lik manbai, tok manbai, reostat, voltmeter, mikrovoltmeter, kalit

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

Asosiy nazariy ma'lumotlar

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

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

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

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

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

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

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

FQ ning asosiy parametrlariga solishtirma, spektral, integral sezgirlik, qorong'ulik qarshiligi, qarshilikning karrali o'zgarishlari kiradi. FQ ning sezgirligini aniqlashda fototokning tushayotgan yorug'lik oqimining

spektral tarkibiga va miqdoriga, shuningdek berilgan kuchlanishning kattaligiga bog‘liqligini hisobga olish kerak.

Solishtirma sezgirlik K quyidagi tenglikdan aniqlanadi

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

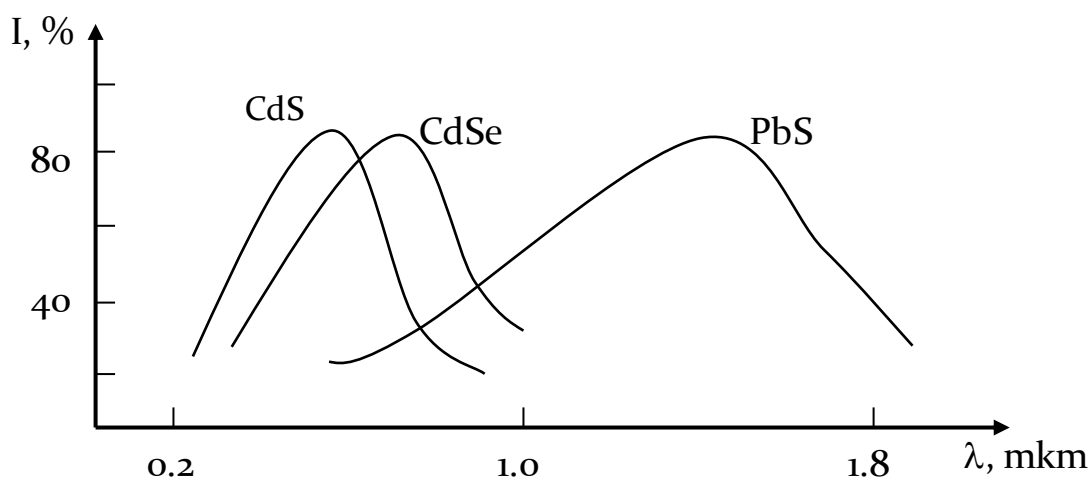
bunda E – FQ ning yoritilganligi; S – FQ ning yorug‘lik tushayotgan yuzasi; U – kuchlanish. Ushbu ishda yoritilganligi 200 lk, harorati 250 K bo‘lgan rangli yorug‘lik nurlantiruvchi manbadan foydalaniladi.

Integral sezgirlik (γ) solishtirma sezgirlikning ishda qo‘llanilayotgan kuchlanishga ko‘paytmasi bilan aniqlanadi:

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

Spektral sezgirlik.

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



1 - rasm

200 lk yoritilganlik olinganda 30 s dan keyin 20°S haroratdagi FQ ning qarshiligi qorong‘ulik qarshiligi r_q deyiladi. Qarshilikning karrali

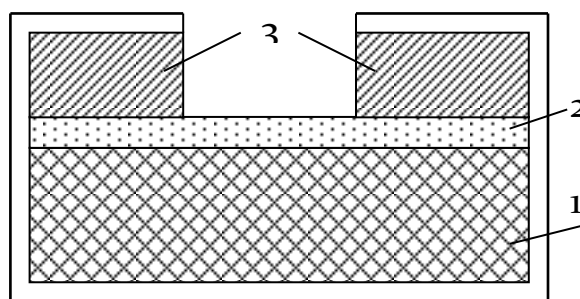
o‘zgarishi deb $\frac{r_q}{r_y}$ - FQ qorong‘ulik qarshiligining 2850 K haroratda rangli

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

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

Qurilmaning tuzilishi va o'lchash usuli

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

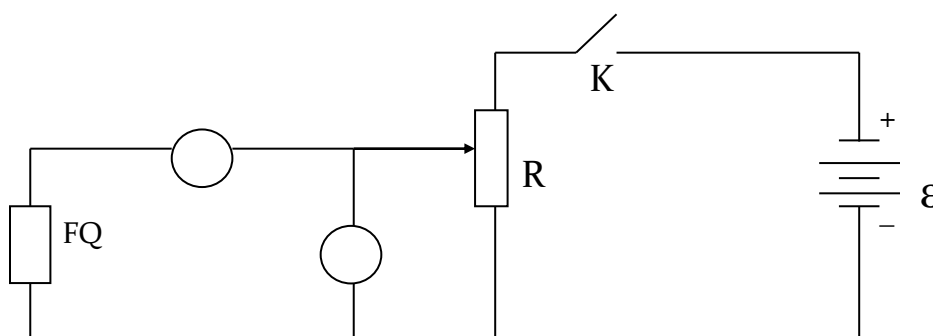


2 - rasm

1-vazifa

FQ ning volt-amper va yorug'lik tavsiflarini olish

- 3-rasmda ko'rsatilgan sxemaga qarab elektr zanjiri yig'iladi.
- FQ ning qorong'ulik volt-amper tavsifi olinadi, bunda yorug'lik manbaini yoqmasdan, FQ ga berilayotgan kuchlanishni o'zgartirib tok kuchining qiymatlari yozib boriladi. Natijalar 1(a)-jadvalga yoziladi.
- Yorug'lik manbai ulanadi. O'zgarmas ($E = const$) yoritilganlikda (FQ bilan yorug'lik manbai orasidagi l masofa o'zgarmas) kuchlanishni



3 - rasm

o'zgartirib, FQ yoritilgan tok kuchining qiymatlari olinadi. Natijalar 1(b)-jadvalga yoziladi. (1) ifodadan foydalanib I_F topiladi.

- Qorong'ulik toki va fototokning kuchlanishga bog'lanish grafiklari chiziladi, $I_q = f(U)_E$, $I_F = f(U)_E$
- O'zgarmas kuchlanishda l masofani o'zgartirib har xil yoritilganlik uchun $E = \frac{I_{yk}}{l^2}$ (I_{yk} -yorug'lik kuchi) tok kuchining qiymatlari o'lchanadi. Olingan natijalar 1(v)-jadvalga yoziladi.
- Fototok bilan yoritilganlik orasidagi $I_F = f(E)$ bog'lanish grafigi chiziladi.

1-jadval

a) $E = 0$			b) $E = const$				v) $U = const$			
N ^o	U_q, V	I_q, A	l, m	U_y, V	I_y, A	I_F, A	U, V	l, m	I_y, A	I_F, A
1										
2										
.										
.										
.										

2-vazifa

Fotoqarshilikning solishtirma sezgirligi va qarshiligining o'zgarish darajasini aniqlash

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

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

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

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

2-jadval

N ^o	E, lk	U, V	I_y, A	I_q, A	$\frac{r_q}{r_y} = \frac{I_y}{I_q}$	K
1						

2	200					
.						
.						
.						

Nazorat savollari

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

Adabiyotlar

1. Savelyev I.V. "Umumiy fizika kursi" T.2 Toshkent. "O'qituvchi", 1975
2. Qo'ziboyev M.M "Fotoqarshilik" Toshkent. "O'qituvchi", 2016
3. Епифанов Г.И. «Физика твердого тела» Москва «Высшая школа» 1965

7 - Laboratoriya Ishi

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

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

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

Asosiy nazariy ma'lumotlar

Qattiq jismlar elektr o'tkazuvchanligiga qarab 3 guruhga bo'linadi. Elektr o'tkazuvchanligi $\sigma = 10^5 \div 10^7 \text{ Om}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$ ga teng bo'lgan moddalar o'tkazgichlar yoki metallar deyiladi. Elektr o'tkazuvchanligi $\sigma = 10^{-8} \div 10^{-15} \text{ Om}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$ bo'lgan moddalar dielektriklar yoki izolyatorlar deyiladi va elektr o'tkazuvchanligi bular oralig'ida bo'lgan moddalar yarim o'tkazgichlar deb atalib, ularning elektr o'tkazuvchanligi $\sigma = 10^{-3} \div 10^4 \text{ Om}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}$ ga tengdir.

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

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

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

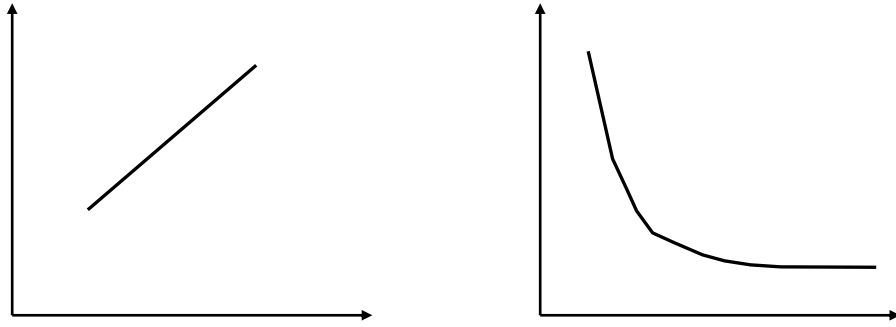
bu yerda R_0 - harorat $t=0^\circ \text{C}$ bo'lganda o'tkazgichning qarshiligi va $R(t)$ - esa $t^\circ \text{C}$ haroratdagi qarshilik, α - metall qarshiligining harorat koeffitsienti.

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

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

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

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



1 - rasm

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

Agar metallarga ma'lum yo'nalishda tashqi elektr maydoni qo'yilsa zaryadlangan zarrachalar maydon yo'nalishiga mos ravishda o'zlarining issiqlik harakat tezliklariga ma'lum tartibli qo'shimcha tezlik oladi.

Natijada metallardagi hamma erkin elektronlar tashqi maydon ta'sirida metallarning bir qismidan ikkinchi qismiga qarab ko'chib boradi, demak metallarda elektr toki hosil bo'ladi. Bu tok

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Agar elektronlarning tezliklar bo'yicha taqsimotini etiborga olmasak va ularning barchasini bir xil qiymatli \mathcal{G} - tezlik bilan harakat qiladi deb $\tau = \lambda/\mathcal{G}$ ni olishimiz mumkin. Bunda λ - erkin yugurish yo'lining o'rtacha qiymati. Bu holda tezlik uchun (2) formulani e'tiborga olib, quyidagini yozish mumkin

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

Yugurish vaqtida \mathcal{G} tezlik chiziqli o'zgaradi. Shuning uchun uning o'rtacha qiymati maksimal qiymatning yarmiga teng

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

Bu ifodani (1)ga qo'ysak

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

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

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

ni hosil qilamiz.

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

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

harakatchanligi deyiladi, U - elektronlarning dreyf tezligi.

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

Xulosa qilib, shuni aytish mumkinki, metallardagi elektr o'tkazuvchanlik zarrachalarning konsentratsiyasiga, zaryadiga va

ularning erkin yugurish yo'liga to'g'ri va zarrachalarning massasi va issiqlik harakat tezligiga teskari proporsionaldir.

Metallarning klassik elektron nazariyasida ulardagi erkin elektronlarni oddiy molekulyar zarracha kabi faqat kristall panjara tugunlari bilan ta'sirlashadi, shuning natijasida metallarning qarshiligi vujudga keladi, deb tushuntiriladi. Kvant nazariyasiga ko'ra elektron, to'lqin xususiyatlariga ega bo'lgan zarrachadir. Elektronning metall ichidagi harakati elektron to'lqinlarining metall ichidagi tarqalishi deb qaralib, bu to'lqinlarning uzunligi de-Broyl to'lqin uzunligiga tengdir.

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

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

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

(7) formulani (6)ga qo'yib

$$\sigma = \frac{e^2 E_{el} d}{m 9 \pi k T} \quad (8)$$

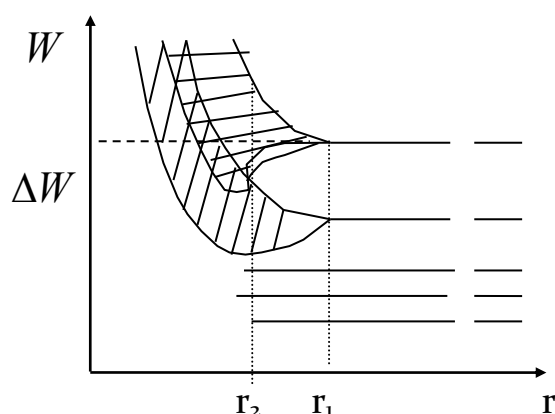
ni hosil qilamiz. Bu formula aynan tajriba natijalariga mos keladi.

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

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

Kristall tuzilishida valent zona bilan undan keyin keladigan o'tkazuvchanlik zonasi man etilgan zona bilan ajralib turadi. Valent zona bilan o'tkazuvchanlik zonasi orasidagi man etilgan zona juda kichik bo'lsa, bunday zonalar qo'shilib ketgandek bo'ladi yoki o'tkazuvchanlik zonasi elektronlar bilan qisman to'ldirilgan, ya'ni ikki energetik zonaning qo'shilib ketishi

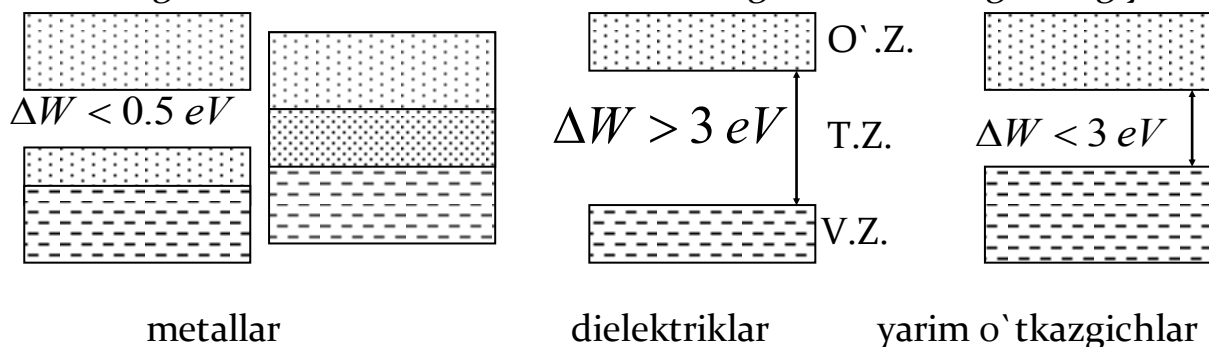
kuzatiladigan kristallar elektr tokini yaxshi o'tkazadi. Bular metallar guruhidir. Valent zona bilan o'tkazuvchanlik zonasi man etilgan zona bilan ajralgan kristallar dielektriklar yoki izolyatorlar deyiladi.



2 - rasm

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

Agar biror usul bilan valent zonadagi elektronning energiyasini



3 - rasm

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

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

bo'lgani uchun μ_n va μ_p elektron va kovaklarning harakatchanligi

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

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

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

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

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

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

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

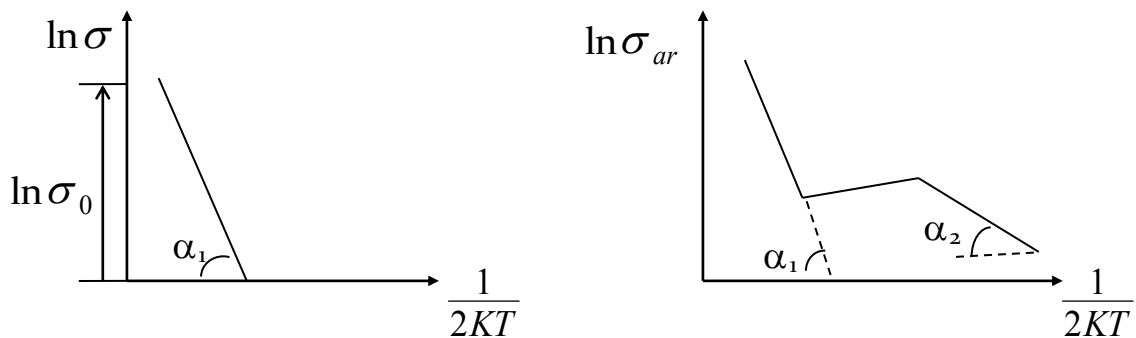
(10) yoki (12) va (9) formulaga qo'yib, xususiy va aralashmali yarim o'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanligi uchun quyidagi formulalarni hosil qilamiz, xususiyyarim o'tkazgichlar:

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

va aralashmali yarim o'tkazgichlar

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

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



4 - rasm

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

(16) formuladan

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

Qurilmaning tuzilishi va o'lchash usuli

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

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

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

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

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

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

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

va bu yerdan

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

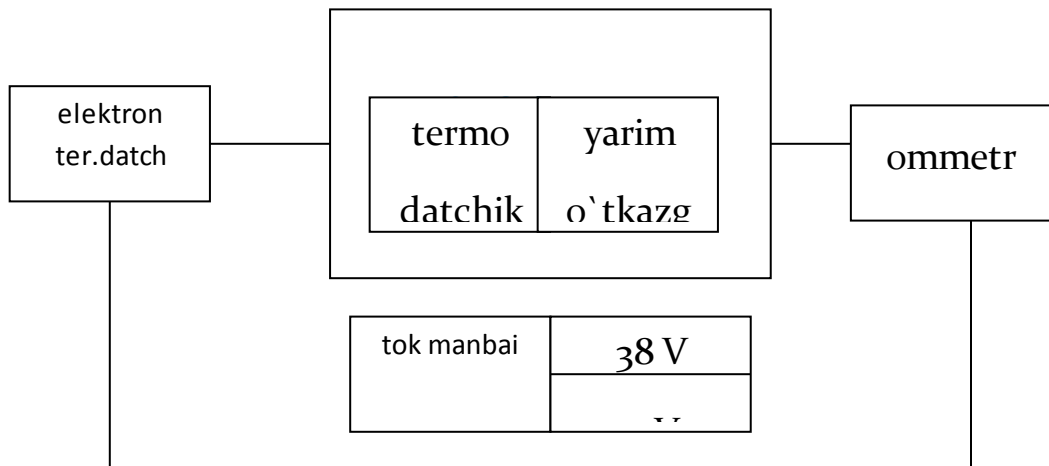
Yarim o'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanligi metallarnikidan farq qilib, ular harorat ortishiga qarab keskin kamayib ketadi. Chunki, yarim o'tkazgichlarda zaryad tashuvchilarning konsentratsiyasi harorat o'zgarishiga kuchli bog'liq, ya'ni eksponensial bog'lanishda. Haroratga kuchli bog'lanishda bo'lgan yarim o'tkazgich qarshiliklari termistorlar deyiladi.

Qurilmaning prinsipial sxemasi 5-rasmda berilgan.

Labaratoriya qurilmasi 4 qismdan iborat

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

o'ramlaridan isitgichga kuchlanish beriladi, ikkinchi o'ramlari elektron termometrغا kuchlanish beradigan stabilizatorga ulanadi.



5 - rasm

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

Ishni bajarish tartibi

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

1-jadval

t, °C	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
T.k								
R _{is}								
R _{sov}								
R _{or}								

2-jadval

Nº	R	lnR	T	1/T	ΔW, eV	<ΔW>	δ%
1.							
2.							
3.							
4.							
5.							
6.							

Nazorat uchun savollar

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

VIRTUAL LABORATORIYA ISHLARI

2.1 – 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:

- 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 \vec{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):

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

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.

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

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

$v_{ox} = 5.0 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ $E = 5.0 \text{ kV/m}$ Run
 $v_{oy} = 1.0 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ Reset

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 chiqish 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
E [V/m]	100	200	300	400	-100	-200	-300	-400

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

v_{0x} [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:

- 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 grafiklar bo'yicha xulosa chiqaring.

Jadval bo'yicha elektronning solishtirma zaryadi $e/m = 1.76 \cdot 10^{11}$ 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 shaklda bo'ladi?

2.2 – Laboratoriya ishi.

Nuqtaviy zaryadlarning elektr maydoni.

Ma'ruzalar matni va o'quv qo'llanmasi bilan tanishing (Savelyev, t.2 §5-10).

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 ($e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ K}l$) 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 chiziqlarga 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

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

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, α - r va dipol yelkasi orasidagi burchak.

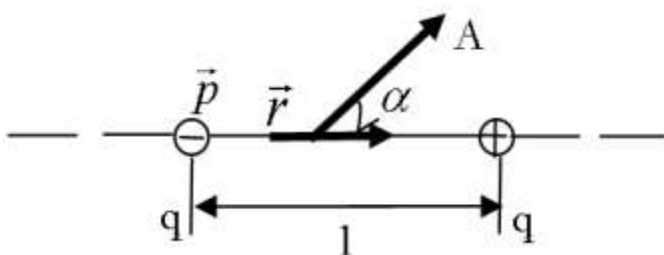
2. Xususiy hollarda:

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

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

b) dipol yelkasining o'rtasiga tushirilgan perpendikularda yotgan nuqtada

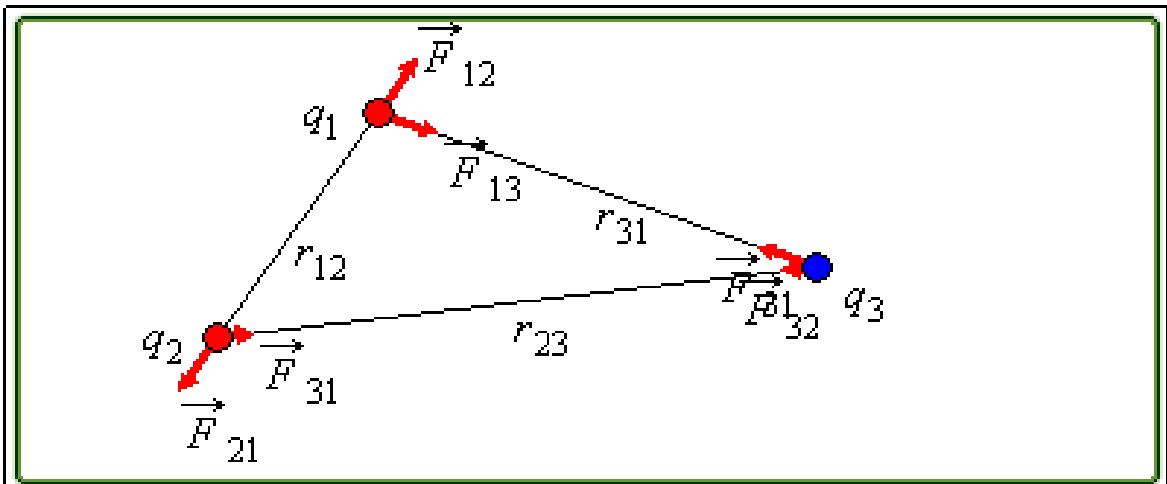
$$\left(\alpha = \frac{\pi}{2}\right) E = \frac{P}{4\pi\epsilon_0 r^3}$$



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, sichqonchanning 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 keraklisini daftaringizga chizib oling.



$q_1 =$ <input type="text" value="5.0"/> $\cdot 10^{-8}$ C	$r_{12} = 97$ cm	$F_{12} = 10 \cdot 10^{-6}$ N
$q_2 =$ <input type="text" value="2.0"/> $\cdot 10^{-8}$ C	$r_{23} = 207$ cm	$F_{23} = -1 \cdot 10^{-6}$ N
$q_3 =$ <input type="text" value="-3.0"/> $\cdot 10^{-8}$ C	$r_{31} = 160$ cm	$F_{31} = -5 \cdot 10^{-6}$ N

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

(cm) =	20	30	...	100
$1/r^2, \text{M}^{-2}$				
$E_1, \text{B/M}$				
$E_2, \text{B/M}$				
$E_3, \text{B/M}$				
$E_4, \text{B/M}$				

2 – jadval. q_1 zaryadning qiymatlari (10^{-8} Kl) (ko‘chirib olmang)

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

Namunadan foydalanib 1- jadvalni tayyorlang.

Xuddi 1–jadvalga o‘xshash 3 va 4 –jadvallarni ham tayyorlang, faqat ularda 2–qator boshqacha bo‘lib, uning mazmuni keying 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} Kl 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 ($L =_{13}$) 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 ($1/r^3$, \mathcal{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 grafiklarni tahlil qiling.

Nazorat uchun savol va topshiriqlar

1. Elektr maydoni (EM) deb nimaga aytiladi?
2. EM manbalarini ayting.
3. Zaryadning asosiy xossalarini 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. Tokli 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

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

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 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 (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

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

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:

- 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 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.

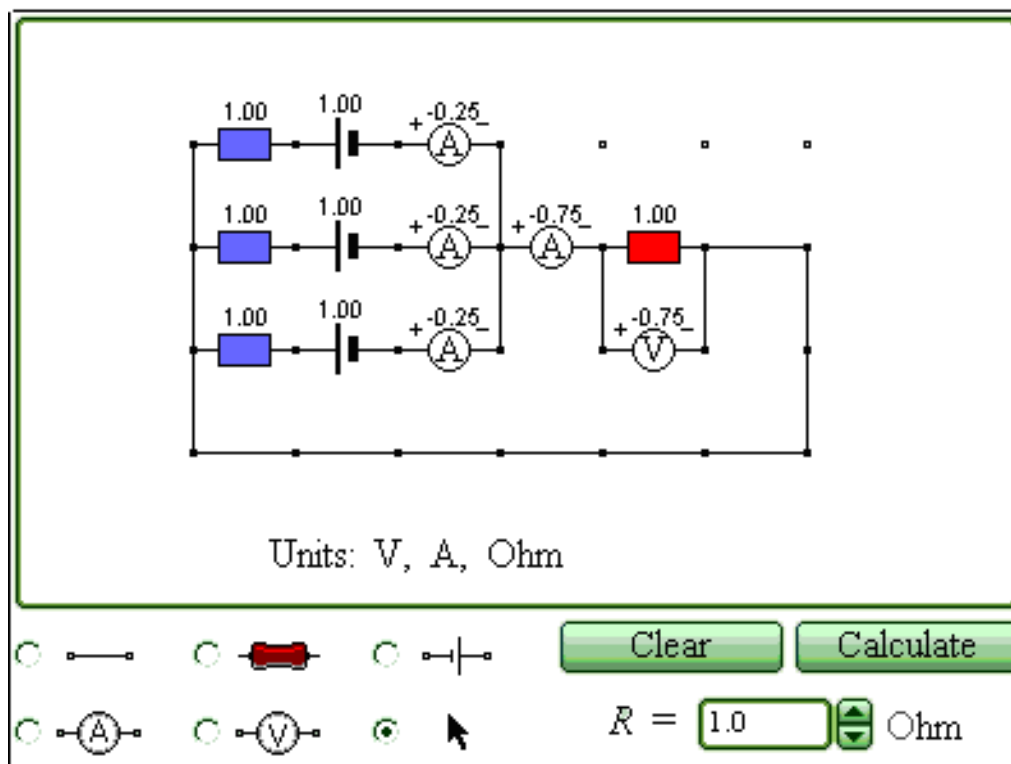
O'lchash usuli va tartibi

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 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 rezistorni (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 sichqonchanning chap tugmasini bosing.

4. Har bir element uchun parametrlar qiymatini belgilang. Buning uchun kursorni strekali tugmaga keltirib, sichqonchanning chap

tugmasini bosing. Keyin berilgan elementni bosib belgilang. Sichqoncha kursorni regulyatorning surgichiga olib boring va sichqonchani 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. Yuklanish rezistori qarshiligini $R=1$ Om qilib o'rnating. 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)

Бригада	1	2	3	4	5	6	7	8
$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$ [B]	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_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

- Tuzgan zanjiringiz bo'yicha barcha toklar uchun umumiy ko'rinishda tenglamalar tizimining yechimini yozing.
- Yuklanish qarshiliklarining har biri uchun barcha toklarning qiymatlarini hisoblang va 3-jadvalga yozing.
- Yuklanishdagi 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 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 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)ning shu zaryadga nisbati manbaining elektr yurituvchi kuchi (EYUK) deyiladi

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

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 energiyasiga 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 manbaining uchlaridagi kuchlanishga teng

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

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

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

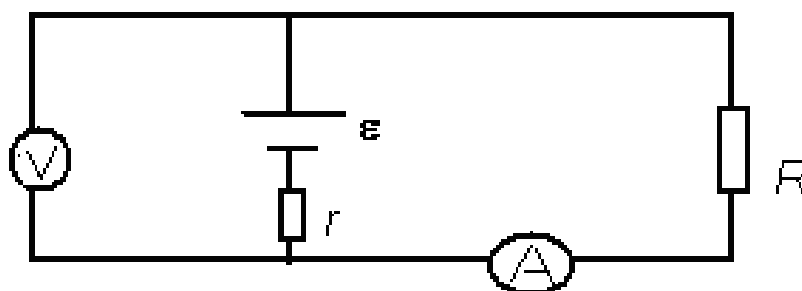
quyidagini hosil qilamiz

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

Bundan

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

Shunday qilib, zanjirdagi tok kuchi manba elektr yurituvchi kuchining zanjirdagi tashqi va ichki qarshiliklar 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)

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

jadval. O'lchash natijalari.

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

Namunadan foydalanib, 2-jadvalni tayyorlang.

O'qituvchidan o'lchashlarni bajarish uchun ruxsat oling.

1. 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

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

Ishning maqsadi.

- Turli manbalarning magnit maydonini modellashtirish 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 - F_{el} 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)

bu yerda r – kuzatish nuqtasining radius – vektori e - birlik radius – vektor, kuzatish nuqtasi orqonal yo‘nalgan, μ_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.

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

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

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

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

R radiusli J tokli aylana kontur o‘qidagi va uning markazidan masofada joylashgan nuqtadagi magnit maydon induksiyasi:

bunda,

S – yuzali o‘ramning magnit momenti, e - o‘ram sirtiga tushirilgan normal – birlik vektor.

Solinoid de buzun tokli 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. Bunda, 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. 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 induksiyasi tokli o'kazgichgacha bo'lgan masofaga teskari proporsionalligiga ishon hosil qilish mumkin.

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

2 – model. Aylana tokli 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. O'lchash natijalari.

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 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 xudi 1- jadval singari tuziladi, faqat 2 qatorida qiymat yoziladi. 2 – jadvaldagi tokning qolgan 3 ta qiymati uchun ham o'lchashlarni takrorlang.

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 nuqtagacha 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.
2. Bir varoqqa MM induksiya (V) bilan to'g'ri tokli o'tkazgich uchun masofaga teskari () bog'lanishni chizing.
3. Ikkinchi varoqqa tokli o'ram o'qidagi MM induksiyasi (V) bilan masofa kubining teskari qiymatiga
4. bog'lanish grafigini chizing.
5. Uchinchi varoqqa solenoid o'qidagi MM induksiya (V) Bilan berilgan masofa o'rtasidagi bog'lanishlar birinchi ikkinchi varoqdagi.
6. Grafiklarning qiyalik burchagi tangensi bo'yicha magnit doimiysini toping.
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 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 jinслиmi?
20. Agar aniqlik darajasi berilsa solinoid ichidagi MM ning bir jinслиlik sohasini qanday aniqlash mumkin.

3. KVANT OPTIKASI

ATOM FIZIKASI

3.1 LABARATORIYA 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: $E_f = h\nu$ 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 eV = $1.6 \cdot 10^{-19}$ J.

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

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

$$h = \frac{e \Delta(U_{3A\Pi})}{c \Delta\left(\frac{1}{\lambda}\right)} \quad \text{bu yerda } \lambda - \text{Elektromagnit}$$

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.

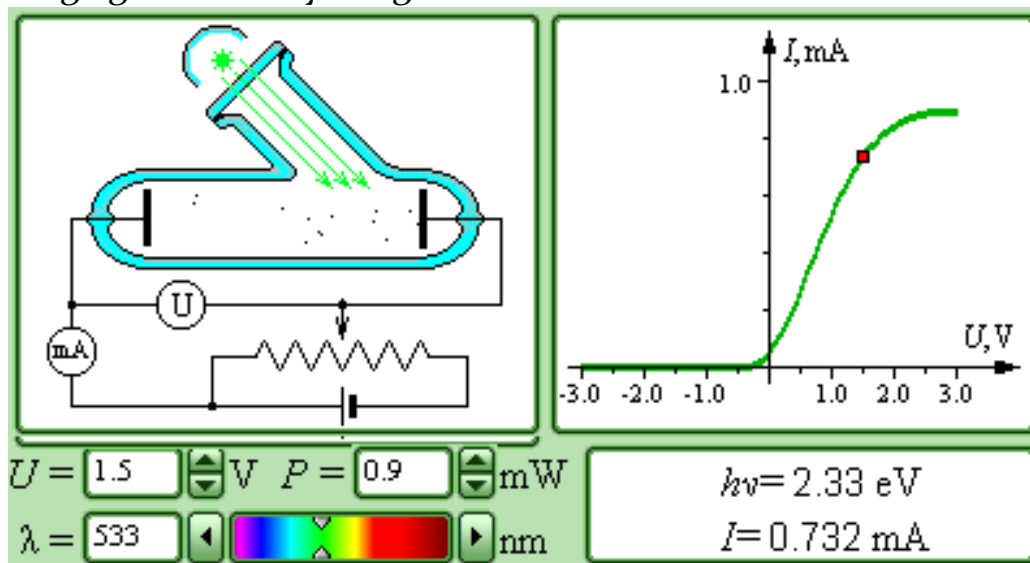
Fotoeffektning qizil chegarasi deb fotoeffekt yuz berishi mumkin bo'lgan minimal chastota tushuniladi. Demak bunda foton energiyasi chiqish ishiga teng bo'ladi: $h\nu_{kr} = A_{chiq}$.

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.

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

- 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.
- 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	Brigadala r	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
$1/\lambda_i, 10^6 m^{-1}$					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'lqin uzunligi ($1/\lambda$) ni hisoblab jadvalga kiritish.

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

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	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:

- Foton deb nimaga aytiladi?
- Elektromagnit nurlanishning barcha modellarini sanab o'ting.
- 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 potentsialidan past bo'lsa fotoelektron qanday harakat qiladi?
 9. Agar fotoelementda anod potentsiali fotokatod potentsialidan 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'lqin 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 molekulari) tomonidan nurlanuvchi yoki yutiluvchi elektromagnit to'liqlar yig'indisiga aytiladi.

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

Bundan tashqari yana molekulyar gazlardan nurlanadigan yo'l-yo'l va qizdirilgan qattiq jismlardan nurlanuvchi to'g'ri 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 ΔE_{elek} (yutilgan foton energiyasiga teng) ga ortadi. Yana quyi orbitaga qaytishda elektron o'zidan energiyasi $E_f = |\Delta E_{\text{elek}}|$ 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'liqlik 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 – Vodorodning 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: $s = 1$.

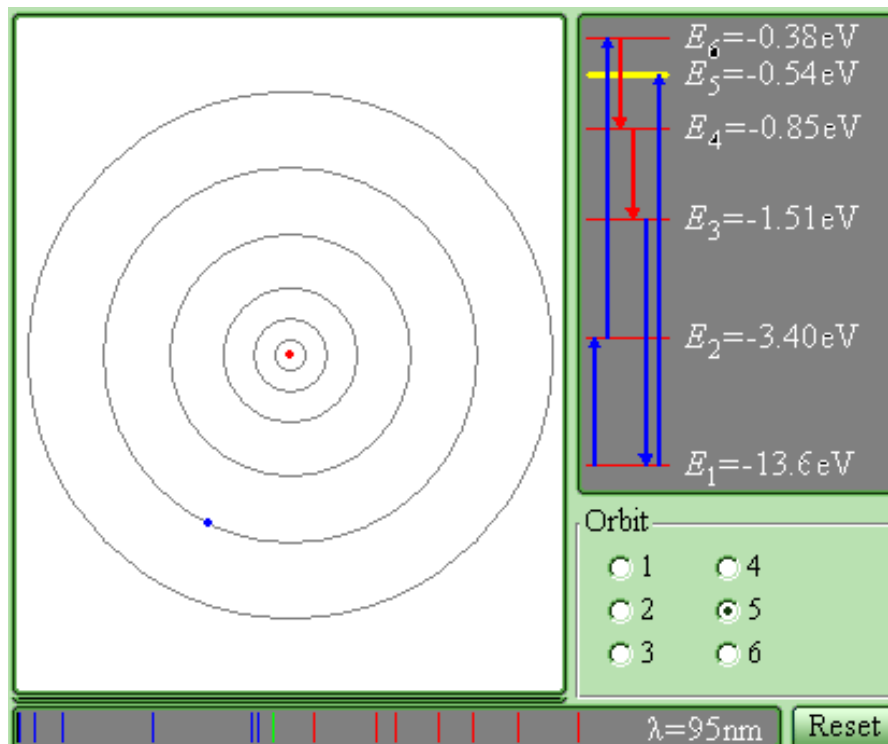
Elektronlar o'zaro teng energiyaga ega bo'lishsa ular "Elektronning atomdagi holatini ifodalash uchun bosh kvant sonni bildiruvchi raqam va azimutal kvant sonni izohlovchi harf ishlatiladi:

Harf	s	p	d	e	f
<i>l</i> ning qiymati	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	$np \rightarrow 1s$	$ns \rightarrow 2p,$ $nd \rightarrow 2p$	$nf \rightarrow 3d,$ $np \rightarrow 3d$	$ng \rightarrow 4f,$ $nd \rightarrow 4f$

Kerakli 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_o -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^{-1}
1			
2			
3			
4			

Brigada tartib raqami	Quyi 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'liqin 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'liqin 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'zgarimas 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'liqinli 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'liqinli 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 molekularining harakati bilan tanishtiruvchi kompyuter modeli bilan tanishuv.
- Ideal gaz molekulari uchun Maksvell taqsimotlarini tajribada tasdiqlash

Asosiy nazariy ma'lumotlar:

O'lchovning qandaydir aniq P_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 molekular 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 $\varphi(v_z)$ – molekular tezliklarining mos proyeksiyalari uchun taqsimot funksiyalari, $f(v)$ esa ularning yig'indisi.

§98 keltirilgan formulalar

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

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

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

$F(v)$ funksiya maksimumga erishadigan v_{aniq} tezlik “(?) tezlik” deb ataladi:

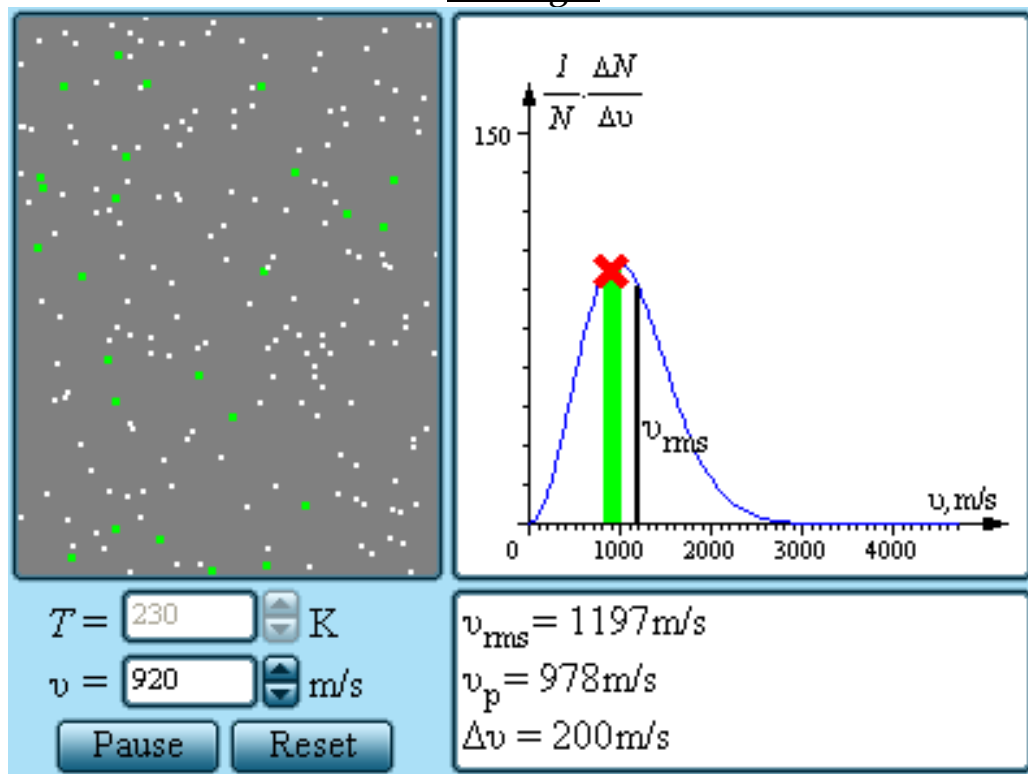
$$v_{\text{aniq}} = \sqrt{\frac{2kT}{m}}$$

Kerakli 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. Ekraning 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 bimalol Ideal gazning mehanik modeli bo'la oladi. "Pause" 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 (Δv) tezlik diapazonini aniqlash.

Buning uchun sichqoncha ko'rsatkichini diapazon (<) 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: Molekulalarning tezlik bo'yicha taqsimlanishini o'rganish.

Tizimga brigadangiz jadvalida ko'rsatilgan T_1 temperatura bering. Tezlik qiymatlarini 2-jadvaldagiga yaqinroq tanlang, "Pause" tugmachasini bosib va tezligi berilgan Δv diapazonda yotgan molekular soni ΔN ni sanang. Natijalarni 2-jadvalga yozing. Avval "Start" tugmachasini, bir necha soniyadan so'ng esa "Pause" tugmachasini bosib orqali yana bir oniy suratga ega bo'ling va undagi berilgan tezlikda harakatlanayotgan molekularni 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
ΔN_1							
ΔN_2							
ΔN_3							
ΔN_4							
ΔN_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. $\Delta N_{or}(v)$ bog'lanishni nazariy va amaliy shakllarining 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 grafiklar 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 molekulari tezligini taqsimot funksiyasi grafigining o'ziga xos hususiyatlari 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 molekularini o'rtacha tezligining ifodasini yozing.
11. Ideal gaz molekularini o'rtacha kvadratik tezligining ifodasini yozing.
12. Ideal gaz molekularini aniq (?) tezligining ifodasini yozing.
13. Ideal gaz molekularining o'rtacha va o'rtacha kvadratik tezliklari necha foizga farq qilishini hisoblang.
14. Ideal gaz molekularining o'rtacha va aniq (?) tezliklari 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 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.

$$\delta Q = dU + \delta A$$

(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:

$$dU + \delta A = 0$$

(2)

Demak ideal gaz uchun:

$$dU = \nu C_v dT$$

(3)

$$\delta A = p dV$$

(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. (5)

Ideal gaz Mendeleev-Klapeyron tenglamasiga bo'ysinadi:

$$pV = \nu RT.$$

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

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

(6)

(4) va (6) dan

$$dT = \frac{pdV + Vdp}{\nu R} \quad \text{ga ega}$$

bo'lamiz. (7)

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

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

(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 molekularning 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 $pV^\gamma = const$ 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:

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

Tajriba dasturi va asosiy qurilmasining umumiy tuzilishi:

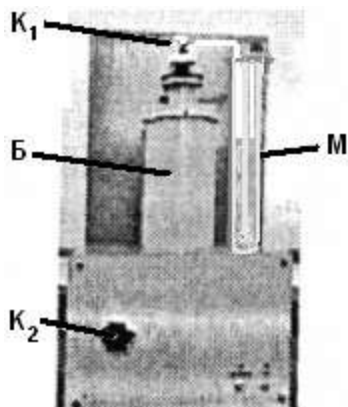
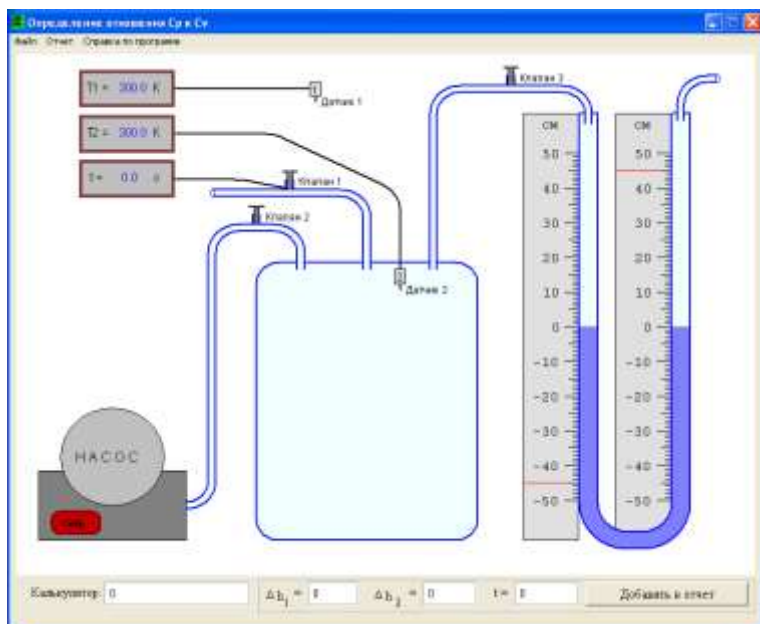


Рис. 1а

Tajriba qurilmasining asosiy qismlari bu: (1a rasimga 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 (K_1) ballonni atmosfera bilan birlashtiradi. 1-

klapanning 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 (K_2) 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-klapani 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:

$$p_1 = p_0 + p' \text{ ga o'zgaradi}$$

(13)

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

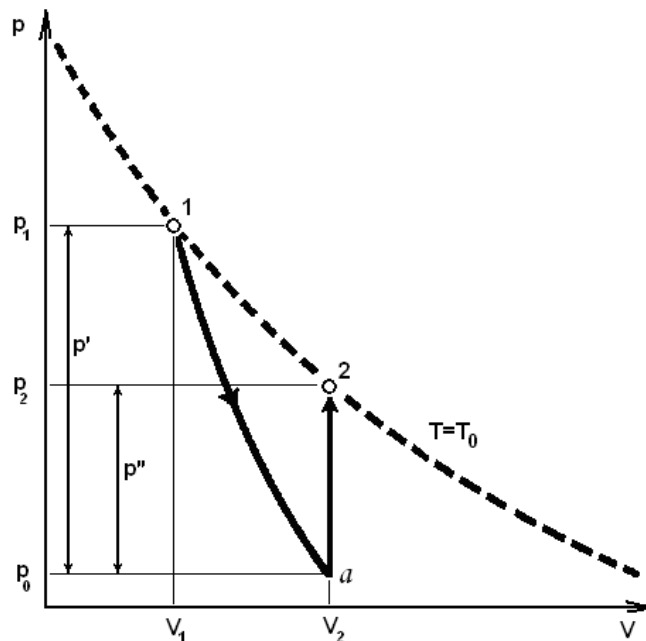
Hozir klapandan uzoqda joylashgan V_1 hajmni egallab turgan ma'lum miqdordagi gazni qaraymiz. Agar 1-klapani qandaydir vaqtga ochiq qoldirsak ballondagi gazning bir qismi uni tark etadi va undagi bosim atmosfera bosimiga teng bo'lib qoladi (Bunda ballondagi gaz hajmi V_1 dan V_2 gacha ortadi (. 2-rasmdagi $1 \rightarrow a$ 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-klapan yopilgach ballon ichidagi gaz T_0 -hona temperaturasigacha izoxorik qiziydi. ($a \rightarrow 2$ jarayon). Bunda bosim atmosfera bosimiga nisbatan p'' ga ortadi va

$$p_2 = p_0 + p'' \quad \text{ga teng bo'lib}$$

qoladi (15)

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

$$p_1 V_1 = p_2 V_2.$$

(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. (18)

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

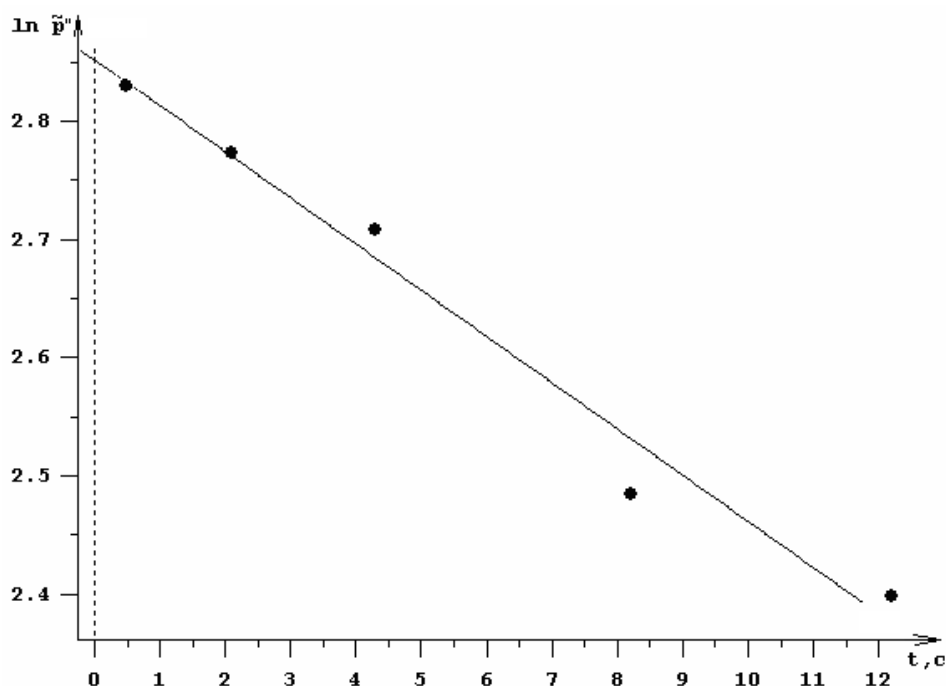
$$\begin{aligned} p' \text{ (sm suv ust.)} &= h' \text{ chap (sm) - } h' \text{ o'ng (sm) ,} \\ p'' \text{ (sm suv ust.)} &= h'' \text{ chap (sm) - } h'' \text{ o'ng (sm).} \end{aligned} \quad (19)$$

Bu yerda $h' \text{ chap}$ va $h' \text{ o'ng}$ - p' ni o'lchash jarayonida manometrning o'ng va chap ustunlarining ko'rsatkichidir.. $h' \text{ chap}$ va $h' \text{ o'ng}$ ham p'' uchun huddi shu usulda aniqlanadi. p'' ni aniqlash uchun aynan adiabatik jarayon yakuniga yetgach 1-klapanni 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-klapanning 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

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



3 rasm. Bosim natural logairfmining vaqt bilan bog'lanishi

$\ln \tilde{p}''(t)$ vaqtga chiziqli ravishda bog'liq bo'lgani uchun $t=0$ 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.

Klapanni 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. $h'_{ong} - h'_{chap} = (60 \div 70) \text{sm}$ 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 sekundomerdada ko'rinib turadi. Klapan ochiq turgan t vaqtni 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 yasalib 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:

$$\Delta p' = \sqrt{2} \Delta h$$

(21)

Shu formulani keltirib chiqaring!

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

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

yordamida hisoblang.

7. γ ni hisoblashdagi nisbiy va absolyut hatoliklarni aniqlang:

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

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'imlari qanday birliklarda o'lchanadi?
2. C_p va C_v molyar issiqlik sig'imlariga 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 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 1-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) grafiga 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?

ГЛОССАРИЙ ПО ФИЗИКЕ

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ		
	Новые понятия	Содержание
1	Механическое движение	изменение положения тел или их частей в пространстве относительно друг друга с течением времени
2	Механика	раздел физики, изучающий закономерность механического движения и причины, вызывающие или изменяющие это движение
3	Классическая механика	механика, созданная Г.Галилеем и И.Ньютоном и изучающая законы движения макроскопических тел, движущихся со скоростями малыми по сравнению со скоростью света в вакууме
4	Релятивистская механика	механика, основанная на специальной теории относительности, сформулированной А.Эйнштейном и изучающая движение макроскопических тел со скоростями, сравнимыми со скоростью света в вакууме
5	Квантовая механика	раздел физики, изучающий движение микроскопических тел, таких как отдельные атомы и элементарные частицы
6	Кинематика	раздел механики, изучающий механическое движение тел, не рассматривая обуславливающие это движение причины
7	Материальная точка	физическая модель, тело, обладающее массой, размерами которого можно пренебречь, по сравнению с расстояниями до других тел
8	Число степеней свободы	число независимых координат, полностью определяющих положение точки в пространстве
9	Траектория движения	линия, образованная множеством точек пространства, через которые прошла материальная точка в процессе движения
10	Мгновенная скорость	векторная величина, равная первой производной перемещения движущейся точки по времени и направленная по касательной к траектории в каждой ее точке
11	Кривизна траектории	величина, обратная радиусу кривизны траектории в

		данной точке
12	Тангенциальное ускорение	векторная величина, характеризующая изменение скорости по величине, направленная по касательной к траектории
13	Нормальное ускорение	векторная величина, характеризующая быстроту изменения скорости по направлению, направленная к центру кривизны траектории в данной точке
14	Угловая скорость	векторная величина, равная первой производной угла поворота по времени, и направленная вдоль оси вращения по правилу правого винта
15	Центростремительное ускорение	нормальное ускорение точки, равномерно движущейся по окружности
16	Динамика	раздел механики, изучающий причины, вызывающие или изменяющие движение тел
17	Первый закон Ньютона	существуют такие системы отсчета, относительно которых поступательно движущееся тело сохраняет свою скорость постоянной, если на нее не действуют другие тела или действия тел компенсируются
18	инерция	явление сохранения скорости тела постоянной или равной нулю при условии отсутствия действия на тело других тел
19	Второй закон Ньютона	ускорение, приобретаемое материальной точкой, пропорционально вызывающей его силе, совпадает с ней по направлению и обратно пропорционально массе материальной точки
20	Третий закон Ньютона	силы, с которыми действуют друг на друга материальные точки, равны по модулю, противоположно направлены и действуют по прямой, соединяющей эти точки
21	Закон всемирного тяготения	тела притягиваются друг к другу с силой, модуль которой пропорционален произведению их масс и обратно пропорционален квадрату расстояния между ними
22	Сила трения	сила, действующая на тело, движущееся по поверхности другого тела, в результате действия которой механическая энергия движения тела превращается во внутреннюю энергию

23	Упругая деформация	деформация, при которой тело восстанавливает прежнюю форму или размеры после прекращения действия внешних сил
24	Сила упругости	сила, возникающая в деформируемом теле и противодействующая действию внешней силы
25	Закон Гука	сила упругости, возникающая в деформируемом теле, пропорциональна его удлинению и направлена противоположно направлению перемещения частиц тела
26	Элементарная работа силы	Скалярное произведение силы и элементарного перемещения
27	Мощность	работа, совершенная силой за единицу времени
28	Кинетическая энергия	энергия механического движения тела, равная половине произведения массы тела на квадрат скорости
29	Потенциальная энергия	механическая энергия системы тел, определяемая их взаимным расположением и характером сил взаимодействия между ними
30	Закон сохранения механической энергии	полная механическая энергия системы, в которой действуют только консервативные силы, сохраняется постоянной, т.е. не меняется со временем
31	Абсолютно упругий удар	удар, в результате которого в обоих взаимодействующих телах не остается никаких деформаций и вся кинетическая энергия, которой обладали тела до удара, после удара снова превращается в кинетическую энергию
32	Абсолютно неупругий удар	удар, в результате которого тела объединяются, двигаясь дальше как единое целое
33	Момент силы относительно неподвижной точки O	векторная величина, равная векторному произведению радиуса вектора r , проведенного из точки O в точку приложения силы на вектор силы
34	Свойство момента силы	при переносе точки приложения силы вдоль линии ее действия момент силы относительно неподвижной точки O не изменяется
35	Момент инерции тела относительно оси вращения	величина, равная сумме произведений масс материальных точек системы на квадрат их расстояний до оси
36	Момент импульса	векторная величина, равная векторному произведению

	материальной точки относительно неподвижной точки О	радиуса вектора материальной точки на вектор ее импульса
37	Уравнение моментов	производная по времени от момента импульса L материальной точки относительно неподвижной оси равна моменту сил M , действующих на материальную точку, относительно этой оси
38	Закон сохранения момента импульса	момент импульса замкнутой системы тел остается постоянным, т.е. не меняется с течением времени
39	Собственные или свободные колебания	колебания, которые совершает система после того, как ее выведут из состояния равновесия и предоставят самой себе
40	Гармонические колебания	периодический процесс, при котором смещение колеблющегося тела происходит по закону синуса или косинуса
41	Свойство гармонических колебаний	период колебаний не зависит от амплитуды
42	Закон Кариолиса	сила, действующая на тело, движущееся в неинерциальной системе отсчета, вращающейся относительно инерциальной с постоянной угловой скоростью
43	Закон сложения скоростей Галилея	скорость относительно одной инерциальной системы отсчета равна сумме скоростей относительно другой системы отсчета и относительной скорости движения одной инерциальной системы относительно другой
44	Первый постулат Эйнштейна	все законы природы инвариантны по отношению к переходу от одной инерциальной системы к другой
45	Второй постулат Эйнштейна – принцип инвариантности скорости света	скорость света в вакууме не зависит от скорости движения источника света или наблюдателя и одинакова во всех инерциальных системах отсчета
46	Масса покоя	масса, измеренная в той инерциальной системе отсчета, относительно которой материальная точка находится в состоянии покоя
47	Закон взаимосвязи массы и энергии	полная энергия системы равна произведению ее массы на квадрат скорости света в вакууме

48	Энергия покоя	энергия, равная произведению массы покоя на квадрат скорости света в вакууме
49	Гидроаэродинамика	раздел механики, изучающий равновесие и движение жидкостей и газов, их взаимодействие между собой и обтекаемыми ими твердыми телами
50	Несжимаемая жидкость	жидкость, плотность которой всюду одинакова и не изменяется со временем
51	Давление жидкости	физическая величина, равная нормальной силе, действующей со стороны жидкости на единицу площади
52	Закон Паскаля	давление в любом месте покоящейся жидкости одинаково по всем направлениям
53	Закон Архимеда	на тело, погруженное в жидкость или газ, действует со стороны этой жидкости направленная вверх выталкивающая сила, равная весу вытесненной телом жидкости
54	Уравнение непрерывности	Соотношение вида $S_1V_1=S_2V_2=const$, означающее, что произведение скорости течения несжимаемой жидкости на поперечное сечение трубки тока, есть величина постоянная для данной трубки тока
55	Статическое давление	давление жидкости на поверхность обтекаемого ею тела
56	Динамическое давление	физическая величина, пропорциональная произведению плотности жидкости на квадрат ее скорости
57	Формула Торричелли	скорость истечения жидкости через малое отверстие в стенке или дне сосуда пропорциональна квадратному корню из произведения высоты столба жидкости на ускорение свободного падения
58	Вязкость	свойство реальных жидкостей оказывать сопротивление перемещению одной части жидкости относительно другой
59	Подъемная сила	сила, действующая на тело, движущееся в жидкости или газе, направленная перпендикулярно направлению жидкости

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

1	Молекулярная физика	раздел физики, изучающий строение и свойства вещества, содержащего огромное количество находящихся в непрерывном хаотическом движении атомов и молекул
2	Молекулярно-кинетическая теория	раздел молекулярной физики, основанной на статистическом методе исследования систем
3	Термодинамика	раздел физики, изучающий свойства микроскопических систем, не рассматривая протекающих в них микропроцессов, а используя феноменологический подход
4	Относительная молекулярная масса	отношение массы молекулы вещества к $1/12$ массы изотопа углерода C_{12}
5	Моль	количество вещества, содержащее такое количество молекул, что и $0,012$ кг изотопа углерода C_{12}
6	Идеальный газ	Идеализированная физическая модель, согласно которой собственный объем молекул газа пренебрежимо мал по сравнению с объемом сосуда, между молекулами отсутствуют силы взаимодействия и столкновения молекул газа между собой и стенкой сосуда абсолютно упругие
7	Уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона)	уравнение вида $pV_m = RT$, где V_m - молекулярный объем, а R - молярная газовая постоянная
8	Статистическая физика	раздел теоретической физики, изучающий свойства систем, состоящих из очень большого числа частиц с помощью статистического метода
9	Распределение Максвелла	распределение молекул по скоростям, не зависящее от времени, имеющие вид: $f(V) = 4\pi (M_0/2\pi kT)^{3/2} V^2 e^{-M_0 V^2/2kT}$, где M_0 - масса молекул газа, T - температура, k - постоянная Больцмана
10	Основное уравнение молекулярно-кинетической теории	уравнение, выражающее прямопропорциональную зависимость давления газа от концентрации молекул, массы молекул и квадрата среднеквадратичной скорости молекул
11	Закон Больцмана	Закон о равнораспределении энергии по степеням свободы, согласно которому на каждую поступательную и вращательную степени свободы приходится в среднем

		кинетическая энергия, равная $\frac{1}{2} kT$, а на колебательную степень свободы kT
12	Равновесное состояние	Состояние системы, при котором все термодинамические параметры имеют определенные значения, в котором система может оставаться сколько угодно долго при неизменных внешних условиях
13	Неравновесное состояние	Состояние системы, при котором хотя бы один из термодинамических параметров не имеет определенного значения
14	Первое начало термодинамики	уравнение вида $\delta Q = \alpha E + \delta A$, количество теплоты, сообщенное системе, идет на изменение внутренней энергии и совершение системой работы над внешними телами
15	Теплоемкость	физическая величина, равная количеству теплоты, затрачиваемой на изменение температуры на один градус Кельвина
16	Изопроцессы	процессы идеальных газов в которых хотя бы один из термодинамических параметров в состоянии системы не изменяется со временем, масса газа остается постоянной
17	Адиабатический процесс	процесс идеальных газов, протекающий без теплообмена с внешней средой
18	Обратимые процессы	процессы, которые могут быть проведены в обратном направлении таким образом, что система будет проходить через те же промежуточные состояния, что и при прямом ходе
19	Цикл Карно	цикл, состоящий из двух адиабатических процессов
20	Второе начало термодинамики	положение, устанавливающее направление течения и характер процессов, происходящих в природе
21	Энтропия	функция состояния системы, дифференциалом которой является отношение количества теплоты, сообщаемого телу на бесконечно малом участке процесса к температуре теплоотдающего телу
22	Теорема Клаузиуса	сумма приведенных теплот при переходе идеального газа из одного состояния в другое не зависит от пути перехода
23	Флуктуации	отклонения физических величин от их средних

	физических величин	значений
24	Абсолютная флуктуация	величина, равная квадратному корню из средней величины квадрата разности истинного и среднего значения этой величины
25	Относительная флуктуация	величина, равная отношению абсолютной флуктуации к среднему значению физической величины
26	Уравнение Ван-дер-Ваальса	уравнение состояния реального газа, учитывающее с помощью поправок собственный объем молекул газа и силы межмолекулярного взаимодействия
27	Критическая температура	температура, зависящая от параметров реального газа, при которой уравнение Ван-дер-Ваальса имеет одно действительное решение, что свидетельствует о том, что реальный газ близок к идеальному
28	Фаза	термодинамически равновесное состояние вещества, отличающееся по физическим свойствам от других возможных равновесных состояний того же вещества
29	Фазовый переход	переход вещества из одной фазы в другую
30	Фазовый переход I рода	фазовый переход, сопровождающийся поглощением или выделением теплоты
31	Фазовый переход II рода	фазовый переход, не связанный с поглощением или выделением теплоты, сопровождающийся скачкообразным изменением теплоемкости
32	Сублимация или возгонка	процесс преодоления молекулами твердого тела сил молекулярного притяжения, сопровождающийся переходом этих молекул в окружающее пространство
33	Уравнение Клапейрона-Клаузиуса	уравнение, позволяющее рассчитать кривые равновесия двух фаз одного и того же вещества
34	Тройная точка	точка, в которой пересекаются кривые фазового равновесия, определяющая условия одновременного равновесного сосуществования трех фаз вещества
35	Молекулярное давление жидкости	давление, которое оказывают на жидкость поверхностного слоя силы притяжения между молекулами этой жидкости
36	Поверхностная энергия	энергия, которой обладают молекулы поверхностного слоя жидкости

37	Поверхностное натяжение	физическая величина, определяемая как плотность поверхностной энергии
38	Полное смачивание	явление, когда жидкость растекается по поверхности твердого тела
39	Полное несмачивание	явление, когда жидкость стягивается в каплю, имеет одну точку соприкосновения с по поверхностью твердого тела
40	Капиллярность	явление изменения высоты уровня жидкости в капиллярах, которое возникает из-за искривления поверхности жидкости в капиллярах, вызванного смачиванием жидкостью стенок капилляра
41	Кристаллическая решетка	структура, для которой характерно регулярное расположение частиц с периодической повторяемостью во всех трех измерениях
42	Монокристаллы	твердые тела, частицы которых образуют единую кристаллическую решетку
43	Изотропные тела	тела, свойства которых одинаковы по всем направлениям
44	Закон Дюлонга и Пти	закон постоянства теплоемкости кристаллов, отсутствие зависимости теплоемкости кристаллов от температуры
45	Аморфные тела	тела, сохраняющие свою форму вследствие повышения вязкости сильно переохлажденной жидкости
46	Закон Фурье	закон диффузии, согласно которому тепловой поток прямо пропорционален градиенту температуры и направлен в сторону его убывания
47	Закон Фина	закон диффузии, согласно которому плотность потока импульса прямо пропорционален градиенту плотности вещества и направлена в сторону его убывания
48	Закон внутреннего трения	закон, согласно которому плотность потока импульса прямо пропорционален градиенту скорости и направлена в сторону его убывания
49	Плазма	частично или полностью ионизированный газ, в котором объемные плотности положительных и отрицательных зарядов практически одинаковы
	Колебания	процессы, отличающиеся той или иной степенью

	повторяемости
Гармонический осциллятор	система, в которой могут возбуждаться гармонические колебания
Амплитуда колебаний	наибольшее отклонение колеблющейся величины от положения равновесия
Биения	гармонические колебания с пульсирующей амплитудой
Спектр колебания	представление сложного колебания в виде составляющих его гармонических колебаний
Собственная частота	частота, с которой совершаются свободные колебания в отсутствии сопротивления
Вынужденные колебания	колебания, происходящие под действием внешней силы
Резонанс	явление возрастания амплитуды вынужденных колебаний при приближении частоты вынуждающей силы к некоторой определенной для данной системы частоты
Резонансная кривая	график зависимости амплитуды вынужденных колебаний от частоты вынуждающей силы
Волна	процесс распространения колебаний в пространстве
Волновая поверхность	геометрическое место точек, колеблющихся в одинаковой фазе
Длина волны	расстояние, на которое распространяется волна за время, равное периоду колебаний
Волновое число	величина, равная отношению 2π к длине волны
Плотность потока энергии (вектор Умова)	векторная величина, численно равная потоку энергии через единичную площадку, перпендикулярную к направлению, в котором переносится энергия
Интенсивность волны	среднее во времени значение плотности потока энергии, переносимой волной
Когерентные волны	волны, обладающие постоянной разностью фаз
Интерференция	явление усиления результирующих колебаний в одних точках пространства и ослабления в других, возникающее при сложении когерентных волн

Стоячая волна	волна, образующаяся в результате наложения двух встречных плоских волн, имеющих одинаковые амплитуды и частоты
Пучность стоячей волны	точка, где амплитуда стоячей волны достигает максимального значения
Звуковые волны (звук)	упругие волны, обладающие частотами в пределах 16-20000 Гц
Бел	единица уровня громкости
Эффект Доплера	явление изменения частот колебаний, воспринимаемых приемником, при движении источника этих колебаний и приемника друг относительно друга
Вектор Пойтинга	вектор плотности потока электромагнитной энергии
Луч	линия, вдоль которой распространяется энергия световой волны
Световой поток	поток световой энергии, оцениваемый по зрительному ощущению
Кандела (кд)	единица силы света
Люмен (лм)	единица светового потока, равная световому потоку, излучаемому изотропным источником силой света 1 кд в пределах телесного угла в один стерадиан
Освещенность	величина, равная отношению светового потока, падающая на поверхность, к площади этой поверхности
Светимость	величина, равная отношению светового потока, испускаемого поверхностью источника по всем направлениям, к площади этой поверхности
Яркость	величина, равная отношению силы света светящейся поверхности в данном направлении к площади проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную данному направлению
Закон прямолинейного распространения света	в однородной среде свет распространяется прямолинейно
Угол падения	угол между падающим лучом и нормалью к поверхности

	раздела двух сред в точке падения
Угол отражения	угол между отраженным лучом и нормалью к поверхности раздела двух сред в точке падения
Угол преломления	угол между преломленным лучом и нормалью к поверхности раздела двух сред в точке падения
Принцип Гюйгенса	все точки поверхности, через которую проходит фронт волны в момент времени t , можно рассматривать как источники вторичных волн, а положение второго фронта в момент времени $t + \Delta t$ совпадают с поверхностью, огибающей все вторичные волны
Когерентность	согласованное протекание нескольких колебательных или волновых процессов
Монохроматическая волна	волна одной определенной и постоянной частоты
Дифракция света	совокупность явлений, которые обусловлены волновой природой света и наблюдаются при распространении света в среде с резкими неоднородностями
Дифракция Фраунгофера	дифракция в параллельных лучах
Закон Френеля	зоны на волновой поверхности построены так, что расстояния от краев каждой зоны до точки, в которой определяется амплитуда колебаний, отличаются друг от друга на λ (λ – длина волны в той среде, в которой распространяется волна)
Дифракционная решетка	совокупность большого числа одинаковых, отстоящих друг от друга на одно и то же расстояние щелей
Критерий Рэлея	изображение двух одинаковых точечных источников или двух спектральных линий разрешимы (разделены для восприятия), если центральный максимум дифракционной картины от одного источника (линии) совпадает с первым минимумом дифракционной картины от другого
Голография	особый способ фиксирования и последующего восстановления структуры световой волны, отраженной предметом, основанный на регистрации интерференционной картины
Дисперсия света	явления, обусловленные зависимостью показателя

	преломления вещества от длины световой волны
Поляризованный свет	свет, в котором направление колебаний упорядоченно каким-либо образом
Поляризатор	прибор, который преобразует естественный свет в плоскополяризованный
Степень поляризации величина, равная:	$P = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min})$, где I_{\max} и I_{\min} – соответственно максимальная и минимальная интенсивности частично поляризованного света, пропускаемого поляризатором.
Угол Брюстера	угол падения, при котором отраженный луч становится плоскополяризованным
Обыкновенный луч	один из преломленных лучей при двойном лучепреломлении, поведение которого подчиняется закону преломления
Необыкновенный луч	преломленный луч, образующийся при двойном лучепреломлении, поведение которого не подчиняется закону преломления

Электрический заряд	физическая величина, определяющая интенсивность электромагнитного взаимодействия частиц
Электрически изолированная система	система, через границу которой не могут проникать заряженные частицы
Закон сохранения электрического заряда	суммарный заряд электрически изолированной системы не может изменяться
Точечный заряд	заряженное тело, размерами которого можно пренебречь по сравнению с расстояниями от этого тела до других тел, несущих электрический заряд
Закон Кулона	сила взаимодействия F двух неподвижных точечных зарядов пропорциональна величине каждого из зарядов q_1 и q_2 и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними r : $F = k (q_1 q_2) / r^2$
Напряженность электрического поля	векторная величина, характеризующая электрическое поле, равная силе, действующей на единичный неподвижный

в данной точке	точечный заряд, находящийся в данной точке поля: ЫЫЫ
Принцип суперпозиции (наложения) электрических полей	напряженность поля системы зарядов равна векторной сумме напряженностей полей, которые создавал бы каждый из зарядов в отдельности
Теорема Гаусса для электростатического поля в вакууме	поток вектора E через произвольную замкнутую поверхность равен алгебраической сумме зарядов, которые она охватывает, деленной на ϵ_0 :
Потенциальная энергия взаимодействия двух точечных зарядов	$W_p = k (q_1 q_2) / r$
Потенциал в данной точке электрического поля	скалярная величина, равная потенциальной энергии единичного положительного заряда, помещенного в этой точке: $\phi = W_p / q$
Определение потенциала по напряженности	$\phi_1 - \phi_2 = \int E dl$
Определение напряженности по потенциалу	$E = -grad\phi$
Электростатическая индукция	возникновение собственного электрического поля в веществе в результате смещения его положительных и отрицательных зарядов в разные стороны под действием внешнего электрического поля
Электрический момент диполя	векторная величина, численно равная произведению заряда на расстояние между зарядами, направленная по радиус-вектору, произведенному от отрицательного заряда диполя к положительному
Теорема Гаусса для вектора D	поток вектора электрической индукции сквозь замкнутую поверхность равен сумме свободных зарядов, охваченных этой поверхностью
Электрическая емкость	характеристика способности тела, будучи заряженным, создавать в пространстве электрическое поле
Энергия заряженного	работа, которую необходимо совершить, чтобы зарядить

конденсатора	конденсатор: $W = C \cdot \varphi^2/2 = q \cdot \varphi/2 = q^2/2C$
Электрический ток	упорядоченное движение электрических зарядов
Сила тока	количественная характеристика электрического тока, определяемая величиной заряда, переносимого через рассматриваемую поверхность в единицу времени: $I = dq/dt$
Электродвижущая сила (э.д.с.)	величина, характеризующая сторонние силы, равная работе сторонних сил над перемещающимся единичным положительным зарядом: $E = A/q$
Закон Ома	сила тока, текущего по однородному (в смысле отсутствия сторонних сил) проводнику, пропорциональна падению напряжения на проводнике: $I = U/R$
Работа электрического тока на участке цепи с электрическим сопротивлением R за время dt	скалярная величина, равная $dA = I^2 R dt$
Первое правило Кирхгофа	в каждой точке разветвления проводов алгебраическая сумма сил токов равна нулю; токи, идущие к точке разветвления, и точки, исходящие из нее, следует считать величинами разных знаков
Второе правило Кирхгофа	сумма электродвижущих сил, действующих в произвольном замкнутом контуре, состоящим из проводов, равна сумме произведений сил токов в отдельных участках этого контура на их сопротивления: $\sum \mathcal{E}_i = \sum I_i R_i$
Закон Био-Савара-Лапласа	магнитная индукция поля dB , создаваемая элементом длины dl проводника с током I в некоторой точке, определяемой радиусом – вектором r , проведенным из элемента dl , равна
Магнетик	вещество, способное намагничиваться под действием магнитного поля
Намагниченность J	характеристика намагничения магнетика, равная магнитному моменту единицы объема
Магнитная проницаемость вещества μ	величина, показывающая во сколько раз увеличивается индукция магнитного поля макротоков при заполнении пространства магнетиком (т.е. за счет поля молекулярных токов среды)
Напряженность	характеристика магнитного поля макротоков,

магнитного поля	$H=B/\mu_0 - J = B/\mu \cdot \mu_0$
Закон Ампера	сила, действующая на элемент длины dl проводника с током I , помещенный в магнитное поле с магнитной индукцией B , равна $dF = I [dlB]$
Магнитная сила	сила, действующая на заряд q , движущийся со скоростью v в магнитном поле с индукцией B : $F = q[vB]$
Сила Лоренца	результатирующая сила, действующая на заряд q , движущийся со скоростью v , со стороны магнитного поля с индукцией B и электрического поля с напряженностью E : $F = qE + q[vB]$
Электромагнитная индукция	явление, при котором в замкнутом проводящем контуре при изменении потока магнитной индукции через поверхность, ограниченную этим контуром, возникает электрический ток
Закон электромагнитной индукции Фарадея	э.д.с. электромагнитной индукции в контуре не зависит от способа изменения магнитного потока и численно равна и противоположна по знаку скорости изменения магнитного потока сквозь поверхность, ограниченную этим контуром: $E_{\text{т}} = - d\Phi/dt$
Индуктивность контура L	коэффициент пропорциональности между магнитным потоком и током $\Phi = L \cdot I$
Э.д.с. самоиндукции	величина, пропорциональная и противоположная по знаку скорости изменения силы тока в контуре: $E_{\text{т}} = - L (dI/dt)$
Энергия магнитного поля	величина, равная работе, которая затрачивается током на создание этого поля: $W = (L \cdot I^2)/2$
Общая формулировка закона электромагнитной индукции	всякое изменение магнитного поля во времени возбуждает в окружающем пространстве электрическое поле; циркуляция вектора напряженности E_B этого поля по любому неподвижному замкнутому контуру L численно равна и противоположна по знаку скорости изменения магнитного потока сквозь поверхность, ограниченную этим контуром
Электромагнитная волна	взаимосвязанное распространение в пространстве изменяющихся электрического и магнитного полей
Колебательный контур	электрическая цепь, содержащая индуктивность и емкость, в которой могут возникать свободные электромагнитные колебания
Формула Томсона для периода колебаний	

	$T = 2 \pi \sqrt{LC}$
Переменный ток	электрический ток, сила или направление которого (или то и другое вместе) изменяется во времени
Полное электрическое сопротивление или импеданс	$Z = \sqrt{R^2 + [\omega \cdot L - 1/(\omega \cdot C)]^2}$
Мгновенная мощность переменного тока	произведение мгновенных значений напряжения и силы тока $P(t) = U(t) \cdot I(t)$

Тепловое излучение	электромагнитное излучение, возникающее за счет энергии теплового движения атомов и молекул
Люминесценция	электромагнитное излучение, возбуждаемое за счет любого вида энергии, кроме внутренней, тепловой
Испускательная способность тела (спектральная плотность энергетической светимости)	поток энергии, испускаемый единицей поверхности тела в единичном интервале частот
Поглощательная способность тела	безразмерная величина $a_{\nu,T}$, показывающая, какая часть потока лучистой энергии $d\Phi'_{\nu}$, падающего на единичную площадку поверхности тела в единичном интервале частот, будет поглощена телом $a_{\nu,T} = d\Phi'_{\nu} / d\Phi_{\nu}$, где $d\Phi'_{\nu}$ – поглощенный поток, $d\Phi_{\nu}$ – падающий поток
Абсолютно черное тело	тело, полностью поглощающее падающее на него излучение всех частот, т.е. тело, имеющее поглощательную способность $a_{\nu,T} = 1$
Серое тело	тело, поглощательная способность которого меньше единицы, но одинакова для всех частот, т.е. $a_{\nu,T} = a_T = \text{const} < 1$
Закон Кирхгофа	отношение испускательной и поглощательной способностей не зависит от природы тела; оно является для всех тел одной и той же (универсальной) функцией частоты (длины волны) и температуры

Закон Стефана - Больцмана	энергетическая светимость абсолютно черного тела R^* - пропорциональна четвертой степени его абсолютной температуры $R^* = \sigma T^4$, где σ - постоянная величина
Закон смещения Вина	длина волны, на которую приходится максимум энергии в спектре равновесного излучения, обратно пропорциональна абсолютной температуре излучающего тела. $\lambda_m = b/T$, где b - постоянная величина, называемая постоянной Вина
Формула Рэлея - Джинса	$f(\nu, T) = (2\pi\nu^2/c^2) kT$, где $f(\nu, T)$ - функция Кирхгофа, ν - частота, c - скорость света в вакууме, k - постоянная Больцмана, T - температура. Сопоставляется с экспериментальными данными лишь при больших длинах волн
Квант	конечная порция энергии, излучаемая или поглощаемая веществом, величина, пропорциональна частоте излучения ν : $E = h\nu$, где h - постоянная Планка, равная $h = 6,625 \cdot 10^{-34}$ Дж с
Формула Планка	формула, определяющая функцию Кирхгофа $f(\nu, T) = (2\pi\nu^2/c^2) (h\nu / e^{h\nu/kT} - 1)$
Внешний фотоэлектрический эффект	испускание электронов веществом под действием света
Формула Эйнштейна	формула, выражающая закон сохранения энергии при фотоэффекте $h\nu = \frac{1}{2} m\nu_m^2 + A$, где m - масса электрона, ν_m - максимальная скорость вылетевшего электрона, A - работа выхода, ν - частота излучения
Фотон	квант электромагнитного излучения, нейтральная элементарная частица с нулевой массой и спином 1; переносчик электромагнитного взаимодействия между заряженными частицами
Обобщенная формула Бальмера	формула, описывающая спектр атома водорода $\nu = R (1/m^2 - 1/n^2)$, где ν - частота спектральной линии, m и n - целые числа, принимающие значение $m = 1, 2, \dots, 6$ (определяет серию линий), $n = m + 1, m + 2, \dots$ (определяет отдельные линии серий), R - константа Ридберга, равная $R = 3,29 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$
Первый постулат Бора	существование ряда стационарных состояний атома, соответствующих определенным значениям его внутренней энергии E .
Второй постулат Бора	излучения при переходе атома из одного стационарного состояния (E_1) в др. (E_2): $h\nu = (E_1 - E_2)/h$, где h - Планка

(правило частот)	постоянная.
Квантовые числа	целые или дробные числа, определяющие возможные дискретные значения физических величин, характеризующих квантовые системы (атомное ядро, атом, молекулу и др.) и отдельные элементарные частицы.
Волна де Бройля	проявление универсальной корпускулярно-волнового дуализма материи: любой «частице» с энергией E и импульсом p соответствует волна, называемая волной де Бройля, с длиной $\lambda = h/p$ и частотой $\nu = E/h$, где h — постоянная Планка. Волны де Бройля интерпретируются как волны вероятности; их существование, на которое указал Л. де Бройль в 1924, подтверждается, напр., дифракцией частиц.
Волновой пакет	суперпозиция волн, мало отличающихся друг от друга по частоте
Групповая скорость	скорость перемещения точки, в которой амплитуда волнового пакета максимальна
Волновая функция (пси – функция)	(вектор состояния), в квантовой механике основная величина, описывающая состояние системы и позволяющая находить вероятности и средние значения характеризующих ее физических величин. Квадрат модуля волновой функции равен вероятности данного состояния, поэтому волновую функцию называют также амплитудой вероятности
Условие нормировки волновой функции	интеграл квадрата модуля волновой функции ψ , взятый по всему пространству равен $\int \psi^* \psi dV = 1$
Принцип суперпозиция волновых функций	если ψ_1 и ψ_2 - волновые функции, описывающие какие – то два состояния частицы, то всякая линейная комбинация этих функций $C_1\psi_1 + C_2\psi_2$ представляет так же волновую функцию той же частицы, описывающую какое – то ее состояние (C_1 и C_2 произвольные комплексные числа)
Соотношение неопределенностей Гейзенберга	микрочастица не может иметь одновременно и определенную координату (x, y, z) и определенную соответствующую проекцию импульса (p_x, p_y, p_z), причем неопределенности этих величин удовлетворяют условиям $\Delta x \Delta p_x \geq h$, $\Delta y \Delta p_y \geq h$, $\Delta z \Delta p_z \geq h$
Уравнение Шредингера	основное уравнение нерелятивистской квантовой механики, которое определяет волновую функцию ψ частицы в силовом поле, и описывается функцией $U(x, y, z, t)$ $-\hbar^2/2m \Delta \psi + U \psi = i\hbar (d \psi / dt)$, где m – масса частицы, I –

	мнимая единица, Δ – оператор Лапласа
Уравнение Шредингера для стационарных состояний	уравнение Шредингера в случае стационарного силового поля $U(x,y,z)$ $\Delta \psi + (2m/\hbar^2)(E-U) \psi = 0$ где E – полная энергия частицы
Туннельный эффект	прохождение частицы сквозь потенциальный барьер
Коэффициент прозрачности потенциального барьера	Величина, равная отношению квадрата модуля амплитуды волны де Бройля, прошедшей сквозь барьер, к квадрату модуля амплитуды волны де Бройля, падающей на барьер $D = A_{\text{пр}} ^2 / A_{\text{пад}} ^2$
Нулевая энергия	наименьшее возможное значение энергии гармонического осциллятора, равное $E_0 = \frac{1}{2} \hbar \omega$
Орбитальное квантовое число l	целое число, которое при заданном главном квантовом числе n принимает значения $l=0,1,\dots(n-1)$ и определяет момент импульса в атоме
Магнитное квантовое число m_l	целое число, которое при заданном l может принимать значения $m_l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$, и определяет проекцию момента импульса электрона на некоторое направление
Спин	собственный момент количества движения микрочастицы, имеющий квантовую природу и не связанный с движением частицы как целого; измеряется в единицах Планка постоянной \hbar и может быть целым (0, 1, 2, ...) или полуцелым ($1/2, 3/2, \dots$)
Магнитное спиновое квантовое число	определяет проекцию спина на направление внешнего магнитного поля
Принцип Паули	фундаментальный закон природы, согласно которому в квантовой системе две (или более) тождественные частицы с полуцелым спином не могут одновременно находиться в одном и том же состоянии
Молекулярные кристаллы	кристаллы, в узлах решетки которых располагаются определенным образом ориентированные молекулы, связь между которыми осуществляется ван-дер-ваальсовскими силами
Функция распределения Ферми-Дирака	функция, описывающая распределение электронов по состояниям с различной энергий $F(E) = 1 / (e^{(E-E_F)/kT} + 1)$, где k – постоянная Больцмана, T –

	температура, E_F – уровень Ферми
Полупроводники	вещества, удельное сопротивление которых изменяется в широком диапазоне от 10^{-5} до 10^8 Ом м и очень быстро уменьшается с повышением температуры
Дырка	вакантное состояние в валентной зоне, возникшее в результате перехода электрона в зону проводимости
Полупроводник n-типа	примесный полупроводник с электронным механизмом проводимости
Полупроводник p-типа	примесный полупроводник с дырочным механизмом проводимости
$p - n$ переход	тонкий слой на границе между двумя областями одного и того же кристалла, отличающимися типом примесной проводимости
Атомная единица массы (а.е.м.)	единица измерения массы, принятая в ядерной физике, $1 \text{ а.е.м} \sim 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Дефект массы ядра	величина, характеризующая уменьшение суммарной массы при образовании ядра из составляющих его нуклонов
Радиоактивность	самопроизвольное превращение одних атомных ядер в другие, сопровождаемое испусканием элементарных частиц
Постоянная распада	характерная для данного радиоактивного вещества константа, равная вероятности распада ядра за единицу времени
Период полураспада	время, за которое распадается половина первоначального количества ядер
Активность радиоактивного препарата	число распадов, происходящих в препарате за единицу времени
Ядерная реакция	процесс сильного взаимодействия атомного ядра с элементарной частицей или с другим ядром, приводящий к преобразованию ядра (или ядер)
Критическая масса	минимальная масса делящегося вещества, при которой возникает цепная реакция деления
Коэффициент размножения нейтронов	величина, равная отношению количества нейтронов, рождающихся в последующих поколениях

