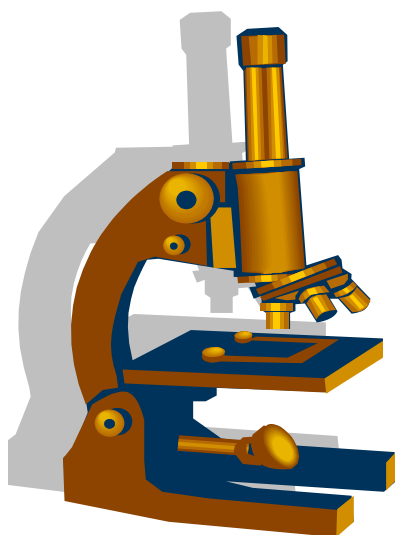


O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM

VAZIRLIGI NAMANGAN MUXANDISLIK-QURILISH INSTITUTI

"FIZIKA" KAFEDRASI



QURILISHDA FIZIKA

FANIDAN

O'QUV-USLUBIY MAJMUUA

NAMANGAN

O`ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O`RTA MAXSUS TA`LIM VAZIRLIGI
NAMANGAN MUHANDISLIK QURILISH INSTITUTI

Ro`yxatga olindi:

№ _____

2017 yil. “ ____ ” _____

“Tasdiqlayman”

o`quv ishlari bo`yicha prorektor

FIZIKA KAFEDRASI

N.ZOKIROV, A.MAMAJONOV M.QOSIMOVA, G.MAJIDOVA

QURILISHDA FIZIKA FANI BO`YICHA

O`QUV –USLUBIY MAJMUA

NAMANGAN -2017

Mazkur o`quv –uslubiy majmua Oliy va o`rta maxsus ta`lim vazirligining
201_ yil _____ –sonli buyrug`i bilan tasdiqlangan o`quv reja asosida
tayyorlandi.

Tuzuvchilar: Fizika kafedrası dots. N.Zokirov, f-m.f.n. A.Mamadjanov, katta
o`qituvchilari M.Qosimova, G.Majidova

Taqrizchi: Fizika kafedrası professori G`.G`ulomov
f-m.f.d. M. Dadamirzayev

O`quv –uslubiy majmua Namangan Muhandislik –Qurilish instituti Kengashining
20____ yil _____ dagi _____ -sonli qarori bilan nashrga tavsiya etilgan.

MUNDARIJA

I.	SILLABUS	
II.	FANNI O`QITISHDA FOYDALANILGAN INTERFAOL METODLAR	
III.	NAZARIY MATERIALLAR	
1	MEXANIKANING FIZIK ASOSLARI	
2	STATISTIK FIZIKA ASOSLARI VA TERMODINAMIKA	
3	ELEKTR VA MAGNETIZM	
4	OPTIKA	
5	KVANT FIZIKASI	
6	QATTIQ JISMLAR FIZIKASI	
7	YADROSI FIZIKASI	
8	OLAMNING HOZIRGI ZAMON FIZIK TASAVVURI	
IV.	AMALIY MASHG`ULOT MATERIALLAR	
V.	KEYSLAR BANKI	
VI.	MUSTAQIL TA`LIM MAVZULATI	
VII.	GLOSSARIY	
VIII.	ADABIYOTLAR RO`YXATI	

QURILISHDA FIZIKA

SILLABUS

Fanning qisqacha tavsifi			
OTMning nomi va joylashgan manzili	Namangan Muxandislik Qurilish instituti		Do'stlik ko'cha
Kafedra	Fizika		Muxandislik fakulteti tarkibida
Ta'lim sohasi va yo'nalishi	300 000 – Ishlab chiqarish – texnik-texnik soxa; 600 000 – Xizmatlar soxasi. 340 000 – Arxitektura va qurilish; 610 000 – Xizmat ko'rsatish soxasi.		Bakalavriat bosqichining 5340200 – Bino va inshootlar qurilishi; 5340400 – Muhandislik kommunikatsiyalari qurilishi va montaji; 5340500 – Qurilish materiallari, buyumlari va konstruksiyalarini ishlab chiqarish; 5311300 – Komunal infratuzilma va uy-joy komunal ho'jaligini tashkil etish va boshqarish; 5341000 – Qishloq xududlarini arxivtktura - loyihaviy tashkil etish ta'lim yo'nalishi talabalari uchun mo'ljallangan.
Fanni (kursni) olib boradigan o'qituvchi to'g'risida ma'lumot:	dots. Zokirov Ne'matjon, f-m.f.n. Mamadjanov Axror Ibragimovich Katta o'qt. Majidova Gulnoza Nurmuxamedovna Katta o'qt..Qosimova Mamura Odiljonovna		Mamadjanov_ai84@umail.uz gulnozamajidova@umail.uz mamuraqosimova@umail.uz
Dars mashg'ulotini o'tkazishning vaqti va joyi:	O'quv –uslubiy boshqarma tomonidan ishlab chiqilgan jadval asosida 101, 102, 303, 304, 306, 307, 308 xonada		Kursning boshlanish va davom etish muddati: I-II semestr davomida
			Ta'lim yo'nalishlari o'quv rejasiga muvofiq birinchi kurs, I-II semestrlarida
Individual grafik asosida professor o'qituvchining talabalar bilan ishlash vaqti:	Haftaning dushanba, chorshanba,juma kunlari soat 14.00 dan 16.00 gacha Haftaning seshanba, payshanba, shanba kunlari soat 14.00 dan 16.00 gacha		
Fanga ajratilgan o'quv soatlarining o'quv turlari bo'yicha taqsimoti	Auditoriya soatlari		
	Ma'ruza 72s	Amaliy 18s	Tajriba 54s
	Mustaqil ta'lim 100s		

1-semestr	36	18	18	50
2-semestr	36		36	50
Fanning boshqa fanlar bilan uzviy aloqasi (prerekviziitlari):	Pedagogik texnologiya, Axborot texnologiyalari, maxsus fanlarni o`qitish metodikasi, kimyo			
Fanning mazmuni				
Fanning dolzarbligi va qisqacha mazmuni:	Qurilishda fizika fani talabalar 1-kursda o`rganadigan fanlardan biri bo`lganligi va talabalar fizik bilimlarni o`zlashtirishda bir qadar qiyinchilik tug`diradi. Birinchidan talabalar qator ilmiy notanish terminlarga duch keladilar, ikkinchidan talabalar ilmiy adabiyot ustida ishlash metodikasini yaxshi bilmaydilar. Shu sababli fizikani o`qitish jaratonida talabalarga aqliy mehnat metodlari va usullarini o`rgatib borishga to`g`ri keladi. Uchinchidan, kechagi kasb-hunar kollej o`quvchisi, ishchi, rassom, hunarmand, fermer va birinchi kursda talaba sifatida kamol topa boradi. O`qituvchi talabalarda o`qitish jarayonini shakllantirish bilan birga ularning o`z-o`zini tarbiyalashiga imkon yaratishi lozim. Fizika orqali shakllanayotgan mutaxassislarda kasbga oid bo`lgan nazariy bilimlar, amaliy ko`nikma va malakalar shakllantirilib borilishi nazarda tutilgan. Fizika muammolari, buyuk ajdodlarimizning kasb haqidagi fikrlari, uning tadqiqot metodlari, kasb tanlashga yo`llashning psixologik mohiyati, professiografiya, ilk o`spirinlik			
Talabalar uchun talablar	- Professor-o`qituvchiga hurmat bilan munosabatda bo`lish; - Institut intizom qoidalariga rioya qilish; - Mobil telefonni dars davomida o`chirish; - Berilgan topshiriqlarni o`z vaqtida bajarish; - Guruhdoshlarga hurmat bilan munosabatda bo`lish; - Plagiat man etiladi; - Darsga o`z vaqtida kelish; - 4 soatdan ortiq dars qoldirilgan taqdirda, dekanat ruxsati bilan darsga kirish.			
Elektron pochta orqali munosabatlar tartibi	Professor-o`qituvchi va talaba o`rtasidagi aloqa elektron pochta orqali ham amalga oshirilishi mumkin, telefon orqali baho masalasi muhokama qilinmaydi, lekin oraliq, joriy va yakuniy baholash faqatgina institut hududida, ajratilgan xonalarda va dars davomida amalga oshiriladi.			

Fanga ajratilgan o`quv soatlarning o`quv turlari bo`yicha TAQSIMOTI

No	Ma`ruzaning nomi va qisqacha mazmuni	Dars soatlari xajmi
1-semestr		
1	Kirish.	2
2	Kinematikaning elementlari	2
3	Moddiy nuqta dinamikasi	2
4	Impulsning saqlanish qonuni.	2
5	Mexanikada saqlanish qonunlari	2
6	Qattiq jismlar mexanikasi	2
7	Tebranish va to`lqinlar	2

8	Yaxlit muhit mexanikasining elementlari	2
9	Makroskopik xolatlar	2
10	Statistik taqsimotlar	2
11	Termodinamika asoslari	4
12	Ko'chish xodisalari	2
13	Elektrostatika	4
14	O'zgarmas elektr toki	4
15	Magnit maydon	2
	Jami	36
2-semestr		
16	Magnit maydon	2
17	Elektromagnit induksiya	2
18	Elektr tebranishlar	2
19	Geometrik optika	2
20	Yorug'likning interfrentsiyasi	4
21	Yorug'lik difraktsiyasi	4
22	Yorug'likning muxit bilan o'zaro taʼsirlanishi	2
23	Issqlikdan nurlanish	2
24	Fotonlar	4
25	Kvant nazariyasining eksperimental asoslanishi	2
26	Qattiq jismlar fizikasi	4
27	Yadrosi fizikasi	4
28	Olamning hozirgi zamon fizik tasavvuri	2
	Jami	36

Laboratoriya mashg'ulotlari
1-semestr

№	Mashg'ulotning nomi va qisqacha mazmuni	Rejadagi soat
1	Oberbek mayatnigi yordamida qattiq jismning inertsia momentini aniqlash	4
2	Egish usuli orqali YUng modulini aniqlash.	4
3	Matematik mayatnik yordamida jismning erkin tushish tezlanishini aniqlash	2
4	Tovushning havodagi tarqalish tezligini rezonans usuli bilan aniqlash	2
5	Havoning issiqlik sig'implari nisbatini adiabatik kengayish yordamida aniqlash	4
6	Suyuqliklarning ichki ishqalanish koeffitsientini Stoks usuli bilan aniqlash	2
	jami	18

2-semestr

1	Elektrostatik maydonni tajribada o'rganish	4
2	Kondensatorning sig'imini Uistston ko'prigi yordamida aniqlash	4
3	CHo'g'lanma lampaning qarshiligi, quvvati va haroratini aniqlash	4
4	O'tkazgichning qarshiligini o'zgarmas tok ko'prigi yordamida aniqlash	4
5	Yerning magnit maydon induktsiyasining gorizontal tashkil etuvchisini tangens galvanometr yordamida aniqlash	2
6	G'altakning induktivligini, to'la kuchlanish va tok orasidagi faza siljishini hamda muhitning magnit singdiruvchanligini aniqlash	4
7	Mikroskop yordamida shisha plastinkaning sindirish ko'rsatkichini aniqlash	2
8	Difraktsion panjara yordamida yorug'likning to'lqin uzunligini aniqlash	4
9	Suyuqlikning yorug'likni yutish koeffitsentini aniqlash	4
	Jami	36

Amaliy mashg'ulot 1-semestr

№	Mashg'ulotning nomi va qisqacha mazmuni	Rejadagi soat
1	Kinematika asoslari	2
2	Dinamika	2
3	Aylanma harakat	2
4	Tebranishlar va to'lqinlar	2
5	Molekulyar fizika	2
6	Termodinamika	2
7	Elektrostatika, Elektr sig'imi	2
8	Kondensatorlar bo'limlari bo'yicha masalalar yechish	2
9	O'zgarmastok qonunlari	2
	jami	18

Mustaqil ta'lim 1-semestr

№	Mashg'ulotning nomi va qisqacha mazmuni	Dars soatlari hajmi
1	Ma'ruzada olgan bilimlarni adabiyotlardan foydalanib mustaxkamlash va kengaytirish.	8
2	Oberbek mayatnigi yordamida qattiq jismning inertsia	4

	momentini aniqlash.	
3	Egilish usuli orqali Yung modulini aniqlash.	4
4	Tovushning havodagi tarqalish tezligini rezonans usuli bilan aniqlash.	4
5	Matematik mayatnik yordamida jismning erkin tushish tezligini aniqlash.	4
6	Suyuqliklarning ichki ishqalanish koeffitsientini Stoks usuli bilan aniqlash.	4
7	Havoning issiqlik sig'implari nisbatini adiabatik kengayish yordamida aniqlash.	4
8	Elektrostatik maydonni tajribada o'rganish.	4
9	«Kinematika» bo'limi bo'yicha masalalar yechish	4
10	«Dinamika» bo'limi bo'yicha masalalar yechish	4
11	«Aylanma harakat» bo'limi bo'yicha masalalar yechish	4
12	«Tebranishlar va to'lqinlar» bo'limi bo'yicha masalalar yechish	4
13	«Molekulyar fizika va termodinamika» bo'limi bo'yicha masalalar yechish	4
14	«Elektrostatika» bo'limi bo'yicha masalalar yechish	4
15	«Elektr sig'imi. Kondensatorlar» bo'limi bo'yicha masalalar yechish	4
16	Cho'g'lanma lampaning quvvatini va haroratini aniqlash.	4
17	O'tkazgichning qarshiligini o'zgarmas tok ko'prigi yordamida aniqlash.	4
18	Yerning magnit maydon induktsiyasining gorizonta l tashkil etuvchisini tangens gal'vanometr yordamida aniqlash.	4
19	G'altakning induktivligini, to'la kuchlanish va tok orasidagi faza siljishini hamda muhitning magnit singdiruvchanligini aniqlash.	4
20	Mikroskop yordamida shisha plastinkaning sindirish ko'rsatkichini aniqlash.	4
21	Difraksion panjara yordamida yorug'likning to'lqin uzunligini aniqlash.	4
22	Suyulikning yorug'likni yutish koeffitsientini aniqlash.	4
23	Malyus qonunini tajriba yordamida tekshirish.	4
24	Fotoeffekt qonunlarini tekshirish.	4
	Jami	100

Reyting baholash mezonlari

t/r		Nazorat turidagi topshiriqlarning nomlanishi	Maksimal yig'ish mumkin bo'lgan ball	O'tkazish vaqti
I. Oraliq nazoratdagi ballar taqsimoti			30 ball	semestr davomida
Ma'ruza mashg'ulotlarida				
1	Talabaning ma'ruza mashg'ulotlarida faol ishtirok etishi, muntazam ravishda konspekt yuritib boraётganligi uchun		4	
2	Mustaqil ravishda berilgann topshiriqlarni bajarganligi uchun (referat, esse, kolok-vium, amaliy topshiriqlar: testlarini top-shirishi, keys-stadi, o'quv loyihalari va b.q.)		6	semestr davomida
3	Birinchi va ikkinchi oraliq nazoratlar (ma'ruzachi tomonidan olinadi)		20 (1ob-10ball 2 ob -10ball)	9- hamda 18 mavzulardan keyin
II. Joriy nazoratdagi ballar taqsimoti			40 ball	
Tajriba (Amaliy seminar) mashg'ulotlarda				
	Talabaning mashg'ulotlarda faol ishtirok etganligi, berilgan savollarga to'g'ri javob berganligi, mustaqil topshiriqlarni (referat va taqdimotlarni) bajarganligi uchun		10	semestr davomida
	Birinchi va ikkinchi joriy nazoratlar (amaliy èki seminar mashg'ulot o'qituvchisi tomonidan olinadi)		30 (1 jb-15ball 2 jb-15 ball)	10- hamda 20- mavzulardan keyin
III. Yakuniy nazorat			30 ball	semestrning oxirgi ikki haftasida
Jami:			100	semestrning oxirgi ikki haftasida
Talabaning fan bo'yicha o'zlashtirish ko'rsatkichining namunaviy mezonlari:				
T/r	Talabaning fanni o'zlashtirish darajasi (bilim, malaka va ko'nikma darajasi) Ballar			Ballar
A)	xulosa va qarorlar qabul qilish			86-100 ball
	ijodiy fikrlay olish			
	mustaqil mushohada yurita olish			
	olgan bilimlarini amalda qo'llay olish			
	mohiyatini tushunish			
	bilish, aytib berish			
	tasavvurga ega bo'lish			
B)	mustaqil mushohada yurita olish			71-85 ball
	olgan bilimlarini amalda qo'llay olish			
	mohiyatini tushunish			
	bilish, aytib berish			
	tasavvurga ega bo'lish			
V)	mohiyatini tushunish			55-70 ball
	bilish, aytib berish			
	tasavvurga ega bo'lish			
G)	aniq tasavvurga ega bo'lmaslik			0-54 ball
	bilmaslik			

ASOSIY NAZARIY QISM

Ma'ruza mashg'ulotlari

I-Modul. Mexanikaning fizik asoslari

1-mavzu. Kirish.

Fizika fani haqida. Fizika tadqiqotlar usullari: tajriba, gipoteza, eksperiment va nazariya. Matematika va fizika. Fizika tarixining muhim bosqichlari. Fizika va texnika orasidagi o'zaro hamkorlik. Muhandislik kasbini egallashda fizikaning roli.

2- mavzu. Kinematikaning elementlari

Moddiy nuqta, sanoq sistemasi, radius-vektor va traektoriya tushunchalari. Xosila va integralning mazmuni va ularning fizik masalalariga tadbiiq etish. Tezlik, Tezlanish. Moddiy nuqtaning to'g'ri chiziqli harakati. Moddiy nuqtaning aylana bo'ylab harakati. Burchakli tezlik va burchakli tezlanish. Egri chiziqli harakatda tezlik va tezlanish.

3- mavzu. Moddiy nuqta dinamikasi

Dinamikaning vazifasi. Nyuton qonunlarining zamonaviy talqin etilishi. Nyutonning birinchi qonuni. Nyutonning ikkinchi qonuni va harakat tenglamasi. Impuls. Kuch impulsdan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli xosilas

4- mavzu. Impulsning saqlanish qonuni.

Fizik kattaliklarning o'lchov birliklari va o'lchamlari. Impulsning saqlanish qonuni. Tortishish kuchlari va og'irlik. Ishqalanish kuchlari. Elastiklik kuchlari. Qurilish materiallarining mustaxkamligi xaqida tushuncha.

5- mavzu. Mexanikada saqlanish qonunlari

Ish va quvvat. Konservativ va nokonservativ kuchlar. Kinetik va potentsial energiya. Mexanik energiyaning saqlanish qonuni. Saqlanish qonunlarini absolyut va noelastik to'qnashuvlarga tadbiiq etish. Impuls momenti va kuch momenti. Impuls momentining saqlanish qonuni. Markaziy kuchlar maydonidagi harakat.

4- mavzu. Qattiq jismlar mexanikasi

Qattiq jism inertsiiya markazining harakati. Qattiq jismning aylanma harakati. Aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi. Jismlarning qo'zg'almas o'qqa nisbatan inertsiiya momenti. Ba'zi jismlarning inertsiiya momenti. SHteyner teoremasi. Qo'zg'almas o'q atrofida aylanayotgan jismning kinetik energiyasi.

5- mavzu. Tebranish va to'lqinlar

Tebranishlar xaqida umumiy ma'lumotlar. Garmonik tebranishlar va tebranma xaraqat tenglamasi. Tebranma harakat qilayotgan jismning energiyasi. Matematik mayatnik. Fizik mayatnik. Garmonik tebranishlarni grafik usulda tasvirlash. Bir xil yo'nalishdagi tebranishlarni qo'shish. Tebranma harakatning elastik muxitdagi tarqalishi. YAssi va sferik to'lqinlar tenglamalari. To'lqinlarning interfrentsiyasi va difraktsiyasi. Turg'un to'lqinlar. Tovush to'lqinlari. Ul'tratovush.

6- mavzu. Yaxlit muhit mexanikasining elementlari

Suyuqlik va gazlarning xossalari. Ideal suyuqliklarning statsionar oqimi. Bernulli tenglamasi. Real suyuqliklarning harakati. Yopishqoqlik koeffitsenti. Stoks formulasi.

Nisbiylik printsiplari. Relyativistik dinamika elementlari. Galiley almashtirishlari. Nisbiylikning maxsus nazariyasi postulatlarini. Relyativistik dinamikani asosiy tenglamasi. Relyativistik energiya. Massa bilan energiyaning o'zaro bog'langanlik qonuni.

II-Modul. Statistika fizika asoslari va termodinamika

Umumiy tushunchalar. Molekulalarning massasi va o'lchamlari. Modda miqdori. Fizikada dinamik, statik, termodinamik qonuniyatlar va usullar, ehtimollik nazariyasining asosiy tushunchalari.

7- mavzu. Makroskopik holatlar

Issiqlik harakati. Makroskopik parametrlar. Intensiv va ekstensiv parametrlar. Gaz bosimining molekulyar-kinetik nazariya asosida tushuntirilishi. Ideal gazning holat tenglamasi. Molekula ilgarilanma harakatining o'rtacha kinetik energiyasi va harorati. Erkinlik darajasi. Ideal gazning ichki energiyasi.

8- mavzu. Statistika taqsimotlar

Tashqi kuchlar maydonidagi ideal gaz molekulalarining xajmi bo'yicha taqsimlanishi. Barometrik formula. Boltsman taqsimoti. Gaz molekulalarining tezligining absolyut qiymatlari bo'yicha taqsimoti.

9- mavzu. Termodinamika asoslari

Qaytar va qaytmay issiqlik jarayonlari. Gaz xajmining o'zgarishida bajarilgan ish. Termodinamikaning birinchi qonuni. Ideal gazning issiqlik sig'imi. Termodinamikaning ikkinchi qonuni. Karno tsikli, Issiqlik mashinasining foydali ish ko'effitsienti.

10- mavzu. Ko'chish hodisalari

Relaksatsiya vaqti. Molekula erkin yugurish yo'lining o'rtacha uzunligi. Ko'chish hodisalari va ularni ifodalovchi umumiy tenglama. Real gazlar. Van-der-Val's tenglamasi. Van-der-Val's izotermalari. Metastabil holatlar. Uchlangan nuqta.

III-Modul. Elektr va magnetizm

11- mavzu. Elektrostatika

Elektr zaryadi. Zaryadning diskontinualligi. Elektr zaryadining saqlanish qonuni. Kulon qonuni. Elektr maydon. Elektr maydon kuchlanganligi. Maydonlar superpozitsiyasi. Gaussning elektrostatik teoremi. Elektrostatik maydon kuchlarining ishi. Elektrostatik maydon tsirkulyatsiyasi. Potentsial. Potentsial sirtlar. Elektrostatik maydondagi o'tkazgich. Zaryadning sirt zichligi. Ixtiyoriy ko'rinishdagi zaryadlangan berk sirt ichidagi maydon. Dielektriklar va ularning qutblanishi. Muxitning dielektrik kirituvchanligi. Elektr sig'imi. Kondensatorlar. Kondensatorlarning ulanishi. Zaryadlangan kondensator energiyasi. Elektrostatik maydon energiyasi zichligi.

12- mavzu. O'zgaruvchi elektr toki

O'tkazgich va izolyatorlar. Elektr toki. Tok kuchi. Elektr tokining mavjud bo'lish sharti. Tashqi kuchlar. Galvanik element. E.YU.K. Om qonuni. O'tkazgichlar. Galvanik element mavjud bo'lgan zanjir uchun Om qonuni. Kirxgof qoidalari. Vakuumda elektr toki. Termoelektron emissiya. Gazlarda elektr toki.

13- mavzu. Magnit maydon

Magnit maydoni. Magnit maydon induktsiyasining vektori. Amper qonuni. Tokli konturining magnit momenti. Bio-Savar-Laplas qonuni. Superpozitsiya printsipli. Turli shakldagi tokli o'tkazgichlarning magnit maydonini hisoblash. Lorents kuchi. Bir jinsli magnit maydonda zariyadlangan zarralarning harakati. Harakatlanayotgan zaryadlangan zarralarning elektr va magnit maydonlarida og'ish.

14- mavzu. Elektromagnit induktsiya

Elektromagnit induktsiya xodisasi. Lents qoidasi. Induktsiya elektr yurituvchi kuch. Garmonik tarzda o'zgarib turuvchi E.YU.K. ni xosil qilish. O'zinduktsiya. Induktivlik. O'zaro-induktsiya xodisasi.

15- mavzu. Elektr tebranishlar

Aktiv qarshiliksiz konturda erkin tebranishlar. So'nuvchan erkin tebranishlar. So'nish koeffitsienti, so'nishning logarifmik dekrementi. Maksvellning integral ko'rinishdagi tenglamalari. Maksvell nazariyasining umumiy xarakteristikasi. Maksvellning 1-tenglamasi. Siljish toki. Maksvellning 2-tenglamasi. Maksvellning 3 va 4-tenglamalari. Elektromagnit to'lqin tenglamasi. Elektromagnit to'lqin tarqalish tezligi. Energiya zichligi. Elektromagnit to'lqinlar. Elektromagnit to'lqin xususiyatlari. Elektromagnit to'lqin energiyasi.

IV- Modul. Optika

16- mavzu. Geometrik optika

Optikaning asosiy qonunlari. Fotometrik tushunchalar va birliklar. Linzalar. Optik asboblari.

17- mavzu. Yorug'likning interferentsiyasi

Kogerent manbalar. Yorug'lik to'lqinlarining interferentsiyasi. Yorug'likning maksimum va minimum intensivligini qo'zg'atish shartlari. Qalinligi o'zgarmas va o'zgaruvchan pardalarda kuzatiladigan interferentsiya. Interferentsiya xodisalarining qo'llanilishi. Interferometrlar.

18- mavzu. Yorug'lik difraktsiyasi

Gyugens-Frenel printsipli. Frenel difraktsiyasi xaqida ma'lumot. Fraungofer difraktsiyalari bir tirqishdan va ko'p tirqishdan (difraktsion panjara) kuzatiladigan difraktsiya. Difraktsion panjaraning ajratish qobiliyati. Golografiya xaqida ma'lumot.

19- mavzu. Yorug'likning muxit bilan o'zaro ta'sirlanishi

Yorug'likning moddada tarqalishi. Yorug'lik dispersiyasi. Yorug'likning yutilishi. Yorug'likning qutblanishi.

V- Modul. Kvant fizikasi

20- mavzu. Issiqlikdan nurlanish

Absolyut qora jism. Issiqlikdan nurlanish xodisasi. Kirxgof qonuni. Yorug'likning kvant nazariyasi. Plank formulasi. Pirometriya. Quyosh energiyasi va undan qurilishning turli soxalarida foydalanish muammolari.

21- mavzu. Fotonlar

Yorug'lik kvantining energiyasi, impulsi va massasi. Fotoeffekt. Fotoeffekt qonunlari. Eynshteyn nazariyasi. Fotoeffektning qizil chegarasi. Fotoelement.

22- mavzu. Kvant nazariyasining eksperimental asoslanishi

Vodorod atomining nurlanish spektridagi qonuniyatlari. Bal'mer formulasi. Bor postulatlar. Frank-Gerts tajribasi. Elementar Bor nazariyasi. Kvant mexanikasining elementlari. De-Broyl gipotezasi. Elektronlar difraktsiyasi. Geyzenbergning

noaniqlik munosabatlari. SHredingerning vaqtga bog'liq va bog'liq bo'lmagan tenglamalari. To'liq funktsiyasi va uning statistik ma'nosi. Energetik satxlar. Kvant sonlari. Pauli printsiipi. Lazerlar.

VI. Qattiq jismlar fizikasi

Kristallarning tuzilishi xaqida ma'lumot. Elektr o'tkazuvchanlikning zonalar nazariyasi. Yarimo'tkazgichlarning xususiy va aralashmali o'tkazuvchanligi. Zonalar asosida o'tkazgichlarni, dielektriklarni, yarimo'tkazgichlarni tushuntirish. Suyuq kristallar va ularning turlari. Suyuq kristallarni elektr va magnit maydonlardagi xossalari.

VII. Yadrosi fizikasi

Yadroning tarkibiy qismi. Massa defekti. Bog'lanish energiyasi. Yadro reaksiyalari. Yadro kuchlari. Radioaktivlik, radioaktivlikning emirilish qonuniyatlari. Yarim emirilish davri. Termoyadro reaksiyalar. Yadro energetikasi va ekologiya.

VIII. Olamning hozirgi zamon fizik tasavvuri

Modda va maydon. Moddalarning atom molekulyar tuzilishi. Atom yadrosi. Elementlar zarralar. Tortishish kuchlari, elektromagnit kuchlar, kuchsiz va kuchli o'zaro ta'sir kuchlari. Materiyaning yagona nazariyalari xaqida.

Amaliy mashg'ulotlarni tashkil etish bo'yicha ko'rsatma va tavsiyalar

Amaliy mashg'ulotlarni o'tkazishdan maqsad ma'ruza materiallari bo'yicha talabalar bilim va ko'nikmalarini chuqurlashtirish va kengaytirishdan iboratdir. Shu maqsadda, ishchi dasturga kiritiladigan barcha mavzularga doir masalalar etarli miqdorda echilishi ko'zda tutiladi.

Amaliy mashg'ulotlarning tavsiya etiladigan mavzulari:

- Kinematika asoslari
- Dinamika
- Aylanma harakat
- Tebranishlar va to'liqlar
- Molekulyar fizika va termodinamika
- Elektrostatika, Elektr sig'imi.
- Kondensatorlar bo'limlari bo'yicha masalalar yechish.

Laboratoriya ishlarini tashkil etish bo'yicha ko'rsatmalar

Kafedra professor o'qituvchilari tomonidan laboratoriya ishlarini bajarish bo'yicha tavsiyalar va uslubiy qo'llanmalar ishlab chiqiladi, Laboratoriya ishlari fizikaviy stendlardan va virtual laboratoriya ishlaridan iborat.

Laboratoriya mashg'ulotlarida tajribada asosida fizik qonunlarni o'rganiladi.

Laboratoriya ishlarining minimal namunalari sifatida quyidagilar tavsiya etiladi:

V. Laboratoriya ishlarining tavsiya etiladigan mavzulari

Laboratoriya mashg'ulotlarni o'tkazishdan maqsad ma'ruza materiallari bo'yicha talabalar bilim va ko'nikmalarini chuqurlashtirish va kengaytirishdan iboratdir.

Laboratoriya mashg'ulotlarning tavsiya etiladigan mavzulari:

- Oberbek mayatnigi yordamida qattiq jismning inertsia momentini aniqlash.
- Egilish usuli orqali YUng modulini aniqlash.
- Matematik mayatnik yordamida jismning erkin tushish tezlanishini aniqlash.
- Tovushning havodagi tarqalish tezligini rezonans usuli bilan aniqlash.
- Havoning issiqlik sig'implari nisbatini adiabatik kengayish yordamida aniqlash.
- Suyuqliklarning ichki ishqalanish koeffitsientini Stoks usuli bilan aniqlash.
- Elektrostatik maydonni tajribada o'rganish.
- Kondensatorning sig'imini Uistston ko'prigi yordamida aniqlash.
- Cho'g'lanma lampaning qarshiligi, quvvati va haroratini aniqlash.
- O'tkazgichning qarshiligini o'zgaras tok ko'prigi yordamida aniqlash.
- Yerning magnit maydon induktsiyasining gorizont talashkil etuvchisini tangens galvanometr yordamida aniqlash.
- G'altakning induktivligini, to'la kuchlanish va tok orasidagi faza siljishini hamda muhitning magnit singdiruvchanligini aniqlash.
- Mikroskop yordamida shisha plastinkaning sindirish ko'rsatkichini aniqlash.
- Difraktsion panjara yordamida yorug'likning to'lqin uzunligini aniqlash.
- Suyuqlikning yorug'likni yutish koeffitsientini aniqlash.
- Malyus qonunini tajriba yordamida tekshirish

II. MODULNI O'QITISHDA FOYDALANILADIGAN INTERFAOL TA'LIM METODLARI

“Insert” metodi

Metodning maqsadi: Mazkur metod talabalarda yangi axborotlar tizimini qabul qilish va bilimlarni o'zlashtirilishini yengillashtirish maqsadida qo'llaniladi, shuningdek, bu metod talabalar uchun xotira mashqi vazifasini ham o'taydi.

Metodni amalga oshirish tartibi:

- o'qituvchi mashg'ulotga qadar mavzuning asosiy tushunchalari mazmuni e'ritilgan input-matnni tarqatma yoki taqdimot ko'rinishida tayyorlaydi;
- yangi mavzu mohiyatini yorituvchi matn ta'lim oluvchilarga tarqatiladi e'ki taqdimot ko'rinishida namoyish etiladi;
- ta'lim oluvchilar individual tarzda matn bilan tanishib chiqib, o'z shaxsiy qarashlarini maxsus belgilar orqali ifodalaydilar. Matn bilan ishlashda talabalarga quyidagi maxsus belgilardan foydalanish tavsiya etiladi:

1-jadval
“Insert” metodi

Belgilar	Kasb	Kasblar tasnifi	Professiogramma
“V” – tanish ma'lumot.			
“?” – mazkur ma'lumotni tushunmadim, izoh kerak.			

“+” bu ma’lumot men uchun yangilik.			
“– ” bu fikr yoki mazkur ma’lumotga qarshiman?			

Belgilangan vaqt yakunlangach, ta’lim oluvchilar uchun notanish va tushunarsiz bo’lgan ma’lumotlar o’qituvchi tomonidan tahlil qilinib, izohlanadi va ularning mohiyati to’liq yoritiladi. Savollarga javob berilib mashg’ulot yakunlanadi.

“SWOT-tahlil” metodi

Metodning maqsadi: mavjud nazariy bilimlar va amaliy tajribalarni tahlil qilish, taqqoslash orqali muammoni hal etish yo’llarini topishga, bilimlarni mustahkam-lash, takrorlash, baholashga, mustaqil, tanqidiy fikrlashni, nostandart tafakkurni shakllantirishga xizmat qiladi.

S-(strength) - kuchli tomonlari

W-(weakness) – zaif, kuchsiz tomonlari

O-(opportunity) - imkoniyatlari

T-(threat) - to’siqlar

2-jadval

“SWOT-tahlil” metodi

S	Kuchli tomonlari (shaxs psixologiyasi)	
----------	---	--

W	Ojiz tomonlari (kasbiy shakllanishga to'siq bo'luvchi ichki omillar)	
O	Imkoniyatlar (kasbiy shakllanishga mavjud imkoniyatlar)	
T	Xavflar (kasbiy shakllanishga to'siq bo'luvchi tashqi faktorlar)	

3-jadval

Kasbiy rivojlanish bo'yicha SWOT tahlili

S	Kasbiy shakllanishning kuchli tomonlari	To'g'ri kasb tanlash. O'zi xohlagan holda ish faoliyatini to'g'ri tashkillashtirishi. Jamiyat uchun kompetentli kadrqa aylanishi.
W	Kasbiy shakllanishning kuchsiz tomonlari	Noto'g'ri kasb tanlaganligi uchun ish unumining pastligi. Kasbga qiziqishning yo'qligi sabab o'z kasb-korini chuqur egallash uchun intilishning yo'qligi
O	Kasbiy shakllanishning imkoniyatlari (ichki)	O'z kasbiy shakllanishi yuzasidan chuqur bilim, ko'nikma va malakalarga ega bo'lishi va faoliyatda yuqori samaradorlikka eri-shish. O'z kasbining yetuk mutaxassisiga aylanishi. Ishlab chiqarish sifati ortadi.
T	To'siqlar (tashqi)	Zamonaviy kasb - korlikni egallashda chet tillarini o'rganish va axborot texnologiyalarini mukammal egallash uchun sharoitlarning yo'qligi va vaqt yetishmasligi

“Xulosalash” (Rezyume, Veer) metodi

Metodning maqsadi: Bu metod murakkab, ko'p tarmoqli, mumkin qadar, muammoli xarakteridagi mavzularni o'rganishga qaratilgan. Metodning mohiyati shundan iboratki, bunda mavzuning turli tarmoqlari bo'yicha bir xil axborot beriladi va ayni paytda, ularning har biri alohida aspektlarda muhokama etiladi. Masalan, muammo ijobiy va salbiy tomonlari, afzallik, fazilat va kamchiliklari, foyda va zararlari bo'yicha o'rganiladi. Bu interfaol metod tanqidiy, tahliliy, aniq mantiqiy fikrlashni muvaffaqiyatli rivojlantirishga hamda o'quvchilarning mustaqil g'oyalari, fikrlarini yozma va og'zaki shaklda tizimli bayon etish, himoya qilishga imkoniyat yaratadi.

“Xulosalash” metodidan ma’ruza mashg’ulotlarida individual va juftliklardagi ish shaklida, amaliy va seminar mashg’ulotlarida kichik guruhlardagi ish shaklida mavzu yuzasidan bilimlarni mustahkamlash, tahlili qilish va taqqoslash maqsadida foydalanish mumkin.

“Xulosalash” metodi

Metodni amalga oshirish tartibi:

*Trener-o`qituvchi ishtirokchilarini 5-6 kishidan iborat kichik guruhlariga ajratadi;

*Trening maqsadi, shartlari va tartibi bilan ishtirokchilarni tanishtirgach, har bir guruhga umumiy muammoni taxlil;

*Har bir guruh o`ziga berilgan muammoni atroflicha taxlil qilib, o`z muloxazalarini tavsiya etilayotgan sxema bo`yicha tarqatadi;

*Navbatdagi bosqichda barcha guruhlar o`z taqdimotlarini ko`rsatadilar.

“Keys-stadi” metodi

«**Keys-stadi**» - inglizcha soʻz boʻlib, («case» – aniq vaziyat, hodisa, «stadi» – oʻrganmoq, tahlil qilmoq) aniq vaziyatlarni oʻrganish, tahlil qilish asosida oʻqitishni amalga oshirishga qaratilgan metod hisoblanadi. Mazkur metod dastlab 1921 yil Garvard universitetida amaliy vaziyatlardan iqtisodiy boshqaruv fanlarini oʻrganishda foydalanish tartibida qoʻllanilgan. Keysda ochiq axborotlardan yoki aniq voqea-hodisadan vaziyat sifatida tahlil uchun foydalanish mumkin. Keys harakatlari oʻz ichiga quyidagilarni qamrab oladi: Kim (Who), Qachon (When), Qaerda (Where), Nima uchun (Why), Qanday, Qanaqa (How), Nima-natija (What).

“Keys metodi” ni amalga oshirish bosqichlari

Ish bosqichlari	Faoliyat shakli va mazmuni
1-bosqich: Keys va uning axborot ta'minoti bilan tanishtirish	✓ yakka tartibdagi audio-vizual ish; ✓ keys bilan tanishish(matnli, audio yoki media shaklda); ✓ axborotni umumlashtirish; ✓ axborot tahlili; ✓ muammolarni aniqlash
2-bosqich: Keysni aniqlashtirish va o'quv topshiriqni belgilash	✓ individual va guruhda ishlash; ✓ muammolarni dolzarblik ierarxiyasini aniqlash; ✓ asosiy muammoli vaziyatni belgilash
3-bosqich: Keysdagi asosiy muammoni tahlil etish orqali o'quv topshiriqining echimini izlash, hal etish yo'llarini ishlab chiqish	✓ individual va guruhda ishlash; ✓ muqobil yechim yo'llarini ishlab chiqish; ✓ har bir yechimning imkoniyatlari va to'siqlarni tahlil qilish; ✓ muqobil yechimlarni tanlash
4-bosqich: Keys yechimini chimini shakllantirish va asoslash, taqdimot.	✓ yakka va guruhda ishlash; ✓ muqobil variantlarni amalda qo'llash - imkoniyatlarini asoslash; ✓ ijodiy-loyiha taqdimotini tayyorlash; ✓ yakuniy xulosa va vaziyat yechimining amaliy aspektlarini yoritish

1-“case study”: Siz, o'zingiz yoqtirgan kasb bo'yicha Oliy o'quv yurtiga o'qishga topshirmoqchisiz, ammo ota-onagiz qarshi. Savol: Bu o'rinda siz qanday yo'l tutish mumkin deb o'ylaysiz?

Keysni bajarish bosqichlari va topshiriqlar

- Keysdagi muammoni keltirib chiqargan asosiy sabablarni belgilang(individual va kichik guruhda).
- Kasb tanlash va o'z nuqtai nazarinigizda bajariladagin ishlar ketma-ketligini belgilang (juftliklardagi ish).

“Assesment” metodi

Metodning maqsadi: mazkur metod ta'lim oluvchilarning bilim darajasini baholash, nazorat qilish, o'zlashtirish ko'rsatkichi va amaliy ko'nikmalarini tekshirishga yo'naltirilgan. Mazkur texnika orqali ta'lim oluvchilarning bilish faoliyati turli yo'nalishlar (test, amaliy ko'nikmalar, muammoli vaziyatlar mashqi, qiyosiy tahlil, simptomlarni aniqlash) bo'yicha tashhis qilinadi va baholanadi.

Metodni amalga oshirish tartibi:

“Assesment” lardan ma'ruza mashg'ulotlarida talabalarning yoki qatnashchilarning mavjud bilim darajasini o'rganishda, yangi ma'lumotlarni bayon qilishda, seminar, amaliy mashg'ulotlarda esa mavzu yoki ma'lumotlarni o'zlashtirish darajasini baholash, shuningdek, o'z-o'zini baholash maqsadida individual shaklda foydalanish tavsiya etiladi. SHuningdek, o'qituvchining ijodiy yondashuvi hamda o'quv maqsadlaridan kelib chiqib, assesmentga qo'shimcha topshiriqlarni kiritish mumkin.

Assesment – inglizcha so'z bo'lib, “baho”, “baholash” ma'nosini bildiradi. Bugun bu usul ta'lim tizimiga ham joriy etilgan bo'lib, talabalarning bilim darajasi, malaka va ko'nikmasini baholashga xizmat qiladi. SHuning uchun ushbu metoddan foydalanib, keysni samarali hal etish mumkin.

Assesment metodi



Venn Diagrammasi metodi

Metodning maqsadi: Bu metod grafik tasvir orqali o'qitishni tashkil etish shakli bo'lib, u ikkita o'zaro kesishgan aylana tasviri orqali ifodalanadi. Mazkur metod turli tushunchalar, asoslar, tasavvurlarning analiz va sintezini ikki aspekt orqali ko'rib chiqish, ularning umumiy va farqlovchi jihatlarini aniqlash, taqqoslash imkonini beradi.

Metodni amalga oshirish tartibi:

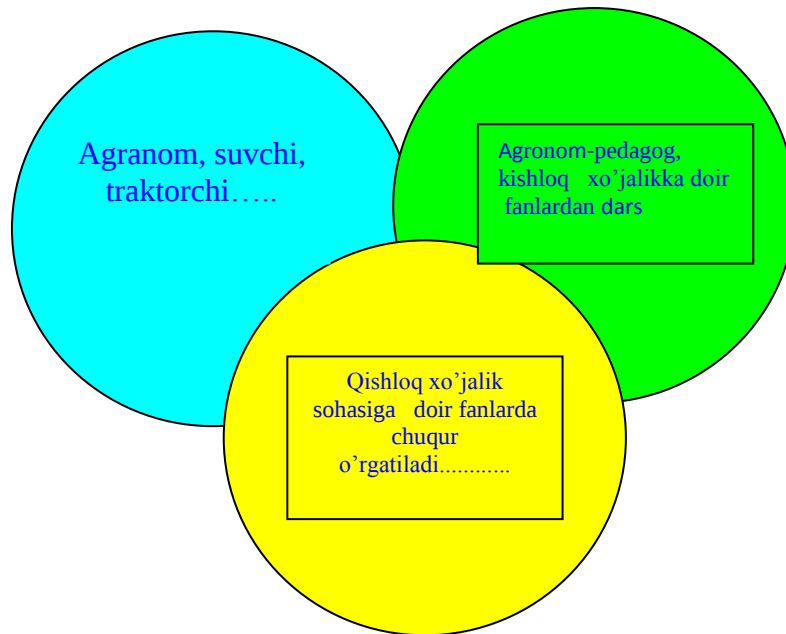
- ishtirokchilar ikki kishidan iborat juftliklarga birlashtiriladilar va ularga ko'rib chiqilayotgan tushuncha yoki asosning o'ziga xos, farqli jihatlarini (yoki aksi) doiralar ichiga yozib chiqish taklif etiladi;
- navbatdagi bosqichda ishtirokchilar to'rt kishidan iborat kichik

guruhlarga birlashtiriladi va har bir juftlik o'z tahlili bilan guruh a'zolarini tanishtiradilar;

- juftliklarning tahlili eshitilgach, ular birgalashib, ko'rib chiqilayotgan muammo yohud tushunchalarning umumiy jihatlarini (yoki farqli) izlab topadilar, umumlashtiradilar va doirachalarning kesishgan qismiga yozadilar.

1-diagramma

Venn Diagrammasi (Kasblar va ularning profesiografiyasi bo'yicha)



Metodni amalga oshirish bosqichlari:

1. Dastlab ishtirokchilarga belgilangan mavzu yuzasidan tayyorlangan topshiriq, ya'ni tarqatma materiallarni alohida-alohida beriladi va ulardan materialni sinchiklab o'rganish talab etiladi. SHundan so'ng, ishtirokchilarga to'g'ri javoblar tarqatmadagi «yakka baho» kolonkasiga belgilash kerakligi tushuntiriladi. Bu bosqichda vazifa yakka tartibda bajariladi.

2. Navbatdagi bosqichda trener-o'qituvchi ishtirokchilarga uch kishidan iborat kichik guruhlarga birlashtiradi va guruh a'zolarini o'z fikrlari bilan guruhdoshlarini tanishtirib, bahslashib, bir-biriga ta'sir o'tkazib, o'z fikrlariga ishontirish, kelishgan holda bir to'xtamga kelib, javoblarini «guruh bahosi» bo'limiga raqamlar bilan belgilab chiqishni topshiradi. Bu vazifa uchun 15 daqiqa vaqt beriladi.

3. Barcha kichik guruhlar o'z ishlarini tugatgach, to'g'ri harakatlar ketmaketligi trener-o'qituvchi tomonidan o'qib eshittiriladi, va o'quvchilardan bu javoblarni «to'g'ri javob» bo'limiga yozish so'raladi.

4. «To'g'ri javob» bo'limida berilgan raqamlardan «yakka baho» bo'limida

berilgan raqamlar taqqoslanib, farq bulsa «0», mos kelsa «1» ball qo'yish so'raladi. SHundan so'ng «yakka xato» bo'limidagi farqlar yuqoridan pastga qarab qo'shib chiqilib, umumiy yig'indi hisoblanadi.

5. Xuddi shu tartibda «to'g'ri javob» va «guruh bahosi» o'rtasidagi farq chiqariladi va ballar «guruh xatosi» bo'limiga yozib, yuqoridan pastga qarab qo'shiladi va umumiy yig'indi keltirib chiqariladi.

6. Trener-o'qituvchi yakka va guruh xatolarini to'plangan umumiy yig'indi bo'yicha alohida-alohida sharhlab beradi.

7. Ishtirokchilarga olgan baqolariga qarab, ularning mavzu bo'yicha o'zlashtirish darajalari aniqlanadi.

«Kasbiy maslahat bosqichlari» ketma-ketligini joylashtiring. O'zingizni tekshirib ko'ring!

“Blits-o'yin” metodi

Harakatlar mazmuni	Yakka baho	Yakka xato	To'g'ri javob	Guruh bahosi	Guruh xatosi
Psixodiagnostika					
Psixologik ma'rifat					
Psixologik kommunikatsiya					
Psixologik persepsiya					
Psixologik konsul'tatsiya					

“Bahs-munozara” metodi

“Bahs –munozara” metodi- biror mavzu bo'yicha ta'lim oluvchilar bilan o'zaro bahs-munozara va fikr almashuv tarzida o'tkaziladigan metoddir.

билан ўзаро баҳс-мунозара ва фикр алмашув тарзида ўтказиладиган

«BAHS-MUNOZARA» metodining tuzilmasi

Muammoli savol beriladi

Turli fikrlar bildiriladi

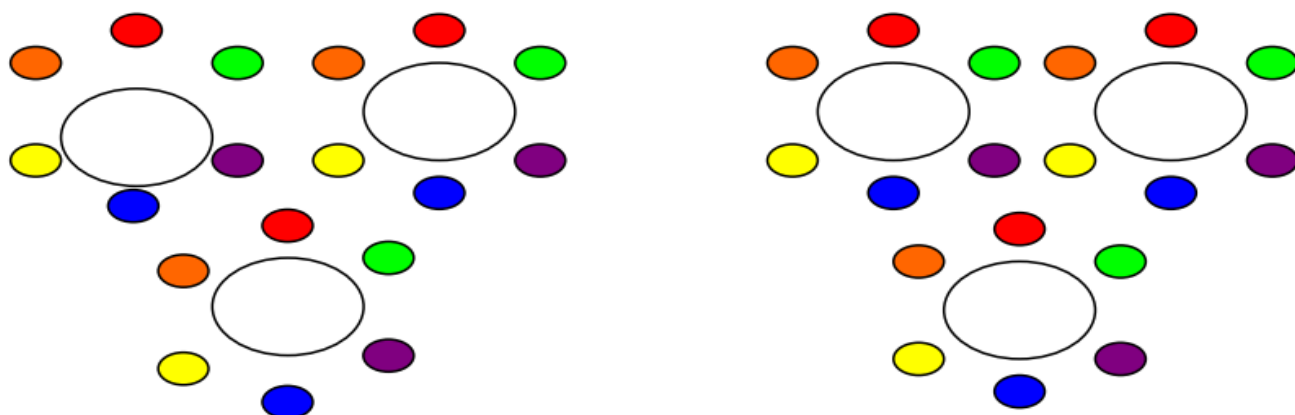
Fikr-mulohazalar tinglanadi

Fikr-mulohazalar tahlil qilinadi

Aniq va maqbul yechim tanlab olinadi

“**Men – hamkorlikdaman**” degan bu holat kattaroq guruhlar tarkibida tashkil etiladi. Munozara a’zolari to’rt-besh kishidan bo’lib alohida stollar atrofida o’tirib, har bir guruh o’z qarorini chiqaradi. «Munozara» klublari» faoliyati shu tarzda tashkil etiladi.

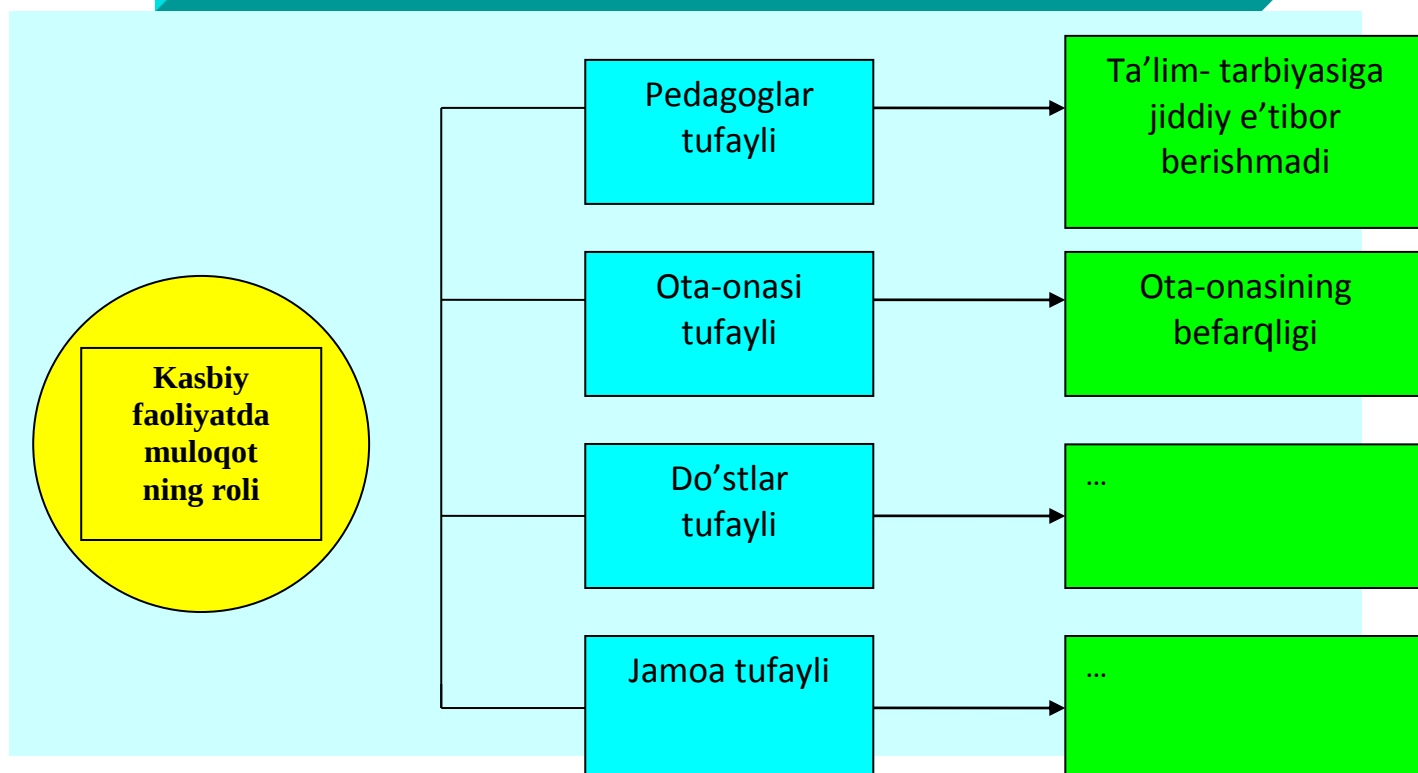
2-diagramma Men – hamkorlikdaman metodi



Bu keltirilgan har bir holat baxs qatnashuvchilarida o'ziga xos ruhiy tayyorgarlik va mas'uliyat xissini keltirib chiqaradi.

3-diagramma

«Qanday?» diagrammasi orqali muammoni yechishning usul va vositalari



“ Fikrlarning shiddatli hujumi ” metodi

“Fikrlarning shiddatli hujumi” metodi – jamoa orasida muayyan topshiriqlarni bajarayotgan har bir o’quvchining shaxsiy imkoniyatlarini ro’yobga chiqarishga va o’quvchilarda ma’lum jamoa (guruh) tomonidan bildirigan zid fikrga qarshi g’oyani ilgari surish layoqatini yuzaga keltirishga asoslangan metoddir. Bunda jamoa bo’lib g’oyalar ishlab chiqishda ishtirokchilarning ijodiy imkoniyatlari faollashtiriladi va unga zid g’oyalar qo’yiladi.

“Fikrlarning shiddatli hujumi”
metodi Ye.A.Aleksandrov tomonidan
asoslangan hamda G’.Ya. Bush
tomonidan qayta ishlangan.

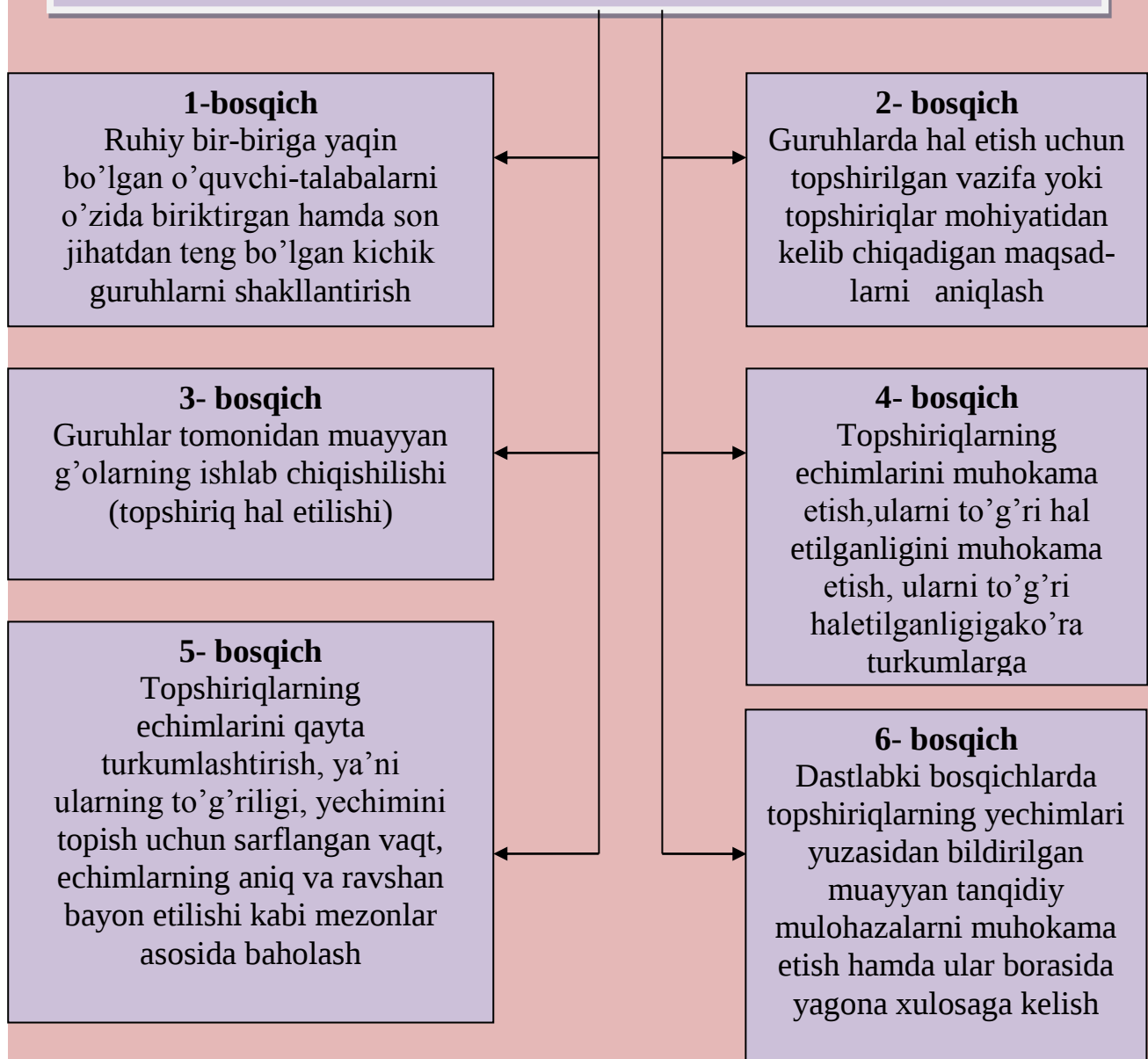
“Fikrlarning shiddatli hujumi” metodini – amalda qo’llash

“Fikrlarning shiddatli hujumi” metodi – ijtimoiy, gumanitar va tabiiy yo’nalishlardagi fanlar yuzasidan tashkil etiladigan mashg’ulotlar jarayonida birdek muvaffaqiyatli qo’llash mumkin.

Ushbu metoddan foydalanishda asoslangan mashg’ulot bir necha bosqichda tashkil etiladi. Ular quyidagicha:

“Fikrlarning shiddatli hujumi”

Metoddan foydalanish usullari



3-shakl. Metoddan foydalanish bosqichlari

“ Fikrlarning shiddatli hujumi” metodi qo'llash jarayonida quyidagi holatlar yuzaga keladi:

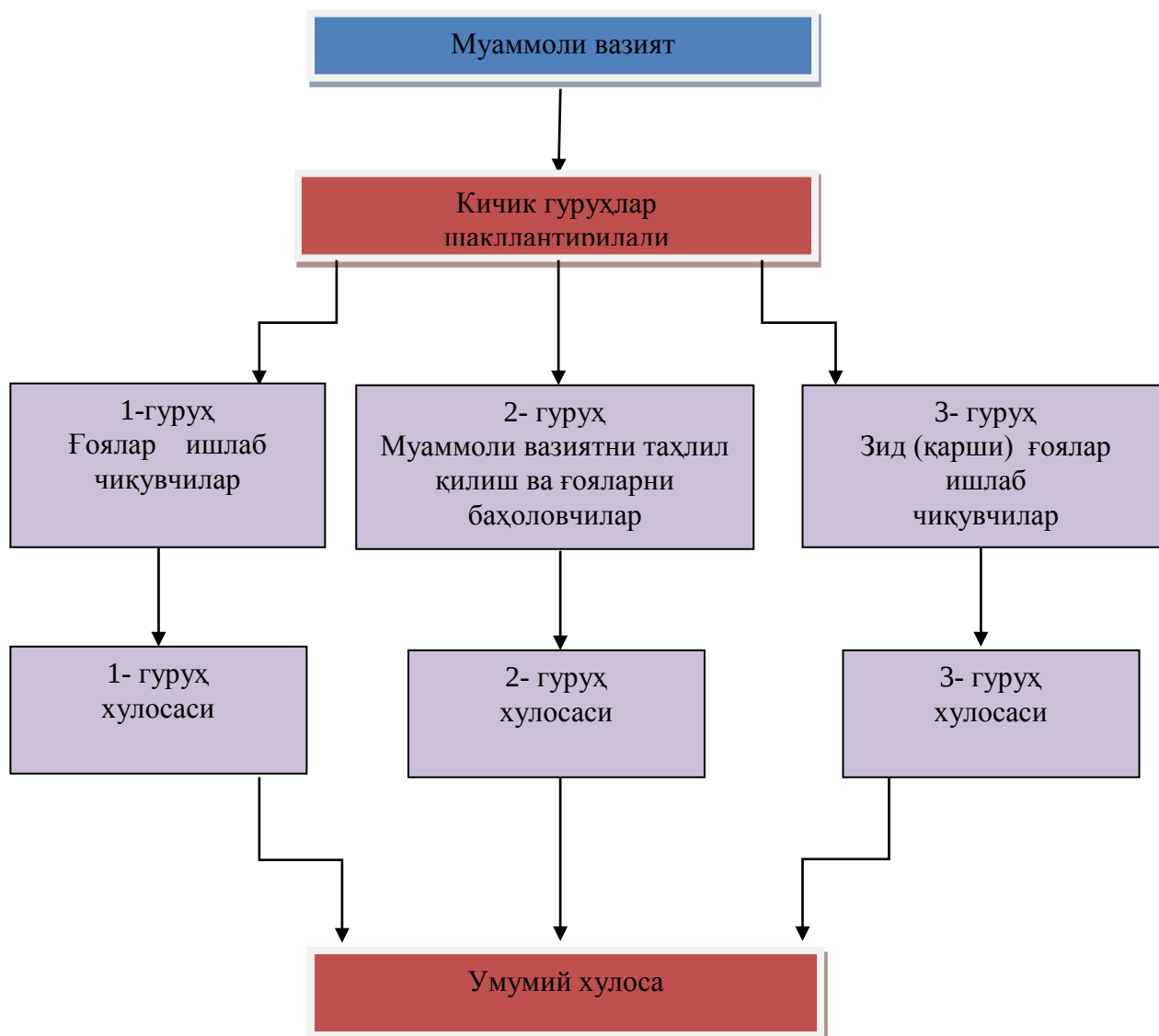
O'quvchi-talabalar tomonidan muayyan nazariy bilimlarning puxta o'zlashtirilishiga erishish;

– *vaqtni iqtisod qilish;*

– *har bir o'quvchi-talabani faollikka undash;*

Ularda erkin fikrlash layoqatini shakllantirish.

4-diagramma “Muammoli vaziyat” metodi



“Fikrlarning shiddatli hujumi” metodi tuzulmasi

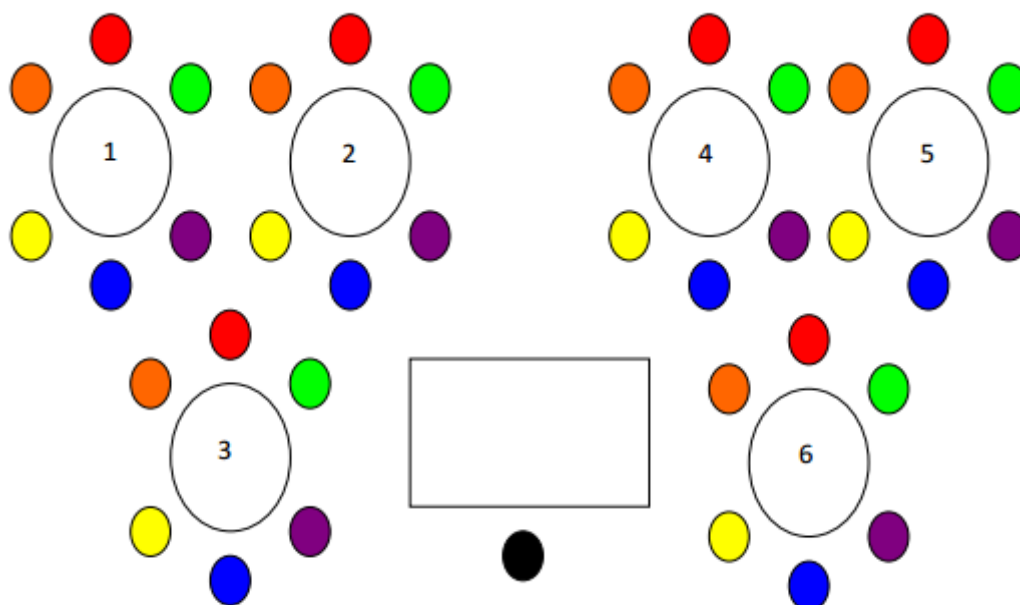


“6x6x6” metodi

Bu metod èrdamida bir vaqtning o'zida 36 nafar o'quvchi-talabani muayyan faoliyatga jalb etish orqali maolom topshiriq èki masalani hal etish, shuningdek, guruhlarning har bir aozosi imkoniyatlarini aniqlash, ularning qarashlarini bilib olish mumkin.

“6x6x6” metodi asosida tashkil etilaètgan mashg'ulotda har birida 6 nafardan ishtirokchi bo'lgan 6 ta guruh o'qituvchi tomonidan o'rta tashlangan muammo (masala)ni muhokama qiladi (4-diagrammaga qarang).

5-diagramma



Belgilangan vaqt nihoyasiga yetgach, o'qituvchi 6 ta guruhni qayta shakllantiradi

9-jadval
Toifali jadval

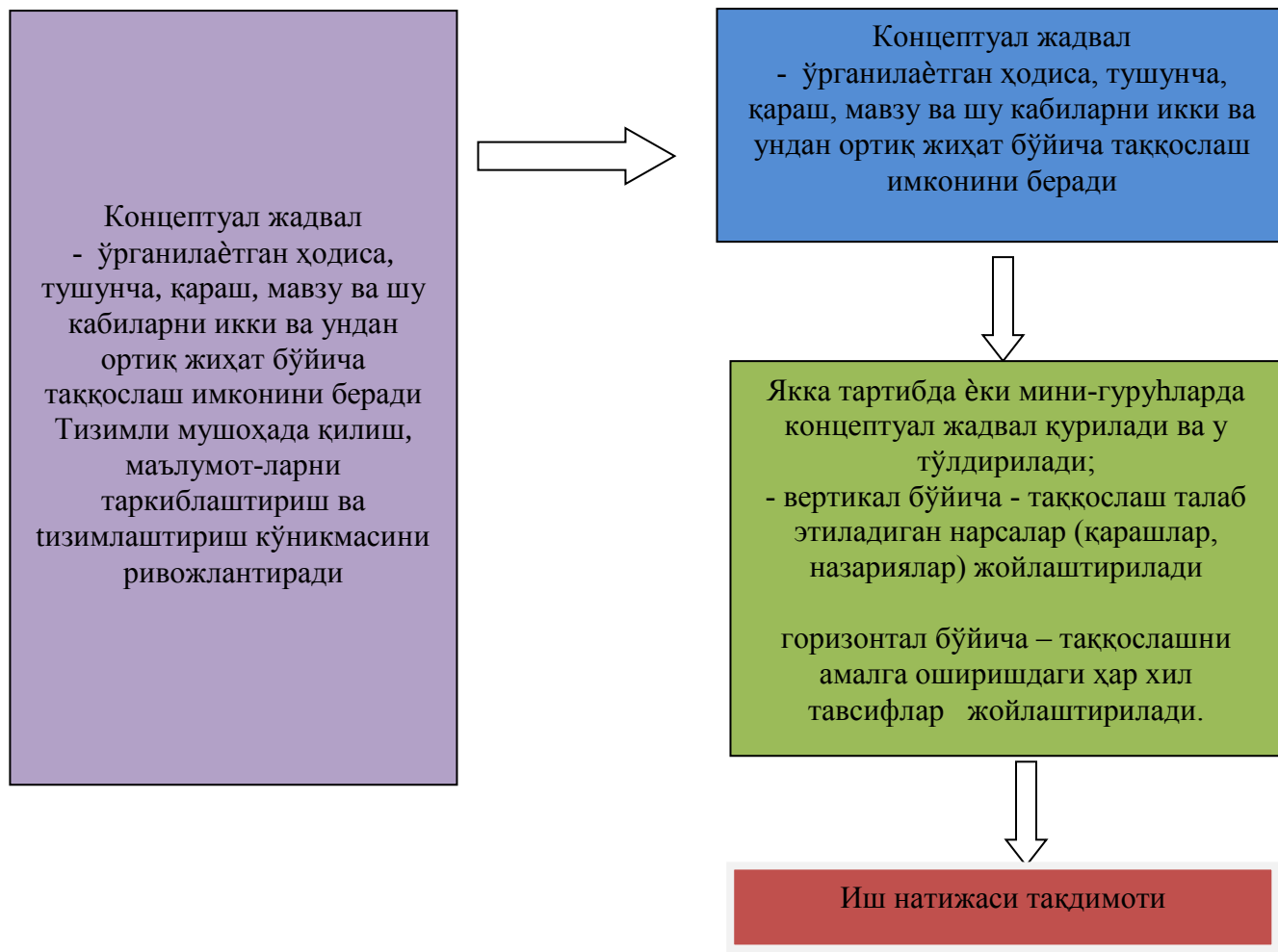


Тоифали шарҳини тuzиш қoidalari

1. Тоифалар бо'йича ма'lumotlarni taqsimlashning yagonausuli mavjud emas.
2. Bitta mini-guruhda toifalarga ajratish boshqa guruhda ajratilgan toifalardan farq qilishi mumkin.
3. O'rganuvchilarga oldindan tayèrlab qo'yilgan toifalarni berish mumkin emas: bu ularning mustaqil tanlovi bo'la qolsin.
4. Тоифали шарҳни yaratish yakuniy mahsul sifatida emas, balki jaraèn sifatida muhim.

10-jadval Kontseptual jadval

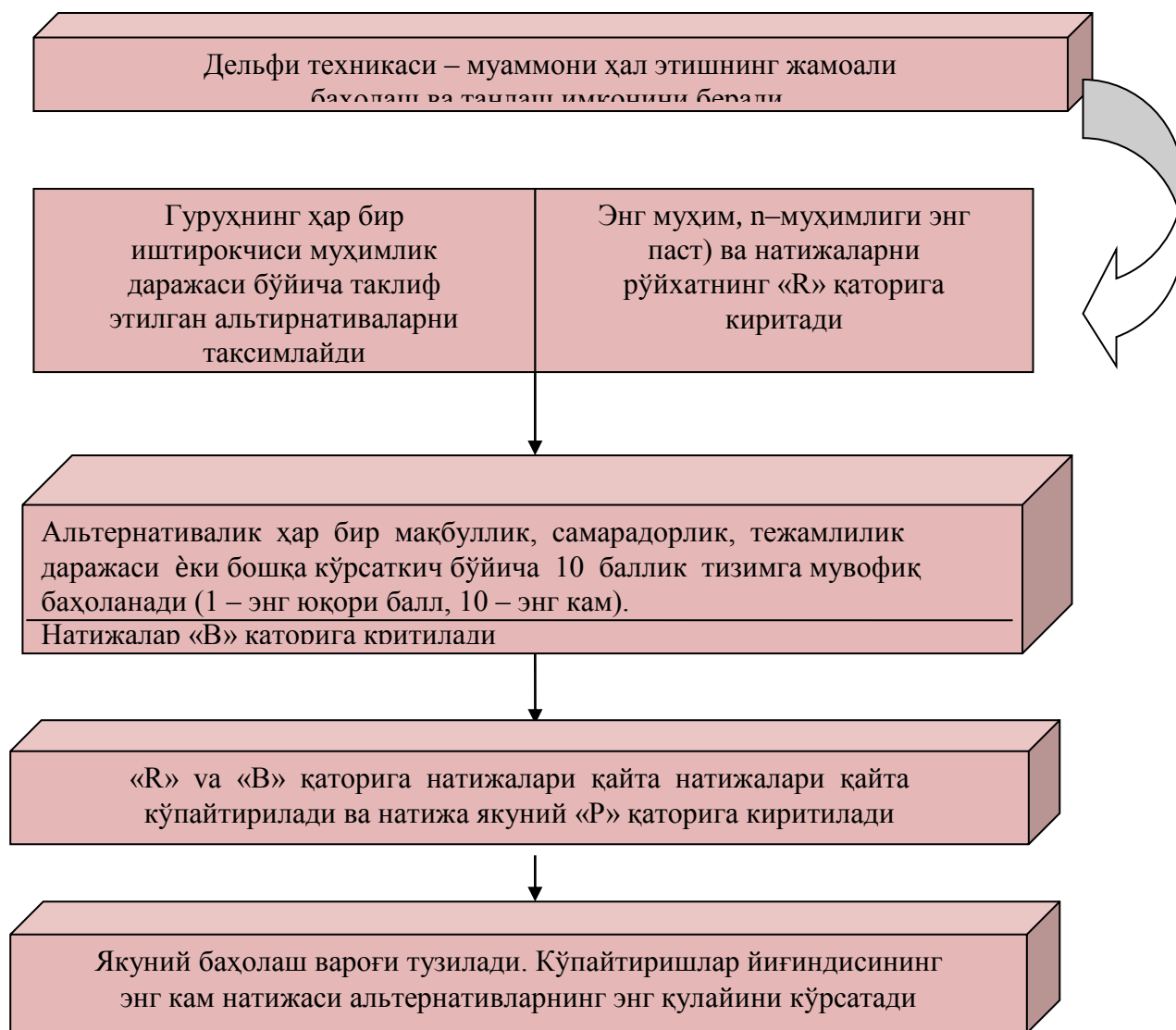
Toifalar				



Kontseptual jadval

..... ga èndoshuvlar, tushunchalar	Tavsiflar, toifalar, ajralib turadigan belgilar va shu kabilar			

11-jadval
Delg'fi texnikasi



Alg'ternativ g'oyalarni baholashning jamlama varog'i (namuna)

I	1			2			3			n		
	D	B	K	D	B	K	D	B	K	D	B	K
a	1	2	2	3	4	12						
b	2	2	4	3	6	18						
v	4	6	24	1	2	2						
n												
Жами			30				32					

Bunda: – muhokama ishtirokchilari familiyasi;

D – darajali baho (1-chi o'rindan – eng muhim taklif, noxirgi o'ringacha – muhimligi kam, ikkilamchi taklif);

B – alg'ternativlarni baholash, ballarda (1 – yuqori ball, 10 – eng kam ball);

K – D * Bko'paytirish.

III. NAZARIY MA'LUMOTLAR.

1 – Mavzu: Mexanikaning fizik asoslari.

Reja:

1. Moddiy nuqta, sanoq sistemasi, radius vektor va traektoriya tushunchalari.
2. Tezlik. Tezlanish. Moddiy nuqtaning to'g'ri chiziqli harakati.
3. Moddiy nuqtaning aylana bo'ylab harakati.
4. Burchakli tezlik va burchakli tezlanish. Egri chiziqli harakatda tezlik va tezlanish.

Tayanch iboralar: Moddiy nuqta, sanoq sistemasi, radius vector, traektoriya, tezlik, tezlanish, moddiy nuqtaning to'g'ri chiziqli harakati, Moddiy nuqtaning aylana bo'ylab harakati, Burchakli tezlik, burchakli tezlanish, egri chiziqli harakatda tezlik va tezlanish

Sanoq sistemasi. Radius-Vektor

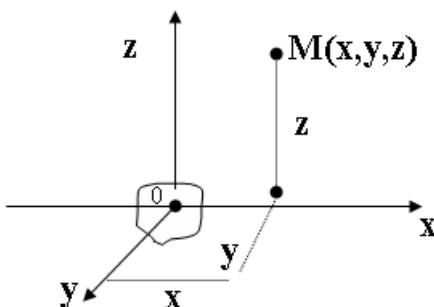
Kinematika jismlarning harakatini o'rganib, bu harakatning kelib chiqish sabablarini ko'rib o'tmaydi. Jismning harakati uning qismlari, nuqtalari harakatlari yig'indisidan iborat. Shuning uchun avval nuqta holatini aniqlab olib, so'ngra uning harakati o'rganiladi. Jismlarining vaziyatini, xususyatlarini va harakatlarini o'rganishda hamda ular bilan bog'liq bo'lgan jarayonlarni tasvirlashda qo'yilgan maqsadning mohiyatiga ko'ra fizikada har xil soddalashtirilgan o'xshatmalar (modellar)dan foydalaniladi, ya'ni mavjud ob'ektlarni ularning ideallashtirilgan nusxasi-modeli bilan almashtiriladi. Shu maqsadda fizikaning mexanika bo'limida moddiy nuqta mutlaq qattiq jism, uzluksiz muhit deb ataladigan mexanikaviy o'xshatmalardan foydalanilgan.

O'rganilyotgan sharoitda geometrik o'lchamlari va shakli hisobga olinmaydigan hamda massasi bir nuqtaga to'plangan deb qaraladigan har qanday jism moddiy nuqta deb ataladi. Shunday qilib, kinematika bo'limida makroskopik jism harakatini moddiy nuqta harakati kabi o'rganish mumkin. Bunda makroskopik jismning o'lchamlari u bosib o'tgan masofadan ko'p marta kichik bo'lishi kerak.

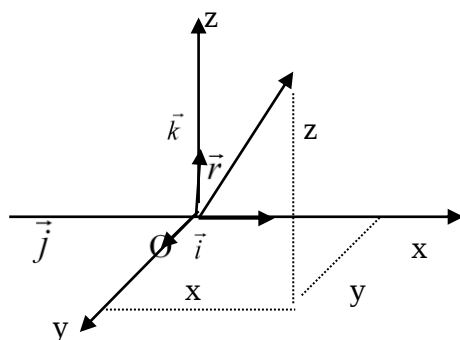
Jismning holati va harakati boshqa jismlarga nisbatan o'rganiladi. Jism holatini aniqlashda qismlari o'zgarmaydigan jism tanlanadi Bunday jismni sanoq boshi jismi deb ataymiz. Mexanikada harakat deganda berilgan jismning fazodagi vaziyatining vaqt bilan boshqa jismlarga nisbatan o'zgarishi tushuniladi. Harakatning kinematik tavsifi deganda istalgan vaqtda jismning fazodagi vaziyatini boshqa biror jismga nisbatan aniqlash tushuniladi. Masalan, minora tepasidan ufq tekisligi yo'nalishida otilgan jismning harakatini kuzatganimizda, u istalgan vaqtda minoradan qanday masofada va yer sathidan qanday balandlikda ekanligini bilish zarur. Bir shahardan ikkinchi shaharga uchib ketayotgan tayyoraning istalgan vaqtda fazodagi vaziyatini aniqlash uchun u tayyoragoxdan qancha o'zoqligida va qanday balandlikda uchiyotganligini bilish kerak. Bu misollarda minora va tayyoragox ko'zgalmas

jismlar bo'lib, sanoq tizimining boshi vazifasini o'taydi. Jismlar harakati o'rganilayotganda sanoq boshi sifatida ixtiyoriy boshqa qo'zg'almas jismlar olinishi mumkin. harakatdagi yoki tinch turgan jismlarning ixtiyoriy paytda fazodagi vaziyatini aniqlash uchun sanoq boshi bilan bog'liq bo'lgan koordinatalar tizimisifatida Dekart koordinatalari tizimidan foydalanish qulay. Ixtiyoriy paytda jismning fazodagi vaziyatini aniqlashda qollaniladigan vaqtni o'lchovchi asbob (soat) va sanoq boshi (O nuqta) bilan bog'liq koordinatalar tizimi sanoq tizimi deydlar. O nuqta o'rnida bir yoki bir nechta jismlar to'plami bo'lishi mumkin. Moddiy nuqta holatini sanoq boshiga nisbatan aniqlash uchun X, Y, Z koordinata o'qlarini o'tkazamiz.

Bu uchchala o'q birgalikda to'g'ri burchakli yoki dekart (fransuz olimi Dekart, 17 asr) koordinatalar sistemasini tashkil etadi. Bunday sanoq sistemasida biror M nuqtaning holati bu nuqtadan Y o'z, XOZ, XOY tekisliklargacha bo'lgan masofalar bilan aniqlanadi. Bu sonlarni X, Y, Z bilan belgilanadi va quyidagicha yo'ziladi: $M(X, Y, Z)$ (1-rasm)). M - nuqtaning holatini vektor tushunchasi orqali aniqlash mumkin. Agar koordinata boshi O ni M nuqta bilan tutashtiruvchi to'g'ri chiziq o'tkazsak (2-rasm), $\vec{r}$ uni radius-vektor sifatida qabul qilishimiz mumkin.



1-rasm



2- rasm

Bunda X, Y, Z koordinatalarning son qiymatlari $\vec{r}$ radius-vektorning o'qlardagi proeksiyalarining kattaligiga ustma-ust tushadi $r_x=X, r_y=Y, r_z=Z$

Moddiy nuqtaning istalgan vaqt ichidagi holati harakat tenglamalari bilan ifodalanadi, ular dekart koordinatalar sistemasida quyidagi ko'rinishni oladi:

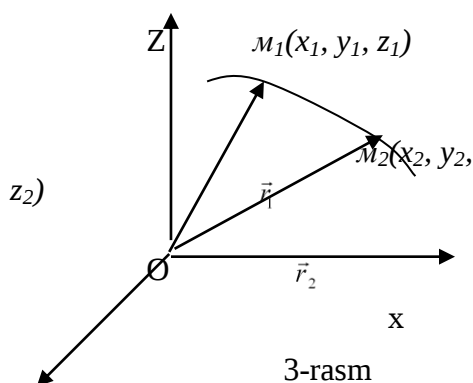
$$X=f_1(t), \quad Y=f_2(t), \quad Z=f_3(t) \quad (1)$$

yoki umumiy ko'rinishda

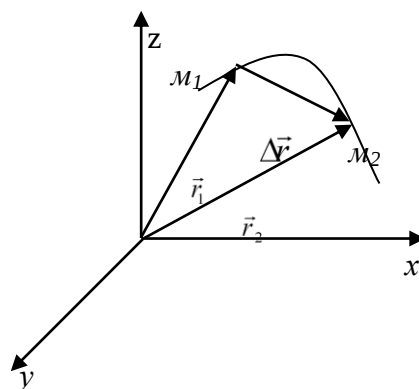
$$r=f(t) \quad (2)$$

Traektoriya, yo'l, ko'chish

Fazodagi moddiy nuqta hamma ketma-ket holatlarining to'plami harakat traektoriyasini hosil qiladi.



3-rasm



4-rasm

Shunday qilib, (1) tenglama nafaqat harakat tenglamasi bo'lib qolmasdan, moddiy nuqta traektoriyasining ham tenglamasidir. Faraz qilamiz t_1 vaqt momentida moddiy nuqta. r_1 radius-

vektor bilan tavsiflanadigan $M_1(x_1, y_1, z_1)$ holatda, t_2 vaqt momentida esa r_2 radiusvektor bilan tavsiflanadigan $M_2(x_2, y_2, z_2)$ holatda bo'lsin. Shunday qilib, moddiy nuqta $\Delta t = t_2 - t_1$ vaqt ichida traektoriyani 1 egri chiziqli qismini bosib o'tadi - bu qism yo'l deyiladi.

$$\Delta r = r_2 - r_1 \quad (3)$$

vektor harakatni boshlang'ich va oxirgi nuqtalarini birlashtiradi. Bu vektor ko'chish deb aytiladi (4-rasm).

Tezlik

O'rtacha tezlik- vektor kattalik bo'lib, moddiy nuqtaning Δt vaqt ichida ko'chishining jadalligini ifodalaydi. Vektor ko'rinishda

$$\vec{g}_{o'rt} = \frac{\Delta \vec{r}_{1,2}}{\Delta t} \quad (4)$$

Skalyar ko'rinishda $\vec{g}_{o'rt} = \frac{\Delta r_{1,2}}{\Delta t}$

Agar harakat to'g'ri chiziqli bo'lsa, o'rtacha tezlik ko'chish bilan quyidagicha bog'langan:

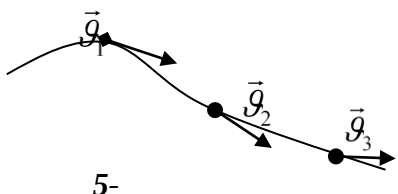
$$\vec{g}_{o'rt} = \frac{\Delta r_{1,2}}{\Delta t} = \frac{s_{1,2}}{\Delta t}$$

Oniy tezlik- vektor-fizik kattalik bo'lib, u traektoriya'ning biror bir nuqtasidagi ko'chish jadalligini ifodalaydi.

$$g = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} (\Delta r / \Delta t) \quad (5) \quad \text{yoki} \quad \mathcal{G} = \frac{d\vec{r}}{dt} \quad (6)$$

demak tezlik radius-vektordan vaqt bo'yicha olingan hosilaga teng. Tezlik ko'chish yo'nalishi bilan bir xil bo'lgani uchun u harakat traektoriyasiga urinma yo'nalishida bo'ladi (5-rasm). (4) yoki (6) formulalardan tezlikni o'lchov birligi kelib chiqadi:

$$[\mathcal{V}] = \frac{[s]}{[t]} = 1M/c$$

5-


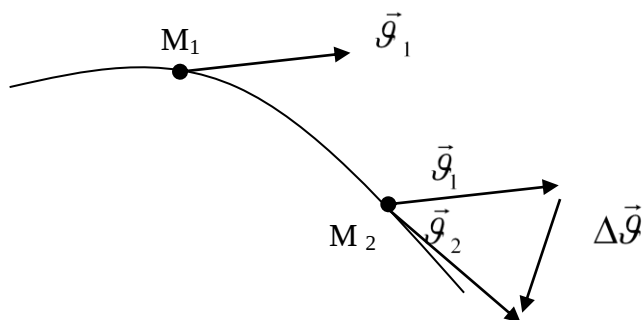
Shunday qilib, $\vec{g} = \vec{i} g_x + \vec{j} g_y + \vec{k} g_z = \vec{i} \frac{dx}{dt} + \vec{j} \frac{dy}{dt} + \vec{k} \frac{dz}{dt}$ (7)

Tezlanish

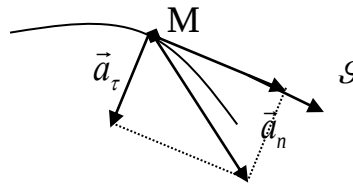
Tezlanish - vektor fizik kattalik bo'lib, tezlikni kattalik va yo'nalish jihatidan o'zgarish jadalligini ifodalaydi.

O'rtacha tezlanish. Agar t_1 vaqtda nuqtaning M_1 holati $\mathcal{V}_1$ tezlikga ega bo'lsa, t_2 vaqtda M_2 holati $\mathcal{V}_2$ tezlikga ega bo'lsa $\mathcal{V}_1$ va $\mathcal{V}_2$ vektorlarning farqi $\Delta \mathcal{V} = \mathcal{V}_2 - \mathcal{V}_1$ ligidan o'rtacha tezlanish quyidagicha $a_{ort} = \frac{\Delta \mathcal{V}}{\Delta t}$ bo'ladi:

Oniy tezlanish. $\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{\mathcal{V}}}{\Delta t} = \frac{d\mathcal{V}}{dt} = \frac{d^2 r}{dt^2}$ (8)



6-rasm



7-rasm

Demak tezlanish tezlikdan vaqt bo'yicha birinchi va radius-vektordan ikkinchi tartibli olingan hosiladan iborat.

Shuni qayd qilish kerakki, tezlanish tezlikdan farq qilgan holda traektoriyaga nisbatan istalgan yo'nalishda bo'lishi mumkin. Shunday bo'lsa ham tezlanishni ikki vektor yig'indisi sifatida ifodalash mumkin. Ulardan biri tezlik yo'nalishi bilan bir xil bo'lsa, ikkinchisi tezlik yo'nalishiga tik bo'ladi (7-rasm). Birinchisini ya'ni traektoriyaga urinma tezlanishni tangensial (a_τ), ikkinchisini markazga intilma tezlanish (a_n) yoki normal tezlanish deyiladi. Shunday qilib,

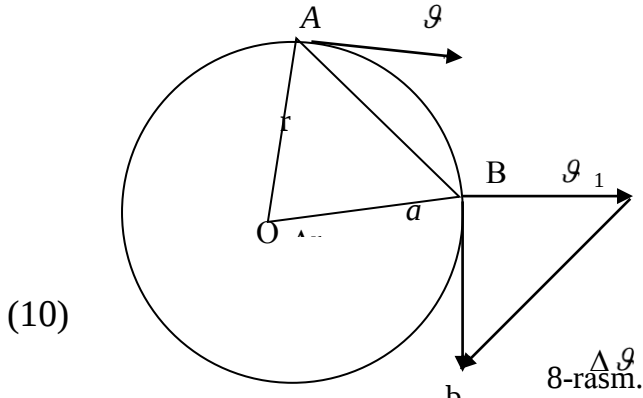
$$\vec{a} = \frac{d\vec{g}}{dt} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n \quad (9)$$

Ta`rifga asosan tangencial tezlanish quyidagicha bo`ladi:

$$|\vec{a}_\tau| = \frac{d\mathcal{G}}{dt}$$

Normal tezlanish kattaligini aniqlaymiz: Faraz qilamiz moddiy nuqta Δt vaqt ichida aylana bo`ylab A nuqtadan B nuqtaga ko`chsin (8-rasm), bunda $\mathcal{G}_1$ va $\mathcal{G}_2$ tezliklar o`zgarishi  $\Delta \mathcal{G}$  bo`ladi. AOB va a B b uchburchaklarning o`xshashligidan

$$\frac{\Delta r}{r} = \frac{\Delta \mathcal{G}}{\mathcal{G}_1} - \text{eku} - \Delta \mathcal{G} = \mathcal{G} \frac{\Delta r}{r} \quad (10)$$



(10)

Δt

ni ikkala tomonini Δt ga bo`lamiz:

$$\frac{\Delta \mathcal{G}}{\Delta t} = \frac{\mathcal{G}}{r} \frac{\Delta r}{\Delta t}$$

vaqtini nolga intiltiramiz. Unda

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathcal{G}}{\Delta t} = a_n \quad a_\tau = 0 \quad \text{va} \quad \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} = \mathcal{G}$$

ligidan $a_n = \mathcal{G}^2 / R$ (11) kelib chiqadi.

Moddiy nuqta harakatining ba`zi hollarini ko`rib chiqamiz:

a) $a_\tau = 0$ va $a_n = 0$. Bunda $r \rightarrow \infty$ ya`ni traektoriya to`g`ri chiziqli va  $\mathcal{G} = \text{const}$  ligidan to`g`ri chiziqli tekis harakat bo`ladi.

b) $a_\tau = \text{const}$, $a_n = 0$. Bu holda to`g`ri chiziqli tekis o`zgaruvchan harakatga to`g`ri keladi kuzatilib, $a_\tau < 0$ - sekinlanuvchan, $a_\tau > 0$ - tezlanuvchan harakatga keladi.

v) $a_\tau = 0$, $a_n = \text{const}$. Bunda traektoriya aylanadan iborat bo`lib, harakat tekis o`zgaruvchan bo`ladi.

g) $a_\tau = \text{const}$, $a_n = \text{const}$. Agar $a_\tau \neq 0$ bo`lsa, moddiy nuqta tezligi oshadi, ammo

$a_n = \frac{\mathcal{G}^2}{r}$ ligidan $a_n = \text{const}$ shart bajarilishi uchun r radius $\mathcal{G}^2$ ga muvofiq ravishda

ortadi. Demak bu holda moddiy nuqta kengayayotgan spiral bo`yicha harakat qiladi.  $a_\tau = 0$  bo`lsa, torayayotgan spiral bo`yicha harakat yuzaga keladi.

Nazorat savollari:

1. _____ Moddiy nuqta, sanoq sistemasi, radius vektor va traektoriyani tushuntiring.

2. _____ Tezlik. Tezlanish nima?

3. _____ Moddiy nuqtaning to`g`ri chiziqli harakati qanday?

4. _____ Moddiy nuqtaning aylana bo'ylab harakati qanday ?
5. Burchakli tezlik va burchakli tezlanish nima?
6. Egri chiziqli harakatda tezlik va tezlanish qanday ?

2 - Mavzu: Moddiy nuqta dinamikasi.

Reja:

1. Dinamikaning asosiy vazifasi.
2. Nyuton qonunlarining zamonaviy talqin etilishi. Nyutonning birinchi qonuni.
3. Nyutonning ikkinchi qonuni va harakat tenglamasi.
4. Impuls. Kuch impulsidan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosila. Nyutonning uchinchi qonuni.

Tayanch iboralar: Dinamika, Nyutonning birinchi qonuni, Nyutonning ikkinchi qonuni, harakat tenglamasi, impuls, kuch impuls, Nyutonning uchinchi qonuni.

Koordinatalarning inertsial sistemalari, inertsia qonuni (N'yutonning birinchi qonuni)

Dinamika mexikaning jismlar harakati paydo bo'lishi sabablarini o'rganuvchi bo'limidir. Shuning uchun ham bu bo'limda sanoq sistemasini tanlashga alohida e'tibor beriladi.

Kinematikada harakatni tavsiflash uchun uni ifodolovchi kattaliklarni sanoq sistemasi bilan bog'lamagan edik. Koordinatalar sistemasi bilan bog'langan sanoq jismi sifatida bir-biriga nisbatan harakatlanuvchi jismlarni olish mumkin. Dinamikada esa koordinatalar sistemasi bilan bog'langan inertsial sanoq sistemasini tanlashga to'g'ri keladi. Inertsial sanoq sistemasida moddiy nuqta unga nisbatan o'zgarmas tezlik bilan erkin harakatlana oladi. Bunda moddiy nuqta erkin bo'lishi uchun hech qanday jism ta'sir etmasligi kerak. O'z-o'zidan ma'lumki, tanlangan inertsial sanoq sistemasiga nisbatan o'zgarmas tezlik bilan harakatlanayotgan boshqa sanoq sistemalari ham inertsial bo'ladi. Inertsial sanoq sistemasini tanlash uchun boshqa jismlar ta'sir etmayotgan sanoq jismini olish zarur. Bunday jism erkin deyiladi. Yerga bog'langan koordinatalar sistemasini inertsial deb hisoblash mumkin. Ammo o'zoq davom etadigan harakat uchun koordinatalar sistemasini aniq inertsial deb bo'lmaydi. Masalan, mayatnikning tebranish tekisligi inertsial sanoq sistemasiga nisbatan o'zgarmasligi zarur, ammo uning tebranish tekisligi vaqt o'tishi bilan yer sirtiga nisbatan buriladi, uchayotgan snaryad ham mo'ljaldan og'adi va h. k. Chunki yer o'z o'qi va Quyosh atrofida aylanadi. Shuning uchun ham yer bilan bog'langan inertsial sanoq sistemasi takriban inertsial bo'ladi. Quyosh bilan bog'liq bo'lgan inertsial sanoq sistemasini aniq deyish mumkin. Ammo bu sistemani ham aniq inertsial deb bo'lmaydi, chunki Quyoshga ham boshqa osmon jismlari (yulduzlar, planetalar va h. k) ta'sir etadi. Shunday qilib, inertsial sanoq sistemasi taxminiy (abstarkt) dir. Ammo ularni qandaydir aniqlik bilan qo'llashimiz mumkin. Shunday inertsial sanoq sistemalari mavjudki, ularga nisbatan erkin moddiy nuqta

tekis va to'g'ri chiziqli harakat qiladi - bu inertsiya qonunining mazmunini tashkil etadi. Ammo bu boshqacha ta'riflanadi. Inertsiya qonuni birinchi marta gorizontal harakat uchun Galiley (1561-1642) tomonidan kashf etilgan: " Agar jism gorizontal tekislikda harakatlansa va bu tekislik cheksiz ortirilsa, bunday jism tekis va o'zgarmas harakatlanadi". Inertsiya qonunining aniq ta'rifini Dekart, keyinroq N'yuton keltirdilar. N' yutonning inertsiya qonuni uning birinchi qonuni sifatida ta'riflanadi: "Agar bir jismga boshqa jism ta'sir etmasa, u jism tinch holatda bo'ladi yoki to'g'ri chiziqli tekis harakatini davom etdiradi".

N'yutonning yuqoridagi ta'rifini kamchiligi shundan iboratki, inertsiyal sanoq sistemalari to'g'risida so'z yuritilmagan. Buning o'rniga absolyut fazo tushunchasini kiritdi. Natijada ma'lum bo'ldiki, mutloq fazo tushunchasi ma'noga ega emas ekan.

Shunday qilib, N'yutonning birinchi qonuni quyidagicha ta'riflanadi: shunday inertsiyal sanoq sistemalari mavjudki, biror bir jismga boshqa jism ta'sir etmasa yoki ularning ta'sirlari o'zaro kompensatsiyalansa bunday jism tinch holatda turadi yoki to'g'ri chiziqli tekis harakatini davom etdiradi.

N'yutonning birinchi qonunini yana quyidagicha ta'riflash mumkin: agar jismga boshqa jism ta'sir qilmasa, u o'zining inertsiyal holatini saqlaydi.

Fizikada ta'sir kuchni ifodalaydi. Binobarin dinamikaning birinchi qonuniga binoan kuch ta'sir etmasa ($\vec{F} = 0$), jism o'zining tinch ($\vec{g} = 0$) eki to'g'ri chiziqli tekis harakat ($\vec{g} = \text{const}$) holatini saqlaydi ya'ni
$$F = 0 \begin{cases} \vec{g} = 0 \\ \vec{g} = \text{const} \end{cases}$$

Bu formula N'yuton birinchi qonuning matematik ifodasidir.

N'yutonning birinchi qonuni jismga boshqa jism yoki kuch ta'sir etmagan holda bajariladi. Bu qonunni ta'ribada befosita tekshirish mumkin emas, chunki atrofdagi barcha jismlarning ta'sirini to'la ishqalanishini bartaraf qilish juda qiyin.

Kuch, massa

Agar tanlangan inertsiyal sanoq sistemasida moddiy nuqta tezligi o'zgarsa, unga boshqa kuchlar ta'sir etayapdi, deyiladi. Tezlikning o'zgarishi bu tezlanish olishdir. Tajribalar ko'rsatadiki, tezlanishning kattaligi ikki sharoitga bog'liq:

- 1) Tekshirilayotgan jismga atrofdagi jismlar ta'sirining kattaligiga;
- 2) Jismning xususiyatlarini aniqlovchi kattaliklarga.

Bir jismning boshqa jismga ta'siri natijasida jism deformatsiyalanishini yoki tezlanish olishini tavsiflovchi fizik vektor kattalik kuch deb ataladi. Kuch turli fizik tabiatga ega bo'lishi mumkin, masalan elastiklik kuchi, og'irlik kuchi, elektr maydonida zaryadlangan zarrachaga ta'sir etuvchi kuch va h. k. Hamma kuchlar jism tezligini o'zgartiradi va bu o'zgarish kuchning tabiatiga bog'liq bo'lmasdan uning kattaligiga va yo'nalishiga bog'liqdir. Kuch tezlikni kattalik va yo'nalish jihatidan o'zgartiradiki, tezlik vektor kattalik bo'lgani uchun, kuch ham vektor kattalikdir. Shuning uchun jismga ta'sir etuvchi bir necha kuchning ta'sirini vektorlarni ko'chish usuli bilan aniqlanadi.

Kuchning son qiymatini aniqlash uchun uning o'lchov birligi sifatida ishlatiladigan kattalik tanlanadi. Masalan, o'lchov sifatida aniq o'zunlikka cho'zilgan prujinani olish mumkin. Bu etalonga nisbatan muvohiq shartini qo'llab,

ushbu kuchga son jihatidan teng va yo'nalish jihatidan qarama-qarshi kuch ta'sir etsa ularning umumiy ta'siri nolga teng bo'ladi deb ayta olamiz. Kuchni o'lchash uchun ishlatiladigan asbob dinamometr deyiladi. Bu asbob cho'zilayotgan prujinada hosil bo'layotgan kuchga asoslangan.

Jism tomonidan olingan tezlanish uning o'zini xususiyatlariga ham bog'liq. Bu xususiyatlaridan biri inertlikdir. Inertlikning o'lchovi skalyar kattalik bo'lgan massadir. Klassik mexanikada massa jismni tavsiflovchi kattalik bo'lib, jism holatiga bog'liq bo'lmaydi, ya'ni u jism harakatlanishi yoki tinch holatiga bog'liq emas. mexanikada massa jismning boshqa jismlar bilan ta'siriga ham bog'liq bo'lmaydi. Massaning bu xususiyatini N'yuton kiritgan bo'lib, uning kattaligi jismdagi materiyaning miqdorini aniqlaydi.

N'yutondan keyin boshqa olimlar ham massani materiyaning miqdori deb tushundilar. Fanning rivojlanishi bu tushunchalarda qarama-qarshiliklarga olib keldi. Nisbiylik nazariyasiga asosan massa o'zgarmas kattalik bo'lmasdan uning tezligi va energiyasiga bog'liqdir. Haroratning ortishi bilan jismning massasi juda kam bo'lsada, ortadi. Bundan kelib chiqadiki, "materiya miqdori" tushunchasi fizik ma'noga ega emas. Aytib o'tganimizdek, massa skalyar kattalik bo'lib, klassik mexanikada u zarralarning massalarini yig'indisidan iborat. Uning bu xususiyati massani o'lchash imkoniyatini yaratadi. Massaning o'lchov birligi 1 kg bo'lib, u Parij shahri yaqinidagi Sevr shahrida saqlanadigan platina-iradiy qotishmasining massasidir.

Biz richagli tarozida jismning massasini o'lchar ekanmiz tarozi toshi va jismga og'irlik kuchi bir xil tezlanish berishini bilamiz. Tarozi pallalari bir xil tezlanish olishga harakat qiladi, natijada muvohabat o'rnatiladi.

N'yutonning ikkinchi qonuni

Tajribalar shuni ko'rsatadiki, moddiy nuqtaning tezlanishi jismga ta'sir etuvchi kuchga to'g'ri proportsional, massasiga esa teskari proportsionaldir:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \quad \text{ёки} \quad a = \frac{\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 \dots + \vec{F}_n}{m_i} = \frac{\vec{F}_i}{m} \quad (1)$$

(1) tenglama N'yuton ikkinchi qonunining matematik ifodasidir.

$$\vec{F} = m\vec{a}$$

(2)

(2) tenglama ilgarilanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi deyiladi.

Moddiy nuqta tezlanishi tangential va normal tashkil etuvchilardan tashkil topganligidan dinamikaning asosiy tenglamasi bu tezlanishlar uchun quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\begin{aligned} F_{(1)n} &= F_{(2)n} = \dots F_{(n)n} = ma_n \\ F_{(1)\tau} &= F_{(2)\tau} = \dots F_{(n)\tau} = ma_\tau \end{aligned} \quad (3)$$

N'yutonning o'zi ikkinchi qonunni boshqacha ta'riflagan. U massa (materiya miqdori) tushunchasidan foydalangan. Ikkinchi qonun shunday ta'riflanardi: impulsning (harakat miqdorining) o'zgarishi qo'yilgan kuchga to'g'ri proportsional va kuch ta'sir yonalashida yuzaga keladi va qo'yilgan kuch impulsiga teng.

$$d(m\mathcal{S}) = Fdt \quad (4)$$

(bu yerda $-p=m v$ -impuls)

(4) ni quyidagicha yo'zish mumkin:

$$\vec{F} = \frac{d(m\vec{g})}{dt} \quad (5)$$

va N'yutonning ikkinchi qonunini (N'yuton qonunining differensial shakli) shunday ta'riflash mumkin: inertsial sanoq sistemalarida jism impulsining o'zgarish tezligi kattalik jihatidan ta'sir etuvchi kuchga teng.

N'yutonning ikkinchi qonuni ifodalovchi (5) formula jismning harakat tenglamasi deyiladi. Moddiy nuqtaning harakat tenglamasi deganda istalgan vaqtda uning fazodagi vaziyatini aniqlovchi tenglamani tushunamiz. Dinamikaning asosiy vazifasi ikki qismdan iborat bo'lib, biri-moddiy nuqtaga ta'sir etuvchi kuch ma'lum bo'lsa harakat tenglamasini aniqlash, ikkinchisi-moddiy nuqtaning harakat tenglamasi berilgan bo'lsa, unga ta'sir etuvchi kuchni aniqlashdir.

Moddiy nuqtaning harakati N'yutonning ikkinchi qonuni ifodalovchi (5) tenglama yoki uning boshqacha ko'rinishi bo'lgan (5) tenglama orqali tavsiflanadi. Bu tenglamalardan foydalanilganda shuni nazarda tutish kerakki, tezlik vektori harakatidagi moddiy nuqtaning radius-vektoridan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilaga teng, tezlanish vektori esa tezlik vektoridan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilasiga yoki radius-vektordan vaqt bo'yicha olingan ikkinchi tartibli hosilaga teng, ya'ni

$$\vec{g} = \frac{d\vec{r}}{dt} \quad \text{va} \quad \vec{a} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} \quad (5')$$

Bularga asoslanib (5') ifodani quyidagicha yozamiz:

$$\vec{F} = m \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} \quad (5'')$$

Bu ikkinchi tartibli differentsial tenglamadir. Ko'rinib turibdiki, (5) va (5'') formulalar moddiy nuqtagacha ta'sir etuvchi kuchni va mazkur kuch ta'sirida uning holati hamda fazodagi vaziyatini vaqtiga bog'liq ravishda o'zgarisha orasidagi bog'lanishni ifodalaydi. Boshlangich paytda harakat qilayotgan moddiy nuqtaning holati (koordinatolari va tezligi) ma'lum bo'lsa, keyingi istalgan paytdagi uning holatini aniqlash (5) va (5'') tenglamalarni integrallash yo'li bilan amalga oshiriladi.

Klassik mexanikada massa o'zgarmas kattalik va (5) ni quyidagicha o'zgartirish mumkin.

$$\vec{F} = m \frac{d\vec{g}}{dt} = m\vec{a} \quad \text{yoki} \quad \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \quad (5^1)$$

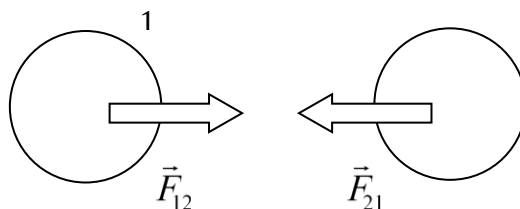
Ya'ni dinamika ikkinchi qonunining boshlangich yo'zuvini paydo qildik.

Kuchning olchov birligi: $[F] = [m] [a] = 1 \text{ kg m/s}^2 = 1 \text{ N}$

N'yutonning uchinchi qonuni

Shu vaqtgacha jismlar orasidagi o'zaro ta'sirni bir tomonlama ko'rildi: berilgan jismga boshqa kuchlarning ta'siri. Ammo ta'sir bir tomonlama bo'lishi mumkin emas, ular o'zaro bo'ladi. Bu narsa N'yutonning uchinchi qonunida ifodalanadi. Faraz qilaylik ikkita ta'sirlashayotgan jismga egamiz: 1 va 2 jism. Agar 1 jism 2 jismga F_{12} kuch bilan ta'sir etsa, o'z navbatida 2 jism 1 jismga F_{21} kuch bilan ta'sir etadi (1-rasm). Tajribalar ko'rsatadiki, inertsial sistemalarda:

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \quad (6)$$



(1-rasm)

Demak, inertsial sanoq sistemalarda jismlar orasidagi ta'sir kuchlari kattalik jihatidan teng va yo'nalish jihatidan qarama-qarshidir. Bu N'yuton uchinchi qonunining ta'rifidir. F_{12} va F_{21} kuchlar ta'sir va aksta'sir kuchlari deyiladi va bu kuchlar doimo bir xil tabiatga ega.

N'yutonning uchinchi qonunidan muhim hulosa kelib chiqadi: ikki jismning o'zaro ta'siri ularning bir tomonga ko'chishiga yo'l qo'ymaydi. Shuning uchun bu jismlarga yana kuchlar ta'sir ettirish kerak. Masalan, ot aravani tortyapti, otni arava bilan harakatining sababi, ot ham, arava ham yer bilan ta'sirlashadi, bunda ot bilan yerning ta'siri, arava bilan yer ta'siridan katta bo'ladi.

Zichlik.

Modda zichligi ρ - hajm birligi ichidagi massaga teng bo'lgan kattalikdir.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (7)$$

Dinamikaning asosiy vazivasi Tabiatdagi o'zaro ta'sirning turlari

Moddiy nuqtalar orasidagi o'zaro ta'sir etishda ishtirok etadigan tabiat kuchlarini to'rtta asosiy turga ajratish mumkin: gravitatsion, zaif, elektromagnit va kuchli (yadroviy). Jadvalda bu kuchlarning asosiy tavsiflari berilgan

O'zaro ta'sir kuchlari	O'zaro ta'sir manbasi	Nisbiy intensivligi	Ta'sir radiusi
Gravitatsion	Massa	10^{-38}	Uzoq-dan
Zaif	Elementar zarralar	10^{-15}	$10^{-15}m$ uzoq-dan
Elektromagnit	Elektr zaryadlari	10^{-2}	
Kuchli (yadroviy)	Proton, neytron, mezon (adron)	1	

			$10^{-15} m$
--	--	--	--------------

boshqa tomondan, kuchlarning kelib chiqish tabiatiga qarab uchga ajratish mumkin:

- 1) bir-biri bilan bevosita tegib turgan jismlar orasidagi kuchlar (elastiklik yoki ishqalanish). Ular kelib chiqishiga qarab elektromagnit kuchlardir.
- 2) Maydonlar vositasida ta'sir etuvchi - gravitatsion va elektromagnit kuchlar.
- 3) Noinertsial sanoq sistemasida jism harakatini tavsiflovchi inertsia kuchlari.

Nazorat savollari:

1. Dinamikaning asosiy vazifasi nima
2. Nyutonning birinchi qonuni.
3. Nyutonning ikkinchi qonuni va harakat tenglamasi.
4. Impuls. Kuch impulsidan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosila.
5. Nyutonning uchinchi qonuni.

3-Mavzu: Impulsning saqlanish qonuni.

Reja:

1. _____ Tortishish kuchlari va og'irlik.
2. _____ Ishqalanish kuchlari. Elastiklik kuchlari.
3. _____ Energiyaning saqlanish qonuni. Ish va quvvat.
4. _____ Konservativ va nokonservativ kuchlar.
5. _____ Kinetik va potensial energiya.

Tayanch iboralar: Tortishish kuchlari, og'irlik, ishqalanish kuchlari, elastiklik kuchlari, energiyaning saqlanish qonuni, ish, quvvat, konservativ kuchlar, nokonservativ kuchlar, kinetik energiya, potensial energiya, mexanik energiyaning saqlanish qonuni.

Moddiy nuqtaning impulsi deb, massasi bilan tezligini ko'paytmasiga aytiladi: $P = m \cdot v$. Agar moddiy nuqtaga kuch ta'sir etmayotgan bo'lsa, uning impulsi o'zgarmay qoladi. Nyutonning ikkinchi qonunidan:

$$\vec{F} = \frac{d(m\vec{v})}{dt}$$

Agar $F = 0$ bo'lsa, unda $d(mv) / dt = 0$ va $m \cdot v = \text{const}$.

Jismlar bir-biriga urilganda deformatsiyalanadi. Bunda jismlarning urilishdan oldingi kinetik energiyasi qisman yoki to'la ravishda elastik deformatsiya potensial energiyasi bilan jismlarning ichki energiyasiga aylanadi. Jismlarning ichki energiyasi ortishi ularning temperaturasini ortishiga olib keladi.

Tabiatda ikki xil urilish mavjud: mutloq elastik va mutloq noelastik urilishlar. Mutloq elastik urilish deb shunday urilishga aytiladiki, bunda jismlarning mexanik energiyasi, energiyaning boshqa boshqa turlariga aylanmaydi. Bunday urilish vaqtida kinetik energiya batamom yoki qisman elastik deformatsiya potentsial energiyaga aylanadi. Keyin esa jismlar bir-biridan qochadi. Bu tezliklarning kattaligi bilan yo'nalishi ikkita shartga-jismlar sistemasining to'liq energiyasining saqlanishiga hamda to'liq impulsining saqlanishiga bog'liq bo'ladi.

Mutloq noelastik urilish shu bilan karakterlanadiki, bunda deformatsiya potentsial energiyasi yuzaga kelmaydi; jismlarning kinetik energiyasi batamom yoki qisman ichki energiyaga aylanadi; urilishdan so'ng to'qnashgan sharlar yo bir xil tezlik bilan harakatlanadi, yo tinch holatda qoladi.



Mutloq noelastik urilish vaqtida faqat impulsning saqlanish qonunigina bajariladi, mexanik energiyaning saqlanish qonuni esa bajarilmaydi – har xil turdagi – mexanik va ichki energiyalar yig'indisining saqlanish qonuni o'rinli bo'ladi.

O'zaro ta'sirlashuvchi moddiy nuqtalar sistemasini ko'rib chiqamiz. Oddiylik uchun faraz qilamiz bu sistema $\mathcal{Q}_1$ va $\mathcal{Q}_2$ tezliklarga ega bo'lgan m_1 va m_2 massali ikki qismdan iborat bo'lsin. m_1 jismga F_{12} kuch, m_2 jismga F_{21} kuch ta'sir etayapdi. Bundan tashqari bu jismlarga sistemaga kirmaydigan kuch ta'sir qilayotgan bo'lsin. Bu kuchlar muvofiq ravishda f_1 va f_2 bo'lsin (1-rasm).

Har ikkala jismga N'yutonning ikkinchi qonunini tadbiq etamiz:

$$\frac{d(m_1 \vec{q}_1)}{dt} = \vec{F}_{12} + \vec{f}_1; -\frac{d(m_2 \vec{q}_2)}{dt} = \vec{F}_{21} + \vec{f}_2$$

Bu tenglikni qo'shamiz

$$\frac{d(m_1 \vec{q}_1)}{dt} + \frac{d(m_2 \vec{q}_2)}{dt} = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{21} + \vec{f}_1 + \vec{f}_2$$

F_{12} va F_{21} kuchlar ta'sir va aks ta'sir kuchlaridir, shuning uchun N'yutonning uchinchi qonunidan $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$ va quyidagilarni hosil qilamiz:

$$\frac{d}{dt}(m_1 \vec{q}_1 + m_2 \vec{q}_2) = \vec{f}_1 + \vec{f}_2$$

Agar jismga tashqi kuchlar ta'sir etmasa $f_1=0$ va $f_2=0$, bunday sistemani yopiq deyiladi. U holda,

$$\frac{d}{dt}(m_1 \vec{q}_1 + m_2 \vec{q}_2) = 0 \quad \text{yoki} \quad m_1 \vec{q}_1 + m_2 \vec{q}_2 = \text{const} \quad (1)$$

Bu hulosi har qanday moddiy nuqtalar yopiq sistemasi uchun to'g'ri bo'ladi. Demak, yopiq sistema tashkil etuvchi jismlarning impulsi ularni har qanday o'zaro ta'sirida o'zgarmas bo'ladi:

$$m_1 \vec{q}_1 + m_2 \vec{q}_2 + \dots m_n \vec{q}_n = \text{const} \quad \sum_i m_i \vec{q}_i = \text{const} \quad (2)$$

$$\text{yoki} \quad m_1 \vec{q}_1 + m_2 \vec{q}_2 + \dots m_n \vec{q}_n = m_1 U_1 + m_2 U_2 + \dots m_n U_n \quad (3)$$

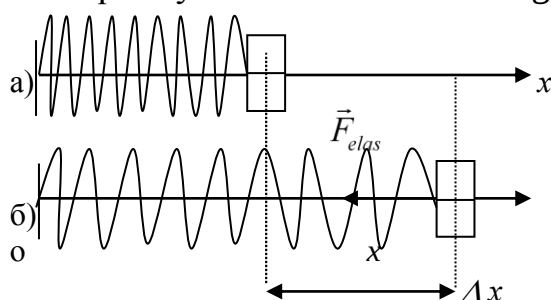
Impulsning saqlanish qonuni fazoning bir jinsliligini ko'rsatuvchi qonundir. Fazoning bir jinsliligi shundan iboratki, agar jismlarning yopiq sistemasini bir xil

sharoitda fazoga olib chiqsak, ular oldingi sharoitda qoladi va u boshqa fizik hodisalarga ta'sir etmaydi. Boshqacha qilib aytganda, fizik qonunlarning koordinatalariga nisbatan simmetriyasi mavjuddir.

Elastiklik kuchi

Tashqi kuchlar ta'sirida deformatsiyalangan jismlarda yuzaga keladigan kuch - elastiklik kuchi deyiladi.

Deformatsiya ikki xil: elastik va noelastik bo'ladi. Elastik deformatsiyada tashqi kuchlarning ta'siri to'xtagandan so'ng jism o'z shakli va o'lchamlarini tiklaydi. Noelastik deformatsiyada jism o'zining shakli va o'lchamlarini to'liq tiklamaydi. boshqa tomondan deformatsiyani siqilish, cho'zilish, buralish kabi turlari mavjud. Eng oddiy deformatsiya-chiziqli cho'zilayotgan yoki qisilayotgan prujinaning deformatsiyasini ko'rib chiqamiz. Buning uchun bir tomoni biriktirilgan, ikkinchi tomoni X o'qi bo'yicha harakatlana oladigan prujinani olamiz. (1a-rasm)



Prujinani Δx kattalikka cho'zishda, uni muvozanat

vaziyatiga qaytaruvchi F_{el} kuchi paydo bo'ladi. Bu holat uchun Guk qonuni mavjud: elastiklik kuchi deformatsiya kattaligiga to'g'ri proporsional.

$$F_{el} = -kx \quad (1)$$

bu yerda x - siljish kattaligi; k - prujinaning bikrligi. "-" ishora F_{el} bilan X - ni qarama-qarshi yo'nalganligini bildiradi. Insonning xayotiy faoliyatida elastiklik kuchi katta o'rin tutadi. Ayniqsa, odam skletining tayanch - sistemalarida elastiklik kuchining ahamiyati juda kattadir. Urilishdagi yo'qlama vaqtida, yiqilishida, sakrashda va boshqa qisqa muddatli kuch yo'qlamalari paydo bo'lganda, skletga ta'sir etuvchi kuch odamni xususiy og'irligidan 15-20 marta ortib ketadi. Skletning elastikligi va mustaxkamligi bunday yo'qlamalarga bardosh beradi. Boshqa elastik jismlar kabi, suyaklar, mushaklar, paylar yo'qlama ta'sirida deformatsiyalanadi. Inson tanasida deformatsiyaning har qanday turi yuzaga keladi.

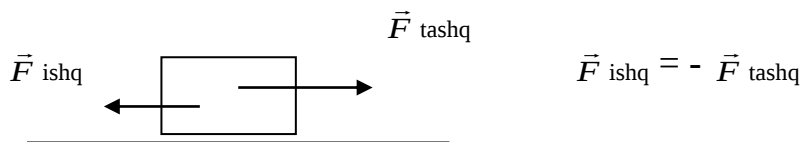
Ishqalanish kuchi

Bir jism sirtida ikkinchi jismning harakatlanishidan yuzaga keladigan kuch ishqalanish kuchi deyiladi. Bu kuch doimo harakat yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalgan. Ishqalanish kuchining ikki turi mavjud: tashqi-qattiq jismlar orasida, ichki-gazlarda, suyuqliklarda va qattiq jismlarning qismlari bir-biriga nisbatan harakatlanganda yuzaga keladi.

A. Tashqi ishqalanish uch xil bo'ladi:

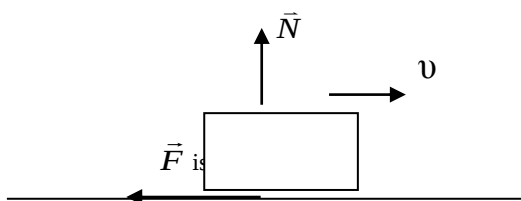
- sirpanish ishqalanishi;
- dumalash ishqalanishi;
- tinchlikdagi ishqalanish .

Tinchlikdagi ishqalanish kuchi- jismga ta'sir etuvchi tashqi kuchlar ta'siri uni biror bir sirtida harakatlantira olmaganda yuzaga keladi. Bu kuch doimo tashqi kuchlarga kattalik jihatidan teng va yo'nalish jihatidan qarama-qarshi bo'ladi.



2-rasm

Sirpanish ishqalanish kuchi- bir jism sirtida ikkinchi jismning harakatlanishidan yuzaga keladi. (3-rasm).



3-rasm

harakatning kichik tezliklarida sirpanish ishqalanish kuchini quyidagi formuladan hisoblash mumkin:

$$|F_{ishq}| = \mu N \quad (2)$$

bu yerda N - bosim kuchi, μ - ishqalanish ko'effitsiyenti bo'lib, ishqalanayotgan jismlar sirtiga bog'liq.

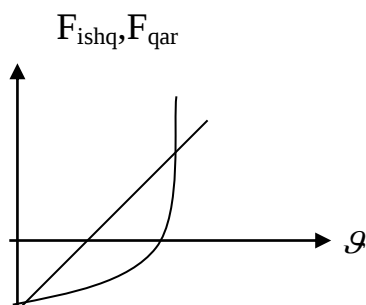
Dumalanish ishqalanish kuchi- jismning tayanch sirtida dumalanishdan yuzaga keladi. Bu kuchni son qiymati (2) formuladan hisoblanadi, ammo dumalash ishqalanish ko'effitsiyenti kiritiladi. Bu ko'effitsiyent sirpanish ishqalanish ko'effitsiyenti μ dan ko'p marta kichik bo'ladi. Ishqalanish kuchini inson faoliyatida tutgan o'rnini ko'rib chiqamiz. Bu kuch birinchi navbatda jismlarning harakatlanishida "o'zini ko'rsatadi". Odam yerda, suvda, havoda harakatlanar ekan, ishqalanish kuchi ba'zan foydali, ba'zan zararli bo'ladi. Xususan, bu kuch insonni fazoda harakatlanishiga yordam beradi. Ammo harakat tezligining ortib borishi bilan energiya va yonilg'i sarfi ortib ketadi. Turli mexanizmlarning ishdan chiqishi ishqalanish kuchining ta'siridir. Ishqalanish kuchi foydali hollarda u oshiriladi, zararli bo'lgan hollarda kamaytiriladi.

B. Ichki ishqalanish . Ichki ishqalanish kuchi yoki qovushqoq ishqalanish gaz, suyuqlik yoki qattiq jismlarning bir qismini ikkinchi qismiga nisbatan harakatlanishida yuzaga keladi. Masalan, bu kuch gaz yoki suyuqlikning trubalardagi harakati vaqtida hosil bo'ladi. Kichik tezliklarda ichki ishqalanish kuchi nisbiy siljish tezligiga to'g'ri proporsional bo'lib, tezlik katta bo'lganda bu bog'lanish ortib boradi. Ichki ishqalanish ko'effitsiyenti (qovushqoqlik ko'effitsiyenti) ni kiritib, $F_{ich.} = - \eta \vartheta$ deb yo'zish mumkin. Ichki ishqalanish kuchi quruq ishqalanishdan ko'p marta kichik. Shuning uchun ishqalanuvchi mexanizmlar orasi moylanadi.

Gazlarda yoki suyuqliklarda qattiq jismning harakatlanishida ichki ishqalanish kuchidan tashqari, harakatga qarshilik kuchi ta'sir etib, uning qiymati quyidagiga teng bo'ladi:

$$F_{qar} = \frac{\Delta(mg)}{\Delta t} = \rho S g^2 \quad (3)$$

bu yerda g -jismning harakat tezligi, ρ - muhitning zichligi, S - jismning ko'ndalang kesim yuzasi. Shunday qilib, muhitda harakatlanayotgan jismga ikki kuch ta'sir qiladi: suyuqlik ishqalanish kuchi (F_{ishq}) va qarshilik kuchi (F_{qar}).



4- rasm

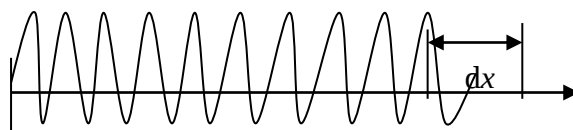
Kichik tezliklarda qarshilik kuchi, suyuq ishqalanish kuchidan kichik bo'ladi, katta tezliklarda aksincha bo'ladi (4-rasm). 4-rasmdan ko'rinadiki, F_{ishq} va F_{qar} kuchlari qandaydir qiymatlarda bir-biriga teng bo'ladi. Bu holdagi harakatni o'zgarmas tezlikli harakat deyiladi. (3) formuladan ko'rinadiki, qarshilik kuchi harakatlanayotgan jismning shakliga bog'liq. Qarshilik kuchi kam bo'lgan jism shakli tomchisimon shakl deyiladi. Katta tezlikda harakatlanadigan raketa, samolyot, kemalar tomchisimon shaklda ishlanadi. Bundan tashqari jismning o'lchamini o'zgartirib, qarshilik kuchini oshirib yoki kamaytirib, tezlikni boshqarish mumkin. Masalan, sakrayotgan parashutchining tezligi 60 m/s, qo'l-oyog'ini yoysa 40 m/s, parashutni ochsa tezligi 5-8 m/s ga teng bo'ladi. Odam massasiga teng sharning tezligi esa 105 m/s ga teng bo'ladi.

Ish va potentsial energiya

Jismlar faqatgina harakati tufayli energiyaga (kinetik energiya) ega bo'lmasdan, o'zaro ta'siridan ham energiyaga ega bo'ladi- bu energiya'ni potentsial energiya deyiladi. Quyosh atrofida aylanayotgan yer, yerdan ko'tarilgan jism, cho'zilgan yoki siqilgan prujina, zaryadlangan jism va h. k. potentsial energiyaga ega bo'ladi.

A) Elastik prujinaning potentsial energiyasi:

Elastik prujinani X_1 dan X_2 qiymatigacha chiziqli deformatsiyalanganda bajarilgan ishni hisoblaymiz (3-rasm). $dA = F dx \cos \alpha$



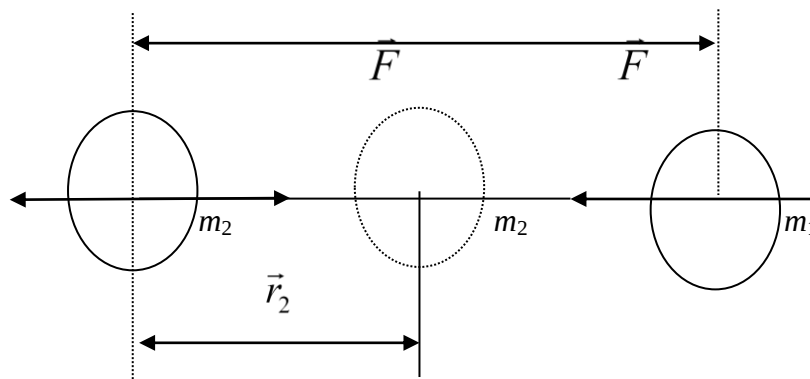
bu yerda $F = -kx$, $\alpha = 180^\circ$, ($\cos 180^\circ = -1$)

bo'lgani uchun $dA = -kxdx$

$$\text{To'liq ish } A_{12} = -\int_{x_1}^{x_2} kxdx = -\frac{kx^2}{2} \Big|_{x_1}^{x_2} = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2} \quad (4)$$

bu yerda

$$E_n = \frac{kx^2}{2} \quad \vec{r}_1(5)$$



elastik deformatsiyalangan jismning potentsial energiyasidir. (4) dan ko'rinadiki,

$$A_{12} = E_{n1} - E_{n2} = - (E_{n2} - E_{n1}) = -\Delta E_n$$

ya'ni, potentsial energiya o'zgarishining teskari ishorasi bilan olingan qiymati bajarilgan ishga teng:

B) Og'irlik kuchi ta'sir etayotgan jismning potentsial energiyasi: Massalari m_1 va m_2 bo'lgan jismlarning tortishish kuchi ta'sirida r_1 dan r_2 masofagacha ko'chirishda bajarilgan ishni hisoblaymiz (4-rasm).

$$dA = \vec{F} d\vec{r} = \vec{F} dr \cos 0^\circ = F dr = G \frac{m_1 m_2}{r^2} dr$$

To'liq ish:

$$A_{12} = \int_1^2 dA = \int_{r_1}^{r_2} G m_1 m_2 \frac{dr}{r^2} = G m_1 m_2 \left(-\frac{1}{r} \right) \Big|_{r_1}^{r_2} = G \frac{m_1 m_2}{r_1} - G \frac{m_1 m_2}{r_2}$$

Shunday qilib butun olam

tortishish kuchi ta'sir qilayotgan jismning potentsial energiyasi:

$$E_n = -G \frac{m_1 m_2}{r} \quad (6)$$

Potentsial energiya no'linchi sathining o'zgarish holatini ko'rib chiqamiz. Buning uchun yer bilan biror jism o'zaro ta'sirini olamiz. Jism yer sirtida turganda E_n

=0, bunda $r = R_{yer}$ (20) ga asosan $E_n = 0 = -G \frac{M_{yer} m}{R_{yer}} + C$; bunda $C = G \frac{m_1 m_2}{R_{yer}}$

Jism yerdan h balandlikka ko'tarilsa $r = R_{yer} + h$

$$E_n = -G \frac{M_{yer} m}{R_{yer} + h} + G \frac{M_{yer} m}{R_{yer}}$$

Algebraik o'zgartirishlardan keyin:

$$E_n = G M_{yer} m \left(\frac{1}{R_{yer}} - \frac{1}{R_{yer} + h} \right) = G M_{yer} m \left(\frac{R_{yer} + h - R_{yer}}{R_{yer}^2 + h R_{yer}} \right) = G \frac{M_{yer} m}{R_{yer}^2} \left(\frac{h}{1 + \frac{h}{R_{yer}}} \right)$$

$h \ll R_{yer}$ deb hisoblasak $h / R_{yer} \ll 1$ bo'ladi. Unda

$$E_n = G \frac{M_{yer}}{R_{yer}^2} m h \quad \text{va} \quad G \frac{M_{yer}}{R_{yer}^2} = g \quad \text{ligidan}$$

$$E_n = mgh \quad (7)$$

(21) og'irlik kuchi ta'sir etayotgan jismning potentsial energiyasidir.

V) Mexanik energiya'ning saqlanish qonuni: Jismning yoki ixtiyoriy jismlar sistemasining kinetik va potentsial energiyalari yig'indisi (agar ishqalanish , elektrlanish va h. k hisobga olinmasa) o'zgarmas miqdordir.

$$E_n = E_k = \text{const} \quad (8)$$

Yopiq konservativ sistemaning to'la energiyasi o'zgarmas miqdorga teng. Ma'lumki, konservativ sistemada bajarilgan ish faqat yo'lning boshlang'ich va oxirgi holatiga bog'liq. Konservativ sistemada ish bajaruvchi kuch konservativ yoki potentsial kuch deyiladi. Energiya bir jismdan ikkinchi jismga o'tishi, bir turdan ikkinchi turga aylanishi mumkin, lekin energiya'ning umumiy miqdori o'zgarmaydi. Energiya bordan yo'q bo'lmaydi, yo'qdan bor bo'lmaydi. Bu qonun - energiya'ning saqlanish va bir turdan ikkinchi turga aylanish qonunidir. Bu qonun mikrojismlar mexanikasida ham, klassik mexanikada ham o'rinlidir.

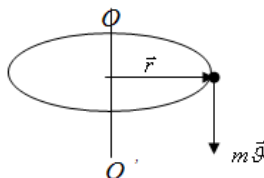
Impuls momentining saqlanish qonuni.

Impuls momenti

Massasi m bo'lgan moddiy nuqta OO' o'q atrofida aylanayotgan bo'lsin. (1-rasm). Impuls momenti deb quyidagi kattalikka aytamiz:

$$L = r m \mathcal{G} \quad (1)$$

$$\text{yoki} \quad L = m r^2 \frac{\mathcal{G}}{r} = I \omega \quad (2)$$



1-rasm

Rasmdan ko'rinadiki, $m \mathcal{G}$ va r orasidagi α burchak 90° ga teng. Shuning uchun (1) ni quyidagicha yozish mumkin:

$$L = r m \mathcal{G} \sin 90^\circ = r m \mathcal{G} \sin \alpha \quad (3)$$

$$(3) \text{ ni vektor ko'paytmasi: } \vec{L} = [\vec{r} m \vec{\mathcal{G}}] \quad (4)$$

$$\text{Boshqa tomondan (2) dan } \vec{L} = I \vec{\omega} \quad (5)$$

Shunday qilib, L yo'nalish jihatidan burchak tezlik vektori ω bilan mos tushadi.

Butun jismning impuls momenti qattiq jism hajmi bo'yicha olingan integralga teng.

$$L = \int_{\mathcal{G}} dL = \int_{\mathcal{G}} dI_i \omega = \omega \int_{\mathcal{G}} dI_i = I \omega$$

$$\vec{L} = I \vec{\omega} \quad (6)$$

Impuls momentining saqlanish qonuni

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{M} = \vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \dots + \vec{M}_n = \sum_i \vec{M}_i$$

Ushbu munosobatdan kuch momenti 0 ga teng desak, $\frac{d\vec{L}}{dt} = 0$ Demak erkin jism impuls momenti o'zgarmas bo'ladi:

$$\vec{L} = I\vec{\omega} = \text{const} \quad (7)$$

mexanikaning uchinchi asosiy saqlanish qonuni- jismlar mexanik impulsining saqlanish qonunidir: yopiq sistema tashkil etuvchi jismlar impuls momentlarining yig'indisi o'zgarmas kattalikdir:

$$I_1\vec{\omega}_1 + I_2\vec{\omega}_2 + \dots + I_n\vec{\omega}_n = I_1^1\vec{\omega}_1^1 + I_2^1\vec{\omega}_2^1 + \dots + I_n^1\vec{\omega}_n^1 \quad (8)$$

Impulsning saqlanish qonuni aylanuvchi tayanch (Jokovski o'rindig'i) misolida ko'rishimiz mumkin. Sport toshlari (gantellar)ni qo'llarini yoygan holda ushlab turgan kishi inertsia momentini oshiradi, ammo burchak tezlik kamayadi. Toshlarini koqragigacha kisganida inertsia momenti kamayadi, asosan burchak tezlik ortadi

$$\text{ya'ni} \quad I_1\vec{\omega}_1 = I_2\vec{\omega}_2$$

5 – Mavzu: Yaxlit muhit mexanikasining elementlari

Reja:

1. Suyuqlikning tuzilishi. Sirt taranglik.
2. Suyuqliklarning egri sirti ostidagi bosimi.
3. Suyuqlik bilan qattiq jism chegarasidagi hodisalar.
4. Kapilyarlik.

Tayanch iboralar: Suyuqlik, sirt taranglik, suyuqliklarning egri sirti, ostidagi bosim, qattiq jism, kapilyarlik.

Suyuqlik va uning xossalari.

Moddaning suyuq holati gazlar bilan kristallar orasida bo'lgani holda ikkala holatning ba'zi xususiyatlariga ega bo'ladi. Jumladan, suyuqliklar kristall jismlar kabi ma'lum bir hajmga ega bo'ladi, shu bilan birga, suyuqlik gazga o'xshab o'zi turgan idish shaklini oladi. Yana kristallik holatda zarralar (atom yoki molekulalar) ma'lum tartibda joylashadi, gazlarda esa bu jihatdan olganda mutlaqo tartib yo'q. Rentgenografik tadqiqotlarga binoan, suyuqliklar zarralarining joylashish tartibi jihatidan qaralganda ham kristallar bilan gazlar o'rtasida oraliq o'rin egallaydi. Suyuqlik zarralari yaqin tartib deb ataladigan tartibda joylashgan bo'ladi. Bu esa har qanday zarraga nisbatan olib qaralganda qo'shni zarralar tartib bilan joylashgan ekanligini bildiradi. Lekin mazkur zarradan uzoqlashilgani sari zarralarni unga nisbatan joylashish tartibi buzilib boradi va zarralar joylashishidagi bu tartib ancha tez yo'qolib ketadi. Kristallarda bu uzoq tartib deb ataladigan tartib bor, bu esa har qanday zarraga nisbatan boshqa zarralarning ancha katta hajm doirasida tartibli joylashishini bildiradi. Suyuqliklarda yaqin tartibning borligi suyuqliklar strukturasini

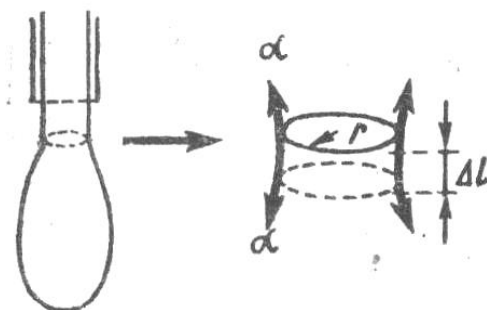
kvazikristalik (kristallsimon) struktura deb atashga sabab bo'ladi. Suyuqliklarda (suyuq kristallardan tashqari) uzoq tartib bo'lmagani uchun ular zarralari tartibli joylashgan kristallarga harakterli bo'lgan anizotroplik xossasiga ega bo'lmaydi. Cho'zinchoq molekulali suyuqliklarda ancha katta hajm doirasida molekulalar bir tartibda orientirlanadi, shuning uchun optik va ba'zi boshqa xossalari anizotropiyaga bo'ysunadi. Bunday suyuqliklar suyuq kristallar deb atalgan. Bularda molekulalarning bir-biriga nisbatan joylashuvida, odatdagi suyuqliklardagi kabi, uzoq tartib yo'q. Suyuqliklarning kristallar bilan gazlar o'rtasida oraliq o'rinda turishi suyuq holatning xossalari juda murakkab bo'lishiga sabab bo'lgan. Shuning uchun suyuq holat nazariyasi kristall holat va ayniqsa, gazsimon holat nazariyasiga qaraganda ancha kam rivojlangan. Shu choqqacha suyuqliklarning butunlay tugallangan va umum tomonidan e'tirof etilgan nazariyasi yaratilgan emas. Suyuq holat nazariyasining qator muammolarini ishlab chiqish sohasida Ya.I. Frenkelning xizmatlari katta. Frenkel qoyasiga binoan, suyuqliklardagi issiqlik harakatining harakteri quyidagichadir. Har bir molekula biror vaqt davomida ma'lum bir muvozanat vaziyati atrofida tebranib turadi. Vaqti-vaqti bilan molekula oldingi vaziyatidan o'z o'lchamlari tartibidagi masofada turgan yangi vaziyati o'rnini o'zgartiradi. Shunday qilib, molekulalar ma'lum joylar atrofida biror vaqt davomida bo'lgani holda suyuqlik ichida sekin ko'chib yuradi. Ya.I. Frenkelning ta'biri bilan aytganda, molekulalar ko'chmanchilik xayot kechirib, butun suyuqlik ichida kezib yuradi, bunda qisqa vaqt ichida ko'chib olganidan so'ng qiyosan uzoqroq vaqt davomida o'troq xayot kechiradi. O'troqlik muddati xilma-xil bo'lib tartibsiz ravishda navbatlashadi, lekin har bir suyuqlikda ayni bu muvozanat vaziyati atrofida tebranishlarning o'rtacha davom etish muddati ma'lum bir qiymatga ega bo'lib, harorat ko'tarilganda bu muddat birdaniga kamayib ketadi. Shu munosabat bilan harorat ko'tarilganda molekulalarning harakatchanligi oshadi, bu esa suyuqlik qovushqoqligining kamayishiga olib keladi. Shunday qattiq jismlar borki, ular ko'p jihatdan kristallarga yaqin bo'lishidan ko'ra suyuqliklarga yaqin bo'ladi. Amorf jismlar deb ataluvchi bunday jismlarda anizotropiya bo'lmaydi. Ularning zarralari suyuqliklardagi kabi, faqat yaqin tartib bilan joylashgan bo'ladi. Isitilganda kristalldan suyuqlikka o'tish jarayoni sakrab yuz bergan holda, amorf qattiq jismdan suyuqlikka o'tish jarayoni uzluksiz ravishda yuz beradi. Bu aytilganlarning hammasi amorf jismlarning o'ta sovutilganlik suyuqliklar deb qarashga asos beradi, qovushqoqligi juda katta bo'lgandan ularning zarralarini harakatchanligi cheklab qo'yilgan. Shisha tipik amorf jismga misol bo'ladi. Smola, bitum va shu kabilar amorf jismlar jumlasidandir.

Sirt tarangligi.

Suyuqlik molekulalari bir-biriga shunchalik yaqin joylashadiki, ular orasidagi tortishish kuchlari ancha miqdorda bo'ladi. O'zaro ta'sir kuchlari masofa ortgan sari tez kamaygani uchun biror masofadan boshlab molekulalar orasidagi tortishish kuchlarini e'tiborga olmasa xam bo'ladi. Biz bilamizki, bu r masofa molekulyar ta'sir radiusi deb, r radiusli sfera esa molekulyar ta'sir sferasi deb ataladi. Molekulyar ta'sir radiusi molekulyar effektiv diametrlarining bir qanchasi tartibidagi kattalikka teng bo'ladi. Har bir molekulani markazi o'sha molekulada bo'lgan sfera(molekulaning ta'sir sferasi) ichidagi barcha qo'shni molekulalar o'ziga tortadi. Suyuqlik sirtidan r

dan ziyodroq masofada turgan molekula uchun bu kuchlarning teng ta'sir etuvchisi o'rta hisobda nolga teng bo'lishi ravshan. Suyuqlik sirtidan r dan kichik masofada turgan molekula bilan axvol boshqacha bo'ladi. Buqning (yoki suyuqlik bilan chegaradosh bo'lgan gazning) zichligi suyuqlikning zichligidan ko'p marta kichik bo'lgani uchun molekulyar ta'sir sferasining qolgan qismidagiga qaraganda molekula oz bo'ladi. Natijada qalinligi r bo'lgan sirtga yaqin qatlamdagi har bir molekulaga suyuqlikning ichiga qarab yo'nalgan kuch ta'sir qiladi. Bu kuchning kattaligi qatlamning ichki chegarasidan tashqi chegarasiga tomon yo'nalishda olganda oshib boradi. Molekula suyuqlikning ichkarisidan sirt qatlamiga o'tganda sirt qatlamida ta'sir qiladigan kuchlarga qarshi ish bajarishi zarur. Bu ishni molekula o'zining kinetik energiyasi hisobiga bajaradi va bu ish molekulaning potensial energiyasini oshirishga sarf bo'ladi: bu jarayon yuqoriga uchib ketayotgan jismning yer tortishish kuchlariga qarshi bajargan ishi jismning potensial energiyasini oshirishga sarf bo'lishiga o'xshaydi. Molekula sirt qatlamidan suyuqlikning ichkarisiga o'tganda uning sirt qatlamida ega bo'lgan potensial energiyasi molekulaning kinetik energiyasiga aylanadi. Shunday qilib molekulalar suyuqlikning sirt qatlamida qo'shimcha potensial energiyaga ega bo'ladi. Butun sirt qatlami suyuqlikning ichki energiyasiga tarkibiy qism sifatida kiruvchi qo'shimcha energiyaga ega bo'ladi. Muvozanat vaziyati potensial energiyaning minimum bo'lishiga mos kelgani uchun, o'z xoliga qo'yib berilgan suyuqlik sirti minimal bo'lgan shaklga, ya'ni shar shakliga keladi. Odatda biz "o'z xoliga qo'yib berilgan" suyuqliklarni emas, balki Yerning tortishish kuchi ta'siri ostidagi suyuqliklarni kuzatamiz. Bu holda suyuqlik tortishish kuchlari maydondagi energiya va sirt energiyasi yiqindisidan iborat bo'lgan umumiy energiya minimum bo'ladigan shaklini oladi. Jismning o'lchamlari oshganda hajmi chiziqli o'lchamlarining kubi kabi, sirti esa kvadrati kabi o'sadi. Shuning uchun jismning hajmiga proporsional bo'lgan tortishish maydoni energiyasi jismning o'lchamlari oshganda sirt energiyasiga qaraganda tezroq oshadi. Suyuqlikning mayda tomchilarida sirt energiyasi ustunlik qiladi, shuning uchun bunday tomchilar shakli sferik shaklga yaqin bo'ladi. Suyuqlikning katta tomchilari bu holda sirt energiyasi oshuviga qaramasdan Yerning tortishish kuchlari ta'siri ostida yalpayadi. Suyuqlikning katta massalari o'z qo'yilgan idish shaklini oladi va erkin sirti gorizontal bo'lib turadi. Sirt energiyasi borligi tufayli suyuqlik o'z sirtini qisqartirishga intiladi. Suyuqlik o'zini qisqartirishga intiladigan elastik cho'zilgan parda ichiga solib qo'yilgandek tutadi. Haqiqatda suyuqlikni tashqaridan chegaralab turadigan xech qanday parda yo'q. Sirt qatlami xam o'sha suyuqlikning molekulalaridan tarkib topgan va sirt qatlamidagi molekulalarning o'zaro ta'siri harakteri suyuqlik ichidagi bilan birday. Gap shundaki, sirt qatlamidagi molekulalar suyuqlik ichidagi molekulalarga qaraganda qo'shimcha energiyaga ega. Suyuqlik sirtining yopik kontur bilan chegaralangan bir qismini fikran ajratib olamiz. Bu qismning qisqarishga intilishi shunga olib keladiki, u o'ziga qo'shni bo'lgan qismlarga butun kontur bo'yicha yoyilgan kuchlar bilan ta'sir qiladi. (Nyutonning uchinchi qonuniga asosan sirt qatlamining tashqi qismlari tekshirilayotgan bu qismga kattaligi xuddi shunday, lekin qarama-qarshi yunalgan kuchlar bilan ta'sir qiladi). Bu kuchlar sirt tarangligi kuchlari deb ataladi. Sirt tarangligi kuchi suyuqlik sirtiga o'tkazilgan urinma bo'ylab o'z ta'sir ko'rsatayotgan kontur qismiga perpendikulyar

ravishda yo'nalgan. Sirt tarangligi kuchining kontur uzunlik birligiga to'g'ri keladigan qiymatini bilan belgilaymiz. Bu kattalik sirt taranglik koeffisienti deb ataladi. Bu kattalik metrga Nyuton hisobida o'lchanadi. Sirt taranglik koeffisientining kattaligi suyuqlikning tabiatiga va suyuqlik turgan sharoitlarga, jumladan, haroratga bog'liq. Suyuqlikning sirti tashqi kuchlarning ta'siri hisobiga oshadigan biror jarayonni ko'rib chiqamiz. Masalan, tor naydan suyuqlik oqib chiqishida bunday jarayon yuz beradi. (19-rasm) suyuqlik bunday naydan tomchilab oqib chiqadi.



1-rasm

Tomchi bevosita uzilish oldidan shaklini silindr shaklida desa bo'ladigan buyinda osilib turadi. Tomchining oqirligi buyin kesimini chegaralab turgan kontur bo'yicha ta'sir etuvchi sirt taranglik kuchlari bilan muvozonatlashadi. Bu kuchlar natijalovchisini $2\pi r\alpha$ ko'rinishda tasvirlash mumkin, bu yerda r - radius. Buyinning uzunligi Δl miqdorida oshganda ogirlik kuchi $A' = 2\pi r\alpha\Delta l = \alpha\Delta\sigma$ ish bajaradi, bu yerda $\Delta\sigma = 2\pi\Delta l$ -tomchi sirtining ortirmasi.

Agar sirtning ortish jarayoni adiabatik ravishda yuz bergan bo'lsa edi, u holda suyuqlik ustida bajariladigan ish suyuqlikning ichki energiyasi ortirmasiga teng bo'lar edi: $\Delta U = A' = \alpha\Delta\sigma$. Lekin bu holda ichki energiya ortirmasi sirt energiyasining ΔU_{cupm} ortirmasidangina emas, balki hajmiy energiya ortirmasidan, ya'ni suyuqlikdagi ichki qismlar energiyasining ΔU ortirmasidan ham iborat bo'ladi. Buning sababi shundaki, sirt ortganda suyuqlik soviydi (molekulalar suyuqlikning ichkarisidan sirt qatlamiga o'tganda ularning tezligi kamayishini eslatib o'tamiz). Ichki energiya faqat sirt energiyasi hisobiga o'zgarishi (ya'ni $\Delta U = \Delta U_{cupm}$ bo'lishi) uchungina suyuqlik sirtini oshish jarayonini izotermik ravishda o'tkazish kerak. Bu holda suyuqlik sirti $A' = \alpha\Delta\sigma$ ish bajarish hisobiga oshganda suyuqlik atrofidagi muhitdan $Q = T\Delta S = \Delta(TS)$ issiqlik kelib qo'shiladi, bu ifodada S harfi suyuqlik sirt qatlamining entropiyasining bildiradi. Entropiya additiv kattalik bo'lgani uchun suyuqlikning ichki qismlarining holati va binobarin entropiyasi o'zgarmaydi. Shunday qilib, ichki energiya ortirmasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$\Delta U = \Delta U_{cupm} = A' + Q = \alpha\Delta\sigma + \Delta(TS)_{cupm}$$

Bu munosabatni

$$\alpha\Delta\sigma = \Delta(U - TS)_{cupm} = \Delta F_{sirt}$$

ko'rinishda yozish mumkin, bu yerda ΔF_{cupm} -yuzi $\Delta\sigma$ bo'lgan sirt qatlamining erkin energiyasi. Shunday qilib biz sirt taranglik koeffisienti suyuqlik sirtining birlik

yuziga to'qri keladigan erkin energiyasiga teng degan xulosaga keldik. Shuning uchun sirt tarangligi koeffisientini metrga Nyuton hisobidagina emas, balki kvadrat metrda Joule hisobida ham ifodalash mumkin. Arashmalar sirt tarangligi koeffisientiga kuchli ta'sir qiladi. Masalan suvda, sovun eritilganda uning sirt taranglik koeffisienti kamayib, 0,045 N\m gacha tushib qoladi. Suvda NaCl eritilganda, aksincha, uning sirt taranglik koeffisienti oshadi. Harorat ko'tarilgan sari suyuqlikning zichligi bilan uning to'yingan bug'ining zichligi o'rtasidagi farq kamayadi. Shu munosabat bilan sirt taranglik koeffisienti ham kamayadi. Kritik haroratda α nolga aylanadi.

Suyuqlikning egrilangan sirti ostidagi bosim

Suyuqlikning biror yassi konturiga tayanuvchi sirtni ko'rib chiqamiz (20-a rasm) Agar suyuqlik sirti yassi bo'lmasa, uning qisqarishiga intilishi suyuqlik sirti yassi bo'lgandagi bosimga qo'shimcha ravishda bosim hosil qiladi. Sirt qavariq bo'lgan holda bu qo'shimcha bosim musbat (20-b rasm), sirt botiq bo'lganda esa qo'shimcha bosim manfiy bo'ladi. (314-v rasm). Sirt botik bo'lgan holda qisqarayotganda suyuqlikni cho'zadi. Ravshanki, qo'shimcha bosim kattaligi sirt tarangligi koeffisienti (α) va sirtning egrilik ortishi kerak. qo'shimcha bosimni suyuqlikni sferik sirti uchun hisoblab chiqaramiz. Buning uchun suyuqlikning sferik tomchisini diametr tekisligi bilan ikkita yarim sharga fikran ajratamiz. (21-rasm) Sirt tarangligi tufayli ikkiala yarim shar bir-biriga quyidagiga teng kuch bilan tortishadi:

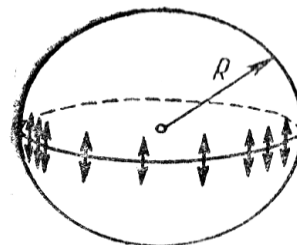
$$f = l\alpha = 2\pi R\alpha.$$

Bu kuch ikkala yarim sharni bir-biriga $S = \pi R^2$ sirt bo'yicha qisadi va binobarin qo'shimcha

$$\Delta p = \frac{f}{S} = \frac{2\pi R\alpha}{\pi R^2} = \frac{2\alpha}{R} \quad (1)$$



2-rasm



3-rasm

bosim hosil bo'lishiga sabab bo'ladi. Sferik sirtning egriligi xamma joyda bir xil bo'lib, sferaning R radiusi bilan aniqlanadi. Ravshanki, R qanchalik kichik bo'lsa, sferik sirtning egriligi shunchalik katta bo'ladi. Ixtiyoriy sirtning egriligini o'rtacha egrilik deb ataladigan egrilik bilan harakterlash qabul qilingan, bu egrilik sirtning har xil nuqtalari uchun har xil bo'lishi mumkin. O'rtacha egrilik normal kesimlarning egriligi orqali aniqlanadi. Sirtning biror nuqtasidagi normal kesimi deb sirtga shu

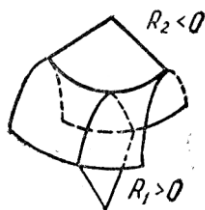
nuqtada o'tkazilgan normal orqali o'tadigan tekislik bilan shu sirtning kesishuv chiziqiga aytiladi. Sfera uchun har qanday normal kesim radiusi R bo'lgan aylanadir. (R -sfera radiusi). $H = 1/R$ kattalik sferaning egriligini bildiradi. Umumiy holda sirtning ayni bir nuqtasidan o'tkazilgan normal kesimlarning egriligi turlicha bo'ladi. Egrilik radiuslariga teskari kattaliklar yig'indisini yarmi, ya'ni

$$H = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (2)$$

kattalik o'zaro perpendikulyar bo'lgan normal kesimlarning har qanday jufti uchun ayni bir qiymatga ega bo'lishi geometriyada isbot qilinadi. Bu kattalik sirtning ma'lum nuqtasidagi o'rtacha egriligidir. (2) formuladagi R_1 va R_2 radiuslar algebraik kattaliklardir. Agar normal kesimining egrilik markazi shu sirtning tagida yotsa, bunga tegishli egrilik radiusi musbat bo'ladi: agar egrilik markazi sirtidan yuqorida yotsa: egrilik radiusi manfiy bo'ladi. (22-rasm) Shunday qilib, yassi bulmagan sirtning o'rtacha egriligi nolga teng bo'lishi mumkin. Buning uchun R_1 va R_2 egrilik radiuslarining kattaligi teng va ishorasi qarama-qarshi bo'lishi kerak.

Sferada $R_1 = R_2 = R$ bo'ladi va (2) formuladan $H = 1/R$ ekanligidan kelib chiqadi. R ning bundan topiladigan qiymatini (1) ga qo'yib sferik sirt ostidagi qo'shimcha bosim formulasini topamiz:

$$\Delta p = 2H\alpha \quad (3)$$



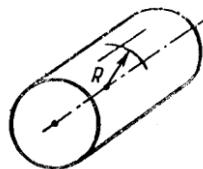
4-rasm

Agar H deganda sirtning

tagida qo'shimcha bosim aniqlanadigan nuqtasidagi o'rtacha egriligi tushunilsa, (3) formula har qanday shakldagi sirt uchun to'g'ri bo'lar ekan. Shunday ekanligini Laplas isbot qilib ko'rsatdi. (3) ifodaga o'rtacha egrilikning (2) ifodasini qo'yib har qanday sirt ostidagi qo'shimcha bosim formulasini topamiz.

$$\Delta p = \alpha \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (4)$$

Bu formula Laplas formulasi deb ataladi. (4) formula bilan aniqlanadigan qo'shimcha bosim ingichka naylarda (kapiliyalarda) suyuqlik satxining o'zgarishiga sabab bo'ladi, shuning uchun xam bu bosim ba'zan kapilyar bosim deb ataladi. R radiusli doiraviy silindr shaklidagi sirtini ko'rib chiqamiz. Normal kesimlar sifatida sirtning silindr o'qidan o'tadigan tekislik bilan kesishuvidan hosil bo'lgan kesimni o'qqa perpendikulyar bo'lgan tekislik bilan kesishuvidan hosil bo'lgan kesimni olamiz. (23-rasm) Birinchi kesim to'g'ri chiziq ($R_1 = \infty$) bo'ladi., ikkinchi kesim R radiusli aylana bo'ladi. ($R_2 = R$). (2) formulaga binoan silindrik sirtning egriligi $1/2R$ ga teng, ya'ni o'shanday radiusli sferik sirtning egriligidan 2 marta kichik. (4) formulaga binoan, R radiusli silindrik sirt ostidagi qo'shimcha bosim quyidagiga teng bo'ladi:



5-rasm

$$\Delta p = \frac{\alpha}{R} \quad (5)$$

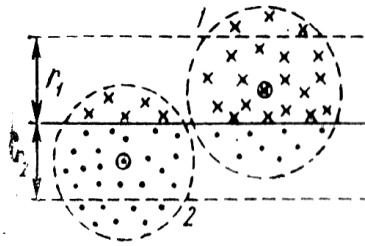
Agar suyuqlikda gaz pufakchasi bo'lsa, pufakcha sirti qisqarishga intilib, gazga qo'shimcha bosim beradi. (1) formulani chiqarishdagi muloxazalarni takrorlab, bu bosim miqdori $2\alpha/R$ ga teng ekanini ko'rsatish mumkin. Qo'shimcha bosim 1at bo'lganda suvdagi pufakchanning radiusi nimaga teng bo'lishini topamiz. 20^0 S dagi suvning sirt tarangligi koeffisienti $0,073 \text{ N/m}$ ga teng. 1 at. esa taxminan 10^5 Pa ga to'g'ri keladi. Binobarin R ning qiymati quyidagiga teng bo'ladi:

$$R = \frac{2\alpha}{\Delta p} = \frac{2 \cdot 0,073}{10^5} \approx 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

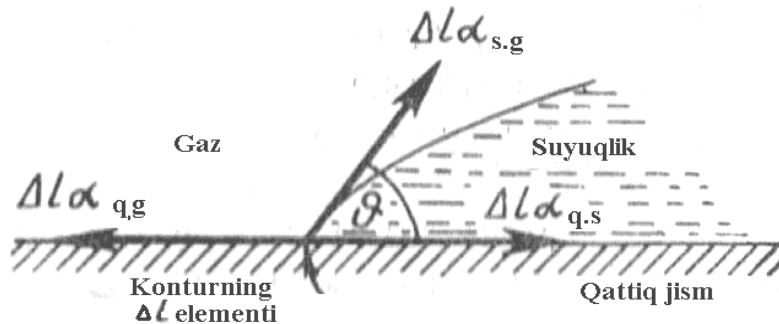
Shunday qilib, pufakchanning diametri taxminan 3 mk bo'lganda qo'shimcha bosim $\Delta p = 1\text{at}$ bo'ladi. Diametri 1 mm bo'lgan pufakcha 2mm sim. ust. dan ortiq qo'shimcha bosim beradi.

Suyuqlik bilan qattiq jismning yondoshish chegarasida bo'ladigan hodisalar.

Sirt qatlamidagi molekulalar turgan maxsus sharoitlar to'qrisidagi aytilgan hamma gaplar butunlay qattiq jismlarga xam oiddir. Binobarin qattiq jismlar, suyuqliklar kabi, sirt tarangligiga ega. Har hil muhitlarning ajralish chegarasidagi hodisalarni ko'rib chiqishda shuni nazarda tutish kerakki, suyuq yoki qattiq jismning sirt energinsi o'sha suyuq yoki qattiq jismning xossalrigagina emas, balki ular Bilan chegaradosh bo'lgan moddaning xossalriga ham bog'liq. To'qrisini aytganda, bir-biri bilan chegaradosh bo'lgan ikki muxitning umumiy α_{12} sirt energiyasi bilan ish kurish kerak (24-rasm). Moddalardan bir gaz bo'lib, ikkinchisi bilan kimyoviy reaksiyaga kirishmaydigan va unda juda oz eriydigan holdagina umumiy sirt energiyasini tilga olmasdan sodda qilib ikkinchi suyuq yoki qattiq jismning sirt energiyasi (yoki sirt tarangligi koeffisienti) to'qrisida gapirish mumkin. Agar birdaniga uchta modda: qattiq, suyuq va gaz holatidagi modda bir-biri bilan chegaradosh bo'lsa (25-rasm), unda butun sistema umumiy potensial energiya (sirt energiyasi, oqirlik kuchi maydonidagi energiya va xakazo) minimum bo'ladigan konfigurasiya oladi. Jumladan, uchala modda chegaradosh bo'ladigan konturning har bir elementiga qo'yilgan sirt taranglik kuchlarining kontur elementi siljiy oladigan yo'nalishdagi (ya'ni qattiq jism sirtiga o'tkazilgan urinma yo'nalishdagi) proeksiyalari yiqindisi nolga teng bo'ladi.



6-rasm



7-rasm

Konturning uzunligi Δl bo'lgan elementining muvozanat sharti quyidagicha yozilishi (25-rasm) dan kelib chiqadi:

$$\Delta l \alpha_s = \Delta l \alpha_{kc} + \Delta l \alpha_{cz} \cos \vartheta$$

bu yerda $\alpha_{q.g} \alpha_{q.s} \alpha_{s.g}$ qattiq jism-gaz, qattiq jism-suyuqlik va suyuqlik -gaz chegaralaridagi sirt tarangligi koeffisientlari. qattiq jism sirtiga va suyuqlik sirtiga o'tkazilgan urinmalar orasidagi ϑ burchak chegaraviy burchak deb ataladi. (bu burchak suyuqlik ichida hisob qilinadi).

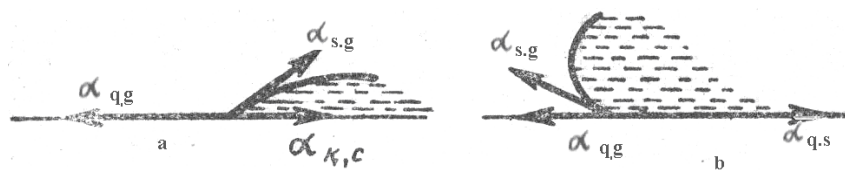
$$\cos \vartheta = \frac{\alpha_{q.g} - \alpha_{q.s}}{\alpha_{s.g}} \quad (1)$$

quyidagi shart bajarilgan holdagina chegaraviy burchak (2) ifoda bilan aniqlanadi:

$$\frac{|\alpha_R - \alpha_{k.s}|}{\alpha_{s.g}} \leq 1 \quad (2)$$

ya'ni $|\alpha_{q.g} - \alpha_{q.s}| > \alpha_{s.g}$ bo'lsa, v ning xech qanday qiymatida muvozanat yuz bermaydi. Ikki holda shunday bo'ladi

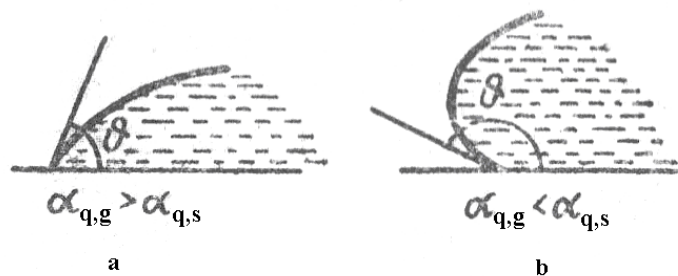
1) $\alpha_{q.g} > \alpha_{q.s} + \alpha_{s.g}$ Bunda ϑ burchak har qancha kichik bo'lmasin $\alpha_{q.g}$ kuch qolgan ikkitasini xam bosib ketadi (26 a- rasm) bu holda suyuqlik qattiq jism sirti bo'ylab cheksiz yoyilib ketadi. Bu xol to'liq xo'llash deyiladi. Qattiq jism bilan gaz orasidagi ikki sirtni ikki sirt bilan qattiq jism bilan suyuqlik va suyuqlik bilan gaz orasidagi sirtga almashtirish energetik jihatdan foydali bular ekan. to'liq xo'llashda chegaraviy burchak nolga teng bo'ladi.



8-rasm

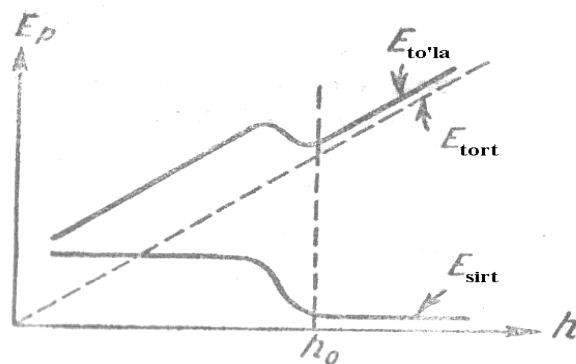
2) $\alpha_{q,s} > \alpha_{q,g} + \alpha_{s,g}$ bunday ϑ burchak π ga har qancha yaqin bo'lsa xam $\alpha_{q,s}$ kuch qolgan ikkitasini xam bosib ketadi (26 b-rasm). Bu holda suyuqlik bilan chegaradosh bo'lgan sirt uqtaga tortiladi. Suyuqlik qattiq sirtidan ajraladi - bu xol to'liq xo'llamaslik deyiladi. qattiq jism bilan suyuqlik orasidagi sirtni ikkita sirt bilan qattiq jism bilan gaz va suyuqlik bilan gaz orasidagi sirtga almashtirish energetik jihatdan foydali ekan. to'liq xo'llamaslikda chegaraviy burchak π ga teng. Agar $\alpha_{q,g}$ kuch $\alpha_{q,s}$ kuchdan katta bo'lsa, u holda $\cos \vartheta > 0$ va ϑ burchak utkir bo'ladi (27-a rasm) Bu holda qisman xo'llash yuz beradi. Agar $\alpha_{q,g}$ kuch $\alpha_{q,s}$ kuchdan kichik bo'lsa $\cos \vartheta < 0$ va ϑ burchak o'tmas burchak bo'ladi. (27 b-rasm). Bu holda qisman xo'llamaslik yuz beradi.

Xo'llamaslik qiziqarli xodisalarning yuz berishiga sabab bo'ladi. Ma'lumki, yoqlangan nina yoki ustara tig'i suv betida cho'kib ketmasdan tura oladi. Birinchi qarashda ajablanarli bo'lib tuyulgan bu xodisaning sabablarini energetik muloxazalar asosida ochib berish xammasidan oson. Po'latning yoqlangan sirtini suv xo'llamaydi, po'lat bilan suvning yondoshish sirtining

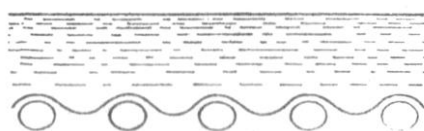


9-rasm

energiyasi po'lat bilan xavo yoki xavo bilan suv orasidagi sirt energiyasidan ancha katta bo'ladi. Ninaning suvga butunlay cho'kishida sirt energiyasi $S\alpha_{q,g}$ (po'lat-xavo) qiymatidan $S\alpha_{q,s}$ (po'lat-suv) qiymatga qadar oshadi, bu yerda S-ninaning sirti. Sirt energiyasining nina cho'kayotgandagi o'zgarishini 28-rasmda tasvirlangan Ye_{sirt} sirt egri chiziq ifodalaydi.



10-rasm



11-rasm

Ninaning idish tubidan hisoblangan balandligi h bilan belgilangan: h_0 - suyuqlik sirtining idish tubidan hisoblangan balandligi. Ninaning Yer tortish kuchi maydondagi Ye_{tort} potensial energiyasi bilan h balandlik orasidagi boqlanish koordinatalar boshidan o'tadigan to'qri chiziq shaklida bo'ladi. Ye_{sirt} va Ye_{tort} energiyalar yiqindisiga teng bo'lgan to'liq energiya $h = h_0$ da minimum bo'ladi., bu xoll esa ninaning suv betida qalqib suzib yurishiga imkon beradi. Agar ninani bosib, suvga shunchalik botirsakki, bunda to'liq energiya maksimum qiymatdan o'tib kamaya boshlasa, u holda nina bundan keyin o'zi yanada cho'ka boshlab, nixoyat, butunlay cho'kib ketadi. "qalvirda suv tashish" mumkinligini sababi xam shunga o'xshaydi. Agar suv galvirni xo'llamasa (buning uchun galvir to'kilgan simlarga parafin surkash mumkin) va suv qatlami uncha qalin bo'lmasa, unda suyuqlik satxining pastga qarab bir oz ko'chish oqibatida sirt energiyasi oshadi, energiyaning bu orttirmasi miqdori energiyaning oqirlik kuchi maydonida kamayishidan ortiq bo'ladi (11-rasm). Shuning uchun g'alvirda suv to'kilmasdan turadi.

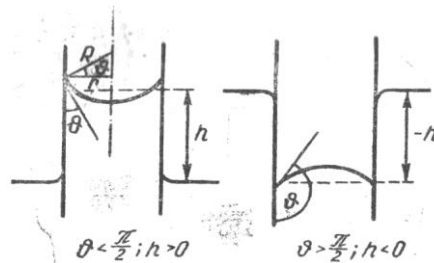
Kapillyarlik xodisalari

Chegaraviy burchakning mavjudligi shunga olib keladiki, idish devorlari yaqinida suyuqlik sirti egrilanadi. Ingichka nayda (kapillyarda) yoki ikki devor o'rtasidagi tor bo'qizda suyuqlikning butun sirti egrilangan bo'ladi. Agar suyuqlik idish devorlarining xo'llasa, sirt botiq sirt bo'ladi, agar xo'llamasa, suyuqlik sirti qavariq bo'ladi (30-rasm). Suyuqlikni bunday egrilangan sirti menisk deb ataladi. Agar kapillyarning bir uchi teng idishga qo'yilgan suyuqlikka botirilsa, kapillyardagi egrilangan sirt ostidagi bosim keng idishdagi yassi sirt ostidagi bosimdan Δp miqdorida farq qiladi: bu Δp bosim (4) formuladan aniqlanadi. Natijada kapillyar xo'llanganda undagi suyuqlik satxi keng idishdagidan past bo'ladi. Tor naylarda yoki tor bo'qizlarda suyuqlik satxi balandligining o'zgarishi kapillyarlik deb ataladi. Keng ma'noda kapillyar xodisalar deganda sirt taranglik mavjudligi orkasida paydo bo'ladigan (4) bosim, Yuqorida aytib o'tilganidek, kapillyar bosim deb ataladi. Suyuqlikning kapillyardagi satxi bilan keng idishdagi satxi orasida shunday x farq

hosil bo'ladiki, bu holda ρgh gidrostatik bosim Δp kapillyar bosimni muvozanatlaydi:

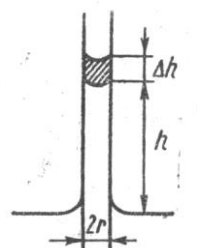
$$\rho gh = \frac{2\alpha}{R} \quad (1).$$

Bu formuladagi α -suyuqlik -gaz chegarasidagi sirt tarangligi ko'ffisienti, R - meniskning egrilik radiusi. Meniskning R egrilik radiusi ϑ chegaraviy burchak va kapilyarlarning r radiusi orqali ifodalash mumkin. Darhaqiqat, $R = r / \cos \vartheta$ ekanligi 30-rasmdan ko'rinib turibdi.



12-rasm

R ning bu qiymatini (1) ga qo'yib va hosaydigan suyuqlik pasaygani uchun $\vartheta < \pi/2$ ($\cos \vartheta > 0$) bo'lgan holda (2) dan topiladigan h lar musbat, $\vartheta > \pi/2$ ($\cos \vartheta < 0$) bo'lgani holda esa h lar manfiy bo'ladi. (2) formulani chiqarishda biz meniskni sferik shaklda deb faraz qilgan edik. h ning formulasini energetik muloxazalar asosida xam keltirib chiqarish mumkin, unda meniskning shakli to'qrisida qandaydir taxminlar qilishga extiyoj qolmaydi. Meniskning muvozanat vaziyati suyuqlik kapillyar sistemasining Y_e potensial energiyasi minimum bo'lishiga mos keladi. Bu energiya suyuqlik bilan devor o'rtasidagi, suyuqlik bilan gaz o'rtasidagi va devor bilan gaz o'rtasidagi chegaralarning sirt energiyasidan xamda suyuqlikning Y_e tortish kuchi maydonidagi potensial energiyasidan iborat bo'ladi. Suyuqlikning kapilyarda ko'tarilish balandligi kichikroq Δh miqdorda o'zgargan xol uchun energiyaning ΔE_p orttirmasi qanday bo'lishini topamiz. Suyuqlik balandligi Δh qadar oshganda uning kapilyarga tegib turadigan sirti $2\pi\Delta h$ qadar oshganda, buning natijasida energiya $2\pi\Delta h \alpha_{q.s}$ ga teng orttirma oladi. Ayni vaqtda devor bilan gazning bir-biriga tegib turadigan sirti kamayadi, bunda energiya orttirmasi $2\pi\Delta h \alpha_{q.s}$ ga teng bo'ladi. Yerning tortish kuchi maydonidagi potensial energiya $g\rho\pi r^2 h \Delta h$ ga teng orttirma oladi, bu orttirma suyuqlikning shtrixlab qo'yilgan hajmi bilan h ning ko'paytmasiga teng bo'ladi. (31-rasm).



13-rasm

Keng idishdagi suyuqlik satxining o'zgarishi e'tiborga olmasa xam bo'ladi. Shunday qilib,

$$\Delta E_p = 2\pi(\alpha_{q.s} - \alpha_{q.i})\Delta h + \pi^2 pgh\Delta h$$

Bundan quyidagi hosilani olamiz:

$$\frac{dE_p}{dh} = 2\pi(\alpha_{q.s} - \alpha_{q.i}) + \pi^2 pgh$$

Bu hosilani nolga tenglashtirib, muvozanat shartni, muvozanat shartidan esa h ni topamiz:

$$h = \frac{2(\alpha_{q.g} - \alpha_{q.s})}{\rho g r} \quad (2)$$

Suyuqlikka botirilgan parallel plastinkalar orsidagi tor joyda menisk silindrik shaklda bo'lib, uning egrilik radiusi $R = (d/2)\cos\vartheta$ bo'ladi, bu yerda d-plastinkalar orasidagi oraliq bu holda kapillyar bosim $\frac{\alpha}{R} = \frac{2\alpha\cos\vartheta}{d}$ ga teng bo'ladi. Kapillyar bosim bilan gidrostatik bosim o'rtasidagi shartdan h ni topamiz:

$$h = \frac{2\alpha\cos\vartheta}{pgd} \quad (3)$$

Agar yaxshilab jilvirlangan ikkita plastinkani xo'llab, bir-biriga tegizib qo'ysak, ular orasida sezilarli tutinish kuchi paydo bo'ladi. Bu xodisaning sababi quyidagicha. Ikki plastinka orasida suyuqlik sirti egrilanadi. Binobarin, suyuqlik ichidagi bosim atmosfera bosimidan quyidagi miqdorda kichik bo'ladi:

$$\Delta p = \alpha \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Plastinka to'liq xo'llanganda $R_1 = d/2$ bo'ladi, bu yerda d-plastinkalar oraliqi. Plastinkalarga parallel tekislik bilan kesilganda hosil bo'lgan kesimining R_2 radiusi R_1 ga qaraganda ancha katta bo'ladi. Shuning uchun $\Delta p \approx \alpha \frac{1}{R_1} = \frac{2\alpha}{d}$ deb olsa bo'ladi. Agar har bir plastinkaning suyuqlik bilan xullangan sirtining yuzi S ga teng bo'lsa, u holda plastinkalar bir-biriga quyidagi f kuch bilan siqiladi:

$$f = \Delta p S = \frac{2\alpha S}{d} \quad (4).$$

Plastinkalar oraliqi ularning yuzidagi qadir-budurliklarning o'lchamlari bilan aniqlanadi. Suv bilan xo'llangan plastinkalar oraliqi 1 mk chamasida bo'lgan Δp kapillyar bosim 1 at chamasida bo'ladi: agar bu plastinkalar o'lchami 10x10 sm bo'lsa, ular orasidagi tutinish kuchi 100 kG ga yetish mumkin. Plastinkalar orasida ularni xo'llamaydigan suyuqlik turgan holda plastinkalarni bir-biridan itaruvchi kuch paydo bo'ladi. Bu kuchning kattaligi ham (4) formula bilan hisoblab topiladi.

Inson hayotida suyuqlik havo kabi muhim modda hisoblanadi: Suyuqliklar ichida suv alohida o'rin to'tadi. U yer shari sirtining 70,89% ni tashkil etadi. Bundan tashqari atmosfera tarkibida 13-15 ming. km³ suv tomchisi, qor va bug' ko'rinishda mavjud. O'simliklarning 40,9% ni, odam tanasining 70% ni, suv hayvonlarining 95 % ni suv tashkil etadi.

Nazorat savollari:

1. Inson hayotidagi suyuqlikning ahamiyati qanday?
2. Sirt taranglik koeffitsiyenti deb nimaga aytiladi?
3. Sirt taranglik kuchi qanday yuzaga qoladi?
4. Xo'llash hodisasini tushuntiring?

6 – Mavzu: Molekulyar fizika

Reja:

1. Molekulalarning massalari va o'lchamlari. Modda miqdori.
2. Fizikada dinamik, statik, termodinamik qonuniyatlar va usullar, extimollik nazariyasining asosiy tushunchalari.
3. Makroskopik holatlar. Issiqlik harakati. Makroskopik parametrlar.
4. Intinsiv va ekstinsiv parametrlar.
5. Gaz bosimining molekulyar – kinetik nazariya asosida tushuntirilishi.
6. Idial gazning holat tenglamasi.

Tayanch iboralar: Molekula massasi, molekula o'lchami, modda miqdori, termodinamik qonuniyatlar, extimollik nazariyasi, makroskopik holatlar, issiqlik harakati, makroskopik parametrlar, intinsiv parametrlar, ekstinsiv parametrlar, gaz bosimi, molekulyar – kinetik nazariya, idial gaz, idial gazning holat tenglamasi.

Makroskopik parametrlar

Fizikaning molekulyar fizika bo'limida jismlarning tashkil etgan zarrachalar: atom, molekula va ionlarning o'zaro bog'liqligi va bu bog'lanishning jismlar fizik xossalariga ta'siri o'rganiladi. Molekulyar kinetik nazariya hamma moddalar eng mayda zarrachalar-atomlar, molekulalar va ionlardan to'zilgan va bu zarrachalar hamma **vaqt** to'xtovsiz va tartibsiz harakatda bo'ladi hamda zarrachalar orasida O'zaro tortishish va itarishish kuchlari mavjud, deb karaydi. Molekulalarning to'xtovsiz va tartibsiz harakati issiqlik harakati yoki issiqlik deyiladi. Moddalarning fizik xossalarini va ulardagi fizik hodisalarni o'rganishning ikki xil usuli mavjud: birinchisi termodinamik, ikkinchisi-statistik usuldir. Termodinamik usul molekulyar hodisalarga e'tibor bermaydi va moddalardagi hamma fizik hodisalar energetik nuqtai nazardan o'rganiladi va moddaning holati makroskopik parametrlar yordamida ifodalanadi. Masalan: gazlarning holatlari, holat parametrlari deb ataluvchi kattaliklar bilan ifodalanadi, bu parametrlarga **hajm** (V), bosim(R), harorat (T) kiradi. Agar qaralayotgan holat termodinamik muvosohatda bo'lsa, holat tenglamasi:

$$f(P,V,T) = 0 \quad (1)$$

ko'rinishda yo'ziladi. Bu tenglama fizik bir jinsli modda yoki sistema uchun termodinamik holat tenglamasi deyilad. Klapeyron, Van-der Vaal s tenglamasi holat tenglamalaridir. Moddalarning fizik xossalari statistik usulda molekulyar- kinetik nazariyadan foydalangan holda, modda ko'p sonli zarrachalar sistemasi deb, ularning energiyasi, tezligi va impulsini o'rtacha qiymatlaridan foydalangan holda chuqurroq tushuntirib beradi.

Molekulyar kinetik nazariya'ning asosiy tenglamasi

Molekulyar-kinetik nazariyaga asosan biror idishdagi gaz harakatlanayotgan molekulalarning tuplamidan iborat. Haotik harakat esa molekulalarning issiqlik harakati tufayli mavjud bo'lib, molekulalarning idish devoriga urilishida namoyon bo'ladi. Molekulalar idish devoriga ma'lum bosim ko'rsatib, bu bosim molekulalar tezligiga (kinetik energiyasiga) bog'liq, ya'ni

$$P \approx f(\bar{E}) \quad (2)$$

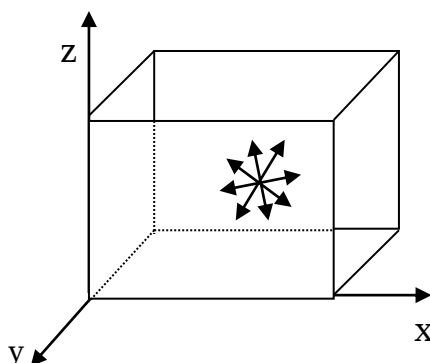
Shu funktsional bog'lanishni ifodalasa, ideal gaz kinetik nazariyasining asosiy tenglamasini topamiz. Gaz molekulalari idish devoriga kelib urilganda molekula idish devoriga impuls beradi, bu impulsning son qiymati molekula impulsning o'zgarishiga teng. Idish devoriga urilayotgan molekulalarning usha devorga beradigan impulsini hisoblaymiz. Faraz qilaylik, kub shakldagi idishda p ta molekuladan iborat ideal gaz bor (1-rasm), har bir molekulaning massasi m ga teng bo'lsin. harakat miqdorining o'zgarish qonguniga asosan kuch impulsi harakat miqdorining o'zgarishiga teng.

$$f_x \Delta t = m \mathcal{V}_x - (-m \mathcal{V}_x) = 2m \mathcal{V}_x \quad (3)$$

1 sekundda molekulalarning devorga urilishlar soni

$$N = \frac{1}{2} n \Delta S \mathcal{V}_x \Delta t \quad (4)$$

ga teng.



1-rasm

Sababi shu ΔS yo'zli devor tomon harakat qilayotgan molekula-larning ulushi $\frac{1}{2}n$ ga teng va Δt vaqt ichida $\mathcal{V}_x \Delta t$ masofadagi molekulalarni barchasi uriladi. Demak, devorga molekulalarning vaqt ichida bergan kuch impulsi:

$$F_x \Delta t = N f_x \Delta t \quad (5)$$

$$F_x \Delta t = \frac{1}{2} n \Delta S \Delta t \mathcal{V}_x 2m_0 \mathcal{V}_x = m_0 \mathcal{V}_x^2 n \Delta S \Delta t$$

$\frac{F_x \Delta t}{\Delta S \Delta t}$ nisbat devorga X yo'nalishda berilayotgan bosimga teng, ya'ni

$$P = m_0 n \bar{\mathcal{V}}_x^2 \quad (6)$$

$$\bar{\mathcal{V}}_x^2 = \bar{\mathcal{V}}_y^2 = \bar{\mathcal{V}}_z^2 = \frac{1}{3} \bar{\mathcal{V}}^2 \quad (7)$$

bu yerda $\bar{g}^2$ alohida molekulalar tezliklari kvadratlarining o'rtacha miqdori bo'lib u gaz molekulalarining o'rtacha kvadratik tezligi deb ataladi. U holda:

$$P_x = \frac{1}{3} m_0 n \bar{g}^2 \quad (8)$$

Paskal qonuniga asosan barcha yo'nalishlarda gazning bosimi bir xil ya'ni $P=P_x=P_y=P_z$ Shuning uchun gaz bosimi $P = \frac{1}{3} m_0 n \bar{g}^2$ (9)

Bu (9) tenglama molekulyar-kinetik nazariya'ning asosiy teng-lamasidir.(9)ni quyidagicha yo'zish mumkin:

$$P = \frac{2}{3} n \frac{m_0 \bar{g}_{KB}^2}{2} \quad (10)$$

$\bar{E} = \frac{m_0 \bar{g}_{KB}^2}{2}$ -molekulaning kinetik energiyasi, shu sababli molekulyar-kinetik nazariya'ning asosiy tenglamasini quyidagi ko'rinishda keltirish mumkin:

$$P = \frac{2}{3} n \bar{E} \quad (11)$$

ya'ni bu (11) formula gaz molekulalarining idish devoriga bosimi hajmi birligidagi molekulalar o'rtacha kinetik energiyasining 2g'3 qismiga tengligini ko'rsatadi. Bu formulani statistik usul yordamida chiqardik gaz molekulalari soni, bosimi, tezliklarini, kinetik energiyasini birday deb, hammasini o'rtacha qiymatini oldik.

Gaz mutloq haroratining molekulalar o'rtacha kinetik energiyasiga bog'liqligi

Molekulyar-kinetik nazariyaning asosiy tenglamasi

$$P = \frac{2}{3} n \bar{E} \quad (12)$$

dan gaz bosimi hajm V va qontsentratsiya n o'zgaras bo'lganda molekulalarning o'rtacha kinetik energiyasiga bog'liq bo'lar ekan. Haqiqatan, tajribada $v=\text{const}$ bo'lganda gazning bosimini kizdirish yoki sovo'tish bilan o'zgartirish mumkin. Demak, gazning haroratini o'zgartirish uning o'rtacha tezligini yoki o'rtacha kinetik energiyasini o'zgarishiga olib keladi. Bu esa o'z navbatida gaz bosimining o'zgarishiga sabab bo'ladi. Ideal gaz uchun harorat molekulalarning o'rtacha kinetik energiyasining 2/3 qismiga teng deb hisoblash qulay chunki shunda (12) ifodaning ko'rinishi soddalashadi.

Agar shu tarzda aniqlangan haroratni Q harfi bilan belgilasak, ya'ni $Q = \frac{2}{3} \bar{E}$ desak, (12) ifoda quyidagicha yo'ziladi.

$$P=nQ \quad (13)$$

Bu holda aniqlangan harorat energiya birliklarida o'lchanadi. Buni esa turmushda qo'llash noqulaydir. Agar haroratni graduslarda o'lchaydigan bo'lsak, u holda energetik birlikni graduslarga o'tkazish uchun qandaydir K koeffisient kiritamiz. Bu holda graduslarda va energetik birliklarda bo'lgan haroratlar hamda molekulalarning o'rtacha kinetik energiyasi orasidagi bog'lanishni quyidagicha yo'zish mumkin.

$$Q = \frac{2}{3} \bar{E} = kT \quad (14)$$

$$\text{Demak,} \quad \bar{E} = \frac{3}{2} kT \quad (15)$$

Bu ifodadan mutloq haroratning fizik ma'nosini quyidagicha ta'riflash mumkin. Harorat bu fizik kattalik bo'lib, modda molekulalarining ilgarilanma harakatini o'rtacha kinetik energyasini ta'vsiylaydi. Energiya bilan harorat orasidagi munosabatni ifodalaydigan koeffitsient $k=1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ - Boltsman doimiysi deb ataladi.

Molekulalar harakatining o'rtacha kvadratik tezligi

Agar $T=0$ bo'lsa (15) dan $v_{kv}=0$ bo'ladi. Demak, mutloq nol haroratda molekulaning ilgarilanma tezligi nolga teng. Lekin atom ichidagi harakat nolga teng bo'lmaydi. Agar (15) ni quyidagicha yo'zsak:

$$\frac{m v_{kv}^2}{2} = \frac{3}{2} kT \quad (16)$$

bundan
$$v_{kv} = \sqrt{v^2} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} \quad (17)$$

yoki $k=R/N_A$ ni hisobga olsak:

$$v_{kv} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} \quad (18)$$

Demak, ideal gaz harorati va molyar massasi ma'lum bo'lsa, uning o'rtacha kvadratik tezligini hisoblab topish mumkin.

Ideal gaz va izojarayonlar

Ideal gaz deb: quyidagi shartlarga bo'ysinadigan gazlarga aytiladi.

1. Molekulalarning xususiy hajmi egallagan hajmiga nisbatan juda kichik, ya'ni molekulalarni moddiy nuqta deb hisoblash mumkin bo'lsin.
2. Molekulalar orasida o'zaro ta'sir kuchi yo'q, chunki molekulalar bir-biridan ancha o'zoq masofada bo'ladi. Molekulalar O'zaro toqnashgandagina qisqa muddatli itarishadigan elastik kuchlar paydo bo'ladi.
3. Gaz molekulalari tartibsiz harakatlanayotgan mutloq qattiq sharchalardan iborat. Sharchalar faqat to'qnashgandagina ta'sirlashadi va bu ta'sir mutloq elastik to'qnashish qonuniga bo'ysunadi.

Etarlicha katta hajmni egallagan va unga katta bo'lmagan bosim ta'sir qilayotgan real gaz, amalda o'zini ideal gaz kabi to'tadi. Geliy, vodorod gazlarining xossalari ideal gaz qonuniyatlariga buysunadi. Agar gazning massasi ma'lum miqdorda bo'lsa va P, V, T parametrlardan birortasi o'zgarmas bo'lib, qolganlari o'zgarsa, bunday jarayon izojarayon deyiladi.

1. Izotermik jarayon: harorat o'zgarmas bo'lganda ma'lum massali gazning bosimi bilan hajmining ko'paytmasi o'zgarmaydi ya'ni $T=\text{sonst}$, $PV=\text{const}$ (1) Bu qonun Boyle-Mariotte qonuni deyiladi.

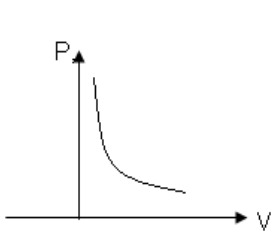
Bosim bilan hajm orasidagi bog'lanishni izoterma deyiladi.

2. Izobarik jarayon: bosim o'zgarmas bo'lganda hajmning nisbiy o'zgarishi haroratiga to'g'ri proporsional. Bu qonun Gay-Lussak qonuni deb atalib, uning matematik ifodasi:

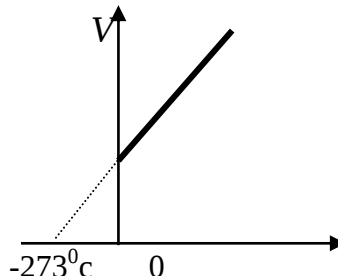
$$V=V_0(1+\alpha t) \quad (2)$$

Bu yerda $\alpha = 1/273K^{-1}$ - hajm kengayishning termik koef-ftsienti. Hajm bilan harorat orasidagi bog'lanish izobara deyiladi (2-rasm) Hajm bilan mutloq harorat orasidagi quyidagicha bog'lanishga ega:

$$V = V_0 \alpha T \quad \text{yoki} \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad (3)$$



1-rasm



2-rasm

Bu qonundan mutloq haroratning fizik ma'nosi kelib chiqadi: bosim o'zgarmas bo'lganda hajm nolga aylanadigan yoki hajm o'zgarmas bo'lganda bosim nolga aylanadigan harorat mutloq harorat deyiladi. Bu harorat-273⁰C ga teng bo'lib, u tabiatdagi eng past haroratdir (2-rasm).

Bundan Kelvin va Selsiy shkalalari orasidagi bog'lanish quyidagicha bo'ladi:

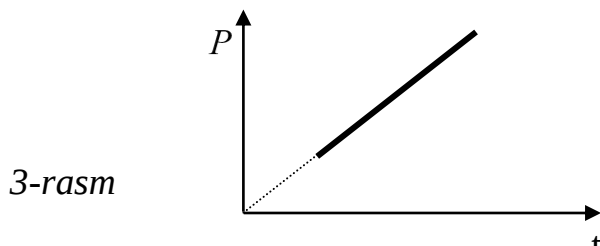
$$T = t + 273 \quad (4)$$

4.Izoxorik jarayon: hajm o'zgarmas bo'lganda ma'lum massali gazning bosimini nisbiy o'zgarishi haroratga to'g'ri proportsional:

$$P = P_0(1 + \alpha t) \quad (5)$$

$$\text{yoki} \quad P = P_0 \alpha T, \quad P_1 = P_2 = T_1/T_2 \quad (6)$$

Bosim bilan harorat orasidagi bog'lanish izohora deb ataladi (3-rasm)



3-rasm

Ideal gaz holatini tenglamasi

Molekulyar kinetik nazariya tenglamasidan gaz holatini tavsiflovchi parametrlarni o'zaro bog'lovchi holat tenglmasasini keltirib chiqarish mumkin. Bu parametrlarni bog'lovchi tenglamani holat tenglamasi deb ataladi.

$$P = f(V, T) \quad (7)$$

Bu uchta parametrlar o'zaro bog'liq, va ularning har biri kolgan ikkitasining funksiyasidir.

Molekulyar-kinetik nazariya'ning asosiy tenglamasidan quyidagini yo'zish mumkin.

$$P = nkT \quad (8)$$

Bu tenglamadan gaz qontsentratsiyasi $n=N/V_{\text{teng}}$. Agar gaz 1 mol miqdorda, hajmi V_0 va $N=N_A$ bo'lsa, u holda (8) tenglama $P = \frac{N_A}{V_0} kT$ ko'rinishda yo'ziladi.

Agar $N_A k = R$ - universal gaz doimiysi ekanligini hisobga olsak, tenglama $PV_0 = RT$ (9)

ko'rinishda yo'ziladi. Bu tenglama 1 mol ideal gaz uchun holat tenglamasi bo'lib, Menedeleev Klapayron tenglamasi deyiladi. $R=8,31 \text{ j/k.mol}$.

Agar gaz 1 mol bo'lmasdan, ixtiyoriy m massaga ega bo'lsa, gazning miqdori $\nu = \frac{m}{\mu}$

ifodadan topiladi. Bunda μ - molyar massa (9) formulaning ikkala tomonini $\nu = \frac{m}{\mu}$

ga ko'pay-tirsak $P \frac{m}{\mu} V_0 = \frac{m}{\mu} RT$ ifodani olamiz. Bu ifodada $m/\mu \cdot V_1$ tola hajm V ga

teng. Shu tarika: $PV = \frac{m}{\mu} RT$ (9). Bu tenglama, ixtiyoriy massaga ega bo'lgan gaz

uchun holat tenglamasi bo'lib, Mendeleev-Klapayron tenglamasi deyiladi.

7 – Mavzu: Statistik taqsimotlar

Reja:

1. Sistemalar holatini ehtimolliigi
2. Gibbs taqsimoti
3. Maksvell-Boltsman taqsimoti
4. Molekulalar sonining tezliklar bo'yicha taqsimoti

Tayanch iboralar: Sistemalar holatini ehtimolliigi, Gibbs taqsimoti, Maksvell-Boltsman taqsimoti, Molekulalar sonining tezliklar bo'yicha taqsimoti

Makroskopik sistemalar xossalarini molekulyar-kinetik tasavvurlar asosida va matematik statistik usullar bilan o'rganuvchi nazariy fizika bo'limi statistik fizika deb ataladi. Termodinamik sistemalarning holatlari termodinamik parametrlar-sistema holatini tavsiflovchi hamma fizik kattaliklar qiymatlari bilan aniqlanadi. Agar termodinamik parametrlardan biri boshqa qiymatga ega bo'lsa, bunda sistemaning holati har xil bo'ladi. Agar holat vaqt bo'yicha o'zgarmasa statsionar holat deyiladi. Statsionar holatdagi sistemani muvoso hat holatdagi sistema deyiladi. Asosiy termodinamik parametrlar bosim, harorat va hajmdir. Termodinamikada sistema holatlari kattaliklarini ichki va tashqiga ajratiladi. Sistemaga ta'sir etayotgan tashqi jismlar koordinatasiga bog'liq bo'lgan parametrlar tashqi deyiladi. Masalan, gazni hajmi tashqi jism-idish devorlariga bog'liq bo'lgani uchun tashqi kattalik hisoblanadi. Jism tashkil topgan zarrachalar tezliklariga bog'liq bo'lgan kattaliklar ichki kattaliklar deyiladi. Masalan, bosim va sistema energiyasi. Statistik fizika muvoso hat holatdagi sistemalarni ko'rib chiqadi. Statistik fizikaning asosiy vazifasi sistemalarni atom to'zilishi nuqtai nazaridan xossalarini o'rganishdan iborat. Statistik fizikada

kvant mexanikasida o'rganiladigan alohida atom, molekula elementar zarrachalar xossalari va qonunlari asos qilib olinadi.

Ko'p sonli zarrachalardan tashkil topgan sistemalar holatini statistik qonuniyatlar bilan angiklanadi. Buning uchun fizik kattaliklarni o'rtacha qiymati olinadi. Alohida zarralar harakatini tavsiflaydigan qonuniyat (dinamik qonuniyatlar) lar bilan statistik qonuniyatlar orasidagi bog'lanish shundan iboratki, statistik fizika o'rganadigan makroskopik sistemalar xossalari alohida zarralar harakat qonunlariga bog'liq.

Sistemalar holatini ehtimolligi

Turli sistemalar holati u yoki bu ehtimollik bilan aniqlanadi. ω_i holatni i ehtimolligi, bu holat bo'lishi mumkin bo'lgan t_i vaqtni, sistemani ko'zatish tola vaqtga nisbatini chegarasiga aytiladi.

$$\omega_i = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{t_i}{T}$$

Agar biror M fizik kattalik holat funksiyasi bo'lsa va M_i qiymatlarni olsa, u vaqtda sistema i holatda deyiladi. Sistema i holati ehtimolligi, M fizik kattalik M_i qiymat olish ehtimolligi bilan ustma-ust tushadi. Agar M kattalikni tola ulchashlar soni N bo'lsa, M kattalikni M_i qiymat olgandagi o'lchashlar soni N_i ga teng bo'lsa, unda sistema holatini uzluksiz o'zgarishida, kattaliklar oralig'ini hisobga olinadi. M kattalikni M dan $M+dM$ oraliqda olishi mumkin bo'lgan qiymatlari ehtimolligi

$$d\omega(M) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{dt_m}{T}$$

Bu yerda dt_m - sistemani M dan $M+dM$ oraliqda u holatlarda bo'lishi vaqti. dM intervalda dt_m va $d\omega_M$ kattaliklar quyidagi kattaliklarga proporsional bo'ladi.

$$d\omega(M) = \delta(M)dM$$

bu yerda $\delta(M)$ - ehtimolliklar zichligi yoki ehtimolliklar taqsimot funksiyasi deyiladi. Holatlar ehtimolligini meyorlash sharti: Diskret holatlarda $\sum_i \omega_i = 1$

Holatlarning uzluksiz o'zgarishida $\int d\omega(M) = \int \delta(M)dM = 1$.

M -kattalikni statistik o'rtacha qiymati $\bar{M} = \sum_i M\omega_i$ Agar M kattalik uzluksiz o'zgarsa

$$\bar{M} = \int M d\omega(M) = \int M \delta(M) dM$$

Bu yerda integrallash sistema holatini hamma holatlari bo'yicha olinadi. masalan, bir atomli gaz molekulasiining o'rtacha kinetik energiyasi:

$$\bar{E}_K = \int_0^{\infty} E_K f(E_K) dE_K = \frac{2}{\sqrt{\pi}(KT)^{3/2}} \int_0^{\infty} E_K e^{-\frac{E_K}{KT}} \sqrt{E_K} dE_K = \frac{3}{2} kT$$

Gibbs taqsimoti

Atrofdagi jismlar bilan ta'sirlashmaydigan va o'zgarmas energiyaga ega bo'lgan yopiq makroskopik sistemalar turli holatlarining taqsimoti Gibbsning mikrokanonik taqsimoti deb ataladi. Bunday sistema uygotilgan bo'ladi: energiya'ning har bir qiymatiga holatlarning turli qiymatlari to'g'ri keladi. Berilgan holatning $\delta(E)$ uygotish darajasi ye energiyaga ega bo'lgan holatlar soni deb ataladi. Mikrokanonik taqsimot bir xil energiyaga ega bo'lgan turli holatlarning teng ehtimoliyatiga asoslangan. Ma'lum energiya bilan istalgan holatda o'zoq vaqt bo'ladigan

makroskopik sistemalarni ergodik sistemalar deyiladi. Bunday sistemalarda makroskopik sistema biror vaqt ichida yoki energiyaga ega bo'lgan holatda bo'lsa, vaqt o'tishi bilan shunday energiyali har qanday holatiga o'z-o'zidan o'tadi va ulardan har birida bir xil o'zoq bo'la oladi.

Sistemaning $\omega(E_i)$ holati ehtimolligi Gibbsning mikrokanonik taqsimotida ifodalanadi:

$$\omega(E_i) = C\delta(E_i)$$

Proportsionallik koeffitsiyenti S me'yorlash shartidan aniqlanadi:

$$\sum_i \omega(E_i) = 1$$

Makroskopik sistemalarning biror qismi bo'lgan kvazi yopiq sistemalarning turli holatlarini taqsimot ehtimolligi Gibbsning kanonik taqsimoti deyiladi. yopiq sistemaning boshqa qismlaridan o'rtacha xususiy energiyasi katta bo'lgan qismi kvazi yopiq sistema deyiladi.

Masalan, ideal gazning har bir molekulasini juda past haroratlarda kvazi yopiq sistemalarni hosil qiladi. Uning xususiy kinetik energiyasi O'zaro ta'sir energiyasidan katta bo'ladi. Sistemalar holati ehtimolligi faqat energiyaga bog'liq. Gibbsning kvant kanonik taqsimotiga asosan:

$$\omega(E_i) = \frac{\ell^{-\frac{E_i}{Q}} \delta(E_i)}{\sum_i \ell^{-\frac{E_i}{Q}} \delta(E_i)} = \frac{\ell^{-\frac{E_i}{Q}} \delta(E_i)}{Z}$$

Bu yerda $\omega(E_i)$ - kvazi yopiq sistemani E_i energiyali holatda bo'lish ehtimolligi, $\sigma(E_i)$ - uyg'onish darajasi, Q - kanonik taqsimot moduli yoki statistik harorat bo'lib, u

$$Z = \sum_i \ell^{-\frac{E_i}{Q}} \delta(E_i)$$

energetik o'lchovlarda ifodalanadi. $Q = kT$ - statistik yig'indi

Gaz molekulari juda xilma-xil tezliklar bilan harakat qiladi; alohida olingan har bir molekula tezligi ham kattaligi jihatdan kam yo'nalishi jihatdan molekularlarning bir-biriga toqnoshuvi tufayli muttasil o'zgarib turadi.

Harakatning barcha yo'nalishlari teng ehtimolli bo'lgani uchun molekularlar yo'nalishlar bo'yicha bir tekis taksimlanadi.

Molekularlar tezligining v son qiymatiga kelganda axvol boshqacha. v ning nolda tezlikkacha bo'lgan sohadagi mumkin bo'lgan qiymatlari bir xil ehtimollik bilan uchramaydi. To'qnashuvlarda molekularlarning tezligi tasodifiy ravishda o'zgarib turadi. Qandaydir bir molekula ketma-ket kator to'qnashuvlarda o'zi bilan to'qnashgan boshqa molekularlardan energiya olishi va natijada uning energiyasi urta qiymatdan ancha ortib ketish mumkin. Gaz molekularni tezligi bo'lib, uning o'rtacha qiymatiga nisbatan juda katta bo'lgan tezliklar juda kamdan kam hollarda uchraydi. Shunga o'zulish molekularlarning tezligi raso nolga teng bo'lishi ham amalda mumkin emas. Demak, o'rtacha qiymatga nisbatan juda kichik va shuningdek juda katta tezlikli molekularlarning uchrash ehtimolligi juda kichik. Shunday hulosalar chiqarish mumkinki, molekularlar tezliklari asosan eng katta ehtimolli biror qiymatga yaqin bo'ladi.

Gazning aynan bir xil sharoitlarda turgan bir nechta portsiyasini olsak, ulardagi molekulalarning tezliklari bo'yicha taqsimoti ham aynan bir xil bo'ladi. Istalgan miqdordagi gaz uchun quyidagi munosabat o'rinli bo'ladi:

$$F(\mathcal{G}) = \frac{p(\mathcal{G})}{n} = \frac{1}{n} \frac{\Delta N \mathcal{G}}{\Delta \mathcal{G}}$$

$F(\mathcal{G})$ funksiya gaz molekulalarining tezliklari bo'yicha taksimlanishini tavsiflaydi va taqsimot funksiyasi deb ataladi. $F(\mathcal{G})$ funksiya'ning shiklini bilgan holda berilgan n dona molekuladan tezliklari $\Delta \mathcal{G}$ interval ichiga tushadigan molekulalar sonini, ya'ni tezliklarining qiymati $\mathcal{G}$ dan $\mathcal{G} = \Delta \mathcal{G}$ gacha sohada yetadigan molekulalarining Δn sonini topish mumkin:

$$\Delta n \mathcal{G} = N f(\mathcal{G}) o / \mathcal{G}$$

Quyidagi

$$\frac{\Delta n \mathcal{G}}{n} = f(\mathcal{G}) o / \mathcal{G}$$

nisbatan molekulaning tezligi tezliklarning berilgan $\Delta \mathcal{G}$ intervali ichidagi qiymatlarga ega bo'lishi ehtimolligini ko'rsatadi.

Taqsimot funksiyasini nazariy yo'l bilan Maksvell topgan bo'lib, bu funksiya tsning nomi bilan ataladi. Bu funksiyani ko'rinishi quyidagicha:

$$f(\mathcal{G}) = A e^{-\frac{m \mathcal{G}^2}{2 \kappa m}} \mathcal{G}^2$$

bu yerda A - $\mathcal{G}$ ga bog'liq bo'lmagan ko'paytiruvchi, m -molekulaning massasi, K -Boltsman doimiysi.

Maksvell-Boltsman taqsimoti

Maksvell-Boltsman taqsimoti yoki qonuni gaz molekulasini maydon potentsiali bo'lmagan koordinata va tezliklar bo'yicha taqsimlanishini ifodalaydi. Bu taqsimotning ko'proq ishlatiladigan formulasi:

$$dn_{\mathcal{G}} = \frac{4n_0}{\sqrt{\pi} \mathcal{G}_e^3} e^{-\frac{1}{\mathcal{G}_e^2} \left(\mathcal{G}^2 + \frac{2E_n}{m} \right)} \mathcal{G}^2 d\mathcal{G}$$

Bu yerda $\mathcal{G}_e$ - molekulaning eng katta ehtimollik tezligi, $dn_{\mathcal{G}}$ hajm birligi ichidagi molekulalar soni, E_n - molekula potentsial energiyasi $n_0 - E_n = 0$ nuqtadagi hajm birligi ichidagi molekulalar soni

$$d\omega = \text{const} \frac{1}{(2\pi m k T)^{3/2}} e^{-\frac{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2}{2mkT}} dP_x dP_y dP_z * e^{-\frac{E_n(x,y,z)}{kT}} dx dy dz$$

Bu yerda $d\omega$ - molekulalarning fazoviy hajmda koordinata va impulsning bo'lish ehtimolligi. Masalan, Gravatatsion maydondagi Boltsman taqsimotini ko'raylik.

$$dn(x, y, z) = \text{const} e^{-\frac{mgh}{kT}} dx dy dz$$

Tortishish maydoni m massali molekulalarning potentsial energiyasi: $E_n = mgh$, bu yerda h -balandlik va g -erkin tushish tezlanishi. Har bir balandlikda harorat bilan aniqlanadigan molekulalarning tezliklar bo'yicha Maksvell taqsimoti mavjud. Maksvell taqsimotini impulsar bo'yicha integrallasak, $dx \cdot dy \cdot dz$ hajmdagi molekulalar sonini beradi:

Gaz zichligi $\sigma = \frac{dn(x, y, z)}{dx dy dz} m$ balandliklar bo'yicha eksponentzial qonun asosida kamayadi. $\sigma = const \cdot e^{-\frac{mgh}{kT}}$ Bu ifodadagi o'zgarmas (const) $h=0$ bo'lganda, $\sigma = \sigma_x = const$ shartidan aniqlanadi. Shunday qilib, $\sigma = \sigma_0 e^{-\frac{mgh}{kT}}$ (barometrik formula). Gaz zichligi $h = \frac{kT}{mg}$ balandlikda h - marta kamayadi. Bu h ni gravitatsion maydonda Boltsman taqsimoti uzunligining tavsifi deyiladi.

Molekulalar sonining tezliklar bo'yicha taqsimoti (Maksvell taqsimoti)

O'rtacha kvadratik tezlik molekulalar harakatining faqat statistik tavsifidir. Haqiqatda esa molekulalar tezligi, uning yo'nalishi va kattaligi molekulyar- kinetik nazariyaga asosan uzluksizlik o'zgarib turadi. Shu sababli aynan bir vaqtda molekulaning aniq tezligini topib bo'lmaydi. Shu tezliklar intervali diapazonini juda kichik $\Delta \mathcal{V}$ -ga teng intervalchalarga bo'lamiz. Bu holda har bir tezlikning $\Delta \mathcal{V}$ - intervaliga biror Δn -molekulalar soni yoki $\Delta n/n$ ulushi to'g'ri keladi.

$$F(\mathcal{V}) = \frac{\Delta n}{n \Delta \mathcal{V}}$$

nisbat molekularning tezliklari bo'yicha taqsimot funksiyasi deyiladi. Bu taqsimot funksiyasini ingliz fizigi Maksvell ehtimollar nazariyasiga asoslanib topgan edi. Maksvell taqsimotiga asosan $\mathcal{V}$, $\mathcal{V} = d\mathcal{V}$ -oraliqdagi tezlikka ega bo'lgan molekulalar soni:

$$dn = \frac{4}{\sqrt{\pi}} n_0 \mathcal{V}_0^2 e^{-\mathcal{V}_0^2} d\mathcal{V}_0 \quad (19)$$

bunda n - ideal gaz molekulalari soni: $\mathcal{V}_0 = \mathcal{V} / \mathcal{V}_E$ nisbiy tezlik: $\mathcal{V}$ - oniy tezlik, $\mathcal{V}_E$ - eng katta ehtimolli tezlik bo'lib, ko'pchilik molekulalar tezligiga to'g'ri keladigan tezlikdir.

Maksvell qonuniga ko'ra gaz holati uch xil tezlik bilan tavsiflanadi:

1. Eng katta ehtimolli tezlik

$$\mathcal{V}_0 = \sqrt{\frac{2RT}{\mu}} \approx 1,41 \sqrt{\frac{RT}{\mu}}$$

2. O'rtacha arifmetik tezlik

$$\bar{\mathcal{V}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}} \approx 1,6 \sqrt{\frac{RT}{\mu}}$$

3. O'rtacha kvadratik tezlik:

$$\mathcal{V}_{kv} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} \approx 1,73 \sqrt{\frac{RT}{\mu}}$$

Bu formulalarni takkoslasak, $\mathcal{V}_{kv} > \bar{\mathcal{V}} > \mathcal{V}_0$ ekani ko'rinib turibdi. Bular orasidagi miqdoriy munosabat:

$$\mathcal{V}_{kv} = 1,09 \mathcal{V}_0, \bar{\mathcal{V}} = 1,22 \mathcal{V}_0 \quad (20)$$

yoki 1;1,09;1,22 nisbatdadir. Masalan, 0°C haroratda kislorod molekularining o'rtacha kvadratik tezligi $\mathcal{V}_{kv} = 460 \text{ m/s}$ deb olinadi. U holda $\bar{\mathcal{V}} = 423 \text{ m/s}$ va $\mathcal{V}_0 = 377 \text{ m/s}$ qiymatga ega.

Energiya'ning erkinlik darajasi bo'yicha taqsimoti

Jismning erkinlik darajasi deb, uning fazodagi holatini, vaziyatini va harakatini harakterlovchi bir-biri bilan bog'liq bo'lmagan mustaqil koordinatalar soniga aytiladi. Bir atomli gaz uchun erkinlik darajasi $i=3$, ikki atomli gaz uchun $i=5$, uch va undan ortiq atomli gazlar uchun $i=6$ ga teng. Molekulyar-kinetik nazariyaga asosan issiqlik muvosohatida molekulalar tartibsiz harakatda bo'ladilar. Lekin molekulalarning kinetik energiyalari mavjud bo'lgan barcha erkinlik darajalari bo'yicha teng taksimlangan bo'ladi. Bu tushuncha energiya'ning erkinlik darajalari bo'yicha teng taksimlanishi yoki energiya'ning erkinlik darajasi bo'yicha teng taqsimlanishi haqidagi Bol tsmann teoremasi ham deyiladi. Molekulaning erkinlik darajasiga to'g'ri keladigan o'rtacha kinetik energiyasin hisoblash uchun (15) formuladan foydalanamiz:

$$\bar{E} = \frac{3}{2} kT$$

Molekulaning bir erkinlik darajasiga to'g'ri keladigan e_0 energiya

$$E_0 = \frac{\bar{E}}{3} = \frac{1}{2} kT \quad \text{yoki} \quad E = \frac{i}{2} kT \quad (1)$$

Demak, gaz molekulasi uchun to'liq kinetik energiyasi uning erkinlik darajasiga va

mutloq haroratiga to'g'ri proporsional. (1) formulaga asosan bir, ikki va uch atomli

molekularning to'liq energiyasi

$$E_1 = \frac{3}{2} kT; \quad E_2 = \frac{5}{2} kT; \quad E_3 = \frac{6}{2} kT = 3kT \quad (2)$$

ko'rinishda yo'ziladi. Ma'lum m massaga ega bo'lgan gaz olamiz. Shu gazning ichki energiyasi U_m shu massadagi molekulalar soni N bilan bir molekulaning to'liq kinetik energiyasi ko'paytmasiga teng:

$$U_m = NU = N \frac{i}{2} kT$$

Gazning bir moli uchun $N=N_A$, $k = \frac{R}{N_A}$ bo'lgani uchun bir mol gazning ichki

energiyasi U_m uchun quyidagi tenglamani yuzamiz:

$$U_m = N_A \frac{i}{2} kT = N_A \frac{i}{2} \frac{R}{N_A} T \quad \text{yoki} \quad U_m = \frac{i}{2} RT \quad (3)$$

Ixtiyoriy m massali gazning ichki energiyasi quyidagicha yo'ziladi:

$$U_m = \frac{m}{\mu} \frac{i}{2} RT \quad (4)$$

demak, ma'lum massaga ega bo'lgan ideal gaz ichki energiyasi erkinlik darajasi soni i o'zgarish bo'lganda, mutloq haroratga to'g'ri proporsional bular ekan.

Ichki energiya

Issiqlik jismning to'liq energiyasi emas, u issiq jismdan sovuq jismga berilgan energiya miqdori holos. Jism tashkil topgan molekulalar kinetik energiyaga ega. Molekulalarning barcha turdagi energiyalari jismning ichki energiyasini tashkil etadi:

- tartibsiz harakat kinetik energiyasi;

- molekullarning o'zaro ta'sir potentsial energiyasi;
- atomlar tebranma harakat energiyasi;
- atomlar elektron kavatlar energiyasi;
- elektrostatik va gravitatsion maydonlar energiyasi;
- elektromagnit nurlanish energiyasi;

Termodinamik sistema ichki energiyasi holat parametrlari P, V, T lar funksiyasidir. Sistema ichki energiyasining o'zgarishi boshlangich va oxirgi ichki energiyalar bilan ifodalanadi:

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

Suyuqlik va qattiq jismlarning ichki energiyasi yo'qoridagi barcha energiyalarni o'z ichiga oladi, shuning uchun uni aniqlash murakkab. Ideal gazlar molekullari asosan kinetik energiyaga ega bo'lgani uchun, bu energiya'ni hisoblash qulaydir.

Bir atomli gaz ichki energiyasi

$$E = N_A \frac{3}{2} kT = \frac{3}{2} RT \quad (1)$$

m -massali gaz ichki energiyasi

$$U = \frac{m}{\mu} \frac{3}{2} RT \quad (2)$$

Ko'p atomli gazlar uchun ichki energiya quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$U = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT \quad (3)$$

Bu yerda i -molekulaning erkinlik darajalari soni.

Erkinlik darajalari soni molekullarning fazodagi holatlari koordinatalari orqali aniqlanadi. Bir atomli gaz uchun $i=3$ ga teng X, U, Z oqlari bo'yicha ilgarilanma harakat ikki atomli gaz uchun $i=5$ ilgarilanma harakatdan tashqari, ikkita aylanma harakat erkinlik darajasi. Uch atomli gazlar uchun $i=6$: Ilgarilanma harakat, aylanma harakat va molekulaning o'z o'qi atrofidagi harakati.

Nazorat savollari:

1. Statistika fizika nimani o'rganadi?
2. Sistema holatini ehtimoligi nimadan iborat?
3. Holat ehtimoligidan foydalanib bir atomli gaz molekulasi o'rtacha kinetik energiyasi irodasini yo'zing?
4. Gibbs taqsimoti qanday taqsimot?
5. Molekulalarni tezliklar bo'yicha taqsimotini fizik ma'nosini tushuntiring?
6. Maksvell funksiyasini irodasini yo'zing va tushuntiring?
7. Maksvell-Boltsman taqsimot ifodasini yo'zing?
8. Barometrik formulani tushuntiring?

8 – Mavzu: Termodinamika asoslari.

Reja:

1. Qaytar va qaytmas issiqlik jarayonlari.
2. Gaz xajmining o'zgarishida bajarilgan ish.
3. Termodinamikaning birinchi qonuni.

4. Idial gazning issiqlik sig'imi.

Tayanch iboralar: Qaytar issiqlik jarayonlar, qaytmas issiqlik jarayonlar, issiqlik jarayonlar, gaz xajmi, bajarilgan ish, termodinamika, termodinamikaning birinchi qonuni.

Termodinamikaning birinchi qonuni

Har xil fizik jarayonlarda issiqlik effekti ishtirokida energiya'ning o'zatilishi va bir turdan ikkinchi turga aylanishini o'rganuvchi fizika bo'limidir. Termodinamikaning umumiy tushunchalaridan biri termodinamik sistemaning tola va ichki energiyasidir. Har qanday termodinamik sistemaning tola energiyasi shu sistemaning kinetik energiyasi (W_k), tashqi kuch maydoni ta'sirida hosil bo'ladigan potentsial energiyasi (W_p) va shu sistemaning ichki energiyalari yig'indisidan iborat:

$$W = W_k + W_p + U \quad (1)$$

Issiqlik. Issiqlik o'tkazish. Issiqlik miqdori

Biz bilamizki, ikki jism bir-biriga tekkizilganda issiq jism soviydi (harorati pasayadi) sovuq jism isiydi. O'zoq vaqt o'tishi bilan ularning harorati tenlashadi, issiqlik muvosohati yuzaga keladi. Hozirgi vaqtda issiqlikning o'tishi molekulyar- kinetik nazariyadan tushuntiriladi. Issiq jismlar kinetik energiyasi sovuq jismlardan katta bo'ladi. Issiq jismlarni molekullari sovuq jism molekullari bilan toqnashib bir qism energiyasini beradi, natijada jism harorati ortadi. Issiqlik o'zlashish vaqtida bir jismlardan ikkinchi jismlarga energiya o'zlashishning o'lchovi, issiqlik miqdori deb ataladi.

Tajribalar shuni ko'rsatadiki haroratni o'zgartirish uchun ketgan issiqlik miqdori jism massasiga va harorat o'zgarishiga to'g'ri proporsional:

$$Q = mc\Delta T \quad (2)$$

Bu yerda S- solishtirma issiqlik sig'imi bo'lib, u massasi 1 kg moddani haroratini 1 K⁰ ga ko'tarish uchun ketgan issiqlik miqdoriga teng. Agar modda qattiq suyuq va gaz holatlariga fazaviy o'tayotgan bo'lsa energiya yutiladi yoki chiqadi.

- 1 kg qattiq jism erish haroratida suyuqlikka aylantirib yuborish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdori solishtirma erish issiqligi deyiladi (r):

$$r = \frac{Q}{m}; \text{ yoki } Q = mr \quad (3)$$

- 1 kg suyuqlikni qaynash haroratida butunlay bug'ga aylantirib yuborish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdori solishtirma bug'lanish issiqligi deyiladi (q):

$$q = \frac{Q}{m}; \text{ yoki } Q = mq \quad (4)$$

- 1 kg yo'qilgi yonganda ajralib chiqqan issiqlik miqdori solishtirma yonish issiqlik deb ataladi (λ):

$$\lambda = \frac{Q}{m}; \text{ yoki } Q = m\lambda \quad (5)$$

Ta'kidlaganimizdek, issiqlik miqdori molekullarning energiyasidir, demak uni Joullarda o'lchanadi. Ammo issiqlik miqdori (lotincha *calorie*) kalloriya deb ataluvchi o'lchov birligiga ham ega.

- 1 kal - massasi 1 g suvning haroratini 14,5⁰C dan 15,5⁰Cga oshirish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdoridir.

Ingliz olimi Djems Joule (1818-1889) ish (energiya) birligi Joule bilan issiqlik ikdori birligi kalloriya orasidagi bog'lanishni topdi. U aniq ish., aniq issiqlik miqdoriga ekvivalent ekanligini aniqladi. Bu ekvivalent issiqlikning mexanik ekvivalenti deb ataladi:

$$4,185 \text{ J} = 1 \text{ kal} \quad 4,185 \times 10^3 \text{ J} = 1 \text{ kkal.}$$

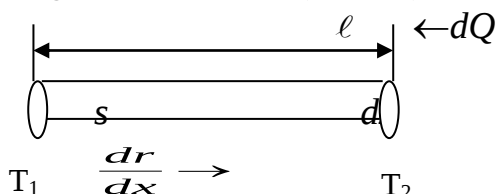
Agar jismni turli nuqtalarida haroratlar farqi yuzaga kelsa issiqlik o'tkazuvchanlik hodisasi yuzaga keladi. Tajribalardan ma'lumki, vaqt birligi ichida jismni bir uchidan ikkinchi uchiga issiqlik o'tkazish haroratlar farqiga, ko'ndalang kesim yo'ziga to'g'ri proporsional va o'zunlikka teskari proporsional.

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \chi S \frac{T_2 - T_1}{\ell} \quad (6)$$

bu yerda χ -modda xossasini tavsiflovchi issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti.(2)ni kichik vaqt ichida dx qismda yo'zsak

$$\frac{dQ}{dt} = -\chi S \frac{dT}{dx} \quad (7)$$

bu yerda $\frac{dT}{dx}$ - harorat gradienti, (-) ishora issiqlik oqimi bilan harorat gradienti qarama-qarshi yo'nalganini bildiradi (1-rasm)



1-rasm

Molekulyar kinetik-nazariyaga asosan issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti quyidagicha aniqlanadi:

$$\chi = \frac{1}{2} \bar{\epsilon} \bar{\lambda} \quad (8)$$

Bu yerda k - Bol'tsman doimiysi, n - molekular qontsentratsiyasi, $\bar{\epsilon}$ - molekularning o'rtacha tezligi, $\bar{\lambda}$ -molekularning o'rtacha erkin yugurish o'zunligi. Ko'p sonli molekularlarni bir joydan boshqa joyga ko'chirish qonveksiya deyiladi. Qonveksiya tabiiy yoki majburiy bo'ladi. Masalan issiq xonaga tashqaridan sovuq havoning kirishi yoki ventilyatorli isitgichdan havoni xaydash. Elektromagnit tulkinlar yordamida issiqlikni ko'chirish hodisasi nurlanish deb ataladi. Quyoshdan yerga energiya'ning kelishi nurlanishdir.

Ichki energiya

Issiqlik jismning to'liq energiyasi emas, u issiq jismdan sovuq jismga berilgan energiya miqdori holos. Jism tashkil topgan molekular kinetik energiyaga ega. Molekularning barcha turdagi energiyalari jismning ichki energiyasini tashkil etadi:

- tartibsiz harakat kinetik energiyasi;
- molekularning o'zaro ta'sir potentsial energiyasi;
- atomlar tebranma harakat energiyasi;
- atomlar elektron kavatlar energiyasi;
- elektrostatik va gravitatsion maydonlar energiyasi;
- elektromagnit nurlanish energiyasi;

Termodinamik sistema ichki energiyasi holat parametrlari P, V, T lar funksiyasidir. Sistema ichki energiyasining o'zgarishi boshlangich va oxirgi ichki energiyalar bilan ifodalanadi:

$$\Delta U = U_2 - U_1$$

Suyuqlik va qattiq jismlarning ichki energiyasi yo'qoridagi barcha energiyalarni o'z ichiga oladi, shuning uchun uni aniqlash murakkab. Ideal gazlar molekulalari asosan kinetik energiyaga ega bo'lgani uchun, bu energiya'ni hisoblash qulaydir.

Bir atomli gaz ichki energiyasi

$$E = N_A \frac{3}{2} kT = \frac{3}{2} RT \quad (9)$$

m -massali gaz ichki energiyasi

$$U = \frac{m}{\mu} \frac{3}{2} RT \quad (10)$$

Ko'p atomli gazlar uchun ichki energiya quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$U = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT \quad (11)$$

Bu yerda i -molekulaning erkinlik darajalari soni.

Erkinlik darajalari soni molekulalarning fazodagi holatlari koordinatalari orqali aniqlanadi. Bir atomli gaz uchun $i=3$ ga teng X, Y, Z oqlari bo'yicha ilgarilanma harakat ikki atomli gaz uchun $i=5$ ilgarilanma harakatdan tashqari, ikkita aylanma harakat erkinlik darajasi. Uch atomli gazlar uchun $i=6$: Ilgarilanma harakat, aylanma harakat va molekulaning o'z o'qi atrofidagi harakati.

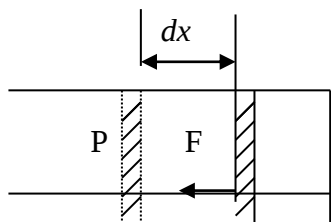
Termodinamikada ish

Mexanikada ish sistemaning ko'chishidagi energiya o'zgarishi o'lchovi sifatida aniqlanadi. Termodinamik sistema ishi undagi jaryonlarga bog'liqligidan tashqari, uning ichki energiyasi o'lchovi hamdir.

Porshenning tsilindrda kengayishidagi jarayonni ko'ramiz (2-rasm). Porshenni ko'chirishda bajarilgan ish: $dA = FdX$ (2-

bu yerda $F = PS$; $P = \frac{F}{S}$

$$dA = PSdX = PdV \quad (12)$$



2-rasm

(15)ni integrallab, bajarilgan ishni topamiz.

$$A_{1,2} = \int_{V_1}^{V_2} PdV \quad (13)$$

Ishni ideal gaz holati tengmasidan foydalanib ham topish mumkin:

$$A_{1,2} = \int_{V_1}^{V_2} P dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{m}{\mu} \frac{RT}{V} dV = \frac{m}{\mu} RT \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = \frac{m}{\mu} RT \ln \frac{V_2}{V_1} \quad (14)$$

Termodinamik sistemaning bir holatdan ikkinchi holatga o'tishi bajarilgan ish faqatgina boshlangich va oxirgi holatlarga bog'liq bo'lmasdan, jarayonlar turiga ham bog'liq.

Termodinamikaning birinchi qonuni

Ichki energiyaga ega bo'lgan termodinamik sistema issiqlik olishi yoki berishi va ish bajarishi mumkin. Tajriba bu uchchala kattalik bir-biriga bog'liq ekanligini ko'rsatadi. Haqiqatda sistemaning ichki energiyasini issiqlik miqdori berish yo'li yoki uning ustida tashqi jismlar ish bajarishi bilan o'zgartirish mumkin. Issiqlik miqdori berilsa va tashqi jismlar ustida ish bajarilsa ichki energiya kamayadi; Buni quyidagicha yo'zish mumkin:

$$dU = dQ + dA \quad (15)$$

Ikkinchi holatda sistemaning o'zi tashqi jismlar ustida ish bajarishi mumkin. Unda $dA^1 = -dA$ (15) ni quyidagicha yo'zish mumkin :

$$dU = dQ - dA^1 \quad (16)$$

(19)da dQ ning manfiyligi sistema tomonidan issiqlik berilayotganini bildiradi.(19) ni boshqacha qilib yo'zsak:

$$dQ = dU + dA^1 \quad (17)$$

(20) termodinamikaning birinchi qonunidir: sistemaga berilgan issiqlik miqdori tashqi jismlar ustida ish bajarish va sistemaning ichki energiyasini o'zgartirishiga sarf bo'ladi.

Adiabatik jarayon

Termodinamik sistemasi ichki energiyasining o'zgarishi (17) tenglama bo'yicha o'zgaradi. Izotermik jarayon uchun $\Delta T=0$ va $\Delta U=0$, ya'ni ichki energiya o'zgarmaydi, unda $dQ=dA$.

Izoxorik jarayon uchun $dU=dQ$, chunki sistema ish bajarmaydi. Izobarik jarayonda sistemaning energiyasi ham, hajmi ham o'zgaradi, ya'ni

$$dU=dQ-dA^1 \text{ yoki } dU=dQ+dA.$$

Agar sistema issiqlik olmasa yoki bermasa $dQ=0$ bo'ladi. Bunday jarayon adiabatik jarayon deyiladi va termodinamikaning birinchi qonunini quyidagicha yo'zish mumkin :

$$dU = -dA^1 \text{ yoki } dA_c = -dU$$

Bu ifodadan ko'rinadiki, gazning adiabatik kengayishida ichki energiya'ning kamayishi, o'z navbatida haroratni pasayishiga olib keladi, aksincha adiabatik kisilishida ichki energiya'ning ortishi va haroratning ko'tarilishi yuzaga keladi.

Adiabatik jarayonni ichki yonuv divigatellarida qo'llaniladi: bu dvigatellarda havo tez siqiladi, natijada harorat 500°S gacha ko'tariladi. Bu haroratda tsilindrdagi yonilg'i alanganib ketadi.

Issiqlik sig'imi. Mayer tenglamasi

Joul tajribaga asoslanib, gazlar ichki energiyasi faqat haroratga bog'liq $U=f(T)$ bo'lishini aniqlanadi. Molekulalar elastik shar va ular o'zaro ta'sir energiyasi nolga teng deb hisoblansa gazning ichki energiyasi (molekulalarning kinetik energiyasi ye ga teng deb olinadi) kuydagicha yo'ziladi:

$$U = E = \frac{i}{2} NkT = \frac{i}{2} RT$$

Issiqlik sigimi deb, jismning haroratini bir gradusga ko'tarish uchun kerak bo'lgan issiqlik miqdori bilan o'lchanadigan kattalikka aytiladi. Agar jismga dQ issiqlik berilganda uning harorati dT ga o'zgarsa, ta'rifga asosan jismning issiqlik sigimi:

$$C = \frac{dQ}{dT} \quad (1)$$

bo'ladi. Bir mol moddaning issiqlik sigimi molyar issiqlik sigimi deyiladi. Solishtirma issiqlik sigimi birligi J/kgK da o'lchanadi. Demak, molyar issiqlik sigimi J/K mol dir. Turli xil jarayonlarda issiqlik sigimi har-xil bo'ladi: izotermik jarayonlarda formuladan $dT=0$, $dQ \neq 0$ bo'lgani uchun $C \rightarrow \pm\infty$ ga teng. Adiabatik jarayonlarda esa $dQ=0$ bo'lgani uchun $C \rightarrow 0$ ga teng bo'ladi. Izoxorik va izobarik jarayonlarda issiqlik sigimi alohida ahamiyatga ega. Aytaylik, ichki energiya hajm va haroratning funksiyasi bo'lsin, ya'ni

$$U = U(T, V) \quad (2)$$

Buning to'liq diffrentsiali

$$dU = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_V dT + \left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_T dV \quad (3)$$

bo'ladi. Buni termodinamikaning birinchi qonuniga qo'yib quyidagini yo'zamiz

$$dQ = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_V dT + \left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_T dV + PdV \quad (4)$$

(4) ni dT ga bo'lib

$$\frac{dQ}{dT} = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_V + \left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_T \frac{dV}{dT} + P \frac{dV}{dT} = C \quad (5)$$

ni hosil qilamiz. Bu yerda S - sistemaning issiqlik sigimi deyiladi. Faraz qilaylik, jarayon o'zgarmas hajmda ro'y bersin. U holda (5) dan

$$\left(\frac{dQ}{dT} \right)_V = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_V = C_V \quad \left(\frac{dV}{dT} \right) = 0 \quad (6)$$

sistemaning o'zgarmas hajmdagi issiqlik sigimi deyiladi.

Jarayon endi o'zgarmas bosimda ro'y bersin. (5) dan

$$\left(\frac{dQ}{dT} \right)_P = \left[\left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_T + P \right] \left(\frac{dV}{dT} \right)_P + \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_V = C_P \quad (7)$$

$$\left[\left(\frac{dU}{dV} \right)_T + P \right] \left(\frac{dV}{dT} \right)_P = C_P - C_V \quad (8)$$

(7) ifoda sistemaning o'zgarmas bosimdagi issiqlik sigimi deyiladi. (7) ni quyidagicha yo'zish mumkin.

Ideal gazlar uchun Joul qonuniga asosan o'zgarmas haroratda ichki energiya

$$\left(\frac{dU}{dV} \right)_T = 0 \quad (9)$$

hajmga bog'liq emas, ya'ni

Ekanligidan (8) ni ko'rinishda yo'zish mumkin. Ideal gaz holat tenglamasini

$$C_P - C_V = P \left(\frac{dV}{dT} \right)_P \quad (10)$$

formuladan bosim o'zgarmas bo'lganda $PdV = RdT$ yoki $\left(\frac{dV}{dT} \right)_P = \frac{R}{P}$ ni olamiz, ushbu ifodani (10) ga qo'yib,

$$C_P - C_V = R \quad (11)$$

tenglamani hosil qilamiz. (11) idel gazlar uchun Mayer tenglamasi deyiladi. U ni harorat bo'yicha differentsiallab (6) ga ko'ra

$$C_V = \frac{i}{2} R \quad (12)$$

ni hosil qilamiz. Buni hisobga olinsa gaz ichki energiyasi $U = C_V T$ (13)

ga teng bo'ladi. (12) dan $R \approx 2$ kal/Kmol ga teng desak, $C_V = i$ kal/Kmol -bu ideal gaz molekularining o'zgarmas hajmdagi issiqlik sigimidir. Bundan bir atomli gaz uchun $C_V = 3$ kal ikki atomli gaz uchun $C_V = 5$ kal ko'p atomli gaz uchun $C_V = 6$ kal ga teng bo'ladi. C_P -lar uchun ham o'zgarmas bosimdagi issiqlik sigimi bir atomli gaz uchun $C_P = 5$ kal, ikki atomli gaz uchun $C_P = 7$ kal, ko'p atomli gaz uchun $C_P = 8$ kal, ular nisbati $\gamma = C_P/C_V$ – bir atomli gaz uchun 1,67: ikki atomli gaz uchun 1,4: ko'p atomli gaz uchun 1,33 ga teng bo'lib, normal sharoitda tajribaga mos keladi. Issiqlik sigimi masalasini statistik tushunchalar asosida ko'rib o'taylik. Sistemaga mos ichki energiya

$$U = \frac{\nu PV}{N} \quad (14)$$

formula bilan aniqlanadi. Bu yerda P -bosim, V -hajm, N -zarrachalar soni, $i=2\nu$ -erkinlik darajalar soni. Bu formula yordamida C_P , C_V , $C_P - C_V$ va C_P/C_V uchun ma'lum munosabatlarning yangicha ifodalarini hosil qilamiz. (1) dan ν ni o'zgarmas qiymatida

$$dU + \frac{\nu}{N} PdV + \frac{\nu}{N} VdP \quad (15)$$

deb yuzamiz. Termodinamikaning birinchi qonuni $dQ = dU + PdV$ ifodasiga (15) ni qo'yib, quyidagini hosil qilamiz:

$$dQ = \frac{\nu}{N} V dP + \left(\frac{\nu P}{N} + P \right) dV \quad (16)$$

(16) dan $P = \text{const}$ va $V = \text{const}$ bo'lganda

$$P = \text{const} \quad C_p = \left(\frac{dQ}{dT} \right)_p = \left(\frac{\nu P}{N} + P \right) \left(\frac{dV}{dT} \right)_p \quad (17)$$

$$V = \text{const} \quad C_v = \left(\frac{dQ}{dT} \right)_v = \frac{\nu}{N} V \left(\frac{dP}{dT} \right)_v \quad (18)$$

ni hosil qilamiz. Bular o'zgarmas bosimdagi va o'zgarmas hajmdagi issiqlik sigimi ifodalaridir.

bizga ma'lumki: $\alpha = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_p$, (19)

ya'ni, o'zgarmas bosimda haroratni bir birlikka o'zgartirgandagi hajmning nisbiy o'zgarishi- hajm kengayishining termik koeffitsiyenti deyiladi.

$$\beta_v = \frac{1}{P} \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_v \quad (20)$$

ya'ni, o'zgarmas hajmda haroratni bir birlikka orttirilganda bosimning nisbiy o'zgarishi bosimning termik koeffitsiyenti deyiladi.

$$\gamma_T = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_T \quad (21)$$

ya'ni, o'zgarmas haroratda bosimni bir birlikka o'zgartirilganda, hajmning nisbiy o'zgarishi- siqilishning izotermik koeffitsiyenti deyiladi.

$$I = U + PV \quad (22)$$

sistema entalpiyasi (issiqlik funksiyasi) deb ataluvchi holat funksiyasi bo'lib, uning kvazistatistik jarayonda doimiy bosimdagi ortirmasi sistemaning issiqlik miqdori Q ni beradi. Haqiqatdan ham, o'zgarmas bosimda $dQ = dU = PdV = dI$ bo'ladi. Shuning uchun I issiqlik funksiyasi deb ataladi. Bularni hisobga olib o'zgarmas bosimdagi issiqlik sigimini topamiz:

$$C_p = \left(\frac{\partial P}{N} + P \right) \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_p = \left(\frac{U}{V} + P \right) \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_p = (U + PV) \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_p$$

yoki $C_p = I \alpha$ (23)

Xuddi shunday o'zgarmas hajmdagi issiqlik sigimini topamiz:

$$C_v = \frac{\nu V}{N} \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_v = \frac{\nu V}{N} \frac{P}{R} \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_v = U \frac{1}{P} \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_v$$

yoki $C_v = U \beta_v$ (24)

Izorajarayonlar va ulardagi bajarilgan ishlar

Biror parametr o'zgarmasdan ruy beruvchi jarayon izojarayonlar deyiladi. Ideal gaz holat tenglamasini chiqarganda izojarayonlar bilan tanishgan edik. Issiqlik sigimi ifodalaridan termodinamik jarayonlar tenglamasini quyidagicha yo'zish mumkin:

$$\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_V dP + \frac{C_P - C}{C_V - C} \left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_P dV = 0 \quad (25)$$

Ideal gaz holat tenglamasi $PV = RT$ dan

$$\left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_P = \frac{P}{V} \text{ va } \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_V = \frac{P}{R}$$

larni (25) ga qo'yamiz: $\frac{V}{R} dP + \left(\frac{C_P - C}{C_V - C}\right) \frac{P}{R} dV = 0$

Bu tenglamani. P, V ga bo'lib, $\frac{dP}{P} + n \frac{dV}{V} = R$ ni hosil qilamiz. $\frac{C_P - C}{C_V - C} = n \quad (26)$

belgilash kiritsak: $\ell n P + \ell n V = R$ deb yuza olamiz. Yoki bu ifodani

$$PV^n = C \quad (27)$$

(C - o'zgarmas son)ko'rinishga keltiramiz. O'zgarmas issiqlik sigimida ruy bergan jarayonlarga politropik jarayon deyiladi. (26) ifoda politropa ko'rsatkichi deyiladi. (27) tenglamadan quyidagi hulosalar kelib chiqadi:

a) (27) tenglamani $1/n$ darajaga ko'tarib, $P \frac{1}{n} = \text{const}$ ni hosil qilamiz, $n \rightarrow \infty$ da $V = \text{const}$, ya'ni hajm o'zgarmas ekanligi kelib chiqadi. O'zgarmas hajmda ruy beruvchi jarayonlar izoxorik jarayonlar deyiladi.

b) $n = 1$ bo'lganda $PV = C$ bo'ladi. Ya'ni $PV = RT = C$. Bundan harorat o'zgarmas ekanligi kelib chiqadi. Bunday jarayon izotermik jarayon deyiladi.

v) $n = 0$ bo'lganda $P = \text{const}$, ya'ni bosim o'zgarmas bo'lib, o'zgarmas bosimda ruy beruvchi jarayonlar izobarik jarayonlar deyiladi.

g) $n = \gamma = C_P/C_V$ ga teng bo'lsa, $PV^\gamma = C$ hosil bo'ladi. Adiabatik jarayonlarda

$$PV^\gamma = C \quad (28)$$

bo'lib, bu ifoda Puasson tenglamasi deyiladi.

Izobarik jarayonlarda bajarilgan ish P q const bo'lgani uchun

$$A = \int_1^2 P dV = P(V_2 - V_1) \quad (29)$$

bo'ladi. Termodinamikaning birinchi qonuni izobarik jarayonlar uchun quyidagicha ifodalanadi:

$$dQ = dU + P(V_2 - V_1) \quad (30)$$

Izoxorik jarayonda bajarilgan ish nolga teng, ya'ni

$$A = \int_1^2 P dV = 0$$

Termodinamikaning birinchi qonuni izoxorik jarayonlar uchun quyidagicha bo'ladi:

$$dQ = dU \quad (31)$$

Izotermik jarayonlarda termodinamikaning birinchi qonuni

$$dQ = PdV \quad (32)$$

ga teng bo'ladi. (32) dan ko'rinadiki, izotermik jarayonlarda sistemaga berilgan issiqlik, sistemaning ish bajarishiga sarflanar ekan. Izotermik jaryonda bajarilgan ish

$$A = \int_1^2 P dV = \int_1^2 \frac{RT}{V} dV = RT \ell n \frac{V_2}{V_1} \quad (33)$$

Adiabatik jarayonlar uchun termodinamikaning birinchi qonuni $dQ=0$ bo'lgani uchun

$$dU = -dA \quad (34)$$

bo'ladi. (34) dan ko'rinadiki, adiabatik jarayonlarda sistemaning bajargan ishi uning ichki energiyasi hisobiga sodir bular ekan. Adiabatik jarayonda bajarilgan ish

$$A = -\int_{T_1}^{T_2} C_V dT = -C_V(T_2 - T_1) = C_V(T_1 - T_2) \quad (35)$$

Bunda $T_2 > T_1$, ya'ni adiabatik kengayishda ideal gaz harorati pasayadi. Chunki ish ichki energiya hisobiga bajariladi.

Nazorat savollari:

1. Qaytar va qaytmas issiqlik jarayonlarini tushuntiring?
2. Gaz xajmining o'zgarishida bajarilgan ish nima ?
3. Termodinamikaning birinchi qonuni aytib bering?
4. Ideal gazning issiqlik sig'imini tushuntiring?

15 – Mavzu: Termodinamikaning ikkinchi qonuni.

Reja:

1. Termodinamikaning ikkinchi qonuni.
2. Karno sikli.
3. Issiqlik mashinasining foydali ish koeffisienti
4. Termodinamikaning uchinchi qonuni

Tayanch iboralar: Termodinamikaning ikkinchi qonuni, Karno sikli, issiqlik mashinasining foydali ish koeffisienti, termodinamikaning uchinchi qonuni,

Termodinamikaning ikkinchi qonuni

Termodinamikaning birinchi qonuni sistemadagi turli xil energiyalarning o'zaro ekvivalentligini, ular urtasidagi bog'lanishni ko'rsatib beradi. Mazmuniga ko'ra bu qonun energiya'ning saqlanish va aylanish qonunidir. Termodinamika-ning ikkinchi qonuni jarayonlarning borishi va yo'nalishini aniqlaydi. Demak, termodinamikaning birinchi qonuni energiya'ning saqlanishi va aylanishini, ikkinchi qonuni esa bu jarayonlarning qaysi yo'nalishda ruy berishi mumkinligini aniqlaydi. Termodinamika ikkinchi qonuni bir-biriga ekvivalent bo'lgan turlicha ta'riflari mavjud:

S.Karno: issiqlik mashinasining FIK ishchi moddaning turiga bog'liq bo'lmasdan isitgich va sovitgich haroratlarning farqiga teng.

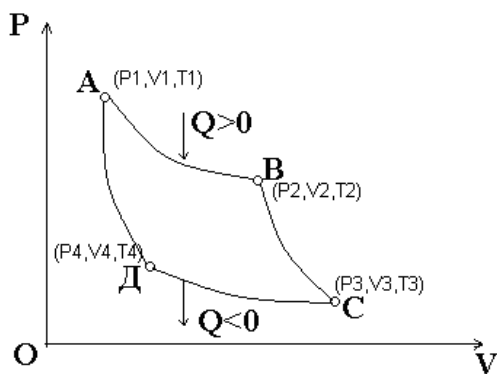
1. Klauzius: issiqlik o'z-o'zidan sovuq jismdan issiq jismga o'tmaydi.
2. Plank: issiqlikni butunlay ishga aylantiruvchi jarayonni amalga oshirib bo'lmaydi...

Qaytar va qaytmas jarayonlar

Izolyatsiyalangan sistemada biror jarayon davomida sistema A holatdan V holatga o'tayotgan bo'lsin. Bunda ikki holni ko'zlashish mumkin:

1. Sistemaning dastlabki holatiga o'tishda, tashqi muhitda hech qanday o'zgarish ro'y bermaydi - qaytuvchi jarayon
2. Sistemaning dastlabki holatiga o'tishda albatta tashqi muhitda biror o'zgarish ro'y beradi - qaytmas jarayon.

Tabiatdagi hamma jarayonlar qaytuvchan va qaytmas jarayonlardan iborat. Qaytmas jarayonlarda sistemaning boshlang'ich va oxirgi holatlarida bu holatlarni ifodalovchi parametrlar turli xil qiymatlarga ega bo'ladilar. Jarayon boshida va oxirida sistema holati o'zgarmaydigan jarayonlar qaytuvchan yoki tsikllar deyiladi. Qaytmas jarayonlarga ishqalanish, gazning bo'shliqda kengayishi, issiq jismdan sovuq jismga issiqlikning o'tishi, diffuziya va h.k.lar misol bo'ladi. Sistemaning muvosohat holatga kelishi ham qaytmas jarayondir. Chunki sistema bu holatdan o'z-o'zidan tashqi ta'sirsiz chiqib keta olmaydi. Tabiatda cheksiz ko'p tsikllar mavjud. Isitgichdan olingan issiqlikni maksimal ishga aylantiruvchi jarayonni ko'rib chiqamiz. Bunday jarayonni amalga oshirish uchun ikkita izoterma va ikkita adiabatadan iborat bo'lgan tsiklni ko'rib o'taylik. Ishchi jism sifatida tsilindrga to'ldirilgan gaz olaylik. Tsilindr yon devorlari va porshen adiabatik issiqlik o'tkazmasin. Tsilindr tagi juda yaxshi issiqlik o'tkazuvchan bo'lsin. Tsilindrni isitkich ustiga qo'ysak, gaz isitgichdan Q_1 issiqlik miqdori olib, izotermik ravishda kengayadi (1-rasm). Bunda sistema A holatda P_1, V_1, T_1 kattaliklarga teng bo'lsa, P_2, V_2, T_2 kattaliklar bilan ifodalanuvchi V holatga o'tadi. Tsilindrni isitkichdan olib, issiqlik o'tkazmaydigan taglikka qo'yamiz. Bunda gaz ichki energiya hisobiga adiabatik kengayib, harorati pasayadi, sistema V holatdan P_3, V_3, T_3 kattaliklar bilan ifodalanuvchi S holatga o'tadi. Endi tsilindrni sovutkich ustiga qo'yamiz. Tashqi kuch hisobiga gaz izotermik qisiladi va sovutgichga Q_2 issiqlik miqdorini beradi.



1-rasm

Sistema P_4, V_4, T_2 parametrlari holatga o'tadi, yana tsilindrni sovutgichdan olib, issiqlik o'tkaziladigan taglikka qo'yamiz va bunda gazni adiabatik qisilishi natijasida sistema dastlabki P_1, V_1, T_1 parametrlari A holatga keladi. Ikkita izoterma va ikkita adiabatadan iborat bo'lgan, hamda dastlabki holatiga qaytuvchi bunday tsikl Karno tsikli deyiladi. Ideal gaz uchun Karno tsiklini tekshiraylik. A holatdan V holatga izotermik o'tishda bajarilgan ish.

$$A_{AB} = \frac{m}{\mu} RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} = Q_1 \quad (1)$$

Shunga o'xshash boshqa ishlar: $A_{BC} = \frac{m}{\mu} C_V (T_2 - T_1) \quad (2)$

$$A_{CD} = \frac{m}{\mu} RT_2 \ln \frac{V_4}{V_3} = -Q_2 \quad (3)$$

$$A_{DA} = -\frac{m}{\mu} C_V (T_1 - T_2) = -A_{BC} \quad (4)$$

Aylanma jarayonda bajarilgan ish

$$A = A_{AB} + A_{BC} + A_{CD} + A_{DA} = Q_1 + A_{BC} - Q_2 - A_{BC} = Q_1 - Q_2$$

Karno tsiklining FIK i

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \quad (5)$$

Adiabatalar uchun $\frac{V_2}{V_1} = \frac{V_4}{V_3}$;

$$\text{Unda F.I.K. } \eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{\frac{m}{\mu} RT_1 \frac{V_2}{V_1} - \frac{m}{\mu} RT_2 \frac{V_4}{V_3}}{\frac{m}{\mu} RT_1 \frac{V_2}{V_1}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (6)$$

ekanligini topamiz. Ideal gaz bilan ishlaydigan tsiklni F.I.K hamma vaqt birdan kichik va isitkich hamda sovitgich haroratlarigagina bog'liq. Karno tsiklini tekshirish asosida ikkita muhim teorema kelib chiqadi:

1. Har qanday real mashinaning F.I.K. Karno tsikli bilan ishlaydigan mashinaning F.I.K. dan katta bo'lishi mumkin emas.
2. Karno tsikliniing F.I.K. ishchi jism turiga bog'liq bo'lmasdan, faqat isitkich va sovitgich haroratlarigagina bog'liq. (5) va (6) formuladan ideal gaz bilan ishlaydigan Karno tsikli uchun

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (7)$$

ifodani hosil qilamiz. Isitgich harorati T_1 sovitgich harorati T_2 bo'lgan har qanday qaytuvchan mashinaning F.I.K.

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (8)$$

ga teng bo'lib, ishchi moddasiga bog'liq emas.

Entropiya

Termodinamikaga "entropiya" (grekcha "entropia" - o'zgarish) atamasi 1865 yilda nemis fizigi R.Klao'zius tomonidan kiritilgan. Klao'zius ma'lum fizik qonuniyatga bo'ysunuvchi issiqlikning ishga aylanish jarayonini, ya'ni termodinamikaning ikkinchi qonunini aniq matematik ravishda ifodalash uchun, maxsus holat funksiyasi - entropiya tushunchasi kiritish zarurligini ko'rsatdi. Bu tushuncha jarayonlarning qaysi yo'nalishda borishini aniqlashga imkon yaratadi. Issiqlikning hammasi boshqa tur energiyaga to'liq aylana olmaydi, uning shu sharoitda energiya'ning boshqa turlariga aylana olmaydigan qismi entropiya deyiladi. Entropiya - yopiq sistemalarda jarayonning qaytmaslik o'lchovi, energiya'ning o'z-o'ziga boshqa shakllarga aylana olmaydigan turga o'tish o'lchovidir. Entropiya'ning matematik ifodasini keltirib chiqaramiz. Karno tsikli uchun chiqarilgan F.I.K. ifodasi (7) dan

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1} \text{ yoki } \frac{Q_2}{T_2} = \frac{Q_1}{T_1} \text{ yoki } \frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2} = 0 \quad (9)$$

deb yo'zish mumkin. Olingan yoki berilgan issiqlik miqdorining shu issiqlik manbai haroratiga nisbati Q/T : keltirilgan issiqlik dnyiladi. (9) dan ko'rinib turibdiki,

$$\frac{dQ_1}{T_1} = \frac{dQ_2}{T_2}$$

yo'lga bog'liq emas, ya'ni to'liq funksiyadir.

Agar Karno tsikli bir qancha kichik tsikllardan tashkil topgan deb farazqililinsa, u holda (9) tenglamani quyidagicha yo'zish mumkin bo'ladi:

$$\frac{dQ_1}{T_1} - \frac{dQ_2}{T_2} + \frac{dQ_2}{T_2} - \frac{dQ_3}{T_3} + \dots = 0$$

yoki $\oint dQ/T = 0$ (10)

Ma'lumki $\oint$ - yopiq kontur bo'yicha olingan integral nolga teng bo'lsa, shunday bir funksiya borki, uning tola differentciali integral ostidagi ifodaga teng bo'ladi. Bu funksiya'ni S bilan belgilanadi va entropiya deb ataladi.

$$dS = \frac{dQ}{T} \quad (11)$$

Entropiya ham, xuddi sistemaning ichki enargiyasi singari sistemaning holat funksiyasi bo'lib, uning o'zgarishi faqat sistemaning dastlabki va oxirgi holatlariga bog'liq (jarayon boradigan yo'lga bog'liq emas). Shuning uchun, sistema 1 holatdan 2 holatga kelsa, uning entropiyasini o'zgarishi:

$$\int_1^2 \frac{dQ}{T} = S_2 - S_1 \quad (12)$$

bilan ifodalanadi.

Qaytar jarayonlar uchun entropiya ifodasi:

$$dS = \frac{dQ}{T} \quad \text{yoki} \quad dQ = TdS \quad (13)$$

Qaytmas jarayonlar uchun:

$$dS > \frac{dQ}{T} \quad \text{yoki} \quad TdS > Q \quad (14)$$

(14) va (13) ni birlashtirib quyidagicha yo'zish mumkin:

$$dS \geq \frac{dQ}{T} \quad \text{yoki} \quad TdS \geq Q \quad (15)$$

(15) dagi tenglik qaytar va tengsizlik qaytmas jarayonlarni ifodalaydi. (15) tenglamalar termodinamikaning ikkinchi qonunining asosiy tenglamalari bo'lib, Klao'zius tengsizliklari deyiladi.

Entropiya va ehtimollik

Tashqi ta'sirlardan holi bo'lgan termodinamik sistema eng katta ehtimolli holatga o'tishga harakat qiladi. Sistemaning turli holatlarini tasvirlash uchun termodinamik ehtimollik tushunchasi kiritiladi. Bu tushuncha o'z-o'zidan yuzaga keladigan jarayonlarda sistema holatini o'zgarish yo'nalishini ko'rsatib beradi. Termodinamik ehtimollik (W) maksimal bo'lgan holat muvozanatli holat deyiladi. Entropiya va ehtimollik sistemaning muvozanat holatiga o'tishida ortishi va bu holatda ularni maksimum qiymatga erishib o'zgarmasdan kolishi bir xil xususiyatli tabiatga ega ekanligini ko'rsatadi. Demak ular orasida ma'lum bog'lanish mavjud: bu bog'lanishni L.Boltsman kiritgan:

$$S = k \ln W \quad (16)$$

bu yerda k -Boltsman doimiysi.

Entropiya'ning termodinamik ehtimollik bilan bevosita bog'lanishi statistik termodinamikaga ko'ra, sistemadagi molekulalarning tartibsizlik o'lchovi ekanini ko'rsatadi. Molekulalarning issiqlik harakati qancha kuchli bo'lsa, ya'ni tartibsizlik

darajasi yo'qori bo'lsa, sistemaning entropiya qiymati ham shuncha katta bo'ladi. Shunday qilib, quyidagi hulosalarni chiqarashimiz mumkin:

- entropiya-holatning bir qiymatli funksiyasidir.
- yopiq sistemaning entropiyasi o'zgarmaydi yoki ortadi.
- sistema entropiyasini oshiradigan jarayonlarga o'z-o'zidan amalga oshadi.

- entropiya maksimal qiymatga yetganda, shu sistemada muvozanat qaror topadi.
- entropiya - additiv kattalikdir: n ta o'zaro ta'sirlashmaydigan qismlardan iborat sistema

entropiyasi har bir qism entropiyalari yig'indisidan iborat.

$$S = S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n \quad (17)$$

- yopiq sistemaning entropiyasi qaytmas jarayonlarda ortib boradi, qaytar jarayonlarda o'zgarmasdan qoladi, lekin u hech qachon kamaymaydi.

Termodinamikaning uchinchi qonuni

Termodinamikaning birinchi va ikkinchi qonuni mutloq nol harorat ($T=0^0$ K) da entropiya'ni qiymatini topishga imkon yaratmaydi. Mutloq nol haroratda har qanday sistema minimal energiyaga ega bo'ladi. Har xil moddalar ustida past haroratlarda o'tkazilgan tajribalarga asoslanib, Nernst 1906 yili mutloq nol haroratda har qanday jism entropiyasi nol bo'ladi degan hulosaga keldi. Mutloq nol haroratda jism entropiyasi muvozanatli holatni tavsiflovchi parametrlarga bog'liq bo'lmaydi. Nernst teoremasini quyidagicha yo'zish mumkin.

$$\lim_{T \rightarrow 0} S = 0 \quad (18)$$

va termodinamikaning uchinchi qonuni shunday ta'riflanadi: Mutloq nol haroratda hamma jarayonlardagi entropiya o'zgarishi nolga teng. Mutloq nolda entropiya nolga teng deb olinganda T haroratli holat uchun entropiya

$$S = \int_0^T \frac{dQ}{T} \quad (19)$$

Formula bilan aniqlanadi. Ma'lum bosim va haroratdagi issiqlik sigimi uchun entropiya aniq qiymatga ega.

$$S = \int_0^T \frac{C_p(T, P)}{T} dT \quad (20)$$

Mutloq nol haroratda muvozanatli holatni tavsiflovchi hamma termodinamik kattaliklar haroratga bog'liq bo'lmay qoladi. Mutloq nol haroratda entropiya nolga teng bo'lishini ifodalovchi Nernst teoremasiga ko'ra entropiya'ning noliga haroratning mutloq noli to'g'ri keladi deb hisoblaylik. Muvozanatli turgun holatida sistema minimal energiyaga ega bo'lib, birgina energetik sathga ega bo'lgan quyi holatdan iborat bo'ladi. $S = K \ln W$ formulaga asosan termodinamik ehtimollik 1 ga teng bo'lsa, entropiya biror chekli qiymatga tengligi kelib chiqadi. Bundan entropiya'ning chekli biror qiymati uchun haroratning ham biror chekli qiymati (noli emas) to'g'ri kelishi kerak. U holda termodinamikaning 3 qonunini boshqacha ta'riflash mumkin: mutloq nol haroratni olib bo'lmaydi.

Nazorat savollari:

1. Termodinamikaning ikkinchi qonuni aytib bering?
2. Karno sikli nima?

3. Issiqlik mashinasining foydali ish koeffisientini tushuntiring?
4. Termodinamikaning uchinchi qonunini tushuntiring?

9 – Mavzu: Real gazlar, suyuqliklar va qattiq jismlar

Reja:

1. Van-der-vals tenglamasi.
2. Metastabil holatlar.
3. Uchlangan nuqta.
4. Ikkinchi tur fazaviy o'tishlar.

Tayanch iboralar: Real gaz, Van-der-vals tenglamasi, metastabil holatlar, uchlangan nuqta, ikkinchi tur fazaviy o'tishlar.

Real gazlar. Van-der-Vaals tenglamasi

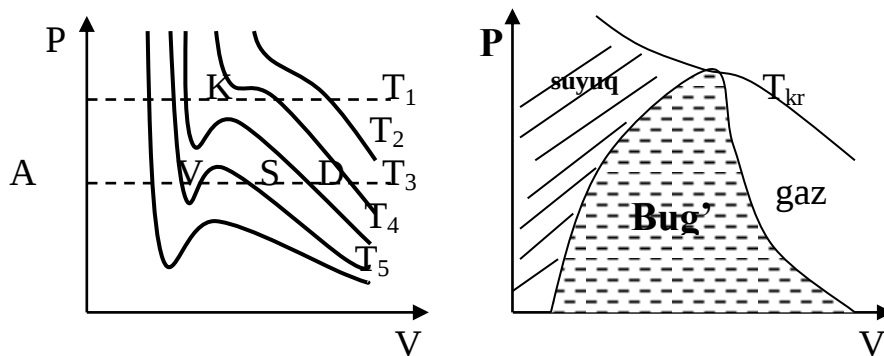
Mendeleev-Klapeyron tenglamasi bilan ifodalangan ideal gazlar real gazlar xossaligidan farq qiladi. Chunki ideal gazlarda molekulalar orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari hisobga olinmaydi. Real gazlarni katta bosim ostida harorati qanday bo'lishidan qat'iy nazar siqish qiyinlashadi. Tajribalar shuni ko'rsatadiki, solishtirma issiqlik sigimi, qovushqoqlik kabi fizikaviy kattaliklar ham real gazlarda boshqacha bo'ladi. Molekulalar orasidagi o'zaro ta'sirni hisobga olmasa ham bo'ladi. O'zaro ta'sir kuchlari-itarishish va tortishish mavjudligidan molekulalarning potentsial-energiyasi paydo bo'ladi. Bu potentsial energiya Lenard-Jons formulasida ifodalanadi.

$W_p = -\frac{a_1}{r^6} + \frac{a_2}{r^{12}}$, bu yerda a_1 va a_2 lar gazning kimyoviy tabiatiga bog'liq bo'lgan musbat koeffisientdir. Real gaz molekulalari orasidagi o'zaro ta'sir kuchi: $F = -\frac{dw_U}{dr} = -\frac{a_1}{r^7} + \frac{a_2}{r^{13}}$, Bu tenglamani birinchi xadi Van-der-Vals kuchi deb ataluvchi tortishish kuchi bo'lib, ular uch xil bo'ladi: orientatsiya, indoqtson va dispersion. Bu kuchlarning paydo bo'lishi elektr tabiatiga ega. Ikkinchi xad o'zaro itarishish kuchi bo'lib, kvant mexanikasida tushuntiriladi. Yo'qoridagilarni hisobga olib, golland fizigi Van-Der-Vals real gazlar holat tenglamasini yaratdi.

Har bir real gaz molekulasini $V = \frac{1}{6}\pi d^3$ hajmga ega. Van-der-Vaal s buni hisobga oldi. $V^* = V - b$ bu yerda $b = 4N_A V$ - Van-der-Valsning hajm qo'shimchasi b - molekulaning kimyoviy tabiatiga bog'liq. Real gazlar molekulalari orasida o'zaro ta'sir mavjudligidan, molekulalarning idish devorlariga beradigan bosim ideal gazlarnikidan kichik bo'ladi.

$$P_{uo} = P + \frac{a}{V^2} \quad \text{ga}$$

teng bo'ladi. a - qo'shimcha molekula kimyoviy tabiatiga bog'liq bo'lgan koeffitsient. Shunday qilib 1 mol gaz uchun Van-der Vaal s tenglamasi $\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = RT$ Istalgan m - massali gaz uchun $\left(P + \frac{m^2}{\mu^2} \frac{a}{V^2}\right)\left(V - \frac{m}{\mu} b\right) = \frac{m}{\mu} RT$



Van-der-Vaals tenglamasi hajmga nisbatan kub tenglama bo'lib, bu tenglamani Van-der-Vaals izotermalari orqali ifodalanadi. (4-rasm). T₁-haroratda gaz holatida bo'ladi. T₄- haroratda, AD izobara 4 izotermni uch nuqtada (AVS) kesib o'tadi, ya'ni shu haroratda bosimning bitta qiymatiga hajmning uchta qiymati to'g'ri keladi. Bu moddani bir vaqtning o'zida uch xil fazaviy holatda bo'lishini ko'rsatadi. Harorat ko'tarilishi bilan izotermadagi bo'qilish kamayib boradi, 2 izotermada tekislanib, K nuqtaga keladi. K nuqtasi to'g'ri keladigan harorat kritik harorat deyiladi. (5-rasm) T > T_k da gaz suyuqlikka aylanmaydi. T_{h2o}=647K, T_{kne}=5K, T_{kn2}=33K. Kritik haroratda suyuqliklar ning sirt tarangligi nolga aylanib suyuqlik va to'yingan bug' orasidagi farq yo'qoladi.

Fazaviy o'tishlar

Ko'p real moddalar uch xil fazada (yoki agregat holatda): qattiq, suyuq va gaz holatda uchraydi. Bir agregat holatdan ikkinchi agregat holatga o'tish fazaviy o'tish deyiladi.

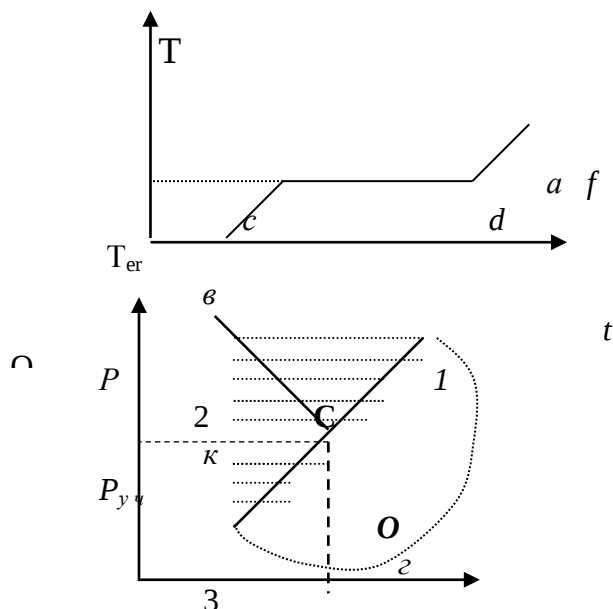
O'tishning ikki turi mavjud (bir holatdan ikkinchi holatga)

1. Modda holatini tavsiflovchi parametrlar (hajm, bosim, harorat va xakozolar) son qiymatalari o'zgaradi, ammo moddaning tarkibi, to'zilishi o'zgarmaydigan o'tishlar. Gazning kisilishi, kengayishi, isishi, qattiq jismlarning tarkibi, to'zilishi va fizik xossalarning o'zgarishligi shunday o'tishlardir.

2. Modda agregat holatining, tarkibining, to'zilishining, fizik xossalarning o'zgarishi fazaviy o'tishlarga kiradi. Fazaviy o'tishga bug'lanish va qondensatsiya, erish va kotish, metallarning o'ta o'tkazuvchan bo'lib kolishi va h.k. lar kiradi.

Ba'zi fazaviy o'tishlarda moddaning agregat holat-larining o'zgarishi yuzaga keladi. Masalan, qattiq jism suyuq va gaz holatiga o'tadi va aksincha. Bunda molekullarning O'zaro joylashuvi, ular orasidagi masofa, issiqlik harakati o'zgaradi. Biz mo'z-suv-bug' sistemasini olsak, bug' uch faza va uch agregat holatga to'g'ri keladi. boshqa fazaviy o'tishlarda moddaning agregat holatlari saqlanadi, ammo to'zilishida o'zgarishlar yuzaga keladi. Natijada moddaning fizik xossalari o'zgaradi. Bunday o'tishlarga temir haroratini 780⁰ ga ko'targanda ferromagnitlik xossasining yo'qolishi, o'ta o'tkazuvchanlik hodisasi va h.k. kiradi. Faraz qilamiz, kristall jism kizdirilish haroratining ortishi bilan ma'lum vc - qismda qattiq holatda qoladi

(1-rasm) c - nuqta kristalning erishi nuqtasiga to'g'ri keladi va har xil kristall jism uchun har xil qiymatga ega.



cd -uchastkada kristallga berilgan issiqlik uning erishiga sarf bo'ladi kristall strukturasi buziladi. d nuqta esa erishning tugash nuqtasi, da -suyuqlikning kizish qismi bo'ladi. Ba'zi qattiq jismlar suyuqlikka aylanmasdan, bir yo'la gaz holatiga o'tib ketish hodisasi mavjud bo'lib, bu jarayon sublimatsiya deyiladi. Masalan, yodni olsak, u harorat ta'sirida to'gridan-to'gri bug'ga aylana boshlaydi. Gaz holatdan suyuqlikka, suyuqlikdan qattiq jismga aylanish va aksincha kechayotgan fazoviy o'tishlarni "bosim(P)- harorat (T) diagrammasida ko'zatishtir mumkin (2-rasm).

Bu rasmda tuyingan bug' bosimining tashqi bosimga bog'liqligini 0-1 egri chiziq ko'rsatadi, bu egri chiziqning har bir nuqtasi gaz- suyuqlik chegarasida dinamik fazoviy muvosohatni ifodalaydi. 0-2 egri chiziq qattiq va suyuq faza orasidagi chegarani 0-3 esa qattiq va gaz fazalari orasidagi chegarani ko'rsatadi. 0-uchlanma nuqta uch fazani bir vaqtda mavjud bo'lishini ko'rsatadi. Har qaysi modda uchun o'zining uchlanma nuqtasi bo'ladi, ya'ni uning uchta fazasi muvosohatda bo'ladigan nuqtasi mavjud. Diagrammadan ko'rinib turibdiki, bosim o'zgarishi bilan erishi, bug'ga aylanishi va sublimatsiya temperaturalari o'zgaradi. Fazaviy o'tish natijasida moddaning hajmi ham o'zgaradi.

Fazaviy muvozanat sharoitida R, T orasidagi bog'lanish Klapeyron - Klao'ziusning quyidagi differentsial tenglamasi bilan yo'zilatir.

$$\frac{dP}{dT} = \frac{q}{T\Delta V} \quad (1)$$

Bunda $\frac{dP}{dT}$ fazaviy muvosohat egri chizigi ustidagi hosila, q - fazaviy o'tish issiqligi, ΔV - fazaviy o'tishda hajmning o'zgarishi.

Real gazlarning ichki energiyasi

Ideal gazlarning ichki energiyasi asosan gaz molekulari harakatining kinetik energiyasidan iborat bo'lib, bir mol gaz uchun

$$U_{\mu} = \frac{i}{2} RT = C_v T \quad (2)$$

ko'rinishda yo'ziladi. Bu formulada $C_v = \frac{i}{2} R$ bir mol gaz uchun izoxorik jarayonda issiqlik sigimidir. Real gazlar ichki energiyasini o'rganishda molekulalarning o'zaro ta'siri natijasida ichki bosimi R_i ning vujudga kelishi va shu kuchlar ta'sirida potentsial energiya'ning o'zgarishini hisobga olish kerak. Molekulalarning o'zaro tortishish kuchi bajargan ish:

$$dA = P_i dV; \quad P_i = \frac{a}{V^2} \text{ ni hisobga olib,}$$

$$dA = dU_2 = \frac{a}{V^2} dV \quad w_2 = \frac{a}{V} + c$$

Agar molekulalar bir-biridan cheksiz uzoqlashsa, $c=0$ da

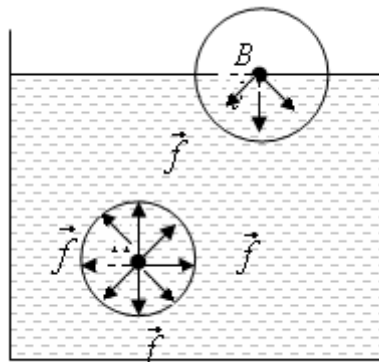
$$U_2 = -\frac{a}{V} \quad (3)$$

Shunday qilib, real gazlarning ichki energiyasi (2) va (3) yordamida quyidagicha yo'ziladi: $U = U_\mu + U_r = C_v T - \frac{a}{V}$, $U = C_v T - \frac{a}{V} \quad (4)$

Demak, real gazning ichki energiyasi gazning haroratiga va hajmga bog'liq ekan.

Suyuqliklar va qattiq jismlar orasidagi ayrim o'xshashliklar

Suyuqliklar-shaklan tez o'zgaruvchan bo'lib, siqilish kobiliyati gazlarga nisbatan juda kichik. Suyuqlik molekulalari orasidagi o'zaro ta'sir kuchi gaz molekulalarining o'zaro ta'siridan katta, shu sababli molekulalarning o'zaro ta'sir kuchi suyuqliklar uchun juda muhim ahamiyatga ega. Suyuqlik molekulalari suyuqlikning sirtida va ichida har xil potentsial energiyaga ega, shu sababli suyuqlik sirtining xossalari suyuqlikning ichki qismi xossalariidan farq qiladi. Suyuqlik ichidagi A molekula atrofidagi molekulalar bilan o'zaro ta'sir qilib, bu kuchlar



4-rasm

o'zaro kompensatsiyalangan bo'ladi. V molekulaning suyuqlik sirtidan yo'qori qismidagi energiya kompensatsiya qilingan bo'lib, f kuch molekulani suyuqlik ichiga (pastga) tortadi (4-rasm), chunki bu molekulaga ta'sir etuvchi kuchlar tola kompensatsiyaqilililmagan. Demak suyuqlik sirtidagi barcha molekulalarga, ularni pastga, suyuqlik ichkarisiga tortuvchi kuchlar ta'sir etadi.

Ya'ni, suyuqlikning sirt qatlami suyuqlikka ma'lum bosim beradi, bu bosim molekulyar bosim deyiladi. Natijada suyuqlikning sirtki qatlamidagi molekulalar hajmidagi molekulalarga nisbatan ortiqcha potentsial energiyaga ega bo'ladi. Bu energiya sirt energiyasi yoki erkin energiya deb ataladi.

Sirtidagi suyuqlik molekulalari, suyuqlik ichidagi molekulalarga nisbatan ortiqcha energiyaga ega bo'lib, uning sirt qatlamida taranglikni hosil qiladi. Sirt taranglik kuchi:

$$F = \alpha l \quad (5)$$

$$\alpha = \frac{F}{l} \quad (6)$$

Bunda α - sirt taranglik ko'effitsiyenti: l - suyuqlik sirt chegarasi o'zunlik birligi, - α , nG'm hisobida o'lchanib, suyuqlikning tabiatiga, tarkibiga va haroratiga bog'liq. Suyuqliklarda molekulalar ichki bosimi bo'lishi real gazlar bilan suyuqliklar urtasida umumiylik borligidan dalolat beradi. Bu umumiylik asosida molekulalarning o'zaro ta'siri yotadi. Suyuqliklar bilan qattiq jismlar urtasida ham umumiylik bor, suyuqliklarning ko'p xossalari qattiq jismlar xossalariga uxshab ketadi. Bu uxshashlik qattiq jismlar eriganda yoki erigan qattiq jismlar kotganda ko'proq namoyon bo'ladi.

Nazorat savollari:

1. Van-der-vals tenglamasini tushuntiring?
2. Metastabil holatlar nima?
3. Uchlangan nuqtani tushuntiring?
4. Ikkinchi tur fazaviy o'tishlarni tushuntiring?

11-Mavzu: Tebranishlar va to'lqinlar.

Reja:

1. Tebranishlar haqida umumiy ma'lumotlar.
2. Garmonik tebranishlar va tebranma harakat tenglamasi.
3. Tebranma harakat qilayotgan jismning energiyasi

Tayanch iboralar: Tebranish, garmonik tebranish, tebranma harakat tenglamasi, avtotebranish, garmonik ossillyator,

Tebranishlar haqida umumiy ma'lumotlar.

U yoki bu darajada takrorlanuvchanligi bilan ajralib turadigan jarayonlarga tebranishlar deb ataladi. Ana shunday takrorlanuvchanlik xossasiga, masalan soat mayatnikning tebranishi, torining yoki kamerton oyoqchalarining tebranishi, radioqabul qiluvchi konturidagi kondensator qoplamalari orasidagi kuchlanishning tebranishi va hokazolar egadir.

Takrorlanayotgan jarayonning fizik tabiatiga qarab tebranishlar: mexanik, elektromagnit, elektromexanik va hokazo tebranishlarga ajraladi. Mexanik tebranishlar taxlil qilinadi. Tebranishlar tabiatda va texnikada keng tarqalgan. Ko'pchilik hollarda ular salbiy rol o'ynaydilar. Relslarning qo'shilish joyidan o'tayotganda poezdning g'ildiragi beradigan turtkilar ta'sirida ko'priklarning

tebranishi, suzish vintning aylanishi natijasida kema tanasining tebranishi, samolyot qanotlarining tebanishi halokatga olib kelishi mumkin bo'lgan jarayonlardir. Bunday hollarda vazifa tebranishlarning yuzaga kelishiga yo'l qo'ymaslikdan yoki har xil tebranishlar havfli chegaragacha ko'tarilishiga qarshi kurashishdan iborat bo'ladi.

Shu bilan birga tebranma jarayonlar texnikaning turli sohalari asosiy ahamiyatga ega. Masalan, radiotexnika tebranma jarayonlarga asoslangan.

Tebranayotgan sistemaga ko'rsatilayotgan ta'sirining harakteriga qarab, tebranishlar erkin (yoki xususiy) tebranishlarga, majburiy tebranishlarga, avtotebranishlarga va parametrik tebranishlarga bo'linadi.

Bir marta turtki berilganda yoki muvozanat holatidan chiqarilgandan keyin o'zicha tebranadigan sistemada yuz beradigan tebranishlarga erkin yoki xususiy tebranishlar deb ataladi. Bunga misol qilib ipga osib quyilgan sharchaning (mayatnikning) tebranishini olish mumkin. Tebranishlar vujudga kelishi uchun sharchani turtib yuborish yoki uni muvozanat holatidan chetga chiqarib qo'yib yuborish kifoya.

Davriy ravishda o'zgaruvchi tashqi kuch ta'siri ostida bo'ladigan tebranishlar majburiy tebranishlar deb yuritiladi. Bunga ustidan odamlar tartibli qadam tashlab o'tayotgan ko'prikning tebranishlari misol bo'la oladi.

Avtotebranishlar vaqtida majburiy tebranishlardagi kabi tebranuvchi sistemaga tashqi kuchlar ta'sir qiladi, biroq bunday ta'sir ko'rsatilishi zarur bo'lgan vaqt momentlarini tebranuvchi sistemaning o'zi belgilaydi-tashqi ta'sirining sistemaning o'zi boshqaradi. Avtotebranuvchi sistemaga soat misol bo'lishi mumkin. Mayatnik ko'tarib qo'yilgan toshning yoki buralgan prujinaning energiyasi hisobiga turtki olib turadi, bunda bu turtkilar mayatnik o'rta holatdan o'tayotgan momentlardagina beriladi.

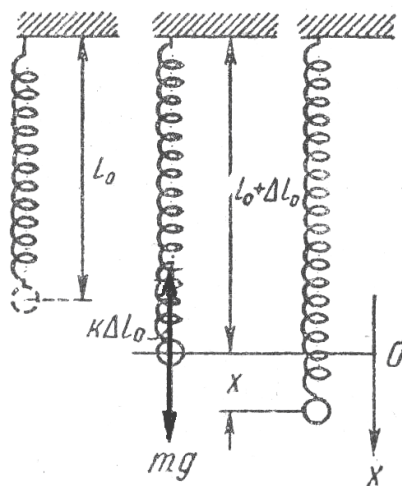
Parametrik tebranishlar vaqtida tashqi ta'sir hisobiga sistemaning biror parametri, masalan, tebranayotgan sharcha osilib turgan ipning uzunligi davriy ravishda o'zgarib turadi. Eng sodda tebranish bu garmonik tebranishdir. Garmonik tebranish shunday hodisaki, unda tebranuvchi kattalik (masalan mayatnikning og'ishi) vaqt bo'yicha sinus yoki kosinus qonuni bo'yicha o'zgaradi. Bu turdagi tebranish quyidagi sabablarga ko'ra juda muxumdur: birinchidan tabiatda va texnikada uchraydigan tebranishlar o'z harakteri bilan garmonik tebranishlarga juda yaqin, ikkinchidan boshqacha ko'rinishdagi (vaqtga qarab boshqacha o'zgaradigan) davriy tebranishlarni ustma-ust tushgan bir necha garmonik tebranishlar sifatida tasavvur qilish mumkin.

Garmonik tebranishlar.

Prujinaga osib qo'yilgan m massali sharchadan iborat sistemani qarab chiqaylik.

(4-rasm). Muvozanat holatida mg kuch $k\Delta l_0$ elastik kuch bilan muvozanatlashadi:

$$mg = k\Delta l_0 \quad (1)$$



1-rasm

Sharchaning muvozanat holatidan oqishini x koordinata bilan harakterlaymiz, bunda x o'qni pastga vertikal yunaltirib, o'qning nolini sharchaning muvozanat holati bilan ustma-ust tushiramiz. Agar sharchani muvozanat holatdan x masofaga (x -algebraik kattalik) og'dirsak, u holda prujina $\Delta l_0 + x$ ga uzaygan bo'ladi va natijaviy kuchning o'qqa proeksiyasi (bu proeksiyani to'qridan-to'qri f harf bilan bilan belgilaymiz) quyidagi qiymatni oladi:

$$f = mg - k(\Delta l_0 + x).$$

(1) muvozanat shartini hisobga olsak, quyidagini topamiz:

$$f = -kx \quad (2)$$

(2) formulada "-" ishora siljish bilan kuch qarama-qarshi yunalganligini anglatadi: agar sharcha muvozanat holatidan pastga qarab og'sa ($x > 0$), kuch yuqoriga qarab yo'naladi ($f < 0$), sharcha yuqoriga qarab oqsa ($x < 0$), kuch pastga qarab yunaladi ($f > 0$). Shunday qilib, f kuch quyidagicha xossalarga ega ekan:

- 1) U sharchaning muvozanat holatdan siljishiga proporsional,
- 2) U doim muvozanat holatga qarab yunalgan.

Bu qarab chiqqan misolimizda (2) kuch aslida o'z tabiati bilan elastik kuchdir. Boshqacha tabiatga ega bo'lgan kuch xam xuddi shunday qonuniyatga bo'y sinishi, ya'ni $-kx$ ga teng bo'lib qolishi mumkin, bu yerda k - doimiy musbat kattalik. Odatda bunday ko'rinishdagi kuchlar ularning tabiatidan qa'tiy nazar kvazielastik kuchlar deb ataladi.

Sistemani x ga siljitish uchun kvazielastik kuchga qarshi quyidagicha ish bajarish kerak:

$$A = \int_0^x (-f) dx = \int_0^x kx dx = \frac{kx^2}{2}.$$

Bu ish sistemaning potensial energiyani vujudga keltirishga sarflanadi. Demak kvazielastik kuch ta'sir ko'rsatayotgan sistema muvozanat holatda x masofaga siljiganda

$$E_p = \frac{kx^2}{2} \quad (3)$$

potensial energiyaga ega bo'lar ekan (muvozanat holatdagi potensial energiyani nolga teng deb olamiz.) (3) ifoda deformatsiyalangan prujining potensial energiyasi formulasiga o'xshaydi. Sharchani $\ddot{x} = a$ ga siljitib, so'ngra sistemani o'z xoliga qo'yamiz. $f = -kx$ kuch ta'sirida sharcha muvozanat holatga qarab tobora ortib boruvchi $v = \dot{x}$ tezlik bilan harakatlanadi. Bunda sistemaning potensial energiyasi kamaya boradi, lekin tobora ortib boruvchi $E_k = m\dot{x}^2 / 2$ kinetik energiya maydonga keladi (prujining massasini hisobga olmaymiz). Sharcha muvozanat holatiga qaytgandan keyin xam inersiya bilan harakatni davom ettiradi. Bu harakat sekinlanuvchan bo'lib, kinetik energiya batamom potensial energiyaga aylangach, ya'ni sharchaning siljishi $-a$ ga teng bo'lgach, to'xtab qoladi. So'ngra sharcha orqaga qarab qaytgan vaqtda xam xuddi shunday jarayon sodir bo'ladi. Agar sistemada ishqalanish bo'lmasa, sistemaning energiyasi saqlanib qoladi va sharcha $x=a$ dan $x=-a$ gacha oralikda cheksiz uzoq vaqt harakatlanadi. Sharcha uchun Nyuton ikkinchi qonunining tenglamasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$m\ddot{x} = -kx.$$

Bu tenglamani quyidagicha o'zgartiramiz:

$$\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0. \quad (4)$$

oldidagi koeffisienti musbat. Shuning uchun uning quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\omega_0^2 = \frac{k}{m}, \quad (5)$$

Bu yerda ω_0 -haqiqiy son.

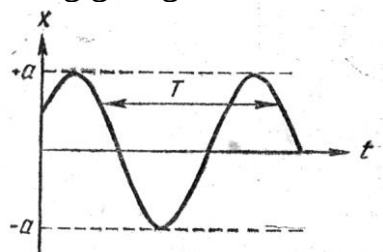
(4) ga (5) dagi belgini qo'yib quyidagini hosil qilamiz:

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0 \quad (6).$$

Shunday qilib (2) ko'rinishdagi kuch ta'siridagi sharchaning harakati ikkinchi darajali chiziqli bir jinsli differensial tenglama bilan ifodalanar ekan. (2). tenglamaning umumiy yechimi quyidagi ko'rinishga ega ekanligiga osongina ishonch hosil qilish mumkin:

$$x = a \cos(\omega_0 t + \alpha) \quad (7)$$

bu yerda α va a - ixtiyoriy kattaliklar. Shunday qilib, x siljish vaqtga qarab kosinus qonuni bilan o'zgarar ekan. Demak, $f = -kx$ ko'rinishdagi kuchning ta'siri ostida turgan sistemaning harakati garmonik tebranishdan iborat ekan. Garmonik tebranishning grafigi ya'ni (7) ning grafigi 2 - rasmda tasvirlangan.



2-rasm

Gorizontaal o'q bo'ylab t vaqt, vertikal o'q bo'ylab siljish x qo'yilgan. Kosinus -1 dan +1 gacha chegarada o'zgarganidan x ning qiymatlari $-a$ dan $+a$ gacha chegarada yotadi. Sistemaning muvozanat holatdan eng katta oqishini tebranish amplitudasi deyiladi. Amplituda a o'zgarmas musbat kattalikdir. Uning qiymati dastlabki oqishining yoki sistemani muvozanat holatidan chiqargan turtkning katta - kichikligiga bog'liq. Kosinus ishorasi ostidagi $(\omega_0 t + \alpha)$ kattalik tebranish fazasi deyiladi. O'zgarmas kattalik α ning $t=0$ momentidagi fazaning qiymatidan iborat bo'lib tebranishning boshlanqich fazasi deyiladi. Vaqt hisob boshining o'zgarishi bilan α ham o'zgaradi. Demak, boshlanqich fazaning qiymati vaqt hisob boshiga bog'liq ekan. x ning qiymati fazaga 2π sonning qo'shilishiga, ayrilishiga bog'liq bo'lmaganligi uchun hamma vaqt ham boshlanqich fazaning u moduli bo'yicha π dan kichik bo'ladigan qilib tanlab olish mumkin. Shu sababdan odatda α ning $-\pi$ bilan $+\pi$ orasida yotgan qiymatlarigina tekshiriladi. Kosinus davri 2π ga teng bo'lgan davriy funksiya bo'lganligidan garmonik tebranayotgan sistemaning turli holatlari shunday vaqt oralig'ida ichida takrorlanib turadiki, bu vaqt davomida tebranish fazasi 2π ga teng ortirma oladi. Bu vaqt oralig'i T tebranishlar davri deb ataladi.

U quyidagi shartdan topilishi mumkin: $[\omega_0(t+T) + \alpha] = [\omega_0 t + \alpha] + 2\pi$

Bundan

$$T = \frac{2\pi}{\omega_0} . \quad (8)$$

Vaqt birligi ichidagi tebranishlar soni tebranish chastotasi deyiladi. Aftidan, chastota tebranishning davom etish vaqti T bilan quyidagicha boqlangan:

$$\nu = \frac{1}{T} . \quad (9)$$

Chastota birligi deb davri 1 sek ga teng bo'lgan tebranishning chastotasi qabul qilingan. Bu birlik Gers (Gs) deb ataladi. 10^3 Gs ga teng chastota kilogers (kGs) deb, 10^6 Gs esa - megagers (MGs) deb ataladi.

(8) dan

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T} . \quad (10)$$

Shunday qilib, $\omega_0, 2\pi$ sekund ichidagi tebranishlar sonidan iborat ekan. ω_0 kattalikni aylanaviy yoki siklik chastota deyiladi. U odatdagi chastota ν bilan quyidagicha boqlangan:

$$\omega_0 = 2\pi \nu . \quad (11)$$

(7) ni vaqt bo'yicha differensiallab, tezlik ifodasini topamiz:

$$\dot{x} = -A\omega_0 \sin(\omega_0 t + \alpha) = A\omega_0 \cos\left(\omega_0 t + \alpha + \frac{\pi}{2}\right) \quad (12)$$

(12) dan ko'rinib turibdiki, tezlik xam garmonik qonun bo'yicha o'zgarar ekan. Tezlikning amplitudasi esa $A\omega_0$ ga teng. (7) bilan (12) ni solishtirsak, tezlik siljishdan faza bo'yicha $\pi/2$ ga ilgari yurishni ko'ramiz. (12) Yana bir marta vaqt bo'yicha differensiallasak, tezlanish ifodasini topamiz:

$$\omega = \ddot{x} = -a\omega_0^2 \cos(\omega_0 t + \alpha) = a\omega_0^2 \cos(\omega_0 t + \alpha + \pi) \quad (13)$$

(13) dan tezlanish bilan siljish qarama-qarshi fazalarda o'zgaradi degan xulosa chiqadi. Bu shuni anglatadiki, siljish eng katta musbat qiymatga erishganda tezlanish eng katta manfiy qiymatga erishadi va aksincha. Har bir aniq tebranish amplituda va α boshlanqich fazaning ma'lum qiymatlari bilan harakterlanadi. Bu kattaliklarning qiymatlari berilgan tebranish uchun boshlanqich shartlardan, ya'ni siljish x_0 va vaqtning boshlanqich momentidagi $\mathcal{G}_0$ tezlikning qiymatlari orqali topilishi mumkin. Haqiqatdan ham, (7) va (12) larda $t=0$ deb olsak, ikkita tenglamaga ega bo'lamiz: $x_0 = a \cos \alpha$, $\mathcal{G}_0 = -a\omega_0 \sin \alpha$ bulardan quyidagilarni topamiz:

$$a = \sqrt{x_0^2 + \frac{\mathcal{G}_0^2}{\omega_0^2}} \quad (14)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = -\frac{\mathcal{G}_0}{x_0 \omega_0} \quad (15)$$

(15) tenglama α ning $-\pi$ dan $+\pi$ gacha oraliqda yotgan ikkita qiymatni kanoatlantiradi. α ning bu qiymatlaridan kosinusi bilan sinusiga to'qri ishora beradigan qiymatni tanlab olish kerak.

Garmonik tebranishlar energiyasi.

Kvazielastik kuch konservativ kuchdir. Shuning uchun garmonik tebranishning to'la energiyasi doimiy qolish kerak. Biz yuqorida tebranish jarayonida kinetik energiya potensial energiyaga va aksincha, potensial energiya va kinetik energiyaga aylanib turishini, shu bilan birga sistema muvozanat holatdan eng ko'p og'gani paytda to'la energiya E o'zining maksimal $E_{p \max}$ qiymatga erishgan faqat potensial energiyadan iborat bo'lishini aniqlangan edik:

$$E = E_{p \max} = \frac{ka^2}{2} \quad (1)$$

Sistema muvozanat holatidan o'tayotgan paytda esa to'la energiya batamom shu momentda o'zining maksimal $E_{k \max}$ qiymatga erishgan energiyadan iborat bo'ladi:

$$E = E_{k \max} = \frac{m\mathcal{G}_{\max}^2}{2} = \frac{ma^2\omega_0^2}{2} \quad (2).$$

(Yuqorida tezlik amplituda $a\omega_0$ ga teng ekanligi ko'rsatilgan edi). (1) va (2) ifodalar bir-biriga teng ekanligini osongina ko'rish mumkin, chunki yuqoridagi mavzudagi (5) ga binoan

$$m\omega_0^2 = k$$

Garmonik tebranishning kinetik E_k va E_p potensial energiyalari vaqt bo'yicha qanday o'zgarishini qarab chiqaylik. Kinetik energiya $[x$ uchun yozilgan yuqoridagi mavzudagi (12) ifodaga qarang]

$$E_k = \frac{mx^2}{2} = \frac{ma^2\omega_0^2}{2} \sin^2(\omega_0 t + \alpha) \quad (3)$$

Potensial energiya quyidagicha ifodalanadi.

$$E_p = \frac{kx^2}{2} = \frac{ka^2}{2} \cos^2(\omega_0 t + \alpha) \quad (4)$$

(3) bilan (4) ni qo'shib va yuqoridagi mavzudagi (5) munosabatni hisobga olib quyidagini topamiz:

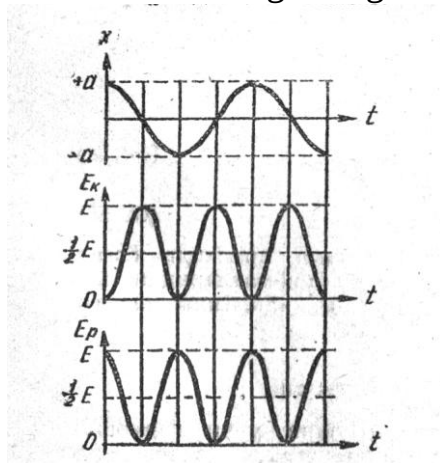
$$E = E_k + E_p = \frac{ka^2}{2} \left(\ddot{e}_{ku} \frac{ma^2\omega_0^2}{2} \right) \quad (5)$$

bu (1) va (2) ga o'xshashdir. Shunday qilib, garmonik tebranishning to'la energiyasi chindan xam o'zgarmas ekan. Trigonometriyada ma'lum bo'lgan formulalardan foydalanib E_k va E_p larning ifodasini quyidagicha ko'rinishga keltirish mumkin:

$$E_k = E \sin^2(\omega_0 t + \alpha) = E \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos 2(\omega_0 t + \alpha) \right] \quad (6)$$

$$E_p = E \cos^2(\omega_0 t + \alpha) = E \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos 2(\omega_0 t + \alpha) \right] \quad (7)$$

Bu yerda E -sistemaning to'la energiyasi. (6) va (7) formulalardan E_k va E_p energiyalar chastota bilan, ya'ni garmonik tebranish chastotasidan 2 marta katta chastota bilan o'zgarishi ko'rinib turibdi. 6-rasmda x, E_k va E_p larning grafiklari bir-biriga taqqoslangan. Ma'lumki, sinusning ham konsinusning ham kvadratining o'rtacha qiymati yarmiga teng. Demak, E_k ning o'rtacha qiymati E_p ning o'rtacha qiymatiga mos keladi va $E/2$ ga teng ekan.



3-rasm

Garmonik ossillyator

Quyidagi tenglama bo'yicha tebranadigan sistema

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0 \quad (1)$$

Bu yerda ω_0^2 - o'zgarmas musbat kattalik garmonik ossillyator (yoki garmonik vibrator) deb yuritiladi. Biz bilamizki, (1) tenglamaning yechimi quyidagi ko'rinishga ega:

$$x = a \cos(\omega_0 t + \alpha) \quad (2)$$

Demak, garmonik ossillyator muvozanat holati yonida garmonik tebranuvchi sistemadan iborat ekan. O'z-o'zidan ravshanki, avvalgi mavzularda garmonik tebranish uchun olingan barcha natijalar garmonik ossillyator uchun xam o'rinli. Yana qo'shimcha ikkita masalani qarab chiqaylik. Garmonik ossillyatorning

impulsini topamiz (2) ni vaqt bo'yicha differensiallab va olingan natijani ossillyatorning m massasiga ko'paytirib quyidagini topamiz:

$$p = m\dot{x} = -ma\omega_0 \sin(\omega_0 t + \alpha) \quad (3).$$

Ossillyator x siljishi bilan harakterlanuvchi har bir vaziyatda biror r impulsga ega bo'ladi. P ni x ning funksiyasi ko'rinishida topish uchun (2) va (3) tenglamalardan t vaqtini yuqotish kerak. Buning uchun yana shu tenglamalarni quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$\frac{x}{a} = \cos(\omega_0 t + \alpha)$$

$$\frac{p}{ma\omega_0} = -\sin(\omega_0 t + \alpha).$$

Bu ifodalarni kvadratga ko'tarib va o'zaro qo'shib quyidagini topamiz:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{p^2}{m^2 a^2 \omega_0^2} = 1 \quad (4)$$

R. χ koordinatalar tekisligi odatda faza tekisligi, bunga mos grafik esa fazaviy traektoriya deb yuritiladi. (4) ga binoan garmonik ossillyatorning fazaviy traektoriyasi yarim o'qlari a ga va $ma\omega_0$ ga teng ellipsdan iborat. Fazaviy traektoriyaning har bir nuqtasi χ o'qi bilan r impul'sni, ya'ni ossillyatorning vaqtning biror momentidagi holatini tasvirlaydi. Vaqt o'tishi bilan holatni tasvirlovchi nuqta (qisqacha u tasviriy nuqta deb yuritiladi) fazaviy traektoriya bo'ylab ko'chib tebranish davri ichida uni to'la aylanib chiqadi. Tasviriy nuqta soat strelkasi bo'ylab, ko'chishiga ishonch hosil qilish qiyin emas. Haqiqatdan ham, shunday t' vaqt momentini olamizki, $\omega_0 t' + \alpha = 2\pi n$ (n-butun son) bo'lsin. Vaqtning bu momentiga $x=a$ va $p=0$ mos keladi. Vaqtning bundan keyingi momentlarida x kamaya boradi, p esa moduli orta boruvchi manfiy qiymatlar qabul qiladi. Ellipsning yuzini topaylik. Ma'lumki, u ellips yarim o'qlarining π ga ko'paytmasiga teng:

$$S = \pi a m a \omega_0 = \frac{2\pi}{\omega} \frac{m a^2 \omega_0^2}{2}$$

mos ravishda $ma^2\omega_0^2/2$ ossillyatorning to'la energiyasi: $2\pi/\omega_0$ kattalik esa $1/\nu_0$ ga teng, bu yerda ν_0 ossillyatorning xususiy chastotasi, u berilgan ossillyator uchun o'zgarmas kattalik. Demak, ellipsning yuzini quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$S = \frac{1}{\nu_0} E$$

bundan

$$E = \nu_0 S \quad (5)$$

Shunday qilib, garmonik ossillyatorning to'la energiyasi ellipsning yuziga proporsional bo'lib, bunda ossillyatorning xususiy chastotasi proporsionallik koeffisienti vazifasini o'tar ekan.

Mayatniklar.

Nyuton matematik mayatnik yordamida og'irlik kuchi tezlanishini juda katta aniqlikda topgan. Bo' metodning aniqligi shunchalik kattaki, uning yordamida

og'irlik kuchi tezlanishi geografik kenglikka bog'lik o'zgarishining hamda yer qatlami zichligining o'zgarishi tufayli uning normal qiymatidan chetlanishni aniqlash mumkin. Bajarilgan o'lchashlardan foydalanib, yetarlicha aniqlik bilan Yer massasini aniqlash mumkin. Chunki tortishish nazariyasidan ma'lumki, og'irlik kuchi tezlanishi quyidagicha ifodalanadi:

$$g = \gamma M_{\text{er}} / R^2$$

Bu yerda M_{yer} - Yer massasi, R - Yer radiusi, γ - Gravitasion doimiy

Bunda Mer Kavendish tajribasiga o'xshash tajribalardan, Yer radiusi R esa astronomiq o'lchashlardan aniqlash mumkin. Nyutonning har xil mayatniklarning (massasi bir hil bo'lgan), turli moddadan yasalgan mayatniklarning tebranish darajalarini kuzatib, og'irlik kuchi tezlanishning qiymati mayatnik massasiga bog'lik emas degan xulosaga keladi. Bo`xodisa o'z navbatida inert va tortishish massalarning bir biriga ekvivalent ekanligini bildiradi.

Matematik mayatnik vaznsiz va cho'zilmaydigan ipga osilgan moddiy nuqtaga aytiladi. Mayatnikning uzunligi osma ipning bog'lanish nuqtasidan uning og'irlik markazigacha bo'lgan masofaga teng. Og'irlik markazigacha bo'lgan masofani aniqlash uchun mayatnik sifatida shar shaklidagi katta jism olinadi. Real matematik mayatnik sifatida shar shaklidagi katta jism olinadi. Real matematik mayatnikni uzunligi l massasi m bo'lgan moddiy nuqtadan iborat va yuqorida ko'rsatilgan shartlarni qanoatlantiruvchi ideal matematik mayatnik bilan almashtirish mumkin.

Muvozanat holatidan α burchakka og'dirilgan moddiy nuqtaga ikkita kuch-

1. Og'irlik kuchi – $P = mg$

2. Ipning taranglik kuchi F_T ta'sir qiladi. Agar P og'irlik kuchining ipning yunalishi bo'yicha yo'nalgan P_1 va nuqtaning harakatiga o'tkazilgan urinma bo'yicha yo'nalgan P_2 tashkil etuvchilarga ajratsak, nuqtaning normal (markaziga intilma) tezlanish ip bo'ylab yo'nalgan kuchlar farqi:

(1) bilan tangensial tezlanish esa faqat P_1 kuch bilan aniqlanadi. Nyutonning 2-qonuniga asosan bo` tangensial tezlanish quyidagiga teng:

$$a_2 = \frac{P_1}{m} = \frac{P \sin \alpha}{m} = \frac{mg \sin \alpha}{m} = g \sin \alpha \quad (2)$$

(2) ga asosan tebranma harakat bajaruvchi bog'liq emas. Demak, tezlikning son qiymati, shuningdek bir chetki holatiga kelishi uchun ketadigan vaqt ham nuqtaning massasiga bog'liq bo'lmasligi kerak. Tangensial tezlanish son qiymat jihatdan nuqta tezligining o'zgarish sur'atini ifodalaydi, ya'ni

$$a_\tau = \frac{dv}{dt}$$

nuqtaning tezligi $v = \frac{dx}{dt}$ bo` yerda dx nuqtaning dt vaqt oralig'ida yoy bo'ylab bosib o'tgan yuli, demak

$$a_{\tau} = -\frac{d^2x}{dt^2}$$

dv va dx lar bir biriga nisbatan qarama- qarshi ishoraga ega bo'lgani uchun ifoda oldiga manfiy ishora qo'yiladi, chunki dx musbat bo'lganda dv manfiy bo'ladi. Shunday qilib:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -g \sin \alpha$$

α - og'ish bo`rchagining kichik qiymatlari uchun $\sin \alpha \approx \alpha$ (0,4% xatolik bilan) desak

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -g\alpha \text{ bo'ladi.}$$

Agar α - og'ish bo`rchakni nuqtaning muvozanat holatidan siljish masofasi (X) orqali ifodalansa:

$$\alpha = \frac{x}{l} \quad \text{u xolda} \quad a_{\tau} = -\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{g}{l}x \quad (3)$$

Ifodani hosil qilamiz (3) dan ko'rinishicha, istalgan vaqt uchun nuqta siljishidan vaqt bo'yicha olingan ikkinchi tartibli hosila muvozanat holatidan siljishga to'g'ri mutanosibdir.

Nuqtaning harakat konunini aniqlash uchun istalgan daqiqada (3)ni to'la ayniyatga aylantiruvchi va muvozanat holatidan siljishni ifodalovchi $X=X(t)$ funksiyani topish lozim.

Agar nuqta tebranma harakat qilsa uning funksiyasi quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:
 $x=x_0 \sin(\omega t + \varphi) \quad (4)$

Bo` yerda X -tebranish amplitudasi

φ -tebranishning boshlang'ich fazasi

ω -siklik chastota bo'lib

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

(4) tenglamadagi bo`rchaklar radianlarda o'lchanib, uni qanoatlantiruvchi harakat garmonik harakat deb aytiladi. Tebranma harakat davri 2π ga teng, ya'ni $\omega t + \varphi$ kattalik 2π ga teng o'zgarganda qiymati takrorlanadi. Demak moddiy nuqta bir yo'nalishda harakat qilib o'zining holatini takror o'tishi uchun kerak bo'ladigan vaqt quyidagi shartdan topiladi.

$$(\omega t_2 + \varphi) - (\omega t_1 + \varphi) = 2\pi$$

$$\text{Bundan: } T=t_2-t_1=\frac{2\pi}{\omega} \quad (5) \quad \text{yoki} \quad T=\frac{t}{n} \quad (6)$$

$$(6) \text{ bilan ifodalanuvchi kattalik tebranish davri } T=2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (7)$$

kelib chiqadi.

Ya'ni mayatnikning tebranish davri uning uzunligi va berilgan nuqtadagi og'irlik tezlanishiga bog'likdir. (7) dan quyidagini yozish mumkin:

$$g = \frac{4\pi l}{T^2} \quad (8)$$

Bo` ifodadagi mayatnik uzunligini va tebranish davrini o'lchab g kattalikni hisoblab topish mumkin.

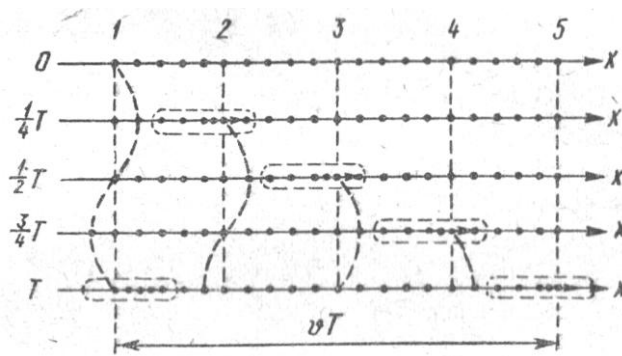
Mayatnikning uzunligi $l_1^1 = l_2 - \tau$ bo'lganda to'la tebranish davri T_1 va $l_2^1 = l_2 - \tau$ bo'lganda T_2 bo'lsin deylik. U xolda (8) ga asosan

$$g = \frac{4\pi^2(l_2 - l_1)}{T_2^2 - T_1^2} \quad (9)$$

bo` yerda l_1 va l_2 mayatnikning osilish nuqtasidan sharchaning pastki nuqtasigacha bo'lgan masofalar T_1 va T_2 lar esa mos ravishda l_1 va l_2 larga tegishli to'la tebranish davrlaridir.

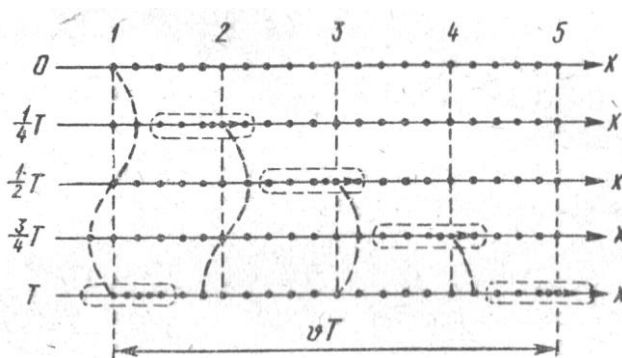
To'lqinlarning elastik muxitda tarqalishi

Agar elastik (qattiq, suyuq yoki gaz holatdagi) muxitning biror joyidagi zarralar tebrantirilsa, u holda zarralarning o'zaro ta'sirlanishi natijasida bu tebranishlar muxitda biror g tezlik bilan zarradan zarraga tarqala boshlaydi. Tebranishlarning fazoda tarqalish jarayoni to'lqin deb ataladi. To'lqin tarqalayotgan muxitning zarralari to'lqin bilan birga ko'chmaydi, ular faqat o'z muvozanat holatlari atrofida tebranib turadi xalos. Zarralarning tebranishi to'lqin tarqalayotgan yo'nalishga nisbatan qanday yunalganligiga qarab to'lqinlar bo'ylama va ko'ndalang to'lqinlarga ajratiladi. Bo'ylama to'lqinda muxitning zarralari to'lqinlar tarqalayotgan yo'nalishi bo'ylab tebranadi. Ko'ndalang to'lqinda muxitning zarralari, to'lqin tarqalayotgan yo'nalishga perpendikulyar yo'nalishda tebranadi. Mexanik ko'ndalang to'lqinlar faqat siljish qarshiligiga ega bo'lgan muxitda vujudga kelishi mumkin. Shuning uchun suyuq va gaz holatdagi muxitlarda faqat bo'ylama to'lqinlar vujudga kelishi mumkin. Qattiq muxitda xam bo'ylama, ham ko'ndalang to'lqinlar vujudga kelishi mumkin. Muxitda ko'ndalang to'lqin tarqalgan vaqtdagi zarralarning harakati 1-rasmda ko'rsatilgan.



1-rasm

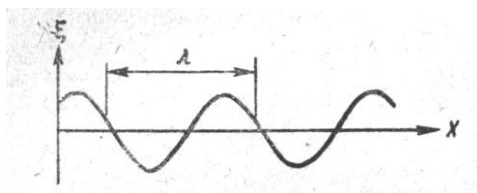
Bir-biridan $\frac{1}{4} T$ masofada, ya'ni chorak tebranish davri ichida o'tadigan yo'lga teng masofada turgan zarralar 1,2,3 va xakazo sonlar bilan belgilangan. Sxemada nol deb qabul qilingan vaqt momentida to'lqin bo'yicha chapdan o'ngga tarqalib 1 zarraga yetadi, buning natijasida zarra o'z orqasidan boshqa zarralarni ergashtirib yuqoriga qarab siljiy boshlaydi. Chorak tebranish davri o'tgach, 1 zarra yuqoridagi chetki holatga yetadi: bir vaqtda 2 zarra muvozanat vaziyatidan siljiy boshlaydi. Yana chorak davr o'tishi bilan birinchi zarra yuqoridan pastga qarab harakatlanib muvozanat holatidan o'tadi, ikkinchi zarra eng chetki yuqori holatga erishadi, uchinchi zarra esa muvozanat holatidan chiqib yuqoriga qarab siljiy boshlaydi. Vaqtning T ga teng momentida birinchi zarra to'la tebranish siklini o'tib bo'ladi va dastlabki momentdagidek holatiga keladi. To'lqin vaqtning T momentigacha $3 T$ yo'lni o'tib 5 zarraga yetib keladi. 2-rasmda muxitda bo'ylama to'lqin tarqalayotganda zarralarning harakatlanishi ko'rsatilgan.



2-rasm

Ko'ndalang to'lqinni taxlil qilayotgan vaqtda yurgizilgan barcha muloxazalarni bu xolga xam tadbiq qilish mumkin, biroq bunda yuqoriga va pastga siljishlar o'rniga o'ngga va chapga siljish haqida gapirish kerak. 8-rasmdan ko'rinib turibdiki, bo'ylama to'lqin tarqalayotganda muxitda zarralarning to'lqinining tarqalish yo'nalishi bo'ylab 3 tezlik bilan ko'chuvchi navbatma-navbat quyuglanish va siyraklanishlari yuzaga kelib turar ekan. To'lqin mavjud ekan, muxitning zarralari o'zlarini muvozanat holatlari atrofida doim tebranib turadi, bunda 1 va 2-rasmlardan ko'rinib turibdiki, turli zarralar faza bo'yicha siljigan holda tebranar ekan. Bir-biridan $3 T$ masofada turgan zarralar bir xil fazada tebranadi (fazaga 2π ni qo'shsak, u xech qanday ta'sir ko'rsatmaydi) Bir xil fazada tebranayotgan o'zaro yaqin zarralar orasidagi masofa λ to'lqin uzunligi deyiladi. (9-

rasmga qarang, unda zarralarning muvozanat holatidan ξ siljish to'liqining tarqalish yo'nalishi bo'ylab o'lchanadigan x masofaning funksiyasi sifatida ifodalangan)



3-rasm

To'liqin uzunligi, ravshanki, to'liqinning bir davr ichida tarqalgan masofasiga teng:

$$\lambda = g T \quad (1)$$

Bu munosabatda T ni $1/\nu$ bilan almashtirsak, quyidagini topamiz:

$$\lambda \nu = g \quad (2)$$

So'ngi munosabatni quyidagicha muloxaza yuritib xam topishimiz mumkin. Bir sekund ichida to'liqin manbai marta tebranib, har bir tebranishda muxitda bitta "do'nglik" bitta "chuqurlik" hosil qiladi. Manba tebranish bajarayotgan momentga kelib birinchi "do'nglik" yulni o'tishga ulguradi. Demak, uzunlikda n dona do'nglik va n dona "chuqurlik" yotishi kerak. Aslida faqat x o'qi bo'ylab yotgan zarralargina tebranmasdan 7- va 8-rasmlarda tasvirlanganidek, biror hajmdagi zarralar to'plami tebranadi. To'liqin jarayon tebranish manбайдan tarqalib fazoning yangi-yangi qismlarini egallay boradi. Tebranishlar vaqtining t momentiga yetib kelgan nuqtalarning geometrik o'rni to'liqin fronti deb ataladi. To'liqin fronti fazoning to'liqin jarayoni tarqalgan qismidan tebranishlar xali yuzaga kelmagan qismini ajratib turuvchi sirtidan iborat.

Bir xil fazada tebranuvchi nuqtalarning geometrik o'rni to'liqin sirti deb ataladi. To'liqin sirtining fazoning to'liqin jarayoni bo'layotgan istalgan nuqtasi orqali o'tkazish mumkin. Demak, vaqtning har bir momentiga bitta to'liqin fronti mos kelsa, to'liqin sirlari cheksiz ko'p bular ekan. To'liqin sirlari harakatlanmaydi (ular bir xil fazada tebranuvchi zarralarning muvozanat holatlari orqali o'tadi). To'liqin fronti doim ko'chib yuradi. To'liqin sirlari istalgan shaklda bo'lishi mumkin. Eng sodda holda ular tekislik yoki sfera shaklida bo'ladi. Bu xollarda to'liqin mos ravishda yassi yoki sferik to'liqin deyiladi. Yassi to'liqinda to'liqin sirlari bir-biriga parallel tekisliklardan, sferik to'liqinda esa kosentrik sferalardan iborat bo'ladi.

Nazorat savollari:

1. Yassi va sferik to'liqlar tenglamasini yozing?
2. To'liqlarning interferensiyasi va difraksiyasini tushuntiring?
3. Turg'un to'liqlar nima?
4. Tovush to'liqlari qanday?
5. Ultratovush haqida ma'lumot bering?

17 – Mavzu: Elektrostatika.

Reja:

1. Elektr zaryadi. Zaryadning diskretligi.
2. Elektr zaryadining saqlanish qonuni.
3. Kulon qonuni.
4. Elektr maydon. Elektr maydon kuchlanganligi.
5. Maydonlar superpozitsiyasi

Tayanch iboralar: Elektr zaryadi, zaryadning diskretligi, elektr zaryadining saqlanish qonuni, Kulon qonuni, elektr maydon, elektr maydon kuchlanganligi, maydonlar superpozitsiyasi.

Bir-biriga ishqalanishi natijasida jismlarning elektrlanishini ko'p kuzatgansiz. Masalan, gilam yoki linoleum to'shalgan honada bir oz yurib, sung biror metall jisimga qo'lingizni tekkizsangiz, behosdan titraysiz. Bundan tashqari, ishqalanuvchi sintetik materiallarning turli qismlari bir-biriga tegishi natijasida vujudga keladigan uchqunlarni kuzatish mumkin. Bu hodisalarga sabab ishqalanayotgan jismlarning *zaryadlanishi* va bu zaryadlarning o'zaro ta'sirlashuvidir.

Jismlarda zaryadlar mavjud edimi yoki ular ishqalanish natijasida paydo bo'ldimi?

Ma'lumki, atomlar musbat zaryadlangan yadro va yadro atrofida berk orbitalar bo'yicha aylanadigan elektronlardan iborat. Zaryadlanmagan jism atomlarida elektronlarning manfiy zaryadlari yig'indisi yadroning musbat zaryadiga teng. Bunday jismlarni *elektroneytral jismlar* deb ataladi. Agar biror ta'sir natijasida elektroneytrallik buzilsa, bunday jism zaryadlangan bo'ladi. Jismdagi manfiy zaryadlar musbat zaryadlardan ortiq bo'lsa, jism *manfiy* zaryadlangan, aksincha, kam bo'lsa, jism *musbat* zaryadlangan deyiladi. Har qanday manfiy (yoki musbat) zaryadlangan jismning zaryadi elektron (yoki proton) ning zaryadiga karrali, ya'ni kvantlangan bo'ladi. Boshqacha aytganda, jismlarning zaryadi fakat $\pm e, \pm 2e, \pm 3e, \dots, \pm Ne$ qiymatlarga ega bo'ladi, bunda e – elektronning zaryadi. Elektron va protonning zaryadlari kattaliklari jihatidan teng, ishoralari esa qarama-qarshi. Shuning uchun elektron (yoki proton) ning elektr zaryadini *elementar zaryad* deb atash mumkin.

Elektr zaryadning o'lchov birligi sifatida kulon (Kl) qabul qilingan: tok kuchi 1 amper (A) bo'lgan uchgarmas elektr tok o'tayotgan o'tkazgichning kundalang kesimidan 1 sekund davomida okib o'tadigan zaryad miqdori 1 kulondir, ya'ni

$$1 \text{ Kl} = 1 \text{ A} \cdot \text{s}.$$

Tok kuchining o'lchov birligi (A) tokli o'tkazgichlarning o'zaro ta'siri asosida qabul qilingan. Bu birlik bilan elektromagnetizm hodisalarini o'rganayotganda tanishamiz.

Tajribalar asosida elementar zaryad kattaligi $e = 1,6 \times 10^{-19}$ Kl ekanligi aniqlangan.

Ikki jismning bir-biri bilan o'zaro ta'sirlashuvi tufayli bir jismda ma'lum miqdorda manfiy zaryad vujudga kelsa, ikkinchi jismda huddi shuncha miqdorda musbat zaryad vujudga keladi. Masalan, ikki xil jismning bir-biriga tegishi (kontakti) natijasida birinchi jism atomlarining valent elektronlari ikkinchi jismga utadi. Lekin ikkala jismdagi barcha manfiy zaryadlar va barcha musbat zaryadlarning miqdorlari o'zgarmaydi.

Demak, *zaryadlar yangidan paydo bo'lmaydi ham, yuko olmaydi ham. Ular jismlarda mavjud, fakat bir jismdan ikkinchi jismga yoki jismning bir qismidan ikkinchi qismiga kuchadi*, holos. Bu hulosi zaryadlarning saqlanish qonuni deyiladi. Bu qonunni yana bunday ham ta'riflash mumkin:

Har qanday izolyatsiyalangan (tashqi jismlar bilan elektr zaryad almashinmaydigan) sistemada elektr zaryadlarning algebraik yig'indisi o'zgarmaydi:

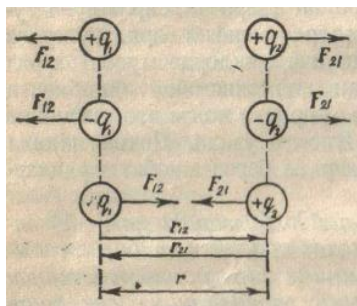
$$\sum q_i = \text{const}, \quad (1.1)$$

bunda q_i – sistema tarkibidagi ayrim jismlar elektr zaryadlarining miqdori.

2-§. Kulon qonuni

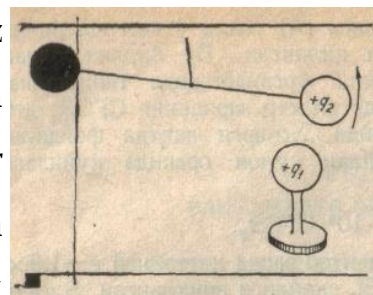
Tajribalarning ko'rsatishicha, bir xil ishorali zaryadlangan jismlar o'zaro itarishishadi, qarama-qarshi ishorali zaryadlangan jismlar esa o'zaro tortishishadi.

Nuqtaviy zaryadlar orasidagi o'zaro



1.2-rasm

ta'sir kuchi kattaligini frantsuz fizigi Sharl Kulon tajribalar asosida aniqladi. Nuqtaviy zaryadlar deganda shunday zaryadlangan jismlar tushuniladiki, bu jismlarning



1.1-rasm

o'lchamlari ular orasidagi masofaga

nisbatan ancha kichik. Kulon tajribasining mohiyati quyidagidan iborat. Ingichka simga shisha shayin osilgan. Shayinning bir uchiga metall sharcha, ikkinchi uchiga esa posangi o'rnatilgan (1.1-rasm). Shayinning uchidagi metall sharchani zaryadlab, unga ikkinchi zaryadlangan metall sharchani yaqinlashtirsak, zaryadlangan jismlar (sharchalar) orasida ta'sir etuvchi elektr kuchi tufayli shayin biror burchakka buriladi. Shayinning burilish burchagi orqali elektr ta'sir kuchini aniqlash mumkin. Kulon zaryadlangan sharchalar orasidagi ta'sir kuchining sharchalardagi zaryad miqdorlariga va ular orasidagi masofaga bog'liqligini tekshirdi. Natijada u fizikada Kulon qonuni nomi bilan mashhur bo'lgan quyidagi qonunni aniqladi.

Vakuumdagi ikki nuqtaviy elektr zaryadning o'zaro ta'sir kuchi ta'sirlashayotgan har bir zaryad kattaliklari kupaytmasiga to'g'ri va zaryadlar orasidagi masofaning kvadratiga teskari proporsionaldir, ya'ni

$$\vec{F}_{12} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}_{12}}{r}; \quad (1.2)$$

$$\vec{F}_{21} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}_{21}}{r}; \quad (1.3)$$

bu ifodalarda q_1 va q_2 – mos ravishda birinchi va ikkinchi nuqtaviy zaryadlarning miqdorlari, r – zaryadlar orasidagi masofa, $\vec{r}_{12}$ – birinchi nuqtaviy zaryaddan ikkinchi nuqtaviy zaryadga o'tkazilgan radius-vektor, $\vec{r}_{21}$ esa, aksincha, ikkinchi nuqtaviy zaryaddan birinchi nuqtaviy zaryadga o'tkazilgan radius-vektor. $\vec{r}_{12} = -\vec{r}_{21}$ bo'lganligi uchun $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$.

Bir xil ishorali zaryadlar itarishishadi (1.2—*a* va *b* rasmlar), qarama-qarshi ishorali zaryadlar esa tortishadi (1.2—*v* rasm).

(1.2) va (1.3) ifodalardagi ϵ_0 – elektr doimiy deb ataladi. U asosiy fizik doimiylarning biridir: $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Kl}^2/(\text{N} \cdot \text{m}^2) = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$.

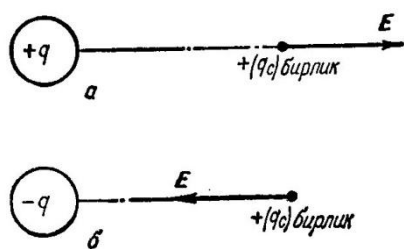
3-§. Elektr maydon va uning kuchlanganligi

Elektr zaryadlarning o'zaro ta'sirlashishi elektr maydon orqali sodir bo'ladi. *Kuzgalmas elektr zaryad atrofidagi elektr kuchlar ta'siri seziladigan faza sohasi mazkur zaryadning elektr maydoni* deb ataladi. Bu maydon, ba'zan, aniqlik kiritish maqsadida *elektrostatik maydon* deb ham yuritiladi, bundagi «statik» qo'shimchasi maydonning vaqt o'tishi bilan o'zgarmasligini anglatadi. Elektr maydon zaryadlarning o'zaro ta'siri tufayli vujudga kelmaydi. Aksincha, har qanday zaryad o'z atrofida mavjud bo'ladigan elektr maydonga ega. Elektr maydonning mavjudligi fazoning mazkur sohasida bonda elektr zaryadlarning joylashganligiga borliq emas. Mazkur holni Erning gravitatsiya (tortish) maydoni boshqa jismlardan mustaqil ravishda mavjudligiga o'xshatish mumkin. Boshqa jismlar esa Yer gravitatsion maydonini tekshirish uchun «sinov jismlar» vazifasini bajarar edi. Zero, jism atrofidagi gravitatsion maydon ham, elektr zaryad atrofidagi elektr maydon ham inson ongiga bog'liq. bo'lmagan holda mavjud. Ularning mavjudligini insonning tabiiy sezgi organlari bevosita seza olmaydi. Bunday hollarda inson uzining tabiiy sezgi organlariga erdamchi vazifasini utaydigan qurilma va asboblardan foydalanadi. Xususan, elektr maydonni tekshirish uchun «sinov zaryad» dan foydalaniladi. Fazoning sinov zaryad kiritilgan nuqtasida elektr maydon mavjud bo'lsa, sinov zaryadga elektr kuch ta'sir etadi. Aksincha, sinov zaryadga hech qanday elektr kuch ta'sir etmasa, fazoning tekshirilayotgan sohasida elektr maydon mavjud emas, degan hulosaga kelinadi. Tabiiyki, sinov zaryadning miqdori mumkin qadar kichik bo'lishi kerak, chunki u tekshirilayotgan maydonning xususiyatlarini sezilarli darajada o'zgartira olmasin.

q zaryad tufayli vujudga kelayotgan elektr maydonning ixtiyoriy biror nuqtasini tanlab olaylik. Bu nuqtaga miqdori q_c bo'lgan sinov zaryad olib kiraylik. Sinov zaryadga maydon tomonidan ta'sir etuvchi kuch q va q_c zaryadlar orasida Kulon

qonuniga asosan ta'sir etuvchi kuchdir, ya'ni

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{qq_c}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}. \quad (1.4)$$



1.3-rasm

Bu ifodadan ko'rinadiki, elektr maydonning ayni bir nuqtasida sinov zaryadga ta'sir etuvchi kuch, sinov zaryad miqdori q_c ga bog'liq. Shuning uchun elektr maydon muayyan nuqtasining kuch harakteristikasi sifatida shu nuqtaga kiritilgan birlik musbat sinov zaryadga ta'sir etuvchi kuch qabul qilinishi lozim, uni

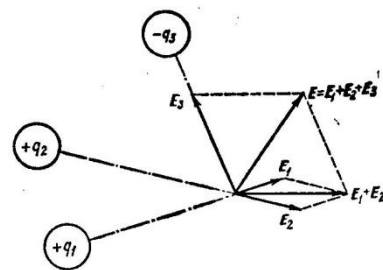
elektr maydonning tekshirilayotgan nuqtasining *kuchlanganligi* deb ataladi va E bilan belgilanadi. Demak, *elektr maydonning ixtiyoriy nuqtasidagi maydon kuchlanganligi deganda shu nuqtaga olib kirilgan birlik zaryadga ta'sir etuvchi kuch* (1.3-rasm) bilan *harakterlanuvchi fizik kattalik tushuniladi*. Elektr maydon kuchlanganligi vektor kattalik bo'lib, uning yo'nalishi maydonning tekshirilayotgan nuqtasiga olib kirilgan birlik musbat zaryadga ta'sir etuvchi kuchning yo'nalishi bilan aniqlanadi.

Agar elektr maydon nuqtaviy q zaryad tufayli vujudga kelayotgan bo'lsa, undan m masofadagi maydon nuqtasining kuchlanganligi

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_c} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}, \quad (1.5)$$

bo'lib, uning yo'nalishi q zaryad va maydonning tekshirilayotgan nuqtasini birlashtiruvchi to'g'ri chiziq bo'ylab zaryaddan tashqariiga (q musbat bo'lganda) yoki zaryad tomonga (q manfiy bo'lganda) yo'nalgan bo'ladi.

(1.5) dan foydalanib, elektr maydon kuchlanganligining birligini n yuton taqsim kulon (N/Kl) deb hisoblasa ham bo'ladi. Lekin elektr maydon



1.4-rasm

kuchlanganligining o'lchov birligi sifatida volt taqsim metr (V/m) qabul qilingan.

Agar elektr maydonni bir necha zaryad vujudga keltirayotgan bo'lsa (1.4-rasm), natijaviy maydonning kuchlanganligi alohida zaryadlar tufayli vujudga kelayotgan elektr maydon kuchlanganliklarining vektor yig'indisiga teng bo'ladi, ya'ni:

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2 + \dots + \mathbf{E}_n = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i \quad (1.6)$$

(1.6) ifoda maydonlar superpozitsiyasi (kushish) prinsipini ifodalaydi.

Nazorat savollari:

1. Elektr zaryadi va zaryadning diskretligini tushuntiring?
2. Elektr zaryadining saqlanish qonuniyatib bering?
3. Kulon qonunini tushuntiring ?
4. Elektr maydon va elektr maydon kuchlanganligini tushuntiring?
5. Maydonlar superpozitsiyasi nima?

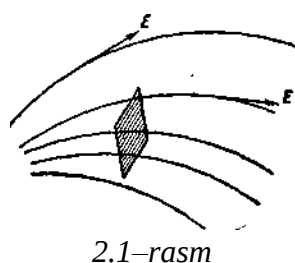
18 – Mavzu: Kuchlanganlik chiziqlari.

Reja:

1. Kuchlanganlik vektorlarining oqimi.
2. Gaussning elektrostatik teoremasi.
3. Elektrostatik maydon kuchlarining ishi.
4. Elektrostatik maydon sirkulyatsiyasi. Potentsial.
5. Elektrostatik maydondagi o'tkazgich.
6. Ixtiyoriy ko'rinishdagizaryadlangan berk sirt ichidagi maydon.

Tayanch iboralar: Kuchlanganlik vektorlarining oqimi, Gaussning elektrostatik teoremasi, elektrostatik maydon kuchlarining ishi, elektrostatik maydon sirkulyatsiyasi, potentsial, elektrostatik maydondagi o'tkazgich.

Elektr maydonning har bir nuqtasida maydonni harakterlovchi kuchlanganlik vektori $\mathbf{E}$ aniq qiymatlarga va yo'nalishlarga ega bo'ladi. Shuning uchun elektr maydonni grafik usulda tasvirlamoqchi bo'lsak, biror masshtabga asoslanib turli nuqtalar uchun $\mathbf{E}$ vektorlarni o'tkazish lozim bo'lardi. Lekin bunda vektorlar bir-birlari bilan kesishib, nihoyatda chalkash manzara vujudga keladi. Shu sababli elektr maydonni kuchlanganlik vektorlari bilan emas, balki *kuchlanganlik chiziqlari* bilan ifodalash



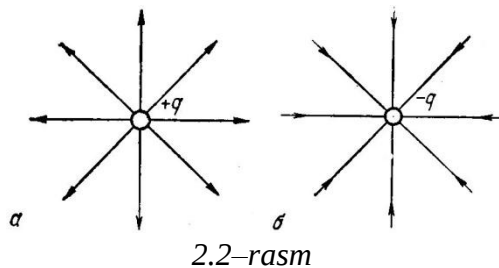
odat bo'lgan (2.1–rasm). Kuchlanganlik chiziqlari elektr maydonni tasvirlashda kullaniladigan tushuncha bo'lib, uni quyidagi ikki shartga asoslanib o'tkaziladi:

- 1) kuchlanganlik chizigining ixtiyoriy nuqtasiga o'tkazilgan

urinma elektr maydonning shu nuqtasidagi kuchlanganlik vektorining yo'nalishi bilan mos tushishi kerak;

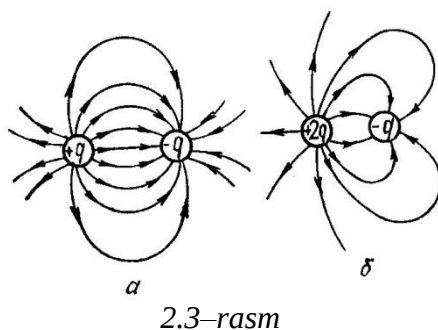
2) kuchlanganlik chiziqlarining zichligi shunday bo'lishi lozimki, chiziqlar yo'nalishiga perpendikulyar qilib joylashtirilgan birlik yuzdan utuvchi chiziqlar soni maydonning usha nuqtasidagi kuchlanganlik vektori E ning qiymatiga teng bo'lishi lozim.

Bu ikki shartga rioya qilib kuchlanganlik chiziqlari o'tkazilganda elektr maydonning ixtiyoriy nuqtasidagi kuchlanganlik vektorining yo'nalishi (1-shartasosida) va qiymati (2-shart asosida) aniq tasvirlangan bo'ladi. 2.2-a va b

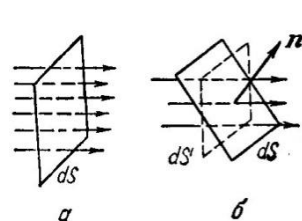


rasmlarda musbat va manfiy nuqtaviy zaryadlar tufayli vujudga kelgan elektr maydonning grafik manzaralari tasvirlangan. Nuqtaviy zaryaddan bir xil masofadagi nuqtalarda E lar bir xil qiymatlarga ega bo'lib, zaryad va nuqtani birlashtiruvchi chiziq bo'ylab yo'nalgan bo'ladi. Shuning uchun nuqtaviy zaryadlarning kuchlanganlik chiziqlari radial to'g'ri chiziqlardan iborat bo'lib, ular yo zaryadlangan jism sirtidan boshlanib cheksizlikka davom etadi (zaryad musbat bo'lgan holda), yo cheksizlikdan boshlanib zaryadlangan jism sirtida tugallanadi (zaryad manfiy bo'lgan holda). Agar elektr maydon zaryadlar sistemasi tufayli vujudga kelayotgan bo'lsa, manzara murakkabroq bo'ladi.

2.3-a va b rasmlarda ikkita nuqtaviy zaryad tufayli vujudga kelayotgan elektr maydonning grafik tasvirlari ifodalangan. Har xil zaryadlar sistemasi tufayli vujudga kelgan elektr maydon kuchlanganlik chiziqlarining manzarasi turlicha bo'ladi, lekin kuchlanganlik chiziqlari hech kaerda bir-biri bilan kesishmaydi va zaryadlar orasida uzilmaydi.



Endi kuchlanganlik chiziqlarining yo'nalishiga perpendikulyar qilib joylashtirilgan



dS elementar yuzchani olaylik (2.4-a racm). Bu yuzchani kesib o'tayotgan kuchlanganlik chiziqlarining soni EdS ga teng bo'lib,

uni dS yuzchadan o'tayotgan kuchlanganlik vektorining oqimi deyiladi. Umumiy holda yuzcha kuchlanganlik chiziqlariga perpendikulyar bulmasligi mumkin. Bu holda dS yuzchaga o'tkazilgan normal $\mathbf{p}$ bilan kuchlanganlik chiziqlari orasidagi burchakni α deb belgilaylik. 2.4–b rasmdan ko'rinishicha, $\mathbf{E}$ vektorning dS yuzcha orqali oqimi kuchlanganlik chiziqlariga perpendikulyar bo'lgan $dS' = dS \cdot \cos \alpha$ yuzcha (bu yuzcha rasmda punktir chiziq bilan tasvirlangan) orqali oqimga, ya'ni $E dS \cdot \cos \alpha$ ga teng. Lekin $E \cos \alpha$ ifoda $\mathbf{E}$ vektorning dS ga o'tkazilgan normal $\mathbf{n}$ yo'nalishidagi proeksiyasini ifodalaydi. Natijada $\mathbf{E}$ vektorning kuchlanganlik chiziqlari bilan ixtiyorii burchak hosil qilib o'tkazilgan elementar yuzcha orqali oqimi

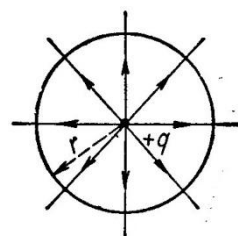
$$dF = E_n dS \quad (2.1)$$

bo'ladi. Elektr maydon kuchlanganligi vektorining oqimi algebraik kattalik. Haqiqatdan, $\mathbf{E}$ vektor va dS ga o'tkazilgan normal $\mathbf{n}$ orasidagi α burchak utkir bo'lsa, $E_n = E \cdot \cos \alpha$ ifoda musbat qiymatga ega bo'ladi. Shuning uchun dF ham musbat bo'ladi. Aksincha, α burchak utmas bo'lganda, E_n va unga bog'liq bo'lgan dF manfiy qiymatga ega bo'ladi.

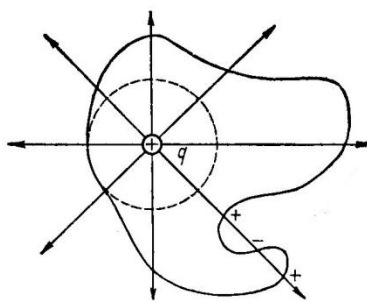
Agar $\mathbf{E}$ vektorning ixtiyorii sirt orqali oqimini topish lozim bo'lsa, S sirtini dS elementar yuzchalarga ajratib, bu yuzchalar orqali o'tayotgan dF oqimlarning yirindisini olish kerak. Bu masala integrallash amaliga keltiriladi:

$$F = \int_S d\Phi = \int_S E_n dS. \quad (2.2)$$

$+q$ nuqtaviy zaryad tufayli vujudga kelayotgan elektr maydon kuchlanganlik vektori $\mathbf{E}$ ning radiusi r bo'lgan sferik sirt orqali oqimini topaylik (2.5–rasm). Masalani yanada soddalashtirish maqsadida sferaning markazini zaryad joylashgan nuqtada deb faraz kilaylik. Bu misolda kuchlanganlik chiziqlari radial to'g'ri chiziqlardan iborat bo'lgani uchun $\mathbf{E}$ vektor va sferik sirtning elementar bo'lakchasi dS yuzga o'tkazilgan normal orasidagi α burchak nolga teng bo'ladi. Shuning uchun



2.5–rasm



2.6-rasm

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

Ikkinchi tomondan, r radiusli sferik sirtning tulik yuzi $4\pi r^2$ ga teng. Natijada

$$F = \oint_S \mathbf{E}_n dS = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \cdot 4\pi r^2 = \frac{q}{\epsilon_0}.$$

Bu ifoda fakat sferik sirt uchungina emas, balki nuqtaviy zaryadni urab turgan ixtiyoriy berk sirt orqali utuvchi $\mathbf{E}$ vektorining oqimini topish uchun ham kullanilishi mumkin. Haqiqatan, elektr maydon kuchlanganlik chiziqlarining har biri (2.6-rasmga karang) sferik sirtning ham, ixtiyoriy berk sirtning «ajinsiz» qismlarini ham fakat bir martadan kesib o'tyapti. Ixtiyoriy sirtning «ajinli» qismlarini esa tok marta kesadi. Ammo $\mathbf{E}$ vektorining oqimi algebraik kattalik bo'lib, u sirtdan tashqariiga chiqayotganda musbat qiymatga ega bo'ladi (chunki $E_n > 0$), aksincha, sirtning ichkariga kirayotganda manfiy qiymatga ega bo'ladi (chunki $E_n < 0$). Shuning uchun ixtiyoriy sirtning «ajinli» qismini kesib o'tayotgan kuchlanganlik chizig'i oqimga navbatma-navbat goh musbat, goh manfiy hissa kushadi. Natijada sirtning tok marta kesib o'tayotgan bunday kuchlanganlik chizig'ining oqimga qo'shgan natijaviy hisssasi huddi sirtning fakat bir martagina kesib o'tgan kuchlanganlik chizig'ining oqimga qo'shgan hissasidek bo'ladi. Biz yuqorida fakat bitta nuqtaviy zaryad uchun mulohazalar yuritgandik. Agar ixtiyoriy berk sirt ichida k ta nuqtaviy zaryadlar joylashgan bo'lsa,

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_{n1} + \mathbf{E}_{n2} + \dots + \mathbf{E}_{nk} = \sum_{i=1}^k \mathbf{E}_{ni} \quad (2.4)$$

ekanligidan foydalanib (2.2) ni quyidagicha yozamiz:

$$F = \oint_S \mathbf{E}_n dS = \oint_S \sum_{i=1}^k \mathbf{E}_{ni} dS = \sum_{i=1}^k \oint_S \mathbf{E}_{ni} dS. \quad (2.5)$$

Bu ifodadagi ohirgi integral i nuqtaviy zaryad tufayli vujudga kelgan elektr maydon kuchlanganligi vektorining shu zaryadni o'rab turuvchi ixtiyoriy berk S sirt orqali oqimini harakterlaydi. Bu kattalik (2.3) ifodaga asosan

$$\oint_S E_{ni} dS = \frac{q_i}{\epsilon_0}.$$

Shuning uchun (2.5) ifoda quyidagi ko'rinishda yozilishi mumkin:

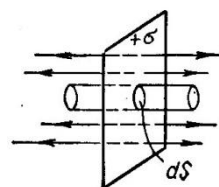
$$F = \oint_S E_n dS = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_{i=1}^R q_i. \quad (2.6)$$

Bu ifoda Gauss teoremasining analitik ko'rinishidir. Gauss teoremasi quyidagicha ta'riflanadi:

Elektr maydon kuchlanganlik vektorining ixtiyoriy shakldagi berk sirt orqali oqimi shu sirt ichida joylashgan zaryadlar (fakat sirt ichidagi) algebraik yig'indisining ϵ_0 ga bo'lgan nisbatiga tengdir.

Gauss teoremasidan foydalanib, oddiy mulohazalar asosida ba'zi elektr maydonlarning kuchlanganligini topish mumkin. Masalan, tekis zaryadlangan cheksiz tekislik berilgan bo'lsin. Bu tekislikning birlik yuziga to'g'ri keluvchi zaryad miqdori, ya'ni zaryadning sirt zichligi $+\sigma$ bo'lsin. Shu zaryadlangan tekislik tufayli vujudga kelgan elektr maydon kuchlanganligini topish lozim

bo'lsin. Bu maydonni grafik usulda tasvirlamoqchi bo'lsak, kuchlanganlik chiziqlari tekislikka perpendikulyar bo'lgan o'zaro parallel to'g'ri chiziqlardan iborat bo'ladi (2.7-rasm). Bu



2.7-rasm

chiziqlar tekislikdan boshlanib ikkala tomonga cheksiz davom etadi. Tekislikdan dS yuzchani ajratib olaylik va uni asos qilib olib, tekislikning ikki tomoniga davom etuvchi silindrni shunday o'tkazaylikki, bu silindrning yon tomonlari tekislikka perpendikulyar bo'lsin. Bu silindrik berk sirtga Gauss teoremasini kullaylik. Sirt ichidagi zaryad miqdori zaryadlangan tekislikning silindr ichidagi dS bo'lakchasida mujassamlangan zaryad miqdoriga, ya'ni σdS ga teng. Sirt orqali oqim silindrning ikki asosi orqali oqimdan iborat, chunki silindrning yon tomonlari E vektorga paralleldir. Har bir asos orqali oqim EdS ga teng bo'lgani uchun silindrik sirt orqali natijaviy oqim $2EdS$ ga teng. Natijada Gauss teoremasi quyidagi ko'rinishda yoziladi:

$$2EdS = \sigma dS / \epsilon_0.$$

Demak,

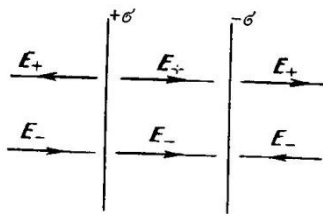
$$E = \sigma / \epsilon_0. \quad (2.7)$$

bo'ladi.

Endi ikkita cheksiz parallel tekisliklarni olaylik. Ulardagi zaryadlarning sirt zichliklari miqdoran bir xil, ishoralari esa karama-qarshi bo'lsin. Bu holda (2.8-rasm) natijaviy maydon ikkala zaryadlangan tekislik tufayli vujudga kelayotgan maydonlarning yig'indisidan iborat, xususan, ikki tekislik oralig'idagi elektr maydon kuchlanganligi

$$E = E_+ + E_- = \sigma / 2\epsilon_0 + \sigma / 2\epsilon_0 = \sigma / \epsilon_0. \quad (2.8)$$

bo'ladi. Musbat zaryadlangan tekislikdan chapda va manfiy zaryadlangan tekislikdan ungda kushiluvchi maydonlar kuchlanganliklari qarama-qarshi yo'nalgan. Shuning



2.8-rasm

uchun bu sohalarda natijaviy maydon kuchlanganligi nolga teng. Ikki tekislik oraliridagi hajmning hamma nuqtalarida elektr maydon kuchlanganliklari zaryadlangan tekisliklarning fakat sirt zichligiga bog'liq bo'lgan doimiy kattalikdir. Bu sohada kuchlanganlik chiziqlari musbat zaryadlangan

tekislikdan boshlanib manfiy zaryadlangan tekislikda tugallanadi. Bunday maydon, ya'ni barcha nuqtalarda E ning qiymati va yo'nalishi bir xil bo'lgan maydon *bir jinsli maydon* deb ataladi.

Nuqtaviy q zaryad tufayli vujudga kelgan elektr maydonning M nuqtasidan N nuqtasiga q' zaryad ko'chirilayotgan bo'lsin (3.1-rasm). Bu ko'chirilishda maydon kuchlarining bajargan ishi hisoblaylik. M nuqtaning zaryaddan uzoqligini r_m bilan, N nuqtaning uzoqligini esa r_N bilan belgilaylik. q' zaryadni ko'chirilish yuli MN ixtiyoriy shakldagi egri chiziqdan iborat bo'lsin. MN yulni kichik dl elementar bo'lakchalarga ajratamiz. Shu elementar masofada bajarilgan ish quyidagicha aniqlanadi:

$$dA = F \cdot dl \cos \alpha. \quad (3.1)$$

Bu ifodada F — q zaryad tufayli vujudga kelgan elektr maydonda q' zaryadga ta'sir etuvchi kuch, uning miqdori

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2}$$

ga teng. α esa F kuch bilan elementar ko'chirilish dl orasidagi burchak. Shuning uchun $dl\cos\alpha=dr$ bo'ladi. Natijada (3.1) ifodani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$dA=\frac{1}{4\pi\epsilon_0}\frac{qq'}{r^2}dr. \quad (3.2)$$

MN ko'chirilishda bajarilgan ish A_{MN} esa barcha elementar ko'chirilishlarda bajarilgan dA ishlarning yig'indisiga tengdir, Bu yig'indi quyidagi integrallashga keltiriladi:

$$A_{MN}=\int dA=\frac{1}{4\pi\epsilon_0}qq'\int_{r_M}^{r_N}\frac{dr}{r^2}=\frac{1}{4\pi\epsilon_0}qq'\left(\frac{1}{r_M}-\frac{1}{r_N}\right). \quad (3.3)$$

Bu ifodadan ko'rinib turibdiki, elektr maydonda q' zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish ko'chirilayotgan zaryadning boshlangich va ohirgi vaziyatlariga bog'liq, holos. Bunday xususiyatga ega bo'lgan maydonni *potensial maydon* deb atagandik. Potensial maydonda berk kontur bo'yicha ko'chirilish ishi nolga teng bo'lishi lozim. Haqiqatan, $MNKM$ yul bo'yicha q' zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish (3.3) ifodaga asosan nolga teng, chunki q' zaryadning boshlangich holatdagi o'rni ham, ohirgi holatdagi o'rni ham M nuqtada joylashgandir. $MNKM$ berk yulda bajarilgan ish nolga teng bo'lishi uchun bu yulning ba'zi bo'lakchalarida bajarilgan ish musbat, ba'zi bo'laklarida esa manfiy bo'lishi kerak. Haqiqatan, 1 vaziyatda F va dl lar orasidagi α , burchak utkir, 2 vaziyatda esa burchak utmas. Shuning uchun 1 vaziyatda bajarilgan dA elementar ish (3.1) ifodaga asosan musbat, 2 vaziyatda esa manfiydir. Demak, 1 vaziyatda q' zaryadni maydon kuchlari ta'sirida ko'chirilsa, 2 vaziyatda q' zaryadni ko'chirish uchun maydon kuchlariga qarshi ish bajariladi.

Yuqoridagi mulohazalardan, q' zaryadni elektr maydonda berk yul bo'yicha ko'chirishda bajarilgan ish nolga teng ekanligiga ishonch hosil qildik, ya'ni

$$A_{MNKM}=\oint_l dA=\oint_l Fdl \cos\alpha=0. \quad (3.4)$$

Ikkinchi tomondan, q' zaryadga kuchlanganligi E bo'lgan elektr maydonda ta'sir etuvchi kuch $F=q'E$ ga teng. Bundan foydalanib (3.4) ifodani quyidagicha yozish mumkin:

$$\oint q' E dl \cos \alpha = 0,$$

bu tenglikni q' ga kiskartirib va $E \cos \alpha = E_i$ (E_i – E vektorning dl yo'nalishiga proeksiyasi) ekanligini hisobga olsak, quyidagi munosabat kelib chiqadi:

$$\oint E_i dl = 0. \quad (3.5)$$

Shunday qilib, *elektr maydon – potensial maydondir va bu maydon kuchlanganlik vektorining ixtiyoriy berk kontur bo'yicha sirkulyatsiyasi nolga teng bo'ladi.*

MN ko'chirilishda bajarilgan ish M va N vaziyatlardagi zaryadning potensial energiyalari farqiga teng, ya'ni

$$A_{MN} = W_{PM} - W_{PN}. \quad (3.6)$$

Bu ifodani (3.3) bilan takkoslash natijasida q zaryad tufayli vujudga kelgan elektr maydonning M va N nuqtalarida joylashgan q' zaryadning potensial energiyalari

$$W_{PM} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r_M}; \quad W_{PN} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r_N}$$

ekanligi kelib chiqadi. Bundan q' zaryad maydonning r masofa bilan harakterlanuvchi ixtiyoriy nuqtasida joylashganda uning potensial energiyasi

$$W_P = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r}. \quad (3.7)$$

bo'lishi kerak. Elektr maydonning biror nuqtasida joylashgan turlicha kattalikdagi sinov zaryadlarning potensial energiyalari ham turlicha bo'ladi, lekin potensial energiyaning sinov zaryad kattaligiga nisbati ayni nuqta uchun o'zgarmas kattalikdir.

Bu kattalikni *potensial* deb ataladi va φ harfi bilan belgilanadi:

$$\varphi = W_P / q'. \quad (3.8)$$

Demak, *elektr maydon biror nuqtasining potentsiali deganda shu nuqtaga olib kirilgan birlik musbat zaryadning potensial energiyasi tushuniladi.*

(3.7) ifoda asosida nuqtaviy zaryadning potentsiali quyidagicha aniqlanadi:

$$\varphi = W_P / q' = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}. \quad (3.9)$$

Agar elektr maydon zaryadlar sistemasi tufayli vujudga kelayotgan bo'lsa, natijaviy maydon biror nuqtasining potentsiali sistemaga kiruvchi alohida zaryadlar tufayli

vujudga kelgan maydonlarning tekshirilayotgan nuqtadagi potentsiallarining algebraik yig'indisiga teng bo'ladi:

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots = \sum \varphi_i. \quad (3.10)$$

Bu ifodada i – zaryadning nomeri. Agar nuqtaviy zaryadlar sistemasi tufayli vujudga keladigan maydon potentsialini topish lozim bo'lsa, (3.9) dan foydalanib (3.10) quyidagicha yoziladi:

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum \frac{q_i}{r_i},$$

bunda q_i – nuqtaviy zaryad kattaligi, r_i – shu zaryaddan potentsiali tekshirilayotgan nuqtagacha masofa.

(3.10) ifoda turli shakldagi va turli o'lchamli zaryadlangan jismlar elektr maydonlarining potentsiallarini hisoblashga yordam beradi. Jumladan, bir-biridan l masofada joylashgan miqdorlari teng, lekin qarama-qarshi ishorali zaryadlar ($|q_+| = |q_-| = q$) sistemasi (*elektr dipol*) ning potentsiali

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_+} - \frac{1}{r_-} \right)$$

bo'ladi, bunda r_+ va r_- – mos ravishda musbat va manfiy zaryadlardan tekshirilayotgan nuqtagacha masofalar.

Umumiy zaryadi q bo'lgan sferaning markazidan r masofa uzoqlikdagi nuqtaning potentsiali esa huddi nuqtaviy zaryad maydonining potentsialidek bo'ladi:

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r}.$$

Sfera sirtidagi nuqtalar (ya'ni $r=R$ bo'lganda) uchun potentsial

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R} = \sigma R / \epsilon_0. \quad (3.11)$$

bo'ladi, bunda $\sigma = q / (4\pi R^2)$ sferadagi zaryad zichligi.

(3.8) ifoda asosida $W_P = q'\varphi$ ekanligidan foydalansak, q' zaryadni M nuqtadan N nuqtaga ko'chirishda bajarilgan ish

$$A_{MN} = W_{PM} - W_{PN} = q'(\varphi_M - \varphi_N)$$

ifoda bilan aniqlanadi. Huddi shu q' zaryadni M nuqtadan cheksizlikka ko'chirishda

bajarilgan ish esa

$$A_{\infty}=q'\varphi_M \quad (3.12)$$

bo'ladi, chunki $\varphi_{\infty}=0$.

(3.12) ifoda asosida potensialni quyidagicha ta'riflash mumkin: *Elektr maydon ixtiyoriy nuqtasining potentsiali deganda shu nuqtadan birlik musbat zaryadni cheksizlikka ko'chirish uchun lozim bo'ladigan ish bilan harakterlanuvchi kattalak tushuniladi.*

(3.12) dan foydalanib potensialning o'lchov birligini keltirib chiqarish mumkin. HBS da potensialning o'lchov birligi sifatida elektr maydon shunday nuqtasining potentsiali qabul qilinganki, bu nuqtadan 1 Kl zaryadni cheksizlikka ko'chirish uchun 1 J ish bajarish kerak. Elektr maydon bunday nuqtasining potensialini 1 volt (V) deyiladi.

Ko'p hollarda maydon nuqtalarining potentsiali emas, balki maydonning ikki nuqtasi orasidagi potentsiallar farqi (kuchlanish) fizik ma'noga ega bo'ladi. Bu holda voltga quyidagicha ta'rif berish mumkin: 1 volt – elektr maydonning shunday ikki nuqtasining potentsiallar farqiki, 1 kulon zaryadni bu ikki nuqta orasida ko'chirish uchun 1 joul ish bajarish lozim.

Teng potentsialli nuqtalarning geometrik urinlaridan tashkil topgan sirt *ekvipotensial sirt* deyiladi ("ekvi" – lotincha suz bo'lib, "teng" degan ma'noni anglatadi). Demak ekvipotensial sirt nuqtalari uchun

$$\varphi=const.$$

Masalan, nuqtaviy zaryad uchun ekvipotensial sirtlar markazlari zaryadda joylashgan sferik sirtlardan iboratdir.

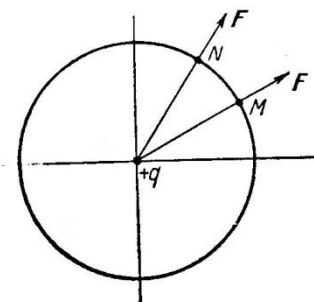
Elektr maydonni ekvipotensial sirtlar yordamida grafik usulda (3.2–rasm) tasvirlash mumkin. q' zaryadni

ekvipotensial sirtning M nuqtasidan N nuqtasiga ko'chirishda bajarilgan ish quyidagicha aniqlanadi:

$$A_{MN}=q'(\varphi_M-\varphi_N). \quad (3.1)$$

Tekshirilayotgan xususiy holda M va N nuqtalar bir ekvipotensial sirt ustida joylashganligi uchun bu nuqtalarning potentsiallari o'zaro teng bo'ladi, ya'ni $\varphi_M=\varphi_N$.

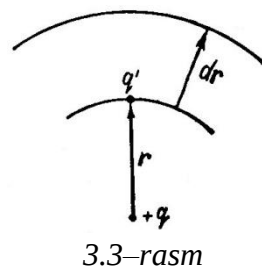
Shuning uchun



3.2–rasm

$$A_{MN}=0.$$

q zaryad tufayli vujudga kelgan maydonda q' zaryadni MN yul bo'yicha ko'chirishda bajarilgan ish ko'chirish yo'nalishi bilan ta'sir etuvchi kuch yo'nalishi o'zaro perpendikulyar bo'lgandagina nolga teng bo'ladi. Shuning uchun zaryadga ta'sir etuvchi kuch va kuchlanganlik vektori doimo ekvipotensial sirtga perpendikulyar bo'ladi, degan hulosaga kelamiz. Miqdori $+q$ bo'lgan nuqtaviy zaryadning elektr maydonida q' zaryad bir ekvipotensial sirtidan ikkinchi ekvipotensial sirtga ko'chirilayotgan bo'lsin. Ko'chirish boshlanganda q' zaryadning maydon markazidan uzoqligi r radius-vektor bilan aniqlangan



bo'lsa (3.3–rasm), ko'chirish ohirida esa $r+dr$ radius-vektor bilan aniqlanadi. Shunday ekan q' zaryadni maydon kuchlari ta'sirida radius bo'ylab ko'chirib, dr ga uzoqlashtirishda bajarilgan ish Fdr ga teng bo'ladi. Bu ish q' zaryadning potensial energiyasini dW_p qadar kamaytiradi, chunki markazdan uzoqlashilgan sari, (3.7) ga asosan, potensial energiya kamayib boradi. Boshqacha aytganda, Fdr ish q' i zaryad potensial energiyasini $-dW_p$ ga o'zgartiradi. Demak, $Fdr=-dW_p$ yoki

$$F=-dW_p/dr. \quad (3.14)$$

Mazkur ifodaning ikkala tomonini ko'chirilayotgan zaryad miqdori q' ga bulaylik:

$$F/q'=-d(W_p/q')/dr. \quad (3.15)$$

Bu tenglikning chap tomonidagi kattalik, $+q$ nuqtaviy zaryad maydonining markazdan r uzoqlikdagi nuqtasining kuchlanganligidir. Ung tomondagi W_p/q' esa (3.8) ifodaga asosan, elektr maydonning huddi shu nuqtasining potensialidir. Shuning uchun (3.15) ni

$$E=-d\phi/dr. \quad (3.16)$$

ko'rinishda yozish mumkin. Bundagi $d\phi/dr$ – elektr maydon kuchlanganlik chizigi yo'nalishida potensialning o'zgarish tezligini ifodalovchi va *potensial gradienti* deb ataluvchi kattalikdir. Shuni esda tutaylikki, skalyar funksiya gradienti – vektor, bu vektor yo'nalishi funksiya qiymatining eng tez ush yo'nalishi bilan aniqlanadi. Vektor analizdagi mazkur tushunchalar asosida elektr maydon kuchlanganligi va

potensial orasidagi bog'lanishni quyidagicha ifodalay olamiz:

$$E = -\text{grad}\varphi. \quad (3.17)$$

Demak, elektr maydon kuchlanganligi – potensial gradientining manfiy ishora bilan olinganidir. Manfiy ishora E vektor potensial eng tez ortib boradigan tomonga teskari (ya'ni potensial eng tez kamayib boradigan tomonga) yo'nalganligini ko'rsatadi.

(3.16) ifodadan elektr maydon kuchlanganligining o'lchov birligi kelib chiqadi:

$$[E] = V/m,$$

1 V taqsim metr (V/m) – kuchlanganlik chizigi bo'ylab bir-biridan 1 m uzoqlikda joylashgan ikki nuqtaning potentsiallar farqi 1 V bo'lgan bir jinsli elektr maydon kuchlanganligidir. Bunday maydonga kiritilgan 1 Kl zaryadga kuch ta'sir etadi. Haqiqatan,

$$1 \text{ V/m} = 1 \text{ J/Kl} \cdot 1/m = 1 \text{ N/Kl}.$$

Nazorat savollari:

1. Kuchlanganlik vektorlarining oqimi nima?
2. Gaussning elektrostatik teoremasini aytib bering?
3. Elektrostatik maydon kuchlarining ishini tushuntiring?
4. Elektrostatik maydon sirkulyatsiyasi va potentsialni tushuntiring?
5. Elektrostatik maydondagi o'tkazgich nima ?
6. Ixtiyoriy ko'rinishdagi zaryadlangan berk sirt ichidagi maydonni tushuntiring?

19 – Mavzu: Elektrostatik himoya.

Reja:

1. Dielektriklar va ularning qutblanishi.
2. Elektr sig'imi. Kondensatorlar.
3. Elektr zaryadlarning o'zaro ta'sir energiyasi.
4. Zaryadlangan o'tkazgichlar sistemasining energiyasi.
5. Elektrostatik maydon energiyasi zichligi

Tayanch iboralar: Dielektriklar, qutblanish, elektr sig'imi, kondensatorlar, elektr zaryadlarning o'zaro ta'sir energiyasi, zaryadlangan o'tkazgichlar sistemasining energiyasi, elektrostatik maydon energiyasi zichligi.

Boshqa jismlardan yetarlicha uzoq joylashgan o'tkazgich olib, unga q zaryad beraylik. Bu zaryad miqdori o'tkazgichning sirti bo'ylab uning shakliga bog'liq ravishda taqsimlanadi, ya'ni bu zaryadlangan o'tkazgichda zaryadlar muvozanati

vujudga keladi. Huddi shu zaryadlangan utkizgichga yangi-yangi portsiya zaryadlar berilsa, bu zaryadlar ham huddi oldingisidek o'tkazgich sirti bo'ylab taqsimlanadi. Har bir yangi portsiya zaryad tufayli o'tkazgichning potentsiali ortadi, albatta. Tajribalarning ko'rsatishicha, o'tkazgichdagi zaryad miqdori q bilan bu zaryad tufayli vujudga kelgan o'tkazgichning potentsiali φ orasida to'g'ri proporsional boglanish mavjud:

$$q = C\varphi. \quad (4.3)$$

Bu ifodadagi C o'tkazgichning elektr sig'imi deb ataladi. U o'tkazgichning shakli, o'lchamlari va tashqi sharoitlarga (masalan, o'tkazgichni urab turgan muhitga) bog'liq, kattalikdir. (3.3) ifodani

$$C = q/\varphi \quad (4.4)$$

shaklida o'zgartirib yozish mumkin. Bundan elektr sig'imning fizik ma'nosi kelib chiqadi: *yakkalangan o'tkazgichning elektr sig'imi shu o'tkazgichning potentsialini bir birlikka oshirish uchun lozim bo'ladigan zaryad miqdori bilan harakterlanuvchi fizik kattalikdir.* (4.4) ifodadan foydalanib HBS da elektr sirimning o'lchov birligini hosil qilish mumkin:

$$[C] = Kl/V = F.$$

Bu birlik *farad* deb ataladi. Demak *1 farad shunday o'tkazgichning elektr sig'imi ekanki, bu o'tkazgichga 1 Kl zaryad berilganda uning potentsiali 1 V ga ortadi.*

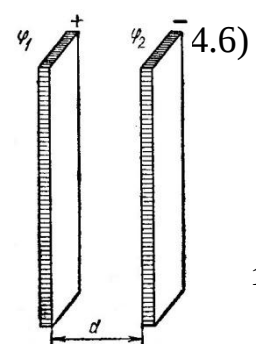
Agar o'tkazgich muntazam geometrik shaklga ega bo'lsa, uning elektr sig'imini nazariy yul bilan hisoblash mumkin. Masalan, radiusi R bo'lgan shar shaklidagi o'tkazgichni olaylik. Bu sharni urab turgan muhitning dielektrik ε bo'lsin. Agar bu sharsimon o'tkazgichga q zaryad berilsa, uning potentsiali

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q}{\varepsilon R} \quad (4.5)$$

bo'ladi (4.4) ifodadagi φ urniga (4.5) ni kuysak:

$$C_{\text{shar}} = q/\varphi = 4\pi\varepsilon_0\varepsilon R.$$

Demak, sharsimon o'tkazgichning elektr sig'imi sharning radiusiga va bu sharni urab turgan muhitning dielektrik



4.5-rasm

singdiruvchanligiga to'g'ri proporsional ekan.

(4.6) ifodadan $\varepsilon_0 = C/(4\pi \varepsilon R)$. Shuning uchun elektr doimiy F/m larda ham ulchanadi.

Endi bir-biridan dielektrik bilan ajratilgan, ishoralari qarama-qarshi, ammo miqdorlari teng zaryad (q) bilan zaryadlangan ikki yassi parallel plastinkadan iborat sistemani kuraylik (4.5–rasm). Bunday qurilma elektrotehnikada keng kullanadigan yassi kondensatordir.

Tajribalarning ko'rsatishicha, kondensatorning elektr sig'imi uning qoplamasi (kondensator plastinkasini qoplama deb ham ataladi) dagi zaryad miqdorining qoplamalar orasidagi potentsiallar farqiga bo'lgan nisbatiga teng, ya'ni

$$C = q/(\varphi_1 - \varphi_2) = q/U. \quad (4.7)$$

Boshqacha qilib aytganda, *kondensatorning elektr sig'imi uning qoplamalari orasidagi potentsiallar farqini bir birlikka oshirish uchun zarur bo'lgan elektr zaryad bilan karakterlanuvchi kattalikdir*. Tehnikada eng ko'p kullaniladigan kondensatorlar yassi kondensatorlardir. Uning qoplamalari yassi plastinkalardan iborat. Kondensator qoplamalarining o'lchamlari bu qoplamalar orasidagi masofa (d) ga nisbatan ancha katta bo'lishi kerak. Bu shart bajarilganda vujudga keladigan elektr maydon fakat qoplamalar orasida mujassamlashgan bo'ladi (chunki qarama-qarshi ishorali, lekin miqdoran teng zaryadlarga ega bo'lgan ikki yassi parallel tekislik tashqariisidagi elektr maydon kuchlanganligi nolga teng edi) va bu maydonni bir jinsli maydon deyish mumkin. U holda kondensator qoplamalaridagi potentsiallar farqi $\varphi_1 - \varphi_2 = U$ va qoplamalar orasida vujudga kelgan bir jinsli maydon kuchlanganligi E orasida quyidagi munosabat urinlidir:

$$U = Ed. \quad (4.8)$$

Ikkinchi tomondan, qoplamalar orasidagi maydon kuchlanganligi

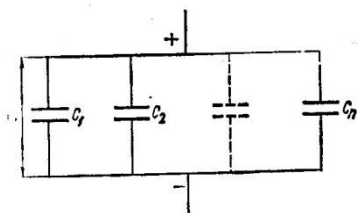
$$E = \sigma/\varepsilon_0 \varepsilon = q/(\varepsilon_0 \varepsilon S). \quad (4.9)$$

Bu ifodada S – qoplamaning yuzi, σ – qoplamadagi zaryadning sirt zichligi, ε – qoplamalar orasidagi muhitning dielektrik singdiruvchanligi. (4.9) dan foydalanib, (4.8) ni quyidagicha yozamiz:

$$U = qd/(\varepsilon_0 \varepsilon S). \quad (4.10)$$

U ning bu qiymatini (4.7) ifodaga qo'yib, yassi kondensatorning elektr sig'imini topamiz:

$$S = q/U = \epsilon_0 \epsilon S/d. \quad (4.11)$$



4.6–rasm

Bu ifodadan yassi kondensatorning elektr sirimi kattaroq bo'lishi uchun, qoplamalarining yuzini kattaroq olish, qoplamalarni mumkin qadar yaqinroq joylashtirish va qoplamalar orasiga dielektrik singdiruvchanligi kattaroq bo'lgan dielektrik joylashtirish lozim, degan hulosaga kelimiz. Qoplamalar orasidagi dielektrik ikkita vazifani

bajaradi. Birinchidan, dielektrik qutblanadi va xususiy elektr maydon vujudga keltiradi. Shuning uchun qoplamalar orasidagi elektr maydon susayadi. Natijaviy maydonning susayishi esa o'z navbatida qoplamalar orasidagi potentsiallar farqini kamaytiradi (chunki $U=Ed$) va kondensatorning elektr sig'imining oshishiga sabab bo'ladi. Ikkinchidan, dielektrik zaryadlarni bir qoplamadan ikkinchisiga utishiga tuskilik kiladi, ya'ni uzining izolyatsion xususiyatlarini namoyon kiladi. Lekin kondensatorlarda kulaniladigan dielektriklar uchun shunday bir chegaraviy kuchlanish mavjudki, agar kondensator qoplamalari bu chegaraviy qiymatdan ortiq kuchlanishgacha zaryadlansa, bir qoplamadagi zaryad dielektrikni teshib ikkinchi qoplamaga o'tishi mumkin, ya'ni kondensatorning dielektrik orqali razryadlanishi kuzatiladi. Bunday kondensatorni boshqa ishlatib bo'lmaydi.

Ba'zan kerakli elektr sig'imni hosil qilish maqsadida bir necha kondensatorlarni bir-biriga ulanadi, ya'ni kondensatorlar batareyasi hosil qilinadi. Barcha ulanishlarni parallel va ketma-ket ulanishlarga bo'lish mumkin.

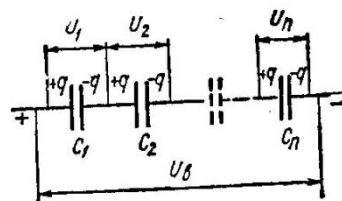
Kondensatorlar parallel ulanganda (4.6–rasm) barcha kondensatorlardagi kuchlanishning qiymati (U) bir xil, lekin batareyaning umumiy zaryadi (q_b) alohida kondensatorlardagi zaryadlar (q_i) ning yig'indisiga teng:

$$q_b = \sum q_i = \sum C_i U = U \sum C_i.$$

Bu ifodadan foydalanib, parallel ulangan kondensatorlar batareyasining umumiy sig'imini topamiz:

$$C_b = q_b/U = \sum C_i.$$

Kondensatorlar ketma-ket ulanganda (4.7–rasm) alohida



4.7–rasm

kondensatorlardagi zaryad miqdorlari teng bo'ladi. Haqiqatan, birinchi kondensatorning birinchi qoplamasiga $+q$ zaryad beraylik. Bu zaryad ta'sirida birinchi kondensatorning ikkinchi qoplamasida va ikkinchi kondensatorning birinchi qoplamasida (ularni yagona o'tkazgich deb karash mumkin chunki ular sim orqali tutashtirilgan) mos ravishda $-q$, va $+q$ induksion zaryadlar vujudga keladi. Ikkinchi kondensatorning birinchi qoplamasida $+q$ zaryadning mavjudligi o'z navbatida ikkinchi kondensatorning ikkinchi qoplamasi va uchinchi kondensatorning birinchi qoplamasida (endi ularni yagona o'tkazgich deb karash kerak) mos ravishda $-q$ va $+q$ induksion zaryadlarni vujudga keltiradi. Demak, ketma-ket ulangan har bir kondensatorning zaryadi q ga teng. Lekin har bir kondensatordagi kuchlanish ushbu kondensatorning elektr sig'imga bog'liq, ya'ni

$$U_i = q/C_i. \quad (4.14)$$

Batareyaning kuchlanishi (birinchi kondensatorning birinchi) qoplamasi bilan ohirgi kondensatorning ikkinchi qoplamasi orasidagi potentsiallar farqi) esa alohida kondensatorlardagi kuchlanishlarning yig'indisiga teng:

$$U_b = \sum U_i = \sum q/C_i = q \sum (1/C_i). \quad (4.15)$$

Bu ifodani quyidagicha ham yozish mumkin:

$$U_b/q = \sum (1/C_i). \quad (4.16)$$

(4.16) ning chap tomonidagi ifoda kondensatorlar batareyasi elektr sig'imining teskari qiymatidir. Haqiqatan:

$$C_b = q/U_b \quad \text{yoki} \quad 1/C_b = U_b/q.$$

Shuning uchun (4.16) ni quyidagi ko'rinishda yozamiz:

$$1/C_b = \sum (1/C_i).$$

Nazorat savollari:

1. Dielektriklar va ularning qutblanishini tushuntiring?
2. Elektr sig'imi va kondensatorlarni tushuntiring ?
3. Elektr zaryadlarning o'zaro ta'sir energiyasini tushuntiring?
4. Zaryadlangan o'tkazgichlar sistemasining energiyasi nima?
5. Elektrostatik maydon energiyasi zichligi nima?

20 – Mavzu: O'zgarmas elektr toki.

Reja:

1. O'tkazgich va izolyatorlar.
2. Elektr toki. Tok kuchi. Elektr qarshilik.
3. Elektr tokining mavjud bo'lish sharti.

Tayanch iboralar: O'tkazgich, izolyatorlar, elektr toki, tok kuchi, elektr qarshilik, elektr tokining mavjud bo'lish sharti.

O'zgarmas tok qonunlari

Ma'lumki, elektr zaryad o'z atrofida elektr maydon hosil qiladi. Bu maydonning ixtiyoriy nuqtasiga sinov zaryadi kiritilsa, u maydonning bir nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga ko'chadi. Elektr maydon zaryadni ko'chirish qobiliyatiga ega. Tabiatda, yuqorida eslatib o'tganimizdek, tarkibida erkin harakatlanuvchi zaryadli zarralari bo'lgan moddalar mavjud. Metallar, elektrolitlar shular turiga kiradi. Masalan, o'tkazgichni elektr maydonga kiritsak uning qarama-qarshi sirtida musbat va manfiy zaryadlar hosil bo'lishini yuqorida ko'rdik. Ho'sh, bu to'plangan zarralarni yopiq zanjir bo'ylab qanday harakatga keltirish mumkin, degan tabiiy savol tug'iladi. Bu bobning mazmuni zaryadlarning tartibli harakati bilan bog'liq bo'lgan hodisalarni o'rganishga bag'ishlangan.

Elektr tok va uning asosiy kattaliklari

Zaryadli zarralarning har qanday tartibli harakati elektr toki deyiladi. Tok hosil bo'lishi uchun elektr maydon mavjud bo'lgan muhitda zaryad tashuvchi zarralar bo'lishi shart. Elektr zaryad tashuvchi zarralar rolini metallarda elektronlar, elektrolitlarda musbat va manfiy ionlar, gazlarda elektronlar bilan musbat ion bajaradi. Silindrik o'tkazgichning ikki uchida $\varphi_1 - \varphi_2$ potentsiallar ayirmasini hosil qilaylik. Metall hajmida potentsiali katta bo'lgan φ_1 tomondan, potentsiali kichik bo'lgan φ_2 tomonga yo'nalgan elektr maydon vujudga keladi. Maydon ta'sirida zaryad tashuvchi zarralar tartibli harakatga kelib tok hosil qiladi.

Elektronlarning maydonga teskari yo'nalishdagi harakati musbat zaryadlarning maydon bo'ylab harakatiga ekvivalent. Tokni yo'nalishi qilib musbat zarralarning harakat yo'nalishi qabul qilingan.

Zaryadlangan o'tkazgichni yoki dielektrikni ma'lum yo'nalishda siljitsa, zaryadlarning yo'nalishi harakati yuzaga kelishi mumkin. Bu tok o'tkazuvchanlik tokidan farqli ravishda ronveksion tok deb ataladi. Konveksion tokning qiymati juda kichik va uning amaliy tadbiri yo'q.

Tok o'tish jarayonida o'tkazgichning ko'ndalang kesimi S dan vaqt oralig'ida dq zaryad miqdori oqib o'tsin. O'tkazgichning ko'ndalang kesimidan vaqt birligi oralig'ida oqib o'tgan zaryad miqdori bilan o'lchanadigan kattalik tok kuchi yoki oddiygina tok deyiladi. Ta'rifga binoan uning qiymati

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (1)$$

ifoda bilan aniqlanadi. Vaqt davomida miqdori va yo'nalishi o'zgarmaydigan toklar o'zgarmas tok degan nomni olgan. Bu tok kuchi vaqt o'qiga parallel bo'lgan to'g'ri chiziqli bilan ifodalanadi. Tok va vaqt kesmalari bilan chegaralangan to'rtburchakni yuza o'tkazgichdan o'tgan zaryad miqdoriga teng: $q = It$. Bundan o'zgarmas tok kuchining qiymati

$$I = \frac{q}{t} \quad (2)$$

Tok kuchi skalyar kattalik. Tokning o'tkazgich kesim bo'ylab taqsimlanishi belgilash maqsadida tok zichligi $\vec{j}$ degan kattalik kiritilgan. U vektor kattalik. Tok zichligining yo'nalishi tok o'tayotgan o'tkazgich ko'ndalang kesimiga tik bo'lib, uning miqdori bu kesimning bir birlik yuzidan o'tgan tok bilan o'lchanadi:

$$j = \frac{dI}{dS_0} \quad (3)$$

Bunda

$$dS_0 = dS \cdot \cos \alpha \quad (4)$$

(4) ni (3) ga qo'ysak, u holda tok zichligi formulasi

$$j \cos \alpha = \frac{dI}{dS}$$

bo'ladi. Formuladagi $j \cos \alpha$ ni j_n bilan almashtiramiz, ya'ni $j \cos \alpha = j_n$. Bu yerda j_n – o'tkazgich ko'ndalang kesimi dS ga o'tkazilgan $\vec{n}$ normal yo'nalishdagi tok zichligi. j – esa normal bilan ixtiyoriy α burchak hosil qilgan tok zichligi. Demak ixtiyoriy kesimdan o'tayotgan tok kuchining zichligi

$$j_n = \frac{dI}{dS}$$

bo'lib, undan olingan integral

$$I = \int_S j_n dS_n = \int_S (\vec{j} \cdot d\vec{S}) \quad (5)$$

to'liq tokni beradi, bunda $d\vec{S} = dS \vec{n}$.

Kesimi o'zgaruvchan bo'lgan o'tkazgichdan o'zgaras tok o'tsin. U holda 4 ixtiyoriy S_1 va S_2 kesimlardan oqib o'tgan zaryad miqdorlari o'zaro teng, ya'ni $q_1 = q_2$. Zaryad miqdorlarini tok kuchi bilan almashtiramiz. Bunda tok o'tishi vaqti har ikki kesim uchun bir hil bo'lganidan $I_1 = I_2$ bo'ladi. O'zgaras tokning zichligi $j = \frac{I}{S}$ ekanligi yuqorida aniqlangan edi. Shu boisdan kesimlar uchun quyidagi tenglik o'rinlidir:

$$J_1 \cdot S_1 = J_2 \cdot S_2 \quad (6)$$

Bundan hulosa shuki, o'tkazgichning kesimi katta bo'lgan qismida tok zichligi kamayadi. Aksincha kesimi kichiklashgan qismlarida tok zichligi ortadi. Bu hususiyat bilan elektr tok suyuqlik oqimiga o'hshashdir. Buni asosan (6) tenglamani o'zgaras tokning uzluksizlik qonuni sifatida qarash mumkin. Uzluksizlik qonuniga ko'ra, o'tkazgichdan elektr toki o'tganda, uning biror qismida zaryad to'planib qolmaydi. Biror o'tkazgich olinib, uning uchlarida potentsiallar ayirmasi hosil qilingan bo'lsin. O'tkazgichning ixtiyoriy kesimida olingan nuqtalarning potentsiallari bir hil. Shu boisdan S_1 va S_2 kesimlarni har biri mos ravishda potentsiali φ_1 va φ_2 bo'lgan ekvipotensial sirtlardir. Zaryad oqishi uchun o'tkazgichning potentsiali uning uzunligi bo'ylab o'zgarib borishi kerak. Agar dl uzunlikda potentsial o'zgarishi $d\varphi$ bo'lsa, E bilan potentsial o'zgarishi orasidagi bog'lanish $Edl = -d\varphi$ bo'ladi.

O'zgaras tok uchun $\vec{E} = \text{const}$ bo'lganidan, yuqoridagi ifodani integrallasak, kuchlanish bilan kuchlanganlik orasidagi bog'lanish quyidagicha aniqlanadi:

$$E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{l} = \frac{U}{l} \quad (7)$$

Nazorat savollari:

1. O'tkazgich deganda nimani tushunasiz?

2. Izolyatorlar deganda nimani tushunasiz?
3. Elektr toki, Tok kuchi, Elektr qarshilik deganda nimani tushunasiz ?
4. Elektr tokining mavjud bo'lish shartini ayting?

21- Mavzu: Om qonunlari

Reja:

1. Tashqi kuchlar. Galvanik element. E.Yu.K.
2. Om qonuni. O'tkazgichlar.
3. Om va Joule-lens qonunlarining differentsial ko'rinishlari

Tayanch iboralar: Tashqi kuchlar, galvanik element, E.Yu.K., Om qonuni, o'tkazgichlar, Om va Joule-lens qonunlarining differentsial ko'rinishlari.

O'tkazgichdan uzluksiz tok o'tishi uchun uning ikki uchidagi potensiallar ayirmasi $U = \varphi_1 - \varphi_2$ ni noldan farqli qilib turish lozim. Agar bu uchlardagi kuchlanish U oshsa? Unga mos ravishda tok kuchi I ham oshadi. Tok kuchi zanjirning bir qismiga qo'yilgan kuchlanishga proporsional: $I \sim U$. Bu chiziqli bog'lanishni tenglikka aylantirish maqsadida koeffisient kiritaylik:

$$I = GU \quad (1)$$

Bunda G -o'tkazgichning tabiatiga bog'liq bo'lgan kattalik, u o'tkazgichning elektr o'tkazuvchanligi deyiladi. Elektr o'tkazuvchanlikning teskari qiymati $R = \frac{1}{G}$ o'tkazgichning qarshiligi deyiladi. Bu tushunchaga asoslanib (8) tenglamani quyidagi ko'rinishga keltiramiz:

$$I = \frac{U}{R} \quad (2)$$

Bu ifoda zang'irning bir qismi uchun Om qonuni deyiladi. Bir jinli o'tkazgich orqali o'tayotgan tok kuchi bu o'tkazgichning uchlariga qo'yilgan kuchlanishga to'g'ri proporsional.

O'tkazgichning qarshiligi uning tabiatiga va geometrik o'lchamlariga bog'liq bo'lgan kattalik. Hususan bir jinsli silindrik o'tkazgichning qarshiligi o'tkazgichning uzunligiga to'g'ri, ko'ndalang kesim yuzasiga teskari proporsional:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (3)$$

O'tkazgichning materialiga bog'liq bo'lgan kattalik ρ - solishtirma qarshilik deb ataladi. Uning teskari qiymati $\gamma = \frac{1}{\rho}$ solishtirma o'tkazuvchanlikni beradi. (10)

ifodani zanjirni bir qismi uchun Om qonuni ifodasiga kiritsak, bu qonunni yana bunday yozish mumkin.

$$I = \frac{US}{\rho \cdot l} = \gamma \frac{U}{l} S.$$

Bu ifodada $\frac{I}{S} = J$ tok zichligi, $\frac{U}{l} = E$ maydon kuchlanganlini e'tiborga olaylik, u holda yuqoridagi ifoda $J = \gamma E$ shaklini oladi. Demak, tokning zichligi elektr maydon kuchlanganligiga proporsional. Uning yo'nalishi kuchlanganlik yo'nalishi bilan aniqlanadi:

$$\vec{J} = \gamma \vec{E} \quad (4)$$

Odatda, bu ifoda zanjirning bir jinsli qismi uchun Om qonunining diferensial ifodasi deyiladi.

O'tkazgichning qarshiligi temperaturaga bog'liq:

$$R_t = R_0(1 + \alpha t) \quad (5)$$

Bunda R_0 - o'tkazgichning 0°C dagi qarshiligi; R_t – temperaturaga mos bo'lgan qarshilik; α - qarshilikning termik koeffitsiyenti.

O'tkazgich tarkibida tartibsiz harakat qilayotgan elektronlar o'z-o'zidan tartibli harakatga kelmaydi. Ularni tartibli harakatga keltirishga elektr maydon $A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = qU$ bilan aniqlanadigan ishni bajarish kerak. Zaryad miqdori q ni $q = It$ ifoda bilan almashtiraylik. U holda elektr maydon bajargan ish

$$A = IUt$$

shaklini oladi. Bu bajarilgan ish o'tkazgich sirtidan issiqlik sifatida ajralib chiqadi. Agar $U = IR$ ekanligini e'tiborga oladigan bo'lsak, yuqoridagi ifoda o'tkazgichning sirtidan t vaqt ichida ajralib chiqqan issiqlik miqdorini ifodalaydi, ya'ni

$$Q = I^2 R t \quad (6)$$

Joul-Lens qonuni deb nom olgan mazkur ifoda quyidagi mazmunga ega: o'tkazgichdan ajralib chiqqan issiqlik miqdori tok kuchining kvadratiga, o'tkazgichning qarshiligiga va tok o'tish vaqtiga proporsional. (13) ifodani bir jinsli bo'lmagan zanjirning qismi uchun umimlashtiraylik. Bu tenglamadagi tok kuchini (9) bilan o'tkazgich qarshiligi R ni (10) bilan almashtiramiz. Unda yuqoridagi tenglama

$$Q = \frac{U^2 S t}{\rho \cdot l} = \frac{U^2 S l}{\rho \cdot l^2} t = \lambda E^2 l S t = \lambda E^2 V t$$

ko'rinishni oladi. Bunda V – uzunli l , ko'ndalang kesimi S , bo'lgan o'tkazgichning hajmi. Bu ifodani $V \cdot t$ ga bo'lsak, o'tkazgichning bir birlik hajmidan vaqt birligi oralig'ida ajralib chiqqan energiyani aniqlaymiz:

$$w = \frac{Q}{V \cdot t} = \gamma E^2 \quad (7)$$

Demak, o'tkazgichning bir birlik hajmidan vaqt birligi oralig'ida ajralib chiqqan energiya miqdori maydon kuchlanganligining kvadratiga proporsional ekan. Yuqoridagi tenglama zanjirning bir jinsli qismi uchun quvvatini aniqlash mumkin:

$$N = \frac{A}{t} = IUt = IU \quad (8)$$

Nazorat savollari:

1. Tashqi kuchlar nima?
2. Galvanik element nima?
3. E.Yu.K. ga ta'rif bering ?
4. Om qonunlarini aytib bering?
5. O'tkazgichlarni tushuntiring?
6. Om va Joul-lens qonunlarining differentsial ko'rinishlarini yozing?

22 – Mavzu: Galvanik element mavjud bo'lgan zanjir uchun Om qonuni. Kirxgof qoidalari.

Reja:

1. Galvanik element mavjud bo'lgan zanjir uchun Om qonuni.
2. Kirxgof qoidalari.

Tayanch iboralar: Tashqi kuchlar, galvanik element, E.Yu.K., Om qonuni, o'tkazgichlar, Om va Joul-lens qonunlarining differentsial ko'rinishlari, Kirxgof qoidalari

Qarama-qarshi qutbli zaryadlar bilan zaryadlangan ikki metall sharcha sim bilan ulanganda undan qisqa muddatli tok o'tishi ko'pchilikka ma'lum. Ushbu hodisani izohi quyidagicha: manfiy zaryadlangan sharchadagi ortiqcha elektronlar musbat zaryadlangan sharcha tomon harakatlanib, undagi musbat zaryadni neytrallay boshlaydi. Bir oz muddatdan keyin har ikki sharchaning potentsiallari tenglashib, tok o'tishi to'htaydi. Demak, o'tkazgichdan uzluksiz ravishda tok o'tishi uchun yo'qotilgan zaryadlarning o'rnini to'ldirib turish lozim. Boshqacha qilib aytganda, zanjirning ixtiyoriy ikki nqtasida potentsiallar ayirmasi bo'lishi kerak.

Tok o'tish jarayonida yoqotilgan zaryadlarning o'rnini to'ldirish maqsadida berilgan o'tkazgichda yo'qotilgan zaryadlarni yana dastlabki o'rnida to'ldirib turuvchi moslamaga ulanadi. O'tkazgichning ikki uchida potentsiallar ayirmasini ta'minlab turuvchi bu moslama, odatda, tok manbai deb ataladi. Tok manbai kiritilgan zanjir esa berk bo'ladi. Tok manbaida biror kuch yoki energiyaning bajargan ishi evaziga unda ikki qutbli zaryadlarning ajralishi sodir bo'ladi. Masalan, TES va GRES larda yoqilg'ining yonishidan hosil bo'lgan issiqlik energiyasi AES larda yadrolarning parchalanishidan hosil bo'lgan yadroviy energiya, GES larda suv sathini ko'tarilishidan hosil bo'lgan mehanik energiya, akkumlyator va batareyalarda kimyoviy energiya, fotoelektrik manbaalarda yorug'lik energiyasi ishlatiladi. Kelajakda termoyadroviy reyaksiya energiyasi, so'nmagan vulqonlar va boshqa turdagi energiyalarni ham elektr energiyasiga aylantirish masalalari tezkorlik bilan hal etilmoqda. Tok manbai musbat va manfiy zaryadlarni bir – biridan ajratuvchi kuch tabiati jihatidan elektrostatik kuchdan farq qiladi. Chunki, elektrostatik kuch ta'sirida har-hil qutbli zaryadlar bir-biriga tortiladi. Shuning uchun tok manbaida mavjud bo'lgan kuchni noelektrik yoki tashqi kuch deb atash odat bolgan. Tashqi kuch ham zaryadni harakatga keltirishda o'z hissasini qo'shadi. Tashqi kuchning maydon kuchlanganligi

$$\vec{E}_t = \frac{\vec{F}_t}{q} \quad (1)$$

deb belgilaylik. Ma'lumki, maydon kuchlanganlik musbat birlik zaryadga ta'sir etayotgan kuchni ifodalaydi. Agar musbat birlik zaryad noelektrik kuch mavjud bo'lgan zanjir bo'ylab dl masofaga ko'chirilsa, har ikki elektr va noelektrik kuchlar birgalikda bajargan elementar ishi

$$dA = (\vec{E} d\vec{l}) + (\vec{E}_t d\vec{l})$$

bo'ladi. Bu ifodani yopiq kontur bo'ylab integrallasak, musbat birlik zaryadni berk zanjir bo'ylab ko'chirishdagi to'liq ishini hosil qilamiz:

$$A = \oint (\vec{E} d\vec{l}) + \oint (\vec{E}_t d\vec{l}) \quad (2)$$

Elektr maydon kuchlanganligining yopiq kontur bo'ylab serkulyasiyasi $\oint (\vec{E} d\vec{l}) = 0$ bo'lar edi. Ammo tashqi kuch maydon kuchlanganligining yopiq kontur bo'ylab serkulyasiyasi nolga teng emas. Tashqi kuch shu hususiyat bilan elektr kuchidan farq qiladi. Tashqi kuch maydon kuchlanganligining yopiq kontur bo'ylab serkulyasiyasi noelektrik kuchning energiyaviy harakteristikasi bo'lib hizmat qiladi va u odatda elektr yurituvchi kuch (EYUK) deyiladi. Bu izohga binoan yuqoridagi ifodani

$$\delta = A_t = \oint (\vec{E}_t d\vec{l}) \quad (3)$$

ko'rinishga keltiramiz. Bu ifodaga ko'ra EYUK quyidagicha ta'riflanadi: Musbat birlik zaryadni berk zanjir bo'ylab jo'chirishda tashqi kuchning bajargan ishi bilan o'lchanadigan kattalik elektr yurituvchi kuch (EYUK) deyiladi.

Berk zanjirning tarkibida qarshiliklar bo'lsa, bu qarshiliklarda kuchlanish pasayishi sodir bo'ladi. Kuchlanish EYUK kabi zanjirning energiyaviy harakteristikasi. Binobarin, zanjirning n ta qismida kuchlanish pasayishi kuzatilsa, energiyaning saqlanish qnuniga asosan bu zanjir uchun quyidagi matematik ifoda o'rinlidir:

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^n U_i \quad (4)$$

keltirilgan bu ifoda berk zanjir uchun Om qonunining umumlashgan ifodasi bo'lib u quyidagi mazmunga ega. Zanjirda sodir bo'lgan kuchlanishlar pasayishining algebraik yig'indisi manbaning EYUK siga teng. Hususiy holda berk zanjir uchun yuqoridagi ifodani quyidagicha yozamiz.

$$\varepsilon = IR + Ir \quad (5)$$

bunda, R- tashqi qarshilik, r- ichki qarshilik. Tashqi qarshilik $R=0$ bo'lsa, zanjirdagi tok maksimal qiymatga erishadi va zanjirda qisqa tutashuv hodisasi sodir bo'ladi. Tashqi qarshilikni cheksizga teng ($R = \infty$) deb olsak, zanjir ochiq holatda bo'ladi.

Tabiiyki, $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$ formulaga ko'ra, zanjirdan tok o'tmaydi. Ochiq zanjir uchun Om qonunini quyidagicha o'zgartirib yozamiz:

$$\varepsilon = IR + (\varphi_1 - \varphi_2)$$

Tok kuchi $I=0$ bo'lganidan, manbaaning EYUK $\varepsilon = \varphi_1 - \varphi_2$; bunda $\varphi_1 - \varphi_2$ -manbaa qutblari orasidagi potentsiallar farqi. Demak, ochiq zanjir manbaa qutblari orasidagi potentsiallar ayirmasi EYUK ga teng bo'lar ekan.

Kirxgof qoidalari

Endi Om qonuning umumlashgan (12) ifodasini murakkab zanjirlarga tatbiq qilish masalasi bilan tanishib chiqaylik. Har qanday murakkab zanjirda bir nechta o'tkazgichlar tutashgan nuqtalar bo'ladi. Bu nuqtalar tugun deb nom olgan. Elektr zanjirning uchta va undan ortiq o'tkazgichlar tutashgan nuqtasi tugun deyiladi. Masalan, 7 ta o'tkazgich uchrashgan A tugunni ko'rib chiqaylik: I_1, I_2, I_4 va I_6 toklar tugundan chiqadi. Har bir tok tugunga ma'lum miqdorda zaryad olib ketishi mumkin.

Zaryadlarni saqlanish qonuniga binoan tugunga kelayotgan zaryadlarni miqdori tugundan ketayotgan zaryadlarning miqdoriga teng bo'lishi shart, ya'ni:

$$q_1 + q_2 + q_4 + q_6 = q_3 + q_5 + q_7 \quad (6)$$

Har bir zaryadni, $q=It$ formulaga ko'ra, o'z tokiga mos bo'lgan qiymat bilan almashtiramiz. Bunda toklarning tugundan o'tish vaqti o'zaro teng. Olingan tenglikdan t ni qisqartirib

$$I_1 + I_2 + I_4 + I_6 = I_3 + I_5 + I_7 \quad (7)$$

tenglamani hosil qilamiz. Binobarin, tugunga kelayotgan toklarning algebraic yig'indisi tugundan ketayotgan toklarning yig'indisiga teng bo'ladi. Yuqoridagi tenglamani yana bunday ko'rinishda yozaylik:

$$I_1 + I_2 + I_4 + I_6 - I_3 - I_5 - I_7 = 0 \quad \text{yoki} \quad \sum I_i = 0 \quad (8)$$

Demak tugunda uchrashayotgan toklarning algebraik yig'indisi nolga teng. Bu hulosa Kirhgofning birinchi qoidasi deyiladi. Kirhgofning birinchi qoidasiga mos bo'lgan (16) tenglamani tuzishda tugunga kelayotgan toklar musbat ishora bilan, tugundandan ketayotgan toklar manfiy ishora bilan olinishi lozim.

Murakkab zanjirning tarmoqlaridan oqayotgan toklarni hisoblashda tarmoqlangan zanjir berk konturlarga ajratiladi. Har bir kontur tarkibida bir nechtagacha tok manbalari bo'lishi mumkin. Bunday konturlar uchun Om qonunining umumlashgan ifodasi

$$\sum_k \varepsilon_k = \sum_i I_i R_i \quad (9)$$

shaklda yoziladi. Bu ifoda Kirhgofning ikkinchi qoidasi deyiladi. U quyidagicha ta'rifga ega. Tarmoqlangan elektr zanjirdagi ixtiyoriy berk konturda sodir bo'lgan kuchlanishlar pasayishining algebraik yig'indisi, shu konturdagi barcha EYUK larning algebraik yig'indisiga teng.

Kirhgofning I va II qoidalarini tarmoqlangan zanjirdagi berk konturlarga tatbiq qilish uslubi bilan tanishaylik. Avvalo zanjirdagi tugunlar harflar bilan belgilanadi. Biz keltirgan zanjirda bunday tugunlar ikkita A va B. Tugunlarga moslab tarmoqlangan zanjirning elkalarini aniqlaymiz. Zanjirning elektr asboblari ketma-ket ulangan qismi elka deyiladi. Zanjirni 3 ta, ya'ni $A\varepsilon_1 B$, $A\varepsilon_2 B$ va $A\varepsilon_3^1\varepsilon_3 B$ elkalar mavjud. Demak, tarmoqlangan zanjirdan faqat uch hil I_1 , I_2 va I_3 toklar o'tishi mumkin. Bu toklarning yo'nalishi ixtiyoriy ravishda tanlab olingan. Yuqorida keltirilgan shartlarga binoan Kirhgofning I qoidasiga moslab tenglamalar tuziladi. Bunda tugunlar soni n ta bo'lsa tuzilgan tenglamalar soni undan bitta kam, ya'ni $n-1$ ta bo'ladi. Ikki tugundan bittasiga, masalan A tugunga Kirhgofning I qoidasini tatbiq etsak etarlidir. $I_1 = I_2 + I_3$

Keyingi bosqichda tarmoqlangan zanjirni berk konturlarga ajratamiz. Zanjirda $A\varepsilon_1 B$, $\varepsilon_2 A$ va $A\varepsilon_2 B\varepsilon_3^1\varepsilon_3 A$ konturlarga ajratish mumkin. Konturlarning aylanish yo'nalishi esa ixtiyoriy ravishda tanlab olinadi. Konturdagi tokning yo'nalishi konturning aylanish yo'nalishi bilan mos kelsa tok kuchi musbat, aksincha teskari bo'lsa, tok kuchi manfiy ishora bilan olinadi. Tenglamada ishtirok etgan EYUK ning ishorasi ham konturning aylanish yo'nalishiga binoan olinadi. Konturning aylanish yo'nalishi (strelkasi) EYUK ning qaysi qutbidan chiqsa, shu qutbning ishorasi EYUK ning

ishorasi bo'ladi. Bu tahlilga ko'ra $A \varepsilon_1 B \varepsilon_2 A$ kontur uchun Kirhgofning II qoidasi quyidagicha yoziladi.

$$I_1 R_1 + I_1 R_1^1 + I_2 R_2 = +\varepsilon_1 - \varepsilon_2$$

$A \varepsilon_2 B \varepsilon_3 \varepsilon_3^1 A$ kontur uchun esa

$$I_3 R_3 + I_3 R_3^1 + I_2 R_2 = +\varepsilon_3 - \varepsilon_3^1 \varepsilon_2$$

ko'rinishdagi tenglamaga ega bo'lamiz. Shunday qilib Kirhgofning I va II qoidalarini tatbiq etib tuzilgan tenglamalar soni elkalar, ya'ni noma'lum toklar soniga teng bo'lishi kerak.

Kirhgofning I va II qoidalarini ketma-ket va parallel ulangan qarshiliklar to'plamiga tatbiq etaylik. Qarshiliklar ketma-ket ulangan bo'lsa, ular bitta elkani tashkil etadi va bu elkadan bir hil tok o'tadi. Agar EYUKning ichki qarshiligini

($r=0$) deb olsak, bu zanjir uchun Kirhgofning ikkinchi qoidasi (8) $\sum_{i=1}^n I R_i = \varepsilon$

ko'rinishda yoziladi. Bu ifodani Berk zanjir uchun Om qonuni $\varepsilon = I R$ bilan solishtirib,

$$R = \sum_{i=1}^n R_i \quad (9)$$

bo'lishini topamiz. Demak, ketma-ket ulangan qarshiliklarni umumiy qarshiligi R ulangan qarshiliklar yig'indisiga teng.

Qarshiliklarni parallel ulaylik. Bunda manbaning umumiy I toki n ta tarmoqqa ajraladi. Binobarin, Kirhgofning birinchi qoidasi quyidagicha yoziladi:

$$I = \sum_{i=1}^n I_i \quad (10)$$

Tok kuchlarini zanjirning bir qismi uchun Om qonuni ifodasi $I = \frac{U}{R}$ bilan almashtiramiz. Bunda qarshiliklardan kuchlanishlar ($U=\text{const}$) o'zgarmas qolishini e'tiborga olamiz. Bu mulohazaga asosan (26) tenglama $\frac{U}{R} = U \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$ shaklda o'tadi.

Bundan

$$\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i} \quad (11)$$

ekanligini aniqlaymiz. Demak, qarshiliklar parallel ulanganda zanjirning umumiy qarshiligi R ning teskari qiymati ulangan qarshiliklar teskari qiymatlarining yig'indisiga teng bo'lar ekan. Xususiyl holda parallel ulangan qarshiliklar o'zaro teng bo'lsa, umumiy qarshilik bitta qarshilikning qiymatiga nisbatan n marta kichik, ya'ni $R = \frac{R_1}{n}$ bo'ladi.

Nazorat savollari:

1. Galvanik element mavjud bo'lgan zanjir uchun Om qonuni tushuntiring?
2. Kirxgof qoidalarini tushuntiring?
3. Om va Joul-lens qonunlarining differentsial ko'rinishlarini yozing?

23 – Mavzu: Magnit maydon.

Reja:

1. Magnit maydon induktsiyasining vektori.
2. Amper qonuni. Tok konturining magnit moment.
3. Bio-Savar-Laplas qonuni. Superpozitsiya prinsipi.
4. Turli shakldagi tokli o'tkazgichlarning magnit maydonini xisoblash.

Tayanch iboralar: Magnit maydon, induktsiyasi vektori, Amper qonuni, tok konturi, magnit moment, Bio-Savar-Laplas qonuni, Superpozitsiya prinsipi.

1820 yilda daniyalik fizik Ersted tokli o'tkazgich atrofida magnit maydon borligini (magnit strelkasining og'ishiga qarab aniqladi).

Magnit maydonning manbai - tokdan iboratdir, qo'zg'almas elektr zaryadlari atrofida fazoda elektr maydon, harakatlanuvchi zaryadlar, ya'ni elektr toki atrofida, faqat magnit maydon hosil bo'ladi.

Paralel kuchlarning o'zaro ta'sirini 1820 yilda fransuz olimi Amper aniqladi ya'ni bu Amper qonuni deb quidagicha ta'riflanadi. Paralel tokning o'zaro ta'sir kuchi ($\vec{F}_A$) o'tkazgichlardan o'tayotgan toklarning (I_1, I_2) kuchlariga o'tkazgichni (1) orasidagi masofaga teskari proporsional, ya'ni

$$(1) \text{ yoki } \vec{F}_A = \mu_0 \mu \cdot \frac{I_1 \cdot I_2}{2 \cdot \pi \cdot r_0} \quad (2)$$

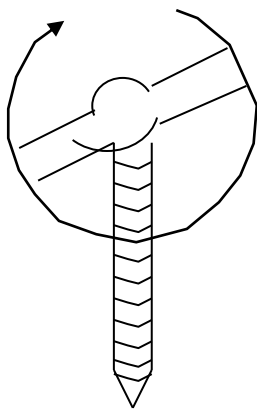
$$\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{H}{A^2} = 12 \cdot 56 \cdot 10^{-7} \frac{B \cdot C}{A \cdot \mu} \left(\frac{r_H}{\mu} \right) \quad (3)$$

Magnit maydondagi tokli o'tkazgichga ta'sir qiluvchi kuchni xam Amper aniqlagan. Bu quyidagicha ta'riflanadi. Magnit maydon induksiya vektori ($\vec{B}$) magnit maydonni miqdori jixatidan xarakterlovchi fizik kattalikdir, ya'ni: «Magnit maydonning biror nuqtasidagi induksiya vektori deb, maydonning shu nuqtasida kiritilgan magnit momenti bir birlikka teng bo'lsa tokli yopiq konturga ta'sir qiluvchi maksimal aylantiruvchi kuch momentiga miqdor jixatidan teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi», Uning matematik ifodasi quyidagicha:

$$\vec{B} \frac{\vec{M} \max}{\vec{P}_M} \left[\frac{H \cdot M}{A \cdot M^2} = \frac{H}{A \cdot M} \right] = T_n, \quad (4)$$

ya'ni o'lchov birligi Tesla (Tl)].

Magnit induksiya chiziqlari deb, shunday egri chiziqlarga aytiladiki, uning har bir nuqtasiga magnit induksiya vektori urunma ravishda yo'nalgandir. Uning yo'nalishini Parva qoidasiga asosan aniqlash mumkin.



Magnit maydondagi tokli o'tkazgichga ta'sir qiluvchi kuch quyidagigan teng, ya'ni

Amper kuchi: $\vec{F}_A = B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha$ - bu Amper qonuning matematik ifodasidir. Bundan quidagi ta'rifni aytish mumkin, ya'ni gap qo'l qoidasi bo'yicha: «Agar ochiq chap qo'lining kaftiga ($\vec{B}$) induksiya vektorining utkazgich uzunligi (1) ga proporsional tashkil etuvchisi tushayotganda, to'rt barmoq (I) tokning yo'nalishi bilan mos tushsa, 90 ga kirilgan bosh barmoq o'tkazgichga ta'sir qiluvchi ($\vec{F}_A$) Amper kuchining yo'nalishini ko'rsatadi». Bu Amper qonuni ta'rifidir. Amper qonunida magnit maydon induksiya vektorining son qiymatini aniqlash mumkin: $\vec{B} = \frac{F_A}{I \cdot l}$ (5) yoki

$\vec{B} = \mu \mu_0 \vec{H}$ (6) (H- magnit maydon kchlanganligi vektori). Magnit maydon harakatlanayotgan zaryadli zarraga ta'sir qiluvchi kuch - Kuchi deb ataladi, ya'ni magnit maydondagi quvatli o'tkazgichga tasir qiluvchi Amper kuchining vujudga kelishini Lorens quyidagicha tushuntirdi: o'tkazgichda tokni hosil qiluvchi tartibli harakrlerlanayotgan zaryadlarga magnit maydon ta'sir qiladi. Amper qonunida foydalanib, magnit maydonda harakatlanuvchi zaryadga tasir etuvchi kuchni topish mumkin. Ya'ni Amper qonunidagi tok kuchi I ni $I = j \cdot S = q \cdot v \cdot n \cdot S$ deb yozish mumkin. Bunda: j-tokning zanjirli, S-vtkazgichning ko'ndalang kesim yuzasi, q - zaryad, n -zaryadlar konsentraksiyasi, v -zaryadning tezligi. Uni e'tiborga olsak.

$$\vec{F}_A = q \cdot v \cdot n \cdot S \cdot I \cdot \sin \alpha = q \cdot v \cdot \vec{B} \cdot N \sin \alpha, (7)$$

Bunda $\vec{F} = \frac{F_A}{N} = q \cdot v \cdot B \sin \alpha$. Lorens kuchini xisoblash mumkin .

Demak Lorens kuchi quyidagicha ta'iflanadi . “Bir jismli magnit maydonda harakatlanayotgan zaryadga ta'sir qiluvchi Lorens kuchi darajaning $\vec{F}_L$ zarrachaning zaryadiga (q) ga, uning tezligiga (v) magnit maydoning induksiyasiga ($\vec{B}$) va v tezlik bilan $\vec{B}$ induksiya vektorlari orasidagi burchakning sinusiga to'g'ri proporsional. $\vec{F}_L$ kuchining yo'nalishi chap qo'l qoidasi asosida aniqlanadi. «Agar ochiq chap qo'lining kaftida $\vec{B}$ induksiya vektning zaryad tezligiga (v) perpendikulyar tashkil etuvchisi tushayotganda to'rt barmoq musbat zaryadining yo'nalishi bilan mos tushsa 90⁰ kerilgan bosh barmoq zaryadga ta'sir qiluvchi $\vec{F}_L$ Lorens kuchining yo'nalishini ko'rsatadi»

Magnit oqimi. Induksiya vektori V bo'lgan, bir jinsli magnit maydonida turgan AS yuzali yassi sirtni ko'raylik.

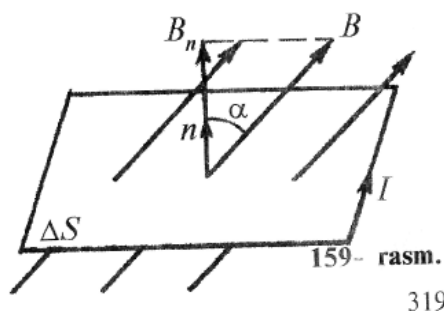
ΔS sirt orqali magnit maydon induksiya vektorining oqimi (magnit oqimi) deb B_n ning (magnit induksiya vektorining sirt normaliga proyeksiyasining) sirt yuzasi ko'paytmasiga teng bo'lgan fizik katta-likka aytiladi:

$$\Delta F = B \Delta S = B \cdot \Delta S \cdot \cos \alpha \quad (8)$$

bu yerda α — sirt normal n — ning yo'nalishi va induksiya vektori V orasidagi burchak. $B_n = V \cdot \cos \alpha$ skalar kattalik bo'lganidan magnit oqimi ham skalar kattalikdir. Umuman olganda, biror sirt orqali magnit oqimi, shu sirt orqali o'tgan magnit induksiya chiziqlarining sonini xarakterlaydi.

Magnit oqimining ishorasi. $\cos \alpha$ qanday qiymatni qabul qilishiga qarab magnit oqimi musbat ($F > 0$) yoki manfiy ($F < 0$) bo'lishi mumkin. $\cos \alpha$ ning qiymati esa normalning musbat yo'nalishi qanday tanlanishiga bog'liq bo'ladi. Normalning musbat yo'nalishi esa qaralayotgan konturdan oqayotgan tokning yo'nalishiga bog'liq bo'lib, o'ng parma qoidasiga muvofiq aniqlanadi. Yopiq sirt orqali magnit oqimi nolga teng, chunki unga kiradigan va undan chiqadigan kuch chiziqlarining soni teng.

Magnit oqimining birligi. Magnit oqimining SI dagi birligi — veber (Wb) nemis fizigi V. Veber (1804— 1891) sharafiga shunday nomlangan. 1 Wb — 1 T induksiya, bir jinsli magnit maydon kuch chiziq-lariga perpendikular joylashtirilgan 1m^2 yuzali sirtidan o'tadigan oqimdir.



319

Magnit maydonidagi tokli o'tkazgichga amper qonuni bilan aniq-lanuvchi kuch ta'sir qiladi. Bu kuchning ishini hisoblash uchun rasmdagidek zanjir tuzamiz va Amper kuchi ta'sirida qo'zg'alishi mumkin bo'lishi uchun bir tomonini mahkamlamay, ilgakcha orqali ulaymiz.

Agar ushbu sistemani induksiyasi rasm tekisligiga perpendikular yo'nalgan bir jinsli magnit maydonda joylashtirsak, o'tkazgich harakatlana boshlaydi. O'tkazgichga ta'sir etadigan kuchning katfaligi Amper qonuniga, yo'nalishi esa chap qo'l qoidasiga muvofiq aniqlanadi. $\alpha = \pi/2$ bo'lganligi uchun $\sin \alpha = 1$ va Amper kuchi $F = B \cdot I \cdot l$ (9) ko'rinishga ega bo'ladi.

O'tkazgich F kuch ta'sirida 1 holatdan 2 holatga Δx ga ko'chsin. Bunda quyidagicha mexanik ish bajariladi, ya'ni:

$$\Delta A = F \cdot \Delta x = B \cdot I \cdot l \cdot \Delta x \quad (10)$$

Bu ifodadagi $I \cdot \Delta x = S$ o'tkazgich harakatlanganda qamrab oladigan yuza.

$$\Delta A = I \cdot B \cdot \Delta S = I \cdot \Delta F \quad (11)$$

Tokli o'tkazgichni magnit maydonda ko'chirishda Amper kuchlarining bajargan ishi, tok kuchining o'tkazgich harakatlanganda qamrab oladigan sirt orqali magnit oqimiga ko'paytmasiga teng.

ΔF o'tkazgich harakatlanganda kesib o'tadigan magnit induksiya chiziqlari sonini xarakterlagani sababli, chiziqli o'tkazgich bir necha bor ko'chganda ishini hisoblash uchun o'tkazgich kesib o'tgan magnit kuch chiziqlarining yig'indisini olish kerak.

Nazorat savollari:

1. Magnit maydon qayerda vujudga keladi?
2. Magnit maydon nimalarga ta'sir ko'rsatadi?
3. Magnit kuchlari deb nimaga aytiladi?
4. Magnit induksiyasi deb nimaga aytiladi?
5. Nima uchun magnit maydonga uyurmali maydon deyiladi?
6. Amper qonuni nima haqida?
8. Magnit oqimni tushuntirish nimaga bog'liq?

24 – Maruza: Bir jinsli magnit maydonda zaryadlangan zarralarning harakati

Reja:

1. Lorens kuchi.
2. Bir jinsli magnit maydonda zaryadlangan zarralarning harakati
3. Harakatlanayotgan zaryadlangan zarralarning elektr va magnit maydonda og'ishi.

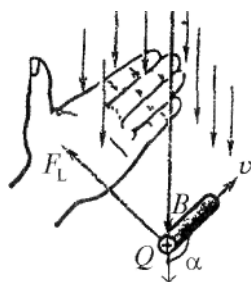
Tayanch iboralar: Lorens kuchi, bir jinsli magnit maydon, zaryadlangan zarralar, harakatlanayotgan zaryadlangan zarralarning elektr va magnit maydonda og'ishi.

Lorens kuchi. Tajribalarning ko'rsatishicha magnit maydon nafaqat tokli o'tkazgichga vabalki magnit maydonda harakatlanayotgan alohida zaryadga ham ta'sir qiladi. Chunki harakatlanadigan zaryad ham o'z atrofida magnit maydon hasil qiladi. Magnit maydonda v tezlik bilan harakatlanayotgan Q elektr zaryadiga ta'sir etadigan kuchga Lorens kuchi deyiladi va u quyidagiga teng:

$$F_L = Q[v \times B] \text{ yoki } F_L = Q \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha. \quad (1)$$

Bu yerda V — zaryad harakatlanayotgan maydonning induksiyasi, a — zaryadning harakat tezligi vektori v va magnit maydon induksiya vektori V orasidagi burchak.

Lorens kuchining yo'nalishi. Lorens kuchining yo'nalishi harakatlanayotgan musbat zaryad uchun chap qo'l qoidasiga muvofiq aniqlanadi.



Agar magnit induksiya vektorlari chap qo'limizning kaftiga kira yotgan, musbat zaryadning harakat yo'nalishi esa ochilgan barmoqlar tomong'i yo'nalgan bo'lsa, unda bosh barmoqnii: yo'nalishi Lorens kuchining yo'nalishini ko'rsatadi. Zaryadning ishorasi o'zgarishi bilan kuchning yo'nalishi ham teskarisiga o'zgaradi. Yuqoridagi ta'rifdan va rasmdan ko'rinib

turibdiki, Lorens kuchitezlik v va induksiya V vektorlariga perpendikular yo'nalgan.

Lorens kuchining ta'siri. ifodadan ko'rinib turibdiki:

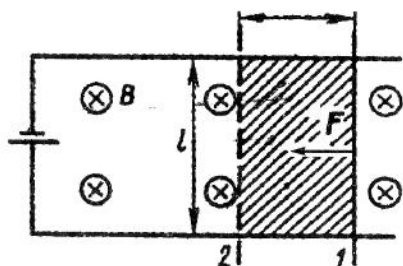
1) agar zaryad harakatsiz bo'lsa, ya'ni $v = 0$, unda $F_L = 0$.

Demak, magnit maydon harakatsiz zaryadga ta'sir ko'rsatmaydi, ya'ni harakatsiz zaryad atrofida magnit maydon hosil bo'lmaydi;

2) agar $\alpha = 0$, ya'ni zaryad magnit induksiya vektori bo'ylab harakatlansa (tezlik vektori v induksiya vektori V ga parallel bo'lsa), unda zaryadga magnit maydoni tomonidan hech qanday kuch ta'sir etmaydi;

3) Lorens kuchi zaryadning harakat tezligiga perpendikular bo'lganligi uchun, uning tezligining modulini, ya'ni kinetik energiyasini o'zgartira olmaydi. Demak, Lorens kuchi ish bajara olmaydi;

4) Lorens kuchi zaryadning harakat tezligiga perpendikular bo'lganligi uchun, uning tezligining yo'nalishini o'zgartiradi. Agar zaryad bir jinsli maydonda harakatlanayotgan bo'lsa, unda Lorens kuchi markazga intilma kuch vazifasini bajarib, zaryadning harakat trayektoriyasini egrilaydi.



Elektr o'lchov asbobiarning ish prinsipi: Tokli o'tkazgichlar, tokli o'tkazgich va doimiy magnetiklar orasida o'zaro ta'sir kuchining mavjudligi tok kuchini o'lchash imkonini beradi. Sunday o'zaro ta'sirlarga asoslangan elektr o'lchov asboblari quyidagi uch turga ajratiladi:

1) magnitoelektrik-doimiy magnetlar bilan tokli o'tkazgichlarning

o'zaro ta'siriga asoslangan;

2) elektromagnet-ferromagnetdan yasalgan o'zakning tokli g'altak

ichiga tortilishiga asoslangan;

3) elektrodinamik-tokli g'altaklarning o'zaro ta'siriga asoslangan.

Magnit momenti

Induksiya vektorining tangensial tashkil etuvchisi $\vec{B}_m = \vec{B} \sin \alpha$ konturga ta'sir etuvchi aylanma momentni hosil qiladi

$$M = I \cdot B \sin \alpha .$$

Vektor ko'rinishida quyidagicha ifodalaymiz:

$$\vec{M} = I \cdot S[\vec{n} \cdot \vec{B}] = [\vec{P}_m \cdot \vec{B}] , \quad (8)$$

bu yerda $\vec{n}$ normal yo'nalishdagi birlik vektor, $\vec{P}_m = IS\vec{n}$ - tokning magnit momentidir.

Bio-Savar-Laplas qonunining differensial va integral ko'rinishi

Magnit maydonini xarakterlovchi asosiy kattalik - magnit induksiyasidan tashqari, ikkinchi kattalik - magnit maydon kuchlanganligi tushunchasi kiritiladi.

Ular bir-biri bilan quyidagicha bog'langandir:

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu\mu_0} \text{ yoki } \vec{B} = \mu\mu_0 \vec{H} , \quad (9)$$

XB tizimida magnit maydon kuchlanganligining o'lchov birligi

$$1 \frac{H}{A \cdot m} : 1 \frac{H}{A^2} = 1 \frac{A}{m}$$

ga tengdir.

$\vec{U}$ - tezlik bilan harakatlanayotgan q zaryadning $\vec{r}$ masofada joylashgan nuqtada hosil qilgan magnit maydon kuchlanganligi quyidagicha ifodalanadi:

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} = \frac{q[\vec{v} \cdot \vec{r}]}{4\pi r^3 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad , \quad (10)$$

Shu zaryadning o'sha yerda hosil qilgan elektr maydon kuchlanganligini ifodalaymiz:

$$\vec{E} = \frac{F_2}{q} = \frac{q \cdot \vec{r}}{4\pi \epsilon_0 r^3 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad , \quad (11)$$

(11) - ifodadan foydalanib (10) - ifodani quyidagicha yozish mumkin (**Ersted** ifodasi):

$$\vec{H} = \frac{q[\vec{v} \cdot \vec{r}]}{4\pi r^3 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = [\vec{v} \cdot \epsilon_0 \vec{E}] \quad , \quad (14)$$

$$d\vec{H} = \frac{n \cdot S \cdot d\ell \cdot e[\vec{v} \cdot \vec{r}]}{4\pi r^3 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad . \quad (15)$$

Agar, $\vec{v}$ - vektor va $d\ell$ skalyar kattaliklarni v - skalyar va $d\vec{\ell}$ vektor kattaliklarga almashtirsak, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$d\vec{H} = \frac{n \cdot S \cdot v \cdot e[d\vec{\ell} \cdot \vec{r}]}{4\pi r^3 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad .$$

Zarrachalar harakati tezligi $v \ll c$ bo'lsa va r o'rniga o'rtacha radius- vektor qiymatidan foydalansak:

$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \approx 1 \quad , \quad I = n \cdot S \cdot v \cdot \ell \quad ,$$

$$d\vec{H} = \frac{I \cdot [d\vec{\ell} \cdot \vec{r}]}{4\pi r^3} \quad , \quad (16)$$

ga ega bo'lamiz. Bu **Bio-Savar-Laplas qonunining differensial ko'rinishidir**.

Elektr va magnit maydonlarda zaryadlangan zarralarning harakati

Magnit maydonda tokli o'tkazgich

Ma'lumki, magnit maydonga kiritilgan tok elementiga $f = B I d \sin \alpha$ kuch ta'sir etadi va bu kuch yo'nalishi chap qo'l qoidasiga asosan aniqlanadi.

Bu kuch yo'nalishi tok yo'nalishi bilan 90° burchak hosil qilgani uchun, $\sin \alpha = 1$ ga teng deb, kattaligini,

$$F = I B l$$

ga teng bo'lishligini topamiz.

O'zgaras kuch ta'sirida o'tkazgichni qo'zg'aluvchan qismi dx masofaga siljigan bo'lsa, bu kuchning bajargan ishi

$$dA = I B l dx$$

ga teng bo'ladi. Bu yerda $l dx = ds$ o'tkazgichning l qismi dx masofaga siljishida hosil qilgan yuzaga tengdir. Buni hisobga olib

yuqoridagi formulani yozamiz:

$$dA = IBdS$$

Bizga ma'lumki, $dF = BdS$ magnit induksiya oqimi deyiladi. Buni hisobga olib quyidagi oxirgi natijaga ega bo'lamiz.

$$dA = Id\Phi$$

Formuladan ko'rinadiki, magnit maydonda tokli o'tkazgichni siljishida bajarilgan ish o'tkazgichdan o'tayotgan tok bilan magnit induksiya oqimi ko'paytmasiga teng ekan. Bu xulosa istalgan magnit maydonda harakatlanayotgan ixtiyoriy shakldagi tokli o'tgazgich uchun o'rinalidir.

Magnit maydon induksiyasi biror s yuza bilan α burchak hosil qilib yo'nalgan bo'lsa va magnit induksiya oqimi yuza orqali o'tuvchi induksiya chiziqlarini to'la soniga tengligidan

$$\Phi = BS \cos \alpha = B_n S$$

hosil bo'ladi.

Elektr va magnit maydonlarda zaryadlangan zarralarning harakati

Elektr maydon kuchlanganligi $\vec{E}$ va magnit maydon induksiyasi $\vec{B}$ bo'lgan elektromagnit maydonda harakatlanuvchi zaryadli zarraga Lorens kuchi ta'sir qilishini bilamiz. Bu kuch elektr maydonning $\vec{E}$ yo'nalishidagi «tezashtiruvchi» ta'siri bilan magnit maydonning $\vec{B}$ va $\vec{v}$ vektorlarga tik yo'nalishdagi $q[\vec{v} \times \vec{B}]$ «og'diruvchi» ta'sirlarining (geometrik) yig'indisidan iborat bo'ladi:

$$\vec{F} = q\vec{E} + q[\vec{v} \times \vec{B}] \quad (1)$$

Bu kuch ta'siridagi zaryadli zarrachani harakat tenglamasi

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = q\vec{E} + q[\vec{v} \times \vec{B}] \quad (2)$$

ko'rinishga ega.

Bir jinsli elektromagnit maydondagi zaryadi zarraning harakati tezaslanishli harakatdir. Ya'ni bir jinsli elektromagnit maydondagi zaryadli zarra kuch ta'sirida

$$\vec{a} = \frac{q}{m} [\vec{v} \times \vec{B}] + \frac{q}{m} \vec{E}$$

tezaslanish oladi.

Elektronni magnit maydondagi harakat traektoriyasining egrilik radiusi, ya'ni aylananing radiusi

$$r = \frac{mv}{eB} \quad (4)$$

ga teng bo'ladi. Ko'pincha bu kattalikni Larmor radiusi deyiladi.

Zaryadli zarraning bir jinsli magnit maydondagi aylanish davri (4) ni hisobga olsak,

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$$

bo'ladi. Formuladan ko'rinadiki, zaryadli zarraning magnit maydondagi aylanish davri tezslik va aylana radiusiga bog'liq emas. Bundan zaryadli zarralarni tezashtirishda –siklatronlarda foydalaniladi.

Magnit maydon ta'sirida, zaryadli zarralar harakatini tezashtiruvchi qurilma siklatron deyiladi.

Nazorat savollari:

1. Lorans kuchi nima?
2. Magnit oqimni tushuntirish nimaga bog'liq?
3. Chap qo'l qoidasi nima?
4. Magnit induksiya belgisi qanday?

25- Maruza: Elektromagnit induksiya xodisasi.

Reja:

1. Lens qoidasi. Induksiya E.Yu.K.
2. Garmonik tarzda o'zgarib turuvchi E.Yu.K. ni hosil qilish.
3. O'zinduksiya. Induktivlik. O'zaro induksiya xodisasi.

Tayanch iboralar: Elektromagnit induksiya xodisasi, Lens qoidasi, induksiya E.Yu.K., garmonik tarzda o'zgarib turuvchi E.Yu.K., o'zinduksiya, induktivlik, o'zaro induksiya xodisasi.

Faradeyning elektromagnit induksiya hodisasi.

Ko'p sonli tajribalardan quyidagi qonuniyatlar aniqlangan:

Vaqt bo'yicha o'zgaradigan tashqi magnit maydonida joylashgan o'tkazgichda **elektr yurituvchi kuch** paydo bo'ladi.

Agar o'tkazgich yopiq bo'lsa, unda induksion tok hosil bo'ladi. O'tkazgichda **induksiya hisobiga** hosil bo'lgan **EYuK kattaligi** shu o'tkazgichni kesib o'tuvchi magnit induksiyasi oqimining o'zgarish tezligiga proporsionaldir:

$$\varepsilon_U = -\frac{d\Phi}{dt}, \quad (1)$$

Bu ifoda **Faradey-Maksvell qonuni** deb ataladi.

Manbaning ε EYuK dan tashqari **induksiyaviy EYuK** deb ataluvchi qo'shimcha EYuK ham ta'sir etadi:

$$\varepsilon_U = -\frac{d\Phi}{dt}, \quad (2)$$

va yana (2.1.1) - ifodaga ega bo'ldik.

Bu yerda minus ishora, yopiq zanjirni kesib o'tuvchi $\left(\frac{d\Phi}{dt} > 0\right)$ oqim oshishi bilan induksiyaviy EYuK manba EYuK ga teskari yo'nalgan bo'ladi, oqim kamayganda $\left(\frac{d\Phi}{dt} < 0\right)$ ikkala EYuK lar yo'nalishi bir xil bo'ladi.

Lens qonuni

Lens qoidasiga asoslanib induksiyaviy EYuK yo'nalishini aniqlash mumkin: **induksiyaviy EYuK va tok doimo shunday yo'nalishga ega bo'ladiki, u hosil qilgan magnit maydoni shu tokni vujudga keltiruvchi magnit oqimining o'zgarishiga qarshilik qiladi.**

O'tkazgichning induktivligi

Elektr toki oqayotgan har bir o'tkazgich o'zining xususiy magnit maydoni ta'sirida bo'ladi. Tok hosil qilgan magnit oqimi yoki oqim tutilishi, barcha sharoitlarda tok kuchiga proporsionaldir:

$$\psi = LI, \quad (3)$$

bu yerda L - proporsionallik koeffitsiyenti - **o'tkazgichning induktivligi** deb ataladi. O'tkazgichning induktivligi uning shakli, o'lchami va magnit singdiruvchanlikka bog'liqdir.

O'tkazgichda magnit maydonining o'zgarishi unda induksiya elektr yurituvchi kuchini qo'zg'atadi va u **o'zinduksiya EYuK** deb ataladi.

Agarda tok kuchi o'zgarishida induktivlik o'zgarmasdan qolsa ($L = const$, bu hol faqat moddada ferromagnit xususiyati yo'qligida yuz berishi mumkin), u holda

$$\varepsilon_{y3} = -L \frac{dI}{dt} \quad (4)$$

Bu ifodadagi minus ishora Lens qoidasiga asosan paydo bo'lgan va induksion tok uni vujudga keltiruvchi sabablarga doimo qarshilik qilish tarafiga yo'nalganligini bildiradi.

3 Solenoidning induktivligi

$$L = \mu_0 \mu n^2 \ell \cdot S = \mu_0 \mu n^2 \cdot V \quad (5)$$

bu yerda $V = \ell \cdot S$ - solenoid hajmi. Bu ifodadan μ_0 ning o'lchov birligini topishimiz mumkin:

$$\mu_0 = \frac{L}{n^2 \cdot V} \quad , \quad \frac{\text{genpu} \left(\frac{\Gamma_H}{M} \right)}{\text{memp}}$$

Tokning magnit maydon energiyasi

dt vaqt ichida bu tokning bajargan ishi quyidagiga tengdir:

$$dA = \varepsilon_{y3} \cdot I \cdot dt = -\frac{d\psi}{dt} \cdot I \cdot dt = -I \cdot d\psi \quad (6)$$

Agarda solenoid induktivligi I tokka bog'liq bo'lmasa ($L = const$), u holda

$$d\psi = L \cdot dI$$

ga teng bo'ladi.

$$dA = -L \cdot I \cdot dI \quad (7)$$

ifodani I dan 0 qiymatgacha integrallasak, magnit maydon yo'qolguncha ketgan vaqt ichida tokning bajargan ishini baholay olamiz:

$$A = -\int_{I_0}^0 L I dI = \frac{L I^2}{2} \quad (8)$$

Magnit maydoni butunlay yo'qolganda, tok oqimi to'xtaydi, bajarilgan ish zanjirda ajralgan issiqlik miqdoriga teng bo'ladi.

$$W_m = \frac{L I^2}{2} \quad , \quad (9)$$

bu yerda, W_m - magnit maydon energiyasidir. Bu ifoda magnit maydon energiyasi o'tkazgichda (induktivlikda) joylashgan bo'ladi va tokka bog'liqdir (L - o'tkazgich induktivligi, I - tok).

Magnit maydon energiyasini

$$I = \frac{H}{n}$$

ifoda yordamida maydon bilan bog'liq bo'lgan kattalik orqali ham ifodalashimiz mumkin:

$$L = \mu_0 \mu n^2 \cdot V, \quad H = nI, \quad I = \frac{H}{n}$$

Shuning uchun:

$$W_M = \frac{\mu_0 \mu H^2}{2} \cdot V, \quad (10)$$

ga teng bo'ladi. Bu yerda, μ va N - muhitning magnit sindiruvchanligi va solenoid ichidagi maydon kuchlanganligi, V - solenoid hajmi.

$\delta_M = \frac{\mu_0 \mu H^2}{2}$ - kattalik, magnit maydon energiyasi o'zgarmas zichlik bilan taqsimlanganligini ko'rsatadi.

Nazorat savollari:

1. Lens qoidasini ta'riflang?
2. Induksiya E.Yu.K. ni tushuntiring?
3. Garmonik tarzda o'zgarib turuvchi E.Yu.K. ni hosil qilishni tushuntiring?
4. O'zinduksiya hodisasini tushuntiring?
5. Induktivlikni formulasi va birligini tushuntiring?
6. O'zaro induksiya xodisasini tushuntiring?

26 – Maruza: Elektr tebranishlar.

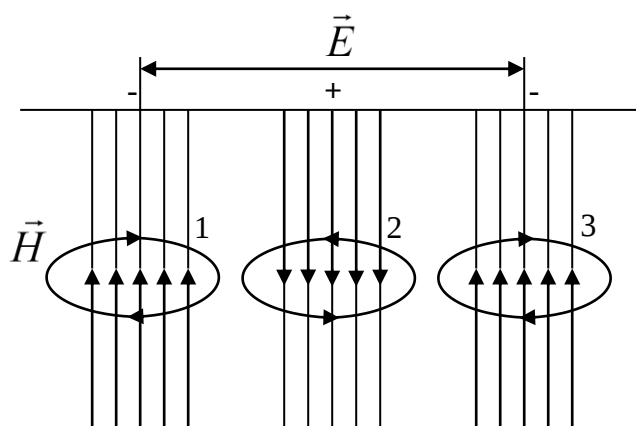
Reja:

1. Aktiv qarshiliksiz konturda erkin tebranishlar.
2. So'nuvchan erkin tebranishlar.
3. So'nish koeffitsiyenti, so'nishning logorifmik dekrementi, kontur asilligi.
4. Majburiy elektr tebranishlarda amplituda va faza

Tayanch iboralar: Elektr tebranishlar, aktiv qarshiliksiz kontur, erkin tebranishlar so'nuvchan erkin tebranishlar, so'nish koeffitsiyenti, so'nishning logorifmik dekrementi, kontur asilligi, majburiy elektr tebranishlar, amplituda, faza.

Dielektrik uchun Maksvellning birinchi va ikkinchi tenglamalaridan quyidagi fikr kelib chiqadi, ya'ni elektr va magnit maydonlarning o'zaro bog'liqligi, bu maydonlardan birining o'zgarishi qo'shni nuqtalarda boshqasining paydo bo'lishini eslatadi. Bu esa fazoda **elektromagnit to'lqinlarni** paydo bo'lishi va tarqalishiga olib keladi.

Faraz qilaylik, fazoning qandaydir joyida (1-rasm,1-nuqtada) kuchlanganligi $\vec{E}$ bo'lgan elektr maydoni hosil qilingan.



1 - rasm. Elektromagnit to'liqin tarqalishida elektr va magnit maydonlarning taqsimlanishi

Maydon kuchlanganligini 0 dan E gacha o'zgarishi Maksvellning 1 - tenglamasiga asosan

$$\oint H_{\ell} dl = \frac{\partial D_n}{\partial t}$$

elektr maydon kuch chiziqlarini o'rab oluvchi magnit maydonini hosil bo'lishiga olib keladi.

Kuchlanganligi $\vec{H}$ bo'lgan magnit maydonining paydo bo'lishi, Maksvellning 2 - tenglamasiga asosan

$$\oint E_{\ell} dl = - \frac{d\Phi}{dt}$$

yana elektr maydonini hosil qiladi. Elektr maydoni uyurmali va yopiq bo'lib 2 - nuqtada pastga, 1 - nuqtada yuqoriga yo'nalgan bo'ladi.

Shunday qilib, qandaydir nuqtada paydo bo'lgan elektr (yoki magnit) maydoni barcha yo'nalishlarda bir vaqtda tarqaladigan elektr va magnit to'liqlarning manbai bo'lib qoladi.

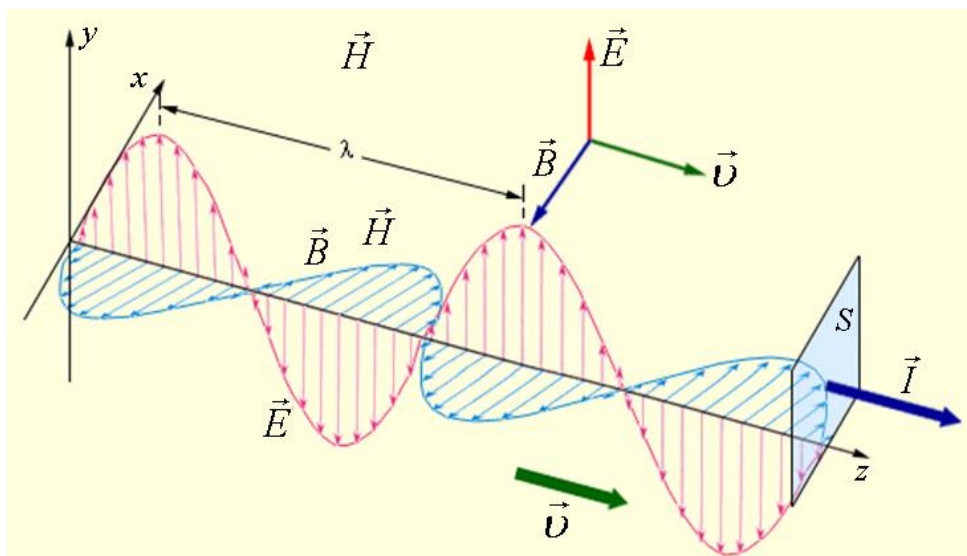
Elektr va magnit to'liqlarining majmuasi **elektromagnit to'liqin** deb ataladi.

Bu holda, elektromagnit to'liqin o'tuvchi har bir nuqtada $\vec{E}$ va $\vec{H}$ kuchlanganliklarning har biri maksimumgacha o'sib, nolgacha kamayishga intiladi.

Agarda boshlang'ich nuqtada maydon kuchlanganligi uzoq vaqt $E = E_0 \sin \omega t$ qonuniyat bilan tebranib tursa, u holda to'liqin o'tadigan har bir nuqtada $\vec{E}$ va $\vec{H}$ maydon kuchlanganliklari ham shu qonuniyat bilan tebranadilar. Bu ikkala vektorlar bir-biriga perpendikulyar bo'lib, to'liqin tarqalishi yo'nalishiga perpendikulyardir, yani elektromagnit to'liqin **ko'ndalang** to'liqindir.

Ikki maydon kuchlanganliklari vektorlarining vaqtning bir momentida har xil nuqtalarda yo'nalganliklari 2 - rasmda keltirilgan.

Maksvell tenglamalaridan quyidagi differensial tenglamalarni keltirib chiqarish mumkin:



.2 - rasm. Elektromagnit to'liqning elektr va magnit kuchlanganlik vektorlari yo'nalishlari

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial z^2} &= \varepsilon \varepsilon_0 \mu \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial z^2} \\ \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial z^2} &= \varepsilon \varepsilon_0 \mu \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial z^2} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Bu elektr va magnit to'liqlarining mos ravishda to'liq tenglamalaridir. Bu tenglamalarni to'liqning differensial tenglamasi

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial z^2} = \frac{1}{U^2} \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}$$

bilan solishtirsak, elektr va magnit to'liqlarning fazali tezliklari bir xil ekanligi ko'rinib turibdi

$$v = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon \varepsilon_0 \mu \mu_0}},$$

yani faqat to'liq tarqaladigan muhitning dielektrik va magnit singdiruvchangliklariga bog'liq ekan.

Vakuumdagi $\varepsilon = \mu = 1$ ga teng bo'lgani uchun to'liqlarning fazali tezliklari yorug'likning vakuumdagi tezligiga tengdir.

$$v = c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}} = 299729 \text{ km/s}.$$

Agar $c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}$ ekanligini hisobga olsak, elektromagnit to'liqning istalgan muhitdagi tarqalish tezligi uchun Maksvell formulasini keltirib chiqaramiz.

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}}, \quad (2)$$

X o'qi bo'ylab tarqalayotgan yassi elektromagnit to'lqin uchun, elektromagnit to'lqinning ko'ndalang ekanligini hisobga olgan holda, quyidagiga ega bo'lamiz:

$$E_x = H_x = 0$$

$E_z = H_z = 0$ ekanligini hisobga olsak, Maksvell tenglamasidan X o'qi bo'ylab tarqalayotgan yassi elektromagnit to'lqinning differensial tenglamalarini keltirib chiqaramiz:

$$\frac{\partial^2 E_y}{\partial x^2} = \frac{\epsilon\mu}{c^2} \frac{\partial^2 E_y}{\partial t^2}; \quad \frac{\partial^2 H_z}{\partial x^2} = \frac{\epsilon\mu}{c^2} \frac{\partial^2 H_z}{\partial t^2}, \quad (3)$$

Bu tenglamalarning eng oddiy yechimlari quyidagi funksiyalardan iboratdir:

$$E_y = E_0 \sin(\omega t - kx + \alpha_1); \quad H_z = H_0 \sin(\omega t - kx + \alpha_2), \quad (4)$$

Bu yerda ω - to'lqin chastotasi, $k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{\omega}{u}$ to'lqin sonidir, α_1 va α_2 $x = 0$ nuqtadagi tebranishning boshlang'ich fazalaridir.

Elektromagnit to'lqin uchun, quyidagi tenglik

$$\epsilon\epsilon_0 E_0^2 = \mu\mu_0 H^2, \quad (5)$$

o'rinlidir. Bu tenglikdan elektr va magnit maydon vektorlarining tebranishlari bir xil fazada ($\alpha_1 = \alpha_2$) sodir bo'lishi ko'rinib turibdi va bu vektorlarning amplitudalari bir-biri bilan quyidagicha bog'langandir.

$$E_0 \sqrt{\epsilon\epsilon_0} = H_0 \sqrt{\mu\mu_0}, \quad (6)$$

Yassi elektromagnit to'lqin tenglamasining vektor ko'rinishi quyidagichadir:

$$\vec{E} = \vec{E}_0 \sin(\omega t - kx); \quad \vec{H} = H_0 \sin(\omega t - kx), \quad (7)$$

bu yerda $\alpha_1 = \alpha_2 = 0$.

Nazorat savollari:

1. Aktiv qarshiliksiz konturda erkin tebranishlarni tushuntiring ?
2. So'nuvchan erkin tebranishlarni tushuntiring ?
3. So'nish koeffitsiyenti, so'nishning logarifmik dekrementi, kontur asilligini tushuntiring ?
4. Majburiy elektr tebranishlarda amplituda va fazani tushuntiring?

27 – Mavzu: Geometrik optika.

Reja:

1. Optikaning asosiy qonunlari.
2. Fotometrik tushunchalar va birliklar.
3. Linzalar.
4. Optik asboblari.

Tayanch iboralar: Geometrik optika, optikaning asosiy qonunlari, fotometrik kattaliklar va birliklar, linzalar, optik asboblari.

Optika grekcha «opticos» - ko'raman, degan so'zdan olingan bo'lib, fizikaning bu bo'limida yorug'likning tabiati, yorug'lik xodisalaridagi konuniyatlar va yorug'lik bilan moddalarning uzaro ta'siriga doir jarayonlar uraniladi.

XVIII asrning oxirlarida Ng'yuton uzining yorug'lik xakida korpuskulyar tasavvurlarini ilgari surdi. Bu tasavvurga asosan yorug'lik nurlovchi jismdan katta tezlik bilan uchib chikuvchi va tugri chizikli traektoriyalar buyicha harakatlanuvchi zarrachalar okimidan iborat. Ng'yutonning korpuskulyar tasavvuri ayrim optik xodisalar va konunlarni tushuntirib berishdan katg'iy nazar, u kamchiliklardan xoli emas.

Gyuygens yorug'likning tulkin nazariyasini urtaga tashladi. Bu nazariyaga asosan yorug'lik olam efirida (ya'ni elastik muxitda) tarkaluvchi elastik tulkin deb karaladi. Gyuygens printsipi – muxitning yorug'lik tulkini yetib keladigan xar bir nuktasi, yorug'likning yangi – ikkilamchi manbai xisoblanib uz navbatida yorug'lik tulkini frontining holatini kursatadi.

Gyuygens tulkin nazariyasini kamchiliklaridan biri – elastik muxit «olam efiri» tushunchasining kiritilishidir. Bundan tashkari, yorug'lik kutublanish soxasidagi tadkikotlar yorug'lik tulkini kundalang tulkindan iboratligini isbot kildi. Kundalang tulkinlar, fakatgina kattik jismlardagina tarkaladi. Bu kiyinchiliklarni elektromagnit nazariya bartaraf kildi. Gerts elektromagnit tulkinlarning muxitlar chegaralarida sinishi, kaytishi yorug'likni sinishi va kaytishiga aynan uxshash ekanligini tajribada kursatdi.

Muxitning elektromagnit tulkinlari uchun sindirish kursatkichi muxitning elektr va magnit parametrlari bilan boglikligi Maksvellning

$$n = \frac{c}{g} = \sqrt{\epsilon\mu}$$

formulasi bilan ifodalanadi.

Elektromagnit nazariya Maksvell tomonidan yaratilgan bulib, u uzgaruvchan elektr va magnit maydonlarini takozo kiladi. Maksvellning elektromagnit nazariyasi, P. N. Lebedev tomonidan tajribada yorug'lik bosimi ulchangandan sung yakkol isbotini topdi. CHunki yorug'lik bosimini nazariy asosi Maksvellning elektromagnit nazariyasida bashorat kilingan edi. Lekin ayrim fizik effektlar (foto-, Kompton effektlari va x.k.) elektromagnit nazariyasi asosida kiyin tushuntiriladi. Bu effektlar yorug'likning kvant nazariyasi asosida oson tushuntiriladi.

SHunday kilib, xozirgi vaktida yorug'likning elektromagnit va kvant nazariyalari yorug'lik tabiatini va uning muxit bilan ta'sirini konikarli yoritadigan nazariyalardir.

Geometrik optika

Optikaviy xodisalarning turtta asosiy konuni kadim zamonlardan ma'lum:

Yoruglikning tugri chizik buylab tarkalish konuni;

Yoruglik nurlarining mustakilligi konuni;

yoruglikning kaytish konuni ;

Yoruglikning sinish konuni.

1. Bu konunlarni urganishda yoruglik nuri tushunchasidan foydalaniladi. Yoruglik nuri deb, yoruglik energiyasining tarkalish yunalishini kursatuvchi tugri chizikka aytiladi.

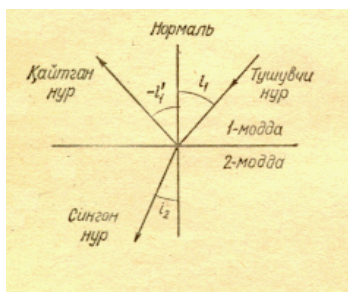
Bir jinsli muxitda yoruglik tugri chizik buylab tarkaladi. Bu xulosa shaffofmas jismlar kichik ulchamli manbalar bilan yoritilganda hosil buladigan soylarning chegaralari keskin bulishidan kelib chikadi. Lekin yoruglik ulchami juda kichik bulgan teshiklardan utganda (ya'ni $\lambda \approx d$) yoruglikning tugri chizik buylab tarkalish konuni uz kuchini yukotadi.

2. Yoruglik nurlarining mustakilligi ular uzaro kesishganda bir-biriga xech kanday ta'sir kilmasligidan iboratdir. Nurlarning kesishishi xar bir nurning mustakil ravishda tarkalishiga xalakit bermaydi.

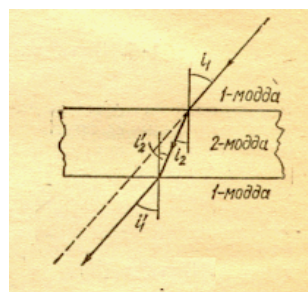
3. Yoruglik ikki shaffof muxit orasidagi chegarani kesib utganda tushuvchi nur ikkita nurga kaytgan va singan nurlarga ajraladi. Bu nurlarning yunalishi yoruglikning kaytish va sinish konunlaridan aniklanadi.

Yoruglikning kaytish konuni: kaytgan nur, tushuvchi nur va tushish nuqtasiga utkazilgan normalg' bilan bir tekislikda yotadi. Kaytish burchagi tushish burchagiga teng.

$$\alpha = \beta$$



1- rasm



2.-rasm

4. Yoruglikning sinish konuni. Singan nur, tushuvchi nur va tushish nuqtasiga utkazilgan normalg' bilan bir tekislikda yotadi. Tushish burchagi sinusining sinish burchagi sinusiga nisbati berilgan moddalar uchun uzgarmas kattalikdir

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n_{12}$$

n_{12} – ikkinchi moddaning birinchi moddaga nisbatan nisbiy sindirish kursatkichi deyiladi.

Bir modda ichiga ikkinchi moddadan yasalgan yassi – parallel plastinkani tushiramiz (1.2- rasm). Tajriba kursatadiki, plastinka orkali utgan nur tushuvchi nurga parallel buladi. Nurning plastinka sirtlaridagi xar ikkala sinishi uchun munosabatni yozamiz:

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = n_{12}, \quad \frac{\sin i_1^1}{\sin i_2^1} = n_{21} \quad (\text{ikkinchi sirt uchun konun yozilganda 1-}$$

moddaning 2-moddaga nisbatan sindirish kursatkichi, ya'ni n_{21} olinadi).

Geometrik muloxazalardan $i_2^1 = i_2$; nur plastinka orkali utgandan keyin dastlabki yunalishiga parallel bulib kolishi sababli i_1^1 va i_1 burchaklar uzaro teng buladi.

SHuning uchun (1.4) ifodalarni uzaro kupaytirsak
$$n_{21} = \frac{1}{n_{12}}$$

kelib chikadi. Bundan yoruglik nurlarining aylanuvchanlik (yoki uzarolik) konuni kelib chikadi: agar bir necha marta kaytgan va singan nurga karama karshi yunalishda boshka bir nur yunaltirsak, u usha birinchi (tugri) nur utgan yuldan, lekin teskari yunalishda utadi.

Moddaning bushlikka nisbatan sindirish kursatkichi shu moddaning absolyut (mutlak) sindirish kursatkichi deyiladi. Sindirish kursatkichi kattarok bulgan modda optikaviy zichrok modda deb yuritiladi.

Tushish burchagi kattalashgan sari, sinish burchagi yanada tezrok usadi va tushish burchagi $i_{qe2} = \arcsin n_{12}$ (1.8) kiymatga yetganda i_2 burchak $\frac{\pi}{2}$ ga teng buladi. (1.8) kattalik chegaraviy burchak deb ataladi.

Tushuvchi nur energiyasi kaytgan va singan nurlar orasida taksimlanadi. Tushish burchagi kattalashgan sari, kaytgan nur intensivligi ortadi, singan nur intensivligi esa kamaya borib, chegaraviy burchakda 0 ga aylanadi. Tushish burchagini kiymati chegaraviy burchak bilan $\frac{\pi}{2}$ oraligida balsa, yoruglik ikkinchi muxitga utmaydi, kaytgan nur intensivligi tushuvchi nur intensivligiga teng buladi. Bu xodisa tula ichki kaytish deb ataladi.

Fotometrik kattaliklar

Optik diapazonga tugri keladigan elektromagnit tulkinlarning ($\lambda \approx 10^{-8} \div 3,4 \cdot 10^{-3} m$) energetik parametrlarni ulchash bilan shugullanadigan optikaning bulimiga fotometriya deyiladi. Soddarok kilib aytganda, kuzga kurinadigan yoruglik ta'sirlarini ulchash bilan shugullanadigan bulimi fotometriya deyiladi.

1. Yoruglik okimi F deb, biror yuzadan vakt birligi ichida utuvchi yoruglik energiyasini kursatuvchi fizik kattalikka aytiladi, ya'ni:

$$\Phi = \frac{Q}{t}$$

Q- yoruglik energiyasi, t – vakt. Yoruglik okimining birligi lyumen (lm).

2. Yoruglik kuchi. Yoruglik manbaining ulchamlarini kuzatish joyidan ungacha bulgan masofaga nisbatan xisobga olmaslik mumkin bulsa, bunday manbani nuktaviy manba deb ataymiz. Bir jinsli va izotrop muxitda nuktaviy manbadan tarkalayotgan tulkin sferik buladi. Yoruglikning nuktaviy manbalarini tavsiflash uchun yoruglik kuchi ishlatiladi. I yoruglik kuchini manba nurlanishining fazoviy burchak birligiga tugri keladigan yoruglik okimi tarzida aniklanadi:

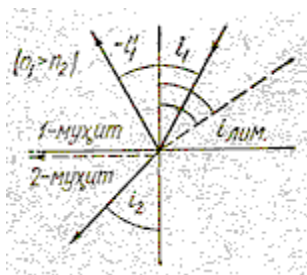
$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}$$

$d\Phi$ –manbaning $d\Omega$ - fazoviy burchak ichida tarkatayotgan yoruglik okimidir.

Umumiy xolda yoruglik kuchi yunalishga boglik $I=I(\nu, \varphi)$

Agar I yunalishga boglik bulmasa, manba izotrop deb yuritiladi. Izotrop manba uchun

$$I = \frac{\Phi}{4\pi}$$



bunda F - manbaning barcha yunalishlar buyicha tarkatayotgan yoruglik okimi. Xalkaro Birliklar (XB) sistemasida yoruglik kuchining birligi – sham (*shm*). Bu birlikning kiymati shunday kabul kilinganki, platina kotish xaroratida tula nurlangichning ravshanligi 1 sm^2 ga 60 shm buladi. Tula nurlangich deganda absolyut kora jism xossalariga ega bulgan kurulma tushuniladi.

3. Yoritilganlik. Biror sirtning uziga tushayotgan yoruglik okimidan yoritilish darajasi yoritilganlik deb ataluvchi kuyidagi kattalik bilan tavsiflanadi:

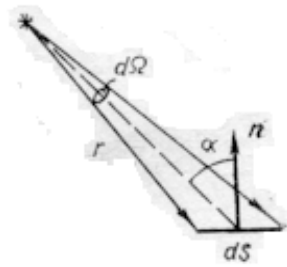
$$E = \frac{d\Phi_{myu}}{ds}$$

df_{tush} – sirtning ds elemntiga tushayotgan yoruglik okimi.

Ye- yoritilganlikni yoruglik kuchi I , sirtan manbagacha bulgan masofa r va sirtning $n \text{ ds}$ yuzachaga (1.4-rasm) tushuvchi okim $dF_{tush}=I d\Omega$ usha $ds \text{ d}\Omega = \frac{ds \cos \alpha}{r^2}$.

Demak, $d\Phi_{myu} = \frac{Ids \cos \alpha}{r^2}$ Bu okimni ds ga bulib kuyidagini hosil kilamiz:

$$E = \frac{I \cos \alpha}{r^2}$$



4-rasm

4. Yorituvchanlik. Ulchamlari kattaroq yoruglik manbai turli kislmlarning yorituvchanligi R

$$R = \frac{d\phi_{\text{coy}}}{ds}$$

df_{soch} – manba sirtidagi ds

I kandela yoruglik kuchi beradigan yuzaning ravshanligi olinib, ravshanlik birligi –

«kandela taksim kvadrat metr» buladi. Demak, ravshanlik.

$$B = \frac{I}{s_n} = \frac{I}{s \cos \varphi}$$

Bunda φ - yoruglik nuri yunalishi bilan shu yoruglik tarkatayotgan yuzaga utkazilgan burchak.

Ravshanligi yunalishga boglik bulmagan sirtga Lambert konuniga buysunuvchi sirt deyiladi. Ya'ni yokkan kor katlami, absolyut kora jism, va boshkalar Lambert yoruglik manbalariga misol bula oladi. Yoruglikning intensivligi xam xuddi ravshanlikka uxshash Kd/m^2 xisobida ifodalanadi.

Nazorat savollari:

1. Optikaning asosiy qonunlarini sanang?
2. Fotometrik tushunchalar va birliklarni tushuntiring?
3. Linzalar haqida ma'lumot bering ?
4. Optik asboblarni sanang?

28 - Mavzu: Yorug'lik to'lqinlaribig interferensiyasi.

Reja:

1. Kogerent manbalar.
2. Yorug'likning maksimum va minimum intensivligini qo'zg'atilish shartlari.
3. Interferensiya hodisalarining qo'llanilishi.
4. Interferometrlar

Tayanch iboralar: Yorug'lik to'lqinlaribig interferensiyasi, kogerent manbalar, yorug'likning maksimum va minimum intensivligini qo'zg'atilish shartlari, Interferensiya hodisalarining qo'llanilishi, Interferometrlar.

Yorug'lik interferensiyasi

Faraz qilaylik, ikkita monoxramatik yorug'lik to'lqinlari bir-birining ustiga tushib, fazoning belgilangan nuqtasida birxil chastotali to'lqinlarni qo'zg'otsin

$$X_1 = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1) \quad \text{va} \quad X_2 = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2)$$

X – deganda to'lqinlarning Y_e elektr va N magnit maydonlari kuchlanganliklarini tasavvur etamiz. Y_e va N vektorlar bir-biriga perpendikulyar bo'lgan tekisliklarda tebranadilar, elektr va magnit maydonlari kuchlanganliklari esa, superpozitsiya prinsipiga bo'ysunadilar. Berilgan nuqtadagi natijaviy tebranish amplitudasi quyidagicha tengdir.

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

To'lqinlar kogerent bo'lgani uchun, $\cos(\varphi_2 - \varphi_1)$ vaqt bo'yicha o'zgarmas qiymatga ega bo'ladi, shu sababli natijaviy to'lqin jadalligi quyidagicha ifodalanadi:

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1), \quad (1)$$

bu yerda $I \sim A^2$. $\cos(\varphi_2 - \varphi_1) > 0$ bo'lgan nuqtalarda to'lqin jadalligi $I > I_1 + I_2$ ga teng. $\cos(\varphi_2 - \varphi_1) < 0$, bo'lgan nuqtalarda to'lqin jadalligi $I < I_1 + I_2$ ga teng.

Demak, ikkita kogerent yorug'lik to'lqinlari bir-birini ustiga tushganda yorug'lik oqimining fazoviy qayta taqsimlanishi kuzatilib, ayrim nuqtalarda to'lqin jadalligining maksimumi, boshqa nuqtalarda minimumi kuzatiladi. Bu xodisa **yorug'lik to'lqinining interferensiyasi** deb ataladi.

Nokogerent to'lqinlar uchun fazalar farqi $\varphi_2 - \varphi_1$ uzluksiz o'zgarib turadi, vaqt bo'yicha $\cos(\varphi_2 - \varphi_1)$ ning o'rtacha qiymati nolga teng bo'lganligi uchun, natijaviy to'lqin jadalligi barcha yerda birxil bo'ladi, $I_1 = I_2$ bo'lganda $2I_1$ ga teng bo'ladi.

Yorug'lik to'lqinlarining interferensiyasini kuzatish uchun kogerent yorug'lik to'lqinlariga ega bo'lish kerak. Kogerent yorug'lik to'lqinlarini olish uchun bir manba'dan chiqqan to'lqinni ikkita to'lqinga ajratish usulidan foydalaniladi. Bu ikki to'lqin xarxil optik yo'l bosib, bir-birini ustiga tushganda interferensiya manzarasi kuzatiladi.

Masalan, belgilangan 0 nuqtada to'lqin ikkita kogerent to'lqinlarga ajralgan bo'lsin. Interferensiya manzarasi kuzatiladigan M nuqtagacha birinchi to'lqin n_1 singdirish ko'rsatkichiga ega bo'lgan muhitda S_1 yo'l bosadi, ikkinchi to'lqin esa, n_2 singdirish ko'rsatkichiga ega bo'lgan muhitda S_2 yo'l bosadi.

Agarda O nuqtada tebranish fazasi ωt bo'lsa, M nuqtada birinchi to'lqin

$$A_1 \cos \omega \left(t - \frac{S_1}{v_1} \right) \text{ tebranish, ikkinchi to'lqin esa } A_2 \cos \omega \left(t - \frac{S_2}{v_2} \right) \text{ tebranish}$$

hosil qiladilar. Buyerda $\nu_1 = \frac{C_1}{n_1}$, $\nu_2 = \frac{C_2}{n_2}$, mos ravishda birinchi va ikkinchi to'liqlarning fazaviy tezliklaridir.

M nuqtada to'liqlar hosil qilgan tebranishlar fazalari farqi

$$\delta = \omega \left(\frac{S_2}{\nu_2} - \frac{S_1}{\nu_1} \right) = \frac{2\pi}{\lambda_0} (S_2 n_2 - S_1 n_1) = \frac{2\pi}{\lambda_0} (L_2 - L_1) = \frac{2\pi}{\lambda_0} \Delta$$

ga teng bo'ladi. Berilgan muhitda $Sn = L$ yorug'likning **optik yo'l uzunligi** deb ataladi, $\Delta = L_2 - L_1$ esa **optik yo'l farqi** deb ataladi.

Agarda optik yo'l farqi vakuumda butun to'liq sonlariga teng bo'lsa

$$\Delta = \pm m \lambda_0 \quad (m = 0, 1, 2, \dots) \quad (2)$$

fazalar farqi $\pm 2m\pi$ ga teng bo'ladi va M nuqtada ikkala to'liq hosil qilgan to'liqlar bir xil fazada bo'ladilar. Bu esa interferensiya **maksimumini kuzatish shartini bildiradi**. Agarda optik yo'l farqi:

$$\Delta = \pm (2m + 1) \frac{\lambda_0}{2} \quad (m = 0, 1, 2, \dots) \quad (3)$$

bo'lsa, u holda $\delta = \pm (2m + 1)\pi$ ga teng bo'ladi va M nuqtada ikkala to'liq hosil qilgan tebranishlar bir-biriga qarama-qarshi fazada bo'ladi. Bu ifoda interferensiyaning **minimumini kuzatish** sharti bo'lib xizmat qiladi.

Nazorat savollari:

1. Kogerent manbalar haqida ma'lumot bering ?
2. Yorug'likning maksimum va minimum intensivligini qo'zg'atilish shartlarini ayting?
3. Interferensiya hodisalarining qo'llanilishini tushuntiring ?
4. Interferometrlar nima ?

29 – Mavzu: Yorug'lik difraksiyasi.

Reja:

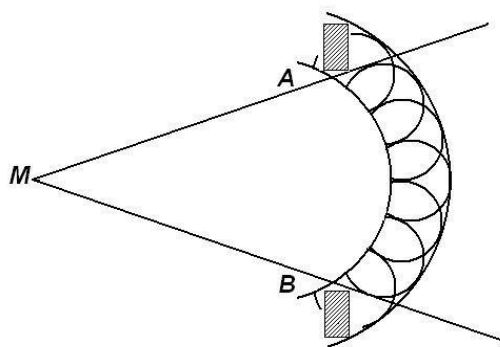
1. Gyugens –Frenel prinsipi.
2. Frenil difraksiyasi haqida ma'lumot.
3. Fraungofer difraksiyalari kuzatiladigan difraksiya.
4. Difraksion panjaraning ajratish qobiliyati. Golografiya haqida ma'lumot.

Tayanch iboralar: Gyugens –Frenel prinsipi, Frenil difraksiyasi, Fraungofer difraksiyasi, difraksion , golografiya .

Yorug'lik difraksiyasi

To'siqlarni to'liqlar aylanib o'tish hodisasi **yorug'likning difraksiyasi** deb ataladi. Optikada, bu hodisa yorug'likning geometrik soya sohalariga kirishini bildiradi.

Yorug'lik difraksiyasini o'rganish mohiyati faqat yorug'lik va soya oralaridagi o'tkinchi sohani o'rganish bilan cheklanmaydi. Difraksiya nazariyasi to'liq nazariyasini geometrik optika qoidalari bilan muvofiqlashtirish imkonini beradi.



1 – rasm. Ikkilamchi sferik to'liqlar manba'larini hosil bo'lishi

Gyuygens – Frenel prinsipi. Difraksiyaning aniq nazariyasi juda murakkabdir. Shu sababli, Gyuygen-Frenel prinsiplariga asoslangan taqribiy usullar katta ahamiyatga ega bo'ladi.

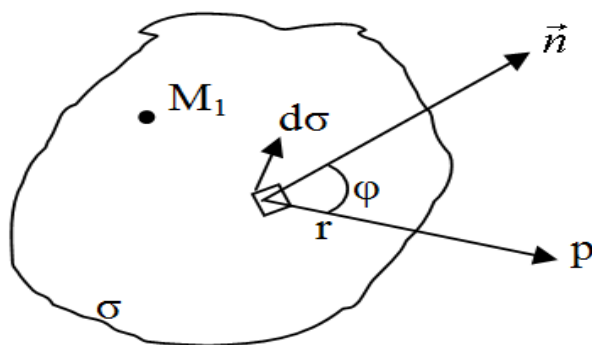
Gyuygens prinsipiga asosan, AV to'liqin frontining har bir nuqtasini ikkilamchi sferik to'liqlar manba'i deb hisoblash mumkin (1 - rasm).

Frenel esa, bu prinsipga, ikkilamchi to'liqlar o'zaro ta'sirlashib interferensiya manzarasini hosil qilishi mumkin, degan fikrni qo'shimcha qildi.

M_1 yorug'lik manba'ini ixtiyoriy yopiq σ sirt bilan o'raymiz (2 - rasm). $d\sigma$ sirt elementining hosil qilgan tebranishining R nuqtaga siljishi quyidagiga teng bo'ladi:

$$d\xi = k(\varphi) \frac{A_0 d\sigma}{r} \sin(\omega t - kr + \alpha_0) \quad , \quad (1)$$

bu yerda A_0 – $d\sigma$ elementdagi tebranish amplitudasi, r – $d\sigma$ elementdan R nuqttagacha bo'lgan masofa, $k(\varphi)$ – qiyshayish koeffitsiyenti - R nuqta tomon yo'nalish bilan $d\sigma$ yuzaga $\vec{n}$ normal orasidagi φ burchakka bog'liq kattalik.



2 – rasm. $d\sigma$ sirtli yorug'lik maba'i

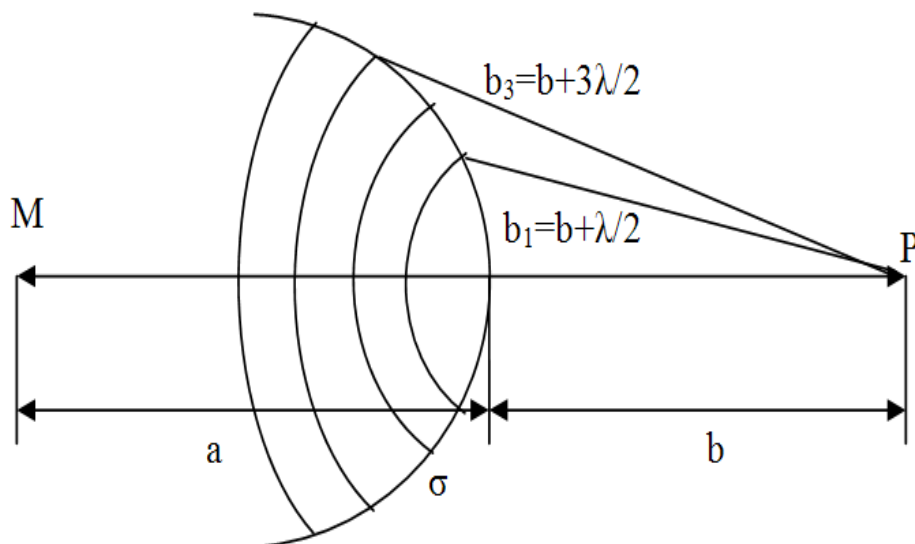
$\varphi = \frac{\pi}{2}$ bo'lganda $k(\varphi) = 0$ dir. R nuqtadagi natijaviy tebranish superpozitsiya prinsipiga asosan

$$\xi = \int_{(\tau)} k(\varphi) \frac{A_0}{r} \sin(\omega t - kx + \alpha_0) d\sigma \quad (2)$$

ga teng. Bu ifoda Gyuygens-Frenel prinsipining analitik ifodasidir. Bu ifoda orqali hisoblar bajarish katta qiyinchilik tug'diradi. Shu sababli, Frenel tomonidan taklif etilgan, soddalashgan usullarni ko'rib chiqamiz.

Frenel zonalari

M nuqtaviy yorug'lik manba'ining sferik to'lqin frontiga mos tushadigan σ sirtini olamiz va bu sirtning markazi nuqtaviy manba'da yotadi deb hisoblaymiz (3 - rasm).



3 – rasm. Sferik to'lqin frontini Frenel sohalariga ajratish

To'lqin frontining barcha nuqtalari bir xil chastota va fazada tebranadi, natijada kogerent manba'lar majmuasini ifodalaydi. σ sirtini, istalgan ikkita qo'shni soha to'lqinlari R nuqtaga qarama-qarshi fazada keladigan, xalqali sohalarga ajratamiz.

$$om = o + m \frac{\lambda}{2}$$

Frenel sohalar yuzasi bir-biriga tengdir. Sohalaridagi tebranishlar amplitudalari m – oshishi bilan monoton kamayib boradi:

$$A_1 > A_2 > A_3 > \dots > A_{m-1} > A_m > A_{m+1}$$

Istalgan sohadagi tebranishlar amplitudasi qo'shni sohalar amplitudalarining o'rtacha yig'indisiga teng bo'ladi:

$$A_m = \frac{A_{m-1} + A_{m+1}}{2}, \quad (1)$$

Juft sohalar amplitudalari bir xil ishorada bo'lsa, tok sohalar amplitudalari boshqa ishorada bo'ladi. Natijaviy tebranish amplitudasi quyidagiga teng bo'ladi:

$$A = \frac{A_1}{2} + \left(\frac{A_1}{2} - A_2 + \frac{A_3}{2} \right) + \left(\frac{A_3}{2} - A_4 + \frac{A_5}{2} \right) + \dots \approx \frac{A_1}{2}, \quad (2)$$

Shunday qilib, R nuqtadagi barcha to'lqinlar frontining ta'siri markaziy soha-ta'sirining yarmiga ekvivalentdir.

Nazorat savollari:

1. Gyugens –Frenel prinsipi nima?
2. Frenil difraksiyasi haqida ma'lumot bering?
3. Fraungofer difraksiyalari kuzatiladigan difraksiyani tushuntiring?
4. Difraksion panjaraning ajratish qobiliyati nima?
5. Golografiya haqida ma'lumot bering?

30 – Mavzu: Yorug'likning muxit bilan ta'sirlanishi.

Reja:

1. Yorug'likning moddada tarqalishi.
2. Yorug'likning dispersiyasi.
3. Yorug'likning yutilishi.
4. Yorug'likning qutblanishi.

Tayanch iboralar: Yorug'likning muxit bilan ta'sirlanishi, yorug'likning moddada tarqalishi, yorug'likning dispersiyasi, yorug'likning yutilishi, yorug'likning qutblanishi.

Yorug'lik dispersiyasi

Monoxromatik yorug'lik to'lqinlarining bir muhitdan ikkinchisiga o'tishida, sinish qonuniga asosan, yorug'lik nurlari yo'nalishi shunday o'zgaradiki, bunda tushish burchagi sinusini sinish burchak sinisusiga nisbati tushish burchagiga bog'liq bo'lmaydi.

Bu nisbat, ikkala muhitdagi to'lqinlarning fazaviy tezliklari nisbatiga tengdir

$$\frac{\sin i}{\sin C} = \frac{v_1}{v_2} = n_{21}$$

n_{21} – kattalik ikkita muhitning nisbiy sindirish ko'rsatkichi deb ataladi. Agarda birinchi muhit vakuum bo'lsa, undagi yorug'lik tezligi s ga teng bo'ladi, bu holda

$$\frac{\sin i_0}{\sin C} = \frac{c}{v} = n$$

n – ikkinchi muhitning absolyut sindirish ko'rsatkichi bo'ladi.

Bu moddaning optik xususiyatini yorug'likning to'lqin uzunligi yoki chastotasiga bog'liq bo'lishi **yorug'likning dispersiyasi** deb ataladi.

Yorug'likning yutilishi va sochilishi

Jismga oq nur tushganda, u alohida uzunlikdagi to'lqinlarni yutib, shu to'lqin uzunligi atrofida sinish ko'rsatkichini to'lqin uzunligiga bog'liq ravishda o'sishini va anomal dispersiyani kuzatilishini ta'minlaydi. Yorug'likni yutuvchi jismdan o'tgan nurlarni spektrga ajratsak, xar xil rangli fonda qorachizqlar va yutilgan nurlar to'lqin uzunligiga tegishli kengroq sohalar kuzatiladi. Bunday chiziqlar majmuasi jismning **yutilish spektrini** beradi. Bu **Buger-Lambert qonuni** deb ataladi. Bu yerda μ - berilgan moddaning yorug'likni yutish koeffisiyentidir va u to'lqin uzunligining funksiyasidir:

$$\mu = \mu_0(\lambda_0)$$

Bo'yalgan qorishmalar uchun μ qorishmalar konsentrasiyasiga proporsionaldir

$$\mu = kc$$

va bu holda Buger-Lambert qonuni quyidagicha ko'rinishda yoziladi:

$$I = I_0 e^{-kcd},$$

yutilish koeffitsiyentini to'liq uzunligiga bog'liqligi grafik ko'rinishda Tiniq jismlarda, spektrning ko'zga ko'rinadigan qismida, yutilish sohalari bo'lmaydi, ultrabinafsha va infraqizil sohalarida yutilish kuzatiladi. Yorug'lik spektrining ko'zga ko'rinadigan qismida yutilish sohalari jismning rangini bildiradi. Masalan, qizil shisha qizil nurlarni deyarli yutmaydi va qolgan nurlarni yaxshi yutadi. Shuning uchun, qizil shishani oq nur bilan yoritsak qizilga o'xshaydi, yashil nur bilan yoritsak qora, ya'ni tiniqmasligini ko'rsatadi.

Metallar, ko'p erkin elektronlarga ega bo'lgani uchun, yorug'likni kuchli yutadi, elektronlar esa yorug'lik to'liqinining o'zgaruvchan elektr maydoni ta'sirida, amplitudasi katta bo'lgan tebranma harakatga keladilar. Elektronlarni tebranma harakatga keltirish uchun zarur bo'lgan energiya, yorug'lik to'liqinining energiya zahirasiidan sarflanadi. Ammo tebranayotgan elektronlar ham shu chastotalarda to'liqin nurlatadi, bu esa yorug'likning qaytishiga sabab bo'ladi.

Shunday qilib, metallar yorug'likni kuchli yutadi va kuchli sochadi. Yarimo'tkazgichlar yorug'likni kamroq yutadilar, dielektriklar esa undan ham kam yutadilar.

Yorug'lik to'liqlarining, muhit atomlari elektronlari bilan o'zaro ta'sirlashuvda, elektronlar tebranma harakatga kelib yorug'lik chiqaradilar. Tabiiy nurlarda tebranishlarning barcha yo'nalishlari teng ehtimolli bo'lganligi uchun, atomlar chiqarayotgan yorug'lik barcha yo'nalishlarda sochilishi mumkin. Agarda muhit atomlari birtekis taqsimlangan bo'lsa, sochilgan nurlar kogerent bo'ladilar va interferensiya tufayli bir-birini yo'qqa chiqaradilar. Bu holda muhit optik jihatdan birjinsli bo'lib, nurlarni sochmaydi.

Agarda, muhitda zarrachalar tartibsiz taqsimlansalar, u holda, ular sochgan yorug'lik nokogerentdir va sochilish barcha taraflarda o'rinli bo'ladi. Ammo, amalda, ximiyaviy birjinsli bo'lgan muhit molekullari ham, issiqlik harakati va betartib hosil bo'lgan quyuqlik yoki siyrakliklar hisobiga nur sochadilar.

Agarda, birjinsli bo'lmagan quyuqlik yoki siyrakliklar o'lchamlari to'liq uzunligiga nisbatan kichik bo'lsa, u holda istalgan yo'nalishdagi sochilgan yorug'lik jadalligi tushayotgan to'liqin uzunligiga quyidagicha bog'langan bo'ladi (**Reley qonuni**):

$$I \sim \frac{1}{\lambda^4},$$

Atmosfera havosi zarrachalarining hajmlari kichik bo'lganda quyosh nurining qisqa to'liqlarini (binafsha, ko'k va yashil) jadal sochadi va nurning katta to'liqlarini (qizil, sariq) yomon sochadi. Shu sababli, havoning rangi yuqori qatlamda, yashil yoki ko'k rangda (havorangda) bo'ladi. **Malyus qonuni**

Shunga asosan, tabiiy yorug'likni, bir xil jadallikka ega bo'lgan va bir-biriga perpendikulyar tekisliklarda qutblangan, ikkita elektromagnit to'liqlarning bir-birini

ustiga tushishi deb tasavvur qilish mumkin. Agarda, polarizatorga $I_0 \sim E^2$ jadallikdagi yassi qutblangan yorug'lik tushsa, u holda polarizatoridan chiqqan yorug'lik jadalligi, quyidagi ifoda bilan aniqlanadi

$$I = I_0 \cos^2 \alpha$$

bu ifoda **Malyus qonuni** deb ataladi. Agarda yorug'lik tekisliklari α burchak hosil qilgan ikkita polarizatoridan o'tsa, u holda birinchi polarizatoridan jadalligi

$$I_0 = \frac{1}{2} I_{\text{mao}}$$

bo'lgan yassi qutblangan yorug'lik chiqadi va ikkinchisidan Malyus qonuniga asosan

$$I_0 = \frac{1}{2} I_{\text{mao}} \cos^2 \alpha$$

jadallikdagi yorug'lik chiqadi.

Ikkinchi polarizator yorug'likka mos keladigan o'q atrofida aylanganda, α burchak $0 \div 2\pi$ qiymatlarda o'zgaradi, yorug'lik jadalligi $\alpha = 0$ va $\alpha = \pi$ (ikkala polarizatorlar bir biriga parallel bo'lganda) qiymatlarda maksimumga erishadi va $\alpha = \frac{\pi}{2}$ va $\alpha = \frac{3}{2}\pi$ qiymatlarda (polarizatorlar bir-biriga perpendikulyar bo'lganda)

ikki marta nolga aylanadi. Bu yorug'lik jadalligi tebranishlariga qarab, uning qutblanganligini va tebranish tekisligi yo'nalishini aniqlash mumkin. Shu sababli, ikkinchi polarizator **analizator** vazifasini o'tashi mumkin.

Bir yo'nalishdagi tebranish boshqa yo'nalishlardagi tebranishlardan ustun bo'ladigan yorug'lik, qisman qutblangan hisoblanadi. Polarizator nur bilan mos keladigan o'q atrofida aylanganda qisman qutblangan yorug'lik jadalligi I_{max} dan I_{min} gacha o'zgaradi.

$$P = \frac{I_{\text{max}} - I_{\text{min}}}{I_{\text{max}} + I_{\text{min}}},$$

Bu ifoda **polarizatorning tartibi** deb ataladi.

Nazorat savollari:

1. Yorug'likning moddada tarqalishini tushuntiring?
2. Yorug'likning dispersiyasini tushuntiring?
3. Yorug'likning yutilishini tushuntiring?
4. Yorug'likning qutblanishini tushuntiring?

31 – Mavzu: Issiqlikdan nurlanish.

Reja:

1. Absolyut qora jism.
2. Issiqlikdan nurlanish hodisasi.
3. Kirxgof qonuni.

Tayanch iboralar: Absolyut qora jism, issiqlikdan nurlanish hodisasi, Kirxgof qonuni.

Issiqlik nurlanishi

Tabiatda nur chiqarish xodisalari juda ko'pdir. Nurlanish ximiyaviy reaksiya natijasida, gazlardan elektr toki o'tish jarayonida, qattiq jismlarni tezlatilgan elektronlar dastasi bilan bombardimon qilinganda va nihoyat jismlar haroratini ko'targanimizda hosil bo'ladi.

Nurlanishning eng ko'p tarqalgan turi – jismlarni qizdirishda paydo bo'ladigan nurlanishdir. Bu **issiqlik nurlanishi** deb ataladi.

Ixtiyoriy jismning nur chiqarish va nur yutish qobiliyatlari o'rtasida aniq bog'lanish **Kirxgof qonuni** deb ataladi: nur chiqarish va yutish qobiliyatlarining o'zaro nisbati jismlarning tabiatiga bog'liq bo'lmay, hamma jismlar uchun chastota va haroratning universal funksiyasidir

$$\frac{r_{\omega T}}{a_{\omega T}} = f(\omega, T)$$

Absolyut qora jismda $a_{\omega T} = 1$ bo'lgani uchun **Stefan** (1879 y.) tajriba natijalarini taxlil qilib, istalgan jismning energiyaviy yorituvchanligi absolyut haroratning to'rtinchi darajasiga proporsional degan xulosaga keldi.

Bolsman bu ishlarni davom etdirib, termodinamik muloxazalarga tayanib, absolyut qora jismning energiyaviy yorituvchanligi uchun quyidagi ifodani keltirib chiqardi:

$$R_{\omega} = \int_0^{\infty} f(\omega, T) d\omega = \sigma T^4,$$

Bu ifoda **Stefan-Bolsman qonuni**, $\sigma = 5,7 \cdot 10^{-8} \text{ Vt/m}^2 \text{ grad}^4$ esa, Stefan-Bolsman doimiysi deb ataladi.

Stefan-Bolsman qonuni energiyaviy yorituvchanlikni haroratga bog'liqligini ko'rsatish bilan, spektral taqsimot funksiyasini ham aniqlash imkonini beradi. Nurlanish spektri maksimumining to'lqin uzunligini absolyut temperaturaga ko'paytmasi doimiy kattalikdir.

$$\lambda_m \cdot T = c$$

va bu ifoda **Vinning siljish qonuni** deb ataladi. Bu yerda

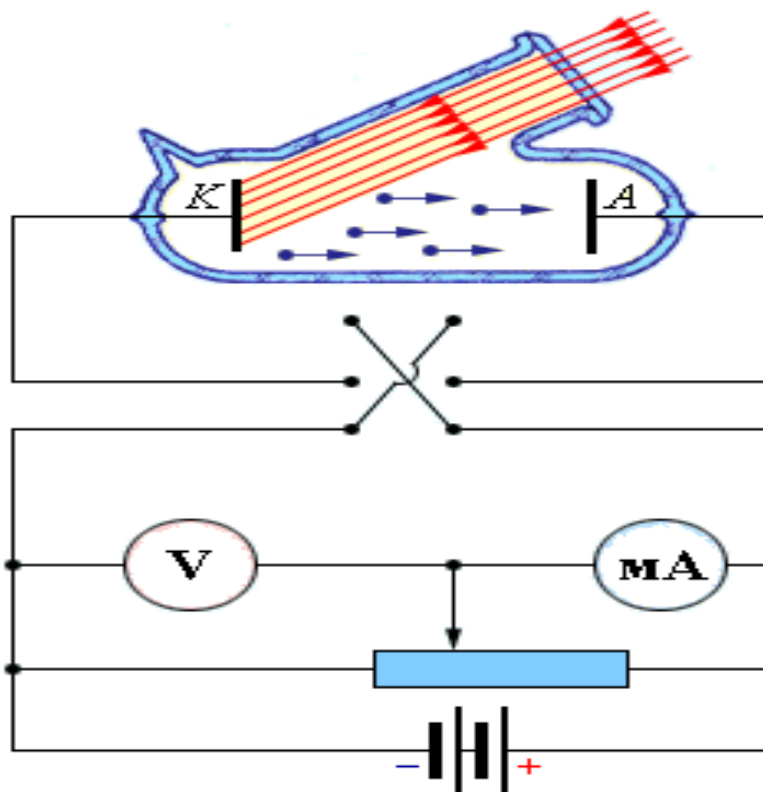
M.Plank $f(\omega, T)$ funksiyaning tajriba natijalariga mos keluvchi ifodasini keltirib chiqardi. U o'z nazariyasida klassik fizika qonunlariga mos kelmaydigan ba'zi o'zgartirishlarni kiritdi, ya'ni elektromagnit nurlanish energiyasi porsiya (kvant) miqdorida tarqaladi va energiya kvanti quyidagiga teng deb hisobladi.

$$\varepsilon = h\nu = \hbar\omega,$$

Buyerda $\hbar$ - Plank doimiysi deb ataladi.

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} = \frac{6,67 \cdot 10^{-34}}{6,28} \approx 1,054 \cdot 10^{-34} \text{ Ж.С.}$$

Elektromagnit nurlanish ta'sirida moddalardagi elektronlarning tashqariga chiqish xodisasi **tashqi fotoelektrik effekt (fotoeffekt)** deb ataladi.



$$h\nu = A + m v_{\max}^2 / 2$$

Bu ifoda tashqi **fotoeffektning Eynshteyn tenglamasi** deb ataladi va fotoeffektning II va III qonunlarini tushuntira oladi.

Eynshteyn tenglamasidan, fotoelektronning maksimal kinetik energiyasi tushayotgan nurlanish chastotasi oshishi bilan chiziqli o'sib borishi va nurlanish jadalligiga bog'liq emasligi ko'rinib turibdi.

Yorug'lik chastotasi kamayishi bilan fotoelektronning kinetik energiyasi pasayib, qandaydir kichik chastotada $\nu = \nu_0$, fotoeffekt kuzatilmaydi:

$$\nu_0 = \frac{A}{h}$$

Ana shu ν_0 chastota berilgan metall uchun **fotoeffektning «qizil chegarasi»** bo'ladi va faqat elektronning chiqish ishiga bog'liq bo'ladi.

Nazorat savollari:

1. Absolyut qora jism haqida ma'lumot bering ?
2. Issiqlikdan nurlanish hodisasini tushuntiring?
3. Kirxgof qonunini tushintiring?

32 – Mavzu: Yorug'likning kvant nazariyasi.

Reja:

1. Plank formulasi.
2. Pirometriya.
3. Quyosh energiyasi va undan qurilishning turli soxalarida foydalanish muammolari.

Tayanch iboralar: Yorug'likning kvant nazariyasi, Plank formulasi, Pirometriya, Quyosh energiyasi.

1900 yilga Maks Plank absolyut qora jismdagi nurlanish muammosini hal etdi va issiklik nurlanish spektrini aynan ifodalovchi formulani olishga muvaffaq bo'ldi. Ammo Plank buning uchun modda-nurlanish o'zaro ta'siri haqidagi klassik fikrlarga mutlaqo zid bo'lgan taxminini yuritishga majbur bo'ldi.

Uning taxminiga asosan, elektromagnit nurlanishi energiyasi uzluksiz ravishda emas, balki alohida diskret porsiyalar-kvantlar holida atomlarda yutilishi va nurlanishi mumkin. Bunda ε energiya kvanti ν nurlanish chastotasi bilan h universal doimiy kupaytmasiga teng bo'lishi kerak ekan.

$$\varepsilon = h\nu \quad (1)$$

Bu erda

$$h = 6,6262 \cdot 10^{-34} \text{ Dj} \cdot \text{sek} \quad (2)$$

- Plank doimiysi. Plank gipotezasiga asosan moddadan chiqarayotgan ν chastotali nurlanishning umumiy energiyasi E ε energiya kvantiga karralli bog'liq bo'ladi, ya'ni

$$E = n\varepsilon = nh\nu = n\hbar\omega$$

Universal doimiy $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ Dj} \cdot \text{sek}$ - hozirgi zamon fizikasida juda katta ahamiyatga ega. Uning qiymatini turli metodlar bilan eksperimental ravishda aniqlash mumkin.

O'zining postulatiga asoslanib va statistik fizika qonunlaridan foydalanib, Plank absolyut qora jismning issiklik nurlanish spektrini hisoblaydigan formulaga keldi, ya'ni T temperaturadagi muvozanatli nurlanishning hajmiy energiyasi zichligi uchun quyidagi kurinishdagi formulani keltirib chiqardi:

$$\rho(\omega, T) = \frac{\hbar\omega^3}{\pi^2 c^3} \frac{1}{\exp\left(\frac{\hbar\omega}{kT}\right) - 1} \quad (3)$$

Olingan (1.7) formulani tahlil qilaylik:

1. Plank formulasidan biz $\hbar\omega \ll kT$ sohada, ya'ni to'liq uzunligi λ ning yoki temperatura T ning katta qiymatlarida eksponentani $\frac{\hbar\omega}{kT}$ darajalari bo'yicha qatorga yoyishimiz mumkin. Qatorning birinchi hadi Reley-Jins formulasini beradi.

2. $\hbar\omega \gg kT$ uchun, ya'ni yuqori chastotalar yoki past temperaturalar uchun

$e^{\frac{\hbar\omega}{kT}} \gg 1$ bo'lib, Plank formulasi quyidagi ko'rinishni oladi.

$$\rho(\omega, T) = \frac{\hbar\omega^3}{\pi^2 c^3} e^{-\frac{\hbar\omega}{kT}} \quad (4)$$

Demak (1.7) formula muvozanatli issiklik nurlanishning tugallangan tafsilotini beradi. Shunday qilib, klassik tasavvurlarga g'oyat zid, mutlaqo yangi tushuncha kiritib chiqarilgan Plank formulasi absolyut qora jism nurlanishining natijalarini muvaffaqiyatli tarzda tushuntira oldi.

Yorug'likning kvant nazariyasi.

Plankning kvantlar g'oyasiga binoyan jismlarning nurlanish energiyasini yutish va chiqarish jarayoni uzlukli ravishda yuz beradi. Bu g'oya klassik mexanika va statistik fizika echa olmagan issiklik nurlanish muayyamosini hal qilib issiklik nurlanishi nazariyasini yaratishga olib keldi.

Shu davrdan boshlab fizikaviy kattaliklar faqat uzluksiz o'zgaruvchi kattaliklarni qabul qilmay, balki uzlukli, diskret o'zgaruvchi kattaliklarni ham qabul qilishi mumkinligi katta ahamiyatga ega bo'ldi. Plank g'oyasiga asosan jismlarning nurlanishi uzluksiz emas, balki alohida-alohida porsiyalar bilan, ya'ni kvantlar sifatida chiqariladi. Yorug'lik kvantining energiyasi ε yorug'likning chastotasi ω bilan qo'yidagi ifoda orqali bo'lgan, ya'ni

$$\varepsilon = \hbar\omega \quad (5)$$

Plankning nurlanish kvantlari g'oyasini A. Eynshteyn yanada rivojlantirib, kvant xususiyat umuman yorug'likka tegishli xususiyatdir, deb hisoblashni taklif qildi. Eynshteynning fikricha yorug'lik haqidagi g'oyaga binoan yorug'lik ε -energiyaga ega bulishi bilan bir qatorda p - impul'sga ham ega bo'lishi kerak, yani

$$p = \hbar k \quad (6)$$

Harakat qiluvchi yorug'lik kvantlarini Eynshteyn fotonlar deb nomladi va yorug'lik fotonlar tarzida nurlanadi, tarqaladi, yutiladi, umuman olganda yorug'lik fotonlar sifatida mavjuddir deb ta'kidladi. (1.9) va (1.10) formulalar yorug'lik kvant nazariyasining asosiy formulalari bo'lib, yorug'lik kvantining ε -energiyasi va p -impulsini yassi monoxromatik to'liqinning ω -chastotasi va λ -to'liq uzunligi bilan bog'laydi. Yorug'lik kvant nazariyasini mohiyati shundan iboratki, mikrosistemalar (masalan elektron, atom, molekula) va yorug'lik o'rtasidagi energiya va impulsning almashinuvi biror yorug'lik kvantlarining paydo bo'lishi va boshqasining yo'qolishi bilan aniqlanadi. Shu fikrni tasdiqlash maqsadida yorug'likni biror bir sistema bilan o'zaro ta'sirini, ya'ni to'qnashuvini ko'rib chiqaylik.

Yorug'lik kvanti bilan tuqnashuvdan oldin sistemani energiya va impulsini mos ravishda E va $\mathbf{P}$ orqali belgilasak, u xolda to'qnashuvdan keyin bu kattaliklar E' va $\mathbf{P}'$ qiymatlarni qabul qiladi. Shu bilan birga $\hbar\omega$ va $\hbar k$ orqali biz to'qnashuvdan oldin

yorug'lik kvantining energiyasini va impul'sini belgilasak, u xolda to'qnashuvdan keyin shu kattaliklarni $\hbar\omega'$ va $\hbar\mathbf{k}'$ orqali belgilab olamiz. Umuman olganda, to'qnashuv deganda biz quyidagini tushunishimiz kerak. Sistemani yorug'lik bilan to'qnashishi natijasida ω -chastota va $\mathbf{k}$ -yo'nalishga ega bo'lgan elektromagnit to'lqining energiyasi va impulsi tegishli ravishda $\hbar\omega$ va $\hbar\mathbf{k}$ kamaygani, ya'ni yorug'lik kvanti yo'q bo'lganligini bildiradi, shu bilan birga ω' -chastota va $\mathbf{k}'$ -yonalishga ega bo'lgan boshqa elektromagnit to'lqinining energiyasi va impulsi mos ravishda $\hbar\omega'$ va $\hbar\mathbf{k}'$ ga ortganini, ya'ni yorug'lik kvanti paydo bo'lganini bildiradi. Boshqacha qilib aytganda, klassik zarrachalarning to'qnashuvi kabi, sistema to'qnashuv jarayonida energiyasi $\hbar\omega$ va impulsi $\hbar\mathbf{k}$ ga teng bo'lgan yorug'lik kvanti uzining energiyasi $\hbar\omega'$ va impulsini $\hbar\mathbf{k}'$ o'zgartiradi.

Yoqoridagi qabul qilingan belgilashlarni hisobga olsak, matematik nuqtai nazardan energiya va impulsning saqlanish qonunlari qo'yidagicha ifodalanadi,

$$\hbar\omega + E = \hbar\omega' + E' \quad (7)$$

$$\hbar\mathbf{k} + \mathbf{P} = \hbar\mathbf{k}' + \mathbf{P}' \quad (8)$$

Bu tenglamalar yorug'likni sochilishini, yutilishini va nurlanishini, ya'ni uning asosiy jarayonlarini o'z ichiga qamrab oladi.

Agar $\omega' = 0$ bo'lsa, u holda $\mathbf{k}' = 0$ bo'ladi, unda (7) va (8) tenglamalar $\hbar\omega$ energiyaga ega bo'lgan yorug'lik kvantini sistema tomonidan yutilishini ko'rsatadi. Agar $\omega = 0$ (demak $\mathbf{k} = 0$ bo'ladi) bo'lsa, bu tenglamalar $\hbar\omega'$ energiyali kvantining nurlanishini ifodalashadi. Va nihoyat, agarda ω va ω' lar nuldin farqli bo'lishsa, u xolda bu tenglamalar yorug'likning sochilishini ifodalashadi, ya'ni ($\hbar\omega, \hbar\mathbf{k}$) yorug'lik kvanti to'qnashuv jarayonida boshqa ($\hbar\omega', \hbar\mathbf{k}'$) yorug'lik kvantiga aylanadi.

Yuqorida keltirilgan (7) va (8) formulalar, ya'ni energiya va impuls saqlanish qonunlari, yorug'likning ham to'lqin, ham korpuskulyar tassavurlariga zid keladi va ularni klassik fizika qonunlari orqali tushuntirish mumkin emas. Lekin shunga qaramay, Eyshteyning gipotezasi bir qator tajribalarni tushuntirishga yordam berdi va yorug'lik kvantlari haqidagi g'oya to'la tasdiqlandi.

Nazorat savollari:

1. Plank formulasini tushuntiring?
2. Pirometriya nima ?
3. Quyosh energiyasi va undan qurilishning turli soxalarida foydalanish muammolarini gapirib bering?

33 – Mavzu: Yorug'lik kvantining energiyasi, impulsi va massasi.

Reja:

1. Fotoeffekt qonunlari.
2. Eynshteyn nazariyasi.
3. Fotoeffektning qizil chegarasi.
4. Fotoelement. Kompton effekti.

Tayanch iboralar: Fotonlar, yorug'lik kvantining energiyasi, impulse, massasi, fotoeffekt qonunlari, Eynshteyn nazariyasi, fotoeffektning qizil chegarasi, fotoelement, Kompton effekti.

Fotoelektrik effekt

Fotonlar g'oyasini bevosita tasdiqlanishi fotoelektrik effekt hodisasini eksperimental o'rganish natijasida ro'yobga chiqdi. Fotoeffekt hodisasi shundan iboratki, yorug'lik yoki ultrabinafsha nurlar bilan metall yuzasini nurlatilganda undan elektronlar ajralib chiqadi. Tajribalarni ko'rsatishicha, fotoelektronlarning energiyasi yorug'lik intensivligiga mutlaqo bog'liq emas, balki yorug'likning ω chastotasi bilan bo'g'liq ekanligi ma'lum bo'ldi. Agarda (8) energiya saqlanish qonunini fotoeffekt hodisasiga qo'llasak, foton bilan elektronning ta'sirlashuv jarayonida fotonning $\hbar\omega$ energiyasi elektronga o'tadi, boshqacha aytganda, ta'sirlashuvga qadar yorug'lik kvanti tarzida namoyon bo'layotgan energiya ta'sirlashuvdan so'ng elektronning energiyasiga aylanadi. Metall sirtidan elektronni ajratib chiqarish uchun qandaydir ish sarflashimiz kerak (bu ishini biz metallardan elektronlarni chiqish ishi deymiz va χ bilan belgilaymiz). U xolda metalldagi elektronning energiyasini $-\chi$ ga teng bo'ladi. Fotoeffekt xodisasida yorug'lik kvanti to'la yutiladi va (8) formulada $\hbar\omega' = 0$ bo'ladi.

Yorug'lik kvanti yutilgandan keyin elektronning energiyasi $\frac{mv^2}{2}$ teng bo'ladi. Bu erda m - elektronning massasi, v - esa metall sirtidan chiqayotgan elektronning tezligi. Fotonlarning ko'pchilik qismi metall tomonidan yutiladi va faqat ularning bir qismigina elektronlarni urib chiqaradi. ω chastota qancha katta bo'lsa, metalldan uchib chiquvchi elektronlarning tezligi shunchali katta bo'ladi. Ikkinchi tomondan elektronlarning tezligi $v=0$ bo'lsa tashqi fotoeffekt bo'lmaydi. Bu hol fotoeffektning chegarasi deb ataladi va bu chegara yorug'likning tebranishlar chastotasi bilan xarakterlanadi, ya'ni fotoeffektning qizil chegarasini aniqlaydi. Yorug'likning bundan past chastotasida, berilgan modda uchun fotoeffekt hodisasi namoyo'n bo'lmaydi. Demak fotoeffekt hodisasi uchun (8) formulamiz qo'yidagi ko'rinishda bo'ladi.

$$\hbar\omega - \chi = \frac{mv^2}{2} \quad (1)$$

(1) tenglama Eynshteyn tenglamasi deb yuritiladi va uni quyidagicha tushuntirish mumkin: $\hbar\omega$ energiyaga ega bo'lgan foton metall sitri bilan to'qnashib, o'z energiyasini elektronga beradi. Ushbu energiya birinchidan χ chiqish ishini bajarish

uchun va ikkinchidan elektronga $\frac{mv^2}{2}$ kinetik energiya berish uchun sarf bo'ladi.

Bu tenglama yorug'likning fotoeffekt hodisasi uchun energiya saqlanish qonunini bildiradi. Eynshteyn tenglamasi bilan tasvirlanuvchi fotoeffekt hodisasi esa kvant nazariyasini fundamental asoslarini to'g'riligini, ya'ni yorug'likni energiya qiymati diskret xarakterga ega ekanligini isbotlaydi. Shu bilan bir qatorda, (1.13) tenglama absolyut qora jism issiqlik nurlanishini o'rganishda Plank tomonidan kiritilgan $\hbar$

doimiyli asoslab berdi va Plank g'oyasini isbotlovchi dastlabki tafsilotlarni to'g'ri ekanligini tasdiqladi.

Kompton effekti

Fotoeffekt yorug'likning kvant tabiyatiga ega ekanligini rad qilib bo'lmaydigan darajada to'la isbotlagan bo'lsa-da, Eyishteyining fotonlar nazariysi 1923 yilda yana bir tasdiqqa ega bo'ldi. Artur Kompton qisqa to'liqinli elektromagnit nurlanishlarni, ya'ni Rentgen nurlarini qattiq jismlarda sochilishiga bog'lik izlanishlarda nurlanishning to'liqin uzunligini o'zgarish hodisasi kashf etdi va bu xodisa Kompton effekti deb nom oldi.

Klassik fizikada yorug'likning to'liqin xususiyatlari Maksvell nazariyasi asosida tushuntirilar edi. Bu nazariyaga ko'ra yorug'likning o'zgaruvchan elektr maydoni kristallga tushgandan so'ng, undagi atomlarning elektronlarini majburan tebrata boshlaydi va tezlanish olgan elektronlar o'z navbatida ikkilamchi to'liqinlarni tarqatadi. Sochilgan nurlanish chastotasi (ikkilanchi to'liqinlar) chastotasi kristallga tushayotgan yorug'lik nurlarining chastotasi bilan bir xil bo'ladi.

Rentgen nurlari bilan o'tkazilgan tajribada, birlamchi nur yo'nalishi bo'yicha sochilgan nurlanish intensivligi teskari yo'nalishda sochilgan nurlanish intensivligidan katta edi. Bu tajribani klassik fizika niqtai nazaridan tushuntirish katta qiyinchiliklarni yuzaga keltirdi. Tajribalarda sochilgan nurlar chastotasining o'zgarishi kuzatilib kelindi va to'liqin nazariyasi tomonidan mutlaqo tushuntirish imkoniyati bo'lmadi.

Kompton effektini yorug'likning kvant nazariyasi asosida tushuntirildi, ya'ni birlamchi tushayotgan to'liqinning uzunligi bilan ikkilamchi sochilayotgan to'liqinning uzunligi orasidagi mavjud bo'lgan bog'lanishni miqdoriy ifodaladi. Fotonlar erkin elektronlar bilan to'qnashganda fotonlarning chastotasi o'zgargan xolda sochilishi kuzatildi, fotonlar bilan to'qnashgan elektronlar esa energiya va impulsqa ega bo'lib, natijada ular ma'lum yonalishda harakatlana boshlaydilar. Bu holda energiya va impuls saqlanadi. Rentgen nurlarining energiyasi katta bo'lganligi sababli biz hisoblashlarni o'tkazganimizda atomdagi elektronlarning energiyasini hisobga olmasak ham bo'ladi va shu tufayli ularni tinch holatdagi zarrachalar sifatida qarashimiz mumkin, demak elektronning boshlang'ich E energiyasi va $\mathbf{P}$ impulsini nulgaga teng deyishimiz mumkin. Bunday elektronlarni erkin elektronlar deyiladi va atom bilan bog'lanish energiyasi foton bilan to'qnashish paytida olgan energiyasidan kichik bo'lgan elektronlarga aytladi.

Rentgen nurlari kvanti bilan to'qnashgandan keyin elektronni energiyasi juda katta qiymatga ega bo'lishini ko'rsatish uchun, biz nisbiylik nazariyasi formulalaridan zarrachaning massasini uning tezligiga bog'likligini hisobga olishimiz kerak. Nisbiylik nazariyasiga binoan v tezlikda harakatlanuvchi elektronning kinetik energiyasi

$$E' = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} - m_0 c^2 \quad (2)$$

impulsi esa

$$\mathbf{P}' = \frac{m_0 \mathbf{v}}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} \quad (3)$$

ga teng, bu erda m_0 - tinch holatdagi elektronning massasi, c – yorug'lik tezligi.

Olingan qiymarlarni (8) va (1) formulaga qo'ysak hamda $E = 0$ va $\mathbf{P} = 0$ ekanligini nazarda olsak, biz quyidagi natijaga kelamiz.

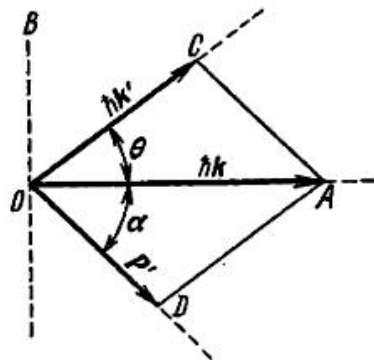
$$\hbar\omega = \hbar\omega' + m_0c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1 \right) \quad (4)$$

$$\hbar\mathbf{k} = \hbar\mathbf{k}' + \frac{m_0\mathbf{v}}{\sqrt{1-\beta^2}} \quad (5)$$

Hosil bo'lgan (4) tenglama skalyar tenglamadir, (5) esa vektor tenglamadir. Bu erda $\beta = \frac{v}{c}$ bo'lib, ω va $\mathbf{k}$ - tushayotgan Rentgen nurlarining chastotasi va to'lqin vektori,

ω' va $\mathbf{k}'$ esa sochilgan nurlarning tegishli kattaliklaridir. (4) va (5) tenglamalardan muhim natija kelib chiqadi. Sochilgan fotonning energiyasi va impulsi tushayotgan fotonning energiyasi va impulsidan kichiqroq bo'ladi, yani sochilayotgan nurlanishning to'lqin uzunligi tushayotgan nurlanishning to'lqin uzunligidan kattaroqdir, chunki $\lambda = \frac{c}{\nu}$ formulaga asosan, to'lqin uzunligi ortadi.

(4) va (5) formulalarni to'g'riligini isbotlash uchun, sochilayotgan yorug'likning ω chastotasini θ sochilish burchagiga qanday bog'langanligini aniqlab olishimiz zarur. 2- rasmda tasvirlangan impul'slar diagrammasini ko'rib chiqaylik.



2-rasm. Kompton parallelogrammi

OA o'qi bo'yicha birlamchi, yani tushayotgan rentgen nurlarining yonalishi ko'rsatilgan, OC yonalish bo'yicha esa elektronlar tufayli sochilgan ikkilamchi Rentgen nurlarining yonalishi berilgan, θ burchak esa sochilish burchagi bo'ladi, α burchak esa birlamchi kvant va elektronning olgan impulsi orasidagi burchakni ifodalaydi. Sochilgan $\hbar\omega'$ kvantning qiymati va θ burchak orasidagi bog'lanishni topish uchun, (5) tenglamani OA va OB o'qlarga bo'lgan proeksiyasini olamiz.

$$\frac{\hbar\omega}{c} = \frac{\hbar\omega'}{c} \cos \theta + \frac{m_0v}{\sqrt{1-\beta^2}} \cos \alpha \quad (6)$$

$$0 = \frac{\hbar\omega'}{c} \sin \theta - \frac{m_0 v}{\sqrt{1-\beta^2}} \sin \alpha \quad (7)$$

(6) va (7) tenglamalarning har qaysisini kvadratga ko'taramiz va hosil bo'lgan tenglamalarni bir-biriga ko'shamiz. Natijada qo'yidagi ifodaga kelamiz

$$\hbar^2 \omega^2 - 2\hbar^2 \omega \omega' \cos \theta + \hbar^2 \omega'^2 = \frac{m_0^2 v^2 c^2}{1-\beta^2} \quad (8)$$

Bu ifodani soddalashtirish maqsadida energiyani saqlanish qonunidan foydalanamiz, yani (5) tenglamani qo'yidagi ko'rinishida yozamiz

$$\hbar(\omega - \omega') + m_0 c^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

va ikkala tomonidan kvadratga oshiramiz. Natijada

$$\hbar^2 \omega^2 - 2\hbar^2 \omega \omega' + \hbar^2 \omega'^2 + m_0^2 c^4 + 2\hbar m_0 c^2 (\omega - \omega') = \frac{m_0^2 c^4}{\sqrt{1-\beta^2}} \quad (9)$$

tenglamani hosil qilamiz. (8) tenglamadan (9) tenglamani ayirsak va sodda matematik amallarni bajarsak

$$\omega - \omega' = \frac{\hbar}{m_0 c} \omega \omega' (1 - \cos \theta) \quad (10)$$

ifodaga kelamiz. (10) formulada ω ni $\frac{2\pi c}{\lambda}$ va ω' ni $\frac{2\pi c}{\lambda'}$ orqali almashtirsak, biz to'liq uzunligining o'zgarishini topamiz va Kompton munosabatini hosil qilamiz.

$$\Delta \lambda = \frac{4\pi \hbar}{m_0 c} \sin^2 \frac{\theta}{2} \quad (11)$$

Bu munosabat ko'rsatadiki, sochilish burchagi qancha katta bo'lsa, fotondan elektronga beriladigan impuls shuncha katta bo'ladi. Kompton formulasida sochilayotgan moddaning xarakteristikalar qatnashmaydi, bu esa biz ko'rgan holda Rentgen nurlarining sochilishi fotonlarning erkin elektronlar bilan o'zaro ta'siri orqali aniqlanishini kursatadi. Sochilgan Rentgen nuri to'liq uzunligining o'zgarishni energiya va impuls ega fotonlar asosida tushuntiriladi. Shunday qilib, Komptonning tajribalari yorug'lik kvanti-fotonda impulsning mavjudligini isbotlab beruvchi birinchi tajriba bo'ldi va impulsni haqiqatdan ham (11) formula orqali ifodalanishini ko'rsatib berdi.

Nazorat savollari:

1. Fotoeffekt qonunlari aytib bering?
2. Eynshteyn nazariyasini tushuntiring?
3. Fotoeffektning qizil chegarasini tushuntiring?
4. Fotoelement nima ?
5. Kompton effektini tushuntiring?

34 – Mavzu: Kvant nazariyasining eksperimental asoslanishi.

Reja:

1. Vodorod atomining nurlanish spektridagi qonuniyatlari.
2. Balmer formulasi
3. Kvant nazariyasining eksperimental asoslanishi.

Tayanch iboralar: Vodorod atomi, nurlanish spektri, Balmer formulasi, kvant nazariyasi.

Atomlarning chiziqli spektrlari

Siyraklashgan gaz yoki parlar ko'rinishidagi yakkalangan atomlar ma'lum temperaturalarda alohida spektral chiziqlardan iborat spektr chiqaradi. Shu sababli, atomlarning chiqargan spektrini **chiziqli spektrlar** deb atashadi. Vodorod atomining spektri eng mukammal o'rganilgan Shveysariya fizigi M. Balmer o'sha davrgacha ma'lum bo'lgan vodorod atomining spektral chiziqlarini ifodalash uchun quyidagi empirik ifodani keltirib chiqardi:

$$\frac{1}{\lambda} = R' \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 3, 4, 5, \dots),$$

bu yerda $R' = 1,1 \cdot 10^7 m^{-1}$ – Ridberg doimiysidir.

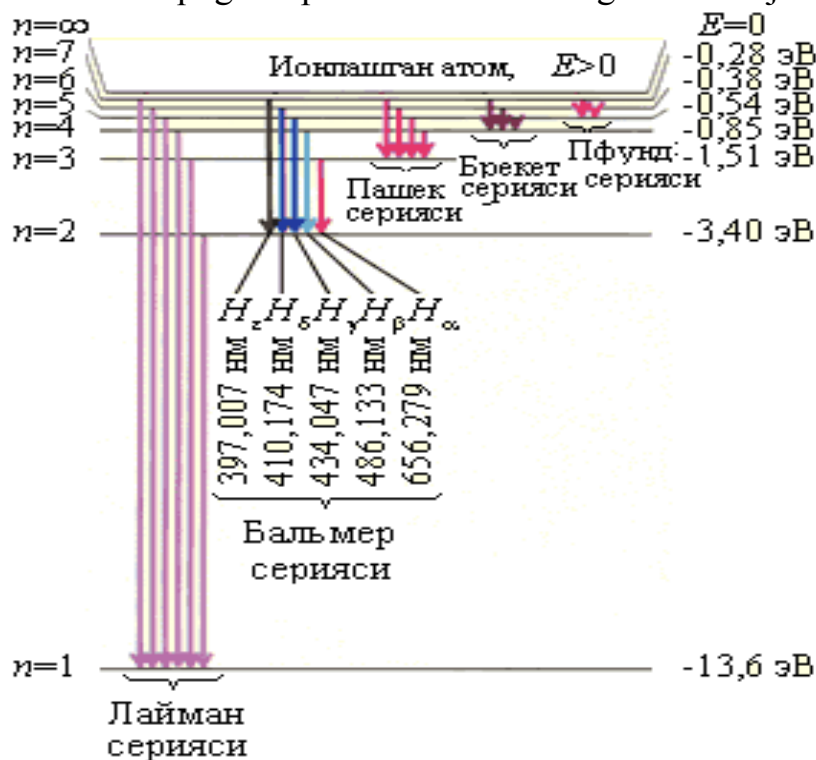
$\nu = \frac{c}{\lambda}$ ekanligini hisobga olsak, (15.3.1) - ifodani chastotalar uchun quyidagicha yozish mumkin:

$$\nu = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 3, 4, 5, \dots)$$

bu yerda $R = R' c = 3,29 \cdot 10^{15} c^{-1}$ ham Ridberg doimiysidir.

ifodalardan, n ning turli qiymatlari bilan farq qiluvchi spektr chiziqlari guruhini yoki seriyasini hosil qilish mumkinligi ko'rinib turibdi va ular Balmer seriyalari deb ataladi. n koeffisiyent oshib borishi bilan, chiziqli seriyalar bir-biriga yaqinlashadi, n cheksiz qiymat Balmer seriyasining chegarasini belgilaydi.

Vodorod atomlari chiqargan spektrni batafsil o'rganish natijasida boshqa eriyalar



ham topildi

Vodorod atomining chiziqli spektrlari

Spektrning ultrabinafsha sohasida kuzatilgan seriya Layman seriyasi deb ataladi.

$$\nu = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 2, 3, 4, 5, \dots)$$

Spektrning infraqizil sohasida esa quyidagi seriyalar topildi:

Pashen seriyasi $\nu = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 4, 5, 6, \dots);$

Breket seriyasi $\nu = R \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 5, 6, 7, \dots);$

Pfund seriyasi $\nu = R \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 6, 7, 8, \dots);$

Xemfri seriyasi $\nu = R \left(\frac{1}{6^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 7, 8, 9, \dots).$

Nazorat savollari:

1. Vodorod atomining nurlanish spektridagi qonuniyatlarini tushuntiring ?
2. Balmer formulasini tushuntiring?
3. Kvant nazariyasining eksperimental asoslanishi tushuntiring?

35 – Mavzu: Bor postulotlari.

Reja:

1. Frank-Gerts tajribasi.
2. Kvant mexanikasi elementlari.
3. De-Broyl gipotezasi.
4. Elektronlar difraksiyasi.
5. Geyzenberk noaniqlik munosabatlari.

Tayanch iboralar: Bor postulotlari, Frank-Gerts tajribasi, Kvant mexanikasi elementlari, De-Broyl gipotezasi, Elektronlar difraksiyasi, Geyzenberk noaniqlik munosabatlari.

Bor postulatlari

XIX asrning oxirlariga kelganda bir qator mashxur tajribalar tufayli atomning murakkab tuzulishi to'g'risidagi fikr anchagina oydinlashib qoldi. Bu sohada ayniqsa ingliz fizigi Ernest Rezerford tomonidan amalga oshirilgan tajribalar alohida o'rin tutadi. 1911 yilda Rezerford tajriba xulosalariga asoslanib, atomning yadro modelini taklif etdi. Bu modelga ko'ra atomning hamma musbat zaryadi va atomning deyarli butun massasi radiusi 10^{-13} sm tartibida bo'lgan juda kichik hajm ichida mujassamlashtirilgan musbat yadrodan iborat va atom yadrosi atrofida esa 10^{-8} sm tartibda bo'lgan masofalarda orbitalararo bo'ylab manfiy elektronlar harakatlanadi. Shu tariqa atomning yadro modeli yaratildi. Uni ba'zan, atomning planetar modeli deb ham ataladi, chunki yadroni Quyoshga, elektronlarni esa sayyoralarga o'xshatiladi. Bu model atom tuzilishini o'rganishda muhim qadam bo'ldi. Lekin uning kamchiliklari ham mavjud edi va bu kamchiliklar birinchidan atomning barqarorligini, ikkinchidan atomlar spektrlarini chiziqliligini hamda uning qonuniyatlarini tushuntirishga ojiz edi.

Vodorot atomi misolida bu model bilan tanishib chiqaylik. Planetar modelga ko'ra zaryadi $+e$ ga teng bo'lgan yadro atrofida bitta elektron yopiq orbita bo'ylab harakatlanadi. Klassik elektron nazariya qonunlariga muvofiq orbita bo'yicha tezlanuvchan harakatlanayotgan elektron elektromagnit nurlanish chiqarishi va energiyasi kamayganligi sababli uning orbitasi borgan sari kichrayib borishi lozim. Hisoblashlarning ko'rsatishicha, taxminan 10^{-8} sek vaqt o'tishi bilan vodorod atomining elektroni yadroga qulab tushishi va atom yemirilishi kerak. Biroq bizga ma'lumki, vodorod atomi barqaror atomdir. Shu kamchilik bilan bir qatorda, atomning planetar modeliga xos bo'lgan ikkinchi kamchiligi ham mavjud edi. Uning mohiyati quyidagidan iboratdir: zaryadi $+e$ ga teng bo'lgan vodorod atomning yadrosi atrofida r radiusli orbita bo'ylab v tezlik bilan aylanayotgan elektron uchun vaqtning har bir daqiqasida F_k Kulon kuchi va F_{mk} markazdan qochma kuchlar teng bo'lish kerak, yani

$$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{m_0 v^2}{r} \quad (1)$$

Bu tenglama r ning har bir qiymatlari uchun bajarilishi lozim va r ning har bir ixtiyoriy qiymatiga elektron tezligi v va energiyasi E ning aniq qiymatlari mos keladi. Shuning uchun elektron radiusi o'zgarishi tufayli, ya'ni elektronni yadroga

yaqinroq orbitalarga o'tish natijasida, chiqariladigan elektromagnit nurlanishning energiyasi uzluksiz qiymatlarga ega bo'lishi kerak. Boshqacha qilib aytganda, vodorod atomning nurlanish spektri uzluksiz bo'lishi lozim. Eksperimental natijalarga ko'ra esa, vodorod atomning spektri chizikli, ya'ni uzlukli ekanligi aniqlandi va vodorod atomi barqaror atom ekanligi tasdiqlandi.

Shunday qilib, Rezerford tomonidan taklif etilgan atomning planetar modeli, ya'ni elektr zarrachalardan tashkil topgan atom modeli Nyuton mexanikasi va Maksvell –Lorents elektrodinamikasi qonunlariga zid kelar edi. Bu model atomning barqaror mavjudligini va atomlar spektrlarining chiziqligini tushuntirishga imkon bermadi.

1913 yilda Nils Bor bu kamchiliklarni yengish maqsadida o'zining nazariyasini taklif etdi. N.Bor atomning barqarorligiga va yutish hamda nurlanish spektral chiziqlarining mavjudligiga asoslanib, yadro atrofida elektronning dinamik harakatini diskret statsionar holatlarda yuz beradi deb faraz qildi va kvant nazariyasi asosida atom tuzulishini tushuntirish uchun qo'yidagi ikki postulatni taklif etdi:

I. Atomning mustahqam barqarorligidan kelib chiqqan holda, atom ma'lum turg'un holatlarda mavjud bo'ladi, bu holatlardagi atom energiyasining qiymatlari $E_1, E_2, \dots, E_n, \dots$ diskret qatorni tashkil etadi. Turg'un holatlarga turg'un orbitalar mos keladi va bu turg'un orbitalar bo'yicha harakatlayotgan elektronlar uchun nurlanish sodir bo'lmaydi. Kvant shartlari, yoki barqarorlik shartlari, qo'yidagicha ta'riflanadi: turg'un holatdagi atomni aylanma orbita bo'ylab harakatlanayotgan elektroni harakatining impuls momenti $\hbar$ kattalikga butun karralidir, ya'ni

$$\mathbf{M} = m_e v r_n = n\hbar \quad (2)$$

Bu erda $n = 1, 2, 3, \dots$ butun sonlarni qabul qiladi, $\hbar$ - Plank doimiysi.

II. Atomning nurlanishi yoki yutilishi elektronlarni barqarorlik shartiga bo'ysinuvchi orbitalarning biridan ikkinchisiga o'tishda sodir bo'ladi. Boshqacha qilib aytganda, atom energiya E_n bo'lgan bir turg'un holatdan energiyasi E_m bo'lgan boshqa turg'un holatga o'tganda yorug'lik kvantining chiqishi yoki yutilishi amalga oshadi.

Bu kvantning chastotasi

$$\omega = \frac{E_n - E_m}{\hbar} \quad (3)$$

munosabat bilan aniqlanadi.

N.Bor o'zining postulatlariga asoslanib, vodorod atomining nazariyasini yaratdi. Vodorod atomi yadrosining zaryadi $+e$ teng bo'lsin, elektron shunday orbita bo'ylab harakatlansinki, bu orbitada elektron harakat miqdorining momenti Bor shartiga asosan kvantlansin, ya'ni (2) bajarilsin. Yadro atrofida r_n radiusli orbita bo'ylab v tezlik bilan aylanayotgan elektronning harakatini ko'rib chiqaylik.

Musbat $+e$ va manfiy $-e$ zaryad orasidagi o'zaro ta'sir kuchi

$$F = \frac{e^+ e^-}{4\pi\epsilon_0 r_n^2} = \frac{a}{r_n^2}$$

bo'ladi. Ikkinchi tomondan klassik mexanikaga asosan v tezlik bilan harakatlanuvchi elektron bu kuch ta'sirida markazga intilma (4)

tezlanishga ega buladi, ya'ni

$$\frac{m_e v^2}{r_n} = \frac{a}{r_n^2}$$

Ushbu ifodadan orbita radiusini aniqlaymiz

$$r_n = \frac{a}{m_e v^2} \quad (5)$$

Hozircha biz faqat klassik nazariya nuqtai nazardan ish ko'rdik. Endi (2) formulada ifodalangan barqarorlik shartini qo'llaylik va formuladan v tezlikni topib, (5) ga qo'ysak, vodorod atomi uchun n holatdagi turg'un orbitaning radiusini aniqlaymiz

$$r_n = \frac{n^2}{m_e a} \hbar^2 \quad (6)$$

Bundan n - kvant soni deb ataladi va $n=1,2,3,\dots$ ya'ni birdan boshab butun musbat sonlarni qabul qiladi.

Ushbu orbitalarga mos keluvchi turg'un holatlarda vodorod atomining to'lik energiyasi, elektronning kinetik energiyasi va elektronning yadro bilan o'zaro ta'sir energiyalarining yig'indisidan iborat:

$$E_n = \frac{m_e v^2}{2} - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_n} = \frac{m_e v^2}{2} - \frac{a}{r_n} \quad (7)$$

Ikkinchi tomonidan (4) tenglamani ikkala tomonini $r_n/2$ kupaytirsak, u

$$\frac{m_e v^2}{2} = \frac{a}{2r_n}$$

ko'rinishga keladi. Olingan ifodadan foydalanib, (1.30) ni quyidagicha yozishimiz mumkin.

$$E_n = \frac{a}{2r_n} - \frac{a}{r_n} = -\frac{a}{2r_n} \quad (8)$$

Bu ifodadagi r_n o'rniga uning (6) bilan aniqlanuvchi qiymatini qo'ysak, vodorod atomining turg'un holatlarini xarakterlovchi energetik sathlarining qiymatlarini hisoblash imkoniyatini beruvchi formulani hosil qilamiz:

$$E_n = -\frac{a^2 m_e}{2\hbar^2} \frac{1}{n^2} = -\frac{m_e e^4}{32\pi^2 \epsilon_0^2 \hbar^2} \frac{1}{n^2} \quad (9)$$

Gayss birliklar sistemasida bu formula ancha ixgam ko'rinishga ega buladi:

$$E_n = -\frac{m_e e^4}{2\hbar^2} \frac{1}{n^2} \quad (10)$$

Elektron bir turg'un orbitadan ikkinchisiga o'tganida, masalan n holat orbitasidan m holat orbitasiga o'tganida va agar $n > m$ bo'lsa, energiya kvantining chiqarilishi sodir bo'ladi

$$\Delta E = E_n - E_m = \frac{m_e \cdot e^4}{2\hbar^2} \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (11)$$

Bu energiyaning chastotasi Plank doimiysi orqali aniqlanadi va $\Delta E = \hbar\omega$ bo'ladi, u xolda

$$\omega = \frac{E_n - E_m}{\hbar} = \frac{m_e e^4}{2\hbar^3} \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (12)$$

ifodaga ega bo'lamiz va (1.35) orqali nurlanishni chastotasini aniqlaymiz.

Shunday qilib, (1.33) formula vodorod atomi uchun n ning har xil qiymatlariga to'g'ri keladigan energiya qiymatlarini, yani E_n larni, hisoblashga imkon beradi. Bu asosda vodorod atomining energetik sathlarini chizish mumkin, vodorod atomining normal (uyg'onmagan) holatida elektron eng quyi energetik sathda, ya'ni kvant sonining $n=1$ qiymatiga mos keluvchi sathda joylashgan bo'ladi. Agar atomga tashqaridan biror energiya berilsa, elektron $n=2,3,4...$ qiymatlarga mos bo'lgan energetik sathlarning biriga ko'tariladi. Atomning bu holatlari uyg'ongan holatlar deb ataladi. Uyg'ongan holatdan normal holatga qaytayotgan atom elektromagnit nurlanish chiqaradi.

Asosiy holatdagi atomning energiyasi:

$$E_n = -\frac{m_e e^4}{2\hbar^2} = -13,64\text{ev}$$

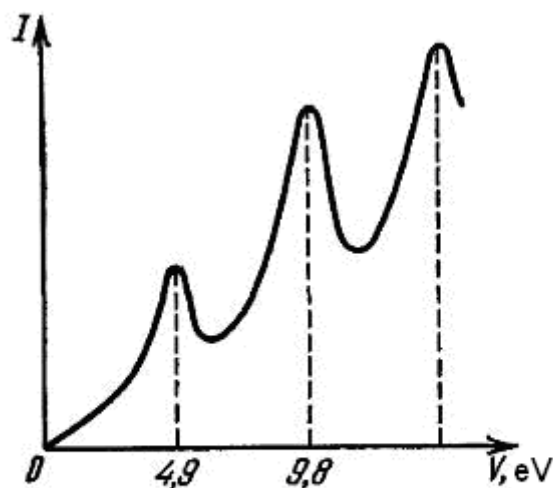
ga teng bo'lib, vodorod atomining ionlashtirish potentsiyali uchun Bor nazariyasi tomonidan keltirib chiqarilgan va bu qiymat tajriba natijalari bilan mos keladi. Misol tariqasida N.Bor nazariyasini tasdiqlovchi bir tajribani keltirib o'tamiz.

Mikrosistemalarga hos bo'lgan holatlarning diskretligi, ya'ni diskret energetik sathlarning mavjudligini Frank va Gers 1914 yilda tajriba orqali tasdiqlashdi. Ular simob bug'lari orasidan elektr tokini o'tkazib, elektron bilan gaz atomi to'qnashuvining elastik yoki noelastik xarakterlari uchun to'qnashuvdan keyin tezliklar taqsimotini tekshirishgan edi. Tajribalar natijasida, Frank va Gers qo'yidagi natijalarga kelishgan edi.

1. Elektronlarning tezligi muayyan kritik tezlikdan kichik bo'lgan holda, tuqnashuv elastik tarzda namoyon bo'ladi, ya'ni elektron o'z energiyasini atomga bera olmasdan, faqat o'z tezligi yo'nalishini o'zgartiradi.

2. Agar elektronlarning tezligi biror muayyan kritik tezlika teng bo'lsa, bu hollarda to'qnashuv noelastik sodir bo'ladi, ya'ni elektron o'z energiyasini qisman yo'qatadi va aynan shu energiya atomga o'tib, o'z navbatida atom katta energiya bilan xarakterlanuvchi boshqa statsionar holatga o'tadi.

Boshqacha qilib aytganda, atom umuman energiyani qabul qilmasligi mumkin (elastik tuqnashuvda) yoki yonma-yon joylashgan ikki statsionar holatlarning ayirmasiga teng energiyasiga mos bo'lgan energiya miqdorini qabul qilishi mumkin (noelastik to'qnashuv). Natijada elektronlarning energiyasiga bog'liq holda, o'tayotgan elektr toki rasmda tasvirlangan maksimum va minimumlarga ega bo'ladi.



3-rasm. Frank- Gers klassik tajribasi natijalari

Elektronlarning kinetik energiyasi ortishi bilan tok xam orta boshlaydi, lekin bu ortish elektronlarning energiyasi 4,9 ev qiymatigacha davom etadi. Shunday so'ng tok keskin kamayadi, chunki elektronlar simob atomlari bilan to'qnashish jarayonida ularning ichki holatini o'zgartirib, o'z energiyalarini yo'qotishadi, ya'ni noelastik to'qnashuv ro'y beradi. Tajribaning ko'rsatishicha tok qiymatlarining keskin kamaishi elektronning energiyasi 4,9 ev ga karrali bo'lgan holda amalga oshadi. Demak, sinob atomini quyi energetik sathdan yuqori energetik sathga ko'tarish uchun 4,9 ev energiya lozim ekan. Elektron faqat ma'lum energiyani simob atomiga beradi. Yuqoridagi tajribadan ma'lumki, 9,8 ev va 14,7 ev energiyalarda elektronlar mos ravishda simob atomining ikki va uchinchi energetik sathlarga ko'taradi. Shu tariqa Frank va Gerc tajribasi atomning turg'un holatlari haqidagi Bor postulatini isbotlab berdi va atomlarda diskret energetik sathlar mavjudligini bevosita tasdiqladi.

Bor nazariyasining yutuqlaridan yana biri shundan iboratki, uni vodorodsimon atomlar, ya'ni yadroning zaryadi Ze bo'lgan, lekin tashqi orbitasida bittagina elektron bo'lgan atomlarga, masalan He^+ , Li^{++} va hokazolarga qo'llash mumkin. Ammo ko'pkina yutuqlarga qaramasdan Bor nazariyasi kamchiliklardan xoli emas. Masalan, asosiy muvaffaqiyatsizliklardan biri shunday iborat bo'ldiki, bu nazariya vodorod atomidan keyingi atomlarni, ya'ni geliy atomining qonuniyatlarini mutlaqo tushuntira bera olmadi, ikkinchidan spektral chiziqlarning intensivligini hisoblashda ham Bor nazariyasi inqirozga uchradi. Yuqoridagi jiddiy kamchiliklarga asoslanib, Bor nazariyasini yarim klassik, yarim kvant nazariyasi sifatida qabul qilishimiz mumkin. Shunga qaramay Bor nazariyasi fizika fanini rivojlantirishida katta ahamiyatga ega bo'ldi, chunki mikrodunyodagi paydo bo'lgan atomlarning nurlanishi bilan bog'liq bo'lgan bir qator muammolarini echdi va shu bilan birgalikda atom hodisalarini tushuntirishda klassik fizikaning qonunlarini qullash mumkin emasligini ko'rsatib berdi.

De Broyl to'liqining fizik ma'nosi

Ma'lum ν tezlik bilan erkin harakatlanayotgan, m massali zarrachani qaraylik. Uning uchun de Broyl to'liqining fazaviy va guruhli tezliklarini hisoblab ko'ramiz. Fazaviy tezligi quyidagiga tengdir:

$$\nu_{faz} = \frac{\omega}{k} = \frac{\hbar\omega}{\hbar k} = \frac{E}{p} = \frac{mc^2}{m\nu} = \frac{c^2}{\nu},$$

Bu yerda $E = \hbar\omega$, $p = \hbar k$ va $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ - to'liq soni. $c > \nu$ bo'lgani uchun, de Broyl to'liqining fazaviy tezligi, yorug'likning vakuumdagi tezligidan kattadir.

Fazaviy tezlikning yorug'lik tezligidan katta yoki kichik bo'lishi to'liqning guruhli tezligiga bog'liq bo'ladi.

Guruhli tezlikni quyidagicha ifodalash mumkin.

$$U = \frac{d\omega}{dk} = \frac{d(\hbar\omega)}{d(\hbar k)} = \frac{dE}{dp}$$

Erkin zarracha energiyasi

$$E = \sqrt{m_0^2 c^4 + p^2 c^2}$$

ga teng bo'lgani uchun

$$\frac{dE}{dp} = \frac{Pc^2}{\sqrt{m_0^2 c^4 + p^2 c^2}} = \frac{Pc^2}{E} = \frac{m\nu c^2}{mc^2} = \nu$$

Demak, de Broyl to'liqining guruhli tezligi zarrachaning tezligiga teng ekan. Fotonning guruhli tezligi

$$\nu = \frac{pc^2}{E} = \frac{mcc^2}{mc^2} = c$$

o'sha fotonning tezligiga tengdir.

De Broyl to'liqini dispersiya xodisasiga bo'ysunadi, ya'ni to'liq tezligi to'liq uzunligiga bog'liq bo'ladi.

To'liqning fazaviy tezligini erkin zarrachaning energiyasi orqali ifodalasak

$$\nu_{faz} = \frac{E}{p} = \frac{\sqrt{m_0^2 c^4 + p^2 c^2}}{p}$$

$p = \hbar k = \frac{2\pi\hbar}{\lambda}$ bo'lgani uchun, fazaviy tezlik to'liq uzunligiga bog'liq bo'ladi.

Geyzenberg noaniqliqlarining o'zaro nisbati

Modda zarrachalarining ikkiyoqlamalik korpuskulyar – to'liq tabiatiga asosan, ularga zarrachaning yoki to'liqning barcha xususiyatlarini belgilash mumkin emas. Shu sababli, mikrozzarrachalar xususiyatlarini o'rganishda klassik mexanika tushunchalariga ayrim cheklashlar kiritish zarur bo'ladi.

Masalan, klassik mexanikada istalgan zarracha aniq trayektoriya bo'ylab harakatlanadi va istalgan vaqtda zarrachaning koordinata va impulsini katta aniqlikda belgilash yoki aniqlash mumkin.

To'liq xususiyatiga ega bo'lgan mikrozzarrachalar klassik zarrachalardan butunlay farqlanadilar. To'liq xususiyatiga ega bo'lgan mikrozzarrachaning bir aniq trayektoriya bo'yicha harakatlanishida, uning aniq koordinatasi va impuls to'g'risida so'z yuritish mumkin emas.

To'liq xususiyatli zarracha impuls to'liq uzunligiga bog'liq bo'lsa ham, «berilgan nuqtadagi to'liq uzunligi» degan tushuncha fizik ma'noga ega emas, shuning uchun aniq impuls ega bo'lgan mikrozzarracha koordinatasi noaniqdir va uning teskarisidir.

Geyzenberg mikrozzarracha to'liq xususiyatini va unga bog'liq cheklashlarni hisobga olib, mikrozzarrachaning koordinatasi va impulsini bir vaqtda aniq ifodalash mumkin emas degan fikrga keldi.

Mikrozzarrachalar koordinatalari va impuls lari noaniqliklarining o'zaro nisbatlari quyidagi shartlarni qanoatlantiradilar:

$$\begin{cases} \Delta x \Delta p_x \geq h, \\ \Delta y \Delta p_y \geq h, \\ \Delta z \Delta p_z \geq h. \end{cases}$$

Mikrozzarracha koordinatalari va ularga mos impuls larning proyeksiyalari noaniqliklari ko'paytmalari h dan kichik bo'lmaydi.

, zarracha koordinatasi aniq bo'lsa ($\Delta x = 0$), bu holda impulsning $0x$ o'qiga proyeksiyasi qiymati $\Delta p_x \rightarrow \infty$ butunlay noaniq bo'ladi.

Noaniqlik munosabati, bir vaqtda, zarracha harakatining klassik xususiyati (koordinatalari, impuls i) va to'liq xususiyatlaridan foydalanilgan holda keltirib chiqarilgan.

Klassik mexanikada zarracha koordinatalari va impulsini ho xlagan aniqlikda o'lchash mumkin bo'lsa, **noaniqlik munosabati** mikrozzarrachalarga klassik mexanikani qo'llashning **kvant cheklanishini ko'rsatadi**.

Noaniqlik munosabatini quyidagi ko'rinishda ifodalaymiz:

$$\Delta x \Delta v_x \geq \frac{h}{m},$$

Bu ifodadan, zarracha massasi qancha katta bo'lsa, uning tezligi va koordinatalari noaniqligi shuncha kichik bo'ladi. Bu zarrachaga katta aniqlikda trayektoriya tushunchasini qo'llash mumkin bo'ladi.

Masalan, massasi 10^{-12} kg va chiziqli o'lchamlari 10^{-6} m bo'lgan changcha koordinatasi, uning o'lchamiga nisbatan 0,01 aniqlikda o'lchansa ($\Delta x = 10^{-8}$ m), tezlik noaniqligi

$$\Delta v_x = 6,62 \cdot 10^{-34} / 10^{-8} \cdot 10^{-12} \text{ m/c} \approx 6,62 \cdot 10^{-4} \text{ m/c}$$

qiymati zarrachaning barcha mumkin bo'lgan tezliklari qiymatiga ta'sir etmaydi. Bunday makroskopik jismlarning to'lqin xususiyati umuman namoyon bo'lmaydi va noaniqlikka ta'sir etmaydi.

Agarda, elektronlar dastasi x o'qi bo'ylab $v = 10^8$ m/s tezlik bilan harakatlanganda uning aniqligi 0,01 % ($\Delta v_x \approx 10^4$ m/s) bo'lsa, bu holda koordinata noaniqligi

$$\Delta x = \frac{h}{m\Delta v_x} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34}}{9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 10^4} = 7,27 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

ga teng bo'ladi, ya'ni elektronning holatini yetarlicha aniqlikda o'lchash imkoniyati paydo bo'ladi va elektronning trayektoriyasi to'g'risida so'z yuritish mumkin.

Vodorod atomi atrofida elektron harakatlanganda, uning koordinatalari noaniqligi $\Delta x \approx 10^{-10}$ m bo'lsin. U holda, tezligining noaniqligi $\Delta v_x = 7,27 \cdot 10^6$ m/s bo'ladi. Bu hol uchun klassik mexanikadan foydalansak, elektron aylana orbitasi radiusi $\sim 0,5 \cdot 10^{-10}$ m bo'lgan yadro atrofida harakatlanganda, uning tezligi noaniqligi $v \approx 2,3 \cdot 10^6$ m/s bo'ladi. Demak tezlik noaniqligi, tezlikning o'zini qiymatidan bir necha marta katta bo'lar ekan. Shu sababli, atomdagi elektronlarning harakatini ifodalashda klassik mexanika qonunlaridan foydalanib bo'lmaydi.

Kvant nazariyasida zarrachalarning energiyasi va vaqt bo'yicha noaniqlik munosabati mavjud

$$\Delta E \cdot \Delta t > h$$

ΔE – harakat energiyasining o'lchash vaqtidagi noaniqligi, Δt – esa, o'lchash jarayoni davomiyligining noaniqligi. Energiya noaniqligi

$$\Delta E \geq \frac{h}{\Delta t}$$

tizimning o'rtacha yashash vaqti kamayishi bilan oshib boradi.

Nazorat savollari:

1. Frank-Gerts tajribasini tushuntiring?
2. Kvant mexanikasi elementlarini tushuntiring?
3. De-Broyl gipotezasini tushuntiring?
4. Elektronlar difraksiyasini tushuntiring?
5. Geyzenberk noaniqlik munosabatlarini tushuntiring?

36 – Mavzu: Yadroning tarkibiy qismi.

Reja:

1. Massa kamchiligi. Bog'lanish energiyasi.
2. Yadro reaksiyalari. Yadro kuchlari.
3. Radiativlik. α va β yemirilishlar. Radiativlikning yemirilish qonuniyatlari.
4. Yarim yemirilish davri. Termoyadro reaksiyalar.
5. Yadro energetikasi va ekologiya

Tayanch iboralar: Yadroning tarkibiy qismi, massa kamchiligi, bog'lanish energiyasi, yadro reaksiyalari, yadro kuchlari, radiativlik, α va β yemirilishlar,

radiativlikning yemirilish qonuniyatlari, yarim yemirilish davri, termoyadro reaksiyalar, yadro energetikasi va ekologiya.

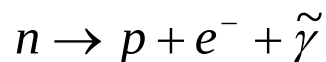
Atom yadrosi

Tabiatdagi hamma moddalar atomlardan tashkil topgan bo'lib, ular elektron va atom yadrosidan iboratdir. Atom yadrosining asosiy xarakteristikalarini bo'lib ularning zaryadi, massasi, spini va yadro magnit momenti hisoblanadi. Atom yadrosi proton va neytronlardan iborat bo'lib, bular yadro nuklonlari deyiladi. Atomlar neytral zarracha ekanligini e'tiborga olsak, ularda nechta proton bo'lsa, ya'ni musbat zarracha bo'lsa, yadro atrofida xuddi shuncha elektron bo'lishi kerak.

Yadrodagi nuklonlar - proton (p) musbat va neytron (n) esa neytral, ya'ni zaryadsiz zarrachalardir. Protonning zaryad miqdori elektron zaryadiga teng bo'lib $q_p = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ K}\lambda$ ga tengdir. Erkin holda proton barqaror musbat zarrachadir. Atom massasini massaning atom birliklarida (m.a.b.) o'lchash ancha qulaydir. Uglerod ($^{12}_6\text{C}$) atomining 1/12 massasi, massaning atom birligi qilib qabul qilingan.

Protonning massasi $m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,0072 \text{ m.a.b.} = 938,7 \text{ Mev}$.

Neytron erkin holatda beqaror (radioaktiv) zarracha bo'lib, uning yarim yemirilish davri ~ 12 min ga teng, u o'z-o'zidan bo'linib, parchalanib ketadi:



Parchalanish natijasida 1 proton, 1 elektron va 1 ta antineytrino hosil bo'ladi. Neytrino juda kichik zarracha bo'lib, neytronga o'xshash zaryadsizdir. Yadrodagi protonlar soni $+Ze$, yadroning zaryadlar sonini ham belgilaydi. Z - Mendeleyev davriy tizimida ximiyaviy elementning tartib nomerini yoki yadrosining zaryadlar sonini ko'rsatadi. Yadrodagi nuklonlar soni A bilan belgilanadi va yadroning massa soni deb ataladi. Neytronlar soni $N = A - Z$ orqali aniqlanadi. Yadrolar ${}_Z X^A$ - simvol bilan ko'rsatiladi. X - ximiyaviy elementning simolidir. Yadrolardagi nuklonlarning tarkibiga qarab yadrolar 4 ta guruhga bo'linadilar. 1. Zaryadlar soni bir xil, neytronlar soni har xil bo'lgan yadrolar **izotoplar** deyiladi. Masalan: vodorodning 3 ta izotopi bor ${}_1 X^1$ - odatdagi vodorod ba'zan protiy deb ataladi ($Z = 1, N = 0$).

${}_1 X^2$ - og'ir vodorod yoki deyteriy ($Z = 1, N = 1$), ${}_1 X^3$ - ($Z = 1, N = 2$) esa tritiy deb ataladi. Kislorodning 3 ta izotopi bor ${}_8 O^{16}$, ${}_8 O^{17}$, ${}_8 O^{18}$. 2. Massalar soni bir xil, zaryad va neytronlar soni har xil bo'lgan yadrolar **izobarlar** deyiladi. Misol qilib

massa soni bir xil bo'lgan ${}_{18} A^{40}$ va ${}_{18} Ca^{40}$ larni ko'rsatish mumkin. Neytronlar soni N bir xil, zaryad va massalar soni har xil bo'lgan yadrolar **izotonlar** deyiladi. Masalan ${}_6 C^{13}$, ${}_{17} N^{14}$ bularda neytronlar soni $N = 7$ tengdir. Zaryad (Z) va massalar (A) sonlari bir xil bo'lib, yarim yemirilish davrlari har xil bo'lgan yadrolar

izolyarlar deyiladi. Masalan: ${}_{35} Br^{80}$ yadrosining 2 ta izomerlari bor, bularning yarim yemirilish davrlari $T_1 = 18$ min. va 4,4 soat ga tengdir. Yadro juda kichik zarrachadir. Yadroning radiusi: $R = 1,3 \cdot 10^{-15} A^{1/3} \text{ m}$ ga teng. Ushbu ifodaga ko'ra

yadroni shar shaklida deb faraz qilib, massasini bilgan holda, zichligini hisoblab ko'rish mumkin:

$$\rho_{\text{я}} = \frac{M_{\text{я}}}{\frac{4}{3}\pi R^3}, \quad (1)$$

Bu yerda $M_{\text{я}} = m_n A$, m_n - neytron massasidir. U holda:

$$\delta \rho = \frac{1,673 \cdot 10^{-27}}{\frac{4}{3} \cdot 3,14 (1,5 \cdot 10^{-15})^3} \approx 1,3 \cdot 10^{17} \text{ кг/м}^3, \quad (2)$$

Bu nihoyatda katta qiymat bo'lib, bunday zichlikni tasavvur qilish juda qiyin. Solishtirish uchun tabiatda uchraydigan ba'zi zichligi eng katta bo'lgan moddalarni keltiramiz: qo'rg'oshin $11,34 \text{ кг/м}^3$, simob $14,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, uran $18,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, oltin $19,3 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, platina $21,45 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ va iridiy $22,42 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Tabiatda Z soni 1 dan 92 gacha bo'lgan elementlar uchraydi (texnisiy T_s $Z = 11$ va prometiy P_m $Z = 61$ lardan tashqari).

Hozirgi vaqtda, tabiatda uchraydigan elementlardan tashqari, ja'mi $Z = 117$ gacha bo'lgan elementlar aniqlangan bo'lib, ularning barchasi sun'iy yo'l bilan olingan.

Yadro kuchlari

Yadro mustaxkam tizim ekanligini e'tiborga olsak, eng avval nuklonlar orasidagi bog'lanish juda katta energiyaga egadir va bu kuchlar biz bilgan kuchlarning birortasiga ham mos kelmaydi. Bu – yadro kuchlaridir. Yadro kuchlari gravitasion kuch bo'la olmaydi. Butun olam tortishish qonuniga o'xshash bu kuchlarni hisoblab ko'rilsa, yadro kuchlaridan 10^4 marta kichik ekanligini bilish mumkin. Yadro kuchlari elektrostatik kuch bo'lishi ham mumkin emas, chunki bir xil ishorali protonlar (masalan: Uran – U ; $Z = 92$) bir biridan qochib yadroni tark etgan bo'lar edi. Demak, yadro nuklonlari juda murakkab bog'lanish va kuchlarga ega bo'lgan tizim bo'lib 4 ta asosiy xususiyatlarga egadirlar. 1. Yadro kuchlari. Ta'sir radiusi juda qisqa masofada $2,2 \cdot 10^{-15}$ kuzatiladi. Bu masofadan katta masofalarda nuklonlar o'zaro ta'sirlashmaydilar. 2. Yadro kuchlari zaryaddan mustaqildir, ya'ni proton – proton, proton – neytron yoki neytron – neytronlar bir xil tortishish va itarish kuchlarini hosil qiladi. Bu xususiyat yadrolarning zaryaddan mustaqillik prinsipi deb ataladi.

Nazorat savollari:

1. Massa kamchiligi va Bog'lanish energiyasini tushuntiring?
2. Yadro reaksiyalari va Yadro kuchlarini tushuntiring?
3. Radiaktivlik, α va β yemirilishlar va Radiaktivlikning yemirilish qonuniyatlari ni tushuntiring?
4. Yarim yemirilish davri va Termoyadro reaksiyalarni tushuntiring?
5. Yadro energetikasi va ekologiyani tushuntiring?

37 – Mavzu: Kristallarning tuzilishi haqida ma'lumot.

Reja:

1. Elektr o'tkazuvchanlikning zonalar nazariyasi.
2. Yarimo'tkazgichlarning xususiy va aralashmali o'tkazuvchanligi.
3. Zonalar asosida o'tkazgichlarni, dielektriklarni, yarimo'tkazgichlarni tushuntirish

Tayanch iboralar: Kristallarning tuzilishi, Elektr o'tkazuvchanlik, zonalar nazariyasi, Yarimo'tkazgichlar, xususiy va aralashmali o'tkazuvchanlik, o'tkazgichlar, dielektriklar, yarimo'tkazgichlar.

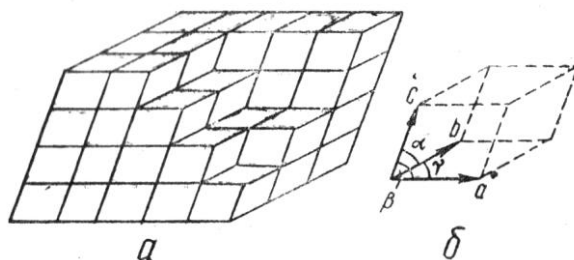
Moddaning kristallik holati

Tabiatda qattiq jismlarning ko'pchiligi kristall tuzilishga ega bo'ladi. Masalan deyarli barcha minerallar va barcha metallar qattiq holatida kristall bo'ladi. Kristalli holatining uning suyuq va gaz holatidan ajratib turuvchi o'ziga xos xususiyati anizotropiya borligida ya'ni bir qator fizik xossalarning (mexanik, isiqlik, elektr, optik xossalarning) yo'nalishiga bog'liq bo'lishidadir.

Xossalari barcha yo'nalishlar bo'yicha bir xil bo'lgan jismda izotrop jismlar deb ataladi. gazlardan va boshqa suyuqliklardan boshqa xamma moddalar, amorf qattiq jismlar izotrop jismlardir. Amorf qattiq jismlar o'ta sovutilgan suyuqliklardan iborat. Kristallarning anizotropiyalik xossasiga ega bo'lishiga ular tarkibidagi zarralarning (atom yoki molekulalarining) tartibli joylashganligi sabab bo'ladi. Zarralarning tartibli joylashuvi kristallarning tashqi ko'rinishi muntazam bo'lishida namoyon bo'ladi. Kristallarning yoqlari yassi bo'lib, bu yoqlar har bir mazkur jinsli kristallar uchun ma'lum bir qiymatga ega bo'lgan burchaklar ostida kesishadi. Kristallarni jipslashish tekisligi deb ataladigan tekisliklar

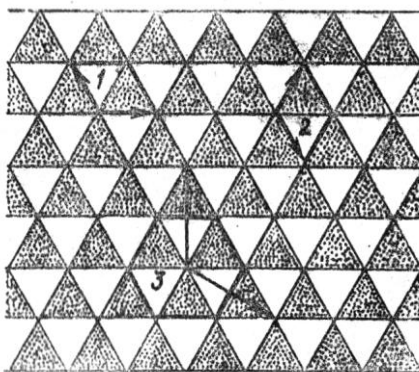
bo'yicha parchalash oson. Kristallar geometrik shaklining muntazam bo'lishi va anizotropiyasi odatda namoyon bo'lmaydi, chunki kristall jismlar polikristallar ko'rinishida, ya'ni bir-biriga yopishib o'sib ketgan va tartibsiz joylashgan mayda kristalchalar to'plami ko'rinishida bo'ladi. Polikristallarda anizotropiya ayrim olingan har bir mazkur jinsli kristallar uchun ma'lum bir qiymatga ega bo'lgan burchaklar ostida kesishadi. Kristallarni jipslashish tekisligi deb ataladigan tekisliklar bo'yicha parchalash oson. Kristallar geometrik shaklning muntazam bo'lishi va anizotropiyasi odatda namoyon bo'lmaydi, chunki kristall jismlar polikristallar ko'rinishida, ya'ni bir-biriga yopishib o'sib ketgan va tartibsiz joylashgan mayda kristallchalar to'plami ko'rinishida bo'ladi. Polikristallarda anizotropiya ayrim olingan har bir kristallchadagina kuzatiladi, kristallchalarni tartibsiz joylashgani tufayli butun jismda esa anizotropiya borligi bilinmaydi. Suyuqlantirilgan modda yoki eritmada maxsus kristallanish sharoitlari yaratish yo'li bilan ulardan har qanday moddaning monokristallarini, ya'ni katta-katta yakka kristallarni hosil qilish mumkin. Tabiatda ba'zi minerallarning monokristallari tabiiy holatda uchraydi. Kristall atomlarining tartibli joylashuvi shundan iboratki, atomlar (yoki molekulalar) muntazam geometrik fazoviy panjaraning tugunlariga joylashadi. Butun kristallni kristallning elementar yacheykasi deb ataladigan ayni bir strukturaviy

elementni uch turli yo'nalishda ko'p marta takrorlash yuli bilan hosil qilish mumkin (1-a rasm).



1-rasm

Elementar yacheyka qirralarining a , b va c uzunliklari kristallning ayniylik davrlari deb ataladi. Elementar yacheyka uchta a, b, c vektordan yasalgan parallelepiped bo'lib, bu vektorlarning modullari ayniylik davrlariga teng. Bu parallelepiped a, b, c qirralaridan tashqari yana qirralari orasidagi α, β va γ burchaklari bilan xam harakterlanadi. (1-v rasm) a, b, c va α, β, γ kattaliklar elementar yacheykani bir qiymatli aniqlaydi va uning parametrlari deb ataladi. Elementar yacheykani turli xil usullar bilan tanlab olish mumkin. Bu hol 2-rasmda tekis struktura misolida ko'rsatilgan, devor yuzini navbatlashib yopishtiriladigan uchburchak shaklidagi oq va qora koshinlar bilan qoplash uchun har xil yacheykalarni ikki yo'nalishda ko'p marta takrorlash kerak.

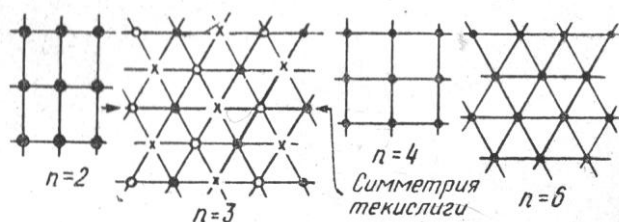


2-rasm

Masalan 1,2 va 3 yacheykalarga qarang: yacheykalar takrorlanadigan yo'nalishlar strelkalar bilan ko'rsatilgan. 1 va 2 yacheykalar o'zida minimal miqdorda struktura elementlariga ega bo'lishi bilan farq qiladi (ularda bitta oq va bitta qora qoshin bor). Kristall moddaning kimyoviy tarkibini harakterlovchi atomlarni o'z ichiga eng oz olgan (masalan, muz kristalida kislarodning bir atomi va vodorodning ikki atomida iborat bo'lgan) yacheyka boshlanqich yacheyka deb ataladi. Lekin odatda boshlanqich yacheyka o'rniga atomlarning soni ko'proq bo'lgan, biroq simmetriyas butun kristalldagi simmetriyadek bo'lgan elementlar yacheyka tanlab olinadi. Masalan, 11-rasmda tasvirlangan tekis struktura koshinlarning uchidan o'z tekisli giga perpendikulyar ravishda o'tgan har qanday o'q atrofida 120° ga burilganda o'z-o'ziga ustma-ust tushadi. Elementlar yacheyka (3) ning ham shunday xossasi bor. 1 va 2 yacheykalarning simmetriya darajasi kamroqdir: ular 360° ga burilgandagina o'z-o'ziga ustma-ust tushadi.

Kristallarning klassifikatsiyasi

Kristall panjara simmetriyaning turli ko'rinishlariga ega bo'la oladi. Kristall panjaraning simetriyasi deganda panjaraning biror fazoviy ko'chishlarida o'z-o'zi bilan ustma-ust tushish xossasi tushiniladi. Har qanday panjara eng avval translyasion simmetriyaga ega bo'ladi, ya'ni ayniylik davri miqdorida surilganda (translyasiya qilinganda) o'z-o'zi bilan ustma-ust tushadi. Simmetriyaning boshqa turlari orasida biror o'qlar atrofidagi burilishlarga nisbatan simmetriyani shuningdek ma'lum bir tekisliklarga nisbatan ko'zguchasiga akslantirishni kayd etib o'tamiz. Agar panjara biror o'q atrofida $2\pi/n$ burchakka burilganda o'z-o'zi bilan ustma-ust tushsa (binobarin, panjara bu o'q atrofida bir marta to'liq aylanganda o'z-o'zi bilan n marta ustma-ust tushadi) u holda bu o'q n-tartibli simmetriya o'qi deb ataladi. 1-tartibli trivial o'qdan tashqari 2,3,4 va 6 tartibli simmetriya o'qlarigina bo'lishi mumkinligini ko'rsatsa bo'ladi. Bunday simmetriya o'qlariga ega bo'lgan strukturalarning misollari 3-rasmda sxematik ravishda ko'rsatilgan (turli xil atomlar oq qo'shilishlar, qora qo'shilishlar va krestlar bilan belgilangan). Panjara biror tekislikdan ko'zguchasiga akslanganida o'z-o'ziga ustma-ust tushib qolsa, bunday tekisliklar simmetriya tekisliklari deb ataladi. 3-rasmda simmetriya tekisligiga xam misol keltirilgan. Simmetriyaning turli xillari kristall panjaralarning simmetriya elementlari deb ataladi. Simmetriya o'qlari va simmetriya tekisliklaridan boshqa simmetriya elementlari xam bo'lishi mumkin, lekin biz ularni tekshirmaymiz. Kristall panjara odatda, bir vaqtning o'zida simmetriyaning bir qancha ko'rinishlariga ega bo'ladi. Lekin simmetriya elementlarining har qanday majmuasi ham haqiqatda bo'lavermaydi. Odatda simmetriya elementlarning 230 ta kombinatsiyasi bo'lishi mumkin, bular fazoviy guruhlar deb atalgan. Bu 230 ta fazoviy guruh simmetriya alomatlariga qarab 32 sinfga bo'linadi. Nihoyat, barcha kristallar elementar yacheykasining shakli qanday bo'lishiga qarab yettita kristallografik sistemaga (yoki singoniyaga) bo'linadi, ularning har biri esa simmetriyaning bir qancha sinfini o'z ichiga oladi.



3-rasm

Kristallografik sistemalar simmetriyasini oshib borishi tartibda quyidagicha joylashadi.

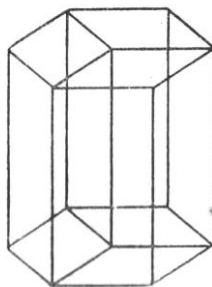
1. Triklin sistema. Bu sistema uchun $a \neq b \neq c$: $\alpha \neq \beta \neq \gamma$ bo'lishi harakterlidir. Elementar yacheykasi qiyshiq burchakli parallelepiped shaklida bo'ladi.
2. Monoklin sistema. Ikki burchagi to'qri burchak bo'lib, uchinchi to'qri burchakdan farq qiladi (uchinchi burchak sifatida burchak olish qabul qilingan). Binobarin : $a \neq b \neq c$ $\alpha = \gamma = 90^\circ$: $\beta \neq 90^\circ$. Elementar yacheykasi to'qri prizma shaklida bo'lib, uning asosida parallelogramm yotadi (ya'ni u to'qri parallelepiped shaklida bo'ladi).
3. Rombik sistema. Hamma burchaklari to'qri, hamma qirralari har-xil: $a \neq b \neq c$: $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$. Elementar yacheykasi to'qri burchakli parallelepiped shaklida bo'ladi.

4.Tetragonal sistema. Hamma burchaklari to'qri, ikkita qirradi bir xil: $a = b \neq c$: $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$. Elementar yacheykasi to'qri prizma shaklida bo'lib, uning asosida kvadrat yotadi.

5.Romboedrik (yoki trigonal) sistema. Xamma qirralari bir xil, xamma burchaklari xam bir xil bo'lib, 90° dan farq qiladi: $a = b = c$: $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$. Elementar yacheykasi diagonal bo'ylab siqilishdan yoki cho'zilishdan deformatsiyalangan kub shaklida bo'ladi.

6.Geksogonal sistema. qirralari va ular orasidagi burchaklari quyidagi shartlarga bo'ysunadi: $a = b \neq c$: $\alpha = \beta = 90^\circ$: $\gamma = 120^\circ$. Agar uning uchta elementar yacheykasi 4-rasmda ko'rsatilganicha birga qo'shilsa, olti burchakli muntazam prizma hosil bo'ladi.

7.Kubik sistema. Xamma qirralari bir xil, xama burchaklari to'qri burchak: $a = b = c$: $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$. Elementar yacheykasi kub shaklida bo'ladi.

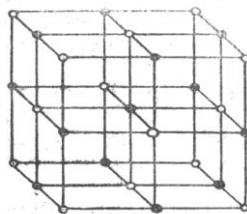


4-rasm

Kristall panjaralarning fizik turlari

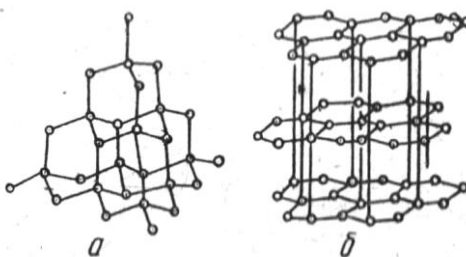
Kristall panjaraning tugunlariga joylashgan zarralarning tabiatiga va zarralar o'rtasidagi o'zaro ta'sir kuchlarining harakteriga qarab kristall panjaralar to'rt turga bo'linadi va shunga mos ravishda to'rt xil: ionli, atomli, metall va molekulyar kristallar bo'ladi.

1.Ionli kristallar. Kristall panjaraning tugunlarida har xil ishorali ionlar joylashadi. Ular orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari asosan elektrostatik kuchlar (kulon kuchlari) bo'ladi. Turli ishorali zaryadlangan ionlar orasidagi tortishishning elektrostatik kuchlari tufayli yuz beradigan boqlanish geterepolyar (yoki ionli) boqlanish deb ataladi. Ionli panjaraning tipik misoli osh tuzining $NaCl$ 5-rasmda ko'rsatilgan panjarasi bo'la oladi. Bu panjara kubik sistemaga tegishlidir. Natriyning musbat zaryadli ionlari oq to'garaklar bilan, xlorning manfiy zaryadli ionlari kora to'garaklar bilan tasvirlangan. Rasmdan ko'rinib turibdiki ma'lum bir ishorali ionning eng yaqin qo'shnisi unga teskari ishorali ion bo'ladi. Gaz holatida $NaCl$ shunday molekulalardan iborat bo'ladiki, bularda natriy ionlari xlor ionlari bilan juft-juft bo'lib birikkan. Na ionli va Cl ionidan molekula hosil qiluvchi guruh kristallda alohida-alohida bo'lmaydi. Ionli kristall molekulalardan emas, balki ionlardan iborat bo'ladi. Butun kristallni juda katta bitta molekula deb qarash mumkin.



5-rasm

2. Atomli kristallar. Kristall panjaraning tugunlarida neytral atomlar bo'ladi. Kristalldagi (shuningdek molekuladagi) neytral atomlarini birlashtiruvchi boqlanish gomopolyar (yoki kovalent) boqlanish deb ataladi. Gomopolyar boqlanishdagi o'zaro ta'sir kuchlari elektr kuchlari (lekin Kulon kuchlari emas) harakterida bo'ladi. Bu kuchlarning paydo bo'lish sabablari faqat kvantlar mexanikasi asosida izoxlab berilishi mumkin. Elektronlar jufti gomopolyar boqlanishda bo'ladi. Bu esa ikki atomni bir-biriga boqlanishda har bir atomdan bittadan elektron katnashishini bildiradi. Shu sababli gomopolyar boqlanish ma'lum bir tomonga qarab yo'nalgan bo'ladi. Geterepolyar boqlanish holida har bir ion uziga ancha yaqin bo'lgan xamma ionlarga ta'sir ko'rsatadi. Gomopolyar boqlanish holida esa atomning ta'siri bu atom bilan umumiy elektronlar juftiga ega bo'lgan atomga qarab yo'naladi. Faqat valentlik elektronlar, ya'ni atomi bilan boqlanishda bula olgani uchun, mazkur atomning katnasha olishi mumkin bo'lgan boqlanishlar soni (bu atomga boqlanish mumkin bo'lgan qo'shni atomlar soni) uning valentligiga teng. Olmos va grafit atomli kristallarga tipik misol bo'la oladi. Bu ikkala modda kimyoviy jihatdan aynan bir xil (ular uglerod atomlaridan tuzilgan) bo'lib lekin kristall tuzilishlari jihatdan bir-biridan farq qiladi.



6-rasm

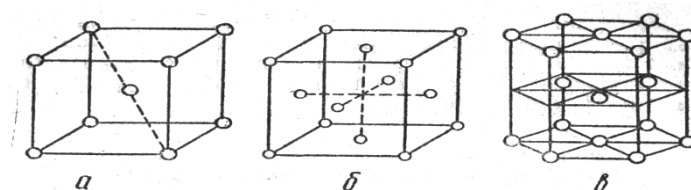
6-a rasmda olmosning kristall panjarasi, 6-b rasmda grafitning panjarasi ko'rsatilgan. Kristall strukturaning modda xossalariga ta'sir ko'rsatishi bu misoldan yaxshi ko'rinib turadi. Tipik yarim o'tkazgich bilan germaniy (Ge) va kremniyning (Si) xam panjarasi xuddi olmosniki (olmos tipidagi panjara)kabi bo'ladi. Bu panjara shu bilan harakterlidirki, unda har bir atom atrofida muntazam tetraedr uchlariga joylashgan to'rtta qo'shni atom undan bir xil masofada turadi. To'rtta valentlik elektronlardan har bir mazkur atomni qo'shnilardan biri bilan boqlovchi elektronlar juftida katnashadi.

3. Metall kristallar. Bunday kristall panjaraning xamma tugunlarida metalning musbat ionlari joylashadi. Ionlar hosil bo'lishida atomdan ajrab qolgan elektronlar bu musbat ionlar o'rtasida gaz molekulalariga o'xshab betartib harakat qilib yuradi. Bu elektronlar musbat ionlarni

birga ushlab turuvchi "sement" rolini o'ynaydi: aks holda panjara ionlar o'rtasidagi itarishish ta'siri kuchlari ostida parchalanib ketgan bo'lar edi. Shu bilan birga, ionlar xam elektronlarni kristall panjara doirasida ushlab turadi va shuning uchun elektronlar panjaradan chiqib keta olmaydi. Ko'pchilik metallarning panjarasi quyidagi uch turdan biri bo'ladi: hajmda markazlashgan kubik panjara (7-a) to'liq geksogonal panjara (7-v)rasm. Bularning eng oxirigisi geksogonal panjara bo'lib, s/a nisbati $\sqrt{8/3}$ ga teng. Yoklarida markazlashtirilgan kubik panjara va zich geksogonal panjara bir xil sharlar eng zich joylashgan xollarga mos keladi.

4. Molekulyar kristallar. Kristall panjaraning tugunlarida ma'lum yo'nalishda orientirlangan molekulalar joylashadi. Kristalldagi molekulalar orasida ta'sir qiladigan boqlanish kuchlarining tabiati xuddi gazlarni ideallikdan chetga chiqarishda molekulalar orasida ta'sir qiluvchi tortishish

kuchlari tabiati bilan bir xil. Shu sababli bu kuchlar Van-der-Vaals kuchlari deb ataladi. Masalan, H_2 , N_2 , O_2 , SO_2 , N_2O moddalar molekulyar panjara hosil qiladi. Shunday qilib, odatdagi muz (qattiq kaarbonat angidrid) molekulyar kristallardan iborat.

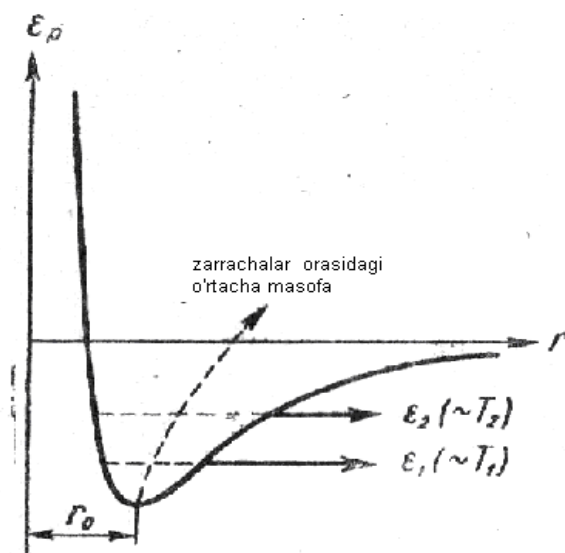


7-rasm

Kristallarda yuz beradigan issiqlik harakati

Kristall panjarasining tugunlari zarralarning o'rtacha vaziyatini ko'rsatib turadi. Zarralarning o'zlari (ion, atom yoki molekulalar) esa bu o'rtacha vaziyatlari atrofida muttassil tebranib turadi: harorat ko'tarilganda bu tebranishlarning intensivligi oshadi. Kristall hosil qiluvchi zarralar o'rtasidagi tortishish kuchlari bu zarralar orasidagi masofalar ancha kichik bo'lganda masofa kamayishi bilan tez ortib boruvchi itarishish kuchlariga almashadi. Bu fikr turli xil ishorali ikki ion uchun xam to'qri bo'ladi, chunki ionlarning elektronli qobiqlari bir-biriga juda yaqin kelganida ular orasidagi itarishish kuchlari ko'proq ta'sir qila boshlaydi.

Shunday qilib, kristallda har qanday ko'rinishli zarralar o'rtasidagi o'zaro ta'sir 8-rasmda tasvirlangan potensial egri chiziq orqali ifodalanishi mumkin. Bu egri chiziq minimumga nisbatan simmetrik emas. Shu sababli zarralarning muvozanat vaziyati atrofidagi juda katta tebranishlarga garmonik tebranma harakat bo'ladi. Harorat ko'tarilishi natijasida tebranishlar amplitudasi oshib borishi bilan angarmonizm (ya'ni tebranishlarning garmoniklikdan chetlanishi) kuchli ravishda namoyon bo'la boradi. Bu hol esa, 8-rasmdan ko'rinib turganidek, zarralar orasidagi o'rtacha masofalarning oshuviga va, binobarin, kristall hajmining kattalashuviga olib keladi. Kristallarning issiqlikdan kengayishi ana shunday talqin qilinadi.



8-rasm

Kristallarning issiqlik sig'imi.

Zarralarning kristall panjara tugunlarida joylashishi ularning o'zaro potensial energiyasining minimum bo'lishiga mos keladi. Zarralar muvozanat vaziyatidan har qanday yo'nalishda siljiganda zarraning boshlang'ich vaziyatiga qaytarishga intiluvchi kuch paydo bo'ladi, buning natijasida zarra tebranma harakatga keladi. Ixtiyoriy yo'nalishda sodir bo'layotgan tebranishlarning qo'shilishi deb tasavvur qilish mumkin. Shunday qilib, kristalldagi har bir zarraning uchta tebranma erkinlik darajasi bor, deb hisoblash mumkin. Bitta zarraning har bir tebranma erkinlik darajasiga har biri o'rta hisobda kT ning yarmiga teng bo'lgan ikkita energiya to'qri keladi: bu energiyaning bitta yarmi kinetik energiya tarzida, ikkinchi yarmi potensial energiya tarzida bo'ladi. Binobarin, har bir zarraga, ya'ni atomli panjaradagi atomga, ionli yoki metall panjaradagi ionga o'rta hisobda $3kT$ energiya to'qri keladi. Kristall holatdagi bir kilomol moddaning energiyasini topish uchun bitta zarraning o'rtacha energiyasini kristall panjara tugunlarida joylashgan zarralar soniga ko'paytirish kerak. Kimyoviy jihatdan sodda bo'lgan moddalarda kristall panjara tugunlaridagi zarralar soni Avogadro soniga (N_A) teng bo'ladi. Boshqa xollarda, masalan $NaCl$ kabi moddalarda esa zarralar soni $2N_A$ bo'ladi, chunki bir mol' $NaCl$ da N_A dona natriy atomi va N_A dona xlor atomi bo'ladi. Atomli yoki metall kristallar hosil qiluvchi kimyoviy sodda moddalarni ko'rib chiqish bilan cheklanib, kristall holatidagi bir kilogramm-atom moddaning ichki energiyasini quyidagicha ifodalash mumkin:

$$U_{KM} = N_A 3kT = 3RT$$

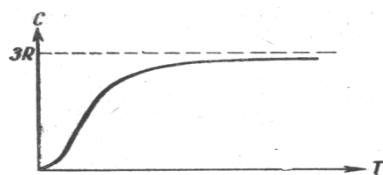
Ichki energiyaning harorat bir gradus ko'tarilgandagi orttirmasi ga asosan, hajm o'zgarmas bo'lgan holdagi issiqlik sig'imiga teng bo'ladi. Binobarin,

$$C_v = 3R \approx 25 \cdot 10^3 \quad \text{j/K} \cdot \text{kg} \quad (1)$$

Istalgan qattiq jismlarning hajmi juda oz o'zgaradi, shuning uchun ularning bosim o'zgarmas bo'lgan holdagi issiqlik sig'imi hajm o'zgarmas bo'lgan holdagi issiqlik sig'imidan arzimagan miqdorda farq qiladi. Madomiki shunday ekan, $C_p \approx C_v$ deb olish va qattiq jismning issiqlik sig'imi to'qrisida gapirish mumkin. Kristall holatidagi kimyoviy sodda moddalarning bir kilogramm-atominig issiqlik sig'imi

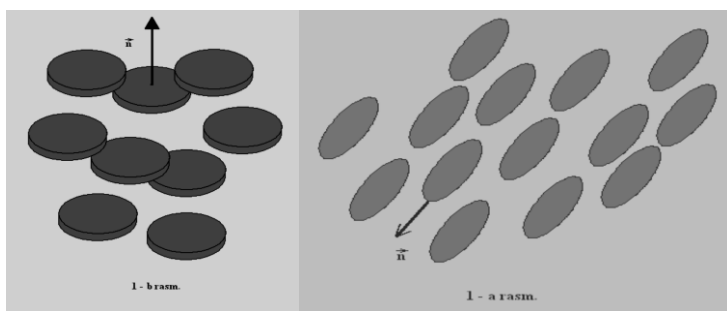
bir xil va $25 \cdot 10^3 \text{ J/K} \cdot \text{kg}$ bo'ladi. Bu fikr Dyulong va Ptining tajribada topilgan qonunlarining mazmunidir. Bu qonun ko'p moddalar uchun uy haroratsi sharoitida yetarlicha aniqlik bilan qanoatlantiriladi. Lekin, masalan, uy haroratsida olmosning issiqlik sig'imi $5,6 \cdot 10^3 \text{ J/K} \cdot \text{kg}$ bo'ladi. Undan tashqari, kristallarning issiqlik sig'imi haroratga bog'liq va bu boqlanish harakteri 9-rasmda ko'rsatilgan. Absolyut nol yaqinida hamma jismlarning issiqlik sig'imi T^3 proporsional bo'lib, faqat bir moddaning o'zi uchun harakterli bo'lgan ancha yuqori haroratlarda qanoatlantiriladi. Ko'pchilik jismlar uy haroratidayoq olmosning issiqlik sig'imi 1000^0 S tartibdagi haroratdagina qiymatga erishadi. Qattiq jismlar issiqlik sig'imining Eynshteyn va Debay yaratgan juda aniq nazariyasi, birinchidan, tebranma harakat energiyasining kvantlanishi hisobga oladi.. Ikkinchidan, bu nazariya kristall panjaradagi zarralarning tebranishlari erkli tebranishlar emasligini hisobga oladi. Muvozanat vaziyatidan surilgan zarra o'ziga yaqin zarralarni o'zi bilan ergashtirib ketadi. Kristalldagi zarralarning kuchli o'zaro ta'siri shunga olib keladiki, biror zarraning tebranishidan yuzaga kelgan g'alayonlanish boshqa zarralarga uzatiladi va kristallda tarqaluvchi to'lqin hosil bo'ladi. Bu to'lqin kristallning chegarasiga yetib borib orqaga qaytadi. Tarqalayotgan to'lqin bilan qaytgan to'lqin qo'shilganda, ma'lumki, turg'un to'lqin hosil bo'ladi.

Chegaralangan muxit ichidagi turqun to'lqinlar ma'lum shartlarni qanoatlantirishi lozim (bunday shart, masalan, muxit chegarasida to'lqinning qavariqligi joylashsin degan shart bo'lishi mumkin). Bu shartlar turqun to'lqinlarining mumkin bo'lgan uzunliklarining yoki tebranishlar chastotasini cheklab qo'yadi. Ma'lumki, masalan, uchlari maxkamlab qo'yilgan torda hosil bo'lgan turqun to'lqinlarning λ uzunligi $l = n\lambda/2$ shartni qanoatlantirilishi kerak, bu yerda l -torning uzunligi, n -butun son. Shunday qilib, kristallardagi issiqlik harakatini diskret chastotali turqun to'lqinlar to'plamining (spektirining) qo'shilishidan iborat deb tasavvur qilish mumkin. Kristallar issiqlik sig'imining kvant nazariyasi tajriba ma'lumotlariga juda yaxshi mos keladi, jumladan, u yuqori haroratlar sharoitida kristall holatdagi moddalarning issiqlik sig'imi bilan ifodalanishini ko'rsatadi.



9-rasm
Suyuq kristallar

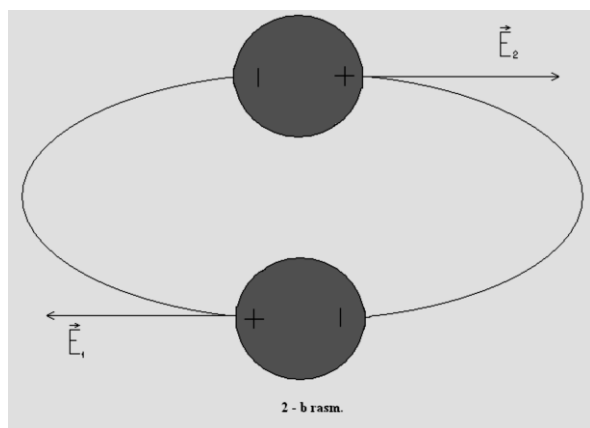
Bir – biriga nisbatan muayyan tartibda joylashuvini saqlovchi anizotrop shakldagi molekulalardan tuzilgan suyuqlik suyuq kristallar deyiladi. Suyuq kristallar molekulalarida harakterli o'qlarni aniq ajratib olish mumkin: bunday molekulalarda atomlar tanlangan chiziqlar bo'ylab (molekulalar – sterjenlar) joylashadi yoki tanlangan tekisliklarda (molekulalar – disklar) yotadi.



Suyuq kristallda, qattiq kristalldagi singari, maxsus yo'nalish bo'ladi, bu

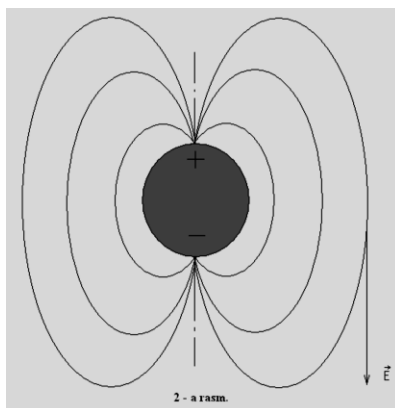
yoʻnalish boʻylab molekulalarning uzun oʻqi (1 – a rasm) yoki molekulalar tekisliklari (1 – b rasm) orientirlanadi.

Bunda suyuq kristall, haqiqatan, suyuq, xuddi suvdek suyuq boʻlishi mumkin, yaʼni molekulalarning massalari markazlari toʻgʻri (kristallik) panjarani hosil qilmaydi, balki fazoda tartibsiz joylashadi va unda erkin harakatlanishi mumkin. Alohida yoʻnalishlarning yuzaga kelishi koʻrsatilgan shakldagi molekulalarning oʻzaro taʼsirlari



bilan bogʻliq boʻlib, bunda tortishish kuchlari ham, itarishish kuchlari ham muhim rol oʻynaydi. Atomlarda manfiy zaryadli elektron bulutlarning musbat zaryadli yadrolarga nisbatan taodifiy siljishlar bunday kuchlarni vujudga keltiradi. Elektrik dipolar deb ataladigan bunday ikki ishorali zaryadlar birlashmasi neytral

atomlar atrofida elektr maydonlarini hosil qyadi (2 – a bu zaryadlarning ajralishini saqlab b rasm). Temperature qattiq kristallga aylanadi. Suyuq kristallardagi maxsus yoʻnalishlarni, qattiq kristallardagi singari, optik deyiladi, chunki ularning bilan bu materiallarning ajoyib xossalari (nurning ikkilamchi sinishi, yorugʻlikning qutblanish tekisligining burilishi va h. k.) bogʻlangandir. Optik oʻqlari qattiq mahkamlangan kristallardan farqli oʻlaroq, suyuq kristallarda optik oʻqlarining yoʻnalishini turli taʼsirlar, jumladan elektr maydon yordamida oson oʻzgartirish mumkin. Suyuq kristallarning optik xossalarini boshqarish uchun juda kichik kuchlanishlar (1 V ga yaqin) yetarlidir. Baʼzi moddalar suyuq kristall holatida oʻzaro aralashish xususiyatiga ega boʻlib, bunday aralashishdan turli strukturali va xosali suyuq kristallar paydo boʻladi.



rasm), ular turadi (2 – pasayganida

oʻqlari mavjudligi optik

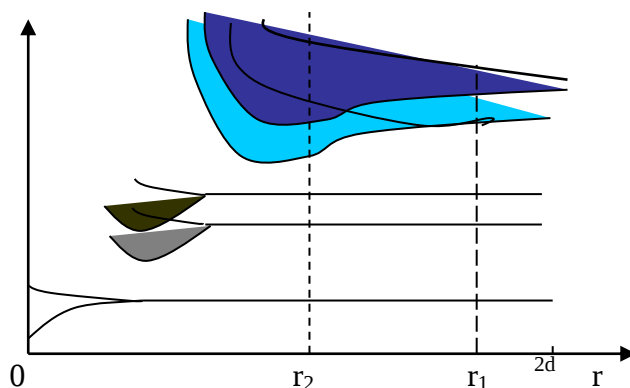
Kvant nazariyasiga asosan elektronlar energiyasi energetik satx deb ataluvchi faqat diskret qiymatlarni qabul qilishi mumkin.

Atomning har bir elektroni ruxsat etilgan energetik satxlardan birini egallaydi. Paul printsiptiga asosan har bir satxda 2 tadan ortiq elektronn boʻlishi mumkin emas. Atomning eng quyi satxda faqat ikkita elektron joylashgan boʻlib, kolganlari juft-juft boʻlib yukori satxlarni toʻldirib turadi. Atomlar bir biriga yaqinlashgan sari ular

orasida kuchayib boruvchi o'zaro ta'sir paydo bo'ladi, bu satxlar holatini o'zgarishiga olib keladi. N ta atom uchun bir-biriga juda yaqin bo'lgan lekin, ustma-ust tushmaydigan N ta satx paydo bo'ladi. Izolyatsiyalangan har bir atom satxi kristalda sohani hosil qiluvchi N ta satxga bo'linadi. Atom yadrosiga yaqin turgan elektronlar qarshi elektronlar bilan to'ldirilgan satxlarga qaraganda kamroq uyg'onadi. 1-rasmda atomlar orasidagi r -masofaning funktsiyasi sifatida turli satxlarning bo'linishi ko'rsatilgan. Ichki elektronlar bilan to'ldirilgan satxlar kristallarda juda ham kam bo'linishi rasmdan ko'rinib turibdi. Bo'linish asosan valent elektronlar bilan to'ldirilgan satxlarda sezilarli bo'ladi.

1-rasm

r_1 va r_2 ikki atomlar

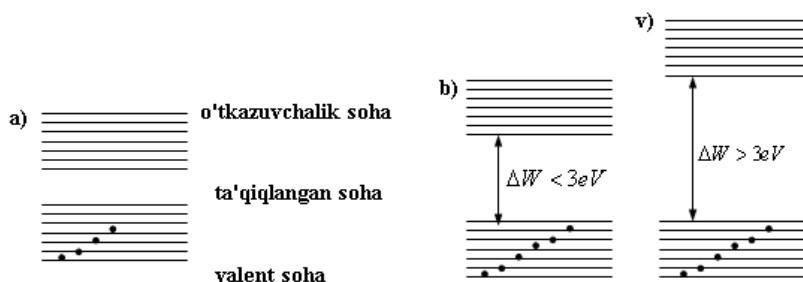


xil kristaldagi orasidagi masofadir. orasidagi masofa

Atomlar juda kichik bo'lganda atomlarning ikkita kushni satxlariga mos keluvchi sohalar o'zaro qoplamanib ketishi mumkin (Rasmda r_2 masofada kuzatiladi). Bunday qo'shilib ketgan sohadagi satxlar soni har ikki satxning bo'lingan sonlari yig'indiga teng.

Kristallda valent elektronlarning yo'l quyilgan qiymatli energiyasi ruxsat etilgan qiymatli energiya bo'lmagan oraliqlar bilan ajralib turadi. Bu oraliqni ta'qaqlangan soha deyiladi. Valent elektronlar egallagan satx valent soha deyiladi. Valent sohalarning elekttronlar bilan tulish darajasiga va ta'qiqlangan sohaning kengligiga qarab, kristal 3 ga bo'linadi.

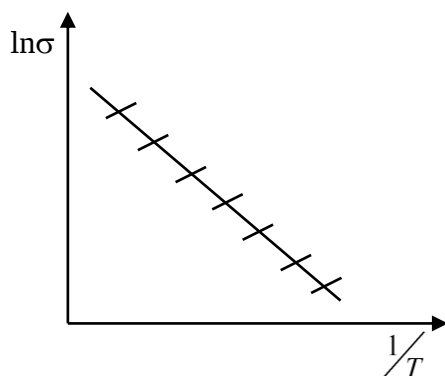
1. Elektronlar valent sohani to'liq to'ldirmaydi. Shuning uchun yuqori satxlarda turgan elekttronlarni yana yuqoriroqqa chiqarishga juda oz energiya sarf bo'ladi. Valent sohaning qisman to'lishi metallar uchun o'tkazuvchanlik sohasi deb ataladi (2-rasm)



2-rasm

Rasmning b) va v) hollarida valent sohadagi satxlar elekttronlar bilan to'liq. B u hollarda elektron energiyasini o'ttirish uchun ta'qiqlangan soha kengligidan kam bo'lmagan (ΔW dan) energiya berish kerak. Yarim o'tkazgichlar o'zlarining elektr o'tkazuvchanligiga qarab metal va izolyatorlar oralig'ida bo'ladi. Lekin yarim o'tkazgichlar uchun eng xarakterli xususiyat uning o'tkazuvchanligini temperaturaga bog'liqligidir. Temperatura ortishi bilan yarim o'tkazgichlarning o'tkazuvchanligi ortadi (metallarda kamayar edi).

Yarim o'tkazgichlar xususiy va aralashmali yarim o'tkazgichlarga bo'linadi. Yarim o'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanligi $\sigma = e^{-\frac{\Delta W}{2kT}}$ qonun bo'yicha o'zgarib, temperatura ortishi bilan tez ortib boradi. ΔW - ta'qiqlangan soha.



3-rasm

3-rasmda yarim o'tkazgichni bog'liqligi ko'rsatilgan. Bu chiziqning ogishidan

temperaturaga grafikdagi to'g'ri ta'qiqlangan soha

ΔW ning kengligini topish mumkin. (Aralashmali yarim o'tkazgichlarni talabalarga mustaqil ishlash uchun beriladi). Mendeleev davriy sistemasidagi IV grupp elementlaridan germaniy, kremniy yarim o'tkazgichlarning tipik misolidir. Yuqori temperaturada issiqlik harakati tufayli Valent sohadan elektron ajalib bo'sh sohaga o'tadi. Elektron tashlab ketgan bo'sh o'rinda $+$ e musbat zaryad paydo bo'ladi, teshik hosil bo'ladi. Bu o'ringa qo'shni juftlardan elektron o'tadi. Teshik ham elektron kabi kristal bo'ylab harakatga keladi. Agar erkin elektronlar teshiklar bilan uchrashsa rekombinatsiya protsessi yuz beradi. Maydon ta'sir qilganda elektronlar maydonga qarshi teshiklar maydon yo'nalishida harakat qiladi xususiy elektr o'tkazuvchanlikni e^- va e^+ zaryad yuzaga keltiradi.

Nazorat savollari:

1. Elektr o'tkazuvchanlikning zonalar nazariyasini tushuntiring?
2. Yarimo'tkazgichlarning xususiy va aralashmali o'tkazuvchanligini tushuntiring?
3. Zonalar asosida o'tkazgichlarni, dielektriklarni, yarimo'tkazgichlarni tushuntiring?

38 – Mavzu: Modda va maydon.

Reja:

1. Moddalarning atom molekulyar tuzilishi.
2. Atom yadrosi. Elementar zarralar.
3. Tortishish kuchlari, elektromagnit kuchlar, kuchsiz va kuchli o'zaro ta'sir kuchlari.
4. Materiyaning yagona nazariyalari haqida

Tayanch iboralar: Modda va maydon, Moddalarning atom molekulyar tuzilishi, Atom yadrosi, Elementar zarralar, Tortishish kuchlari, elektromagnit kuchlar, kuchsiz va kuchli o'zaro ta'sir kuchlari, Materiyaning yagona nazariyalari.

Yangi texnologiyalar fizikasi

Bugun dunyoda nanotexnologiya jadal rivojlanmoqda. Ushbu yo'nalishda yaratilgan ilmiy ixtirolar iqtisodiyot, tibbiyot, biologiya, ekologiya, aviatsiya, radioelektronika kabi ko'plab muhim sohalarida yuqori samaradorlik va tejamkorlikka erishish imkonini bermiqda. O'zbekiston Fanlar akademiyasi tomonidan mazkur yo'nalishdagi ishlarni tizimli asosda tashkil etish va rivojlantirish maqsadida ishlab chiqilgan maxsus dastur asosida Fanlar akademiyasining Issiqlik fizikasi bo'limi, Polimerlar kimyosi va fizikasi, Yadro fizikasi, Umumiy va noorganik kimyo institutlari, Toshkent davlat texnika universitetining "Fan va taraqqiyot" ilmiy texnologik majmuasi va boshqa ilmiy muassasalarda nanotexnologiyalar sohasida qator istiqbolli loyihalar amalga oshirilmqda. Bugun tobora rivojlanayotgan mamlakatimiz sanoatini va zamonaviy ishlab chiqarish sohalarini polimer mahsulotlarsiz tasavvur etib bo'lmaydi. Bu ehtiyojni qondirish uchun ilmiy tadqiqot ishlari va nanotexnologik ishlanmalarni muvofiqlashtirish asosida nanotizimlar hamda nanomateriallar sanoatini yaratish zarurati yuzaga kelmoqda. O'zbekiston Fanlar akademiyasining Polimerlar kimyosi va fizikasi institutida nanotexnologiya yo'nalishida olib borilayotgan tadqiqotlarning asosiy yo'nalishi ushbu ustuvor vazifalarni hayotga tatbiq etishga yo'naltirilgan. Shu maqsadda polimer tizimlarda nanozarrachalar va nanotuzilmalarning shakllanishi, ularning yaratilishi, materiallarning maxsus xossalarida namoyon bo'lishini o'rganish hamda undan amalda samarali foydalanishga oid tadqiqotlar olib borilayotir. Mazkur institutdan ma'lum qilishlaricha, bunday fundamental tadqiqotlar allaqachon o'zining yuqori samaradorligini namoyon etmoqda. Qator loyihalar bo'yicha muhim natijalarga erishildi, xususan, tabiiy va sintetik polimerlardan nanopolimer tizimlar ajratib olindi. Ma'lumki, qishloq xo'jaligi ekinlariga zararkunandalar, hasharotlar va kasalliklarga qarshi bir necha bor kimyoviy ishlov beriladi. Hozir amalda foydalanilayotgan bunday vositalar asosan chetdan valuta evaziga olib kelinadi. Qolaversa, ularning foydali jihatlari bilan birga atrof-muhitga muayyan salbiy ta'siri ham bor. Shu bois institut olimlari bunday vositalarni mahalliy xomashyo va texnologiyalar asosida ishlab chiqarish bo'yicha tadqiqotlar olib bormoqda. Masalan, ipak qurti g'umbagidan ajratib olinadigan "O'zxitan" preparati ekologik sof va samaradordir. Nanotexnologiyalarning muhim xususiyatlarini o'zida namoyon

etuvchi ushbu ixtiro amaliy sinovlardan muvaffaqiyatli o'tdi. "O'zxitan" bilan ishlov berilgan ekinlarning mahsuldorligi, urug'ning unuvchanlik xususiyati, kasallik, zararkunandalar va murakkab iqlim sharoitlariga bardoshliligi bir necha barobarga oshdi. Tabiatga mutlaqo zararsiz ushbu vositaning o'zi esa tuproqqa singib ketadi. Hozirgi kunda bu preparatdan oziq-ovqat sanoati va tibbiyotda ham samarali foydalanilmoqda. – Olimlarimizning yana bir muhim ixtirosi polimer tizimlar asosida yaratilgan, g'oz parvarishida muhim o'rin tutuvchi "Polidef" vositasidir, – deydi Polimerlar kimyosi va fizikasi instituti direktorining o'rinbosari Abdushukr Sarimsoqov. – Xorijda ishlab chiqarilayotgan shunday vositalar ekologiyaga salbiy ta'sir etishi barobarida ochilmagan ko'saklarni quritadi. "Polidef" sepilganda esa g'ozadagi ko'raklar qurimaydi, tuproqqa ziyon yetmaydi. Mamlakatimizning qator viloyatlaridagi fermer xo'jaliklarida olib borilgan sinov-tajriba ishlarida uning samaralari yaqqol namoyon bo'ldi. Ana shunday muhim ishlanmalardan biri "SelAgripp" preparati farmakologik xususiyatlari jihatidan xorijiy dori vositalaridan aslo qolishmaydi, narxi esa bir necha barobar arzon. Kuyish oqibatida kelib chiqqan va bitishi qiyin yaralarni davolash tibbiyotning dolzarb muammolaridandir. Hozir bu jarayonda tibbiyotimizda xorijdan olib kelinayotgan plyonka qoplamalardan foydalanilmoqda. Mahalliy xomashyo asosida yaratilgan plyonka qoplama bu borada bir qancha afzalliklarga ega. Xususan, bu vosita jarohat joyiga bog'langach teriga singib ketadi. Uning tarkibidagi nanotuzilmali kumush zarrachalari jarohatni tez va samarali davolash, bemorning immun tizimini kuchaytirish imkonini beradi. Respublika shoshilinch tibbiy yordam ilmiy markazi mutaxassislari kuyish asoratlarini davolashda qo'llanilayotgan ushbu ixtironing shifobaxshligini alohida e'tirof etdilar. Nanotexnologiya sohasidagi izlanishlarning yuksak natijalari dermatologiya, pulmonologiya va ftiziatriya sohalarida ishlatiladigan inson vujudiga beziyon shifo vositalarini yaratishda ham yaxshi samara bermoqda. Institutda tabiiy polimerlar bilan bir qatorda sintetik polimerlardan foydalanishning istiqbolli yo'nalishlariga oid izlanishlar ham ko'plab muhim ixtirolarga asos bo'lmoqda. Kelajak fani bo'lgan nanofan va nanotexnologiya yo'nalishidagi bunday tadqiqotlarda yoshlar ham o'z salohiyatini namoyon etayotir. Ular jahonning taraqqiy etgan mamlakatlarida bo'lib o'tayotgan xalqaro anjumanlarda faol ishtirok etib, ilmfanimizning bunday muhim natijalarini dunyo ilmiy jamoatchiligi o'rtasida keng namoyish etmoqda. Iqtidorli yigit-qizlar safini kengaytirish maqsadida institutda yurtimizning boshqa ilmiy-tadqiqot muassasalari, oliy o'quv yurtlari bilan mustahkam hamkorlik aloqalari o'rnatilgan. Yurtimizda nanotexnologiyalarni rivojlantirish, ilmiy-intellektual salohiyatni rivojlantirish, ilmiy-texnika bazasini takomillashtirish va xalqaro aloqalarni kengaytirish borasida amalga oshirilayotgan bunday keng ko'lamli ishlar mamlakatimizning yanada rivojlanishiga xizmat qiladi.

Olamning hozirgi zamon fizik tasavvuri.

19-asrning oxiridan boshlab "olamning ilmiy manzarasi" degan tushuncha tabiatshunoslikda va falsafada keng ishlatib qelinmoqda. 20-asrning 60-yillaridan boshlab sistemali ravishda uning ma'nosi maxsus tahlil qilina boshlandi. Alohida fanlar-fizika, biologiya, astronomiya nuqtai nazaridan-olam manzaralari, hamda

umumiy-ilmiy olam manzarasi mavjud. Olam manzarasi haqida har xil tasavvurlar, usullar, fikrlashlar nuqtai nazarlar ham mavjud: ehtimoliyatli, evolyutsion, tizimli, informatsion-kibernetik, sinergetik va hokazo. Olamning ilmiy manzarasining ayrim tushunchalari undagi insonning urnini aniqlab beradigan ilm-fanning yutuqlarini o'z ichiga oladi. Bunda ilmiy manzara umumiy bilimlarning yig'indisini emas, balki tabiatning umumiy xususiyatlari, holati va qonuniyatlari to'g'risidagi tasavvurlarning to'liq sistemasini ko'rsatadi. U yetarli darajada ko'rgazmali tomonlariga ega bo'lib, modellar yordamida hosil qilinadigan mavhum nazariy bilimlar bilan xarakterlanadi. SHunday qilib, olamning ilmiy manzarasi-har xil ilmiy nazariyalarning sintezi va ularning sifatliy umumlashmasi bo'lib, o'ziga xos bilimlar sistemasining alohida shaklidir

M.Faradey va Dj.K.Maksvellar tomonidan 19-asrning ikkinchi yarmida ishlab chiqilgan elektromagnit maydon nazariyasi olamning mexanik manzarasini to'lasincha yemirilishga olib keldi. Bu nazariyaga asosan fizik real borliq turli xil turdagi uzluksiz maydonlardan iborat.20-asrda kelib ilmiy bilishda fizika bilan birgalikda liderlikka evolyutsion ta'limotga, genetikaga, hamda biosfera to'g'risida fanga aylangan ekologiya yo'nalishlariga ega bo'lgan biologiya ham da'vo qila boshladi

Olamning biologik manzarasi sistemali tadqiqotlarga, kibernetikaga, informatsiya nazariyasiga asoslangan nazariyalar bilan yonma-yon turadi.

So'nggi yillarda olib borilgan tadqiqotlarda murakkab uyushgan evolyutsion tizimlarni o'rganish bilan paydo bo'lgan fanning yangi yo'nalishi-sinergetika fani birinchi o'ringa ko'tarildi. Bu ta'limotni 70-yillarning boshlarida fiziklar: belg'giyalik I.Prigojin va nemis G.Xakinlar asoslashgan. Sinergetika dastavval fizikaviy, kimyoviy, biologik hodisalardagi keyinchalik esa iqtisodiy, texnikaviy, ijtimoiy jarayonlardagi o'z-o'zini tashkil qilish, o'z-o'zini boshqarish, xaos (tartibsizlik) kabi holatlarning yo'nalishini, qonuniyatlarini bilishga qaratilgan edi. Sinergetika bugungi tsivilizatsiya rivojlanishiga xos tamoyil-uzluksiz (evolyutsiya), bosqichma-bosqich rivojlanish, muvozanatsizlik, beqarorlikning barqaror sifat kashf etishi kabi qonuniyatlarni sharhlab berdiki, ular fan, ijtimoiy hayot rivojlanishida borgan sari o'z isbotini topmoqda. U taraqqiyot jarayonida bekaror holat bilan barqaror holat, muvozanatsizlik bilan muvozanat o'rtasidagi qonuniyatga tayanadi.

SHu vaqtga qadar beqarorlik holat olimlar nazaridan chetda bo'lib keldi. Ma'lumki, barqarorlik qonuniyat va sababiyat natijasidir. Uni oldindan bilish, boshqarish mumkin. Beqarorlik hodisasining mohiyatini tushunish uchun unga teran va sinchkov nazar tashlash lozim bo'ladi. Uni "siyka fikr tarzi bilan izohlab bo'lmaydi",deydiPrigojin.

Sinergetika hozirgi vaqtda tabiat va jamiyat qonunlarini o'rganadigan fanlararo yo'nalishga aylandi. To'lqin-korpuskulyar nazariyasiga ko'ra mikrodunyo yaxlit bo'lganidek, borliq ham beqarorlik va barqarorlikning o'zaro mushtarakligidan iboratdir. SHu sababdan ulardan birortasiz dunyoni atrofligicha o'rganib bo'lmaydi.

Hozirgi zamon tabiatshunosligi panoramasi: Hozirgi zamon tabiatshunosligining panoramasini berishdan oldin, tabiiy fanlarning ilmiy-texnika inqilobi davrida rivojlanishi to'g'risida gapirish kerak. Ilmiy-texnik inqilob (ITI) deb ilm-fanning

ishlab-chiqarish rivojlanishning yetakchi faktoriga aylanishi asosida ishlab-chiqarish kuchlarining sifat o'zgarishlari tushuniladi. ITR ning boshlanishi XX-asr 40 yillarning o'rtalariga to'g'ri keladi. Bu vaqtda fan atom energiyasini qo'lga kiritishga, EHMLar va kompg'yuter texnikasini yaratish va undan keng foydalanishga, amaliy kosmonavtikani rivojlantirishga yaqinlashib qolgan edi. Tabiiy, ijtimoiy va gumanitar fanlarning o'zaro aloqalari kuchayib boradi.

Fan fundamental va amaliy izlanishlar olib borayotgan ko'p sonli olimlar, mutaxassislariga ega bo'lgan qudratli ijtimoiy institutga aylanadi. Ilmiy bilimlarning differentsiallashtiruvchi, ya'ni tarmoqlar, yo'nalishlar bo'yicha ajralganligi ko'p asrli tarixga ega. 19-asrgacha fanlar bir-biridan izolyatsiyalangan holda, alohida-alohida rivojlanishda edilar. Lekin, moddiy tizimlar va ularning harakat shakllari bir-biriga aylanish jarayoni orqali bog'langandir. SHuning uchun ham ularni o'rganadigan fanlar bir-biri bilan «o'zaro bog'liq fanlardir» masalan: elektroximiya, bioximiya, biofizika va hokazolar. Bunday hollarda bilimlarning mutaxassisliklar bo'yicha ajralishi, differentsiallashtiruvchi fanlar tizimida integratsiyalovchi faktor bo'lib xizmat qiladi. Harakat shakllarining ko'p jihatlarini (boshqarish jarayoni, tizimlarning o'z-o'zini tashkil qilishi va hokazo) o'rganuvchi boshqa turdagi fanlar, masalan termodinamika, kibernetika, sinergetika yoki bilimlarning har xil yo'nalishlarini (bo'limlarni) birlashtiruvchi umumiy fanlar-matematika, falsafa ham integratsiyalovchi va sintezlovchi funktsiyalarini bajaradi. Onkologiya kabi muammoli fanlar ham sintezlovchi rolni o'ynaydi. Alohida fanlarning, umuman ilm-fanning moddiy ishlab-chiqarish, ma'naviy madaniyat, jamiyat hayotining hamma jihatlarini bilan aloqasi kuchaymoqda. Ilm-fan va ishlab chiqarishning birlashishi natijasida ilmiy-texnika faoliyatining kompleks bo'limlari vujudga keldi. Agronomika, tizim texnikasi, dizayn, biotexnologiya shular jumlasidandir.

Umumiy holda, fanlar tabiiy, texnik, jamiyatshunoslik va gumanitar fanlarga bo'linadi. Bunga qishloq xo'jalik, meditsina, psixologiya, pedagogika fanlarini ham kiritish mumkin. Tabiiy fanlarga shuningdek koinot to'g'risidagi, uning tuzilishi va evolyutsiyasi to'g'risidagi (astronomiya, kosmologiya, astrofizika va hokazo). Yer to'g'risidagi (geologiya, geofizika, geoximiya va hokazo) fanlarni kiritish mumkin.

Nazorat savollari:

1. Moddalarning atom molekulyar tuzilishini tushuntiring?
2. Atom yadrosi va Elementar zarralarni tushuntiring?
3. Tortishish kuchlari, elektromagnit kuchlar, kuchsiz va kuchli o'zaro ta'sir kuchlarini tushuntiring?
4. Materiyaning yagona nazariyalarini tushuntiring?

IV. AMALIY MASHG'ULOT MATERIALLARI

- 1-Amaliy mashg'ulot: Kinematika bo'limi bo'yicha masalalar yechish.

Ishdan maqsad: Kinematika bo'limi bo'yicha fanining predmeti, maqsadi va vazifalarini amaliy jihatdan o'rgatish. SHuningdek fan yuzasidan amaliy tasavvurini shakllantirishdan iborat.

Masalaning qo'yilishi: nazariy olingan bilimlarni amaliyotga tadbiq etish va ishlab chiqarishni rivojlantirishdagi ahamiyati.

Mashg'ulot vaqti-2 soat	Talabalar soni: 20 - 30 gacha
Mashg'ulot shakli	Amaliy mashg'ulot
Amaliy mashg'ulot rejası	1. Kinematika bo'limining maqsadi va vazifalari 2. nazariyani amaliyotga tadbiqi 3. Kinematika bo'limida o'rganadigan hodisalar va qonuniyatlar.
Maqsad: Talabalarga kinematika qonunlarini ochib berish, mehanik harakat, Moddiy nuqta, sanoq sistemasi, radius-vektor va traektoriya tushunchalari. Hosila va integralning mazmuni va ularning fizik masalalariga tadbiq etish. Tezlik. Tezlanish. Moddiy nuqtaning to'g'ri chiziqli harakati. Moddiy nuqtaning aylana bo'ylab harakati. Burchakli tezlik va burchakli tezlanish. Egri chiziqli harakatda tezlik va tezlanishga oid tushunchalar berish.	
Vazifalar: - Talabalarga mavzuga nisbatan qiziqishlarini Crocodile Physics, <i>Interactive Physics</i> va <i>PHET physics</i> programmalaridan foydlangan holda qiziqish uyg'otish, kompg'yuter programmalarini orqali mavzu asosida bilim va ko'nikmalarni shakllantirish va kengaytirish; “Bulutli” Excel google serverlaridan foydalanish - eStudy.uz masofali tizimidan foydalangan holda video lektsiyalar bilan tanishtirish - Aqliy xujumdan foydalangan holda talabalarni mavzuga “kirish”larini ta'minlash; Mulg'timedia proektorlaridan, mulg'timedali ma'ruzalardan va mavzuga oid tarqatma materiallardan yakka yoki guruh qay darajada bilim, ko'nikma va malakaga ega bo'lganliklarini nazorat qilish, bilimlarini baholash.	O'quv faoliyati natijalari: O'qituvchi: 2-ma'ruzaga oid bo'lgan mavzuni qisqa vaqt ichida barcha talabalar tomonidan o'zlashtirilishiga erishadi. Talabalarining eshitishi, ko'rish xissiyotlari orqali maksimal bilim berishga erishiladi. Talabalar faolligini oshiradi. Talabalarda darsga bo'lgan qiziqishlarini ortirishga harakat qiladi. Mashg'ulot davomida barcha talabalarni baholaydi. O'tilgan mavzuni xotiraga saqlashga o'rganadi. Talaba: Yangi bilimlarni o'rganadi. O'z-o'zini nazorat qilishga o'rganadi. Kompg'yuter dasturlari orqali fizik jarayonlarni modellashtirish, kuzatish va taxlil qilishni o'rganadi.
O'qitish usullari Og'izaki bayon qilish, <i>Aqliy xujum</i> , keys texnologiyasi elementlari , ko'rgazmali	O'qitish shakllari Frontal, jamoaviy, juftlikda ishlash

amaliy, juftlikda ishlash		
O'qitish vositalari O'quv qo'llanma, dastur va tarqatma materiallar, slaydlar, elektron doska va proektor kompg'yuter, mulg'timediali proektor, grafik planshet, animatsion video va fleysh roliklar, <i>Interactive Physics</i> programmasi.		O'qitish sharoiti O'quv faoliyatiga moslashtirilgan auditoriya
Monitoring va baholash Og'zaki nazorat: savol-javob shakli		Yozma nazorat: esse
Tinglashadi		
Asosiy	(55 daqiqa) 2.1. kinematika bo'limining maqsadi va vazifalarini ilmiy-nazariy va amaliy izohlaydi, uning ta'lim tizimidagi o'rni va ahamiyatini asoslab beradi.	2.2.Fanini o'qitishda ta'lim-tarbiya jara'ening o'ziga xosligi, uning tizimi, tuzilishi, boshqarish muam-molari haqida ma'lumot beradi va hamkorlikda ilmiy-nazariy xulosa chiqarishga undaydi.
2-bosqich.	2.3. Masalalarga qoyilgan talablar, uning ilmiy-nazariy asoslarini izohlaydi.	èzishadi.
3-bosqich	(10 daqiqa) 3.1. Mavzu bo'yicha yakunlovchi xulosa qiladi, ish natijalarini izchillikda izohlab beradi.	Amalièt jara'ènidà testlar ishlaydi,nazorat savollar beradi; mavzuning rejasini har bir bandi bo'yicha xulosalar chiqaradi; tegishli ma'lumotlarni muntazam qayd qilishi ta'kidlanadi. Tinglashadi Yakuniy xulosa chiqarad

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: dialogik èndoshuv, muammoli ta'lim. Bingo, blits, ajurali arra, nilufar guli, menyu, munozara, o'z-o'zini nazorat.

- 2-Amaliy mashg'ulot: Dinamika bo'limi bo'yicha masalalar yechish.
- **Maqsad:**

- Talabalarga dinamika qonunlarini ochib berish, Inertsia markazi, kuch momenti va saqlanish qonunlarini tushuntirish. Ng'yuton qonunlariga oid tushunchalar berish.

Vazifalar:

- Talabalarga mavzuga nisbatan qiziqishlarini Crocodile Physics, *Interactive Physics* va *PHET physics* programmalaridan foydlangan holda qiziqish uyg'otish, kompg'yuter programmali orqali mavzu asosida bilim va ko'nikmalarni shakllantirish va kengaytirish;
- “Bulutli” Excel google serverlaridan foydalanish
- eStudy.uz masofali tizimidan foydalangan holda video lektsiyalar bilan tanishtirish
- Aqliy xujumdan foydalangan holda talabalarni mavzuga “kirish”larini ta'minlash;
- Multimedia proektorlaridan, mulg'timedali ma'ruzalardan va mavzuga oid tarqatma materiallardan yakka yoki guruh qay darajada bilim, ko'nikma va malakaga ega bo'lganliklarini nazorat qilish, bilimlarini baholash.

1. Masalaning qo'yilishi: 500 t massa poezd tormozlanganda tekis sekinlanuvchan harakat qilib, 1 min davomida tezligini 40 km/coam dan 28 km/coam gacha kamaytirgan. Tormozlash kuchini aniqlash.

Assesment – inglizcha so'z bo'lib, “baho”, “baholash” ma'nosini bildiradi Bugun bu usul ta'lim tizimiga ham joriy etilgan bo'lib, talabalarining bilim darajasi, malaka va ko'nikmasini baholashga xizmat qiladi. SHuning uchun ushbu metoddan foydalanib keysni samarali hal etish mumkin.

TEST Tezlanish ifodasini toping. A) $v=s/t$ V) $a=F/m$ S) $a=\frac{g}{t}$ D) $S=v_0t+at^2/2$	MUAMMOLI VAZIYAT 1. N'yutonning birinchi va ikkinchi qonunlari bajarilmaydigan holatlar. 2. N'yuton fazoning jism egallagan qismini nima bilan to'ldirgan?
BELGILAR Fikr, mushohada, g'oya, maslahat, kasb egallashda sabr toqat, zehn, tirishqoqlik va aqliy salohiyat.	AMALIY HARAkatLAR Olimlarining qarashlari bilan zamonaviy qarashlar uyg'unligi

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

- 3-Amaliy mashg'ulot: Aylanma harakat bo'limlari bo'yicha masalalar yechish

Maqsad:

- Talabalarga aylanma harakat dinamikasining asosiy qonunini, impulg's momentining saqlanish qonuni va saqlanish qonunlarini ochib berish

Vazifalar:

- Talabalarga mavzuga nisbatan qiziqishlarini *Interactive Physics* va *PHET physics* programmalaridan foydlangan holda qiziqish uyg'otish, kompg'yuter programmalarini orqali mavzu asosida bilim va ko'nikmalarni shakllantirish va kengaytirish;
- eStudy.uz masofali tizimidan foydalangan holda video lektsiyalar bilan tanishtirish
- Aqliy xujumdan foydalangan holda talabalarni mavzuga "kirish"larini ta'minlash;

Mulg'timedia proektorlaridan, mulg'timedali ma'ruzalardan va mavzuga oid tarqatma materiallardan yakka yoki guruh qay darajada bilim, ko'nikma va malakaga ega bo'lganliklarini nazorat qilish, bilimlarini baholash.

Masalaning qo'yilishi: O'z o'qi atrofida 10 sek^{-1} chastota bilan aylanayotgan radiusi 1 metr va massasi 10 kg bo'lgan sharning harakat mikdori momenti (impulg's momenti) topilsin.

Assesment – inglizcha so'z bo'lib, "baho", "baholash" ma'nosini bildiradi

Bugun bu usul ta'lim tizimiga ham joriy etilgan bo'lib, talabalarning bilim darajasi, malaka va ko'nikmasini baholashga xizmat qiladi. SHuning uchun ushbu metoddan foydalanib keysni samarali hal etish mumkin.

TEST Aylanma harakatdagi moddiy nuqtaning harakat tenglamasi. A) $M=I\beta$ V) $F=ma$ S) $E=mv^2/2$ D) $E=mgh$	MUAMMOLI VAZIYA Inertsia momenti yordamida aylanma harakat kinetik energiyasining keltirib chiqarish
BELGILAR Fikr, mushohada, g'oya, maslahat, kasb egallashda sabr toqat, zehn, tirishqoqlik va aqliy salohiyat.	AMALIY HARAKATLAR Ma'ruza matnini mustaqil o'rganadi. O'z bilimini tahlil qilib, malakasini oshiradi

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: Og'izaki bayon qilish, *Aqliy xujum*, qisman "CHarxpalak" texnologiyasi.

- 4-Amaliy mashg'ulot: Tebranishlar va to'lqinlar bo'limlari bo'yicha masalalar yechish

Maqsad: Talabalarga garmonik tebranma harakat kinematikasi va dinamikasi, garmonik tebranma harakat energiyasi, matematik, fizik, prujinali mayatniklar va tebranish konturi to'g'risida ma'lumot berish.

Vazifalar:

- Talabalarga mavzuga nisbatan qiziqishlarini Crocodile Physics, *Interactive Physics* va *PHET physics* programmalaridan foydlangan holda qiziqish uyg'otish, kompg'yuter programmalarini orqali mavzu asosida bilim va ko'nikmalarni shakllantirish va kengaytirish;
- “Bulutli” Excel google serverlaridan foydalanish
- eStudy.uz masofali tizimidan foydalangan holda video lektsiyalar bilan tanishtirish
- Aqliy xujumdan foydalangan holda talabalarni mavzuga “kirish”larini ta'minlash;
- Mulg'timedia proektorlaridan, mulg'timedali ma'ruzalardan va mavzuga oid tarqatma materiallardan yakka yoki guruh qay darajada bilim, ko'nikma va malakaga ega bo'lganliklarini nazorat qilish, bilimlarini baholash.
- Masalaning qo'yilishi: Tebranayotgan sistemaga ko'rsatilayotgan ta'sirining harakteriga qarab, tebranishlar nechta turga bo'linadi..
- Assesment – inglizcha so'z bo'lib, “baho”, “baholash” ma'nosini bildiradi
- Bugun bu usul ta'lim tizimiga ham joriy etilgan bo'lib, talabalarning
- bilim darajasi, malaka va ko'nikmasini baholashga xizmat qiladi. SHuning uchun ushbu metoddan foydalanib keysni samarali hal etish mumkin.
- Tebranayotgan sistemaga ko'rsatilayotgan ta'sirining harakteriga qarab, tebranishlar erkin (yoki xususiy) tebranishlarga, majburiy tebranishlarga, avtotebranishlarga va parametrik tebranishlarga bo'linadi.
- Bir marta turtki berilganda yoki muvozanat holatidan chiqarilgandan keyin o'zicha tebranadigan sistemada yuz beradigan tebranishlarga erkin yoki xususiy tebranishlar deb ataladi. Bunga misol qilib ipga osib quyilgan sharchaning (mayatnikning) tebranishini olish mumkin. Tebranishlar vujudga kelishi uchun sharchani turtib yuborish yoki uni muvozanat holatidan chetga chiqarib qo'yib yuborish kifoya.
- Davriy ravishda o'zgaruvchi tashqi kuch ta'siri ostida bo'ladigan tebranishlar majburiy tebranishlar deb yuritiladi. Bunga ustidan odamlar tartibli qadam tashlab o'tayotgan ko'prikning tebranishlari misol bo'la oladi.
- Avtotebranishlar vaqtida majburiy tebranishlardagi kabi tebranuvchi sistemaga tashqi kuchlar ta'sir qiladi, biroq bunday ta'sir ko'rsatilishi zarur bo'lgan vaqt momentlarini tebranuvchi sistemaning o'zi belgilaydi-tashqi ta'sirining sistemaning o'zi boshqaradi. Avtotebranuvchi sistemaga soat misol bo'lishi mumkin. Mayatnik ko'tarib qo'yilgan toshning yoki buralgan prujinaning energiyasi hisobiga

turtki olib turadi, bunda bu turtkilar mayatnik o'rta holatdan o'tayotgan momentlardagina beriladi.

- Parametrik tebranishlar vaqtida tashqi ta'sir hisobiga sistemaning biror parametri, masalan, tebranayotgan sharcha osilib turgan ipning uzunligi davriy ravishda o'zgarib turadi. Eng sodda tebranish bu garmonik tebranishdir. Garmonik tebranish shunday hodisaki, unda tebranuvchi kattalik (masalan mayatnikning og'ishi) vaqt bo'yicha sinus yoki kosinus qonuni bo'yicha o'zgaradi. Bu turdagi tebranish quyidagi sabablarga ko'ra juda muxumdur: birinchidan tabiatda va texnikada uchraydigan tebranishlar o'z xarakteri bilan garmonik tebranishlarga juda yaqin, ikkinchidan boshqacha ko'rinishdagi (vaqtga qarab boshqacha o'zgaradigan) davriy tebranishlarni ustma-ust tushgan bir necha garmonik tebranishlar sifatida tasavvur qilish mumkin.

Qo'llaniladigan ta'lim texnologiyalari: *diologik yondashuv, muammoli ta'lim, bingo, blits, ajurali arra, nilufar guli, menyu, munazara, o'z-o'zini nazorat*

5-Amaliy mashg'ulot: Molekulyar fizika. Idial gaz qonunlari. Izojarayonlar. Termodinamika qonunlari

5-Amaliy mashg'ulot	- Molekulyar fizika. Idial gaz qonunlari. Izojarayonlar. Termodinamika qonunlariga doir masalalar yechish
O'quv vaqti: 80 minnut	Talaba soni 40
O'quv mashg'ulotining tuzilishi Amaliy mashg'ulot rejasi	Masalalar yechish uchun mo'ljallangan uslubiy qo'llanma va masalalar to'plamidan foydalanib, nazariy va amaliy bilim olish.
O'quv mashg'ulotining maqsadi : Molekulyar fizika. Idial gaz qonunlari. Izojarayonlar. Termodinamika qonunlariga oid egallangan bilimlarni amaliyotda qo'llash malakasini hosil qilish.	
Pedagogik vazifalar: Talabalar tomonidan o'zlashtirilgan bilimlarni chuqurlashtirish va baholash	O'quv faoliyatining natijalari: O'quv faoliyatining natijalari: Talabalarni mavzu bo'yicha bilimlarini ko'rsatadilar. Axborotlarni reja asosida ochib beradilar
Ta'lim usullari:	“Kanday?”, “Pinbord”, sxema, kontseptual jadval
O'quv faoliyatini tashkil qilish shakli	Guruxiy
Ta'lim vositalari	<i>Uslubiy ko'rsatma, animasiya,</i> Masalalar yechish uchun mo'ljallangan uslubiy qo'llanma
Qayta aloqa usullari va vositalari	Savol javob, izohlab masalalar yechish

- O`quv mashg`ulotining texnologik xaritasi

Ishlash bosqichlari, vaqti	Faoliyat mazmuni	
	O`qituvchining	Talabaning
1 bosqich O`quv xujjatlarini To`ldirish, davomat olish 5 daq. kirish 5daq	1 Talabalarni ped. Texnologiya talablari asosida 4 ta guruxga bo`ladi va topshiriqlar beradi.	Talabga muvofiq guruxlarga bo`linadilar va topshirig`larni qabul qilib oladilar
2 bosqich Asosiy 20daq. Davomida guruxlarda ishlash, 30daq davomida xar bir gurux 7 daq chiqish qiladi.	Xar bir gurux topshiriq ustida ishlashini nazorat qilib zaruriy ko`rsatmalarni va yordamini berib boradi.	Xar bir gurux o`z topshirig`i ustida ishlaydi, markerlar yordamida klaster, sxema yoki jadvalini chizib to`ldirib boradi. Guruxlardan 2ta (va bundan ortiq) ishtirokchi topshiriq bo`yicha chiqish qiladilar
3 bosqich. Talabalarni baholash 20 daq.	Mavzu bo`yicha xulosa qilish. Xar bir gurux faoliyati tavsiflanada va guruxning xar bir ishtirokchisi qanday baxolanganligi aytiladi	Xar bir talaba o`z faoliyati baxosini eshitadi va e`tirozi bo`lsa aytadi. Mashg`ulot yuzasidan muloxazalari bo`lsa bildirishi mumkin.

MOLEKULYAR FIZIKA VA TERMODINAMIKA

issiqlik kattaliklarining birliklari

SI sistemasida issiqlik kattaliklarining hosilaviy birliklarini olish uchun asosiy birliklar : metr (m), kilogramm (kg),sekund(s),kelg`vin(K) lardan foydalaniladi.

1 va 2- jadvallarda SI sistemasidagi issiqlik kattaliklarining hosilaviy birliklarini eng muximlari keltirilgan. SHuningdek, kalloriyaga asoslangan birliklar ham kiritilgan.

Kattaliklarning mollarda ifodalangan birliklarini hosil kilish uchun 1 va 2 jadvallarda qayd qilingan solishtirma birlikdagi kilogrammni molga almashtiriladi.

- Masalalar yechishga doir misollar

1- masala. Hajmi 20 l bo`lgan idishda 27⁰S temperaturada 4 g vodorod bor. Vodorodning bosimi topilsin.

Echilishi. Ideal gazlar, gazning V hajmini, uning r bosimini, T termodinamik temperaturasini va m massasini o`zaro bog`lovchi Mendeleev — Klapeyron tenglamasiga bo`ysunadi:

$$pV = \frac{m}{\mu} RT. \quad (1)$$

(1) tenglamada $R = 8,31441 \text{ J/ (molg}^{\circ} \cdot \text{K)}$ gaz doimiysi , μ - gazning molyar massasi, $\nu = m/\mu$ gaz mikdori.

(1) tenglamadan bosmni aniqlaymiz:

$$r = \frac{mRT}{\mu V} \quad (2)$$

Masalaning shartiga asosan $m = 4 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$, $\mu = 0,002 \text{ kg/molg}$,
 $T = 300^\circ\text{K}$, $V = 20 \text{ l} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$. Bu berilganlarni (2) formulaga qo'ysak, quyidagini
 olamiz:

(5) jadvaldan foydalanib, olingan javobni boshqa birliklarda ifodalaymiz::

$$P = - \frac{4 \cdot 10^{-3} \cdot 8,31 \cdot 300}{2 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-2}} \text{ Pa} \quad a = 0,25 \text{ MPa.}$$

1- jadval

Kattaliklar	Birliklar			Kattaliklar ning o'lchamliligi
	Aniqlanishi	Nomlanishi	Belgilanishi	
Issiqlik mik.- dori	$Q = A = W$	Joulg'	J	$L^2 MT^{-2}$
Sistemaning issiqlik sigimi	$C = Q / \Delta T$	joulg' bo'lin gan kelg'vin	J/K	$L^2 MT^{-2} \theta^{-1}$
Sistemaning entropiyasi	$S = \Delta Q / T$	Joulg' bo'lin Gan kelg'vin	J/K	$L^2 MT^{-2} \theta^{-1}$
Solishtirma issiqlik sig'imi	$C = Q / m \Delta T$	Joulg' bo'lin gan kilogramm kelg'vin	$J/(kg K)$	$L^2 T^{-2} \theta^{-1}$
Solishtirma entropiya	$S = S / m$	Joul bo'lin gan kilogramm kelvin	$J/(kg K)$	$L^2 T^{-2} \theta^{-1}$
Fazaviy ayla- nishning solish- tirma issiqligi	$q = Q / m$	Joul bo'lin gan kilo- gramm	$J/(kg \cdot K)$	$L^2 T^{-2}$
Temperatura gradienti	$\text{grad } T = \Delta T / \Delta l$	kelvin bo'lingan metr	K/m	$L^{-1} \theta$
Issiqlik quv- vati	$F = \Delta Q / \Delta t$	vatt	Vt	$L^2 MT^{-3}$
Issiqlik quv- vatininig zichligi	$q = F / S$	vatt bo'lingan metr kvadrat	Vt / m^2	MT^{-3}
Issiqlik o't- kazuvchanlik	$\lambda = \frac{Q}{\Delta t S \Delta T / \Delta l}$	vatt bo'lingan metr kelvin	$Vt / (m \cdot K)$	$LM T^{-3} \theta^{-1}$
Temperatura o'tkazuvchanlik	$a = \lambda / cp$	metr kvadrat bo'lingan sekund	m^2/s	$L^2 T^{-1}$

Issiqlik ol- mashish koeffi- tsienti	$\alpha = \Phi / S\Delta T$	vatt bo'lingan metr kvadrat kelg'vin	$Vt / (m^2 K)$	$MT^{-3} \theta^{-1}$
--	-----------------------------	--	----------------	-----------------------

2- jadval

Kattalik	O'lchov birliklari va uing SI sistemasi birliklari bilan bog'lanishi
Issiklik miqdori	1 kal = 4,19 J
Sistemamining issiqlik sig'imi sistema entropiyasining entropiyasi	1 kal/K = 4,19 J/K
Solishtirma issiqlik sig'imi; solishtirma entropiya	1 kal/(K) = 4,19 · 10 ³ J/(kg·K)
Fazaviy aylanishning solishtirma issiqligi	1 kal/g = 4,19 · 10 ³ J/kg
Issiqlik oqimi	1 kal/s = 4,19 Vt
Issiqlik oqimining zichligi	1 kal/(s · sm ²) = 4,19 · 10 ⁴ Vt/(m K)
Issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti	I kal/(s · sm · K) = 4,19 · 10 ³ Vt/(m·K)

2-masala. Agar biror ko'p atomli gazning normal sharoitda zichligi $7,95 \cdot 10^3 \text{ g/m}^3$ ga tengligi ma'lum bo'lsa, gazning o'zgarmas hajmdagi solishtirma issiqlik CIFIMH topilsin.

Echiliish. O'zgarmas hajmdagi solishtirma issiqlik quyidagi formuladan aniklanadi

$$c_v = \frac{Ri}{2\mu} \quad (1)$$

bunda R — gaz doimiysi, i — ko'p atomli gaz molekulasi erkinlik darajasi va μ — bir molg' gazning massasi. Gaz zichligining formulasini Mendeleev — Klapeyron tenglamasidan osongina chiqarish mumkin

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{p\mu}{RT} \quad (2)$$

(1) va (2) ga asosan

$$c_v = \frac{Ri}{2} \frac{p}{\rho RT} = \frac{Ri}{2\rho T} \quad (3)$$

Gaz normal sharoitda bo'lganligi uchun

$r = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$; $T = 273 \text{ K}$. Ko'p atomli gazlar uchun $i = 6$. Bu berilganlarni (3) formulaga qo'ysak $c_v = 1,4 \text{ kJ/(kg·K)}$ ni olamiz.

5-Amaliy mashg'ulot. Elektrostatika. Elektr sig'imi. Kondensatorlar

6-mashg'ulot	Elektrostatika. Elektr sig'imi. Kondensatorlarga doir masalalar yechish
O'quv vaqti: 80 minnut	Talaba soni 40
O'quv mashg'ulotining tuzilishi Amaliy mashg'ulot rejasi	Masalalar yechish uchun mo'ljallangan uslubiy qo'llanma va masalalar to'plamidan foydalanib, nazariy va amaliy bilim olish.
O'quv mashg'ulotining maqsadi : <i>Elektrostatik maydon, elektrostatik maydondagi o'tkazgichlar va dielektriklar va elektrostatik maydon energiyasiga</i> oid egallangan bilimlarni amaliyotda qo'llash malakasini hosil qilish.	
Pedagogik vazifalar: Talabalar tomonidan o'zlashtirilgan bilimlarni chuqurlashtirish va baholash	O'quv faoliyatining natijalari: O'quv faoliyatining natijalari: Talabalarni mavzu bo'yicha bilimlarini ko'rsatadilar. Axborotlarni reja asosida ochib beradilar
Ta'lim usullari:	“Qanday?”, “Pinbord”, sxema, kontseptual jadval
O'quv faoliyatini tashkil qilish shakli	Guruxiy
Ta'lim vositalari	<i>Uslubiy ko'rsatma, animasiya,</i> Masalalar yechish uchun mo'ljallangan uslubiy qo'llanma
Qayta aloqa usullari va vositalari	Savol javob, izohlab masalalar yechish

O'quv mashg'ulotining texnologik xaritasi

Ishlash bosqichlari, vaqti	Faoliyat mazmuni	
	O'qituvchining	Talabaning
1 bosqich O'quv xujjatlarini To'ldirish, davomat olish 5 daq. kirish 5daq	1 Talabalarni ped. Texnologiya talablari asosida 4 ta guruxga bo'ladi va topshiriqlar beradi.	Talabga muvofiq guruxlarga bo'linadilar va topshirig'larni qabul qilib oladilar
2 bosqich Asosiy 20daq. Davomida guruxlarda ishlash, 30daq davomida xar bir gurux 7 daq chiqish qiladi.	Xar bir gurux topshiriq ustida ishlashini nazorat qilib zaruriy ko'rsatmalarni va yordamini berib boradi.	Xar bir gurux o'z topshirig'i ustida ishlaydi, markerlar yordamida klaster, sxema yoki jadvalini chizib to'ldirib boradi. Guruxlardan 2ta (va bundan ortiq) ishtirokchi topshiriq bo'yicha chiqish qiladilar
3 bosqich. Talabalarni baholash 20 daq.	Mavzu bo'yicha xulosa qilish. Xar bir gurux faoliyati tavsiflanada va guruxning xar bir ishtirokchisi qanday baxolanganligi aytiladi	Xar bir talaba o'z faoliyati baxosini eshitadi va e'tirozi bo'lsa aytadi. Mashg'ulot yuzasidan muloxazalari bo'lsa bildirishi mumkin.

MASALA YECHISH NA'MUNALARI

9.1. Vodorod atomining yadrosi bilan elektroni orasidagi tortishish kuchi topilsin. Vodorod atomining radiusi $0.5 \cdot 10^{-8}$ sm yadro zaryadi elektron zaryadiga miqdor jihatidan teng va qarama-qarshi ishorali.

Berilgan	Formula	Hisoblash
$e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ } \kappa\epsilon$	$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \cdot \frac{e^2}{r^2};$	$F = \frac{1}{4 \cdot 3,14 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} \cdot \frac{(1,6 \cdot 10^{-19})^2}{(0,5 \cdot 10^{-10})^2} = 9,23 \cdot 10^{-8} \text{ } N$
$r = 0,5 \cdot 10^{-10}$		
$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ } Pa / m$		
$\epsilon = ?$		
$F = ?$		

9.2. Havoda bir-biridan 20 sm uzoqlikda turgan ikkita nuqtaviy zaryadlar biror kuch bilan o'zaro ta'sir qiladi. Yog'da bu zaryadlar shunday kuch bilan o'zaro ta'sir qilishi uchun, ularni qanday

Berilgan	Formula	Hisoblash
$r_h = 0.2 \text{ } m$	$F_h = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_h} \cdot \frac{q^2}{r_h^2};$	$r_{yo} = r_h \sqrt{\frac{\epsilon_h}{\epsilon_{yo}}} = 0.2 \sqrt{\frac{1}{2.5}} = 0.1 \text{ } m$
$\epsilon_{yo} = 2,5$	$F_{yo} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_{yo}} \cdot \frac{q^2}{r_{yo}^2};$	$\frac{1}{\epsilon_h} \cdot \frac{1}{r_h^2} = \frac{1}{\epsilon_{yo} \cdot r_{yo}^2}$
$r_{yo} = ?$	$F_h = F_{yo}$	

9.17. Radiusi va og'irligi bir xil bo'lgan zaryadlangan ikkita sharchani bir xil uzunlikdagi iplarga osib, zichligi ρ_1 va dielektrik kirituvchanligi ϵ bo'lgan suyuq dielektrikka tushiriladi. Havoda va dielektrikda iplarning bir-biridan uzoqlashish bo'rchagibir xil bo'lishi uchun sharchalar materialining zichligi qancha bo'lishi kerak.

Berilgan	Formula	Hisoblash
S_1	$F_1 = ptg\alpha = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_{yo} \cdot r^2};$	$P - P_1 = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot 4\ell^2 \sin^2 \alpha_2 \cdot tg\alpha_2};$
ϵ		
$\alpha_h = \alpha_d$	$\frac{r}{2} = \ell \sin \alpha;$	$\frac{P - P_1}{P} = \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1} = \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2}$
$\epsilon_1 = 1$	$P = \frac{F_1}{tg\alpha} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot 4\ell^2 \sin^2 \alpha \cdot tg\alpha};$	$\rho_1\epsilon_2 - \rho_2\epsilon_2 = \rho_1\epsilon_1$
$\rho = ?$	$P = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot 4\ell^2 \sin^2 \alpha \cdot tg\alpha};$	$\rho_1(\epsilon_2 - \epsilon_2) = \rho_1\epsilon_1$
		$\rho_1 = \frac{\epsilon_2\rho_2}{\epsilon_2 - \epsilon_1} = \epsilon_2 \frac{\rho_2}{\epsilon_2 - 1}$

9.22. Bir valentli iondan $2 \cdot 10^{-8} \text{ } cm$ uzoqlikdagi elektr maydonining kuchlanganligi aniqlansin. Ionning zaryadi nuqtaviy deb hisoblansin.

Berilgan	Formula	Hisoblash
$q = \ell = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ } kl$	$E = \frac{F}{q} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r_h^2};$	$E = \frac{1.6 \cdot 10^{-19} \text{ } kl}{43.14 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 4 \cdot 10^{-20}} =$
$r = 2 \cdot 10^{-10} \text{ } m$		$3.6 \cdot 10^{10} \frac{V}{m}$
$E = ?$		

Berilgan	Formula	Hisoblash
$\tau = 3 \cdot 10^{-8} \frac{kl}{sm} = 3 \cdot 10^{-6} \frac{kl}{m}$	$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0},$	$F = \frac{3 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-5} \cdot 1}{2 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} = 3,4N$
$\sigma = 2 \cdot 10^{-9} \frac{kl}{m^2} = 2 \cdot 10^{-5} \frac{kl}{m^2}$	$dF = Edq,$	
$e = 1m$	$dq = \pi dl$	
	$dF = E \pi dl$	
$\frac{F}{e} = ?$	$dF = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \pi dl$	
	$dF = \frac{\sigma \cdot \tau}{2\varepsilon_0} \int_1^l dl$	
	$F = \frac{\sigma \tau}{2\varepsilon_0} \cdot 1m$	

Berilgan	Formula	Hisoblash
$\tau = 3 \cdot 10^{-8} \frac{kl}{sm^2} = 3 \cdot 10^{-4} \frac{kl}{m^2}$	$F = qE = q \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = qs \cdot \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \frac{F}{s} = \frac{(3 \cdot 10^{-4})^2}{2 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} = \frac{9 \cdot 10^{-8}}{17,7 \cdot 10^{-12}} =$	
	$= \frac{\sigma^2 s}{2\epsilon_0} \Rightarrow \frac{F}{S} = \frac{\sigma^2}{2\epsilon_0};$	$0,5 \cdot 10^{+4} = 5,1 \cdot 10^3 \frac{H}{M^2};$
$\frac{F}{s} = ?$		

Berilgan	Formula	Hisoblash
$q_1 = q_2 = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ kl}$	$E = \frac{m g^2}{2};$	
$g = 10^6 \text{ m/s}$	$A = \frac{q_1 \cdot q_2}{4\pi\epsilon_0 y};$	$u = \frac{2q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 m g^2} = \frac{2(1,6 \cdot 10^{-19})}{111 \cdot 10^{-12} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 10^{10}} =$
$u = ?$	$E = A$	$\frac{2 \cdot 3,2 \cdot 10^{-38}}{1010 \cdot 10^{-31}} = \frac{6,4 \cdot 10^{-7}}{1010} 0,0063 \cdot 10^{-7} = 6,3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
	$\frac{m g^2}{2} = \frac{q_1 \cdot q_2}{4\pi\epsilon_0 y};$	

206

Berilgan	Formula	Hisoblash
$q_1 = q_2 = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ kl}$	$E = \frac{m g^2}{2};$	$u = \frac{2q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 m g^2} = \frac{2(1,6 \cdot 10^{-19})}{111 \cdot 10^{-12} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 10^{10}} =$
$g = 10^6 \text{ m/s}$	$A = \frac{q_1 \cdot q_2}{4\pi\epsilon_0 u};$	$\frac{2 \cdot 3,2 \cdot 10^{-38}}{1010 \cdot 10^{-31}} = \frac{6,4 \cdot 10^{-7}}{1010} 0,0063 \cdot 10^{-7} = 6,3 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
$u = ?$	$E = A$	
	$\frac{m g^2}{2} = \frac{q_1 \cdot q_2}{4\pi\epsilon_0 u};$	

9.60. $2,22 \cdot 10^{-10} \text{ κ}$ zaryadga ega bo'lgan sovun pufakchasi gorizontol yassi kondensatorning maydonida mualloq turibdi. Pufakchani massasi $0,01\text{g}$ va plastinkalar oralig'i 5 sm . Kondensator plastinkalari potentsiallar ayirmasi topilsin.

Berilgan	Formula	Hisoblash
$q = 2,22 \cdot 10^{-19} \text{ kl}$	$mg = qE = q \frac{u}{t};$	
$m = 10^{-5} \text{ kg}$	$u = \frac{mgd}{q};$	$u \frac{mgd}{q} = \frac{10^{-5} \cdot 10 \cdot 5 \cdot 10^{-2}}{2,22 \cdot 10^{-10}} = \frac{5 \cdot 10^{-6}}{2,22 \cdot 10^{-10}} = 2,25 \cdot 10^4 \text{ B} = 22,5 \text{ κB}$

$U = ?$

9.66. Elektron yassi kondensatorning bir plastinkasidan ikkinchisiga uchayotir. Plastinkalar orasidagi potentsiallar ayirmasi 3 kv , oralig'i 5 mm . 1) Elektronaga ta'sir etuvchi kuch. 2) Elektronning tezlanishi. 3) Elektronning ikkinchi plastinkaga uchib kelish tezligi. 4) Kondensator plastinkalardagi zaryadlarning sirt zichligi topilsin.

$$1) F = eE = e \frac{u}{d} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 3 \cdot 10^3}{5 \cdot 10^{-3}} = 0,96 \cdot 10^{-13} = 9,6 \cdot 10^{-14} \text{ H}$$

$$2) a = \frac{eE}{m} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ kl} \cdot 3 \cdot 10^3}{9,1 \cdot 10^{-31}} = 1,05 \cdot 10^{17} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$3) g = ?$$

$$4) \sigma = ? \quad E = \frac{\sigma}{\epsilon\epsilon_0} \quad \sigma = E \cdot \epsilon\epsilon_0 = \frac{u}{d} \epsilon\epsilon_0 = 5,31 \cdot 10^{-6} \frac{\text{kl}}{\text{m}^2}$$

9.77. Yer sharining sig'imi topilsin. Yer sharining radiusini 6400 km deb olinsin. Yer shariga 1 k elektr miqdori berilsa, uning potentsiali qanchaga o'zgaradi?

Berilgan	Formula	Hisoblash
$R = 6,4 \cdot 10^6 \text{ m}$ $q = 1 \text{ kl}$	$C = 4\pi\epsilon_0 R$ $R = 111 \cdot 10^{-12} \cdot 6,4 \cdot 10^6 = 7,1 \cdot 10^{-4} \text{ κ}$	$\varphi = \frac{q}{C} = \frac{1 \text{ kl}}{7,1 \cdot 10^{-4} \varphi} = 1408 \text{ B}$

$C = ?$

$\varphi = ?$

9.78. 2 sm radiusli sharcha 2000 v potentsialgacha manfiy zaryadlanadi. Zaryadlashda sharchaga berilgan zaryadni tashkil qilgan hamma elektronlarning umumiy massasi topilsin.

Berilgan	Formula	Hisoblash
$R = 2 \cdot 10^{-2} m$	$c = \frac{q}{\varphi};$	$n = \frac{q}{e} = \frac{4\pi\epsilon\epsilon_0 R \varphi}{e} = \frac{111 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 10^{-12}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 2,775$
$H = 2000 B$		
$m = ?$	$q = c \varphi = 2\pi\epsilon\epsilon_0 R \cdot \varphi$	$M = n \cdot m_e = 2,775 \cdot 10^{10} \cdot 10 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} = 2,5 \cdot 10^{-20} kg$

9.79. Har birining zaryadi $10^{-10} \kappa$ bo'lgan 1 mm radiusli sakkizta tomchi qo'shib, bitta katta tomchi hosil qilgan. Katta tomchining potentsiali topilsin.

Berilgan	Formula	Hisoblash
$n = 8$	$q_0 = nq$	$\varphi = \frac{q_0}{c} = \frac{nq}{4\pi\epsilon\epsilon_0 R} = \frac{nq}{4\pi\epsilon\epsilon_0 \sqrt[3]{n \cdot u}} =$
$u = 10^{-3} m$	$n = \frac{4}{3}\pi u^3 \rho = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho \Rightarrow R = u \sqrt[3]{n}$	
$q = 10^{-10} kl$		$\frac{8 \cdot 10^{-10}}{111 \cdot 10^{-12} \sqrt[3]{8 \cdot 10^{-3}}} = 3600 B$
$\varphi = ?$	$\varphi = \varphi_1 \cdot N \frac{2}{3}$	

9.81. 792e potentsialgacha zaryadlangan sharcha zaryadining sirt zichligi $3,33 \cdot 10^{-7} \kappa / m^2$. SHarchaning radiusi topilsin.

Berilgan	Formula	Hisoblash
$\varphi = 792 B$	$c = \frac{q}{\varphi};$	$r = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 792}{3,33 \cdot 10^{-7}} = \frac{7009,2 \cdot 10^{-5}}{3,33 \cdot 10} =$
$\sigma = 3,33 \cdot 10^{-7} k / m^2$		$= 2,1 \cdot 10^{-2} m = 2,1 cm$
$u = ?$	$q = s \cdot \tau = 4\pi u^2 \sigma$	
	$c = 4\pi\epsilon\epsilon_0 r$	
	$4\pi\epsilon\epsilon_0 r = \frac{4\pi r^2 \sigma}{\varphi} \Rightarrow \epsilon\epsilon_0 = \frac{r \cdot \sigma}{\varphi}$	
	$r = \frac{\epsilon\epsilon_0 \varphi}{\sigma}$	

9.84. Har bir plastinkasining yuzi $1 m^2$ bo'lgan yassi havo oraliqli kondensator plastinkalarining oralig'i 1,5 mm. SHu kondensatorning sig'imi topilsin.

Berilgan	Formula	Hisoblash
$s = 1 m^2$	$c = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$	$C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d} = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 1}{1,5 \cdot 10^{-3}} = 5,9 \cdot 10^{-9} \phi$
$d = 1,5 \cdot 10^{-3} m$		
$c = ?$		

9.96. Qo'yidagi hallarda 3 sm radiusli sharning potentsiali topilsin: 1) sharga $10^{-9} k$ zarya berilgan, 2) bu sharni boshqa bir 4 sm radiusli va yerga ulangan shar ichiga kontsentrik ravishda joylashtirilgan.

Berilgan	Formula	Hisoblash
$r = 3 \cdot 10^{-2} \text{ m}$	$c = \frac{q}{u_{1/\text{m}}}$	$u_1 \frac{q}{c} = \frac{10^{-9 \text{ Кл}}}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r} = \frac{10^{-9 \text{ Кл}}}{111 \cdot 10^{-12} \cdot 3 \cdot 10^{-2}} = \frac{10^5}{333} = 300 \text{ B}$
$q = 10^{-9} \text{ Кл}$		
$u_1 - ?$		$u_2 \frac{q}{c} = \frac{10^{-9 \text{ Кл}}}{111 \cdot 10^{-12} \cdot 4 \cdot 10^{-2}} = \frac{10^5}{444} = 225$
$R = 4 \cdot 10^{-2}$		$u = u_1 + u_2$
		$u = 300 - 225 = 75 \text{ B}$

9.105. 20 mkf sig'imli kondesator 100 v potentsialgacha zaryadlangan. SHu kondesatorning energiyasi topilsin.

Berilgan	Formula	Hisoblash
$c = 20 \cdot 10^{-6} \phi$	$E = \frac{cu^2}{2}$	$E = \frac{cu^2}{2} = \frac{20 \cdot 10^{-6} \cdot 10^4}{2} = 10 \cdot 10^{-2} = 0,1 \text{ Ж}$
$u = 100 \text{ B}$		
$E - ?$		

9.106. 1 m radiusli shar 3000 v ptentsialgacha zaryadlangan. Zaryadlangan sharning energiyasi topilsin.

Berilgan	Formula	Hisoblash
$R = 1 \text{ m}$	$E = \frac{cu^2}{2}$	$E = \frac{4\pi\epsilon\epsilon_0 R \cdot u^2}{2} = 2\pi\epsilon\epsilon_0 R u^2 =$
$\varphi = 30000 \text{ B}$		$= 6,28 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 1 \cdot (30000)^2 =$
$E - ?$	$c = 4\pi\epsilon\epsilon_0 R$	$= 55,78 \cdot 10^{-12} \cdot 1 \cdot 9 \cdot 10^8 = 0,05 \text{ Ж}$

9.112. Yassi kondensator plastinkalari orasiga yupqa slyuda plastinkasi qo'yilgan. Elektr maydoni kuchlanganligi 10kv/sm bo'lganda bu plastinkaga qanday bosim ta'sir qiladi?

Berilgan	For mul	Hisoblash
$\epsilon = 6$		
$E = 10 \text{ Kv} \setminus \text{см} = 10^5 \text{ a}$	$p = \frac{F}{S} = \frac{\epsilon\epsilon_0 E^2}{2}$	$\frac{6 \cdot 85 \cdot 10^{-12} \cdot 10^{10}}{2} = 26,5 \cdot 10^{-2} \text{ Н} \setminus \text{м}^2$
$p - ?$	$p = \frac{F}{S}$	

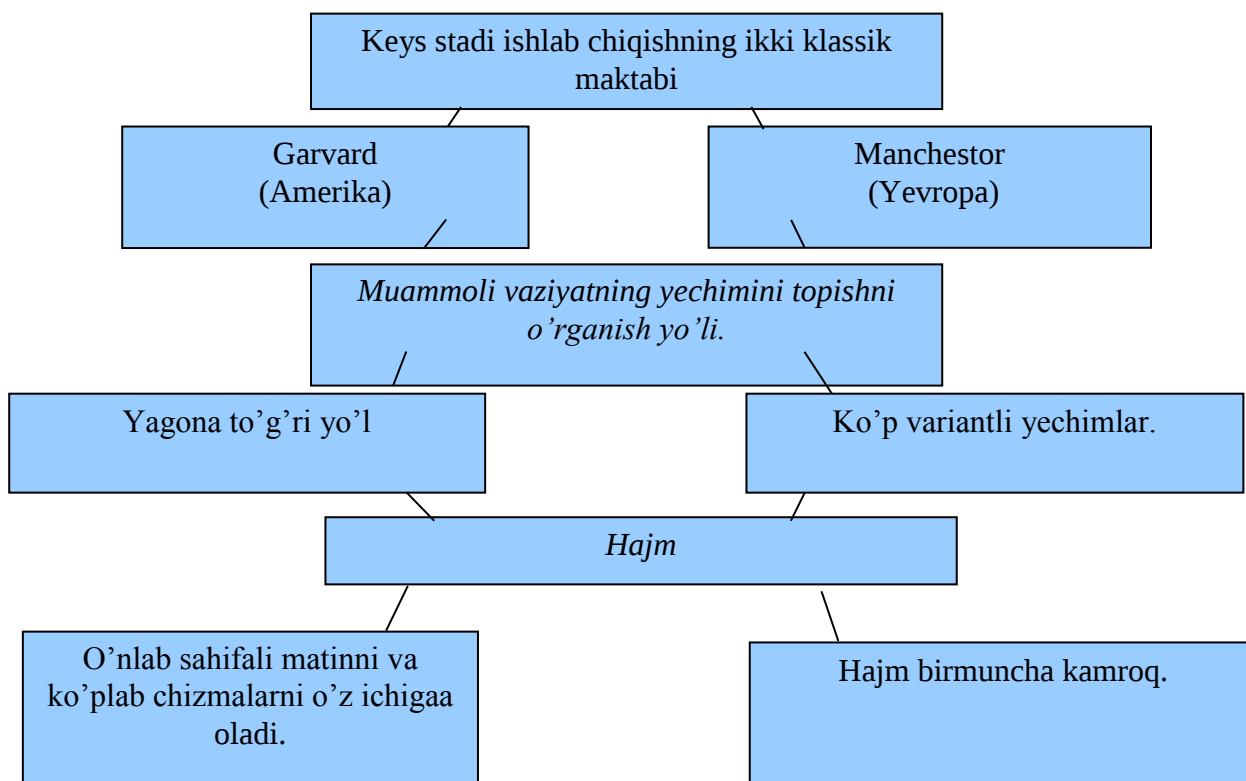
V. KEYSLAR BANKI

ASOSIY TUSHUNCHALAR

Keys-stadi (inglizcha *case* - to'plam, aniq vaziyat, *stadi* -ta'lim) - keysda bayon qilingan va ta'lim oluvchilarni muammoni ifodalash hamda uning maqsadga muvofiq tarzdagi yechimi variantlarini izlashga yo'naltiradigan aniq real yoki sun'iy ravishda yaratilgan vaziyatning muammoli vaziyatli tahlil etilishiga asoslanadigan *ta'lim uslubidir*.

Keys-stadi - ta'lim, axborotlar, kommunikatsiya va boshqaruvning qo'yilgan ta'lim maqsadini amalga oshirish va keysda bayon qilingan amaliy muammoli vaziyatni hal qilish jarayonida prognoz qilinadigan o'quv natijalariga kafolatli etishishni vositali tarzda ta'minlaydigan bir tartibga keltirilgan optimal usullari va vositalari majmuidan iborat bo'lgan *ta'lim texnologiyasi*dir

Keys-stadining maktablari



Keysning pedagogik pasporti

- 1) Pedagogik annotatsiya
- 2) Keys
- 3) Talabaga uslubiy ko'rsatmalar
- 4) O'qituvchi keysalogning keysni hal etish varianti

Pedagogik annotatsiya

Berilgan keysning maqsadi: Talabalarning "Agrometeorologiya predmeti, tadqiqot uslublari. Atmosfera bosimi" mavzusi bo'yicha bilim va ko'nikmalarini rivojlantirish, o'tilgan mavzularga oid bilimlarini tekshirib ko'rishdan iborat.

Kutilayotgan natijalar:

- O'rganilayotgan mavzu bo'yicha nazariy bilim va ko'nikmalari oshadi;
- Atmosfera bosimi va fizik-mexanik mavzusi bo'yicha asosiy tushunchalarga ega bo'ladilar;

- Talabalar faoliyatini mavzuni mustaqil va ijodiy o'zlashtirishga yo'llash, bilish faoliyatini bosqichma-bosqich tashkil etish;
- Asosiy g'oyani ajratish, mantiqiy fikr yuritish, fikrni bayon etish va asoslash ko'nikmalari, nutq va muloqotga kirishishga erishish;
- Talabalarning agrometeorologiya bilimlarini o'zlashtirish samaradorligini o'ttirish.

Keysni muvaffaqiyatli bajarish uchun talaba quyidagi bilimlarga ega bo'lishi lozim:

- Atmosfera bosimi umumfizik xossalari haqida tasavvurga ega;
- Namoyish eksperimentidan foydalanish malaka va ko'nikmalari shakllangan;
- Namoyish eksperimenti orqali ochiladigan fundamental asosiy tushunchalar shakllangan.

Keysning tipologik xususiyatlarga ko'ra xarakteristikasi:

Mazkur keys kabinetli toifasiga kirib, syujetsiz hisoblanadi. Ushbu keys namoyish tajribalarga asoslanadi. Kelib chiqayotgan muammolar namoyish tajribalar asosida tasdiqlanadi. Olingan ma'lumotlar nazariy eksperimental tasdiqi asosida tuzilgan.

Keysni didaktik maqsadi – talabalarning avval o'zlashtirgan bilimlarini muammoli hal etishda ijodiy usulni qo'llab, yangi bilimlarni egallash ko'nikmalari, bilimlarni ijodiy o'zlashtirish va amalda qo'llash malakalari, izlanuvchanligi, qiziqish, mantiqiy tafakkuri, ijodiy faoliyati, aqliy kamoloti, zakovatini rivojlantirishdan iborat.

Tavsiya etilayotgan keysni yechish natijasida quyidagilarga erishishga imkon yaratiladi:

- O'zlashtirilgan mavzu bo'yicha bilimlarni mustahkamlash;
- Mantiqiy fikrlashni rivojlantirish;

Talabaning o'quv axborotini o'zlashtirish darajasini tekshirib ko'rish

1 keys

Radiusi r bo'lgan «shayton sirtmogi»ni aylanish uchun velosipedchi qanday balandlikdan tushadi

Blum romashkasi usulida mavzu bo'yicha ma'lum bo'lgan tushunchalarni faollashtiradi yoki ushbu keysni besh daqiqalik esse yordamida echimi topiladi.

Blum romashkasi



Besh daqiqalik esse

Besh daqiqali esse – oʻrganilayotgan mavzu boʻyicha olingan bilimlarni umumlashtirish, mushohada qilish maqsadida oʻquv mashgʻulotida oxirida 5 daqiqa oraligʻida olib boriladi.

Oʻqituvchi taklif etadi:

- «Men bu ... haqida nimani oʻylayman» yoki «Nima uchun, mening fikrimga koʻra ...» savollariga javob bering;
- oʻquv mashgʻulotida berilgan talabalar uchun yangi sanalgan gʻoyani tavsiflash va sharhlab berish;
- olingan bilim, koʻnikmalar qayerda amaliyotda qoʻllanilishini tavsiflash.

Ushbu koʻrinishdagi esse baholanmaydi.

2 keys

1. Nima uchun “**AYLANMA HARAKAT QONUNLARINI TEKSHIRISH**” tajribasini bajarishda Oberbek mayatnigi bir xil massali m_1, m_2, m_3, m_4 yuklar oʻrnatilganda krestovinadan bir xil uzoqlikda joylashtirish kerak.

Talabalarga tajriba bajarish uchun ko'rsatmalar beriladi.

Savollar.

1. Kuch moment deb nimaga aytiladi?
2. Massa markazi deb nimaga aytiladi?
3. Tajriba asbobni tuzilishini tushuntiring?
4. Tajriba uchun kerakli formulani keltirib chiqaring.

Keysolog javobi:

Bu yuklarni aylanish o'qiga nisbatan ixtiyoriy masofada krestovinaning o'qlarida joylashtirish mumkin. Agar bu yuklar aylanish o'qidan bir xil masofada tursa, u xolda aylanish o'qi krestovinaning og'irlik markazidan o'tadi. U vaqtda krestovinaga tashqaridan kuch ta'sir etmasa har qanday holatda xam tinch turadi. Shu bilan birga talabalar massa markazi, kuch moment kabi tushunchalarga ega bo'lishi kerak

ASBOBNING TUZILISHI VA ISH FORMULASINI Keltirib chiqarish

Oberbek mayatnigi bir xil massali m_1, m_2, m_3, m_4 yuklar o'rnatilgan krestovinadan iborat.

Bu yuklarni aylanish o'qiga nisbatan ixtiyoriy masofada krestovinaning o'qlarida joylashtirish mumkin. Agar bu yuklar aylanish o'qidan bir xil masofada tursa, u xolda aylanish o'qi krestovinaning og'irlik markazidan o'tadi. U vaqtda krestovinaga tashqaridan kuch ta'sir etmasa har qanday holatda xam tinch turadi. Shkiv A ga o'ralgan ipga osilgan yuk R ta'sirida bo'tun sistemani harakatga keltirish mumkin. Ipning taranglik kuchi ip o'ralgan A shkivga beriladi va u krestovina bilan birgalikda harakatga keladi (aylanadi).

Agar A shkivga ipni o'rab, m_1 yukni balandlikka ko'tarsak yuk potensial energiyaga ega bo'ladi. So'ngra yukni ko'yib yuborilsa A pastga tusha boshlaydi va yukning ta'sirida krestovina tekis tezlanuvchan harakat kiladi. Bundan tushayotgan yukning potensial energiyasi o'zining ilgarilanma harakati va krestovina aylanma harakatining kinetik energiyasiga aylana boradi. Yuk h masofaga tushganda potensial energiyaning kamayishi sistema kinetik energiyasining o'zgarishiga teng bo'lib, energiyaning saqlanish qonuniga asosan quyidagini yozish mumkin:

$$mgh = \frac{m\vartheta^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2}$$

Bunda ϑ - yuk m ning taglikka yetib kelgandagi chiziqli tezligi ω -shkivning burchak tezligi. Massasi m bo'lgan jismning harakatlantiruvchi kuch:

$$F = P - T$$

Bunda P - og'irlik kuchi T -taranglik kuchi

U xolda $T = mg - ma = m(g - a)$ bo'ladi. Taranglik kuchi T aylanayotgan jismga burchak tezlanish beradi. Bu kuchning momenti:

$$M = Tr = m(g - a)r$$

Bu yerda r - shkivning radiusi

Yukning boshlangich tezligi nolga teng bo'lgani uchun uning chizikli tezlanishi

$$a = \frac{2h}{t^2}$$

bo'ladi.

Aylanma harakat dinamikasining asosiy tenglamasi $M = J\beta$ va $M = Tr = m(g - a)r$

hamda $a = \beta r$ ni hisobga olib quyidagini hosil qilamiz:

$$J = 4mr^2$$

Aniq vaziyatlarni bosqichma-bosqich tahlil etish va hal etish bo'yicha tinglovchilarga uslubiy ko'rsatmalar

Ish bosqichlari va vaqti	Maslahat va tavsiyanomalar
1. Keys bilan tanishish (individual) – 3 daqiqa	Taqdim etilgan aniq vaziyatlar bilan tanishib chiqing. Muammoli vaziyat mazmuniga alohida e'tibor qarating. Muammoli vaziyat qanday masalani hal etishga bag'ishlanganligini aniqlang.
2. Keysdagi asosiy va kichik muammolarni aniqlash (individual va kichik guruhlarda) – 5 daqiqa	Keysdagi asosiy va kichik muammolarni aniqlang. O'z fikringizni guruh bilan o'rtoqlashing. Muammoni belgilashda isbot va dalillarga tayaning. Keys matnidagi hech bir fikrni e'tibordan chetda qoldirmang.
3. Muammo echimini topish va erishiladigan	Guruh bilan birgalikda muammo echimini toping. Muammoga doir echim bir necha variantda bo'lishi ham

natijani aniqlash – 7 daqiqa	mumkin. Shu bilan birga siz topgan echim qanday natijaga olib kelishi mumkinligini ham aniqlang.
4. Keys echimi uchun taklif etilgan g`oyalar taqdimoti (kichik guruhlarda) – 5 daqiqa	Guruh bilan birgalikda keys echimiga doir taqdimotni tayyorlang. Taqdimotni tayyorlashda sizga taqdim etilgan javdalga asoslaning. Taqdimotni tayyorlash jarayonida aniqlik, fikrning ixcham bo'lishi tamoyillariga rioya qiling.

Keys echimi uchun taklif etilgan g`oyalar taqdimoti uchun chizma namunasi

Muammo (asosiy va kichik muammolar)	Echim	Natija

Keys bilan ishlashning baholash mezonlari

86-100% / 8,6 - 10 ballagacha – «a'lo»

71-85% / 7,1 – 8,5 ballgacha – «yaxshi»

55-70% / 5,6- 7 ballgacha – «qoniqarli»

3 KEYS



Vaziyatli masalalar!

Hamma jismlar mavjud hamda fazo va vaqtda harakatlanadi. Fazo va vaqt tushunchasi hamma tabiiy fanlarning asosini tashkil qiladi. Har qanday jism xajmga ya`ni fazoviy ko`lamga ega. Vaqt har qanday jarayon va harakat holatining o`zgarishini tartibga keltiradi. U jarayonning davomiyligini o`lchovi bo`lib xizmat qiladi. Shunday qilib, fazo va vaqt xususan materiyaning umumiy shaklini mavjudligini ifodalaydi. O`rganilayotgan jismning holatini ixtiyoriy vaqt momentida bir xil mazmunda aniqlash uchun sanoq tizimini tanlab olishimiz zarur.

Keys yuzasidan savollar:

1. Sanoq tizimi deb qanday tizimga aytiladi ?
2. Sanoq sistemasi va ularni tashkil qiluvchi omillar ?

TALABALAR UCHUN USLUBIY KO'RSATMALAR

Keysni mustaqil yechish uchun ko'rsatmalar va baholash mezonlari

Ishni tashkil qilish bosqichlari	Tavsiyalar	Baholash mezonlari (maksimal)
1.Keys bilan tanishish	Avvaliga keys bilan tanishing. O'qib chiqish paytida hayotiy muammolarga oid ma'lumot va axborotlarga e'tibor qarating.	-
2.Berilgan vaziyat bilan tanishish.	Berilgan axborotlarni yana bir bor diqqat bilan o'qib chiqing.	3
3.Muammoli vaziyatni hal qilish	Muammo ichidagi muammoga e'tibor qarating. Asosiy muammo nimaga qaratilganligini ajratish uchun quyidagilarga e'tibor qarating. 1. Fizika fani va uning tadqiqot uslublari. 2. Sanoq tizimi. 3 Sanoq sistemasi. 4. Moddiy nuqta. Tavsiyalaringizni bir-biriga bog'lashni biling.	5 ball
4.Muammoli vaziyatni echish usuli hamda vositalarni tanlash, asoslash.	Muammolar echimi variantlarini to'g'ri tanlang. Aniq echimini topib quyidagi keltirilgan jadvallarga tushiring. Keys natijalarini tahlil qilib bering.	2 ball

KEYSOLOGNING JAVOB VARIANTI

“Muammoli vaziyat” jadvalini to'ldiring.

T/r	Vaziyatdagi muammolar turi	Muammoli vaziyatning kelib chiqish sabablari	Muammoli vaziyatning echimi
1	Sanoq tizimi deb nimaga aytiladi.	Sanoq tizimi deb, koordinatalar tizimi va soat bilan bog'langan tizimga aytiladi	Sanoq tizimi deb, koordinatalar tizimi soat bilan taminlangan hamda absolyut qattiq jism bilan qattiq bog'langan va unga nisbatan vaqtning har xil momentlarida boshqa jismlarning holatlarini aniqlaydigan tizimga aytiladi. Buning uchun soat o'rnida vaqtni o'lchaydigan yoki, aniq hodisalar oraligidagi vaqtni o'lchashda har qanday qurilmalardan foydalanish mumkin, shu kabi unga teng kuchli bo'lgan vaqtda sanoq boshini ixtiyoriy tanlash mumkin.
2	Sanoq sistemasi va ularni tashkil qiluvchi omillarga nimalar kiradi.	Istalgan bir jismning harakati boshqa bir jismga yoki bir-birlariga nisbatan olib o'rganiladi.	Sanoq sistemasi . Istalgan bir jismning harakati boshqa bir jismga yoki bir-birlariga nisbatan olib o'rganiladi. Sanoq sistemasi sifatida biror qattiq jism bilan bog'langan, o'zaro bir-birlariga tik bo'lgan 3 ta o'qdan iborat bo'lgan dekart koordinatalar sistemasi qo'llaniladi. Bunday sanoq sistemasi moddiy

		Sanoq sistemasi sifatida biror qattiq jism bilan bog'langan, o'zaro bir-birlariga tik bo'lgan 3 ta o'qdan iborat bo'lgan dekart koordinatalar sistemasi qo'llaniladi	nuqta deb qaralishi mumkin bo'lgan jismning istalgan vaqda fazodagi o'rnini to'la aniqlash imkonini beradi. Nuqtaning fazodagi o'rnini X,Y va Z koordinatalari orqali aniqlanadi.
--	--	--	---

Keys bilan ishlashning baholash mezonlari

86-100% / 8,6 - 10 ballgacha – «a'lo»

71-85% / 7,1 – 8,5 ballgacha – «yaxshi»

55-70% / 5,6- 7 ballgacha – «qoniqarli»

Guruhlarning ishlarini baholash jadvali

Guruh	Baholash mezonlari	
	Taqdimot (mazmuni, ma'nosi va xulosalarning isboti uchun) «a'lo» – 2 ball «yaxshi» – 1,5 ball «qoniqarli» – 1 ball «qoniqarsiz»- 0,5 ball	Muammoli masalaning echimi (to'g'riligi va echimning ketma-ketligi uchun) «a'lo» – 2 ball «yaxshi» – 1,5 ball «qoniqarli» – 1 ball «qoniqarsiz»- 0,5 ball
1.		
2.		

4 KEYSLAR

Nyuton qonunlari, Impuls, ish , energiya va quvvat haqida keyslar



Vaziyatli masalalar!

Agar berk sistemada konservativ kuchlardan tashqari nokonservativ kuchlar misol uchun ishqalanish kuchlari ham mavjud bo'lsa, sistemaning to'la energiyasi vaqt o'tishi bilan kamayib boradi. Buning hisobiga nomexanik turdagi energiyalar, masalan, issiqlik yoki kimyoviy, elektromagnit maydon energiyalari va boshqalar vaqt o'tishi bilan ortib boradi..

Keys yuzasidan savollar:

1. Energiyaning hamma turlarining yig'indisi vaqt o'tishi bilan o'zgarmadimi?
2. Energiyaning saqlanish qonuning tabiatdagi jarayonlarda qo'llanilishiga misollar keltiring?

TALABALAR UCHUN USLUBIY KO'RSATMALAR

Keysni mustaqil yechish uchun ko'rsatmalar va baholash mezonlari

Ishni tashkil qilish bosqichlari	Tavsiyalar	Baholash mezonlari (maksimal)
1.Keys bilan tanishish	Avvaliga keys bilan tanishing. O'qib chiqish paytida hayotiy muammolarga oid ma'lumot va axborotlarga e'tibor qarating.	-
2.Berilgan vaziyat bilan tanishish.	Berilgan axborotlarni yana bir bor diqqat bilan o'qib chiqing.	3
3.Muammoli vaziyatni hal qilish	Muammo ichidagi muammoga e'tibor qarating. Asosiy muammo nimaga qaratilganligini ajratish uchun quyidagilarga e'tibor qarating. 1. Energiya. 2. Ishqalanish kuchlari . 3 Saqlanish qonuni. 4. Elektromagnit maydon. Tavsiyalaringsizni bir-biriga bog'lashni biling.	5 ball
4.Muammoli vaziyatni echish usuli hamda vositalarni tanlash, asoslash.	Muammolar yechimi variantlarini to'g'ri tanlang. Aniq echimini topib quyidagi keltirilgan jadvallarga tushiring. Keys natijalarini tahlil qilib bering.	2 ball

KEYSOLOGNING JAVOB VARIANTI

“Muammoli vaziyat” jadvalini to'ldiring

T/r	Vaziyatdagi muammolar turi	Muammoli vaziyatning kelib chiqish sabablari	Muammoli vaziyatning echimi
1	Energiyaning hamma turlarining yig'indisi vaqt o'tishi bilan o'zgarmadimi?	Energiyaning hamma turlarining yig'indisi vaqt o'tishi bilan o'zgarmay qoladi	Har qanday berk sistemada energiya xech qachon yangidan paydo bo'lmaydi va xech qachon yo'qolib ham ketmaydi, faqat energiya bir turdan ikkinchi turga o'tib turadi

2	Energiyaning saqlanish qonuning tabiatdagi jarayonlarda qo'llanilishiga misollar keltiring?	Tabiatdagi barcha jarayonlar qaytar jarayonlar asosida tushuntiriladi.	Energiya hech qachon yo'qdan bor bo'lmaydi bordan yo'q bo'lmaydi faqatgina birinchi turdan ikkinchi turga o'tadi. Tabiatdagi barcha jarayonlar qaytar jarayon hisoblanadi.
---	---	--	--

Keys bilan ishlashning baholash mezonlari

86-100% / 8,6 - 10 ballgacha – «a'lo»

71-85% / 7,1 – 8,5 ballgacha – «yaxshi»

55-70% / 5,6- 7 ballgacha – «qoniqarli»

Guruhlarning ishlarini baholash jadvali

Guruh	Baholash mezonlari	
	Taqdimot (mazmuni, ma'nosi va xulosalarning isboti uchun) «a'lo» – 2 ball «yaxshi» – 1,5 ball «qoniqarli» – 1 ball «qoniqarsiz»- 0,5 ball	Muammoli masalaning echimi (to'g'riligi va echimning ketma-ketligi uchun) «a'lo» – 2 ball «yaxshi» – 1,5 ball «qoniqarli» – 1 ball «qoniqarsiz»- 0,5 ball
1.		
2.		

Talabalarning Blum taksonomiyasi bo'yicha bilishga oid o'quv maqsadiga erishilganlik darajasini nazorat qilish va baholashda foydalaniladigan nostandart test topshiriqlari

1. Formulalarni aniqlang va jadvalga har bir formula ostiga mos raqamlarni yozing.

1.Nyuton ikkinchi qonuni ifodasi

2. zichlik ifodasi

3.tezlanish ifodasi

4.tezlik ifodasi

5.Nyutonning uchinchi qonuni ifodasi

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \quad g = \frac{S}{t} \quad \vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21} \quad a = \frac{g}{t}$$

Formulalili va ko'p javobli nostandart test javobi quyidagicha bo'ladi.

2

1

4

5

3

Talabalarining Blum taksonomiyasi bo'yicha tushunishga oid o'quv maqsadiga erishilganlik darajasini nazorat qilish va baholashda foydalaniladigan nostandart test topshiriqlari

1. Formulalarni ularning ta'riflari bilan juftlang

1	$\rho = \frac{m}{V}$	A	jism ko'chishidan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibla hosila
2	$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$	B	hajm birligi ichidagi massaga teng bo'lgan kattalikdir
3	$g = \frac{dS}{dt}$	C	jism ko'chishidan vaqt bo'yicha olingan ikkinchi tartibla hosila
4	$a = \frac{g}{t}$	D	inertsial sanoq sistemalarda jismlar orasidagi ta'sir kuchlari kattalik jihatidan teng va yo'nalish jihatidan qarama-qarshidir.
5	$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$	E	moddiy nuqtaning tezlanishi jismga ta'sir etuvchi kuchga to'g'ri proporsional, massasiga esa teskari proporsionaldir

javoblar 1- | 2- | 3- 4- 5-

Javobi

Javobi 1-B 2-E 3-A 4-C 5-D

Talabalarining Blum taksonomiyasi bo'yicha bilimlarni amalda qo'llash o'quv maqsadiga erishilganlik darajasini nazorat qilish va baholashda foydalaniladigan nostandart test topshiriqlari

1. Qo'yidagi berilganlarni fizik terminlarga va birliklarga ajrating va mos raqamlarni jadvalning javob raqamlar qismiga yozing.

1) Kuch 2) kg 3) tezlanish 4) sekund 5) burchak tezlik 6) chastota 7) metr 8) radian 9) dina 10) inersiya momenti

javob raqamlar

Fizik kattaliklar 1,3,5,6,10

Fizik birliklar 2,4,7,8,9

2. Quyida berilgan fikrlarning qaysilari to'g'ri?
1. Nyutonning 2 ta qonuni bor
 2. Massa jismning inertligi
 3. Burchak radianlarda o'lchanadi
 4. Jismning aylanma harakati kuchni qo'yilish joyiga bog'liq emas
 5. Tebranish davrining birligi metrlarda o'lchanadi
 6. Aylanish o'qiga ega bo'lgan har qanday jism richchag deyiladi
 7. Inersiya momenti qo'yidagi formula bilan aniqlanadi $M = I * \beta$
 8. Vaqt birligi ichida aylanishlar soni aylanishlar chastotasi deyiladi:

Javob:

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

.javob

1	2	3	4	5	6	7	8
Yo`q	Xa	Xa	Yo`q	Yo`q	Xa	Yo`q	Xa

Talabalarning Blum taksonomiyasi bo'yicha tahlilga oid o'quv maqsadiga erishilganlik darajasini nazorat qilish va baholashda foydalaniladigan nostandart test topshiriqlari

1. Tushirib qoldirilgan so'zlarni yozing

1. Hajm birligi ichidagi massaga teng bo'lgan kattalik _____ deyiladi.
2. Moddiy nuqtaning massasi bilan tezligini ko'paytmasiga _____ deb aytiladi
3. Bir marta aylanib chiqish uchun ketgan vaqt aylanishlar _____ deyiladi.
4. Vaqt birligida burilgan burchagiga son jihatdan teng bo'lgan fizik kattalikka _____ aytiladi.

5. Jismning zarrachalari ma'lum radiuslarga ega bo'lgan aylana bo'ylab harakat qilib ularning aylanish markazi bir to'g'ri chiziqli ustida yotsap, bunday harakatga _____ deyiladi.

Javobi

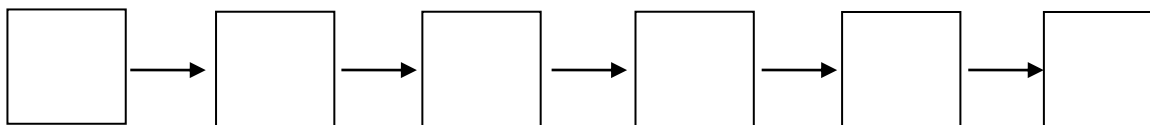
1. Hajm birligi ichidagi massaga teng bo'lgan kattalik zichlik deyiladi.
2. Moddiy nuqtaning massasi bilan tezligini ko'paytmasiga impuls deb aytiladi
3. Bir marta aylanib chiqish uchun ketgan vaqt aylanishlar davr deyiladi.
4. Vaqt birligida burilgan burchagiga son jihatdan teng bo'lgan fizik kattalikka burchak tezlik aytiladi.
5. Jismning zarrachalari ma'lum radiuslarga ega bo'lgan aylana bo'ylab harakat qilib ularning aylanish markazi bir to'g'ri chiziqli ustida yotsap, bunday harakatga mexanik harakat deyiladi.

Talabalarning Blum taksonomiyasi bo'yicha bilimlarni sintezlash o'quv maqsadiga erishilganlik darajasini nazorat qilish va baholashda foydalaniladigan nostandart test topshiriqlari

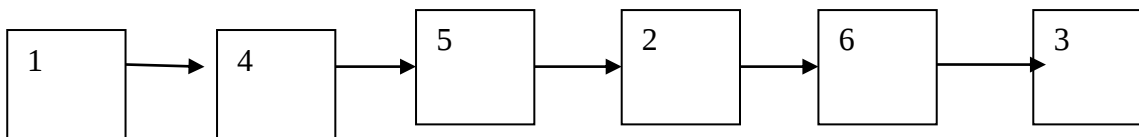
1. Aylanma harakat qonunlarini o'rganish tajribasini bajarish ketma- ketligini toping va ketma-ketligini mos raqamlarini yozing.

- 1) Sistemadagi m_1, m_2, m_3, m_4 yuklarni mumkin qadar aylanish o'qiga yaqinroq qilib joylashtirib siljitish bilan sistemani farqsiz muvozanat holatiga keltiriladi.
- 2) Maydonchaga 200g og'irlikdagi tosh qo'yilishi va harakat boshlanishi bilan sekundometr harakatga keltirilib R yuk taglikka urilishi bilan to'xtatiladi va harakat vaqti aniklanadi
- 3) Krestovinaning yuklari aylanish o'qidan uzoqlashtiriladi va yuqoridagi tajribalar aynan takrorlanib, olingan ma'lumotlar jadvalga yoziladi.
- 4) Shtangensirkul yordamida shkivning diametri o'lchanadi
- 5) Krestovinani aylantirib yuk qo'yadigan maydonchani (130-150sm) balandlikka ko'tariladi. Lineyka yordamida h balandlik o'lchanadi maydonchanning massasi 100 g ga teng.

6) Maydonchaga qo'yilgan yukni 200 g dan oshirib borgan xolda tajriba takrorlanadi va har bir holat uchun harakat vaqti va yukning massasi jadvalga yozib boriladi.



Javobi:



VI. MUSTAQIL TA'LIM MAVZULARI:

6.1. Mustaqil ishni tashkil etishning shakli va mazmuni:

1. Ma'ruzani tinglay olish. Oliy o'quv yurtida ma'ruza jarayonida talabalardan ma'ruzachini diqqat bilan tinglash, fikr yuritish va eshitganlarini yozib borish (matnlashtirish) talab etiladi. Fikrni bir joyga to'plab, diqqatni ma'ruzachi bayon qilayotgan masalaga safarbar qilish, faollik ko'rsatish bilangina ma'ruza mazmunini to'g'ri tushunish, bilish va anglab o'zlashtirish mumkin.

Talaba o'quv-biluv maqsadini aniq tasavvur etib, ma'ruzaga oldindan tayyorlanib kelsa (oldingi ma'ruzada bayon qilingan masala – materialni ko'rib, darslikdan yangi mavzuni o'qib kelsa), ma'ruzachi bayoniga o'z fikrlarini to'plab, to'la safarbarlik bilan tinglay oladi. Buning uchun talabada ma'ruzani tinglashga kuchli motiv mavjud bo'lishi lozim.

Talaba ma'ruzani tinglash jarayonida asosiy tushunchalar, muhim g'oyalarni o'z daftariga yozib borishi kerak, bunda ham eshitish, ham ko'rish, ham harakat xotirasi ishlaydi, faoliyat asosida bilim o'zlashtiriladi.

2. Ma'ruzani yozib olish. Har bir ma'ruza mazmuni (jarayoni)da quyidagilar bo'ladi: ma'ruzaning asosini tashkil etadigan muhim g'oya; muhim g'oyani asoslash, juz'iy xulosalar; qisqa muddatli pauzalar; ta'riflar, tamoyillar, tushunchalar.

Ma'ruzani matnlashtirayotganida talaba asosiy g'oya, muhim masalalar, asosiy tushunchalar, tamoyillar, ta'riflar, xulosalarni o'z daftarida qayd etib, yozib borishi kerak. Ma'ruza jarayonida professor-o'qituvchi shu xil joylarni ovozi o'zgartirish, nutq tempini kamaytirish bilan ajratib beradi, ehtibor berib tinglansa, zarur joylarni yozib olish imkoni bo'ladi.

Yozib olish paytida ma'lum tartibga amal qilinsa (ma'ruzaning muhim masalalari; fakt, dalil, ta'rif, xulosalar; savol-javoblar, mulohazalar), tinglash jarayonida asosiy narsalarni ajrata olish malakasi hosil bo'ladi.

3. Matnlashtirayotganda quyidagilarga rioya qilish lozim:

- hoshiya holdirish;
- har bir masalani tartib raqami bilan belgilash va satr boshidan yozish; ravshan yozish, ostiga chizib, ajratish;
- shaxsiy shartli qisqartirishlardan foydalanish: (qarama-qarshilik),kabi;
- sitatalarning hoshiyasini ko'proq qoldirish;
- imloga, husnixatga rioya qilish, tartibli, toza yozish;
- yozib ulgurmaganlariga joy qoldirib ketish;
- ruchkada yozish;
- yozuvlarni uyda o'qib chiqib, xatolarini to'g'rilash, to'ldirish, bu ishni iloji boricha o'sha kuni yoki vaqt ko'p o'tmay qilish;
- o'zingiz qatnashmagan ma'ruzani o'rtog'ingiz matnidan ko'chirib, kitoblardan o'qib o'rganish zarur.

4. Kitob, manbalar bilan ishlash. Yuqori malakali mutaxassis bo'lish, o'z bilimlarini muntazam oshirib borish uchun talaba kitob bilan, birinchi manbalar bilan ishlash malakasiga ega bo'lishi zarur. Kitob bilan ishlay olish malakasi nazariy bilimlarni chuqurroq egallashning shartidir.

Birinchi kurs talabalari, odatda, zarur kitobni tanlash, topishga qiynaladilar, kitobni maqsadga muvofiq tarzda qunt bilan o'qish o'rniga ayrim joylarinigina o'zgarishsiz ko'chirib qo'ya qoladilar. Va holanki, talaba kitobni qanday topish va undan qanday foydalanishni bilmog'i lozim.

5. Talaba mustaqil o'qib o'rganishi zarur bo'lgan kitoblarni professor-o'qituvchi ma'ruza, seminar paytida tavsiya qiladi va kerakli maslahatlarni beradi. Oliy o'quv yurti talabasi DTS va malaka talablarining ijtimoiy - gumanitar, tabiiy - ilmiy, ixtisoslik va boshqa fan bloklariga doir kitoblar, manbalarni o'rganishi zarur. U professor - o'qituvchilarning maslahati va ko'rsatmalariga amal qilishi kerak. Shu tariqa zarur kitoblarni tanlash va mustaqil ta'lim olish malakalarini egallab oladi.

6. Mustaqil ta'lim olish uchun talaba bibliografiya qanday bo'lishi, qanday tuzilishini bilib olishi lozim. Bibliografiyaga doir yozuvlarni alohida daftarga, bloknotga yoki kartochkalarga qayd etib (yozib) borishi kerak. Bunda quyidagi tartibga amal qilinadi: avvalo, kitob yoki maqola muallifining familiyasi, ismi-sharifi, kitobning nomi, joy nomi, nashriyot nomi, chiqqan yili, hajmi (necha betligi) ko'rsatiladi (*masalan, G'. SHoumarov, Oila psixologiyasi. Toshkent, "Yozuvchi" nashriyoti 2010, 272-bet*).

Ilmiy jurnal yoki ilmiy to'plamda bosilib chiqarilgan maqola bo'lsa, unda avvalo muallifning familiyasi, ismi - sharifi, so'ngra maqolaning nomi, jurnal (to'plam)ning nomi, joyi, vaqti (yili), soni, so'ngra betlari ko'rsatiladi (*masalan, O.Avlaev. Muammoli ta'limning psixologik asosi "O'zMU", Toshkent, 2014 y,132 bet*).

Shu bilan birga talaba kutubxonadan o'ziga kerakli kitobni qanday qidirib topishni ham bilishi lozim. Har bir kutubxonada mavjud kitoblar bibliografiyasi (ro'yxati) shifrlanib, bibliografik kartochkalar shkaflardagi qutichalarga alfavit tartibida hamda mavzular bo'yicha (sistemalashtirilib) joylashtirilgan bo'ladi. Talaba o'ziga kerakli kitobning nomi yozilgan kartochkadan kitobning nomi va shifrini aniqlab, kitob olishga buyurtma berishi mumkin.

7. Darslik, ilmiy asarlar yoki maqolalarni o'qib o'rganish tartibi quyidagicha bo'lishi mumkin: tavsiya etilgan kitob, risola, darslikning bobi, paragrafi (fasli) avvalo boshdan oxirigacha bir marta o'qib chiqiladi, umumiy tasavvur hosil qilinadi: muallifi, kitobning, maqolaning, bob yoki paragrafning nomi bilib olinadi; kitobning muqaddimasi, asarning boshida yozilgan va shu asarning mazmunini ifodalaydigan sitata, annotatsiya, epigrafi bilan tanishish shu kitobning muhim g'oyasi va yo'nalishi haqida tasavvur beradi. So'ngra qo'lda qalam (ruchka) bilan jiddiy e'tibor berib, asosiy matn o'qib o'rganiladi, muhim o'rinlari yozib boriladi. Kitobni bobma - bob yoki paragraflar bo'yicha o'rganish va asosiy g'oyalarni qisqa yozib borish maqsadga muvofiq.

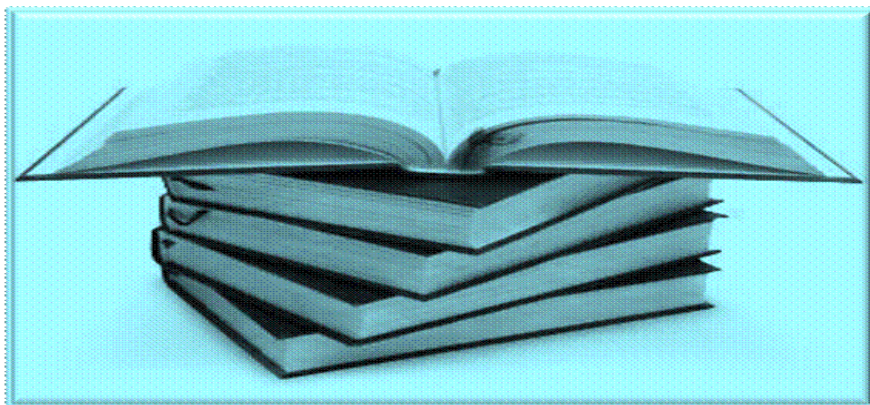
Kitob o'qish ijodiy ish bo'lib, o'qish jarayonida fikr yuritish, tanqidiy yondashish, mulohaza qilish, lug'atlar, entsiklopediyalardan foydalanish lozim. Kitob matnida berilgan jadval, rasm, sxema, grafik, shakl, ko'rgazmalarni sinchiklab o'rganish, matn mazmuniga solishtirib ko'rish, zarur bo'lsa, ko'chirib olish kerak. Kitobni o'qish jarayonida olingan ma'lumotlarni baholashva unga tanqidiy nuqtai nazardan qaramoq, shuningdek, uning muhimligini baholamoq zarur bo'ladi. O'qishda u yoki bu materiallarga har xil yo'llar bilan belgi qo'yish tavsiya etiladi.

6.2 Mustaqil ta'lim mavzulari

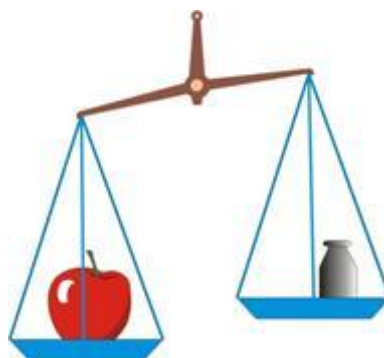
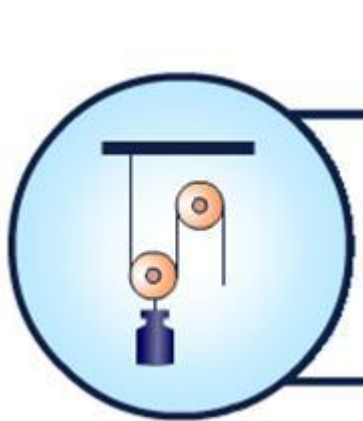
1. Ma'ruza konspektini o'rganish
2. Oberbeg mayatnigi yordamida qattiq jismning inertsia momentini aniqlash.
3. Eggilish usuli orqali Yung modulini aniqlash
4. Tovushning havodagi tarqalish tezligini rezonans usuli bilan aniqlash.
5. Matematik mayatnik yordamida jismning erkin tushish tezligini aniqlash
6. Suyuqliklarning ichki ishqalanish koeffitsiyentini Stoks usuli bilan aniqlash
7. Havoning issiqlik sig'implari nisbatini adiabatik kengayish yordamida aniqlash
8. Elektrostatik maydonni tajribada o'rganish
9. "Kinematika" bo'limi bo'yicha masalalar yechish
10. "Dinamika" bo'limi bo'yicha masalalar yechish
11. "Aylanma harakat" bo'limi bo'yicha masalalar yechish
12. "Tebranishlar va to'lqinlar" bo'limi bo'yicha masalalar yechish
13. "Gidromexanika" bo'limi bo'yicha masalalar yechish
14. "Molekulyar fizika va termodinamika" bo'limi bo'yicha masalalar yechish
15. "Elektrostatika" bo'limi bo'yicha masalalar yechish
16. "Elektr sig'imi. Kondensatorlar" bo'limi bo'yicha masalalar yechish
17. Cho'g'lanma lampaning quvvatini va haroratini aniqlash
18. O'tkazgichning qarshiligini o'zgarmas tok ko'prigi yordamida aniqlash
19. Yerning magnit maydon induksiyasining gorizontall tashkil etuvchisini tangens galvonometr yordamida aniqlash

20. G'altakning induktivligini, to'la kuchlanish va tok orasidagi faza siljishini hamda muhitning magnit singdiruvchanligini aniqlash
21. Mikroskop yordamida shisha plastinkaning sindirish ko'rsatkichini aniqlash
22. Difraksion panjara yordamida yorug'likning to'lqin uzunligini aniqlash
23. Suyuqlikning yorug'likni yutish ko'effisientini aniqlash
24. Malyus qonunini tajriba yordamida tekshirish
25. Fotoeffekt qonunlarini tekshirish

VII. GLOSSARIY



MEXANIKANING FIZIKAVIY ASOSLARI



	O'ZBEKCHA	INGLIZCHA	
№	Fizikaviy tushunchalar	Physical concepts	Ta'rif
1	Mexanikaviy harakat	Mechanical movement	Jismlar yoki ular qismlari vaziyatining fazoda vaqt o'tishi bilan bir-biriga nisbatan o'zgarishi
2	Mexanika	Mechanic	Fizikaning mexanikaviy harakatlar qonuniyatlarini va va bu harakatlarni keltirib chiqaruvchi va o'zgartiruvchi sabablarni o'rganuvchi bo'limi
3	Klassik fizika	Classical physics	G. Galiley va I. Nyuton

			tomonidan yaratilgan va yorug'likning bo'shliqda tarqalish tezligiga nisbatan juda ham kichik tezliklarda harakatlanuvchi makroskopik jismlar harakati qonunlarini o'rganuvchi mexanika
4	Relyativistik mexanika	Relativistic mechanics	A. Eynshteyn tomonidan yaratilgan maxsus nisbiylik nazariyasiga asoslangan va yorug'likning bo'shliqda tarqalish tezligi bilan taqqoslanarli tezliklarda harakatlanuvchi makroskopik jismlar harakati qonunlarini o'rganuvchi mexanika
5	Kvant mexanikasi	Quantum mechanics	Fizikaning alohida atom va elementar (subatom) zarralar kabi mikroskopik jismlar (ob'ektlar) tabiatini o'rganuvchi bo'limi
6	Kinematika	Cinematics	Mexanikaning jismlar harakatini keltirib chiqaruvchi sabablarni hisobga olmagan holda bu harakatlarni o'rganuvchi bo'limi
7	Moddiy nuqta	the material point	Noldan farqli massaga ega bo'lgan va geometrik o'lchamlari qaralayotgan masofaga nisbatan hisobga olmaslik mumkin bo'lgan darajada kichik bo'lgan jism
8	Erkinlik darajalari soni	The number of degrees of freedom	Nuqtaning fazodagi vaziyatini to'liq aniqlovchi o'zaro bog'liq bo'lmagan koordinatalari soni
9	Harakat traektoriyasi	Trajectory	Jismning o'z harakati mobaynida bosib o'tgan nuqtalari to'plamidan iborat bo'lgan egri chiziq
10	Oniy tezlik	The instantaneous speed	Harakatlanuvchi jism ko'chishidan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilaga miqdor jihatidan teng

			bo‘lgan va harakat traektoriyasining har bir nuqtasiga urinma bo‘ylab yo‘nalgan fizikaviy vektor kattalik
111	Traektoriya egriligi	Trajectory Curvature	Traektoriyaning berilgan nuqtasidagi egrilik radiusiga teskari bo‘lgan fizikaviy kattalik
112	Tangensial tezlanish	Tangential acceleration	Aylanma harakat chiziqli tezligi o‘zgarishini miqdor jihatidan tavsiflovchi va harakat traektoriyasiga urinma bo‘ylar yo‘nalgan fizikaviy vektor kattalik
113	Normal tezlanish	Normal acceleration	Aylanma harakatda traektoriyaning berilgan nuqtasidan egrilik markazi tomon yo‘nalgan va chiziqli tezlikning o‘zgarishini miqdor jihatidan tavsiflovchi fizikaviy vektor kattalik
114	Burchak tezlik	Angular speed	Aylanma harakatda burilish burchagidan vaqt bo‘yicha olingan birinchi tartibli hosilaga miqdor jihatidan teng bo‘lgan va yo‘nalishi aylanish o‘qi bo‘ylab o‘ng vint qoidasiga ko‘ra aniqlanuvchi fizikaviy vektor kattalik
115	Markazga intilma tezlanish	Acceleration toward the center	Aylana bo‘ylab tekis harakatlanayotgan jismning normal tezlanishi
116	Dinamika	Dynamics	Mexanikaning jismlar harakatini keltirib chiqaruvchi va bu harakatning o‘zgarishi sabablarini o‘rganuvchi bo‘limi
117	Nyutonning birinchi qonuni	Newton's first law	Ilgarilanma harakatlanuvchi jismga boshqa jismlar ta’sir qilmagunicha yoki boshqa jismlar ta’siri o‘zaro kompensatsiyalangan holida u o‘z tezligini o‘zgartirmasdan

			saqlaydigan shunday sanoq sistemalari mavjudligini tavsiflovchi qonun. Uni yana inersiya qonuni deb ham yuritiladi.
118	Inersiya	Inert	Jism tinch holati yoki to'g'ri chiziqli tekis harakatini saqlay olish qobiliyatini tavsiflovchi fizikaviy tushuncha
119	Nyutonning ikkinchi qonuni	Newton's second law	Jismga ta'sir qilayotgan kuch, uning massasi va tezlanishlari orasidagi munosabatni miqdoriy ifodalovchi qonun
220	Nyutonning uchinchi qonuni	Newton's third law	Jismlar o'zaro ta'sirlashganda miqdor jihatidan teng, lekin yo'nalishi jihatidan qarama-qarshi bo'lgan kuchlar bilan ta'sirlashuvini tavsiflovchi qonun. Uni yana ta'sir-aks ta'sir qonuni deb ham yuritiladi.
221	Butun olam tortishish qonuni	The law of universal gravitation	Noldan farqli massaga ega bo'lgan har qanday jismlar o'zaro tortishishini va bu tortishish jismlar massalari ko'paytmasiga to'g'ri proporsional, jismlar massa markazlari orasidagi masofaning kvadratiga esa teskari proporsional bo'lgan kuch bilan ifodalanishini miqdoriy jihatdan tavsiflovchi qonun
222	Ishqalanish kuchi	Friction force	Jism boshqa bir jism sirtida harakatlanayotganda unga ta'sir qiluvchi va buning natijasida jismning mexanikaviy energiyasi ichki energiyaga aylanishiga sabab bo'luvchi mexanikaviy kuch
223	Elastik deformatsiya	The elastic deformation	Tashqi kuchlar ta'siri yo'qolganida jismning boshlang'ich shakli va o'lchamlari qayta tiklanishi

			hodisasi
224	Elastiklik kuchi	Elasticity	Deformatsiyalangan jismda yuzaga keluvchi va tashqi kuchlar ta'siriga teskari yo'nalgan mexanikaviy kuch
225	Guk qonuni	Law Guk	Deformatsiyalangan jismda yuzaga keluvchi kuchni deformatsiyalanish parametrlari bilan munosabatini miqdoriy va yo'nalish jihatidan ifodalovchi qonun
226	Kuchning elementar ishi	Elementary	Jismga qo'yilgan kuch va elementar ko'chishlarning skalyar ko'paytmasi bilan aniqlanuvchi fizikaviy kattalik
227	Quvvat	Strength	Birlik vaqt mobaynida bajarilgan ishga son jihatidan teng bo'lgan fizikaviy kattalik
228	Kinetik energiya	Kinetic energy	Jismning o'z harakati tufayli ega bo'ladigan energiyasi
229	Potensial energiya	Potential energy	Jismning boshqa biror jism (jismlar) yoki maydon bilan o'zaro ta'sirlashuvi tufayli ega bo'ladigan energiyasi
330	Mexanikaviy energiyaning saqlanishi qonuni	Law of the stored mechanical energy	Faqat konservativ kuchlar ta'sir qiluvchi sistemada to'liq mexanikaviy energiyaning vaqt o'tishi bilan o'zgarmasligini isbotlab beruvchi qonun
331	To'liq elastik zarba	Full elastic shock	O'zaro ta'sirlashayotgan jismlarda hech qanday qoldiq deformatsiya qolmaydigan va bu jismlarning to'liq mexanikaviy energiyasi saqlanadigan zarba
332	To'liq noelastik zarba	Completely inelastic impact	O'zaro ta'sirlashuvdan so'ng jismlar birlashib xuddi yaxlit bir jismdek harakatlanish yuz beradigan zarba
333	Qo'zg'almas nuqtaga (o'qqa) nisbatan kuch	Fixed point (fired) power were moments	Kuch vektorining uning qo'yilish nuqtasidan qo'zg'almas nuqtagacha

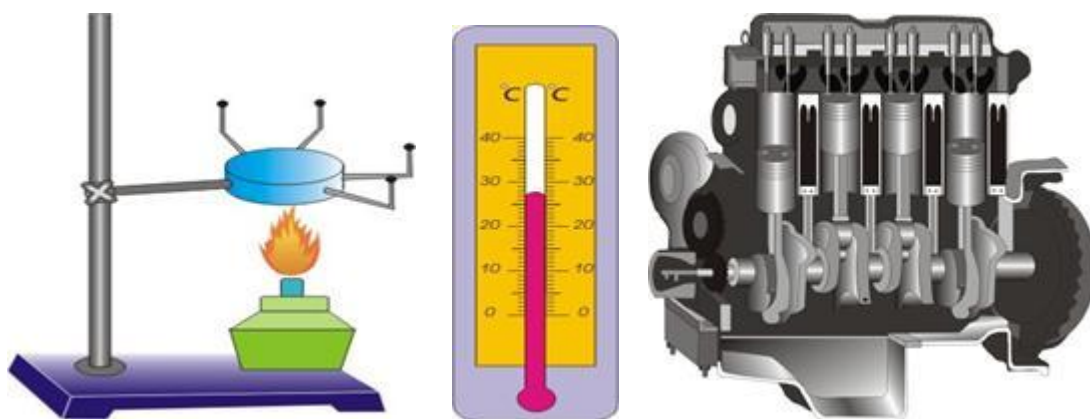
	momenti		(o'qqacha) bo'lgan (eng qisqa) masofaga vektor ko'paytmasi bilan aniqlanuvchi fizikaviy vektor kattalik
334	Kuch momentining o'zgarmaslik xususiyati	The power to change the momentum feature	Kuch qo'yilgan nuqtani uning ta'sir qilish chizig'i bo'ylab boshqa biror bir nuqtaga ko'chirilganda ham qo'zg'almas nuqtaga (o'qqa) nisbatan kuch momenti o'zgarmasdan qolaveradi
335	Jismning biror bir aylanish o'qiga nisbatan inersiya momenti	An inert moments when the axis of rotation of the object	Biror qo'zg'almas o'q atrofida aylanayotgan jismning uning ushbu harakatidagi inertlik xususiyatini miqdor jihatidan tavsiflovchi fizikaviy kattalik
336	Moddiy nuqtaning qo'zg'almas nuqtaga nisbatan impuls momenti	Financial index fixed point impulse moments when	Moddiy nuqta impulsi vektori va uning qo'yilish nuqtasidan qo'zg'almas nuqtagacha bo'lgan masofaga vektor ko'paytmasi bilan aniqlanuvchi fizikaviy vektor kattalik
337	Momentlar tenglamasi	Moments equation	Jismning qo'zg'almas o'qqa nisbatan impuls momentidan vaqt bo'yicha olingan birinchi tartibli hosilasini shu jismning kuch momenti bilan ifodalovchi tenglama
338	Impuls momentining saqlanish qonuni	Law to avoid impulse momentum	YOpiq sistemadagi jismlar impuls momentlarining geometrik yig'indisi vaqt o'tishi bilan o'zgarmasligini isbotlovchi qonun
339	Xususiy yoki erkin tebranishlar	Private or fluctuations	Sistema tinch holatidan og'dirib qo'yib yuborilganida yuzaga keladigan tebranishlar
440	Garmonik tebranishlar	Harmonic vibrations	Tebranayotgan jismning ko'chishi sinus yoki kosinus qonuniga muvofiq yuz beradigan davriy jarayon
441	Garmonik tebranishlar xususiyati	Harmonic vibration feature	Davrining qiymati uning amplitudasi bilan bog'liq bo'lgan tebranishlar

442	Koriolis qonuni	Law Koriolis	Noinersial sanoq sistemasida o'zgarmas burchas tezlik bilan harakatlanuvchi jismga ta'sir qiluvchi kuchni miqdor va yo'nalish jihatidan tavsiflab beruvchi qonun
443	Galileyning tezliklarni qo'shish munosabati	Due to the speed of Galileo	Bir inersial sanoq sistemasidan boshqa bir inersial sanoq sistemasiga o'tganda jism harakati tezligi o'zgarishini ifodalovchi munosabatlar
444	Eynshteynning birinchi postulati	Einstein first postulati	Tabiatning barcha qonunlari barcha inersial sanoq sistemalarida bir xilda yuz berishini ta'kidlovchi ilmiy faraz
445	Eynshteynning ikkinchi postulati – yorug'likning bo'shliqda tarqalish tezligining invariantligi prinsipi	Einstein kept in kinchi postulati - the distribution of the light principle invariant ligi	YOrug'likning bo'shliqda tarqalish tezligining kuzatuvchiga va yorug'lik manbaining harakatlanish tezligiga bog'liq emasligi va bu hodisa barcha inersial sanoq sistemalarida bir xilda yuz berishini ta'kidlovchi ilmiy faraz
446	Jismning tinchlikdagi massasi	Body-mass	Tayin bir sanoq sistemasiga nisbatan tinch turgan jismning shu sanoq sistemasining o'zida o'lchangan massasi
447	Jism massasi va energiyasi o'rtasidagi munosabat	Body mass and energy on the occasion	Jismning massasi va energiyasini bog'lovchi munosabat
448	Jismning tinchlikdagi energiyasi	Kinetic energy of peace	Jismning tinchlikdagi massasi va energiyasini bog'lovchi munosabat
449	Gidraerodinamika	Gidraerodinamika	Mexanikaning suyuqlik va gazlar muvozanati va harakati, ular o'rtasidagi va qattiq jismlar sirti bo'ylab oqishidagi o'zaro ta'sirlarni o'rganuvchi bo'limi
540	Siqilmaydigan	Liquid	Hamma nuqtalarda

	suyuqlik	Siqilmaydigan	zichligining kiymati bir xil bo'lgan va vaqt mobaynida o'zgarmaydigan suyuqlik
551	Suyuqlik bosimi	Fluid pressure	Suyuqlik tomonidan birlik yuzaga ta'sir qiluvchi va shu suyuqlik joylashgan idish sirtiga tik yo'nalgan kuchga teng bo'lgan fizikaviy kattalik
552	Paskal qonuni	Pascal's law	Muvozanat holatidagi suyuqlikning o'zi turgan idish devoriga bosimi idishning barcha nuqtalarida bir xilligini isbotlovchi qonun
553	Arximed qonuni	Archimedes	Suyuqlik yoki gazga botirilgan jismga shu suyuqlik yoki gaz tomonidan jism botirilgan qismining hajmiga teng miqdorda olingan suyuqlik yoki gaz og'irligiga teng va yuqoriga qarab tik yo'nalgan kuch ta'sir qilishini isbotlovchi qonun
554	Uzluksizlik tenglamasi	Continuity equation	Siqilmaydigan suyuqlik oqimi tezligining shu suyuqlik oqayotgan truba ko'ndalang kesimi yuzasiga ko'paytmasi trubaning ixtiyoriy nuqtasida bir xilligini ifodalovchi munosabat
555	Statik bosim	Static pressure	Suyuqlik tomonidan o'zi oqayotgan jism sirtiga beradigan bosimi
556	Dinamik bosim	Dynamic pressure	Suyuqlik zichligining uning oqimi tezligi kvadratiga ko'paytmasiga teng bo'lgan fizikaviy kattalik
557	Torrichelli formulasi	Torricelli's formula	Suyuqlikning o'zi joylashgan idish devori yoki tubining kichik teshigi orqali oqib chiqish tezligi suyuqlik ustuni balandligi va erkin tushish tezlanishiga ko'paytmasidan olingan kvadrat ildizga to'g'ri proporsional ekanligi

			ifodalovchi munosabat
558	Qovushqoqlik	Viscosity	Real yoki suyuqliklarning shu gaz yoki suyuqlik bir qismini boshqa kislmlariga nisbatan siljishiga qarshilik ko'rsatish xususiyati
559	Ko'tarish kuchi	The power to raise	Suyuqlik yoki gazda harakatlanuvchi jismga ta'sir qiluvchi va suyuqlik oqimi yo'nalishiga tik yo'nalgan kuch

STATISTIK FIZIKA VA TERMODINAMIKA



1	Molekulyar fizika	Molecular physics	Fizikaning uzluksiz xaotik harakatlanuvchi juda ko'p miqdordagi atom va
---	--------------------------	--------------------------	---

			molekulalardan iborat modda tuzilishi va hossalarni o'rganuvchi bo'limi
2	Molekulyar-kinetik nazariya	Molecular-kinetic theory	Molekulyar fizikaning sistemalarni statistik o'rganish usuliga asoslangan bo'limi
3	Termodinamika	Thermodynamics	Fizikaning makroskopik sistemalar hossalarni ularda sodir bo'ladigan mikroskopik jarayonlarni hisobga olmagan holda fenomenologik yondashuv usulidan foydalanib o'rganuvchi bo'limi
4	Nisbiy molekulyar massa	The relative molecular mass	Modda molekulasini massasining uglerod S_{12} izotopi molekulasini massasining $1/12$ qismiga nisbati bilan aniqlanuvchi massa birligi
5	Mol	Mol	0,012 kg miqdorida olingan uglerod S_{12} izotopidagichalik molekullar soniga ega bo'lgan modda miqdori
6	Ideal gaz	Ideal gas	Gazning uni tashkil qilgan molekullari xususiy hajmi shu gaz joylashgan idish hajmiga nisbatan hisobga olmaslik mumkin bo'lgan darajada kichik bo'lgan, molekullararo o'zaro ta'sirlar yo'q deb hisoblanadigan va hamda molekullarning o'zaro va idish devorlari bilan to'qnashuvlari to'liq elastik deb ideallashtirilgan fizikaviy modeli
7	Ideal gaz holati tenglamasi (Mendeleev-Klapeyron tenglamasi)	The ideal gas equation of state (Mendeleev equation Klapeyron)	Ideal gazning bosimi, hajmi va haroratlarini o'rtasidagi umumiy munosabatni tavsiflovchi tenglama
8	Statistik fizika	Statistical physics	Nazariy fizikaning juda ham

			ko'p miqdordagi zarralardan tashkil topgan sistemalar hossalari statistika usullar bilan o'rganuvchi bo'limi
9	Maksvell taqsimoti	Maxwell distribution	Gaz molekularining tezliklari bo'yicha taqsimoti. Bu munosabat gaz molekulasining massasi va harorati orqali ifodalanadi va u vaqtga bog'liq emas.
10	Molekulyar-kinetik nazariyaning asosiy tenglamasi	Molecular-kinetic theory is the basic equation	Gaz bosimining molekular konsentratsiyasi, massasi va o'rtacha kvadratik tezligiga to'g'ri proporsional bog'lanishini ifodalovchi tenglama
11	Bolsman qonuni	Bolsa law	Gaz molekulari energiyasining erkinlik darajalari bo'yicha teng taqsimlanishi haqidagi qonuni. Bunda har bir ilgarilanma va aylanma erkinlik darajalariga mos keluvchi energiya ga, har bir tebranma erkinlik darajasiga mos keluvchi energiya esa kT ga teng.
12	Muvozanat holati	Balance	Sistemaga tashqi ta'sirlar bo'lmaganda undagi barcha termodinamik parametrlar etarlicha uzoq vaqt mobaynida ma'lum bir o'zgarmas qiymatlarni qabul qiladigan holati
13	Nomuvozanat holati	State of imbalance	Sistemada xech bo'lmaganda bitta termodinamik parametr ma'lum bir o'zgarmas qiymatni qabul qilmaydigan holati
14	Termodinamikaning birinchi qonuni	The first law of Termodinamikanc	Sistemaga berilgan issiqlik miqdori, sistema ichki energiyasining o'zgarishi va shu sistema tomonidan tashqi kuchlarga qarshi bajarilgan

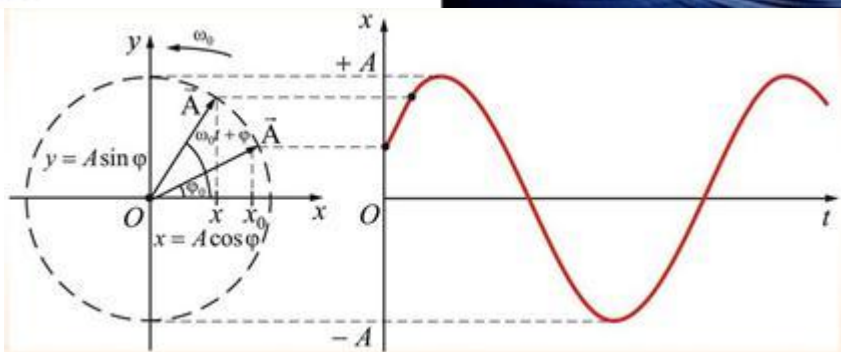
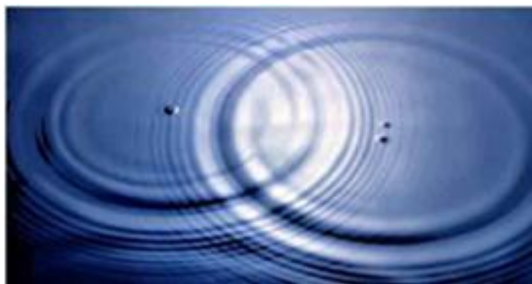
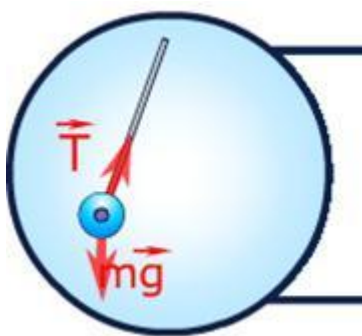
			ishlar o'rtasidagi munosabatni ifodalovchi qonun
15	Issiqlik sig'imi	Heat capacity	Jism haroratini bir kelvinga oshirish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdoriga teng bo'lgan fizikaviy kattalik
16	Izojarayonlar	Izoprotsessy	Ideal gazlarning massasini va hech bo'lmaganda bitta termodinamik parametrini vaqt o'tishi bilan o'zgartirmasdan olib boriladigan jarayonlar
17	Adiabatik jarayon	The process adiabatically	Ideal gazlarning tashqi muhit bilan issiqlik almashmasdan boradigan jarayoni
18	Qaytar jarayonlar	Return process	Sistemaning teskari yo'nalishini ham xuddi to'g'ri yo'nalishida bosib o'tgan oraliq holatlari orqali olib borish mumkin bo'lgan jarayonlar
19	Karno sikli	Carney cycle	Sistemaning ikkita adiabata va ikkita izotermadan iborat berk jarayonlari majmui
210	Termodinamikaning ikkinchi qonuni	The second law of Termodinamikaning	Tabiatdagi jarayonlarning sodir bo'lishi yo'nalishi va xarakterini aniqlovchi qonuniyat
211	Entropiya	Entropy	Sistemaning uning differensial jarayonning juda ham kichik bo'lgan qismida jismga uzatilgan issiqlik miqdorini issiqlik uzatuvchi jism haroratiga nisbati bilan aniqlanuvchi holat funksiyasi
212	Klauzius teoremasi	Klauzius theorem	Ideal gazni bir holatidan boshqa bir holatiga o'tishida keltirilgan issiqliklar yig'indisi o'tishlar yo'lga bog'liq bo'lmashligini isbotlovchi ilmiy hulosa
213	Fizikaviy kattaliklarning fluktuatsiyalari	Physical size fluctuations,	Fizikaviy kattaliklarning ularning o'rtacha qiymatlaridan og'ishlari

214	Absolyut fluktuatsiya	Sbsolute fluktuatsiya	Berilgan fizikaviy kattalikning haqiqiy va oʻrtacha qiymatlari farqi kvadratining oʻrtacha qiymatidan olingan kvadrat ildizga teng miqdor
215	Nisbiy fluktuatsiya	Relative fluktuatsiya	Berilgan fizikaviy kattalik absolyut fluktuatsiyasining shu kattalik oʻrtacha qiymatiga nisbatiga teng boʻlgan miqdor
216	Van-der-Vaals tenglamasi	Van-der-Vaals equation	Real gaz holatining gaz molekulalari xususiy hajmi va molekulalararo oʻzaro taʼsir kuchlarini hisobga olib yozilgan tenglamasi
217	Kritik harorat	Critical temperature	Real gazning parametrlariga bogʻliq boʻlgan, Van-der-Vaals tenglamasi faqat bitta haqiqiy echimga ega boʻlgan va gazning ideal gazga yaqinligidan dalolat beruvchi harorat
218	Faza	Phase	Moddaning oʻzining mumkin boʻlgan boshqa muvozanat holatlaridan fizikaviy xossalari bilan farqlanuvchi termodinamik muvozanat holati
219	Fazaviy oʻtish	Phase	Moddaning bir fazaviy holatdan ikkinchi fazaviy holatga oʻtishi hodisasi
320	I-tur fazaviy oʻtishi	I go up phase	Issiqlik yutilishi yoki ajralishi bilan sodir boʻluvchi fazaviy oʻtish
321	II-tur fazaviy oʻtishi	II phase transitions	Issiqlik yutilishi yoki ajralishi bilan bogʻliq boʻlmagan va issiqlik sigʻimining sakrab oʻzgarishi bilan sodir boʻluvchi fazaviy oʻtish
322	Sublimatsiya yoki "vozgonka"	Sublimation or "vozgonka"	Qattiq jism molekulalariningmolekulalarar o tortishish kuchini engib ularni atrof-muhitga oʻtishi bilan sodir boʻluvchi jarayon
323	Klapeyron-Klauzius	Klapeyron-	Biror bir modda ikki xil fazasi

	tenglamasi	equation Klauzius	muvozanati funksiyasini hisoblashga imkon beruvchi tenglama
324	Uchlik nuqtasi	Three point	Moddaning bir vaqtning o'zida uch xil fazasi muvozanati shartlarini aniqlab beruvchi, fazaviy muvozanat funksiyalari tutashuvchi nuqtasi
325	Suyuqlikning molekulyar bosmi	Molecular liquid Print	Suyuqlik molekullari orasidagi tortishish kuchlarining shu suyuqlik sirt qatlamiga ko'rsatadigan bosimi
326	Sirt taranglikenergiyasi	Surface taranglikenergiyasi	Suyuqlik sirti qatlami molekullarienergiyasi
327	Sirt taranglik	Surface tension	Sirt taranglik energiyasi zichligi bilan bog'liq bo'lgan fizikaviy hodisa
328	To'liq ho'llanish	Full-wetting	Suyuqlikning qattiq jism sirtiga yoyilib ketishi hodisasi
329	To'liq ho'llanmaslik	Full wet	Suyuqlikning qattiq jism sirtiga yoyilmasdan unga tegish joyida tomchi kabi birlashib turishi hodisasi
430	Kapillyarlik	Capillaries	Suyuqlik bilan kapillyar devorlari ho'llanishi tufayli yuz bergan kapillyarlardagi suyuqlik sirtining egrilanishi sababli kapillyardagi suyuqlik sathi balandligi o'zgarishi hodisasi
431	Kristall panjara	The crystal lattice	Uchala yo'nalishlar bo'ylab zarralarning davriy ravishda takrorlanib joylashuvi bilan bog'liq bo'lgan tuzilish
432	Mono kristallar	Mono crystals	Zarralari yagona kristall panjarani tashkil qiluvchi qattiq jismlar
433	Izotrop moddalar	Isotropic	Barcha yo'nalishlarda xossalari bir xil bo'lgan moddalar
434	Dyulong va Ptiqonu ni	Dyulong law and Pti	Kristallar issiqlik sig'imining haroratga bog'liq emasligini

			isbotlovchi qonun
435	Amorf moddalar	Amorphous substance	O'ta tez sovitilgan suyuqlikda qovushqoqlik ortishi tufayli o'z shaklini o'zgartirmaydigan moddalar
436	Fure qonuni	Furen Law	Diffuziya qonuni. Unga ko'ra issiqlik oqimi harorat gradientiga to'g'ri proporsional va uning kamayishi tomon yo'nalgan.
437	Fin qonuni	Finnish law	Diffuziya qonuni. Unga ko'ra oqim zichligi modda zichligi gradientiga to'g'ri proporsional va uning kamayishi tomon yo'nalgan.
438	Ichki ishqalanish qonuni	The law of internal friction	Diffuziya qonuni. Unga ko'ra oqim zichligi tezlik gradientiga to'g'ri proporsional va uning kamayishi tomon yo'nalgan.
339	Plazma	Plasma	Musbat va manfiy zaryadlarning hajmiy zichligi deyarli bir xil bo'lgan, qisman yoki to'la ionlashgan gaz

TEBRANISHLAR



1	Tebranishlar	Oscillations	Ma'lum bir qonuniyatga muvofiq davriy ravishda
---	--------------	--------------	--

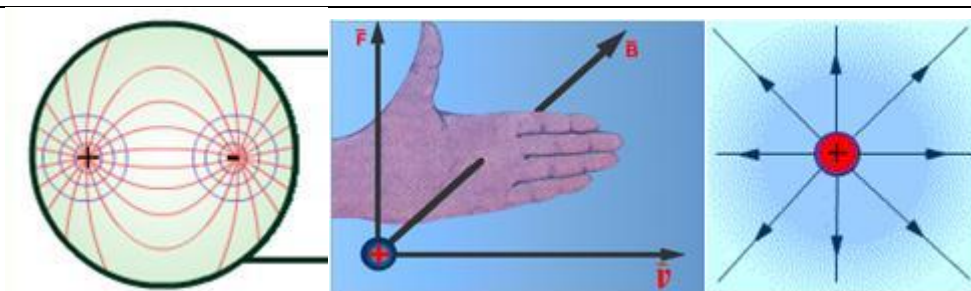
			takrorlanib turuvchi jarayonlar
	Garmonik ossillyator	Harmonic ossillyator	Garmonik tebranishlar yuzaga kelishi mumkin bo'lgan sistema
2	Tebranishlar amplitudasi	Oscillations amplitude	Tebranayotgan fizikaviy kattalikning muvozanat holatidan eng katta og'ishi
3	"Bienie"	"Bienie"	Pulslanuvchi amplitudali garmonik tebranishlar
4	Tebranish spektri	Vibration spectrum	Murakkab tebranishni garmonik tebranishlar majmuasidan iborat holda tasvirlanishi
5	Xususiy chastota	Private frequency	Qarshilik kuchlari bo'lmaganida sodir bo'ladigan erkin tebranishlar chastotasi
6	Majburiy tebranishlar	Forced vibrations	Tashqi kuch ta'sirida sodir bo'ladigan tebranishlar
7	Rezonans	Resonance	Majburiy tebranishlar chastotasining sistema erkin tebranishlari chastotasiga yaqinlashganida majburiy tebranishlar amplitudasining keskin ortib ketishi hodisasi
8	Rezonanschizig'i	Rezonanschizig'i	Majburiy tebranishlar amplitudasining tashqi kuchlar chastotasiga bog'lanishini tasvirlovchi grafik
9	To'lqin	Wave	Tebranishlarning fazoda tarqalishida yuzaga keladigan ob'ekt
10	To'lqin sirti	The surface wave	Bir xil fazada tebranuvchi nuqtalarning to'plamidan iborat geometrik shakl
11	To'lqin uzunligi	Wave length	Tebranishlar davriga teng bo'lgan vaqt oralig'i mobaynida to'lqin tarqaladigan masofa
12	To'lqinlar soni	The number of waves	2π sonining to'lqin uzunligiga nisbatiga teng bo'lgan fizikaviy kattalik
13	Energiya oqimi zichligi (Umovvekt)	Energy flow density	Birlik yuzadan uzatilayotgan energiya okimiga son jihatidan

	ri)	(Umovvektori)	teng bo'lgan va energiya uzatilishi yo'nalishiga tik yo'nalgan fizikaviy vektor kattalik
14	To'lqin intensivligi	The intensity of the wave	To'lqin tomonidan uzatilayotgan energiya oqimi zichligining vaqt bo'yicha o'rtacha qiymati
15	Kogerent to'lqinlar	Coherent waves	Fazalar farqi o'zgarmasdan saqlanadigan to'lqinlar
16	Interferensiya	Interference	Kogerent to'lqinlar qo'shilishi tufayli yuzaga kelgan natijaviy to'lqinlarning fazoning bir qismida kuchayib, boshqa qismlarida esa susayib ketishi hodisasi
17	Turg'un to'lqinlar	Fixed stations	Bir xil amplituda va chastotaga ega bo'lgan ikki qarama-qarshi yassi to'lqinlarning to'qnashuvi natijasida yuzaga keladigan to'lqinlar
18	Turg'un to'lqinlar dastaligi	Support for fixed stations	Turg'un to'lqin amplitudasi o'zining maksimal qiymatiga erishadigan nuqtasi
19	Tovush to'lqinlari (tovush)	Sound waves (sound)	16-20000 Gs oralig'idagi chastotaga ega bo'lgan elastik to'lqinlar
210	Bel	Bel	Tovush balandligi birligi
211	Doppler effekti	Doppler effect	Tebranishlar manbai va qabul qiluvchi (priyomnik) larning bir-biriga nisbatan harakatlanishi tufayli qabul qiluvchi tomonidan qayd qilingan tebranishlar chastotasining tebranishlar manbaidagi chastotaga nisbatan o'zgarishi hodisasi
212	Poynting vektori	Poynting vector	Elektromagnit energiyasi oqimi zichligi vektori
213	Nur dastasi	Light switch	YOrug'lik to'lqini energiyasi tarqalayotgan chiziq
214	Yorug'lik oqimi	Light	Kuzatuvchi xissiyoti tufayli baholanayotgan yorug'lik energiyasi oqimi

215	Kandela (kd)	Candela (KD)	YOrug‘lik kuchi deya ataluvchi fizikaviy kattalikning SI sistemasida qabul qilingan birligi (o‘zbek tilida ba’zi adabiyotlarda bu birlik “sham” deb ham yuritiladi)
216	Lyumen (lm)	Lumens (lm)	YOrug‘lik oqimi deya ataluvchi fizikaviy kattalikning SI sistemasida qabul qilingan birligi. U miqdor jihatidan 1 kd yorug‘lik kuchiga ega bo‘lgan izotrop manbaning nurlanishida 1 steradianga teng fazoviy burchak orqali tarqatadigan yorug‘lik oqimiga teng.
217	Yoritilganlik	Light	Sirtga tushayotgan yorug‘lik oqimining shu sirt yuzasiga nisbatiga teng bo‘lgan fizikaviy kattalik
218	Yorqinlik	Brightness	YOrug‘lik manbai sirti tomonidan har tomonga tarqalayotgan yorug‘lik oqimining shu sirt yuzasiga nisbatiga teng bo‘lgan fizikaviy kattalik
219	Ravshanlik	The clarity	Berilgan yo‘nalishda yoritilayotgan sirt yorug‘lik kuchining yoritilayotgan sirt tekisligiga tik yo‘nalgan tekislikka proeksiyasi yuzasiga nisbatiga teng bo‘lgan fizikaviy kattalik
320	Yorug‘likning to‘g‘ri chiziq bo‘ylab tarqalishi qonuni	A line of light the law spread across the	Optik jihatdan bir jinsli bo‘lgan muhitda yorug‘lik nuri to‘g‘ri chiziq bo‘ylab tarqalishini isbotlovchi ilmiy xulosa. Bu xulosa Fermi prinsipi bilan tushuntiriladi
321	Tushish burchagi	Angle of fall	Ikki muhit chegarasida yorug‘lik nuri tushish nuqtasida sirtga tushirilgan normal va tushgan nur orasidagi burchak
322	Qaytish burchagi	Back angle	Ikki muhit chegarasida yorug‘lik nurining tushish

			nuqtasida sirtga tushirilgan normal va qaytgan nur orasidagi burchak
323	Sinish burchagi	Angle	Ikki muhit chegarasida yorug'lik nurining tushish nuqtasida sirtga tushirilgan normal va singan nur orasidagi burchak
324	Gyuygens Prinsipi	Back angle Huygens principle	t vaqt lahzasida to'liq fronti o'tgan sirtning barcha nuqtalarini ikkilamchi to'liqlar manbai deb qarash mumkin, vaqt lahzasidagi ikkilamchi front holati esa ikkilamchi to'liqlar tarqatuvchi sirt bilan ustma-ust tushadi.
325	Kogerentlik	Kogerentlik	Bir necha tebranish va to'liqlar jarayonlarining bir vaqtning o'zida sodir bo'lishi
326	Monoxromatikto'liq n	Monoxromatikto'liq n	Ma'lum va o'zgarmas chastotali to'liq
327	Yorug'lik difraksiyasi	Light diffraction	Yorug'lik to'liq tabiati bilan bog'liq bo'lgan va yorug'likning keskin bir jinsli bo'lmagan muhit orqali tarqalishida kuzatiladigan hodisa
328	Fraungoferdifraksiyasi	Fraungoferdifraksiyasi	Parallel nurlarda kuzatiladigan difraksiya hodisasi
329	Frenel qonuni	Frank Act of	To'liq sirtidagi zonalar shunday joylashganki, bunda har bir zona chekkasidan tebranishlar amplitudasi aniqlanadigan nuqttagacha bo'lgan masofalar bir-biridan λ ga teng oraliq bilan farq qiladi (λ – to'liqning tarqalayotgan muhitdagi uzunligi)
430	Difraksion panjara	Difraksion grid	Ko'p miqdordagi bir xil bo'lgan va bir-biridan bir xil masofada joylashgan tirqishlar to'plami

431	Reley kriteriysi	Starting with the criteria for	Agar bir manbadan (chiziqdan) hosil bo'lgan difraksion manzara markaziy maksimumi boshqa manba difraksion manzarasining birinchi minimumi bilan mos tushsa, shu ikkita bir xil nuqtaviy manba yoki ikkita spektr chiziqlari tasvirlari ajraladi (ajrata olish mumkin)
432	Golografiya	Holo	Intenferension manzarani qayd qilishga asoslanib biror bir predmetdan qaytgan yorug'lik to'liqini shaklini fiksirlash va qayta tiklashning maxsus usuli
433	Yorug'lik dispersiyasi	Dispersion of light	Modda sindirish ko'rsatkichining yorug'lik to'liqini uzunligiga bog'liqligi tufayli sodir bo'ladigan hodisa
434	Qutblangan yorug'lik	Polarizing light	Tebranishlar yo'nalishi ma'lum bir qoidaga ko'ra tartiblangan yorug'lik nuri
435	Qutblagich	Qutblagich	Tabiiy (qutblanmagan) nurni yassi qutblangan nurga aylantirib beruvchi pribor
436	Qutblanish darajasiga teng bo'lgan kattalik	The degree of polarity equal size	$P = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}},$ bunda va lar mos holda qutblagich o'tkazayotgan qisman qutblangan nur maksimal va minimal intensivliklari
437	Bryuster burchagi	Brewster angle	Qaytgan nur yassi qutblanib qoladigan tushish burchagi
438	Oddiy nur	ordinary light	Ikki marta sindirilganidan keyin singan nurlarning xossalari sinish qonuniga bo'ysunadigani
439	Murakkab nur	equal size	Ikki marta sindirilganidan keyin singan nurlarning xossalari sinish qonuniga bo'ysunmaydigani
ELEKTR			

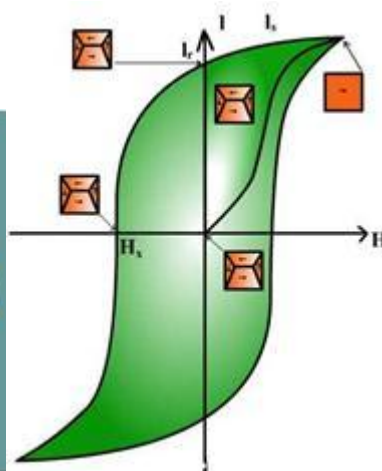
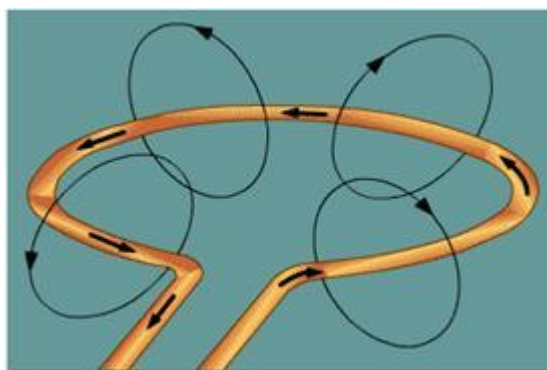


11	Elektr zaryadi	Electric charge	Zarralar elektromagnit oʻzaro taʼsiri intensivligini aniqlovchi fizikaviy kattalik
12	Elektrik izolyasiyalangan sistema	Electrical system izolyasiyalangan	CHegarasidan zaryadlangan zarralar oʻta olmaydigan sistema
33	Elektr zaryadining saqlanishi qonuni	Law of the stored electric charge	Elektrik izolyasiyalangan sistemada zaryadlar yigʻindisi oʻzgarmasligini izohlovchi qonun
44	Nuqtaviy zaryad	Roughest charge	Geometrik oʻlchamlari undan boshqa zaryadlangan jismlargacha boʻlgan masofaga nisbatan hisobga olmaslik mumkin boʻlgan darajada kichik boʻlgan zaryadlangan jism
55	Kulon qonuni	Kulan law	Boʻshliqda joylashgan ikkita qoʻzgʻalmas nuqtaviy zaryadlar orasida vujudga keladigan elektromagnit oʻzaro taʼsir kuchini tavsiflovchi qonun
66	Berilgan nuqtadagi elektr maydon kuchlanganligi	A given point on the electric field	Elektr maydonining berilgan nuqtasiga kirib qolgan qoʻzgʻalmas birlik zaryadga shu maydon tomonidan taʼsir qiluvchi kuchga son jixatidan teng boʻlgan fizikaviy vektor kattalik
77	Boʻshliqdagi elektrostatik maydon uchun Gauss teoremasi	Electrostatic field in the cavity for Gauss theorem	Ixtiyoriy berk sirt boʻylab maydon kuchlanganligi vektori E ning oqimi shu sirt ichidagi zaryadlarning algebraik yigʻindisini ϵ_0 ga nisbatiga teng

			$E = \frac{q_i}{\epsilon_0}$
88	Ikki nuqtaviy zaryadlar o'zaro ta'sir potentsial energiyasi	Two of the roughest charges interaction potential energy	$W_p = \frac{k \cdot q_1 \cdot q_2}{r}$
9 9 9	Elektr maydonning berilgan nuqtadagi potentsiali	The point of view of the electric field potential	SHu nuqtaga joylashgan birlik musbat zaryadning potentsial energiyasiga teng bo'lgan skalyar kattalik: $\varphi = \frac{W_p}{q}$
110	Potensiallar farqining kuchlanganlik orqali ifodalanishi	Two of the roughest charges interaction potential energy	$\varphi_1 - \varphi_2 = Edl$
111	Kuchlanganlikning potentsial orqali ifodalanishi	Potential gexpressed	$E = -grad\varphi$
112	Elektrostatik induksiya	Electrostatic induction	Tashqi elektr maydoni ta'sirida musbat va manfiy ishorali zaryadlarning qarama-qarshi tomonlariga ko'chishi tufayli moddada xususiy elektr maydonining yuzaga kelishi hodisasi
113	Elektr dipolmomenti	The electric dipole moment	Zaryadning zaryadlar orasidagi masofaga ko'paytmasiga son jihatidan teng bo'lgan, dipolning manfiy zaryadidan musbat zaryadigacha bo'lgan radius-vektor bo'ylab yo'nalgan fizikaviy vektor kattalik
114	D vektori uchun Gauss teoremasi	D vector of Gauss' theorem	Berk sirt bo'ylab elektr induksiyasi vektori oqimi shu sirt bilan qamrab olingan erkin zaryadlar yig'indisiga teng
115	Elektr sig'imi	Elektoin potentsial	Jismning zaryadlanganidan so'ng fazoda elektr maydoni hosil qila olishi qobiliyatini tavsiflovchi fizikaviy kattalik
116	Zaryadlangan Kondensator energiyasi	Electrical capacity	Kondensatorni zaryadlash uchun bajarish lozim bo'lgan ish: $W = \frac{C\varphi^2}{2} = \frac{q\varphi}{2} = \frac{q^2}{2C}$
117	Elektr toki	Electric shock	Zaryadlangan zarralarning

			tartiblangan harakati
118	Tok kuchi	Current strength	Birlik vaqt oralig'ı mobaynida qaralayotgan sirt bo'ylab oqib o'tgan zaryad miqdoriga teng bo'lgan fizikaviy kattalik: $I = \frac{dq}{dt}$
119	Elektr yurituvchi kuch	Acting on electric power	Birlik musbat zaryadni ko'chirishda tashqi kuchlar bajargan ishga son jihatidan teng bo'lgan fizikaviy kattalik: $E = \frac{A}{q}$
120	Om qonuni	Om law	Bir jinsli bo'lgan o'tkazgichdan oqayotgan tok kuchi I o'tkazgich uchlaridagi potensial tushishi U ga to'g'ri proporsionalligini ko'rsatuvchi qonun: $I = \frac{U}{R}$ (R – o'tkazgich qarshiligi)
221	R elektr qarshiligi-ga ega bo'lgan zanjirning bir qismida dt vaqt oralig'ı mobaynida elektr tokining bajargan elementar ishi	An electric resistance Rchain in a time interval dt performed during the electric shock ELEMENTARY	$dA = I^2 R dt$
222	Kirxgofning birinchi qoidasi	The first rule of Kirxgof	Zanjirning tarmoqlangan nuqtasida tok kuchlarining algebraik yig'indisi nolga teng (bunda tarmoqlanish nuqtasiga keluvchi va ketuvchi toklar qarama-qarshi ishoralar bilan olinishi lozim)
223	Kirxgofning ikkinchi qoidasi	Kirxgofning second rule	O'tkazgichlardan iborat ixtiyoriy berk konturdagi EYUKlar yig'indisi bu konturning alohida kismalaridagi tok kuchining shu qism qarshiligiga ko'paytmalari yig'indisiga teng: $\varepsilon_i = I_i R_i$

MAGNITEZM



1	Bio-Savar-Lap-las qonuni	Bio-Savar-Laplas law	I tok oqayotgan dl uzunlikdagi o'tkazgich elementidan r radius-vektor bilan aniqlanuvchi ma'lum bir nuqtada hosil qilgan magnit maydon induksiyasi vektorini miqdoriy va yo'nalish jihatidan aniqlab beruvchi qonun
2	Magnit	Magnet	Magnit maydoni ta'sirida magnitlanib qola oladigan modda
3	Magnitlanish J	Magnetizing J	Magnitning magnitlanish tavsifi bo'lib, u birlik hajm magnit momentiga teng bo'lgan fizikaviy kattalik
4	Muhitning magnit singdiruvchanligi μ	Environmental magnetic μ	Fazoni makrotoklar bilan to'ldirilganda magnit maydon induksiyasi (muhitning molekulyar toklari maydoni hisobiga) bo'shliqdagiga nisbatan necha marta ortishini ko'rsatuvchi fizikaviy kattalik
5	Magnit maydon kuchlanganligi	The magnetic field strength	Makrotoklar magnit maydoni tavsifi: $\mathbf{H} = \frac{\mathbf{B}}{\mu_0} - \mathbf{J}$
6	Amper qonuni	Law Ampere	I tok oqayotgan dl uzunlikdagi o'tkazgichga elementi V induksiyali magnit maydoni tomonidan ta'sir qiluvchi kuch $d\mathbf{F}$ ni miqdoriy va yo'nalish jihatidan aniqlab beruvchi qonun: $d\mathbf{F} =$

			<i>I dIB</i>
7	Magnit kuchi	Magnetic force	V induksiyali magnit maydonida v tezlik bilan harakatlanuvchi q zaryadga ega bo'lgan jismga magnit maydoni tomonidan ta'sir qiluvchi kuch: $F = q \vartheta B$
8	Lorens kuchi	Loren force	V induksiyali magnit maydoni va E kuchlanganlikka ega bo'lgan elektr maydonida v tezlik bilan harakatlanuvchi q zaryadga ega bo'lgan jismga ta'sir qiluvchi natijaviy kuch: $F = qE + q \vartheta B$
9	Elektromagnit induksiyasi	Electromagnetic induction	O'tkazgichdan yasalgan berk konturda shu kontur bilan chegaralangan sirt bo'ylab magnit induksiyasi oqimi vaqt oralig'i mobaynida o'zgarganida elektr toki hosil bo'lishi hodisasi
10	Faradeyning elektromagnit induksiya qonuni	Faradey the law of electromagnetic induction	Konturdagi elektromagnit induksiya EYUK magnit oqimini o'zgartirish usuliga bog'liq emas va son jihatidan shu kontur bilan chegaralangan sirt bo'ylab magnit oqimi o'zgarishi tezligining teskari ishora bilan olingan qiymatiga teng: $E_i = - \frac{dF}{dt}$
11	Kontur induktivligi L	Induktiv contour L	Magnit oqimi va tok orasidagi proporsionallik koeffitsienti (kontur ning o'zida induksion toklar yuzaga keltira olishi qobiliyati)
12	O'zinduksiya EYUK	Induktion thing	Konturdagi tok kuchi o'zgarishi tezligiga to'g'ri proporsional va ishorasi qarama-qarshi bo'lgan fizikaviy kattalik: $E_i = -L \frac{dI}{dt}$
13	Magnit maydoni energiyasi	Magnetic field energy	SHu maydonni yuzaga keltirish uchun bajarilishi lozim bo'lgan

			ishga teng bo'lgan fizikaviy kattalik: $W = \frac{LI^2}{2}$
14	Elektromagnit to'lqin	Electromagnetic waves	O'zgaruvchan elektr va magnit maydonlarining o'zaro bog'liq ravishda fazoda tarqalishi
15	Tebranish konturi	Vibration contour	Erkin elektromagnit tebranishlar yuzaga kelishi mumkin bo'lgan g'altak va kondensatorlardan iborat elektr zanjiri
16	Erkin elektromagnit tebranishlar davri uchun Thomson formulasi	Elektromagnit period Thomson fluctuations	$T = 2\pi \sqrt{LC}$
17	O'zgaruvchan tok	Alternating current	Vaqt mobaynida o'zgaradigan elektr toki
18	To'liq elektr qarshilik yoki impedans	Full electrical resistance yoki impedans	$Z = \sqrt{R^2 + \omega L^2 - \frac{1}{\omega C^2}}$
19	O'zgaruvchan tokning o'rtacha quvvati	Changing a snapshot of current capacity	Kuchlanish va tok kuchi o'rtacha qiymatlarining ko'paytmasi $P_{\text{avg}} = I_{\text{avg}} \cdot U_{\text{avg}}$
210	Issiqlikdan nurlanish	Heat radiation	Atom va molekulalar issiqlik harakati hisobiga sodir bo'ladigan elektromagnit nurlanish
111	Lyuminessensiya	Luminous	Ichki (issiqlik) energiyasidan tashqari har qanday energiya hisobiga sodir bo'ladigan elektromagnit nurlanish
112	Jismning chiqara olish qobiliyati (energetik yorqinlikning spektral zichligi)	The ability to remove an object (Energy is usually bright spectral density)	Birlik chastotalar intervalida jism sirtining birlik yuzasidan chiqayotgan energiya oqimi
213	Jismning yuta olish qobiliyati	The subject is the ability to swallow	Jism tomonidan uning sirti birlik yuzasiga birlik chastotalar intervalida tushayotgan yorug'lik energiyasi oqimining qancha qismi yutilishini ko'rsatuvchi o'lchamsiz kattalik: $\alpha_{\nu, T} =$

			$\frac{dF'_v}{dF_v}$ bu erda dF'_v - yutilgan oqim, dF_v – tushayotgan oqim
214	Absolyut qattiq jism	Absolute rigid body	O‘ziga tushyotgan barcha chastotalar nurlanishini to‘la yutadigan jism, ya’ni uning uchun $\alpha_{v,T} = 1$
215	Kulrang jism	Gray body	Yutish qobiliyati birdan kichik, lekin hamma chastotalar uchun bir xil qiymatli bo‘lgan jism, ya’ni $R' = \sigma T^4$
216	Kirxgof qonuni	Law Kirxgof	Chikarish va yutish qobiliyatlari nisbati jism tabiatiga bog‘liq emas, u barcha jismlar uchun chastota va haroratning bir xil (universal) funksiyasidir
217	Stefan-Bolsmanqonuni	Stefan Bolsman law	Absolyut qora jismning energetik yoritilganligi uning haroratining to‘rtinchi darajasiga to‘g‘ri proporsional: , bu erda σ – o‘zgarmas kattalik
218	Vin siljish qonuni	Vin law	Muvozanat holatidagi nurlanish spektriga nurlanayotgan jism absolyut haroratiga teskari proporsional bo‘lgan energiya maksimumi mos keladigan to‘lqin uzunligi: $\lambda_m = b T$, bunda b – Vin doimiysi.
219	Reley–Jins formulasi	RELAY-Jins equation	$f(v,T) = \frac{2\pi v^2}{c^2} kT$, bu erda $f(v,T)$ – Kirxgof funksiyasi, v – chastota, c – yorug‘likning bo‘shliqdagi tezligi, k –Bolsman doimiysi, T – harorat. Bu munosabat faqatgina katta to‘lqin uzunliklari uchungina tajriba

			ma'lumotlari bilan mos keladi
320	Kvant	Quantum	Modda tomonidan nurlanayotgan yoki yutilayotgan energiyaning chekli porsiyasi. U nurlanish chastotasiga to'g'ri proporsional: $E = h\nu$, bunda $h = 6,625 \cdot 10^{-34}$ Dj* s – Plank doimiysi
321	Plank formulasi	Planck's equation	Kirxgof funksiyasini aniqlovchi formula $f(\nu, T) = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} \frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{kT}}} - 1$
322	Tashqi fotoelektreffekti	Fotoelektr effekt	YOrug'lik nuri ta'sirida moddadan elektronlarning uzilib chiqishi hodisasi
323	Eynshteynning fotoeffekt uchun formulasi	Einstein's equation for mirages	Fotoeffekt hodisasida energiya saqlanishi qonunini ifodalovchi formula: $h\nu = A_{chiq} + \frac{mv_m^2}{2}$, bu yerda m – elektron massasi, ν_m^2 – uzilib chiqqan elektronlarning maksimal tezligi kvadrati, A- chiqish ishi, ν – nurlanish chastotasi
324	Foton	Foton	Elektromagnit nurlanish kvanti; massasiz va spini 1 ga teng bo'lgan neytral elementarzarra; zaryadlangan zarralar orasidagi elektromagnit o'zaro ta'sir uzatuvchisi.
325	Balmerning umumlashgan formulasi	Balmes general equation	Vodorod atomi spektrini ifodalovchi formula: $\nu = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$, bu erda ν – spektral chiziqlik chastotasi, m va n – butun sonlar, $m = 1, 2, \dots, 6$ (chiziqlar seriyasi tartibi), $n = m + 1, m + 2, \dots$, $R = 3,29 \cdot 10^{-15} \text{ s}^{-1}$ – Ridberg doimiysi
326	Borning birinchi postulati	Born in the first postulati	Ichki energiyaning ma'lum kvantlangan qiymatlariga mos

			keluvchi atom statsionar holatlarining mavjudligini ta'kidlovchi ilmiy faraz
327	Borning ikkinchi postulati (chastotalar qoidasi)	Born the second postulati (frequencies policy)	Atomning bir statsionar holatdan boshqa statsionar holatga o'tishi shartlarini izohlovchi ilmiy faraz
328	Kvant sonlari	Quantum numbers	Kvant sistemalari (atom yadrosi, atom, molekula va boshqalar) va alohida subatom zarralarni tavsiflovchi fizikaviy kattaliklarning mumkin bo'lgan diskret qiymatlarini aniqlovchi butun yoki kasr sonlar
329	De-Broyl to'liqini	De-Broiler wave	Materiyaning universal zarra-to'liqin dualizmining namoyon bo'lishi: har qanday energiya va impulsiga ega zarraga to'liqin uzunligi $\lambda_{DB} = \frac{h}{p}$ va chastotasi $\nu = \frac{E}{h}$ ga teng de-Broyl to'liqini deb ataluvchi to'liqin mos keladi. Bu erda h —Plank doimiysi. De-Broyl to'liqlari ehtimollik to'liqlari deb izohlanadi; ularning mavjudligi haqida 1924 yilda L. de Broyl fikr bildirgan. Bu fikr xususan elektronlar difraksiyasini kuzatish orqali tasdiqlangan.
430	To'liqin paketi	Wave packet	CHastotalari bo'yicha bir-biridan kam farqlanuvchi to'liqlar superpozitsiyasi
431	Gruppaviy tezlik	When issuing speed	To'liqin paketi amplitudasi maksimal bo'lgan nuqtaning ko'chish tezligi
432	To'liqin funksiyasi (psi-funksiya)	Wave function (Psi-function)	Holat vektori. Kvant mexanikasida sistema holatini ifodalovchi va ehtimollikni va uni tavsiflovchi fizikaviy kattaliklar o'rtacha qiymatlarini topishga imkon beruvchi asosiy kattalik. To'liqin funksiyasi

			modulining kvadrati berilgan holat ehtimoligiga teng, shuning uchun to‘lqin funksiyasini ehtimollik amplitudasi deb ham atashadi.
433	To‘lqin funksiyasining normirovka sharti	Wave function provided	Butun fazo bo‘ylab to‘lqin funksiya moduli kvarratidan olingan integral 1 ga teng: $\psi^* \psi dV = 1$
434	To‘lqin funksiyalarisuperpozitsiyaprinsipi	Principle of the wave functions of the super position	Agar ψ_1 va ψ_2 lar zarraning qandaydir ikkita holatini ifodalovchi to‘lqin funksiyalari bo‘lsa, u holda bu funksiyalarining ixtiyoriy chiziqli kombinatsiyasi $C_1\psi_1 + C_2\psi_2$ ham shu zarraning qandaydir boshqa holatini ifodalovchi to‘lqin funksiyasi hisoblanadi (C_1 va C_2 lar ixtiyoriy kompleks sonlar).
435	Geyzenbergning noaniqlik prinsipi	Principle of Uncertainty Geyzenber	Mikrozarra bir vaqtning o‘zida ma’lum bir koordinata x, y, z va ma’lum bir mos impuls p_x, p_y, p_z ga ega bo‘la olmaydi. Bu kattaliklarning noaniqligi quyidagi shartlarga bo‘ysunadi: $\Delta x \Delta p_z \geq h, \Delta y \Delta p_y \geq h, \Delta x \Delta p_x \geq h$
436	Shredinger tenglamasi	Shredinger equation	Norelyativistik kvant mexanikasining asosiy tenglamasi. Bu tenglama kuch maydonidagi zarra to‘lqin funksiyasini aniqlaydi va $U(x, y, z, t)$ fuknsiyasi bilan ifodalanadi: $-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \psi + U\psi = i\hbar \frac{d\psi}{dt},$ bu yerda m – zarra massasi, i – mavhum birlik, Δ –Laplas operatori.

437	Statsionar holatlar uchun SHredinger tenglamasi	Fixed cases equation SHredinger	Statsionar U x, y, z kuch maydoni uchun SHredinger tenglamasi $\Delta\psi + \frac{2m}{\hbar^2} E - U \psi$; bu yerda E –zarraning to‘liq energiyasi
438	Tunnel effekti	Tunnel effect	Zarraning potensial to‘siq orqali o‘tishi hodisasi
439	Potensial to‘siqning shaffoflik koefitsienti	Engel's coefficient of transparency of the potential	To‘siqdan o‘tgan de-Broyl to‘lqini amplitudasi moduli kvadratining to‘siqqa tushayotgan de-Broyl to‘lqini amplitudasi moduli kvadratiga nisbatiga teng bo‘lgan fizikaviy kattalik: $D = \frac{A_{o't}^2}{A_{tush}^2}$
540	Nolinchi energiya	Zero energy	Garmonik ossillyator energiyasining mumkin bo‘lgan eng kichik qiymati: $E_0 = \frac{1}{2\hbar\omega}$
541	Orbital kvantsoni l	Orbital quantum numbers	Berilgan bosh kvant soni n uchun $l=0,1,\dots(n-1)$ qiymatlarni qabul qiluvchi va atomdagi impuls momentini aniqlovchi butun son
542	Magnit kvantsoni m_l	Magnetic quantum m_l	Berilgan l soni uchun $m = 0, \pm 1, \pm 2 \dots \pm l$ qiymatlarni qabul qiluvchi va elektronning ma’lum yo‘nalishga impuls momenti proeksiyasini aniqlovchi butun son
543	Spin	Spin	Mikrozarraning kvant tabiatiga ega va zarraning butunligicha harakati bilan bog‘liq bo‘lmagan xususiy harakat miqdori momenti; Plank doimiysi ga karrali qiymatlarda butun (0, 1, 2,...) yoki yarim butun bo‘lish mumkin($1/2, 3/2, \dots$).
544	Magnit spin kvant	The magnetic spin	Tashqi magnit maydoniga spin

	soni	quantum number	proeksiyasini aniqlaydi
545	Pauli prinsipi	Pauli principle	Tabiatning fundamental qonuni. Unga ko'ra kvant sistemasida ikkita (yoki undan ko'p) yarim butun spinga ega bo'lgan aynan bir xil zarralar bir xil holatda joylasha olmaydilar.
546	Molekulyar kristallar	molecular crystals	Panjara tugunlarida ma'lum bir tartibda orientatsiyalangan, bir-birlari bilan Van-der-Vaals kuchlari bilan ta'sirlashuvchi molekulalar joylashgan kristallar
547	Fermi-Dirak taqsimoti funksiyasi	Fermi-Dirac distribution function	Turli energiyaga ega bo'lgan holatlar bo'yicha elektronlar taqsimotini ifodalovchi funksiya: $f(E) = \frac{1}{e^{\frac{E-E_F}{kT}} + 1}$, bu yerda k –Bolsman doimiysi, T – harorat, E_F –Fermi sathi.
548	Yarim o'tkazgichlar	Semiconductors	Normal haroratlarda $10^{-5} \div 10^8$ Om·m diapazonidagi solishtirma qarshiligiga ega bo'lgan, lekin harorat ortishi bilan bu parametri tez kamayuvchi moddalar
549	Kovak	Koval	Elektronning o'tkazuvchanlik sohasiga o'tishi natijasida valent sohasida hosil bo'lgan vakant joy
650	n– tipdagi yarim o'tkazgich	n-type semiconductor	Elektron mexanizmli o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan kirishmali yarim o'tkazgich
651	P – tipli yarim o'tkazgich	p-type semiconductor	Kovak mexanizmli o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan kirishmali yarim o'tkazgich
652	p–n o'tish	p n	Kristallning kirishmali o'tkazuvchanlik tiplari bilan farqlanuvchi ikki sohasi oralig'i chegarasidagi yupqa qatlam
653	Massa atom birligi (m.a.b.)	Atomic mass unit (m.a.b.)	Massaning yadro fizikasida yadrolar massalarini taqqoslash

			maqsadida qabul qilingan hosilaviy birligi. U $^{12}\text{C}^{60}$ izotopi massasining 1/12 qismiga teng bo'lgan qiymati bilan aniqlanadi: $1 \text{ m.a.b.} \sim 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
654	Yadro massasining defekti	Nuclear mass defect	YAdroni tashkil qilgan nuklonlar massalari yig'indisidan yadro massasining ayirmasini tavsiflovchi fizikaviy kattalik
655	Radioaktivlik	Radioactivity	Atom yadrolarining o'z-o'zidan elementar zarralar chiqarib boshqa yadrolarga aylanishi
656	Emirilish doimiysi	Decay constant	Berilgan radiaktiv moddaning vaqt birligi mobaynidagi emirilishi ehtimolligiga teng bo'lgan o'zgarmas miqdor
657	Yarim emirilish davri	Half-decay period	boshlang'ich holatdagi yadrolar miqdorining teng yarmi emirilishi uchun zarur bo'lgan vaqt oralig'i
658	Radioaktiv preparat aktivligi	Prep-rat activity radioactive	Birlik vaqt oralig'i mobaynidagi preparatdagi parchalanishlar soni
659	Yadro reaksiyasi	Nuclear reaction	Atom yadrosining elementar zarra yoki boshqa yadro bilan kuchli o'zaro ta'sirlashishi natijasida boshqa bir yadro (yoki yadrolar)ga aylanishi jarayoni
760	Kritik massa	Critical mass	Bo'linayotgan moddaning zanjir bo'linish reaksiyasi boshlanadigan minimal massasi

VIII. ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Douglas C. Giancoli , Physics: Principles with Applications, Prentice Hall; 7th edition, 2014, USA.
2. Raymond A. Serway , John W. Jewett . Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics, Cengage Learning; 9 th edition, 2013, Brooks/cole
20 Channel Center Street Boston, MA 02210 USA.
3. Gaur and Gupta. Engineering Physics. Dhanpat rai publication. 2012 y.
4. Timoshenko and Young. Engineering Mechanics. Dhanpat rai publication. 2012 y.
5. Dr.P. Mani. Engineering Physics. AnnaUniversity Regulation. 2013 y.
6. Neeraj Mehta. Applied Physics for Engineers, New Delhi. 2011 y.
7. Sultanov N. Fizika kursi. Darslik, T: Fan va Texnologiya, 2007
8. Qodirov O., Boydedayev A. Fizika kursi. Qism-3: Kvant fizikasi –
T:O'zbekiston,2005.
9. Ismoilov M.,Xabibullaev P.K.,Xaliulin M. Fizika kursi. Darslik, T: O'zbekiston, 2000.
10. Abduraxmonov K.P., Egamov O'. Fizika kursi. Darslik –Toshkent, 2010.
11. Kamolxo'jaev SH.M., Gaibov A.G., Ximmatqulov O. Mexanika va molekulyar fizikadan ma'ruzalar matni. ToshDTU, 2003.

Qo'shimcha adabiyotlar:

1. Detlaf A.A., Yavorskiy B.M., Kurs fiziki.Uchebnik -M.: “Akademiya”, 2007
2. Tro
fimova T.I. Kurs fiziki.Uchebnik. -M.: «Akademiya», 2007
3. Kamolxo'jaev SH.M., Gaibov A.G., Eshkulov A. «Elektr va magnetizm»
qismidan laboratoriya ishlari to'plami.O'quv qo'llanma -T: ToshDTU,2005
4. Yusupov D.B., Komolo'jaev Sh.M., Gaibov A.G., Uzoqov A.A. Fizika
fanidan
laboratoriya ishlari uchun uslubiy ko'rsatma .- T: ToshDTU, 2015
5. Yusupov D.B., Ximmatkulov O., Eshkulov A.A. Metodicheskie ukazaniya k
laboratornqm rabotam po distsipline «Fizika» ,chast I. - T: TGTU, 2015
6. Yusupov D.B.,.Uzoqov A.A. Metodicheskie ukazaniya k laboratornim rabotam
po fizike chastg' II, -T: TGTU, 2010.
7. Yusupov D.B. Uchebno-metodicheskoe posobie dlya prakticheskix zanyatiy po
razdelu “Kvantovaya mexanika”-T: TGAI, 2003.
8. Maysova V.V. Praktikum po kursu obo'ey fiziki.Uchebnik -M.: Nauka, 1995
9. Chertov A., Vorobev A. Fizikadan masalalar to'plami. Darslik -T.: O'zbekiston,
1997

Internet saytlari:

1. www.ziynet.uz;
2. www.lex.uz;
3. www.bilim.uz;
4. www.gov.uz.
5. www.phys.ru.
6. www.google.ru.