Электрон манзил: usmanovmansur@mail.ru

K08	227	1589	2043	2497	86260
K08	ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛ МУЛК АГЕНТЛИГИ-11/2016				

Хукук эгаси: Усманов Мансуржон Мамуржонович

Муаллифнинг рухсатисиз китоб дўконларида сотиш такиқланади.

Қўлланмани республикамиздаги барча абитуриентлар, репетиторлар, китоб дўконлари, академик лицейлар ва ўқув марказлари нақд пул ва пул ўтказиш йўли орқали муаллифдан олишлари мумкин. Қўлланмани Республиканинг барча туманларига етказиб бериш бўйича тафсилий ишларни муаллиф ўз зиммасига олади.

Tel: (+99893) 378-33-63, (+99897) 759-77-63, (+99890) 808-03-27

Электрон манзил: usmanovmansur@mail.ru

F

(O

- M
- SUYUQLIK VA GAZLAR MEXANIKASI
- MEXANIK TEBRANISHLAR VA TO'LQINLAR
- MOLEKULYAR FIZIKA VA TERMODINAMIKA
- ELEKTROSTATIKA
- O'ZGARMAS TOK
- TURLI MUHITLARDA ELEKTR TOKI
- MAGNETIZM
- ELEKTROMAGNIT TEBRANISHLAR VA TO'LQINLAR
- OPTIKA
- NISBIYLIK NAZARIYASI VA KVANT FIZIKASI
- ATOM FIZIKASI

- **320 dan ko'p asosiy formulalar**
- **2600 dan ko'p keltirilgan formulalar**
- **1800 dan ko'p nazariy savollar**
- **2700 dan ko'p nazariy savollarga javob**

Taklif va mulohazalar uchun tel: (+99893) 378-33-63, (+99897) 759-77-63, (+99890) 808-03-27,

Elektron manzil: usmanovmansur@mail.ru

ISBN 978-9943-383-94-4

M. Usmanov

FIZIKA

Oliy o'quv yurtlariga kiruvchilar uchun

QO'LLANMA

«NAVRO'Z»

M. Usmanov

FIZIKA

(Oliy o'quv yurtlariga kiruvchilar uchun)

QO'LLANMA

"NAVRO'Z"
Toshkent 2016

UO'K: 70.5.8.74
KBK: 75.10 (5O'zb)
U -56

Toshkent Axborot Texnologiyalari Universiteti qoshidagi 2-sonli akade-mik litseyi ilmiy pedagogik kengashining 2016 yil 30 avgustda bo'lib o'tgan 1-sonli majlisi bayonnomasiga asosan oliy o'quv yurtlariga kiruvchilar uchun tavsiya etilgan.

Taqrizchilar

TATU qoshidagi 2-sonli akademik litseyi bosh o'qituvchisi
m-f. f.n. M. N. Mirahmedov
TFI Fizika, matematika va AT kafedrasi katta o'qituvchisi
m-f. f.n. B. A. Abdurahmonov

Ushbu metodik qo'llanma o'rta maxsus kasb hunar ta'limida fizikadan o'tiladigan barcha mavzularni o'z ichiga qamrab olgan bo'lib, unda oliy o'quv yurtlariga kirishdagi test sinovlarida uchraydigan savol va masalalarni yechishga mo'ljallangan asosiy qonunlar, ta'riflar va formulalar keltirilgan. Qo'llanma fizikadan ma'lum bilim va ko'nikmalarga ega bo'lgan o'quvchilar uchun mo'ljallangan.

Metodik qo'llanma o'rta maktab, akademik litsey va kasb hunar kollejlari o'qituvchilarini dars o'tish jarayonida berilgan mavzuni o'quvchilarga to'la yetkazib berishida katta yordam beradi.

Oliy o'quv yurtlari imtihonlariga tayyorlanayotgan abiturient yuqori natijalarga erishishi uchun qo'llanmada keltirlgan 320 dan ko'p asosiy formulalarni yoddan bilishi, 2600 dan ko'p keltirilgan formulalarni ularga doir masalalar yechish davomida keltirib chiqarishi va qo'llanmada keltirilgan 1800 dan ko'p nazariy savollarga javob bera olishi kerak.

Qo'llanma oxiridagi alfavit katalogi (kitob beti bo'yicha) fizik kattaliklar, hodisalar, jarayonlar va boshqa fizik terminlar haqidagi ma'lumotlarni uni qo'llanmaning qaysi betida joylashganligi to'g'risida ma'lumot berish orqali abiturientga test savollariga javob berish va masalalarni yechishda yordam beradi va abiturientning vaqtini tejaydi.

*Qo'lingizdagi kitob muallifning **"Fizikadan savol va masalalar to'plami. Oliy o'quv yurtlariga kiruvchilar uchun"** nomli qo'llanmasi bilan o'zaro uyg'unlash-tirilgan.*

Muallif respublikamizdagi barcha repititorlar bilan tajriba almashinishni taklif etadi. Qo'llanma yuzasidan taklif va mulohazalar bo'lsa, **(+99893) 378-33-63, (+99890) 808-03-27, (+99897) 759-77 63** tel. ga yoki usmanovmansur@mail.ru manziliga murojaat qilishingiz mumkin.

Mazkur qo'llanmani muallifning ruxsatisiz ko'paytirish va kitob do'konlarida sotish man etiladi.

ISBN 978-9943-383-94-4

© Mansurjon Usmanov, 2016

Усмонов Азизбек,

MUNDARIJA

KINEMATIKA
1-§. Moddiy nuqtaning harakati.....9
2-§. To'g'ri chiziqli tekis harakat.....10
3-§. To'g'ri chiziqli tekis haraatni grafik usulda tasvirlash.....11
4-§. Harakat nisbiyligi va tezliklarni qo'shish.....12
5-§. To'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan bo'lmagan notekis harakat.....14
6-§. To'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakat.....15
7-§. Notekis harakatni grafik usuldada tasvirlash.....17
8-§. Jismlarning erkin tushishi.....20
9-§. Jismning aylana bo'ylab tekis harakati.....22
10-§. Aylana bo'ylab tekis harakatni uzatish.....24
11-§. Aylana bo'ylab notekis harakat.....25
12-§. Gorizontal otilgan jism harakati.....26
13-§. Gorizontga burchak ostida otilgan jism harakati.....28

DINAMIKA
14-§. Zichlik va massa. Nyutonning birinchi qonuni. Inersiyal sanoq sistemalar. Galileyning nisbiylik prinsipi..... 29
15-§. Nyutonning uchinchi qonuni.....31
16-§. Markazga intilma va markazdan qochma kuchlar.....32
17-§. Butun olam tortishish qonuni. Erkin tushish tezlanishi.....33
18-§. Og'irlik va og'irlik kuchi.....34
19-§. Kosmik tezliklar.....36
20-§. Elastiklik kuchi. Guk qonuni.....37
21-§. Prujinalarni ketma-ket va parallel ulash.....39
22-§. Ishqalanish kuchlari.....40
23-§. Qiya tekislikda ishqalanish kuchi ta'siridagi harakat.....42
24-§. Gorizontal va vertikal tekislkda bir necha kuch ta'siridagi harakat 43
25-§. Qiya tekislikda bir necha kuch ta'siridagi harakat.....47
26-§. Ko'chmas blok. Ko'char blok.....49
27-§. Jism va kuch impulsi.....50
28-§. Impulsning saqlanish qonuni.....51
29-§. Mexanik ish.....54
30-§. Kinetik va potensial energiya.....56
31-§. Mexanik energiya va ish orasidagi bog'liqlik.....56
32-§. Mexanik energiyaning saqlanish qonuni.....58
33-§. Quvvat.....60

STATIKA
34-§. Jismlarning muvozanati. Kuch momenti.....60

SUYUQLIK VA GAZLAR MEXANIKASI

35-§. Bosim va uning o'lchov birligi.....65
36-§. Suyuqlik va gazlar uchun Paskal qonuni. Gidravlik press.....65
37-§ Suyuqlikning og'irlik kuchi ta'sirida idish tubi va devorlariga bosimi...66
38-§. Atmosfera bosimi.....67
39-§ Arximed kuchi.....68
40-§. Suyuqliklarning trubalardagi harakati.....71

MOLEKULYAR FIZIKA VA TERMODINAMIKA

41-§ Molekulyar-kinetik nazariyaning asoslari. Broun harakati.....73
42-§. Diffuziya hodisasi. Molekulalarning o'zaro ta'siri.....74
43-§. Ideal gaz molekulyar-kinetik nazariyaning tenglamasi.....75
44-§. Temperatura. Temperaturaning absolyut shkalasi.
Gazlarda temperatura va tezlik orasidagi bog'liqlik.....76
45-§. Klapeyron tenglamasi.....77
46-§. Boyl — Mariott qonuni.....77
47-§. Gey-Lyussak qonuni.....79
48-§. Sharl qonuni.....80
49-§. Ideal gaz holat tenglamasi.....81
50-§. Jismlarning ichki energiyasi.....82
51-§. Issiqlik miqdori.....82
52-§. Yoqilg'ining yonish issiqligi.....83
53-§. Issiqlik balansi tenglamasi.....84
54-§. Termodinamikada ish tushunchasi.....84
55-§. Termodinamikaning birinchi qonuni.....85
56-§. Izotermik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni.....85
57-§. Izobarik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni.....85
58-§. Izoxorik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni.....86
59-§. Adiabatik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni.....86
60-§. Issiqlik dvigatellari. Issiqlik mashinaning foydali ish koeffitsiyenti.....88
61-§. Qaynash. Qaynash temperaturasining bosimga bog'liqligi.....89
62-§. Bug' hosil bo'lishi va kondensatsiya. Bug' hosil bo'lishning
solishtirma issiqligi.....89
63-§. To'yingan va to'yinmagan bug'.....90
64-§. Absolyut va nisbiy namlik.....92
65-§. Suyuqliklarda sirt taranglik.....93
66-§. Xo'llash.....94
67-§. Kapillyar hodisalar.....94
68-§. Kristall va amorf jismlar.....95
69-§. Erish va qotish.....95
70-§. Qattiq jismlarning mexanik xossalari va deformatsiyasi.....96
71-§. Jismlarning issiqlikdan kengayishi.....99

MEXANIK TEBRANISH VA TO'LQINLAR

72-§. Tebranma harakat. Garmonik tebranishlar.....100
73-§. Matematik mayatnik.....101
74-§. Prujinali mayatnik.....104
75-§. Garmonik tebranishlar.....106
76-§. Erkin va majburiy tebranishlar. Rezonans.....107
77-§. To'lqinlar. Bo'ylama va ko'ndalang to'lqinlar.....107
78-§. Tovush to'lqinlari.....108

ELEKTROSTATIKA

79-§. Elektr zaryadi va uning ikki turi. Elementar zaryad. 110
80-§. Kulon qonuni. Zaryad sirt zichligi.....112
81-§. Elektr maydon va uning kuchlanganligi.....112
82-§. Bir jinsli zaryadlangan cheksiz tekislikning elektr maydoni.....115
83-§. Bir jinsli zaryadlangan shar va sferaning elektr maydoni.....116
84-§. Elektr maydonda o'tkazgichlar. O'tkazgich ichidagi elektr maydoni...117
85-§. Elektr maydonidagi dielektriklar. Dielektriklarning qutblanishi.....117
86-§. Elektr maydonida zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish.
Potensial energiya. Potensial. Potensiallar ayirmasi 118
87-§. Zaryadlangan shar (sfera)ning hosil qilgan potensiali.....121
88-§. Potensiallar ayirmasi va kuchlanganlik orasidagi bog'liqlik.....122
89-§. O'tkazgichning elektr sig'imi.....123
90-§. Kondensator. Kondensatorning elektr sig'imi.....123
91-§. Kondensatorlarni parallel va ketma-ket ulash.....125
92-§. Elektr maydon energiyasi.....129

O'ZGARMAS ELEKTR TOKI

93-§. Elektr toki. Elektr tokining mavjud bo'lish shartlari.
Tok kuchi va tok zichligi.....130
94-§. Zanjirning bir qismi uchun Om qonuni.....131
95-§. O'tkazgichning elektr qarshiligi. Solishtirma qarshilik 132
96-§. O'tkazgichlarni ketma-ket va parallel ulash.....134
97-§. Ampermetr va voltmetrga qo'shimcha qarshilik (shunt) ulash.....135
98-§. Elektr tokining ishi va quvvati. Joul-Lens qonuni.....136
99-§. O'tkazgichlarni ketma-ket va parallel ulangandagi quvvat va ish.....137
100-§. Elektr yurituvchi kuch. Berk zanjir uchun Om qonuni.....139
101-§. Tok manbalarini ketma-ket va parallel ulash.....140
102-§. Butun zanjir uchun Joul-Lens qonini.....143

TURLI MUHITLARDA ELEKTR TOKI

103-§. Metallarning elektronli o'tkazuvchanligi.....144
104-§. Elektrolitlarda elektr toki.....145
105-§. Gazlarda elektr toki.....147
106-§. Termoelektron emissiya hodisasi. Vakuumda elektr toki.....150

107-§. Aralashmali yarim o'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanligi 152

ELEKTROMAGNIT HODISALAR

108-§. Magnit maydon. Toklarning magnit maydoni va ularning o'zaro ta'sirlashuvi.....155
109-§. Magnit maydonida tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuch. Chap qo'l qoidasi.....158
110-§. Bio-Savar-Laplas qonuni. Turli shakldagi tokli o'tkazgichlarning magnit maydon induksiyasi.....159
111-§. Magnit maydonida zaryadli zarrachaning harakati. Lorens kuchi.....161
112-§. Magnit oqimi.....162
113-§. Muhitning magnit singdiruvchanligi. Dia-, para- va ferromagnitlar...163
114-§. Elektromagnit induksiya qonuni. Induksion EYUK.....165
115-§. Lens qoidasi. O'zinduksiya hodisasi.....166
116-§. Induktivlik.....167
117-§. Magnit maydon energiyasi va energiya zichligi.....168

ELEKTROMAGNIT TEBRANISH VA TO'LQINLAR

118-§. Tebranish konturida tebranish davri va chastotasi.....169
119-§. Tebranish konturida energiyaning saqlanish qonuni.....169
120-§. O'zgaruvchan elektr toki.....170
121-§. Aktiv qarshilik.....173
122-§. Induktiv qarshilik.....175
123-§. Sig'im qarshilik.....175
124-§. O'zgaruvchan tokda umumiy qarshilik.....176
125-§. Quvvat koeffitsienti.....177
126-§. Transformatorlar.....179
127-§. Elektromagnit to'lqinlar.....181

GEOMETRIK OPTIKA

128-§. Yorug'likning to'g'ri chiziq bo'ylab tarqalishi. Yorug'lik tezligi.....184
129-§. Fotometriya elementlari.....185
130-§. Yorug'likning qaytish qonuni. Yassi ko'zgudagi tasvir.....186
131-§. Yorug'likning sinish qonuni.....187
132-§. Yorug'likning to'la ichki qaytishi.....189
133-§. Nurlarning uchburchakli prizmadagi yo'li.....190
134-§. Linzalar va ularning optik kuchi.....191
135-§. Linzalarda tasvir yasash.....193
136-§. Linza formulasi.....194
137-§. Optik asboblar.....195

TO'LQIN OPTIKASI

138-§ Yorug'likning to'lqin tabiati.....199
139-§. Yorug'lik interferensiyasi.....202
140-§ Yorug'lik dispersiyasi.....204

141-§. Yorug'lik difraksiyasi.....141
142-§. Yorug'likning qutblanishi.....209
143-§. Infraqizil va ultrabinafsha nurlar.....210
144-§. Nurlanish va Yutilish spektrlari. Spektral analiz 211
145-§. Rentgen nurlari.....212

NISBIYLIK NAZARIYASI

146-§. Eynshteyn postulatlari va tezliklarni qo'shish.....214
147-§. Massa va energiya.....215

YORUG'LIK KVANTI

148-§. Fotoeffekt. Fotonlar.....217
149-§. Fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasi.....219
150-§. Yorug'lik bosimi.....219
151-§. Yorug'likning kimyoviy ta'siri.....220

ATOM VA YADRO FIZIKASI

152-§. Rezerford tajribasi. Atomning planetar modeli. Borning kvant postulatlari.....221
153-§. Atom va uning yadrosining tarkibi.....225
154-§. Zaryadlangan zarralarni tajribada qayd qilish va kuzatish usullari.....226
155-§. Radioaktiv aylanishlar.....227
156-§. Radioaktiv emirilish qonuni.....230
157-§. Izotoplar.....232
158-§. Atom yadrolarining bog'lanish energiyasi.....233
159-§. Yadroviy va termoyadroviy reaksiyalar.....234
160-§. Radioaktiv nurlanishning biologik ta'siri.....238

ILOVALAR

1. Grek alfaviti.....239
2. Miqdor ulushlari va karrali kattaliklar.....239
3. Doimiy fizik kattaliklar.....240
4. Xalqaro birliklar sistemasi (SI)dagi asosiy birliklar.....242
5. Qo'shimcha birliklar (SI).....242
6. Hosilaviy birliklar (SI).....243
7. Qattiq moddalarning zichligi.....246
8. Suyuqliklarning zichligi.....247
9. Gazlarning zichliklari.....247
10. Yoqilg'ining yonish issiqligi.....248
11. Qattiq va suyuq jismlarning solishtirma issiqlik sig'imlari.....248
12. Gazlarning solishtirma issiqlik sig'imi.....248
13. Moddalarning erish va qotish temperaturasi.....249
14. Moddalarning solishtirma erish issiqligi.....249
15. Moddalarning qaynash temperaturasi.....249

16. Qaynash temperaturasining bosimga bog'liq bo'lishi.....250
17. Solishtirma bug'lanish issiqligi.....250
18. Solishtirma qarshilik 250
19. Mustahkamlik chegarasi σ_u va Yung (elastiklik) moduli E 250
20. Suyuqliklarning sirt taranglik koeffitsiyenti.....251
21. To'yingan bug' bosimi va zichligining temperaturaga bog'liqligi 251
22. Psixometrik jadval.....252
23. Moddalarning dielektrik sindiruvchanligi.....252
24. Metallar va qotishmalarning solishtirma qarshiligi (20°C da) va qarshiliklarning temperatura koeffitsiyenti.....253
25. Elektrokimyoviy ekvivalentlar.....253
26. Elektronlarning chiqish ishi.....253
27. Sindirish ko'rsatkichi..... 254
28. Elementar zarralar jadvali.....254
29. Quyosh, Yer va Oy to'g'risidagi ma'lumotlar.....255
30. 0-90°burchaklar uchun sinus, kosinus, tangens va kotangenslar q-tlari... 256
31. D. I. Mendeleevning kimyoviy elementlar davriy sistemasi 258

SAVOLLAR

1. Kinematikaga doir savollar.....260
2. Dinamikaga doir savollar.....264
3. Statikaga doir savollar.....271
4. Suyuqlik va gazlar mexanikasiga doir savollar.....273
5. Molekulyar fizika va termodinamikaga doir savollar.....275
6. Mexanik tebranish va to'lqinlarga doir savollar.....281
7. Elektrostatikaga doir savollar.....285
8. O'zgarmas elektr tokiga doir savollar.....289
9. Turli muhitlarda elektr tokiga doir savollar.....291
10. Elektromagnit hodisalarga doir savollar.....294
11. Elektromagnit tebranish va to'lqinlarga doir savollar.....298
12. Geometrik optikaga doir savollar.....301
13. To'lqin optikasiga doir savollar.....305
14. Nisbiylik nazariyasiga doir savollar.....309
15. Yorug'lik kvantiga doir savollar.....310
16. Atom va yadro fizikasiga doir savollar.....311

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati 316

MEXANIKA

- Fizika so'zi grekcha «fyuzis» so'zidan kelib chiqqan bo'lib, u *tabiat* degan ma'noni anglatadi. Bu so'zni fanga birinchi marta qadimgi Yunon mutafakkiri Aristotel kiritgan.
- Fizika qonunlari u yoki bu hodisalarning miqdoriy xarakteristikalari orasidagi munosabatlar tarzida ifodalanadi. Bu miqdoriy xarakteristikalar *fizik kattaliklar* deb ataladi

Mexanika fizika fanining bir bo'limi bo'lib, u materiya harakatining eng oddiy ko'rinishlari-jismlar (yoki biror jism ayrim qismlari)ning bir-biriga nisbatan ko'chishlarini o'rganadi.

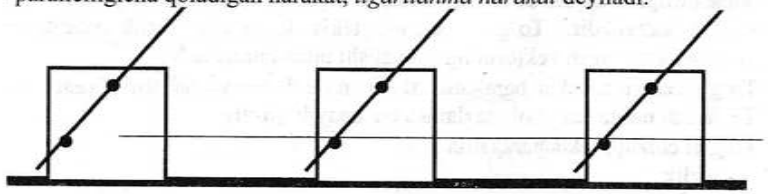
Mexanika uch qismdan iborat.

1. Jism harakatini mazkur harakatga ta'sir ko'rsatuvchi sabablar bilan bog'lamagan holda o'rganuvchi qismi *kinematika* deb ataladi.
2. Jism harakati va unga ta'sir etuvchi kuchlar orasidagi munosabatlarni *dinamika* o'rganadi.
3. Kuchlar ta'siridagi jismlar muvozanatini *statika* o'rganadi.

Umuman, mexanika qonunlari jismning ixtiyoriy paytdagi vaziyatini aniqlash imkonini beradi.

1-§. Moddiy nuqtaning harakati

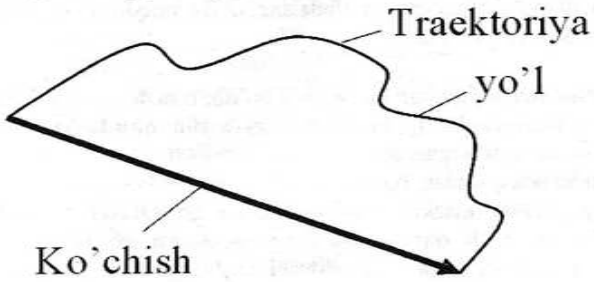
- Vaqt o'tishi bilan jismning boshqa jismlarga nisbatan vaziyatining o'zgartirishiga *mexanik harakat* deyiladi .
- Jismning ixtiyoriy ikki nuqtasini birlashtiruvchi to'g'ri chiziq o'z-o'ziga parallelligicha qoladigan harakat, *ilgarilanma harakat* deyiladi.



Rasm 1. Ilgarilanma harakat

- Muayyan sharoitda o'lchamlarini e'tiborga olmasa ham bo'ladigan jism *moddiy nuqta* deyiladi.
- Bir jismga nisbatan ikkinchi jismning harakati o'rganilayotgan bo'lsa, birinchi jism *sanoq jismi*, ikkinchi jism *o'rganilayotgan jism* deyiladi.
- Sanoq jismi, unga bog'langan koordinatalar sistemasi va vaqtni o'lchaydigan asbob birgalikda *sanoq sistemasi* deyiladi.
- Faqat son qiymatiga ega bo'lgan kattaliklar *skalyar kattaliklar* deyiladi
- Son qiymatidan tashqari yo'nalishga ham ega bo'lgan kattaliklar *vektor kattaliklar* deyiladi.

- Moddiy nuqta (jism)ning o'z harakati davomida uzluksiz chizgan chizig'iga yoki qoldirgan iziga *traektoriya* deyiladi.
- Moddiy nuqta (jism)ning o'z harakati davomida uzluksiz chizgan chizig'i yoki qoldirgan izining uzunligiga *yo'l (yoki bosib o'tilgan yo'l)* deyiladi.
- Traektoriya uzunligi *yo'l* deyiladi.



Rasm 2. Traektoriya, yo'l va ko'chish

- Moddiy nuqta (jism)ning boshlang'ich vaziyati bilan oxirgi vaziyatini tutashtiruvchi yo'nalishli kesma *ko'chish* deyiladi. Ko'chish vektor kattalik.

2-§. To'g'ri chiziqli tekis harakat

- To'g'ri chiziqli traektoriya bo'ylab ilgarilanma harakat qilayotgan moddiy nuqta ixtiyoriy, lekin teng vaqt oraliqlarida bir xil masofaga ko'chsa, *to'g'ri chiziqli tekis harakat* sodir bo'ladi.
- Vaqt birligi yoki bir sekundda bosib o'tilgan yo'lga *tezlik* deyiladi. Tezlik vektor kattalikdir. To'g'ri chiziqli tekis harakatda tezlik vektorining yo'nalishi ko'chish vektorining yo'nalishi bilan aniqlanadi.
- To'g'ri chiziqli tekis harakatda tezlik moduli va yo'nalishi o'zgarmaydi. Tezlanish nolga teng yoki tezlanish bo'lmaydi. (α=0)
- To'g'ri chiziqli tekis harakatda

  → tezlik

  $\bar{\vartheta}=\frac{\bar{S}}{t}$; $\vartheta_x=\frac{S_x}{t}=\frac{x-x_0}{t}$; $\vartheta_y=\frac{S_y}{t}=\frac{y-y_0}{t}$; $\vartheta=\sqrt{\vartheta_x^2+\vartheta_y^2}$

  → yo'l $S=\vartheta\cdot t$; $S_x=\vartheta_x t$; $S_y=\vartheta_y t$; $S_x=S\cos\alpha$; $S_y=S\sin\alpha$

  $S_x=x-x_0$; $S_y=y-y_0$; $S=\sqrt{S_x^2+S_y^2}$; $S=\sqrt{(x-x_0)^2+(y-y_0)^2}$;

  S_x – gorizontal ko'chish, S_y – vertikal ko'chish.

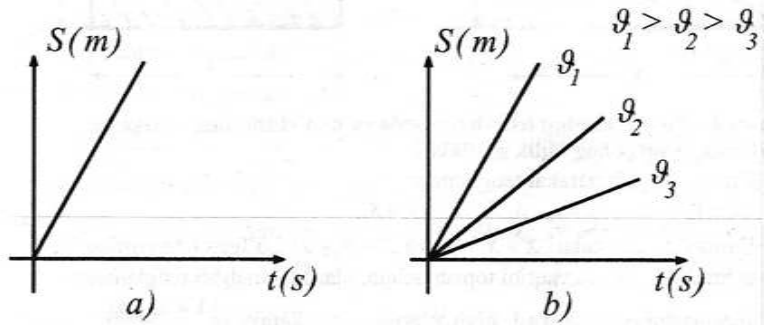
  → vaqt $t=S/\vartheta$
- To'g'ri chiziqli tekis harakatning tenglamasi

  $x=x_0+\vartheta_x\cdot t$; $x=\vartheta_x t$; $y=y_0+\vartheta_y t$; $y=\vartheta_y t$;
- Umumiy holda harakat tenglamasi:

  $X=X_0+S$; $y=y_0+S_y$; $X=X_0+S_x$;

3-§. To'g'ri chiziqli tekis haraatni grafik usulda tasvirlash

- Moddiy nuqta bosib o'tgan yo'lining sarflangan vaqtiga bog'liqligi *harakat qonuni* deb ataladi. To'g'ri chiziqli tekis harakatning qonuni: $S=\vartheta\cdot t$
- To'g'ri chiziqli tekis harakatda tezlikning vaqtga bog'liqlik grafigi vaqt o'qiga parallel bo'lgan to'g'ri chiziqdir.
- Tezlikning vaqtga bog'liqlik grafigidan hosil bo'lgan yuza son jihatdan bosib o'tilgan yo'l yoki ko'chishga teng.
- To'g'ri chiziqli tekis harakatda bosib o'tilgan yo'l (yoki ko'chish) ning vaqtga bog'liqlik grafigi koordinata boshidan o'tuvchi to'g'ri chiziqdir.



Rasm 3. To'g'ri chiziqli tekis harakatda yo'l(ko'chish)ning vaqtga bog'liqlik grafiklari

- $S=f(t)$-bog'liqlikni ifodalovchi grafik harakatning *yo'l grafigi* va $\vartheta=f(t)$-bog'liqlikni ifodalovchi grafik *tezlik grafigi* deyiladi.
- To'g'ri chiziqli tekis harakatda bosib o'tilgan yo'l (yoki ko'chish) ning vaqtga bog'liqlik grafigidan: $\upsilon=\frac{S}{t}=tg\alpha$
- To'g'ri chiziqli tekis harakatda

  → tezlik

  $\bar{\vartheta}=\frac{\bar{S}}{t}$; $\vartheta_x=\frac{S_x}{t}=\frac{x-x_0}{t}$; $\vartheta_y=\frac{S_y}{t}=\frac{y-y_0}{t}$; $\vartheta=\sqrt{\vartheta_x^2+\vartheta_y^2}$

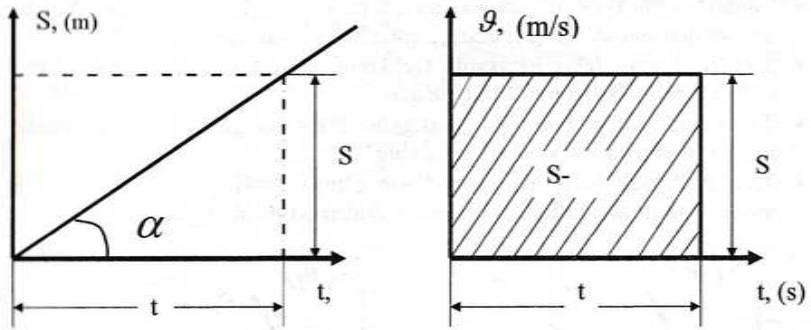
  → yo'l $S=\vartheta\cdot t$; $S_x=\vartheta_x t$; $S_y=\vartheta_y t$; $S_x=S\cos\alpha$; $S_y=S\sin\alpha$

  $S_x=x-x_0$; $S_y=y-y_0$; $S=\sqrt{S_x^2+S_y^2}$; $S=\sqrt{(x-x_0)^2+(y-y_0)^2}$;

  S_x – gorizontal ko'chish, S_y – vertikal ko'chish.

  → vaqt $t=S/\vartheta$
- To'g'ri chiziqli tekis harakatning tenglamasi

  $x=x_0+\vartheta_x\cdot t$; $x=\vartheta_x t$; $y=y_0+\vartheta_y t$; $y=\vartheta_y t$;



Rasm 4. To'g'ri chiziqli tekis harakatda yo'l(ko'chish)ning vaqtga va tezlikning vaqtga bog'liqlik grafiklari

- Umumiy holda harakat tenglamasi:

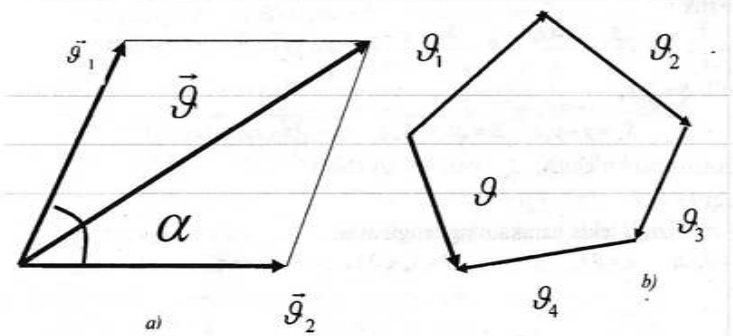
  $X = X_0 + S;\quad y = y_0 + S_y;\quad X = X_0 + S_x;$

- Harakat tenglamalari $X = X_1 + \vartheta_1 t$ va $X = X_2 + \vartheta_2 t$ bo'lgan jismlarning uchrashish joyi va vaqtini topish uchun, ulardan tuzilgan tenglamalar sistemasini echib X va t qiymatlarini topish kerak: $\begin{cases} X = X_1 + \vartheta_1 t \\ X = X_2 + \vartheta_2 t \end{cases}$

4-§. Harakat nisbiyligi va tezliklarni qo'shish

- Agar jism bir vaqtda bir nechta harakatda ishtirok etsa natijaviy tezlik vektori, tashkil etuvchi harakatlar tezlik vektorlarining *geometrik yig'indisiga* teng.
- Tezliklar vektor tarzida (yoki geometrik ravishda) qo'shiladi.

  $\vec{\vartheta} = \vec{\vartheta}_1 + \vec{\vartheta}_2 + \vec{\vartheta}_3 + ... + \vec{\vartheta}_n$



Rasm 5. Tezliklarni vektor tarzda qo'shish usullari

- Xususiy holda jism o'zaro α burchak tashkil etgan ikkita to'g'ri chiziqli harakatda qatnashsa, natijaviy tezlik harakat tezliklari asosida qurilgan *parallellogram diagonali* sifatida topiladi.

  $\vec{\vartheta} = \vec{\vartheta}_1 + \vec{\vartheta}_2;\quad \upsilon = \sqrt{\upsilon_1^2 + \vartheta_2^2 + 2\vartheta_1\vartheta_2 Cos\alpha}$

- Nisbiy tezlikni topish

→ Agar jismlar qarama-qarshi yo'nalishda harakatlansa: $\vartheta_{nis} = \vartheta_1 + \vartheta_2$

→ Agar jismlar bir xil yo'nalishda harakatlansa: $\vartheta_{nis} = \vartheta_1 - \vartheta_2$

→ Agar jismlar perpendikulyar yo'nalishda harakatlansa: $\vartheta_{nis} = \sqrt{\vartheta_1^2 + \vartheta_2^2}$

→ Agar jismlar o'zaro α burchak ostida harakatlansa: $\vartheta_{nis} = \sqrt{\vartheta_1^2 + \vartheta_2^2 - 2\vartheta_1\vartheta_2 \cos\alpha}$

→ Qarama-qarshi yo'nalishda harakatlanayotgan l_1 va l_2 uzunlikdagi ikki jismning bir-birining yonidan o'tish vaqti: $t = \frac{l_1 + l_2}{\vartheta_1 + \vartheta_2}$

→ Bir xil yo'nalishda harakatlanayotgan l_1 va l_2 uzunlikdagi ikki jismning bir-birining yonidan o'tish vaqti: $t = \frac{l_1 + l_2}{\vartheta_1 - \vartheta_2}$

→ l_1 uzunlikdagi mashinalar qatori (poezd)ning l_2 uzunlikdagi ko'prik (tunnel)dan o'tish vaqti: $t = \frac{l_1 + l_2}{\vartheta}$

- Kater daryoda S masofaga oqim yo'nalishida t_1 vaqtda borib, t_2 vaqtda qaytib kelgan bo'lsa:

→ ϑ_0 - oqim tezligi: $\vartheta_0 = \frac{t_2 - t_1}{2t_1t_2} \cdot S$

→ ϑ_k - kater tezligi: $\vartheta_k = \frac{t_2 + t_1}{2t_1t_2} \cdot S$

→ kater va oqim tezliklari munosobati: $\vartheta_k = \frac{t_2 + t_1}{t_2 - t_1} \cdot \vartheta_0$

→ kater borib-kelishidagi o'rtacha tezlik: $\vartheta_{o'r} = \frac{4t_1t_2}{(t_1 + t_2)^2} \cdot \vartheta_k;\quad \vartheta_{o'r} = \frac{4t_1t_2}{t_2^2 - t_1^2} \cdot \vartheta_0$

- Jism bir vaqtning o'zida ikkita harakatda ishtirok etganda natijaviy tezlik:

→ tezliklarning yo'nalishi qarama-qarshi bo'lsa: $\vartheta_{nat} = \vartheta_2 - \vartheta_1$

→ tezliklarning yo'nalishi bir xil bo'lsa: $\vartheta_{nat} = \vartheta_1 + \vartheta_2$

→ tezliklarning yo'nalishi o'zaro perpendikulyar bo'lsa: $\vartheta_{nat} = \sqrt{\vartheta_1^2 + \vartheta_2^2}$

→ tezliklarning yo'nalishi o'zaro α burchak tashkil etsa: $\vartheta_{nat} = \sqrt{\vartheta_1^2 + \vartheta_2^2 + 2\vartheta_1\vartheta_2 \cos\alpha}$

- Tezlikning o'zgarishi - $\Delta\vartheta$:

→ jism tezligi qarama-qarshi yo'nalishga o'zgarsa: $\Delta\vartheta = \vartheta_1 + \vartheta_2$

→ jism tezligining yo'nalishi oldingi yo'nalishda qolsa: $\Delta\vartheta = \vartheta_1 - \vartheta_2$

→ jism tezligi perpendikulyar yo'nalishga o'zgarsa: $\Delta\vartheta = \sqrt{\vartheta_1^2 + \vartheta_2^2}$

→ jism tezligining yo'nalishi α burchakka o'zgarsa: $\Delta\vartheta = \sqrt{\vartheta_1^2 + \vartheta_2^2 - 2\vartheta_1\vartheta_2 \cos\alpha}$

- Agar vertalyot tekis harakatlanib tik ko'tarilayotgan bo'lsa, uning parragi uchidagi nuqtalarning vertalyot korpusi bilan bog'langan sanoq sistemasidagi traektoriyasi aylanadan iborat bo'ladi.
- Agar vertalyot tekis tezlanuvchan harakatlanib tik ko'tarilayotgan bo'lsa, uning parragi uchidagi nuqtalarning vertalyot korpusi bilan bog'langan sanoq sistemasidagi traektoriyasi aylanadan iborat bo'ladi.
- Agar vertalyot tekis sekinlanuvchan harakatlanib tik ko'tarilayotgan bo'lsa, uning parragi uchidagi nuqtalarning vertalyot korpusi bilan bog'langan sanoq sistemasidagi traektoriyasi aylanadan iborat bo'ladi.
- Agar vertalyot tekis harakatlanib tik ko'tarilayotgan bo'lsa, uning parragi uchidagi nuqtalarning Yerdagi kuzatuvchiga nisbatan traektoriyasi vintsimon bo'ladi.
- Agar vertalyot tekis tezlanuvchan harakatlanib tik ko'tarilayotgan bo'lsa, uning parragi uchidagi nuqtalarning Yer bilan bog'langan sanoq sistemasidagi traektoriyasi ortuvchi qadamli vintsimon bo'ladi.
- Agar vertalyot tekis sekinlanuvchan harakatlanib tik ko'tarilayotgan bo'lsa, uning parragi uchidagi nuqtalarning Yer bilan bilan bog'langan sanoq sistemasidagi traektoriyasi kamayuvchi qadamli vintsimon bo'ladi.

5-§. To'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan bo'lmagan notekis harakat

- Moddiy nuqtaning teng vaqt oraliqlaridagi ko'chishlari teng bo'lmagan harakati *notekis (o'zgaruvchan) harakat* deyiladi. Boshqacha aytganda, vaqt o'tishi bilan tezligi o'zgaradigan harakat *o'zgaruvchan (notekis) harakat* deb ataladi.
- Moddiy nuqtaning muayyan bir paytdagi yoki traektoriyaning ma'lum nuqtasidagi tezligiga *oniy tezlik* deyiladi .
- Berilgan vaqt momentidagi tezlik *oniy tezlik* deyiladi .
- Oniy tezlik:

  →qoidasiga asosan: $\vartheta = \frac{\Delta S}{\Delta t}$
- Notekis harakatda o'rtacha tezlik

→qoidasiga asosan: $\vartheta_{o'r} = \frac{S_{um}}{t_{um}}$; $\vartheta_{o'r} = \frac{S_1 + S_2 + S_3}{t_1 + t_2 + t_3}$; $\vartheta_{o'r} = \frac{\vartheta_1 t_1 + \vartheta_2 t_2 + \vartheta_3 t_3}{t_1 + t_2 + t_3}$;

$$\vartheta_{o'r} = \frac{S_1 + S_2 + S_3}{S_1/\vartheta_1 + S_2/\vartheta_2 + S_3/\vartheta_3};$$

→ vaqt teng ikkiga bo'linganda: $\vartheta_{o'r} = \frac{\vartheta_1 + \vartheta_2}{2}$

→ yo'l teng ikkiga bo'linganda: $\vartheta_{o'r} = \frac{2\vartheta_1\vartheta_2}{\vartheta_1 + \vartheta_2}$

→ $\frac{1}{4}\left(\frac{S}{4}\right) \to \vartheta_1$, $\frac{3}{4}\left(3\frac{S}{4}\right) \to \vartheta_2$ → $\vartheta_{o'r} = \frac{4\vartheta_1\vartheta_2}{\vartheta_2 + 3\vartheta_1}$

→ $\frac{1}{3}\left(\frac{S}{3}\right) \to \vartheta_1$, $\frac{2}{3}\left(2\frac{S}{3}\right) \to \vartheta_2$ → $\vartheta_{o'r} = \frac{3\vartheta_1\vartheta_2}{\vartheta_2 + 2\vartheta_1}$

→ $\frac{1}{4}\left(\frac{t}{4}\right) \to \vartheta_1$, $\frac{3}{4}\left(3\frac{t}{4}\right) \to \vartheta_2$ → $\vartheta_{o'r} = \frac{\vartheta_1 + 3\vartheta_2}{4}$

→ $\frac{1}{3}\left(\frac{t}{3}\right) \to \vartheta_1$, $\frac{2}{3}\left(2\frac{t}{3}\right) \to \vartheta_2$ → $\vartheta_{o'r} = \frac{\vartheta_1 + 2\vartheta_2}{3}$

→ Yo'l teng 3 bo'lakka bo'lingan bo'lsa: $S_1 = S_2 = S_3 = S/3$

$$\vartheta_{o'r} = \frac{3\vartheta_1\vartheta_2\vartheta_3}{\vartheta_1\vartheta_2 + \vartheta_1\vartheta_3 + \vartheta_2\vartheta_3}$$

6-§. To'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakat

- Moddiy nuqtaning teng vaqt oraliqlaridagi ko'chishlari teng bo'lmagan harakati *notekis (o'zgaruvchan) harakat* deyiladi. Boshqacha aytganda, vaqt o'tishi bilan tezligi o'zgaradigan harakat *o'zgaruvchan (notekis) harakat* deb ataladi.
- Moddiy nuqtaning muayyan bir paytdagi yoki traektoriyaning ma'lum nuqtasidagi tezligiga *oniy tezlik* deyiladi .
- Berilgan vaqt momentidagi tezlik *oniy tezlik* deyiladi .
- Oniy tezlik:

  →qoidasiga asosan: $\vartheta = \frac{\Delta S}{\Delta t}$

  → tekis tezlanuvchan harakat uchun:

  $\vartheta = \vartheta_0 + at$; $\vartheta = \sqrt{\vartheta_0^2 + 2aS}$; $\vartheta = \frac{2S}{t} - \vartheta_0$

  → tekis sekinlashuvchan harakat uchun: $\vartheta = \vartheta_0 - at$;

  → tekis sekinlashuvchan harakatda yo'lning boshida ϑ_1, o'rtasida ϑ_2 va oxirida ϑ_3 tezliklar orasidagi munosabat: $\vartheta_2^2 = \frac{\vartheta_1^2 + \vartheta_3^2}{2}$
- Notekis (o'zgaruvchan) harakatda umumiy bosib o'tilgan yo'lning (shu yo'lni bosib o'tish uchun ketgan) umumiy vaqtga nisbati o'rtacha tezlik deyiladi .
- To'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakatda o'rtacha tezlik: $\vartheta_{o'r} = \frac{\vartheta + \vartheta_0}{2}$
- Harakatlanayotgan moddiy nuqtaning tezligi vaqt o'tishi bilan ortib borgan holdagi harakati *tezlanuvchan harakat*, kamayib borgan holdagi harakati esa *sekinlashuvchan harakat* deyiladi .

- To'g'ri chiziqli traektoriya bo'ylab harakatlanayotgan moddiy nuqtaning tezligi ixtiyoriy, lekin teng vaqt oraliqlarida ayni bir xil kattalikka o'zgarib borsa, bunday harakatga to'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakat deyiladi.
- Tekis o'zgaruvchan harakat tezligining o'zgarish jadalligini xarakterlaydigan kattalik *tezlanish* deyiladi .
- Vaqt birligi yoki bir sekundda jism tezligi o'zgarishini xarakterlovchi vektor kattalikka *tezlanish* deyiladi .
- Tezlanish:

→ qoidasiga asosan: $a=\frac{\vartheta-\vartheta_0}{t}$; $\vartheta_0=0$ bo'lganda $a=\frac{\vartheta}{t}$

→ tezlanish: $a=\frac{\vartheta^2-\vartheta_0^2}{2S}$; $a=\frac{2(S-\vartheta_0 t)}{t^2}$; $\vartheta_0=0$ bo'lganda : $a=\frac{\vartheta^2}{2S}$; $a=\frac{2S}{t^2}$

→ ishqalanish koeffitsiyenti orqali: $a=\mu\cdot g$

μ – ishqalanish koeffitsiyenti, g – erkin tushish tezlanishi.

- Tekis tezlanuvchan harakatda tezlik moduli tekis oshib boradi, yo'nalishi bo'yicha o'zgarmaydi.
- Tekis sekinlanuvchan harakatda tezlik moduli tekis kamayib boradi, yo'nalishi bo'yicha o'zgarmaydi.
- Tekis tezlanuvchan harakatda tezlanish α>0 holda moduli va yo'nalishi o'zgarmaydi.
- Tekis sekinlanuvchan harakatda tezlanish α<0 holda moduli va yo'nalishi o'zgarmaydi.
- Tekis o'zgaruvchan harakat tenglamalari:

→ tekis tezlanuvchan uchun: $X=X_0+\vartheta_0 t+\frac{at^2}{2}$

→ tekis sekinlashuvchan uchun: $X=X_0+\vartheta_0 t-\frac{at^2}{2}$

- Tekis o'zgaruvchan harakatda bosib o'tilgan yo'l yoki ko'chish:

→tekis o'zgaruvchan uchun: $S=\frac{\vartheta^2-\vartheta_0^2}{2a}=\frac{\vartheta_0^2-\vartheta^2}{2\mu g}$

→ tekis tezlanuvchan uchun: $S=\vartheta_0 t+\frac{at^2}{2}$; $S=\frac{\vartheta_0+\vartheta}{2}\cdot t$

→tekis sekinlanuvchan uchun: $S=\vartheta_0 t-\frac{at^2}{2}$; $S=\frac{\vartheta_0^2-\vartheta^2}{2a}$; $S=\frac{\vartheta_0+\vartheta}{2}\cdot t$

- S_{tor} - tormozlanish yo'li: $S_{tor}=\frac{\vartheta_0^2}{2a}$; $S_{tor}=\frac{\vartheta_0}{2}\cdot t$; $S_{tor}=\frac{\vartheta_0^2}{2\mu g}$

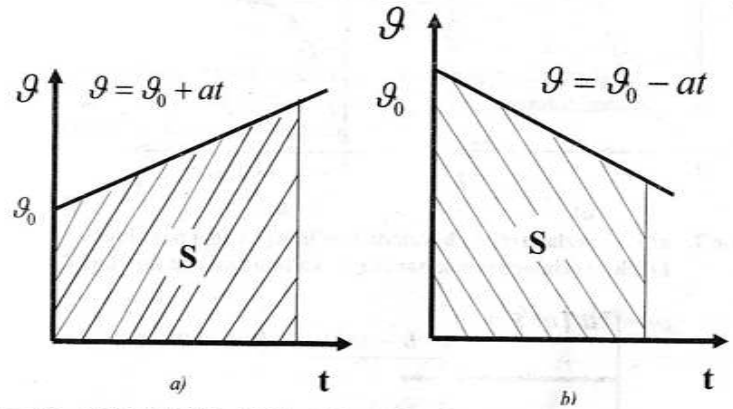
- n – chi sekunddagi ko'chishni topish:

→ $\vartheta_0=0$ bo'lganda $\Delta S_n=\frac{a}{2}(2n-1)$

→ $\vartheta_0\neq 0$ bo'lganda $\Delta S_n=\vartheta_0+\frac{a}{2}(2n-1)$

7-§. Notekis harakatni grafik usuldada tasvirlash

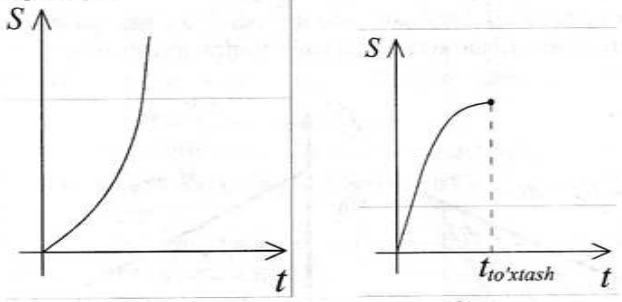
- Moddiy nuqtaning teng vaqt oraliqlaridagi ko'chishlari teng bo'lmagan harakati *notekis (o'zgaruvchan) harakat* deyiladi. Boshqacha aytganda, vaqt o'tishi bilan tezligi o'zgaradigan harakat *o'zgaruvchan (notekis) harakat* deb ataladi.
- Moddiy nuqtaning muayyan bir paytdagi yoki traektoriyaning ma'lum nuqtasidagi tezligiga *oniy tezlik* deyiladi .
- Berilgan vaqt momentidagi tezlik *oniy tezlik* deyiladi .
- Notekis (o'zgaruvchan) harakatda umumiy bosib o'tilgan yo'lning (shu yo'lni bosib o'tish uchun ketgan) umumiy vaqtga nisbati o'rtacha tezlik deyiladi .



Rasm 6. *a)* To'g'ri chiziqli tekis tezlanuvchan harakatda tezlikning vaqtga bog'liqlik grafigi. *b)* To'g'ri chiziqli tekis sekinlanuvchan harakatda tezlikning vaqtga bog'liqlik grafigi

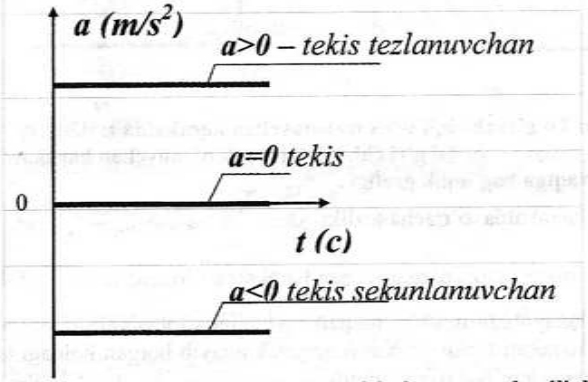
- Notekis harakatda o'rtacha tezlik: $\vartheta_{o'r}=\frac{S_{um}}{t_{um}}$;
- To'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakatda o'rtacha tezlik: $\vartheta_{o'r}=\frac{\vartheta+\vartheta_0}{2}$
- Harakatlanayotgan moddiy nuqtaning tezligi vaqt o'tishi bilan ortib borgan holdagi harakati *tezlanuvchan harakat*, kamayib borgan holdagi harakati esa *sekinlashuvchan harakat* deyiladi .
- To'g'ri chiziqli traektoriya bo'ylab harakatlanayotgan moddiy nuqtaning tezligi ixtiyoriy, lekin teng vaqt oraliqlarida ayni bir xil kattalikka o'zgarib borsa, bunday harakatga to'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakat deyiladi.
- Tekis o'zgaruvchan harakat tezligining o'zgarish jadalligini xarakterlaydigan kattalik *tezlanish* deyiladi .
- Vaqt birligi yoki bir sekundda jism tezligi o'zgarishini xarakterlovchi vektor kattalikka *tezlanish* deyiladi .

- Tekis tezlanuvchan harakatda tezlik moduli tekis oshib boradi, yo'nalishi bo'yicha o'zgarmaydi.
- Tekis sekinlanuvchan harakatda tezlik moduli tekis kamayib boradi, yo'nalishi bo'yicha o'zgarmaydi.
- Tekis tezlanuvchan harakatda tezlanish $\alpha>0$ holda moduli va yo'nalishi o'zgarmaydi.
- Tekis sekinlanuvchan harakatda tezlanish $\alpha<0$ holda moduli va yo'nalishi o'zgarmaydi.



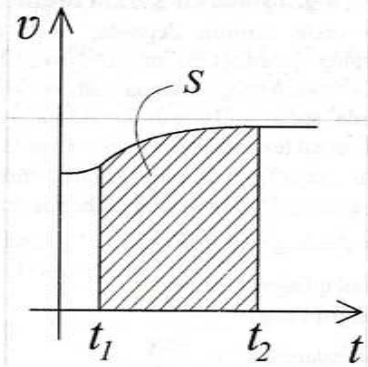
a) b)

Rasm 7. ***a)*** **tekis tezlanuvchan harakatda yo'lning vaqtga bog'liqligi**
b) **tekis sekinlanuvchan harakatda yo'lning vaqtga bog'liqligi**



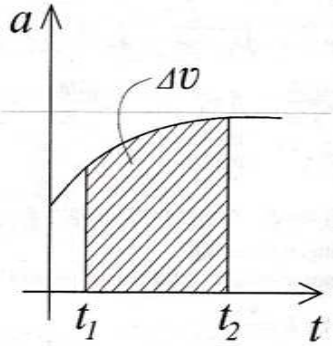
Rasm 8. Tekis o'zgaruvchan harakatda tezlanishning vaqtga bog'liqlik grafigi

- Notekis harakatda tezlikning vaqtga bog'liqlik grafigidan hosil bo'lgan yuza son jihatidan bosib o'tgan yo'lga teng.



Rasm 9. Notekis harakatda tezlikning vaqtga bog'liqlik grafigi

- Notekis harakatda tezlanishning vaqtga bog'liqlik grafigidan hosil bo'lgan yuza son jihatidan tezlik o'zgarishiga teng.



Rasm 10. Notekis harakatda tezlanishning vaqtga bog'liqlik grafigi

- Tekis o'zgaruvchan harakat tenglamalari:
  → tekis tezlanuvchan uchun: $X = X_0 + \vartheta_0 t + \frac{at^2}{2}$
  → tekis sekinlashuvchan uchun: $X = X_0 + \vartheta_0 t - \frac{at^2}{2}$
- Harakat tenglamalari $X = X_1 + \vartheta_1 t + \frac{a_1 t^2}{2}$ va $X = X_2 + \vartheta_2 t + \frac{a_2 t^2}{2}$ bo'lgan jismlarning uchrashish joyi va vaqtini topish uchun, ulardan tuzilgan tenglamalar sistemasini echib X va t qiymatlarini topish kerak:

$$\begin{cases} X = X_1 + \vartheta_1 t + \frac{a_1 t^2}{2} \\ X = X_2 + \vartheta_2 t + \frac{a_2 t^2}{2} \end{cases}$$

8-§. Jismlarning erkin tushishi

- Jismlarning yerga *erkin tushishi* deganda, tinch holatdan yer tomon yo'nalgan va havoning qarshiligi bo'lmagan (yoxud bu qarshilik jismning og'irlik kuchiga nisbatan hisobga olmasa ham bo'ladigan darajada kichik bo'lgan) sharoitlarda sodir bo'ladigan harakatga aytiladi. Jismlar erkin tushganda barchasi bir xil tezlanish bilan harakatlanadi.
- Yer sharining turli nuqtalarida g ning qiymati turlicha: 9,83 m/s^2 dan (qutbga) 9,78 m/s^2 gacha (ekvatorda) o'zgaradi. Fransiyaning Sevar shahriga mos geografik kenglikda g=9,80665 $\frac{m}{s^2}$. g ning bu qiymati "normal qiymat" tarzida qabul qilingan.
- Yuqoriga tik otilgan jismning

→maksimal ko'tarilish balandligi: $H_{max} = \frac{\vartheta_0^2}{2g}$

→istalgan vaqt momentidagi balandligi:

$H = \vartheta_0 t - \frac{gt^2}{2}$; $h = \frac{\vartheta_0 - \vartheta^2}{2g}$; $h = \frac{\vartheta + \vartheta_0}{2} t$;

→oniy tezligi: $\vartheta = \vartheta_0 - gt$; $\vartheta = \sqrt{\vartheta_0^2 - 2gh}$; $\vartheta = \frac{2h}{t} - \vartheta_0$; $\vartheta_{ўр} = \frac{\vartheta_0 + \vartheta}{2}$

→ko'tarilish vaqti: $t_k = \frac{\vartheta_0}{g}$; $t_k = \sqrt{\frac{2h}{g}}$; $t_k = \frac{2h}{\vartheta_0}$

→uchish vaqti: $t = \frac{2\vartheta_0}{g}$; $t = 2t_k$; $t = 2 \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}}$; $t = \frac{4h}{\vartheta_0}$

→ h masofani bosib o'tgandan keyingi jism tezligi: $\vartheta = \sqrt{\vartheta_0^2 - 2gh}$

- Yuqoridan tik tashlangan jismning

→istalgan vaqt momentidagi ko'chishi yoki tushish balandligi:

$h = \vartheta_0 t + \frac{gt^2}{2}$; $h = \frac{\vartheta^2 - \vartheta_0^2}{2g}$; $h = \frac{\vartheta + \vartheta_0}{2} t$

$\vartheta_0 = 0$ bo'lganda $h = \frac{gt^2}{2}$ $h = \frac{\vartheta^2}{2g}$ $h = \frac{\vartheta}{2} t$

→ n– chi sekunddagi yo'li: $\vartheta_0 = 0$ bo'lganda $\Delta h_n = \frac{g}{2}(2n-1)$,

$\vartheta_0 \neq 0$ bo'lganda $\Delta h_n = \vartheta_0 + \frac{g}{2}(2n-1)$

→ t harakat vaqti: $t = \frac{\vartheta - \vartheta_0}{g}$; $t = \frac{2h}{\vartheta + \vartheta_0}$; $\vartheta_0 = 0$ bo'lganda: $t = \frac{\vartheta}{g}$ $t = \frac{2h}{\vartheta}$ $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

→ Erkin tushayotgan jism oxirgi Δt vaqt ichida Δh masofani o'tgan bo'lsa, butun yo'lni o'tish vaqti: $t = \frac{\Delta h}{g\Delta t} + \frac{\Delta t}{2}$

h– jism tushgan umumiy balandlik ($\vartheta_0 = 0$ bo'lganda): $h = \frac{gt^2}{2}$

yo'lning birinchi h_1 qismini o'tish vaqti $-t_1$: $t_1 = \frac{\Delta h}{g\Delta t} - \frac{\Delta t}{2}$ $h_1 = \frac{gt_1^2}{2}$

→ Erkin tushayotgan jismning yo'li teng ikkiga bo'lingan holda, yo'lning ikkinchi yarmini Δt vaqtda o'tsa, yo'lning birinchi yarmini o'tish vaqti: $t = (1+\sqrt{2}) \cdot \Delta t$

→butun yo'lni o'tish vaqti: $t = (2+\sqrt{2}) \cdot \Delta t$

→jismning o'tgan butun yo'li: $h = g \cdot (3+2\sqrt{2}) \cdot \Delta t^2$

→ Δt vaqt oralig'ida uzilgan ikki tomchi orasidagi masofa Δh bo'lsa harakatlanish vaqtlari:

- birinchi tomchiga nisbatan: $t_1 = \frac{\Delta h}{g\Delta t} + \frac{\Delta t}{2}$
- ikkinchi tomchiga nisbatan: $t_2 = \frac{\Delta h}{g\Delta t} - \frac{\Delta t}{2}$

→oniy tezligi: $\vartheta = \vartheta_0 + gt$; $\vartheta = \sqrt{\vartheta_0^2 + 2gh}$; $\vartheta = \frac{2h}{t} - \vartheta_0$; $\vartheta_{ўр} = \frac{\vartheta_0 + \vartheta}{2}$

$\vartheta_0 = 0$ bo'lganda $\vartheta = gt$; $\vartheta = \sqrt{2gh}$; $\vartheta = \frac{2h}{t}$; $\vartheta_{ўр} = \frac{\vartheta}{2}$

- Yuqoriga tik otilgan jismning ko'tarilishining oxirgi vaqt momentidagi yoki oxirgii sekundidagi yo'li: $\Delta S_{ox} = (g/2) \bullet 1 sekund$
- Yuqoridan tik tashlangan jismning oxirgi sekundidagi yo'li yoki ko'chishi:

$h = \frac{g}{2}\left((2\sqrt{\frac{2H}{g}}) - 1\right)$; $\Delta S_{ox} = \vartheta_0 + gt - \frac{g}{2}$; t – tushish vaqti

- Jismlarning n- sekundidagi ko'chishlari:

→boshlang'ich tezliksiz tekis tezlanuvchan harakatda: $\Delta S_n = \frac{a}{2}(2n-1)$

→boshlang'ich tezliksiz pastga tik tushayotgan harakatda: $\Delta h_n = \frac{g}{2}(2n-1)$

→boshlang'ich tezlik bilan tekis tezlanuvchan harakatda: $\Delta S_n = \vartheta_0 + \frac{a}{2}(2n-1)$

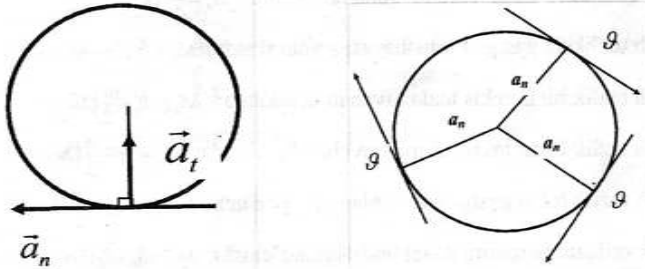
→boshlang'ich tezlik bilan tekis sekinlanuvchan harakatda: $\Delta S_n = \vartheta_0 - \frac{a}{2}(2n-1)$

→boshlang'ich tezlik bilan pastga tik tashlangan jism uchun: $\Delta h_n = \vartheta_0 + \frac{g}{2}(2n-1)$

→Yuqoriga tik otilgan, jismning n–sekundidagi ko'chishi: $\Delta h_n = \vartheta_0 - \frac{g}{2}(2n-1)$

9-§. Jismning aylana bo'ylab tekis harakati

- Moddiy nuqtaning traektoriyasi egri chiziqdan iborat bo'lsa, egri chiziqli harakat sodir bo'ladi.
- Burilish burchagining mazkur burilish uchun sarflangan vaqtga nisbati aylanma harakatning *burchak tezligi* deyiladi .
- Moddiy nuqtaning aylanani bir marta to'liq aylanishi uchun ketgan vaqtiga *aylanish davri* deyiladi .
- Vaqt birligi yoki bir sekunddagi aylanishlar soniga *aylanish chastotasi* deyiladi .
- Tezlik moduli o'zgarishini xarakterlovchi tezlanishga *tangensial tezlanish (urinma tezlanish)* deyiladi . Tangensial tezlanish aylana bo'ylab notekis harakatda mavjud.
- Tezlik yo'nalishi o'zgarishini xarakterlovchi tezlanishga *normal tezlanish (markazga intilma tezlanish)* deyiladi.
- Aylana bo'ylab tekis harakatda chiziqli tezlik moduli bo'yicha o'zgarmaydi, yo'nalishi bo'yicha uzluksiz o'zgarib turadi va hamma vaqt aylanaga harakat yo'nalishiga o'tkazilgan *urinma bo'ylab* yo'nalgan.
- Aylana bo'ylab tekis harakatda normal tezlanish (markazga intilma tezlanish) moduli bo'yicha o'zgarmaydi, yo'nalishi bo'yicha uzluksiz o'zgarib turadi va hamma vaqt *aylana markaziga* yo'nalgan.
- Aylana bo'ylab tekis harakatda burchak tezlik moduli va yo'nalishi bo'yicha o'zgarmaydi.
- Aylana bo'ylab tekis harakatda tangensial tezlanish (urinma tezlanish) bo'lmaydi yoki nolga teng bo'ladi.



Rasm 11. Aylana bo'ylab harakatda tezlanish va tezlik yo'nalishlari

- Aylana bo'ylab tekis harakatda chiziqli tezlik va markazga intilma tezlanish orasidagi burchak 90^0 ga tengdir (bir-biriga perpendikulyar).
- Aylana bo'ylab tekis harakatda:

→davr: $T=\frac{t}{N}$; $T=\frac{1}{\nu}$; $T=\frac{2\pi}{\omega}$; $T=\frac{2\pi R}{\vartheta}$; $T=2\pi\sqrt{\frac{R}{a}}$; $T=\frac{2\pi t}{\varphi}$

→aylana radiusi - R:

$R=\frac{\vartheta}{\omega}$; $R=\frac{\vartheta}{2\pi\nu}$; $R=\frac{\upsilon T}{2\pi}$; $R=\frac{\upsilon t}{2\pi N}$; $R=\frac{a}{\omega^2}$; $R=\frac{l}{\varphi}$; $R=\frac{\vartheta^2}{a}$

→burchak - φ:

$\varphi=2\pi N$; $\varphi=\frac{2\pi t}{T}$; $\varphi=\omega\cdot t$; $\varphi=\frac{l}{R}$; $\varphi=2\pi\nu t$; $\varphi=\sqrt{\frac{a}{R}}\cdot t$; $\varphi=\frac{\upsilon\cdot t}{R}$

→chastota: $\nu=\frac{N}{t}$; $\nu=\frac{1}{T}$; $\nu=\frac{\omega}{2\pi}$; $\nu=\frac{\vartheta}{2\pi R}$; $\nu=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{a}{R}}$

→burchak tezlik:

$\omega=\frac{\varphi}{t}$; $\omega=\frac{2\pi}{T}$; $\omega=2\pi\nu$; $\omega=\frac{\vartheta}{R}$; $\omega=\frac{a}{\vartheta}$; $\omega=\sqrt{\frac{a}{R}}$; $\omega=\frac{2\pi N}{t}$

→ chiziqli tezlik: $\vartheta=\frac{2\pi R}{T}$; $\vartheta=\frac{a}{\omega}$; $\vartheta=2\pi\nu R$; $\vartheta=\omega R$; $\vartheta=\varepsilon\Delta t R$; $\vartheta=\sqrt{aR}$

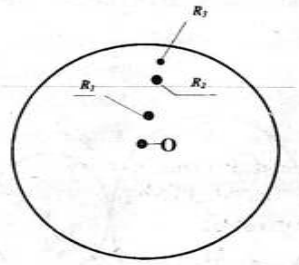
→markazaga intilma yoki markazdan qochma tezlanish: $a=const$;

$a_{mi}=\frac{\vartheta^2}{R}$; $a_{mi}=\frac{\varphi^2 R}{t}$; $a_{mi}=\omega^2 R$; $a_{mi}=\frac{4\pi^2 R}{T^2}=\frac{4\pi^2 N^2 R}{t^2}$; $a_{mi}=4\pi^2\nu^2 R$;

- Aylana bo'ylab tekis harakat qilayotgan jism tezligining o'zgarishi $\Delta\vartheta$:
  - aylananing $1/4$ qismida: $\Delta\vartheta=\sqrt{2}\cdot\vartheta$
  - aylananing $1/2$ qismida: $\Delta\vartheta=2\cdot\vartheta$
  - aylananing $3/4$ qismida: $\Delta\vartheta=\sqrt{2}\cdot\vartheta$
  - aylanani to'liq o'tganda: $\Delta\vartheta=0$
- Disk ikki nuqtasining radiuslari farqi ΔR tezliklari farqi: $\Delta\vartheta=\vartheta_1-\vartheta_2$ ga teng bo'lsa: $R=\frac{\vartheta_1}{\vartheta_1-\vartheta_2}\cdot\Delta R$; $\vartheta=\frac{\Delta\vartheta}{2\pi\Delta R}$; $\omega=\frac{\Delta\vartheta}{\Delta R}$

Aylana bo'ylab tekis harakatda aylanadagi uchta nuqta tezliklari, tezlanishlari va burchak tezliklari orasidagi munosabat:

- Agar $R_1<R_2<R_3$ bo'lsa $\omega_1=\omega_2=\omega_3$; $a_1<a_2<a_3$; $\vartheta_1<\vartheta_2<\vartheta_3$
- Agar $R_1>R_2>R_3$ bo'lsa $\omega_1=\omega_2=\omega_3$; $\vartheta_1>\vartheta_2>\vartheta_3$; $a_1>a_2>a_3$

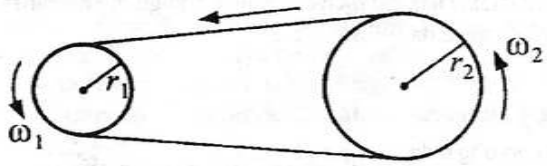


Rasm 12. Aylana markazidan har xil uzoqlikdagi nuqtalar

10-§. Aylana bo'ylab tekis harakatni uzatish

- Aylanma harakatda bir shkivdan ikkinchi shkivga harakat quyidagilar yordamida uzatiladi: tasmali uzatma, zanjirli uzatma, tishli bog'lanish, friksion bog'lanish va umumiy o'q orqali.
- Tasmali uzatmada harakat bir shkivdan ikkinchi skivga, ularni umumlashtirib turuvchi tasma orqali uzatiladi. Bu holda tasmaning va shkivlar chekki nuqtalarining chiziqli tezliklari bir xil bo'ladi: $\upsilon_1 = \upsilon_2 \Rightarrow \omega_1 r_1 = \omega_2 r_2$, $\nu_1 r_1 = \nu_2 r_2$, $\frac{r_1}{T_1} = \frac{r_2}{T_2}$
- Zanjirli uzatmada harakat bir shkivdan ikkinchi skivga, ularni umumlashtirib turuvchi zanjir orqali uzatiladi. Bunda shkivlar tishlarining o'lchamlari bir xil va zanjir tirqishiga mos kelishi kerak. Bu holda ham shkivlarning chiziqli tezliklari bir xil bo'ladi:

$$\upsilon_1 = \upsilon_2 \Rightarrow \omega_1 r_1 = \omega_2 r_2, \quad \nu_1 r_1 = \nu_2 r_2, \quad \frac{r_1}{T_1} = \frac{r_2}{T_2}$$

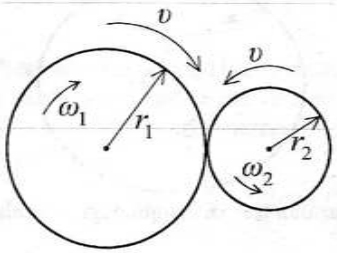


Rasm 13. Tasmali uzatma yoki zanjirli uzatma: $\omega_1 r_1 = \omega_2 r_2$; $\upsilon_1 = \upsilon_2$

- Tishli bog'lanishda ikki shkiv o'zaro tishlari orqali bog'lanadi. Bunda shkivlar tishlarining o'lchamlari va qadamlari bir xil bo'lishi kerak. Tishli bog'langan shkivlarning chiziqli tezliklari teng bo'ladi:

$$\upsilon_1 = \upsilon_2 \Rightarrow \omega_1 r_1 = \omega_2 r_2, \quad \nu_1 r_1 = \nu_2 r_2, \quad \frac{r_1}{T_1} = \frac{r_2}{T_2}$$

- Tishli bog'lanishda shkivlarning tishlari nisbati, ularning radiuslari nisbatiga teng: $\frac{r_1}{r_2} = \frac{N_1}{N_2}$



Rasm 14. Friksoin bog'lanish

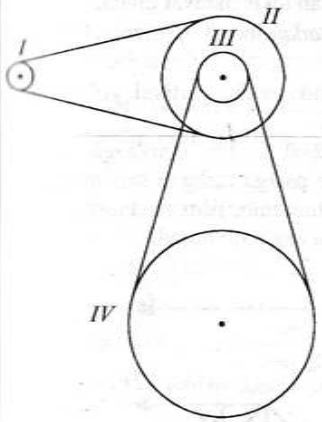
- Friksoin bog'lanishda shkivlar bir-biriga qattiq siqilgan holda tekkiziladi, ularning aylanish yo'nalishlari har xil bo'ladi. Friksoin bog'langan shkivlarning chiziqli tezliklari teng bo'ladi:

$$\upsilon_1 = \upsilon_2 \Rightarrow \omega_1 r_1 = \omega_2 r_2, \quad \nu_1 r_1 = \nu_2 r_2, \quad \frac{r_1}{T_1} = \frac{r_2}{T_2}$$

- Bir o'qqa mahkamlangan ikki shkivning aylanish davrlari, chastotalari va burchak tezliklari o'zaro teng bo'ladi:

$$\nu_1 = \nu_2; \quad T_1 = T_2; \quad \omega_1 = \omega_2 \Rightarrow \frac{\upsilon_1}{r_1} = \frac{\upsilon_2}{r_2}$$

Harakat I shkivdan VI shkivga tasmali uzatmalar yordamida uzatilmoqda:



1. Birinchi va ikkinshi shkivlar tasma orqali bo'lganligi uchun ularning chiziqli tezliklari teng:

$$\upsilon_1 = \upsilon_2 \Rightarrow \omega_1 r_1 = \omega_2 r_2, \quad \nu_1 r_1 = \nu_2 r_2, \quad \frac{r_1}{T_1} = \frac{r_2}{T_2}$$

2. Ikkinchi va uchinchi shkivlar bitta o'qqa mahkamlanganligi uchun ularning aylanish davrlari, chastotalari va burchak tezliklari o'zaro teng bo'ladi:

$$\nu_3 = \nu_2; \quad T_3 = T_2; \quad \omega_3 = \omega_2 \Rightarrow \frac{\upsilon_3}{r_3} = \frac{\upsilon_2}{r_2}$$

3. Uchinchi va to'rtinchi shkivlar tasma orqali bo'lganligi uchun ularning chiziqli tezliklari teng:

$$\upsilon_3 = \upsilon_4 \Rightarrow \omega_3 r_3 = \omega_4 r_4, \quad \nu_3 r_3 = \nu_4 r_4, \quad \frac{r_3}{T_3} = \frac{r_4}{T_4}$$

11-§. Aylana bo'ylab notekis harakat

- Tezlik moduli o'zgarishini xarakterlovchi tezlanishga *tangensial tezlanish (urinma tezlanish)* deyiladi . Tangensial tezlanish aylana bo'ylab notekis harakatda mavjud.
- Tezlik yo'nalishi o'zgarishini xarakterlovchi tezlanishga *normal tezlanish (markazga intilma tezlanish)* deyiladi.
- Aylana bo'ylab tekis tezlanuvchan harakatda burilish burchagi:

$$\varphi = \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2}; \quad \varphi = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\varepsilon}; \quad \varphi = \frac{\omega + \omega_0}{2} \cdot t$$

- Aylana bo'ylab tekis sekinlanuvchan harakatda burilish burchagi:

$$\varphi = \omega_0 t - \frac{\varepsilon t^2}{2}; \quad \varphi = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{-2\varepsilon}; \quad \varphi = \frac{\omega + \omega_0}{2} \cdot t$$

- Aylana bo'ylab tekis tezlanuvchan harakatda burchak tezlik: $\omega = \omega_0 + \varepsilon t$
- Aylana bo'ylab tekis sekinlanuvchan harakatda burchak tezlik: $\omega = \omega_0 - \varepsilon t$
- Aylana bo'ylab tekis o'zgaruvchan harakatda burchak tezlanish:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega - \omega_0}{t}$$

- Aylana bo'ylab tekis o'zgaruvchan harakatda tangensial tezlanish:

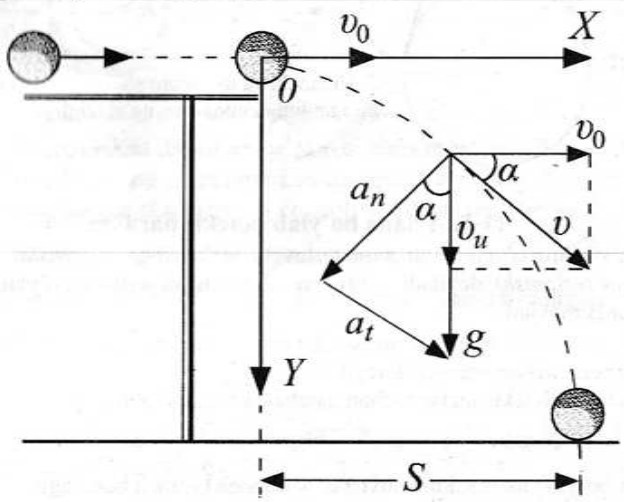
$$a_t = \frac{\Delta\vartheta}{\Delta t} = \frac{\vartheta - \vartheta_0}{t}; \quad a_t = \varepsilon \cdot R$$

- Aylana bo'ylab notekis harakatda to'la (natijaviy) tezlanish:

$$\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_n; \quad a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$$

12-§. Gorizontal otilgan jism harakati

- Havoning qarshiligi hisobga olinmas darajada kichik bo'lganda, jism gorizontal yo'nalishda o'zgarmas υ_0 tezlik bilan tekis harakat qiladi.
- Gorizontal otilgan jism traektoriyasi *paraboladan* iborat. Gorizontal otilgan jism harakati *egri chiziqli harakatdir*
- Gorizontal otilgan jism gorizontal yo'nalishda tekis, vertikal yo'nalishda tekis tezlanuvchan harakat qilib erkin tushadi.
- Harakat boshlangan vaqtda, ya'ni t=0, a_t=0 bo'lib, markazga intilma tezlanish to'la tezlanishga teng bo'ladi. Jism pastga tushgan sari markazga intilma tezlanish kamayib (egrilik radiusi kattalashib, jism traektoriyasining egriligi kamayib boradi), tangensial tezlanishi esa ortib boradi.



Rasm 15. Gorizontal otilgan jism harakat traektoriyasi

- Gorizontal otilgan jismning to'la tezlanishi vaqtning ixtiyoriy momentida, traektoriyaning ixtiyoriy nuqtasida erkin tushish tezlanishi $\vec{g}$ ga teng bo'lib, vertikal pastga yo'nalgan bo'ladi.
- Gorizontal otilgan jism:

- tezligining X, U o'qlaridagi proeksiyalari: $\upsilon_x = \upsilon_0$; $\upsilon_u = g \cdot t$
- gorizontal yo'nalishdagi ko'chishi yoki uchish uzoqligi: $x = s = \upsilon_0 \cdot t = L$

$$L = \vartheta_x \cdot t; \quad L = \vartheta_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

- vertikal yo'nalish bo'yicha ko'chishi yoki tushish balandligi: $y = h = \frac{gt^2}{2}$

$$h = \frac{g}{2\vartheta_0^2} \cdot L^2 \qquad h = \frac{\vartheta_y^2}{2g}$$

- traektoriyasining XY o'qidagi tenglamasi: $y = \frac{g}{2\upsilon_0^2} \cdot x^2$.
- uchish vaqti: $t = \sqrt{2h/g}$; $\quad t = \frac{L}{\vartheta_0}$; $\quad t = \frac{\vartheta_y}{g}$
- ϑ_0 – boshlang'ich tezligi: $\vartheta_0 = \frac{L}{t}$; $\quad \vartheta_0 = L \cdot \sqrt{\frac{g}{2h}}$; $\quad \vartheta_x = \vartheta_0$

  ϑ_x – tezlik vektorini gorizontal tashkil etuvchisi.

  ϑ_y – tezlik vektorini vertikal tashkil etuvchisi:

  $\vartheta_y = gt \qquad \vartheta_y = \sqrt{2gh}$
- harakatning oxiridagi gorizontal va vertikal yo'nalishdagi tezliklari: $\upsilon_x = \upsilon_0$; $\upsilon_u = gt$;
- yerga urilishidagi tezligi: $\upsilon = \sqrt{\upsilon_x^2 + \upsilon_y^2} = \sqrt{\upsilon_0^2 + (gt)^2} = \sqrt{\upsilon_0^2 + 2gh}$
- tezlikning gorizont bilan α burchak tashkil qilgan vaqtdagi qiymati: $\vartheta = \frac{\vartheta_0}{\cos\alpha}$
- ixtiyoriy t vaqtdan keyin jism tezligining gorizont bilan tashkil qilgan burchagi: $tg\,\alpha = \frac{\upsilon_y}{\upsilon_x} = \frac{gt}{\upsilon_0}$; $\quad \alpha = arctg\,\frac{gt}{\upsilon_0}$
- jismni yerga tushish vaqtidagi gorizont bilan tashkil qilgan burchagi:

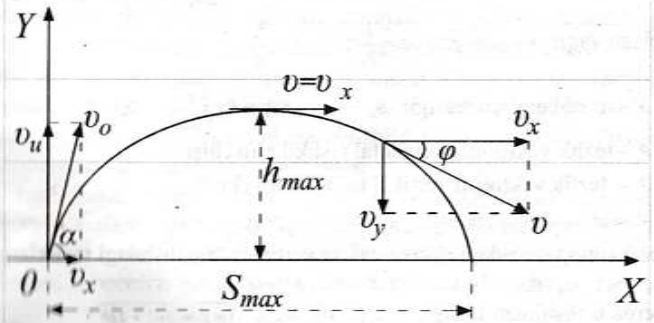
$$tg\alpha = \frac{\sqrt{2gh}}{\vartheta_0}$$

- tangensial (urinma) tezlanishi: $a_t = \frac{g^2 t}{\sqrt{\vartheta_0^2 + g^2 t^2}}$
- normal (markazga intilma) tezlanishi: $a_n = \frac{g \cdot \upsilon_0}{\sqrt{\upsilon_0^2 + (gt)^2}}$
- tezlanishlar yig'indisi: $\vec{a}_n + \vec{a}_t = \vec{g}$ yoki $\sqrt{a_n^2 + a_t^2} = g$
- h balandlikda ϑ tezlik bilan uchayotgan vertalyotdan tashlangan yukning borib tushish masofasi: $S = \vartheta \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}} \qquad S = \vartheta \cdot t$

13-§. Gorizontga burchak ostida otilgan jism harakati

Gorizontga burchak ostida otilgan jismning:

- harakat traektoriyasi paraboladan iborat;
- gorizontal o'q bo'ylab jism tekis harakatlanadi;
- traektoriyaning eng yuqori nuqtasida vertikal tezligi nolga teng ($\upsilon_y=0$);
- pastga qarab harakatlanish (tushish) vaqti, uning yuqoriga ko'tarilish vaqtiga teng;
- tushish nuqtasidagi tezlikning son qiymati boshlang'ich tezlikning son qiymatiga teng bo'ladi;



Rasm 16. Gorizontga qiya otilgan jism harakat traektoriyasi

→ tezligining X va Y o'qlardagi proeksiyalari:

$$\left.\begin{aligned} \upsilon_{0x} &= \upsilon_0 \cdot \cos\alpha \\ \upsilon_{0y} &= \upsilon_0 \cdot \sin\alpha \end{aligned}\right\}$$

$$\left.\begin{aligned} \upsilon_x &= \upsilon_{0x} = \upsilon_0 \cdot \cos\alpha \\ \upsilon_y &= \upsilon_{0y} - gt = \upsilon_0 \cdot \sin\alpha - gt \end{aligned}\right\}$$

→ boshlang'ich tezlik:

$$\vartheta_0 = \frac{\vartheta_x}{\cos\alpha}; \quad \vartheta_0 = \frac{\vartheta_{min}}{\cos\alpha}; \quad \vartheta_0 = \sqrt{\vartheta_{min}^2 + 2gh}; \quad \vartheta_0 = \sqrt{\vartheta_x^2 + 2gh};$$

→ t vaqtdan keyin jism tezligi $\vartheta = \sqrt{\vartheta_0^2 \cos^2\alpha + (\vartheta_0 \cdot \sin\alpha - gt)^2}$

→ minimal tezlik traektoriyaning eng yuqorisidagi tezlik - ϑ_{min}:

$$\vartheta_{min} = \sqrt{\vartheta_0^2 - 2 \cdot gh}; \quad \vartheta_{min} = \vartheta_0 \cos\alpha; \quad \vartheta_{min} = \vartheta_x$$

→ ko'tarilish vaqti: $t_k = \frac{\upsilon_0 \cdot \sin\alpha}{g}$; $\quad t_T = t_k = \frac{\upsilon_0 \cdot \sin\alpha}{g}$; $\quad t_k = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

→ maksimal ko'tarilish balandligi:

$$h_{max} = \frac{\upsilon_0^2 \sin^2\alpha}{2g}; \quad h_{max} = \frac{gt_{ko}^2}{2}; \quad \upsilon_0 \cdot \sin\alpha = \sqrt{2gh}; \quad h_{max} = \frac{L \cdot tg\alpha}{4}; \quad h_{max} = \frac{\vartheta_0^2 - \vartheta_{min}^2}{2g}; \quad h_{max} = \frac{\vartheta_{y0}^2}{2g}$$

→ to'la uchish vaqti: $t_{yum} = \frac{2\upsilon_0 \cdot \sin\alpha}{g}$; $\quad t = \sqrt{\frac{8h}{g}}$; $\quad t = \frac{L}{\vartheta_0 \cos\alpha}$; $\quad t = \frac{2\sqrt{\vartheta_0^2 - \vartheta_{min}^2}}{g}$

→ uchish uzoqligi:

$$s = \upsilon_x t; \quad S = \frac{\upsilon_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g}; \quad S = \vartheta_0 t \cos\alpha; \quad S = \frac{4h}{tg\alpha}; \quad S = \frac{2\sqrt{\vartheta_0^2 - \vartheta_{min}^2}}{g} \cdot \vartheta_{min}$$

› tushish nuqtasida tezligi

$$\upsilon = \sqrt{\upsilon_x^2 + \upsilon_y^2} = \sqrt{\upsilon_0^2 \cos^2\alpha + \upsilon_0^2 \sin^2\alpha} = \upsilon_0$$

› istalgan vaqt momentidagi tezligining gorizont bilan tashkil qilgan burchak (φ) tangensi: $tg\varphi = \frac{\upsilon_y}{\upsilon_x} = \frac{\upsilon_0 \cdot \sin\alpha - gt}{\upsilon_0 \cdot \cos\alpha}$

› α burchak ostida otilgan jismning tezlik vektori gorizont bilan φ burchak hosil qilish vaqti: $t = \frac{\vartheta_0 \sin\alpha \pm \vartheta_0 \cos\alpha \cdot tg\varphi}{g}$

› traektoriyaning egrilik radiusi: $R = \frac{\upsilon_x^2}{a_n} = \frac{(\upsilon_0 \cos\alpha)^2}{g}$; $\quad \upsilon_0 \cdot \cos\alpha = \sqrt{g \cdot R}$

› otilish burchagi: $tg\alpha = \sqrt{\frac{2gh}{gR}} = \sqrt{\frac{2h}{R}}$

14-§. Zichlik va massa. Nyutonning birinchi qonuni. Inersiyal sanoq sistemalar. Galileyning nisbiylik prinsipi

Jism inertlik xususiyatini xarakterlovchi fizik skalyar kattalikka *massa* deyiladi.

Tortishish yo'li bilan aniqlangan massa *gravitatsion massa* deyiladi.

Jismning harakati orqali aniqlangan massa *inert massa* deyiladi.

Hajm birligiga to'g'ri keladigan massaga moddaning *zichligi* deyiladi.

Bir metr kub yoki hajm birligidagi jism massasiga *zichlik* deyiladi.

Zichlikni topish formulasi qoidasiga asosan: $\rho = \frac{m}{V}$

Silindr hajmini topish formulasi: $V = \pi R^2 H$

Konus hajmini topish formulasi: $V = \frac{1}{3}\pi R^2 H$

Shar hajmini topish formulasi: $V = \frac{4}{3}\pi R^3$

Kub hajmini topish formulasi: $V = a^3$

Parallelopiped hajmini topish formulasi: $V = a \cdot b \cdot H$

Silindr shaklidagi o'tkazgichning zichligi: $\rho_{zich} = \frac{\rho_{sol} \cdot m}{R_{qarsh} \cdot S^2}$, ρ_{sol}-solishtirma qarshilik; R_{qarsh} - elektr qarshilik.

Planeta radiusi va undagi erkin tushish tezlanishi berilgan holda, planetaning o'rtacha zichligini topish formulasi: $\rho = \frac{3g}{4\pi RG}$, R-planeta radiusi; g-erkin tushish tezlanishi;

Aralashma qotishma zichligi: $\rho = \eta_1\rho_1 + \eta_2\rho_2$; $\quad \eta_1, \eta_2$ – modda ulushlari

- Zichligi ρ_1 hajmi V_1 va zichligi ρ_2 hajmi V_2 bo'lgan suyuqliklar aralashtirilganida aralashmaning zichligi: $\rho = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{V_1 + V_2}$; $\rho = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2}$
- Agar aralashmaning hajmi uni tashkil etuvchilari hajmlarining yig'indisiga teng bo'lsa $V = V_1 + V_2$ aralashmadagi moddalarning massa ulushlari: $\frac{m_1}{m} = \frac{\rho_1}{\rho} \cdot \frac{\rho - \rho_2}{\rho_1 - \rho_2}$; $\frac{m_2}{m} = \frac{\rho_2}{\rho} \cdot \frac{\rho_1 - \rho}{\rho_1 - \rho_2}$

ρ – aralashmaning umumiy zichligi.

- Jismga ko'rsatiladigan ta'sir *kuch* deyiladi . Uning kattaligi jism erishadigan tezlanish yoki deformatsiya bilan aniqlanadi.
- **Nyutonning birinchi qonuni ta'riflari:**

1. Har qanday jism tinch holatini yoki to'g'ri chiziqli tekis harakatini bu jismga boshqa jismlar ta'sir qilmaguncha saqlaydi.
2.Shunday sanoq sistemalari mavjudki, bunday sanoq sistemalarida jismga boshqa jism ta'sir qilib uning boshlang'ich vaziyatini o'zgartirmaguncha o'zining tinch holatini yoki to'g'ri chiziqli tekis harakatini saqlaydi.
3. Inersiyal sanoq sistemasida erkin jism o'z tezligini o'zgartirmaydi.

→Nyutonning birinchi qonuni:

$\vartheta = const;\quad a = 0;\quad F = 0\quad \vec{F}$ - kuch-vektor kattalik.

- Boshqa jismlar ta'siridan xoli bo'lgan jism, *erkin jism*, uning harakati esa *erkin harakat* deyiladi .
- To'g'ri chiziqli tekis harakat qiladigan yoki tinch turadigan sanoq sistemalari *inersiyal sanoq sistemalari* deyiladi .
- Nyutonning birinchi qonuni o'rinli bo'ladigan sanoq sistemalari *inersiyal sanoq sistemalari* deyiladi .
- Inersiyal sanoq sistemalarida jismga boshqa jismlar ta'sir etmaguncha (ya'ni uning erkinligi buzilmaguncha) kuzatilayotgan jismning o'z tezligini saqlash xususiyati *inertlik* deyiladi.
- Jism o'z tezligini saqlashga intilish hodisasiga *inersiya* deyiladi.
- Nyutonning birinchi qonunini *inersiya qonuni* deb ataladi.
- **Nisbiylikning mexanik prinsipi yoki Galileyning nisbiylik prinsipi**:

1. Inersiyal sanoq sistemasining tinch holatda yoki to'g'ri chiziqli tekis harakatda ekanligini sistemaning ichida o'tkaziladigan har qanday mexanik tajribalar yordamida aniqlab bo'lmaydi.
2. Barcha inersiyal sanoq sistemalarida harakat qonunlari bir xil bo'ladi.

- **Nyutonning ikkinchi qonuni ta'rifi:** Har qanday jismning inersiyal sanoq sistemalarida erishadigan tezlanishi ta'sir etuvchi kuchga to'g'ri proporsional bo'lib, jismning massasiga esa teskari proporsional bo'ladi.

→Nyuton 2-qonuni: $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \Rightarrow \vec{F} = m\vec{a}$

$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \ldots + \vec{F}_n$ - teng ta'sir etuvchi kuchlar quyidagicha aniqlanadi:

→ kuchlar bir xil yo'nalgan bo'lsa $(\alpha = 0^\circ)$: $F = F_1 + F_2$

→ kuchlar qarama-qarshi yo'nalgan bo'lsa $(\alpha = 180^\circ)$: $F = F_1 - F_2$

→ kuchlar o'zaro perpendikulyar yo'nalgan bo'lsa $(\alpha = 90^\circ)$: $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$

→ kuchlar o'zaro α burchak hosil qilgan bo'lsa: $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\alpha}$

15-§. Nyutonning uchinchi qonuni

Nyutonning uchinchi qonuni ta'rifi: Jismlar bir biriga ayni bir to'g'ri chiziq bo'ylab yo'nalgan, absolyut qiymati jihatidan teng va yo'nalishi jihatidan qarama-qarshi kuchlar bilan ta'sir qiladi: $\vec{F_1} = -\vec{F_2}$; $|\vec{F_1}| = |\vec{F_2}|$

Nyutonning ikkinchi va uchinchi qonuni birlashmasidan chiqqan xulosa: O'zaro ta'sirlanuvchi ikki jism qarama-qarshi tomonga yo'nalgan va o'zlarining massalariga teskari proporsional bo'lgan tezlanish oladi.

→ Tezlanishlarni nisbati massalar teskari nisbatiga teng: $\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}$

Aylana bo'ylab tekis harakatlanayotgan jism (masalan, ipga bog'langan toshning aylanma harakati yoki Oyning Yer atrofidagi harakati) markazga intilma tezlanishga ega bo'ladi. Bu tezlanishning jism massasiga ko'paytmasi *markazga intilma kuch* deb ataladi.

Nyutonning uchinchi qonuniga asosan $\vec{F}_{mi}$ ga miqdoran teng, lekin unga qarama-qarshi yo'nalgan kuch ham mavjud bo'lib, bu kuch *markazdan qochma kuch* deyiladi.

Markazga intilma yoki markazdan qochma kuchni topish formulalari:

$F_{mi} = ma_{mi};\ F_{mq} = ma_{mq};\ F_{mq} = F_{mi} = F;$

$F = m\omega^2 R;\ F = m\omega\vartheta;\ F = \frac{m\vartheta^2}{R};\ F = 4\pi\nu^2 mR;\ F = \frac{4\pi^2 Rm}{T^2};\ F = m\varepsilon R$

Dinamometrning ikki uchiga ikki xil qarama-qarshi yo'nalgan kuch qo'yilgan bo'lsa, dinamometr katta kuch yo'nalishida tezlanish bilan harakatlanadi va katta kuch qiymatini ko'rsatadi.

Arqonning ikki uchidan ikki kishi ikki xil kuch bilan qarama-qarshi tomonga torsa, arqonning taranglik kuchi katta kuch qiymatiga teng bo'lib, kishilar katta kuch yo'nalishida tezlanish bilan harakatlanadi.

Nyutonning uchta qonuni dinamikaning asosini tashkil qiladi. Bu qonunlar har doim ham to'g'ri emas: harakat tezliklari yorug'lik tezligidan juda kichik bo'lgan inersial sanoq sistemalaridagi jismning harakatlanishida o'rinli.

16-§. Markazga intilma va markazdan qochma kuchlar

- **Nyutonning uchinchi qonuni ta'rifi:** Jismlar bir biriga ayni bir to'g'ri chiziq bo'ylab yo'nalgan, absolyut qiymati jihatidan teng va yo'nalish jihatidan qarama-qarshi kuchlar bilan ta'sir qiladi: $\vec{F_1} = -\vec{F_2}$; $|\vec{F_1}| = |\vec{F_2}|$
- Aylana bo'ylab tekis harakatlanayotgan jism (masalan, ipga bog'langan toshning aylanma harakati yoki Oyning Yer atrofidagi harakati) markazga intilma tezlanishga ega bo'ladi. Bu tezlanishning jism massasiga ko'paytmasi *markazga intilma kuch* deb ataladi.
- Nyutonning uchinchi qonuniga asosan $\vec{F}_{mi}$ ga miqdoran teng, lekin unga qarama-qarshi yo'nalgan kuch ham mavjud bo'lib, bu kuch *markazdan qochma kuch* deyiladi.
- Markazga intilma yoki markazdan qochma kuch:

$$F_{mi} = ma_{mi}; \quad F_{mq} = ma_{mq}; \quad F_{mq} = F_{mi} = F; \quad F = m\omega\vartheta;$$

$$F = m\omega^2 R; \quad F = \frac{m\vartheta^2}{R}; \quad F = \frac{4\pi^2 Rm}{T^2}; \quad F = 4\pi\nu^2 mR; \quad F = m\varepsilon R$$

- Markazga intilma (yoki markazdan qochma) kuch va chiziqli tezlik orasida bog'liqlik: $F = m\omega\vartheta$; $F = \frac{m\vartheta^2}{R}$
- Markazga intilma (yoki markazdan qochma) kuch va chiziqli tezlik orasida bog'liqlik: $F = m\omega\vartheta$; $F = m\omega^2 R$
- Markazga intilma (yoki markazdan qochma) kuch va aylanish davri orasida bog'liqlik: $F = \frac{4\pi^2 Rm}{T^2}$
- Markazga intilma (yoki markazdan qochma) kuch va aylanish chastota orasidagi bog'liqlik: $F = 4\pi\nu^2 mR$
- Aylanayotgan diskda turgan jismning muvozanat sharti:

$$\frac{m\vartheta^2}{R} = \mu \cdot mg; \quad \vartheta = \sqrt{\mu g R}; \quad \omega = \sqrt{\frac{\mu g}{R}}; \quad R = \frac{\mu g}{4\pi^2\nu^2}$$

R – aylanish o'qigacha bo'lgan masofa, μ – ishqalanish koeffitsiyenti, ω – diskning aylanish burchak tezligi: $\omega = 2\pi\nu$

→ Qayrilayotgan velosipedchi, motosiklchi yoki konkichi uchun (R – aylana radiusi): $\frac{m\vartheta^2}{R} \cdot tg\alpha = mg$; $tg\alpha = \frac{gR}{\vartheta^2}$; $\mu = tg\alpha$

α – gorizontdan og'ish burchagi.

17-§. Butun olam tortishish qonuni. Erkin tushish tezlanishi

- **Butun olam tortishish qonuni ta'rifi:** Hamma jismlar bir-birini massalari ko'paytmasiga to'g'ri proporsional va ular massalarning markazlari orasidagi masofaning kvadratiga teskari proporsional bo'lgan kuch bilan tortadi:

$$F = G\frac{m_1 m_2}{R^2}; \quad G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\frac{Nm^2}{kg^2}$$

- **Tortishish doimiysi yoki gravitatsion doimiy ta'rifi**: Massalari 1 kg dan bo'lgan ikki jism orasidagi masofa 1 m bo'lganda ikki jism bir-birini son jihatdan *gravitatsion doimiysiga* teng bo'lgan kuch bilan tortadi. (m_1=m_2=1kg va R=1m bo'lsa $F = G = 6{,}67 \cdot 10^{-11} N$)
- Jismning massasi bilan erkin tushish tezlanish (g) ning ko'paytmasi – Yerning muayyan nuqtasida joylashgan jismga ta'sir etuvchi *og'irlik kuchi* deyiladi. Og'irlik kuchi Er va Er sirtidagi jismning o'zaro tortishish kuchidir:

$$F = G\frac{Mm}{R^2}; \quad F = mg$$

- Og'irlik kuchi yer sirtidan balandga ko'tarilgan sari kamayib boradi
- Yer sirtidan h balandlikdagi og'irlik kuchi:

$$F_{og} = G\frac{Mm}{(R+h)^2}; \quad F_{og}^{h} = F_{og}^{Yersirti} \cdot \left(\frac{R}{R+h}\right)^2; \quad \frac{F_{og}^{Yersirti}}{F_{og}^{h}} = \left(1+\frac{h}{R}\right)^2; \quad n = \left(1+\frac{h}{R}\right)^2;$$

- Og'irlik kuchi n marta kamayadigan h balandlikni topish:

$$h = R\left(\sqrt{n}-1\right); \quad F^h = \frac{F_{Yersirti}}{n}; \quad g_h = \frac{g_{Yersirti}}{n}$$

- Yer sirtida erkin tushish tezlanishi- g:

$$g = G\frac{M}{R^2}; \quad g = \frac{4}{3}\pi G\rho_{Yer}R; \quad g = \frac{F_{og}}{m}; \quad g = \frac{\vartheta_1^2}{R_p};$$

- Planeta radiusi va undagi erkin tushish tezlanishi berilgan holda, planetaning o'rtacha zichligini topish formulasi: $\rho = \frac{3g}{4\pi RG}$, R-planeta radiusi; g-erkin tushish tezlanishi;
- Yer yuzasidan yuqoriga ko'tarilgan sari g kamayadi. $g_h = G\frac{M_{yer}}{(R_{yer}+h)^2}$
- Yer sirtidan h balandlikda erkin tushish tezlanishi:

$$g_h = G\frac{M}{(R+h)^2}; \quad g_h = g_{Yersirti} \cdot \left(\frac{R}{R+h}\right)^2; \quad \frac{g_{Yersirti}}{g_h} = \left(1+\frac{h}{R}\right)^2; \quad n = \left(1+\frac{h}{R}\right)^2$$

$$g = G \cdot \frac{M_{Yer}}{(R+h)^2}; \quad g = \vartheta^2/(R+h)$$

- Planeta sirtidagi erkin tushish tezlanishi: $g_{planeta} = G\frac{M_{planeta}}{R^2_{planeta}}$

- Biror bir planetadagi erkin tushish tezlanishini Yerdagi erkin tushish tezlanishiga nisbati: $\frac{g_{plan}}{g_{er}} = \left(\frac{M_{plan}}{M_{er}}\right)\cdot\left(\frac{R_{er}}{R_{plan}}\right)^2$

zichlik ρ va radius R orqali: $\frac{g_{plan}}{g_{Yer}} = \frac{\rho_{plan}\cdot R_{plan}}{\rho_{Yer}\cdot R_{Yer}}$

- Gravitatsion maydon *potensial* maydondir.
- Gravitatsion maydon *markaziy* maydondir.
- Gravitatsion kuchining jismni ko'chirishda bajargan ishi jism traektoriyasining shakliga bog'liq emas. Gravitatsiya kuchini berk traektoriyada bajargan ishi 0 ga teng.

18-§. Og'irlik va og'irlik kuchi

- Jismning massasi bilan erkin tushish tezlanish (g) ning ko'paytmasi – Yerning muayyan nuqtasida joylashgan jismga ta'sir etuvchi *og'irlik kuchi* deyiladi.
- Og'irlik kuchi Er va Er sirtidagi jismning o'zaro tortishish kuchidir:

$$F = G\frac{Mm}{R^2}; \quad F = mg$$

- Og'irlik kuchi yer sirtidan balandga ko'tarilgan sari kamayib boradi
- Yer sirtidan h balandlikdagi og'irlik kuchi:

$$F_{og} = G\frac{Mm}{(R+h)^2}; \quad F_{og}^{h} = F_{og}^{Yersirti}\cdot\left(\frac{R}{R+h}\right)^2; \quad \frac{F_{og}^{Yersirti}}{F_{og}^{h}} = \left(1+\frac{h}{R}\right)^2; \quad n = \left(1+\frac{h}{R}\right)^2;$$

- Jismning og'irlik kuchi shu jismga qo'yilgan, jismning og'irligi esa tayanch yoki osmaga qo'yilgan kuchdir.
- Jismning tayanch yoki osmaga ta'sir etadigan kuchi *og'irlik (yoki vazn)* deb ataladi.
- Jismning og'irlik kuchi shu jismga qo'yilgan, jismning og'irligi esa tayanch yoki osmaga qo'yilgan kuchdir.
- Jism pastga yoki tepaga tekis harakat qilganda uning og'irligi og'irlik kuchiga teng bo'ladi (yoki uning og'irligi o'zgarmaydi).
- Jism pastga tekis tezlanuvchan harakat qilganda uning og'irligi og'irlik kuchidan kichik bo'ladi (yoki uning og'irligi kamayadi).
- Jism yuqoriga tekis sekinlanuvchan harakat qilganda uning og'irligi og'irlik kuchidan kichik bo'ladi (yoki uning og'irligi kamayadi).
- Jism yuqoriga tekis tezlanuvchan harakat qilganda uning og'irligi og'irlik kuchidan katta bo'ladi (yoki uning og'irligi ortadi).
- Jism pastga tekis sekinlanuvchan harakat qilganda uning og'irligi og'irlik kuchidan katta bo'ladi (yoki uning og'irligi ortadi).
- Jismning og'irligi nolga teng bo'lgandagi holatiga *vaznsizlik* deyiladi.
- Jism og'irligi:

› $\vartheta = Const$ da $P = mg$

› tepaga tezlanish bilan va tezlanish yo'nalishi tepaga $P = m(g+a)\uparrow \quad a>0$

› tepaga tezlanish bilan va tezlanish yo'nalishi pastga $P = m(g-a)\uparrow \quad a<0$

› pastga tezlanish bilan va tezlanish yo'nalishi pastga $P = m(g-a)\downarrow \quad a>0$

› pastga tezlanish bilan va tezlanish yo'nalishi tepaga $P = m(g+a)\downarrow \quad a<0$

› qavariq ko'prikda jism og'irligi yoki ko'prikka bosim kuchi

$$P = m(g-a); \quad P = m(g-\frac{\vartheta^2}{R}); \quad P = m(g-\omega^2 R); \quad P = m(g-\omega\vartheta); \quad P = m(g-4\pi^2\nu^2 R);$$

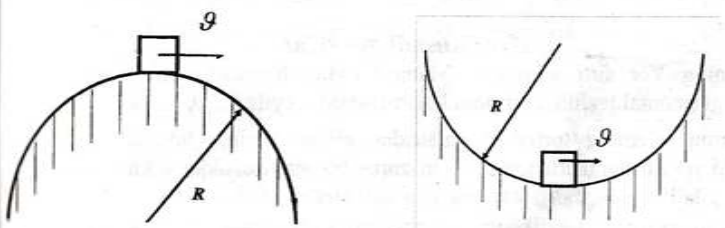
$$P = m(g-\frac{4\pi^2 R}{T^2})$$

› o'lik sirtmoq (botiq ko'prikda) jism og'irligi yoki ko'prikka bosim kuchi (F yoki R): $P = m(g+a); \quad P = m(g+\frac{\vartheta^2}{R}); \quad P = m(g+\omega^2 R); \quad P = m(g+\omega\,\vartheta);$

$$P = m(g+4\pi^2\nu^2 R); \quad P = m(g+\frac{4\pi^2 R}{T^2}); \quad P = F_{og'} + F_{mq'}.$$

› Qavariq ko'prikni yuqori nuqtasida jismni vaznsiz holatga keltiruvchi tezlik: $\vartheta = \sqrt{gR}$ R – ko'prik radiusi

› Botiq sirtning pastki nuqtasida jism og'irligi k marta ortadigan tezlik: $\vartheta = \sqrt{(k-1)gR}$



Rasm 17. Qavariq va botiq ko'priklarda jism harakati

› yuklanish - n $\quad n = \frac{P}{mg} = \frac{m(g+a)}{mg} = 1+\frac{a}{g} = 1+\frac{\vartheta^2}{gR}$

- Jism yuqoriga tekis tezlanuvchan yoki pastga tekis sekinlanuvchan harakatlanganda, uning tinchlikdagi og'irligiga nisbatan, og'irliginini ortishiga yuklanish deyiladi.
- Jismning solishtirma og'irligi deb uning hajm (V) birligidagi og'irligiga aytiladi: $d = \frac{P}{V} = \frac{mg}{V} = \rho g$

<u>Ipning taranglik kuchi.</u>

- Tashqi kuch ta'sirida deformatsiyalanmaydigan jismda taranglik kuchi yuzaga keladi.
- Taranglik kuchi modul jihatdan tashqi kuchga teng, yo'nalishi qarama-qarshi bo'ladi.

- l uzunlikdagi ipga m massali yuk ossakjism harakatsiz bo'lganda, ipning taranglik kuchi yukning: $T = mg$
- Jism ϑ tezlikda muvozanat holatidan o'tayotganida, ipning taranglik kuchi: $T = mg + \frac{m\vartheta^2}{l}$
- Ip a tezlanish bilan vertikal ko'tarilayotganda, ipning taranglik kuchi: $T = m(g + a)$
- Ip a tezlanish bilan pastga tushayotganda, ipning taranglik kuchi: $T = m(g - a)$
- m massali yukni ko'tara oladigan ip yordamida qanday m_x massali yukni a tezlanish bilan ko'tarish mumkin: $m_x = \frac{g}{g+a} \cdot m$
- Arqonga bog'lab aylantirilgan jism uchun ipning taranglik kuchi

→eng yuqori nuqtada: $T_1 = \frac{m\vartheta^2}{R} - mg$

→o'rta holatda: $T_2 = T_4 = \frac{m\vartheta^2}{R}$

→ eng pastki nuqtada: $T_3 = mg + \frac{m\vartheta^2}{R}$

T – ipning tarangligi.

19-§. Kosmik tezliklar

1. Jismning Yer sirti yaqinida aylana bo'ylab harakatlanishi uchun zarur bo'lgan gorizontal tezlikka birinchi kosmik tezlik deyiladi : $\vartheta_I = \sqrt{gR_{yer}} = 7.9 km/s$

2. Jismning Yerning tortishish ta'siridan chiqib ketib, Quyoshning sun'iy yo'ldoshi bo'lib harakatlanishi uchun zarur bo'lgan tezlikka ikkinchi kosmik tezlik deyiladi : $\vartheta_{II} = \sqrt{2gR_{yer}} = 11.2 km/s$

3. Jismning Quyosh tortishishi ta'siridan chiqib ketishi uchun zarur bo'lgan tezlikka uchinchi kosmik tezlik deyiladi : $\vartheta_{III} = 16.7 km/s$

Biror planeta uchun:

→ birinchi kosmik tezlik: $\vartheta_1 = \sqrt{gR}$ $\vartheta_1 = \sqrt{G \cdot \frac{M_n}{R_n}}$

→ ikkinchi kosmik tezlik: $\vartheta_2 = \vartheta_1\sqrt{2}$

- Biror planeta sirtidan h balandlikdagi sun'iy (yoki tabiiy) yo'ldosh aylanma harakatidagi chiziqli tezlik: $\vartheta = \sqrt{G \cdot \frac{M_n}{R_n + h}}$
- Agar jismning tezligi birinchi va ikkinchi kosmik tezliklar orasida bo'lsa, uning harakat traektoriyasi ellipsdan iborat bo'ladi.
- Ikkinchi kosmik tezlik bilan planetadan chiqishida jism planetaga nisbatan parabola traektoriyasi bo'ylab harakatlanadi. Shuning uchun ikkinchi kosmik tezlik parabolik kosmik tezlik deyiladi.

- Agar jism ikkinchi kosmik tezlikdan katta tezlik bilan harakatlansa, planetaga nisbatan uning traektoriyasi giperboladan iborat bo'ladi.

Yo'ldoshning aylanish davri va chastotasi

- Planeta yaqinidagi yo'ldoshning aylanish davri va chastotasi:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{R^3}{GM_p}} \qquad \nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{GM_p}{R^3}}$$

- Planetadan h balandlikdagi yo'ldoshni aylanish davri va chastotasi:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{(R+h)^3}{GM_p}} \qquad \nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{GM_p}{(R+h)^3}}$$

- Yer atrofida aylana treaktoriyasi bo'ylab harakatlanayotgan jism bir traektoriyadan ikkinchi traektoriyaga o'tganida tezligining o'zgarishi

$$\frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}}; \qquad \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} = \sqrt[3]{\frac{T_1}{T_2}}$$

- **Kopler qonuni**: Yer atrofida aylana bo'ylab harakatlanayotgan yo'ldosh uchun: $\left(\frac{R_2}{R_1}\right)^3 = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2$;

R_1 va R_2 - aylana radiuslari,

T_1 va T_2 - shu traektoriyalar bo'yicha aylanish davrlari.

- Kosmik jism cheksiz uzoqlikdan Er sirtiga ϑ_0 tezlik bilan yaqinlashib kelmoqda, havoning qarshiligini hisobga olmaganda uning Er sirtiga etib kelish tezligi ϑ:

$$\frac{m\vartheta_0^2}{2} + \frac{GmM_{Yer}}{R_{Yer}} = \frac{m\vartheta^2}{2} \Rightarrow \quad \vartheta = \sqrt{\vartheta_0^2 + \frac{2GM_{Yer}}{R_{Yer}}}$$

20-§. Elastiklik kuchi. Guk qonuni

- Tashqi kuch ta'sirida qattiq jismning shakli yoki hajmi o'zgarishi *deformatsiya* deb ataladi. Deformatsiyani vujudga keltiradigan kuchning ta'siri yo'qolgach, qattiq jism o'zining avvalgi shakli va hajmini tiklasa, *elastik deformatsiya* sodir bo'ladi. Aks holda, ya'ni tashqi kuchning ta'siri to'xtatilganda ham jism o'zining dastlabki shakli va hajmini tiklay olmasa, *plastik (qoldiq) deformatsiya* amalga oshgan bo'ladi.
- Tashqi kuch ta'siri to'xtagandan keyin deformatsiyalangan jismning shakli va o'lchamlarini tiklay olish qobiliyati mazkur *jismning elastikligi* deb ataladi.
- Elastik deformatsiyalanish jarayonida jismning dastlabki shaklini tiklashga intiladigan kuch *elastiklik kuchi* deyiladi . Bu kuchlar deformatsiyaga sababchi ta'sir to'xtatilgach, jismning boshlang'ich shakli va o'lchamlarini tiklashni ta'minlaydi.

- **Guk qonuni ta'rifi:**
  1. Elastiklik kuchining kattaligi absolyut deformatsiyaga to'g'ri proporsional.
  2. Deformatsiyalar kichik (elastik tabiatiga ega) bo'lgan holda mexanik kuchlanish nisbiy deformatsiya qiymatiga to'g'ri proporsional.

  →Guk qonuni formulalari:

  $F_{el} = -k\Delta x$; $F_{el} = -k\Delta l$; $\Delta l = \frac{F_{el} l_0}{ES}$; $\sigma = E|\varepsilon|$
- Nisbiy deformatsiya: $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0}$
- Absolyut deformatsiya: $\Delta l = l - l_0$
- Mexanik kuchlanish yoki zo'riqish: $\sigma = F/S$

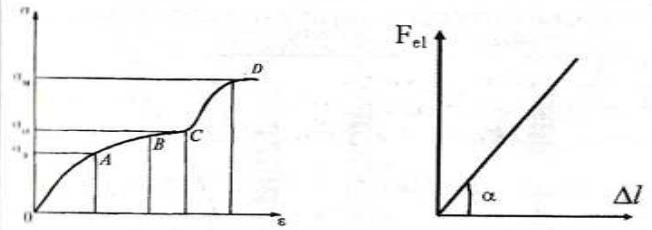
  σ - mexanik kuchlanish; E - Yung moduli
- Bikrlik- prujina yoki sterjenning elastlik xususiyatini xarakterlovchi skalyar kattalik bo'lib, prujina yoki sterjenni uzunlik berligiga (1 metrga) siqish yoki cho'zish uchun kerak bo'ladigan kuchga son jihatidan teng.
- Bikrlik elastlik deformatsiyada elastlik kuchi va absolyut deformatsiyaga umuman bog'liq 'mas. U prujina yoki sterjenning geometrik o'lchamlari, materiali va haroratga bog'liq: $k = \frac{ES}{l_0}$, bu erda S – sterjenning ko'ndalang kesim yuzasi, l_0 –sterjanning boshlang'ich uzunligi, E – sterjen materiali va temperaturaga bog'liq bo'lgan kattalik (Yung moduli)
- Bikrlik birligi: $k = \left[1\frac{N}{m}\right] = \left[1\frac{kg}{s^2}\right]$
- Prujina bikirligi:

  $k = \frac{ES}{l_0}$; $k = \frac{F_{el}}{\Delta x}$; $k = \frac{F_{el}}{\Delta l}$; $k = \frac{F_{el}^2}{2W_p}$; $k = \frac{2W_p}{\Delta x^2}$; $k = \frac{mg}{\Delta l}$

  W_n -prujina potensial energiyasi;
- Elastik kuchining absolyut uzayishga bog'liqlik grafigidan bikrlik absolyut uzayish o'qi bilan grafik chizig'i orasidagi burchak tangensiga teng: $k = tg\alpha$
- σ - mexanik kuchlanish yoki zo'riqish:

  $\sigma = F/S$; $\sigma = E \cdot \varepsilon$; $\frac{F}{S} = E \cdot \varepsilon$; ε – nisbiy deformatsiya.
- Mustahkamlik chegarasi σ bo'lgan , bir uchidan osilgan ip (tros)ning maksimal uzunligi $-l$:

  → havoda: $l_{max} = \frac{\sigma}{\rho \cdot g}$; →suyuqlikda: $l_{max} = \frac{\sigma}{(\rho_{jism} - \rho_{suyuq}) \cdot g}$;
- Mustahkamlik chegarasi σ, zichligi ρ bo'lgan devorning maksimal balandligi: $h_{max} = \frac{\sigma}{\rho \cdot g}$



a) b)

Rasm 18 a) mexanik kuchlanishning nisbiy uzayishga bog'liqlik grafigi; b)elastiklik kuchinig absolyut uzayishga bog'liqlik grafigi

Rasm 15 a) mexanik kuchlanishning nisbiy uzayishga bog'liqlik grafigidan: σ_e –elastlik chegarasi; σ_o –oquvchanlik chegarasi; σ_m – mustahkamlik chegarasi; D – nuqtadan keyingi holatda namuna uziladi.

21-§. Prujinalarni ketma-ket va parallel ulash

- Bikrlik- prujina yoki sterjenning elastlik xususiyatini xarakterlovchi skalyar kattalik bo'lib, prujina yoki sterjenni uzunlik berligiga (1 metrga) siqish yoki cho'zish uchun kerak bo'ladigan kuchga son jihatidan teng.
- Bikrlik elastlik deformatsiyada elastlik kuchi va absolyut deformatsiyaga umuman bog'liq 'mas. U prujina yoki sterjenning geometrik o'lchamlari, materiali va haroratga bog'liq: $k = \frac{ES}{l_0}$, bu erda S – sterjenning ko'ndalang kesim yuzasi, l_0 –sterjanning boshlang'ich uzunligi, E – sterjen materiali va temperaturaga bog'liq bo'lgan kattalik (Yung moduli)
- Prujina bikirligi: $k = \frac{ES}{l_0}$; $k = \frac{F_{el}}{\Delta x}$; $k = \frac{F_{el}}{\Delta l}$; $k = \frac{F_{el}^2}{2W_p}$; $k = \frac{2W_p}{\Delta x^2}$; $k = \frac{mg}{\Delta l}$

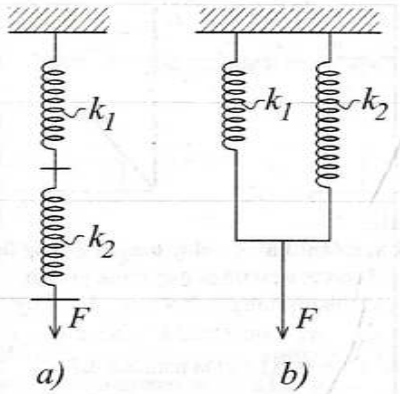
  W_n -prujina potensial energiyasi; E – Yung moduli;
- Bikrliklari k_1 va k_2 bo'lgan prujinalar ketma- ket ulanganda umuniy bikrlik:

  $$k_u = \frac{k_1 \cdot k_2}{k_1 + k_2}$$
- Bikrliklari berilgan n ta prujina ketma-ket ulangandagi umumiy bikrlik:

  $$\frac{1}{k_u} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \frac{1}{k_3} + \ldots \frac{1}{k_n}$$
- Har birining bikrligi k ga teng bo'lgan n ta prujina ketma-ket ulangandagi umumiy bikrlik: $k_u = \frac{k}{n}$
- Bikrliklari k_1 va k_2 bo'lgan prujinalar parallel ulanganda umuniy bikrlik:

  $$k_u = k_1 + k_2$$
- Bikrliklari berilgan n ta prujina parallel ulangandagi umumiy bikrlik:

  $$k_u = k_1 + k_2 + k_3 + \ldots k_n$$



Rasm 19. a) ketma-ket ulangan prujinalar; b) parallel ulangan prujinalar

- Har birining bikrligi k ga teng bo'lgan n ta prujina parallel ulangandagi umumiy bikrlik: $k_u=kn$
- Bikrligi k ga teng bo'lgan sim (prujina) n ta bo'lakka bo'linganda bitta bo'lakning bikrligi: $k_u=kn$
- Bikrligi k ga teng bo'lgan sim (prujina) yarmining bikrligi: $k_x = 2k$
- Bikrligi k ga teng bo'lgan sim (prujina) n ta bo'lakka bo'linib so'ngra parallel eshib qo'yilgandan keyingi bikrligi: $k_x = n^2 \cdot k$
- σ - mexanik kuchlanish yoki zo'riqish:

$\sigma = F/S$; $\sigma = E \cdot \varepsilon$; $\frac{F}{S} = E \cdot \varepsilon$; ε – nisbiy deformatsiya.

22- §. Ishqalanish kuchlari

- Ikki jismning bir-biriga tegib turgan sirtlari orasida vujudga keladigan va sh jismlarning bir-biriga nisbatan siljishiga to'sqinlik qiladigan kuchla *ishqalanish kuchlari* deyiladi .
- Ishqalanish kuchlarining vujudga kelishiga asosiy sabab bir-biriga tegi turuvchi jismlar sirtlarining g'adir-budurligi va jismlar zarralari orasida o'zaro tortishishdir.
- Suyuqlik yoki gaz tomonidan jismning harakatiga qarshili ko'rsatuvchi kuch *muhitning qarshilik kuchi* deyiladi .

→Ishqalanish kuchi: $F_{ishq} = \mu N$; $F_{ishq} = \mu mg$

→ F kuch ta'sirida jism tekis harakat qilsa ($\vartheta = const$):

$F_{ishq} = F$; $\mu = \frac{F}{mg}$

→ F kuch ta'sirida jism a tezlanish bilan tekis tezlanuvchan harakat qilsa: $F_{ishq} = F - ma$; $F = ma + F_{ishq}$; $a = \frac{F - \mu mg}{m}$; $a = \frac{F - F_{ishq}}{m}$

Tortish koeffitsiyenti k, tortish kuchini jism og'irligi nisbatiga teng: $k = \frac{F}{mg}$; $k = \frac{a}{g} + \mu$; $a = (k - \mu)g$

Jism faqat ishqalanish kuchi ta'sirida tekis sekinlanuvchan harakat qiladi, uning tezlanishi: $a = \mu \cdot g$

Jism faqat ishqalanish kuchi ta'sirida tormozlanadi.

Tormozlovchi kuch:

$F_{tor} = \mu mg$; $F_{tor} = ma$; $F_{tor} = \frac{m\vartheta_0^2}{2S_{tor}}$; $F_{tor} = \frac{2mS}{t_{tor}^2}$

Tormozlanish yo'li: $S_{tor} = \frac{\vartheta_0^2}{2\mu g}$

ϑ_0 – tormozlanish boshlangan vaziyatdagi tezlik.

Tormozlanishda jism tezlanishi: $a = \mu \cdot g$

Tormozlanish vaqti: $t_{tor} = \frac{\vartheta_0}{\mu g}$

Suyuqlik va gazlarda harakatga qarshilik kuchi

Gazlarda (havoda) yoki suyuqliklarda harakatlanayotgan jismga suyuqlik yoki gaz tomonidan *qarshilik kuchi* ta'sir qiladi.

Qarshilik kuchi jism tezligiga bog'liq

- jismning tezligi kichik bo'lganda: $\vec{F}_{qar} = -k\vec{\vartheta}$
- jismning tezligi katta bo'lganda: $F_{qar} = -k\vartheta^2$

Qarshilik kuchi jism harakatiga to'sqinlik qilib harakatga qarama – qarshi yo'naladi.

- jism vertikal yuqoriga ko'tarilayotganida: $F_{qar} = ma - mg$; $a = \frac{F_{qar} + mg}{m}$
- jism vertikal pastga tushayotganida: $F_{qar} = mg - ma$; $a = \frac{mg - F_{qar}}{m}$

Markazdan qochma kuch va ishqalanish kuchi

Markazga intilma kuch:

$F_{mi} = ma_{mi}$; $F_{mi} = \frac{m\vartheta^2}{R}$; $F_{mi} = m\omega^2 R$

Aylanayotgan diskda turgan jismning muvozanat sharti:

$\frac{m\vartheta^2}{R} = \mu \cdot mg$; $\vartheta = \sqrt{\mu gR}$; $\omega = \sqrt{\frac{\mu g}{R}}$; $R = \frac{\mu g}{4\pi^2 \nu^2}$

R – aylanish o'qigacha bo'lgan masofa, μ – ishqalanish koeffitsiyenti, ω – diskning aylanish burchak tezligi: $\omega = 2\pi\nu$

- Qayrilayotgan velosipedchi, motosiklchi yoki konkichi uchun (R – aylana radiusi): $\frac{m\vartheta^2}{R} \cdot tg\alpha = mg$; $tg\alpha = \frac{gR}{\vartheta^2}$; $\mu = tg\alpha$

α – gorizontdan og'ish burchagi.

- To'g'ri chiziq bo'ylab harakatlanayotgan jismga ta'sir etayotga harakatlantiruvchi kuch va qarshilik kuchining kattaliklari teng bo'lsa, jis to'g'ri chiziqli tekis harakatini davom ettiradi.
- Agar harakatlantiruvchi kuch qarshilik kuchidan katta bo'lsa, jism tek tezlanuvchan harakat qiladi.
- Qarshilik kuchi harakatlantiruvchi kuchdan katta bo'lsa jism tek sekinlanuvchan harakat qiladi
- Aylanayotgan diskdagi jismning muvozanat sharti:

$\frac{m\vartheta^2}{R} = \mu mg$; μ-ishqalanish koeffitsiyenti.

→aylanayotgan konusdagi shar $mgctg\alpha = \frac{m\vartheta^2}{R}$

→qayrilishdagi velosipedchi $F_{mq} = mgctg\alpha$

23-§. Qiya tekislikda ishqalanish kuchi ta'siridagi harakat

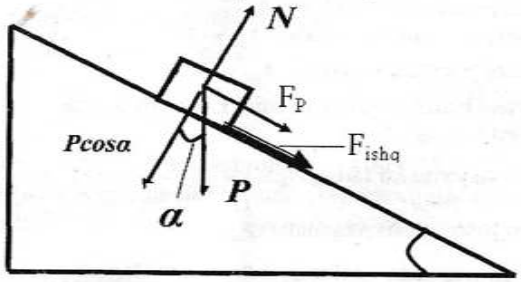
- **Qiya tekislikda jism harakati va ta'sir etuvchi kuchlar**

→ qiya tekislikda ishqalanish kuchi: $F_{ishq} = \mu N$; $F_{ishq} = \mu mgCos\ \alpha$

→ og'irlik kuchi: $P = mg$

→ reaksiya kuchi (bosim kuchi): $N = PCos\ \alpha = mgCos\ \alpha$

→ pastga harakatlantiruvchi kuch: $F_p = PSin\alpha = mgSin\alpha$



→ $F_{ishq} < F_p$ bo'lsa ⇒ $F_p - F_{ishq} = ma$; $a = g\ (Sin\alpha - \mu Cos\alpha)$ $a>o$ $\mu < tg\alpha$ bunda tekis tezlanuvchan harakat bo'ladi.

→ $F_{ishq} = F_p$ bo'lsa $a=0$ → $\vartheta = Cost$ ёки $\vartheta = 0$; $\mu = tg\alpha$; $F_p - F_{ishq} = 0$ bun jism tinch turadi yoki tekis harakat qiladi.

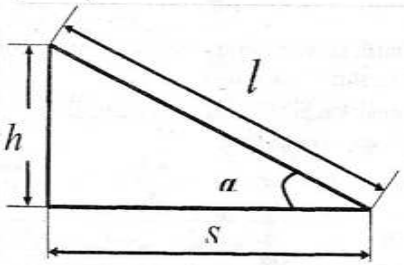
→ $F_{ishq} < F_p$ bo'lsa $a<0$; $\mu > tg\ \alpha$; $F_p - F_{ishq} = ma$ bunda jism tinch tura yoki tekis sekinlanuvchan harakat qiladi.

→ jism qiya tekislikda harakatsiz turgan bo'lsa($\vartheta = 0$) yoki o'zgarmas tezl bilan ($\vartheta = const$) harakatlansa: $F_{ishq} = mg\sin\alpha$

→ jism a tezlanish bilan tushayotgan bo'lsa $F_{ishq} = mg \cdot \sin\alpha - ma$

→ qiya tekislik burchagining sin va cos ni topish:

$\sin\alpha = \frac{h}{l}$; $\cos\alpha = \frac{S}{l} = \frac{\sqrt{l^2 - h^2}}{l}$



Rasm 20. Qiya tekislikning geometrik parametrlari

- qiya tekislik oxirida jism erishgan tezlik:

$\vartheta = \sqrt{2gl(\sin\alpha - \mu \cdot \cos\alpha)}$; $\vartheta = \sqrt{2gh(1 - \mu ctg\alpha)}$

- jism qiya tekislikda harakatsiz turganida:

$\mu \geq tg\alpha$; $\mu \geq h/S$; $\mu = F_{ishq}/N$

- qiya tekislikning foydali ish koeffitsiyenti (FIK):

$\eta = \frac{tg\alpha}{tg\alpha + \mu}$; $\eta = \frac{1}{1 + \mu ctg\alpha}$; $\eta = \frac{\sin\alpha}{\sin\alpha + \mu\cos\alpha}$

jism qiya tekislikda: 1. μ=tg α 2. $\mu >$ tg α $\mu <$ tg α

1,2 –jism tinch turadi

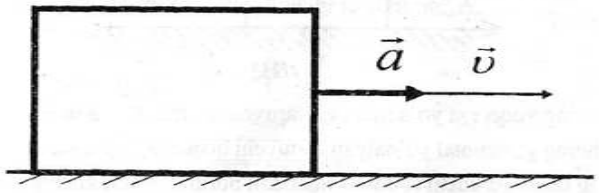
1- jism tekis harakat qiladi

2- tekis sekinlashuvchan harakat qiladi

3- tekis tezlanuvchan harakat qiladi

24-§. Gorizontal va vertikal tekislkda bir necha kuch

Gorizontal tekislikda jism og'irligi yoki bosim kuchi: $P = F = mg$



Rasm 21. Gorizontal tekislikda jism harakati

F kuch ta'sirida jism a tezlanish bilan tekis tezlanuvchan harakat qilsa: $F_{ishq} = F - ma$; $F = ma + F_{ishq}$; $a = \frac{F - \mu mg}{m}$; $a = \frac{F - F_{ishq}}{m}$

- Tortish koeffitsiyenti k, tortish kuchining jism og'irligi nisbatiga ten

$k = \frac{F}{mg}$; $k = \frac{a}{g} + \mu$; $a = (k - \mu)g$

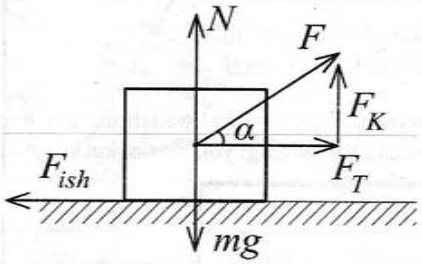
- Jism faqat ishqalanish kuchi ta'sirida tekis sekinlanuvchan harakat qiladi, uning tezlanishi: $a = \mu \cdot g$
- Jism faqat ishqalanish kuchi ta'sirida tormozlanadi va tormozlovchi kuch quyidagiga teng:

$$F_{tor} = \mu mg; \quad F_{tor} = ma; \quad F_{tor} = \frac{m\vartheta_0^2}{2S_{tor}}; \quad F_{tor} = \frac{2mS}{t_{tor}^2}$$

- Tormozlanish yo'li: $S_{tor} = \frac{\vartheta_0^2}{2\mu g}$

ϑ_0 – tormozlanish boshlangan vaziyatdagi tezlik.

- Tormozlanishda jism tezlanishi: $a = \mu \cdot g$
- Tormozlanishda jismning to'xtash vaqti: $t_{tor} = \frac{\vartheta_0}{\mu g}$
- Dinamometrning ikki uchiga ikki xil qarama-qarshi yo'nalgan kuch qo'yilgan bo'lsa, dinamometr katta kuch yo'nalishida tezlanish bilan harakatlana va katta kuch qiymatini ko'rsatadi.
- Arqonning ikki uchidan ikki kishi ikki xil kuch bilan qarama-qarshi tomon torsa, arqonning taranglik kuchi katta kuch qiymatiga teng bo'lib, kishilar katta kuch yo'nalishida tezlanish bilan harakatlanadi.
- **Gorizontal sirtda turgan jismga gorizontga nisbatan α burchak ostida kuch ta'sir etayotgan bo'lsa:**



1. F kuchning yuqoriga yo'nalgan ko'taruvchi qismi: $F_k = F\sin\alpha$
2. F kuchning gorizontal yo'nalgan tortuvchi qismi: $F_T = F\cos\alpha$
3. Sirtning reaksiya kuchi (miqdor jihatidan normal bosim kuchiga teng):

$$N = mg - F_k; \quad N = mg - F\sin\alpha$$

4. Agar $N \cdot \mu > F\cos\alpha$ bo'lsa, ishqalanish kuchi: $F_{ishq} = F\cos\alpha$

Bu holda jism tinch turadi.

5. Agar $N \cdot \mu = F\cos\alpha$ bo'lsa, ishqalanish kuchi:

$$F_{ishq} = F\cos\alpha = \mu \cdot N; \quad F_{ishq} = F\cos\alpha = \mu \cdot (mg - F\sin\alpha)$$

Bu holda jism tinch turadi yoki boshlang'ish tezligi bilan tekis harakat qiladi.

6. Agar $N \cdot \mu < F\cos\alpha$ bo'lsa, ishqalanish kuchi:

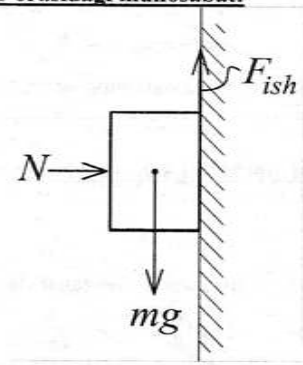
$$F_{ishq} = \mu \cdot N; \quad F_{ishq} = \mu \cdot (mg - F\sin\alpha); \quad F_{ishq} < F\cos\alpha$$

Bu holda jism tekis tezlanuvchan harakat qiladi.

7. Agar $N \cdot \mu < F\cos\alpha$ bo'lsa, jism olgan tezlanish:

$$a = \frac{F\cos\alpha - F_{ishq}}{m}; \quad a = \frac{F\cos\alpha - \mu \cdot (mg - F\sin\alpha)}{m}$$

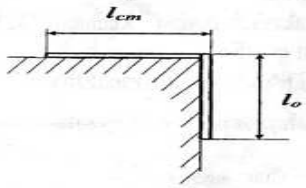
Vertikal sirtga N kuch bilan tik bosib turilgan m massali jismga ta'sir etuvchi kuchlar va ular orasidagi munosabat:



1. Agar $N \cdot \mu > mg$ bo'lsa, ishqalanish kuchi: $F_{ishq} = mg$
2. Agar $N \cdot \mu = mg$ bo'lsa, ishqalanish kuchi: $F_{ishq} = mg = \mu N$
3. Agar $N \cdot \mu < mg$ bo'lsa, ishqalanish kuchi: $F_{ishq} = \mu N$
4. Agar $N \cdot \mu < mg$ bo'lsa, jism vertikal yo'nalishda tezlanish a bilan pastga harakat qiladi: $a = \frac{mg - F_{ishq}}{m}$; $a = \frac{mg - \mu N}{m}$

Stol chetida osilib turgan l uzunlikdagi ip yoki prujina uchun, l_{os} – pastki qismi; l_{us} – stol ustidagi qismi:

$$l_{os} = \frac{\mu}{\mu + 1} \cdot l \quad l_{us} = \frac{1}{\mu + 1} \cdot l \quad \mu = \frac{l_{os}}{l_{us}} \quad l = l_{os} + l_{us}$$



Rasm 22. Stol chetida osilib turgan jism holati

Stol sirtidan arqon sirpanib tushmoqda ($\mu = 0$). Arqonning harakari notekis tezlanuvchan bo'lib, bu harakatda tezlanish ortuvchan bo'ladi.

Suyuqlik va gazlarda jism harakatlanganda ular tomonidan ta'sir etuvchi qarshilik kuchi

Gazlarda (havoda) yoki suyuqliklarda harakatlanayotgan jismga suyuqlik yoki gaz tomonidan *qarshilik kuchi* ta'sir qiladi.

- Qarshilik kuchi jism tezligiga bog'liq
  →jismning tezligi kichik bo'lganda: $\vec{F}_{qar} = -k\vec{\vartheta}$
  →jismning tezligi katta bo'lganda: $F_{qar} = -k\vartheta^2$
- Qarshilik kuchi jism harakatiga to'sqinlik qilib harakatga qarama – qarshi yo'naladi.
- Jism vertikal yuqoriga ko'tarilayotganida havoning qarshilik kuchi:

$$F_{qar} = ma - mg; \quad a = \frac{F_{qar} + mg}{m}$$

- Jism vertikal pastga tushayotganida havoning qarshilik kuchi:

$$F_{qar} = mg - ma; \quad a = \frac{mg - F_{qar}}{m}$$

Markazdan qochma kuch va ishqalanish kuchi

- Markazga intilma kuch:

$$F_{mi} = ma_{mi}; \qquad F_{mi} = \frac{m\vartheta^2}{R}; \qquad F_{mi} = m\omega^2 R$$

- Aylanayotgan diskda turgan jismning muvozanat sharti:

$$\frac{m\vartheta^2}{R} = \mu \cdot mg; \quad \vartheta = \sqrt{\mu g R}; \quad \omega = \sqrt{\frac{\mu g}{R}}; \quad R = \frac{\mu g}{4\pi^2 \nu^2}$$

R – aylanish o'qigacha bo'lgan masofa, μ – ishqalanish koeffitsiyenti,
ω – diskning aylanish burchak tezligi: $\omega = 2\pi\nu$

→ Qayrilayotgan velosipedchi, motosiklchi yoki konkichi uchun (R – aylana radiusi): $\frac{m\vartheta^2}{R} \cdot tg\alpha = mg; \quad tg\alpha = \frac{gR}{\vartheta^2}; \quad \mu = tg\alpha$

α – gorizontdan og'ish burchagi.

- To'g'ri chiziq bo'ylab harakatlanayotgan jismga ta'sir etayotgan harakatlantiruvchi kuch va qarshilik kuchining kattaliklari teng bo'lsa, jism to'g'ri chiziqli tekis harakatini davom ettiradi.
- Agar harakatlantiruvchi kuch qarshilik kuchidan katta bo'lsa, jism tekis tezlanuvchan harakat qiladi.
- Qarshilik kuchi harakatlantiruvchi kuchdan katta bo'lsa jism tekis sekinlanuvchan harakat qiladi
- Aylanayotgan diskdagi jismning muvozanat sharti:

$$\frac{m\vartheta^2}{R} = \mu mg; \qquad \mu\text{-ishqalanish koeffitsiyenti.}$$

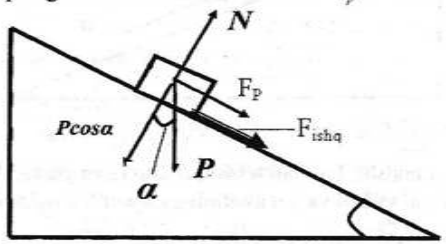
→aylanayotgan konusdagi shar $mgctg\alpha = \frac{m\vartheta^2}{R}$

→qayrilishdagi velosipedchi $F_{mq} = mgctg\alpha$

25-§. Qiya tekislikda bir necha kuch ta'siridagi harakat

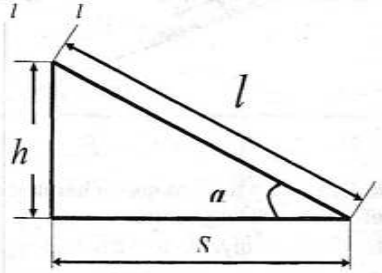
Qiya tekislikda jism harakati va ta'sir etuvchi kuchlar

- Qiya tekislikda ishqalanish kuchi: $F_{ishq} = \mu N; \quad F_{ishq} = \mu mgCos\ \alpha$
- Og'irlik kuchi: $P = mg$
- Qiya tekislikda reaksiya kuchi (normal bosim kuchi): $N = PCos\ \alpha = mgCos\ \alpha$
- Qiya tekislikda pastga harakatlantiruvchi kuch: $F_p = PSin\alpha = mgSin\alpha$



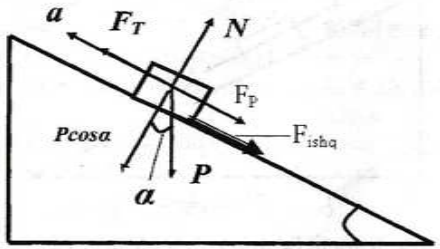
- Qiya tekislik burchagining sin va cos i:

$$\sin\alpha = \frac{h}{l}; \qquad \cos\alpha = \frac{S}{l} = \frac{\sqrt{l^2 - h^2}}{l}$$



Rasm 23. Qiya tekislikning geometrik parametrlari

Qiya tekislik bo'ylab majburiy harakat

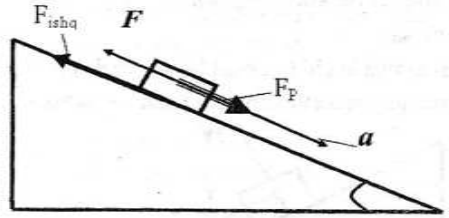


$$\sum \vec{F} = ma \qquad F_T - F_P - F_{ishq} = ma$$

Rasm 24. Jism qiya tekislik bo'ylab tekis tezlanuvchan yuqoriga harakat qilgandagi kuchlar yo'nalishi va harakatining dinamik tenglamasi.

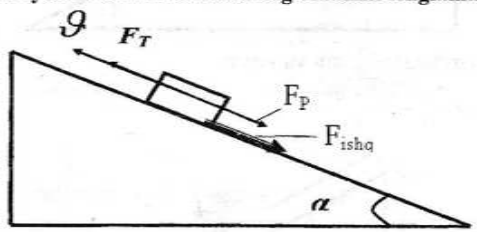
- Qiya tekislik bo'ylab jismni a tezlanish bilan tortuvchi kuch F:

$F = mg \cdot \sin\alpha + F_{ishq} + ma \qquad F = mg(\sin\alpha + \mu \cdot \cos\alpha) + ma$



$\sum \vec{F} = ma \qquad F_P - F_T - F_{ishq} = ma$

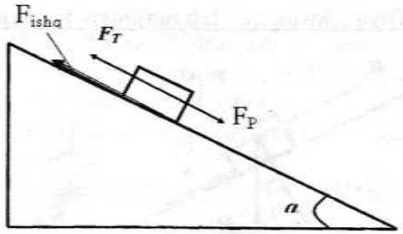
Rasm 25. Jism qiya tekislik bo'ylab tekis tezlanuvchan pastga harakat qilgandagi kuchlar yo'nalishi va harakatining dinamik tenglamasi



$\vartheta = Cost \qquad F_T = F_P + F_{ishq}$

Rasm 26. Jism qiya tekislik bo'ylab tekis yuqoriga harakat qilgandagi kuchlar yo'nalishi va harakatining dinamik tenglamasi

- Jismni o'zgarmas tezlik bilan qiyalik bo'ylab yuqoriga harakatlantiruvc kuch F: $\qquad F = mg \cdot \sin\alpha + F_{ishq}$; $\quad F = mg(\sin\alpha + \mu \cdot \cos\alpha)$



$\vartheta = 0 \qquad F_P = F_T + F_{ishq}$

Rasm 27. Jism tortishish kuchi ta'sirida qiya tekislikda tinch turgandagi kuchlar yo'nalishi va harakatining dinamik tenglamasi

- Qiya tekislikning foydali ish koeffitsiyenti (FIK):

$$\eta = \frac{tg\alpha}{tg\alpha + \mu}; \quad \eta = \frac{1}{1 + \mu ctg\alpha}; \quad \eta = \frac{\sin\alpha}{\sin\alpha + \mu\cos\alpha}$$

26-§. Ko'chmas blok. Ko'char blok

Ko'chmas blok:

- blokdagi tezlanish: $a = g \cdot \frac{|m_1 - m_2|}{m_1 + m_2}$
- t vaqtdan keyin jismning blokdagi tezligi va blokning aylanish chastotasi: $\vartheta = \frac{|m_1 - m_2|}{m_1 + m_2} \cdot gt$; $\quad \nu = \frac{\vartheta}{2\pi R}$
- qo'zg'almas blokda taranglik kuchi: $T = \frac{2m_1 m_2 g}{m_1 + m_2}$
- blokka osilgan yuk harakatida ($m_2 > m_1$):

$T = m_2(g - a)$ yoki $T = m_1(g + a)$

T – ipning tarangligi $\qquad a$ – yuklar tezlanishi

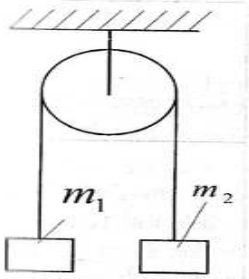
Ko'char blok

- ko'char blokning foydali ish koeffitsiyenti 100% bo'lsa:

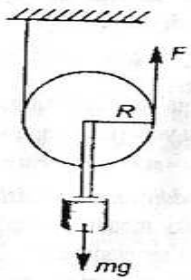
$F = \frac{mg}{2}; \qquad m = \frac{2F}{g}$

- Ko'char blokning foydali ish koeffitsiyenti η ga teng bo'lsa:

$F = \frac{mg}{2\eta}; \qquad m = \frac{2\eta F}{g}$



Rasm 28. Ko'chmas blok



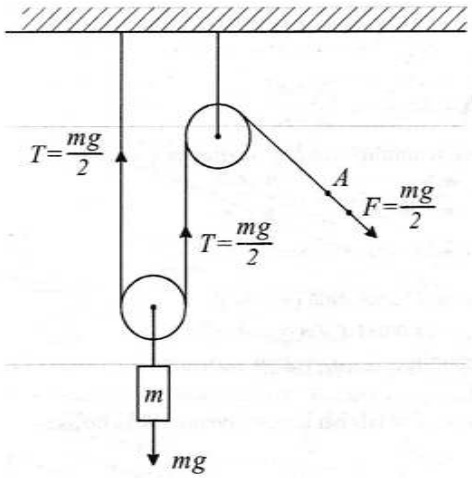
Rasm 29. Ko'char blok

Ko'char blok kuchdan ikki marta yutuq beradi.

Ko'char blokda jismni h balandlikka ko'targanda F kuchni bajargan ishi: $\quad A = 2mgh$

Ko'char blokda m massali jismni h balandlikka ko'tarish uchun F kuch A nuqtani $2h$ masofaga tortishi kerak.

Real ko'char blokning FIKi: $\eta = \frac{mg}{2F}$



Rasm 30. Ko'char blokda ipning taranglik kuchi

27-§. Jism va kuch impulsi

- Jism massasining tezligiga ko'paytmasi shu jismning *impulsi* yoki harak *miqdori* deb ataladi.
  → Jism impulsi: $P = m\vartheta$; $P = \frac{2W_k}{\vartheta}$; $P = \sqrt{2W_k \cdot m}$
- Kuchning uning ta'sir etish vaqtiga ko'paytmasi *kuch impulsi* deyiladi.
  → Kuch impulsi yoki (jism impulsi o'zgarishi):
  $I = F \cdot \Delta t$; $F\Delta t = m\vartheta - m\vartheta_0$; $F\Delta t = m(\vartheta - \vartheta_0)$
- *Jismlar (yoki moddiy nuqtalar) sistemasi* deganda, o'zaro ta'sirlashuvchi b nechta jism (yoki moddiy nuqta) tushuniladi. Sistemani tashkil etuvc jismlar orasida ta'sir etadigan kuchlarni *ichki kuchlar,* sistemaga kirmag jismlar bilan sistema jismlari orasida ta'sir etuvchi kuchlarni esa *tash kuchlar* deyiladi . Tashqi kuchlar ta'sir etmaydigan sistema *yopiq siste* deb ataladi.
- Jism impulsining o'zgarishi - ΔP:
  ⇒ m massali jism tekislikka ϑ tezlik bilan tik yo'nalishda noelastik urilganda: $\Delta P = m \cdot \vartheta$
  ⇒ m massali jism tekislikka α burchak ostida ϑ tezlik bilan noelastik urilganda: $\Delta P = m \cdot \vartheta \cos\alpha$ $\Delta P = m v \sin\alpha$
  ⇒ m massali jism tekislikka ϑ tezlik bilan elastik urilgandagi impulsning o'zgarishi: $\Delta P = 2m\vartheta$ $\Delta P = 2m v \sin\alpha$
  ⇒ m massali jism tekislikka α burchak ostida ϑ tezlik bilan elastik urilganda: $\Delta P = 2m\vartheta\cos\alpha$
- **Jismlar sistemasining impulsi -** P_{nat}

⇒ jismlar bir xil yo'nalishda harakatlansa: $P_{nat} = m_1\vartheta_1 + m_2\vartheta_2$
⇒ jismlar qarama-qarshi tomonga harakatlansa: $P_{nat} = m_1\vartheta_1 - m_2\vartheta_2$
⇒ jismlar perpendikulyar yo'nalishda harakatlansa:
$$P_{nat} = \sqrt{(m_1\vartheta_1)^2 + (m_2\vartheta_2)^2}$$
⇒ jismlar α burchak ostida harakatlansa:
$$P = \sqrt{(m_1\vartheta_1)^2 + (m_2\vartheta_2)^2 + 2(m_1\vartheta_1)\cdot(m_2\vartheta_2)\cos\alpha}$$

Nisbiy impulsni topish.

⇒ Tezligi ϑ_1 bo'lgan bir jismning ϑ_2 tezlikka ega bo'lgan boshqa jismga nisbatan impulsi: $P_{nis} = m_1 \cdot \vartheta_{nis}$
⇒ jismlar bir xil yo'nalishda harakatlansa: $P_{nis} = m_1(\vartheta_1 - \vartheta_2)$
⇒ jismlar qarama-qarshi yo'nalishda harakatlansa: $P_{nis} = m_1(\vartheta_1 + \vartheta_2)$
⇒ jismlar tik yo'nalishda harakatlansa: $P_{nis} = m_1\sqrt{(\vartheta_1)^2 + (\vartheta_2)^2}$

28-§. Impulsning saqlanish qonuni

Jismlar (yoki moddiy nuqtalar) sistemasi deganda, o'zaro ta'sirlashuvchi bir nechta jism (yoki moddiy nuqta) tushuniladi. Sistemani tashkil etuvchi jismlar orasida ta'sir etadigan kuchlarni *ichki kuchlar,* sistemaga kirmagan jismlar bilan sistema jismlari orasida ta'sir etuvchi kuchlarni esa *tashqi kuchlar* deyiladi . Tashqi kuchlar ta'sir etmaydigan sistema *yopiq sistema* deb ataladi.

Impulsning saqlanish qonuni ta'rifi: Yopiq sistemani tashkil etgan jismlar impulslarining vektor yig'indisi bu sistemadagi jismlarning bir-biri bilan bo'ladigan har qanday o'zaro ta'sirida o'zgarmaydi.

→ Impulsning saqlanish qonuni:
$m_1\vartheta_1 + m_2\vartheta_2 = m_1\vartheta_1^1 + m_2\vartheta_2^1$; $\sum m\vartheta = Const$

Reaktiv harakat deb, jism va shu jismdan tashqariga chiqarib yuboriladigan modda orasidagi ta'sirlashishga asoslangan harakatga aytiladi

Jismlar sistemasining impulsi - P_{nat}

⇒ jismlar bir xil yo'nalishda harakatlansa: $P_{nat} = m_1\vartheta_1 + m_2\vartheta_2$
⇒ jismlar qarama-qarshi tomonga harakatlansa: $P_{nat} = m_1\vartheta_1 - m_2\vartheta_2$
⇒ jismlar perpendikulyar yo'nalishda harakatlansa:
$$P_{nat} = \sqrt{(m_1\vartheta_1)^2 + (m_2\vartheta_2)^2}$$
⇒ jismlar α burchak ostida harakatlansa:
$$P = \sqrt{(m_1\vartheta_1)^2 + (m_2\vartheta_2)^2 + 2(m_1\vartheta_1)\cdot(m_2\vartheta_2)\cos\alpha}$$

Jismlar noelastik to'qnashgandan keyingi tezligi – u

⇒ harakat yo'nalishlari bir xil bo'lganda: $u = \frac{m_1\vartheta_1 + m_2\vartheta_2}{m_1 + m_2}$
⇒ harakat yo'nalishlari qarama-qarshi bo'lganda: $u = \frac{m_1\vartheta_1 - m_2\vartheta_2}{m_1 + m_2}$

- Jismlar markaziy elastik to'qnashgandan keyingi tezliklari u_1 va u_2
  - ⇒ harakat yo'nalishlari bir xil bo'lganda:

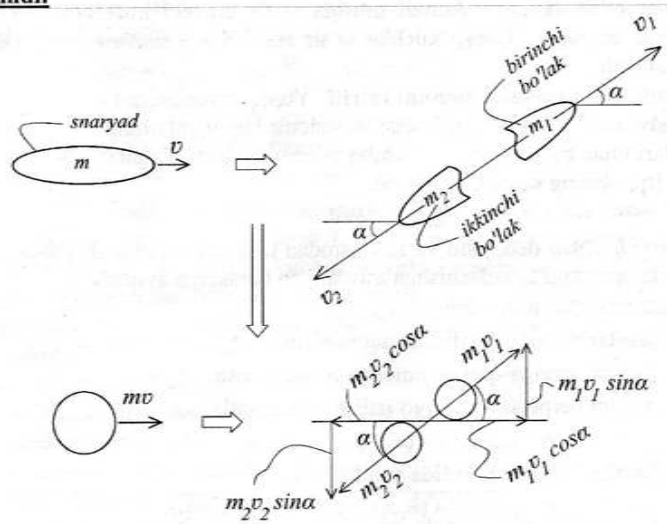
$$u_1 = \frac{2m_2\vartheta_2 - (m_2 - m_1)\vartheta_1}{m_1 + m_2}; \qquad u_2 = \frac{2m_1\vartheta_1 + (m_2 - m_1)\vartheta_2}{m_1 + m_2}$$

  - ⇒ harakat yo'nalishlari qarama-qarshi bo'lganda

$$u_1 = \frac{-2m_2\vartheta_2 - (m_2 - m_1)\vartheta_1}{m_1 + m_2}; \qquad u_2 = \frac{2m_1\vartheta_1 - (m_2 - m_1)\vartheta_2}{m_1 + m_2}$$

- *Urilish* deb, ikki yoki undan ko'p jismlarning juda qisqa vaqt davomidagi ta'sirlashuviga aytiladi.
- *Absolyut noelastik urilish* deb, ikkita deformatsiyalanadigan sharlarning urilishiga aytiladi. Absolyut noelatik urilishda impulsning saqlanish qonuni bajariladi va mexanik energiyaning saqlanish qonuni bajarilmaydi. Mexanik energiyaning bir qismi ichki energiyaga aylanadi.
- *Absolyut elastik urilish* deb, ikkita deformatsiyalanmaydigan sharlarning urilishiga aytiladi. Bunda sharlarning urilishdan keyingi kinetik energiyasi urilishdan keyingi kinetik energiyasiga teng bo'ladi. Bu turdagi urilishda mexanik energiyaning va impulsning saqlanish qonuni bajariladi.

Gorizontal yo'nalishda uchayotgan snaryad portlab ikki bo'lakka bo'lindi:



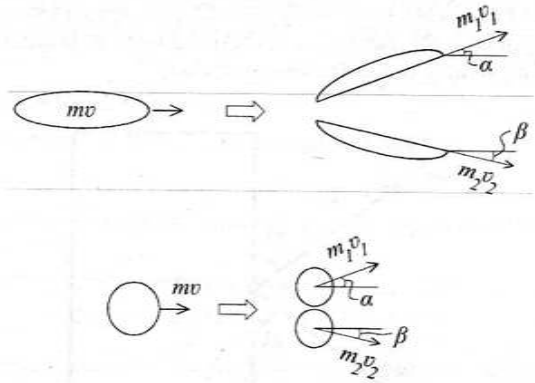
Impulsning saqlanish qonuniga asosan: $\begin{cases} m\upsilon = m_1\vartheta_1\cos\alpha - m_2\vartheta_2\cos\alpha \\ m_1\vartheta_1\sin\alpha - m_2\vartheta_2\sin\alpha = 0 \\ m_1 + m_2 = m \end{cases}$

Snaryad impulsi: $P = m\vartheta$

Snaryad birinchi bo'lagining impulsi: $P_1 = m_1\vartheta_1$

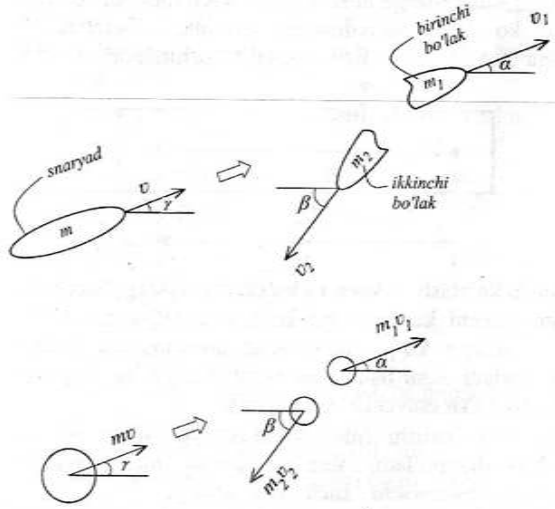
Snaryad ikkinchi bo'lagining impulsi: $P_2 = m_2\vartheta_2$

Gorizontal yo'nalishda uchayotgan snaryad portlab ikki bo'lakka bo'lindi:



Impulsning saqlanish qonuniga asosan: $\begin{cases} m\upsilon = m_1\vartheta_1\cos\alpha + m_2\vartheta_2\cos\beta \\ m_1\vartheta_1\sin\alpha - m_2\vartheta_2\sin\beta = 0 \\ m_1 + m_2 = m \end{cases}$

Gorizontga burchak ostida uchayotgan snaryad portlab ikki bo'lakka bo'lindi:



Impulsning saqlanish qonuniga asosan: $\begin{cases} m\upsilon\cos\gamma = m_1\vartheta_1\cos\alpha - m_2\vartheta_2\cos\beta \\ m_1\vartheta_1\sin\alpha - m_2\vartheta_2\sin\beta = m\upsilon\sin\gamma \\ m_1 + m_2 = m \end{cases}$

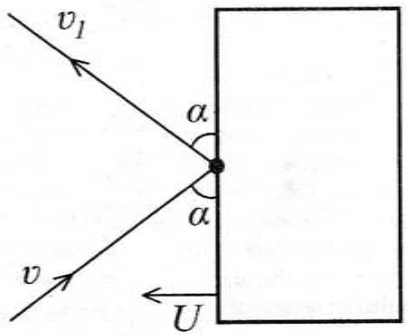
Snaryad impulsi: $P = m\vartheta$

Snaryad birinchi bo'lagining impulsi: $P_1 = m_1\vartheta_1$

Snaryad ikkinchi bo'lagining impulsi: $P_2 = m_2\vartheta_2$

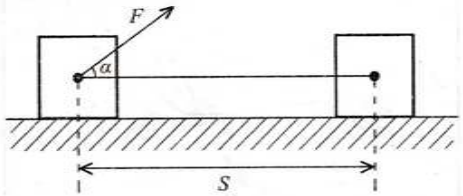
υ tezlik bilan bilan kelayotgan absolyut elastik jism, qarshi tomondan u tezli bilan kelayotgan ikkinchi jism sirtiga sirt tekisligi bilan α burchak hosil qilib urildi. Birinchi jismning urilishdan keyingi tezligi:

$$\vartheta_1 = \sqrt{(\vartheta\cos\alpha)^2 + (\upsilon\cdot\sin\alpha + u)^2}$$



29-§. Mexanik ish

- *Mexanik ish* deganda, jismga ta'sir etuvchi kuch moduli, ko'chish moduli kuch bilan ko'chish yo'nalishlari orasidagi burchak kosinusini ko'paytmasiga teng bo'lgan fizik kattalik tushiniladi: $A = F\cdot S\cdot\cos\alpha$



Rasm 31. Kuch, ko'chish va kuch va ko'chish orasidagi burchak

- Jismga ta'sir etuvchi kuch va bu kuch ta'sirida sodir bo'lgan ko'chi vektorlarining skalyar ko'paytmasi bilan aniqlanuvchi skalyar kattalik *mexanik ish* deyiladi. Agar jismga bir nechta kuch ta'sir etayotgan bo'lsa, kuchlarning teng ta'sir etuvchisi ish bajaradi.
- Kuchning ta'sir yo'nalishi bilan ko'chish yo'nalishi bir xil bo'lgan bajarilgan ish musbat bo'ladi, shuning uchun bunday holda kuch *tort kuchi* yoki *harakatlantiruvchi kuch* deb ataladi.
- Kuchning ta'sir yo'nalishi bilan ko'chish yo'nalishlari teskari bo'lgan bajarilgan ish manfiy qiymatga ega bo'ladi. Bu holda kuch haraka

to'sqinlik qiladi, shuning uchun uni *qarshilik kuchi* yoki *ishqalanish kuchi* deb ataladi.

- Markazdan qochma va intilma kuchlar harakatlanish yo'nalishiga perpendikulyar bo'lganligi uchun ular ish bajarmaydi (bajargan ishlari nolga teng bo'ladi). A=0
- Og'irlik kuchining bajargan ishi: $A = mgh$; $A = \frac{m(\vartheta_2^2 - \vartheta_1^2)}{2}$
- Gorizont bilan α burchak tashkil qilgan holda:

$A_{og} = \frac{1}{2}PS\sin 2\alpha$; $A_{og} = mgsCos\ \alpha\cdot Sin\,\alpha$; $A_{og} = \frac{1}{2}mgsSin\ 2\alpha$

- Jism gorizontal yo'nalishda harakatlanganida, og'irlik kuchini bajargan ishi: $A = 0$
- Mexanik ishning kinetik energiyaga bog'liqligi:

$$A = \Delta E_{kin} = E_2 - E_1; \qquad A = \frac{m(\vartheta_2^2 - \vartheta_1^2)}{2}$$

- Yerda yotgan l uzunlikdagi sterjenni tik qilib qo'yishda bajarilgan ish: $A = mg\frac{l}{2}$
- Sterjenni gorizontga nisbatan α burchakka og'dirishda bajarilgan ish: $A = mg\frac{l}{2}\cdot\sin\alpha$
- Jism a tezlanish bilan yuqoriga ko'tarilganida bajarilgan ish:

$$A = m(g + a)h$$

- Ko'char blokda jismni h balandlikka ko'targanda F kuchni bajargan ishi: $A = 2mgh$
- F kuch ta'sirida jism h balandlikka ko'tarilganda F kuchni bajargan ishi: $A = Fh$
- Qarshilik kuchining bajargan ishi: $A = F_{qar}h = m(g - a)h$
- Elastiklik kuchini bajargan ishi:

$A = \frac{k\cdot x^2}{2}$; $A = \frac{F_{elast}\cdot x}{2}$; $A = \frac{F_{elast}^2}{2k}$

- Ishqalanish kuchining bajargan ishi:

$A = F_{ishq}l = \mu mgl$ - gorizontal sirtda

$A = \mu mgl\cdot\cos\alpha$ - qiya tekislikda.

- Markazga intilma kuch va Lorens kuchlari ish bajarmaydi (ularning bajargan ishi 0 ga teng)
- Og'irlik kuchi (Gravitatsion kuchi), elastiklik kuchi , elektrostatik (Kulon) kuchi va Arximed kuchlarining bajargan ishi traektoriya shakliga bog'liq emas.
- Ishqalanish kuchi va qarshilik kuchlarining bajargan ishi ichki energiyaga (issiqlikka) aylanadi.

30-§. Kinetik va potensial energiya

- Jismning ish bajara olish qobiliyatiga *energiya* deyiladi .
- Energiya jism holatini xarakterlaydigan fizik kattalik bo'lib, uning o'zgaris bajarilgan ishga teng bo'ladi.
- Turli shakldagi harakatlar va o'zaro ta'sirlarning universal o'lchovi energiy deyiladi.
- Jismning harakati bilan bog'liq bo'lgan energiyasi *kinetik energiya* deyilad
- Kinetik energiya – harakat energiyasidir:

$W_k = \frac{m\vartheta^2}{2}$; $W_k = \frac{P\vartheta}{2}$; $W_k = \frac{P^2}{2m}$; P-jism impulsi

- Qiya tekislikdan sirpanishsiz dumalab tushayotgan silindr kinetik energiyas

$$W_k = \frac{3}{4}m\upsilon_0^2$$

- Jismning holati bilan bog'liq bo'lgan energiyasi potensial energiya deyila .
- Jismning *potensial energiyasi* deb ularning bir-biriga nisbatan vaziy tufayli olgan energiyasiga aytiladi.
- Jism qandaydir kuch ta'siri ostida bo'lsa potensial energiyaga ega bo'ladi:

→ Yerdan h balandlikdagi jismning potensial energiyasi: $W_n = mgh$

→ prujinaning potensial energiyasi: $W_P = \frac{kx^2}{2}$ $W_P = \frac{F\Delta x}{2}$ $W_P = \frac{F_{el}}{2k}$

- Jismning energiyasi (kinetik energiyasi ham, potensial energiyasi ham) birliklarida (joullarda) o'lchanadi.
- Har qanday jism bir vaqtda ham potensial energiyaga, ham kine energiyaga ega bo'la oladi.
- Kinetik va potensial energiyalar yig'indisi *to'liq mexanik energiya* deyila

$W_{to'liq} = W_{kin} + W_{pot}$

- *Kaloriya* issiqlik miqdori ish va energiya birliklari bo'lib, 1gramm su temperaturasini normal atmosfera bosimida 1^0C (yoki 1K)ga oshirish uch kerak bo'ladigan issiqlik miqdoridir: $1kal = 4.2J$
- Massa markazi orqali o'tgan o'q atrofida erkin aylanayotgan qattiq jism kinetik energiyasi: $W_k = \frac{m\vartheta_0^2}{2} + \frac{J_0\omega^2}{2}$

ϑ_0 – massa markazining tezligi ω – burchak tezlik.

- Qiya tekislikdan sirpanib dumalab tushayotgan silindrning kinetik energiyasi: $W_k = \frac{5m\vartheta_0^2}{4} + \frac{J_0\omega^2}{2}$

31-§. Mexanik energiya va ish orasidagi bog'liqlik

- Ish va kinetik energiya orasidagi bog'liqlik:

$A = W_{k2} - W_{k1}$; $A = \frac{m\vartheta^2}{2} - \frac{m\vartheta_0^2}{2} = \frac{m}{2}(\vartheta^2 - \vartheta_0^2)$

Ish va potensial energiya (og'irlik kuchining bajargan ishi):

$A = W_{P1} - W_{P2}$; $A = mgh_0 - mgh$; $A = -mg\Delta h$

Elastiklik kuchining bajargan ishi:

$A = \frac{kx_0^2}{2} - \frac{kx^2}{2} = \frac{k}{2}(x_0^2 - x^2)$

Og'irlik kuchining bajargan ishi: $A = mgh$; $A = \frac{m(\vartheta_2^2 - \vartheta_1^2)}{2}$

→ Gorizont bilan α burchak tashkil qilgan holda:

$A_{sp} = \frac{1}{2}PS\sin 2\alpha$; $A_{og} = mgsCos\ \alpha \cdot Sin\ \alpha$; $A_{og} = \frac{1}{2}mgsSin\ 2\alpha$

Jism gorizontal yo'nalishda harakatlanganida, og'irlik kuchini bajargan ishi: $A = 0$

Mexanik ishning kinetik energiyaga bog'liqligi:

$A = \Delta E_{kin} = E_2 - E_1$; $A = \frac{m(\vartheta_2^2 - \vartheta_1^2)}{2}$

Yerda yotgan l uzunlikdagi sterjenni tik qilib qo'yishda bajarilgan ish: $A = mg\frac{l}{2}$

Sterjenni gorizontga nisbatan α burchakka og'dirishda bajarilgan ish: $A = mg\frac{l}{2}\cdot\sin\alpha$

Jism a tezlanish bilan yuqoriga ko'tarilganida bajarilgan ish:

$A = m(g + a)h$

Ko'char blokda jismni h balandlikka ko'targanda F kuchni bajargan ishi: $A = 2mgh$

F kuch ta'sirida jism h balandlikka ko'tarilganda F kuchni bajargan ishi: $A = Fh$

Qarshilik kuchining bajargan ishi: $A = F_{qar}h = m(g - a)h$

Elastiklik kuchini bajargan ishi:

$A = \frac{k\cdot x^2}{2}$; $A = \frac{F_{elast}\cdot x}{2}$; $A = \frac{F_{elast}^2}{2k}$

Ishqalanish kuchining bajargan ishi:

$A = F_{ishq}l = \mu mgl$ - gorizontal sirtda

$A = \mu mgl\cdot\cos\alpha$ - qiya tekislikda.

Markazga intilma kuch va Lorens kuchlari ish bajarmaydi (ularning bajargan ishi 0 ga teng)

Og'irlik kuchi (Gravitatsion kuchi), elastiklik kuchi , elektrostatik (Kulon) kuchi va Arximed kuchlarining bajargan ishi traektoriya shakliga bog'liq emas.

Ishqalanish kuchi va qarshilik kuchlarining bajargan ishi ichki energiyaga (issiqlikka) aylanadi.

32-§. Mexanik energiyaning saqlanish qonuni

- Jismning ish bajara olish qobiliyatiga *energiya* deyiladi .
- Jismning harakati bilan bog'liq bo'lgan energiyasi *kinetik energiya* deyila
- Kinetik energiya – harakat energiyasidir.
- Jismning holati bilan bog'liq bo'lgan energiyasi potensial energiya deyila
- Jismning *potensial energiyasi* deb ularning bir-biriga nisbatan vazi tufayli olgan energiyasiga aytiladi.
- Har qanday jism bir vaqtda ham potensial energiyaga, ham kin energiyaga ega bo'la oladi.
- Kinetik va potensial energiyalar yig'indisi *to'liq mexanik energiya* deyil $W_{to'la} = W_{kin} + W_{pot}$
- **Mexanik energiyaning saqlanish qonuni ta'rifi**: Jismning istal vaqtdagi kinetik va potensial energiyalarining yig'indisi shu jismning *to mexanik energiyasi* deyiladi. Jismning to'liq mexanik energi o'zgarmaydi. Mexanik energiya o'z-o'zidan hosil bo'lmaydi yo'qolmaydi, u bir turdan ikkinchi turga aylanishi yoki bir jismdan ikki jismga o'tishi mumkin.
- Mexanik energiyaning saqlanish qonuni:

$$W_T = W_K + W_P = Const; \quad W_T = mgh + \frac{m\vartheta^2}{2} = Const; \quad W_T = W_{k\max}; \quad W_T = W_{n\max};$$

$$W_{k\max} \Rightarrow W_n = 0; \quad W_k = 0 \Rightarrow W_{n\max}; \quad \frac{m\vartheta^2}{2} + mgh = const$$

$$\frac{m\vartheta^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = const; \quad \frac{m\vartheta_0^2}{2} = W_{kin} + W_{pot}; \quad mgh_{\max} = W_{kin} + W_{pot}$$

- Fizikaning makon va zamonda ro'y beradigan barcha jarayonlarni ma'lum tart solib turadigan umumiy qonunlari mavjud bo'lib, ular *saqlanish qonunlari* deyiladi.
- Materiyaning harakati makon va zamonda ro'y beradi. Fizikadagi umumiy qonunlar ham makon va zamonga tayangan, ya'ni ularning biror xossasiga asoslangan bo'ladi. Bu xossalar: makonning, ya'ni fazoning bir jinsliligi va izotopligi, zamonning, ya'ni vaqtning esa bir jinsliligidir.
- *Fazoning bir jinsliligi* deyilganda uning barcha nuqtalarining teng kuchliligi tushuniladi, ya'ni fizik jarayonning ro'y berishi, tajriba fazoning qaysi nuqtasi o'tkazilishidan qat'iy nazar bir xilda kechadi.
- *Fazoning izotopligi*, deyilganda uning barcha yo'nalishlari teng kuchliligi tushuniladi, ya'ni fizik jarayonning ro'y berishi tajriba fazoning qaysi yo'nalis o'tkazilishidan qat'iy nazar bir xilda kechadi.
- *Vaqtning bir jinsliligi*, deyilganda uning har bir onining teng kuchliligi tushuniladi, ya'ni fizik jarayonning ro'y berishi tajribaning qachon boshlanish mutlaqo bog'liq emas. Eynshteynning saqlanish qonuni vaqtning bir jinsliligin natijasidir.

Urilish deb, ikki yoki undan ko'p jismlarning juda qisqa vaqt davomidagi ta'sirlashuviga aytiladi.

Absolyut noelastik urilish deb, ikkita deformatsiyalanadigan sharlarning urilishiga aytiladi. Absolyut noelatik urilishda impulsning saqlanish qonuni bajariladi va mexanik energiyaning saqlanish qonuni bajarilmaydi. Mexanik energiyaning bir qismi ichki energiyaga aylanadi.

Absolyut elastik urilish deb, ikkita deformatsiyalanmaydigan sharlarning urilishiga aytiladi. Bunda sharlarning urilishdan keyingi kinetik energiyasi urilishdan keyingi kinetik energiyasiga teng bo'ladi. Bu turdagi urilishda mexanik energiyaning va impulsning saqlanish qonuni bajariladi.

ipga osilgan jism ϑ tezlikda muvozanat holatidan o'tayotganidagi ipning taranglik kuchi: $T = mg + \frac{m\vartheta^2}{l}$

ipga osilgan gorizontal tekislikda aylanma harakat qilayotgan jism uchun taranglik kuchi, chastota va tezlik:

$$T\sin\alpha = \frac{m\vartheta^2}{l\sin\alpha}; \quad T\cos\alpha = mg; \quad tg\alpha = \frac{\vartheta^2}{gl\sin\alpha}; \quad \nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l\cos\alpha}}$$

α – vertikal og'ish burchagi, T – ipning taranglik kuchi, ν – aylanish astotasi.

Arqonga bog'lab aylantirilgan jism uchun ipning taranglik kuchi

eng yuqori nuqtada: $T_1 = \frac{m\vartheta^2}{R} - mg$

o'rta holatda: $T_2 = T_4 = \frac{m\vartheta^2}{R}$

eng pastki nuqtada: $T_3 = mg + \frac{m\vartheta^2}{R}$

T – ipning tarangligi.

Kosmik jism cheksiz uzoqlikdan Er sirtiga ϑ_0 tezlik bilan yaqinlashib kelmoqda, havoning qarshiligini hisobga olmaganda uning Er sirtiga etib kelish tezligi ϑ:

$$\frac{m\vartheta_0^2}{2} + \frac{GmM_{Yer}}{R_{Yer}} = \frac{m\vartheta^2}{2} \Rightarrow \quad \vartheta = \sqrt{\vartheta_0^2 + \frac{2GM_{Yer}}{R_{Yer}}}$$

Havoning qarshiligini hisobga olmaganda vertikal yuqoriga (yoki yuqoriga burchak ostida) otilgan jismning, to'liq mexanik energiyasi traektoriyaning hamma nuqtalarida bir xil bo'ladi va o'zgarmaydi.

Havoning qarshili mavjud bo'lganda vertikal yuqoriga (yoki yuqoriga burchak ostida) otilgan jismning, otilish momentida ya'ni harakatning boshida to'liq mexanik energiyasi eng katta, va harakatning oxirida (tushish vaqtida) eng kichik bo'ladi. Energiyaning ma'lum qismi havo qarshiligini yengishga sarf bo'ladi.

33-§.Quvvat

- *Quvvat* deb vaqt birligi yoki bir sekund ichida bajarilgan ishga son jihatdan teng bo'lgan kattalikka aytiladi:

$$N=\frac{A}{t};\quad N=F\vartheta\cos\alpha;\quad N=F\vartheta;\quad N=\frac{mgh}{\eta t};\quad N=\frac{m\vartheta^2}{2t}$$

- Quvvat birligi bir Vatt bo'lib u 1 sekundda 1 Joul ish bajaradigan mashina quvvatidir.
- Quvvati 736,2 W bo'lgan mashina 1 Ot kuchiga ega.
- 1 kW•soat=3,6•10^6 Joulga teng bo'lib, bu ish birligidir.
- Mashinaning tejamkorligini, ya'ni u bajargan to'liq ishning qancha qi foydali ishga aylanishini xarakterlaydigan kattalikka mashinaning *foy ish koeffitsiyenti* (qisqacha FIK) deyiladi va grekcha η (eta) harfi b belgilanadi.
- Foydali ish koeffitsiyenti: (FIK):

$$\eta=\frac{A_F}{A_T}\cdot 100\%;\quad \eta=\frac{A_F}{A_T};\quad \eta=\frac{N_F}{N_T}\cdot 100\%;\quad \eta=\frac{N_F}{N_T}$$

→ qiya tekislik uchun FIK:

$$\eta=\frac{1}{1+\mu ctg\alpha};\quad \eta=\frac{tg\alpha}{tg\alpha+\mu};\quad \eta=\frac{Sin\alpha}{Sin\alpha+\mu Cos\alpha}$$

- Quvvati N ga teng bo'lgan dvigatel m massali yukni h balandlikka t vaqtda olib chiqqanidagi FIK: $\eta=\frac{mgh}{N\cdot t}\cdot 100\%$
- Dvigatelining quvvati N_{dv} ga teng bo'lgan mashina o'zgarmas ϑ tezlikda ketayotgan bo'lsa: $\eta_{dv}=\frac{F_{tor}\cdot\vartheta}{N_{dv}}\cdot 100\%$
- O'zgarmas tezlik bilan ketayotgan avtomobilning tortish kuchi F_{tor} bo'lib, S masofada yoqqan yoqilg'i massasi m_{yoq}: $m_{yoq}=\frac{SF_{tor}}{\eta q}$

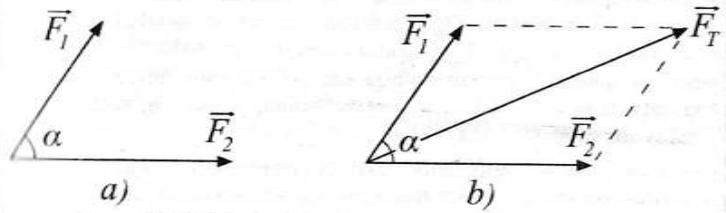
34- §. Jismlarning muvozanati. Kuch momenti

- Mexanikaning kuchlar ta'siri ostida bo'lgan jism yoki jismlar sistemas muvozanatda bo'lish shartlarini o'rganadigan bo'limi *statika* deyiladi. S grekcha «statos» so'zidan olingan bo'lib, lug'aviy ma'nosi «qo'zg'al demakdir
- Jismning tinch turgan yoki to'g'ri chiziqli tekis harakat qilayotgan hol *muvozanat holati* deyiladi.
- **Jismning muvozanat sharti:** jismga ta'sir etayotgan barcha kuchlarning v yig'indisi nolga teng bo'lsa, jism muvozanat holatda bo'ladi.
- Aylanmaydigan jism muvozanatda bo'lishi uchun jismga qo'yilgan kuchla istalgan o'qdagi proeksiyalarining yig'indisi nolga teng bo'lishi zarur:

$$F_{1x}+F_{2x}+F_{3x}+\ldots=0;\quad F_{1y}+F_{2y}+F_{3y}+\ldots=0;\quad \sum_{i=1}^{n}F=0$$

- O'zaro burchak ostida yo'nalgan ikkita kuchning teng ta'sir etuvchisi:

$F_1=\sqrt{F_1^2+F_2^2+2F_1\cdot F_2\cos\alpha}$

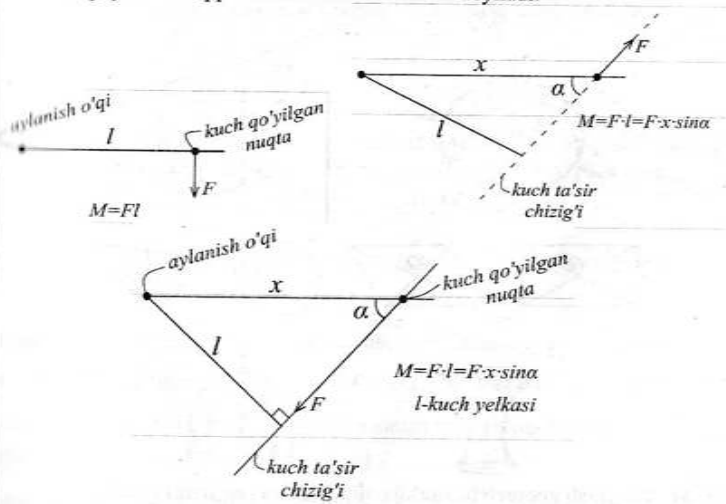


Rasm 32. Ikki kuchni parallelogram usulida qo'shish

Kuch yelkasi deb, kuchning ta'sir chizig'i va aylanish o'qi orasidagi eng qisqa masofaga aytiladi. Ta'sir etuvchi kuchning aylantirish xususiyatini ifodalash uchun kuch momenti deb ataladigan kattalikdan foydalaniladi. *Kuchning aylanish o'qiga nisbatan momenti* deganda, shu kuch moduli bilan kuch yelkasi ko'paytmasiga aytiladi.

Kuch momenti: $M=|F|\cdot d$

Aylanish o'qidan kuch qo'yilgan nuqtaga o'tkazilgan radius vektorning kuchga vektor ko'paytmasi o'qqa nisbatan kuch momenti deyiladi.

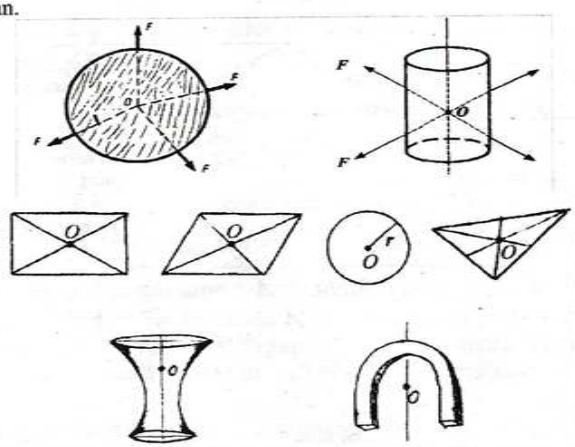


Rasm 33. Turli holatlar uchun kuch elkasi va kuch momenti

Kuch momenti vektor kattalik bo'lib, uning XBS dagi o'lchov birligi sifatida N·m qabul qilingan. Lekin kuch momentining birligi, ya'ni 1N·m ni J (Joul) deb atash qabul qilinmagan.

Jismni soat strelkasi yo'nalishida aylantiruvchi kuch momentlarining ishorasi musbat deb, soat strelkasiga teskari aylantiruvchi kuch momentlarining ishorasi manfiy deb qabul qilingan.

- **Qo'zg'almas o'q atrofida aylana oladigan jismning muvozanat sharti y momentlar qoidasi:** mahkamlangan o'q atrofida aylana oladigan jis qo'yilgan kuchlarning bu o'qqa nisbatan olingan momentlarining algeb yig'indisi nolga teng ($\sum M = 0$) bo'lganda ushbu jism muvozanatda bo'ladi.
- **Momentlar qoidasi:** Aylanish o'qiga ega bo'lgan jism muvozanatda bo'l uchun unga ta'sir etuvchi kuchlar momentlarining vektor yig'indisi nolga t bo'lishi kerak, ya'ni: $\vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \vec{M}_3 + ... = 0$; $\sum M = O$
- Har bir jism uchun uni ilgarilanma harakatga keltiruvchi barcha kuchlarning ta yo'nalishlari kesishadigan bitta nuqta mavjud. Bu nuqta jismning massa (y og'irlik) markazidir. Kuchning ta'sir chizig'i massa markazidan o'tmasa bu k jismni buradi.
- Jismning barcha zarralariga ta'sir etuvchi og'irlik kuchlarining markaziga jismning *og'irlik markazi* deyiladi.
- Jismning og'irlik markazi - jismning barcha zarralariga ta'sir etuvchi og' kuchlarining mazkur nuqtaga nisbatan momentlarining yig'indisi hamma nolga teng bo'lgan nuqta.
- Bir jinsli to'rtburchak va parallelogramning og'irlik markazi uning *diagona kesishgan nuqtada* joylashgan.
- Bir jinsli uchburchakning og'irlik markazi uning *medianalari kesishgan* nuq joylashgan.

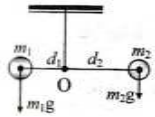


Rasm 34. Bir jinsli geometrik shakllarning massa (og'irlik) markazi.

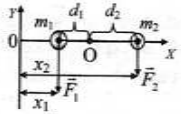
- Aylanish o'qiga ega bo'lgan har qanday qattiq jism *richag* deyiladi. Richag osilish nuqtasiga nisbatan $\vec{F}_1$ va $\vec{F}_2$ kuchlar momentlarining $M_1=M_2$ sha richag muvozanatda bo'ladi.
- **Mexanikaning oltin qoidasi:** Kuchdan qancha yutsak masofadan shu yutqazamiz, masofadan qancha yutsak kuchdan shuncha yutqazamiz.
- **Jismlar sistemasining massa markazi:**

$x_m = \frac{m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2}{m_1 + m_2}$; $\quad m_1 \cdot (x_m - x_1) = m_2 (x_2 - x_m)$

birinchi jism va ikkinchi jismlar massa markazlarining koordinatasi



m 35. Richag



Rasm 36. Jismlar sistemasining massalar markazi

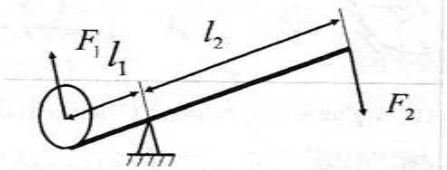
Agar jismlar hajmlari teng bo'lsa: $x_0 = \frac{\rho_1 x_1 + \rho_2 x_2}{\rho_1 + \rho_2}$

azmsiz richagning muvozanat sharti:

$m_1 d_1 = m_2 d_2$; $\quad d_1 = \frac{m_2}{m_1 + m_2} d$; $\quad d_2 = \frac{m_1}{m_1 + m_2} d$; $\quad d = d_1 + d_2$

Vazmsiz richagning yelkalariga F_1 va F_2 kuchlar qo'yilgan bo'lsa:

$F_1 d_1 = F_2 d_2$; $\quad d_1 = \frac{F_2}{F_1 + F_2} d$; $\quad d_2 = \frac{F_1}{F_1 + F_2} d$; $\quad d = d_1 + d_2$



m 37. Richag

ssaga ega bo'lgan richagning muvozanat shartlari:

Massasi M va uzunligi l bo'lgan richagning yelkalariga F_1 va F_2 kuchlar o'yilganda muvozanat sharti: $Mg = \frac{2(F_1 l_1 - F_2 l_2)}{l_2 - l_1}$; $\quad l = l_1 + l_2$

Agar M massali richagning faqat bir tomoniga F kuch qo'yilgan bo'lsa, $F_1 = F$ va $F_2 = 0$; $\quad M \cdot g = \frac{2F \cdot l_1}{l_2 - l_1}$; $\quad l = l_1 + l_2$

Massasi M va uzunligi l bo'lgan richagning yelkalariga m_1 va m_2 assali yuklar osilgan: $m_1 l_1 + \frac{l_1 - l_2}{2} M = m_2 l_2$; $\quad l = l_1 + l_2$

Agar M massali richagning faqat bir tomoniga yuk osilgan bo'lsa, a'ni $m_2 = 0$ $\quad m_1 l_1 = \frac{l_2 - l_1}{2} M$; $\quad l = l_1 + l_2$

Yerda yotgan m massali xodaning bir uchidan bir oz ko'tarish uchun erak bo'ladigan kuch: $F = \frac{mg}{2}$

o'ndalang kesim yuzasi bir xil bo'lgan har xil jismlar tutashgan yida tayanchga o'rnatilgan: $l_1^2 \rho_1 = l_2^2 \rho_2$; $\quad \frac{l_1}{l_2} = \sqrt{\frac{\rho_2}{\rho_1}}$;

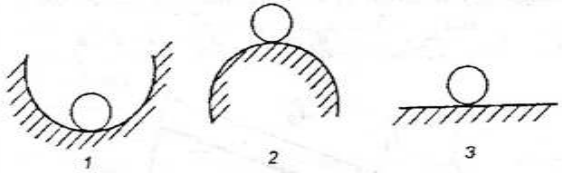
ki tayanchga o'rnatilgan jismni tayanchga berayotgan bosim kuchlari yoki yanchlarning reaksiya kuchlari:

$$F_1 = \frac{l_2}{l_1 + l_2} \cdot Mg; \quad F_2 = \frac{l_1}{l_1 + l_2} \cdot Mg; \quad F_1 + F_2 = Mg; \quad l = l_1 + l_2$$

- Bir jinsli sterjenning massa markazini Δx ga surish uchun uning bir uchidan $2\Delta x$ uzunlikdagi qismini kesib tashlash kerak.
- **Qattiq jism muvozanatining uch xil turi mavjud**: turg'un, turg'unmas, befarq.

1.Agar jism muvozanat holatidan biroz og'dirilganda uni muvozanat holatiga qaytaruvchi kuch yuzaga kelsa, bunday muvozanat *turg'un muvozanat* deyiladi. Egri sirtda turgan va yengil ipga osilgan jismning muvozanati turg'un muvozanatga misoldir.

2. Agar jism muvozanat holatidan bir oz og'dirilganda uning og'ishini davom ettiruvchi kuch yuzaga kelsa bunday muvozanat *turg'unmas muvozanat* deyiladi. Qavariq sirtda turgan jismning muvozanati turg'unmas muvozanatga misoldir.

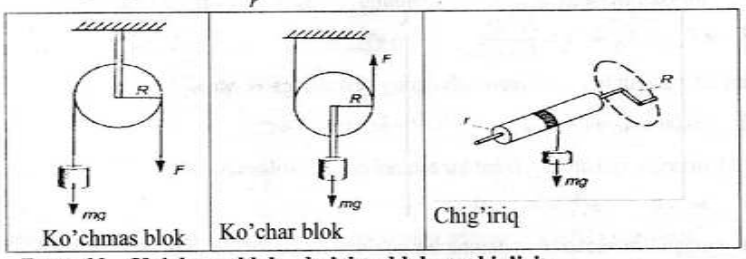


Rasm 38. Turg'un (1), turg'unmas (2) va befarq (3) muvozanat turlariga misollar

3. Muvozanat vaziyatidan chiqarilganda massa markazining vaziyati o'zgarmaydigan jismning muvozanati *befarq muvozanat* deyiladi.

Gorizontal sirtda turgan jismning muvozanati befarq muvozanatga misoldir.

- Ko'chmas blok faqat kuch yo'nalishini o'zgartiradi.
- Ko'char blok kuchdan ikki marta yutuq beradi.
- Chig'iriq kuchdan $\frac{R}{r}$ marta yutuq beradi.



Rasm 39. Ko'chmas blok, ko'char blok va chig'iriq

- Aylanish o'qidan R masofadagi m massali nuqtaning inersiya momenti

$$J = m \cdot R^2, \qquad J = [1\,kg \cdot m^2]$$

- Jismning aylanish o'qiga nisbatan inersiya momenti deb jism har bir moddiy nuqtasi massasining aylanish o'qigacha bo'lgan masofa kvadratiga ko'paytmalarining yig'indisiga teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi.

$$J = \sum_{i=1}^{n} m_i \cdot R_i^2$$

Aylanma harakat dinamikasining tenglamasi: $\vec{M} = J \cdot \vec{\varepsilon}$, $\vec{\varepsilon}$ – burchak tezlanish.

Ko'char blokda jismni h balandlikka ko'targanda F kuchni bajargan ishi: $A = 2mgh$

35-§. Bosim va uning o'lchov birligi

Sirtning birlik yuziga perpendikulyar ravishda ta'sir etuvchi kuchga son jihatdan teng bo'lgan skalyar kattalikka *bosim* deyiladi .

Bosim: $P = \frac{F}{S}$; $\quad P = P_y = \frac{F_y}{S} = \frac{F \cdot \sin\alpha}{S}$;

XBS da bosim birligi, Pa (Paskal).

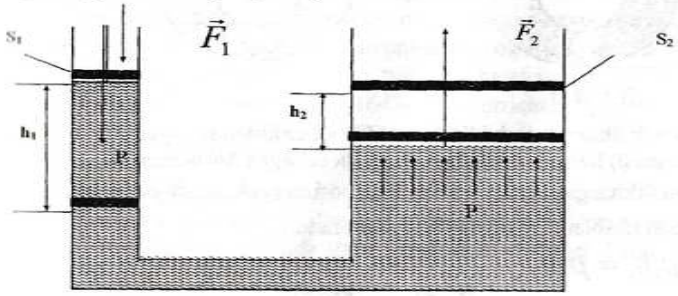
Bosim skalyar kattalik bo'lganligi uchun F kuchning bosimi uning vertikal va gorizontal tashkil etuvchilari bosimlarining arifmetik yig'indisiga teng: $R=R_x+R_y$

Kuchning gorizontal tashkil etuvchisi sirtga parallel yo'nalganligi uchun, u sirtga bosim bermaydi.

Qattiq jismlarda bosim kuch yo'nalishida uzatiladi. Suyuqlik va gazlarda bosimning uzatilish mexanizmi Paskal qonuniga asoslangan.

36-§. Suyuqlik va gazlar uchun Paskal qonuni. Gidravlik press

Paskal qonuni ta'rifi: Suyuqlik yoki gazga berilgan tashqi bosim suyuqlik yoki gazning har bir nuqtasiga o'zgarishsiz uzatiladi.



Rasm 40. Gidravlik press

Gidravlik press-diametrlari har xil bo'lgan, o'zaro tutashgan ikki silindr va ular ichida harakatlana oladigan porshenlardan iborat. Gidravlik pressning ishlash prinsipi Paskal qonuni va mexanikaning oltin qoidasiga asoslangan.

Ideal gidravlik press formulalari:

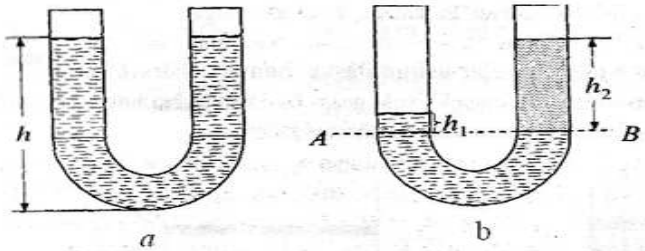
$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}; \quad F_1 \cdot S_2 = F_2 S_1; \quad P_1 = P_2; \quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{S_1}{S_2}; \quad \frac{h_1}{h_2} = \frac{S_2}{S_1}; \quad \frac{h_1}{h_2} = \frac{F_2}{F_1}$$

- Real gidravlik press formulasi:

$$\frac{F_1}{S_1}=\frac{F_2+F_{ishq}}{S_2};\quad \eta=\frac{F_2}{F_2+F_{ishq}};$$ η – real gidravlik pressning foydali ish koeffisienti, F_{ishq} – press devorlari va porshenlar orasidagi ishqalanish kuc

37-§ Suyuqlikning og'irlik kuchi ta'sirida idish tubi va devorlariga bosimi

- Suyuqlikning og'irligi ta'sirida sirtidan h chuqurlikdagi barcha nuqtalar hosil qiladigan bosimi suyuqlik ustunining balandligiga va zichligiga to'g proporsional.
- Pastki qismlari tutashgan ixtiyoriy shakldagi idishlar *tutash idishl* deyiladi.
- Tutash idishlardagi bir-biriga aralashmaydigan suyuqliklarning ajrali sathidan boshlanadigan balandliklari bu suyuqliklarning zichliklari teskari proporsional.
- Suyuqlikning og'irligi tufayli idish tubiga ta'sir qiladigan bosimi *gidrosta bosim* deyiladi.



Rasm 41. U-simon tutash idishlar: a) bir xil zichlikdagi suyuqlik solingandagi hol uchun; b) har xil zichlikdagi suyuqlik solingan hol uchun

- Suyuqlik va gazlarning idish tubiga bosimi (gidrostatik bosim): $P=\rho gh$
- Tutash idishlardagi suyuqliklar muvozanati:

$$\rho_1 h_1=\rho_2 h_2;\quad \frac{h_1}{h_2}=\frac{\rho_2}{\rho_1};\quad \frac{\rho_1}{\rho_2}=\frac{h_2}{h_1};\quad \rho\approx\frac{1}{h_1}\quad \rho_1 h_1=\rho_2 h_2$$

→ Silindrlik idishning tubiga va yon devorlariga bosimi:

$$P_{ti}=\rho_c gh;\quad P_{yon}=\frac{\rho_c Rg}{2};\quad P_{ti}=P_{yon}\Rightarrow H=R/2$$

N- silindr balandligi
R-silindr asosining radiusi

- Tezlanish bilan harakatda suyuqlikning idish tubiga bosimi:

→ a tezlanish bilan ko'tarilayotganda va tezlanish yuqoriga yo'nalgan:
$P=\rho(g+a)\cdot h$

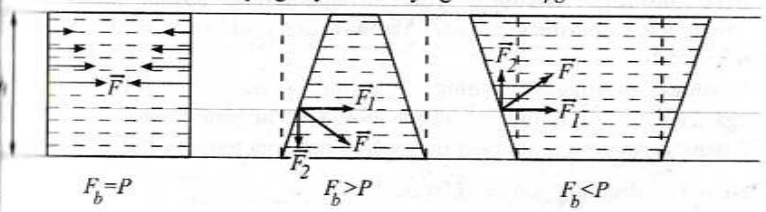
→ a tezlanish bilan ko'tarilayotgan va tezlanish pastga yo'nalgan:

$P=\rho(g-a)\cdot h$

→ a tezlanish bilan tushayotganda va tezlanish pastga yo'nalgan:
$P=\rho(g-a)\cdot h$

→ a tezlanish bilan tushayotganda va tezlanish yuqoriga yo'nalgan:
$P=\rho(g+a)\cdot h$

→ $a=0$ yoki tekis ko'tarilayotgan yoki tushayotganda: $P=\rho gh$



Rasm 42. Gidrostatik paradoks hodisasi

Bir xil balandlik va tubining yuzasi bir xil bo'lgan turli shakldagi idishlarga bir xil suyuqlik quyilganda idish tubiga bosim kuchlari bir xil bo'lish hodisasiga *gidrostatik paradoks* deyiladi.

38-§. Atmosfera bosimi

Er atrofini azot, kislorod va boshqa gazlar aralashmasidan iborat havo qobig'i o'rab olgan bo'lib, u *atmosfera* deb ataladi.

Atmosfera massasi $5{,}15\cdot10^8$ kg atrofida. Atmosfera tarkibining 78,1% ini azot, 21% ini kislorod, 0,9% argon va boshqa gazlar tashkil qiladi.

Atmosferaning koinotga tarqab ketmasligining sababi—havo zarralarining yerga tortilishidir. Xuddi idishdagi suyuqlikning og'irligi tufayli bosim vujudga kelganidek, havoning og'irligi tufayli atmosfera bosimi vujudga keladi. Atmosfera bosimi mavjudligini 1643 yilda Torrichelli aniqlagan.

Dengiz sathi balandligidagi joylarda 0°C temperaturada atmosfera bosimi, o'rta hisobda balandligi 760 mm bo'lgan simob ustunining bosimiga teng bo'lib, bu bosim normal atmosfera bosimi deyiladi. Dengiz sathidan turlicha balandliklarda simob ustunining balandligi turlicha bo'ladi. Dengiz sathidan har 12 m balandlikka ko'tarilganda atmosfera bosimi o'rtacha 1 mm simob ustuniga kamayadi.

$$(1\text{ mm sim.ust.}=133{,}3\ \frac{N}{m^2}=133{,}3.\ \text{Pa})$$

Fizik atmosfera (qisqacha atm.) — balandligi 760 mm bo'lgan vertikal simob ustunining bosimidir:

1 atm = 760 mm sim.ust. = 101325 Pa = 101,325 kPa = 1013,25 gPa.

Metrologiyada: $1\,bar=10^5$ Pa

Atmosfera bosimining balandlik ortishi bilan kamayib borishidan ko'tarilish balandligini aniqlashda foydalaniladi.

- Atmosfera bosimini o'zgarishiga qarab balandlikni o'lchaydigan asboblar *altmetrlar* deyiladi
- Dengiz sathidan h balandlikdagi atmosfera bosimi

$$P = (10^5 - \frac{h}{12} \cdot 133.3)\ \text{Pa} \qquad P = (760 - \frac{h}{12})\ \text{mm.sim.ust}$$

- Berk idishdagi gazlarning yoki suyuqliklarning bosimi *ma'nometr* yordamida, atmosfera bosimi *barometrlar* yoki *aneroidlar* yordam o'lchanadi.
- Suyuqlik qo'yilgan idishning usti ochiq bo'lsa, u holda h balandlik ega bo'lgan suyuqlikning idish tubiga beradigan bosimi, gidrosta bosim bilan atmosfera bosimining yig'indisiga teng bo'ladi: $P = \rho gh +$
- Usti ochiq idishning yon devorlarida bosim: $P_{yon} = P_0 + \frac{\rho gh}{2}$
- Usti yopiq idishning asosidagi bosim: $P_{asos} = \rho gh$
- Usti yopiq idishning yon devorlaridagi bosim: $P_{yon} = \frac{\rho gh}{2}$
- Silindrsimon idishga quyilgan suyuqlikning asosga beradigan bo kuchi yon sirtiga beradigan bosimga teng bo'lsa, u holda h – balandlik R – a radiusiga teng bo'ladi. $h = R$
- Ko'l tubidan ko'tarilgan pufakchaning hajmi n marta ortgan bo'lsa, k tubining chuqurligi – h:

$\Rightarrow$ temperatura bir xil bo'lsa: $T_1 = T_2 \quad h = 10(n-1)$: $n = \frac{V_2}{V_1} = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^3$

$\Rightarrow$ temperatura har xil bo'lsa: $T_1 \neq T_2 \quad h = 10\left(\frac{T_2}{T_1} n - 1\right)$: $n = \frac{V_2}{V_1} = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^3$

T – absolyut temperatura $\quad R$ – pufakcha radiusi.

39-§ Arximed kuchi

- **Arximed kuchi yoki Arximed qonuni**: Suyuqlik (yoki gaz) o'ziga botiril jismga yuqoriga tik yo'nalgan va jismning botirilgan qismi hajmi suyuqlikning (yoki gazning) og'irligiga teng kuch bilan ta'sir etadi.
  - → Arximed (qonuni) kuchi: $F_a = \rho_s V_j g$
  - → Suyuqlik solingan idish vertikal yo'nalishda a tezlanish bilan ko'tarilayotgan bo'lsa, Arximed kuchi ortadi: $F_a = \rho_s V_j (g + a)$
  - → Suyuqlik solingan idish vertikal yo'nalishda a tezlanish bilan tushayotgan bo'lsa, Arximed kuchi kamayadi: $F_a = \rho_s V_j (g - a)$
- Arximed kuchi F_A bilan jismning og'irligi mg orasidagi ayirma ko'taruv kuch F_k deyiladi: $F_k = F_A - mg$
- Ko'taruvchi kuchning kattaligi va yo'nalishiga bog'liq ravishda suyuqli botirilgan jism uch holatda bo'lishi mumkin:

1. Arximed kuchi og'irlik kuchidan kichik bo'lsa ko'taruvchi kuch manfiy bo'ladi: $F_k < 0$; $\quad F_A - mg = \rho_s V_j g - \rho_j V_j g = (\rho_s - \rho_j) V_j g < 0$

   Bu holda $\rho_s < \rho_j$ va jism suyuqlik tubiga tushadi, ya'ni cho'kadi.
2. Arximed kuchi son jihatidan jismning og'irligiga teng, bunda ko'taruvchi kuch nolga teng bo'ladi: $F_k = 0$; $\quad F_A - mg = \rho_s V_j g - \rho_j V_j g = (\rho_s - \rho_j) V_j g = 0$

   Bu holda $\rho_s = \rho_j$ va jism suyuqlikka to'liq botgan holda suzib yuradi.
3. Arximed kuchi og'irlik kuchidan katta bo'lsa, u holda ko'taruvchi kuch musbat: $F_k > 0$; $\quad F_A - mg = \rho_s V_j g - \rho_j V_j g = (\rho_s - \rho_j) V_j g > 0$

   Bunda $\rho_s > \rho_j$ va suyuqlikka botirilgan jism undan qalqib chiqa boshlaydi.

Jismning og'irligi uning suyuqlikka botib turgan qismi miqdoridagi suyuqlik og'irligiga tenglashgach jismning ko'tarilishi to'xtaydi. Suyuqlik ustida qalqib suza boshlayotgan jismga ta'sir etuvchi Arximed kuchining son qiymati uning og'irligiga teng bo'ladi: $F_A = \rho_s V_b g = m_j g$; $\quad \frac{V_b}{V_j} = \frac{\rho_j}{\rho_s}$

- jism botgan qisminining hajmi: $\Delta V = V_0 \cdot \frac{\rho_j}{\rho_s}$
- jism botgan qismi: $\rho_j / \rho_s = V_{bot} / V_j$; $\quad V_{bot} = \frac{m_j}{\rho_s}$
- jism botgmagan qismining hajmi: $\frac{V_{botmagan}}{V_j} = \frac{\rho_s - \rho_j}{\rho_s}$

Suyuqlikda jismni ushlab turuvchi kuch

$F = mg - F_a$; $\quad F = (\rho_j - \rho_s) V_j g$

Jismning suyuqlikdagi og'irligi

$F = mg - F_a$; $\quad F = (\rho_j - \rho_s) V_j g$

Suyuqlikda jism og'irligi n marta kamaygan bo'lsa, jism zichligini topish formulasi: $\rho_j = \frac{n}{n-1} \cdot \rho_s$; $\quad n = \frac{mg}{mg - F_a}$

Jismning havodagi og'irligi P, zichligi ρ_s bo'lgan suyuqlikda og'irligi P_1 bo'lsa jism zichligi $\rho_j = \frac{P \rho_s}{P - P_1}$

Zichligi ρ_1 bo'lgan suyuqlikda jism og'irligi P_1, ρ_2 suyuqlikda P_2 ga teng bo'lsa, jism zichligi $\rho_j = \frac{P_2 \rho_1 - P_1 \rho_2}{P_2 - P_1}$

Jismni suyuqlikka botiruvchi kuch:

$F = F_a - mg$; $\quad F = (\rho_s - \rho_j) V_j g$; $\quad F = \left(\frac{\rho_s}{\rho_j} - 1\right) \cdot mg$

Suyuqlikda turgan jismga ta'sir etuvchi ko'taruvchi kuch: $F_k = F_a - mg$

$F_k > 0$ – bo'lsa, jism qalqib chiqadi

$F_k = 0$ – bo'lsa, jism suyuqlikda suzib yuradi

$F_k < 0$ – bo'lsa, jism suyuqlik tubiga botadi

- Suyuklikdagi tezlanish:

→ suyuqlik ichiga: $a = \frac{\rho_j - \rho_s}{\rho_j} \cdot g$; $\rho_j = \frac{g}{g-a}\rho_s$

→ suyuqlikdan tepaga: $a = \frac{\rho_s - \rho_j}{\rho_j} \cdot g$

- Suvda yurgan jismni yuk ko'tara olish qobiliyati: $(\rho_s > \rho_j)$ bo'lsa $\Delta m = V \cdot (\rho_s - \rho_j)$
- Suv bilan limmo-lim to'ldirilgan idishga jism solinganda idishdan oqib tushadigan suv hajmi:

⇒ jism zichligi suyuqlik zichligidan kichik bo'lsa:

$$V_{oqish} = \frac{m_j}{\rho_s} \qquad V_{oqish} = \frac{\rho_j}{\rho_s} \cdot V_j \quad (\rho_j \le \rho_s)$$

⇒ jism zichligi suyuqlik zichligidan katta yoki teng bo'lsa:

$$V_{oqish} = V_j \qquad V_{oqish} = \frac{m_j}{\rho_j} \qquad (\rho_s \le \rho_j)$$

→ Suvda suzib yurgan muz uchun.

Muz hajmining 0,9 qismi suv ostida (V_{bot}), 0,1 qismi suv ustida , ya'ni havoda bo'ladi (V_{havo}) $V_{bot} = 0.9 \cdot V_{havo}$; $V_{havo} = 0.1 \cdot V_{bot}$

⇒ Muz hajmini topish: $V = \frac{10}{9} \cdot V_{bot}$; $V = 10 \cdot V_{havo}$

⇒ Muz hajmining suvga botgan qismi botmagan havodagi qismidan 9 marta katta bo'ladi: $V_{bot} = 9 \cdot V_{havo}$; $m_{bot} = 9 \cdot m_{havo}$

- Jism havoda h balandlikdan tushib suvga l chuqurlikka botdi, a suv tezlanish: $g \cdot h = a \cdot l$; $a = \frac{h}{l} g$; $h = \frac{a}{g} \cdot l$; $h = \frac{\rho_s - \rho_j}{\rho_j} \cdot l$
- Zichliklari ρ_1 va ρ_2 $(\rho_2 > \rho_1)$ bo'lgan aralashmaydigan suyuqliklarda to'la botganicha muallaq suzib yurgan jism hajmining V_1 qismi birinchi suyuqlikda , V_2 qismi ikkinchi suyuqlikda bo'lsa

$$\frac{V_1}{V} = \frac{\rho_2 - \rho_j}{\rho_2 - \rho_1}; \qquad \frac{V_2}{V} = \frac{\rho_j - \rho_1}{\rho_2 - \rho_1}; \qquad \frac{V_1}{V_2} = \frac{\rho_2 - \rho_j}{\rho_j - \rho_1}$$

- Suyuqlik ichida ichi g'ovak bo'shlig'i $(V_{bo'sh})$ bo'lgan jism massasi va hajmini topish: $m = \frac{\rho_j \cdot \rho_s}{\rho_j - \rho_s} \cdot V_{bo'sh}$; $V_j = \frac{\rho_s}{\rho_j - \rho_s} \cdot V_{bo'sh}$
- Brusok suvdan (ρ_c) olib moyga (ρ_{moy}) botirilganida cho'kish balandligi Δh ga ortgan bo'lsa, brusok massasi: $m = S_o \Delta h \cdot \frac{\rho_s \rho_{moy}}{\rho_s - \rho_{moy}}$
- Kemaning suv sig'imi deb unga ta'sir qilayotgan Arximed kuchiga aytila
- Suyuqlik zichligini o'lchaydigan asbobga *areometr* deyiladi. Areometr ishlash prinsipi Arximed qonuniga asoslangan.

40-§. Suyuqliklarning trubalardagi harakati

Suyuqliklarning harakat qonunlarini va jismlarning suyuqlik ichidagi harakatini o'rganuvchi fan *gidrodinamika* deyiladi.

Harakatlanayotgan suyuqlik zarralari to'plamiga *oqim* deyiladi.

Agar biror nuqtadan o'tayotgan suyuqlik zarrasining tezligi vaqt o'tishi bilan o'zgarmasa, oqim chiziqlarining shakli va vaziyati ham o'zgarmaydi. Suyuqlikning bunday harakati *statsionar (barqaror) harakat* deyiladi.

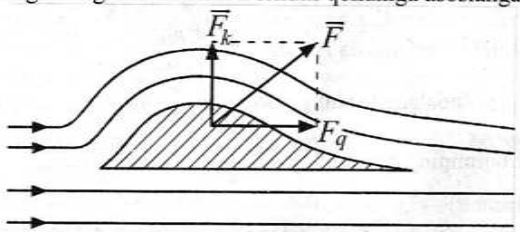
Sirt yuzini kesib o'tuvchi oqim chiziqlari to'plami *oqim nayi* deyiladi.

Bir-biriga tegib oqayotganda aralashmaydigan qatlamli oqishga *laminar oqim* deyiladi.

Tezlik ortganda qatlamlarning tartibsiz ravishda aralashib oqishiga *turbulent oqim* deyiladi .

Ishqalanish kuchlari nolga teng bo'lgan va siqilmaydigan suyuqlik *ideal suyuqlik* deyiladi.

Bernulli qonuni ta'rifi: Harakatlanayotgan suyuqlik oqimining tezligi qancha katta bo'lsa, shu suyuqlik ichidagi bosim shuncha kichik bo'ladi. Samolyotlarning havoga ko'tarilishi Bernulli qonuniga asoslangan.

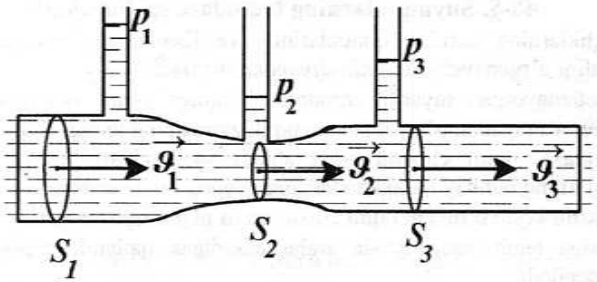


Rasm 43. Bernulli qonuni asosidagi ko'tarilish kuchi

Samalyot qanotini ko'taruvchi kuch: Qanot ostidan o'tuvchi havo oqimining tezligi, qanot ustidan o'tuvchi havo oqimining tezligidan kichik bo'ladi. Qanot ostidagi bosim, ustidagi bosimdan katta bo'ladi. Shunga ko'ra ko'taruvchi kuch paydo bo'ladi.

Yerdan ko'tarilishda samalyot shamolga qarshi uchsa, kam energiya sarf qilgan holda ko'tariladi. Chunki u qarshi tomondan kelayotgan havo oqimining qanot osti bosimi orqali ko'tariladi.

Suyuqlik oqimining uzuluksizlik tenglamasi: $S_1\vartheta_1 = S_2\vartheta_2$; $S\vartheta = Const$



Rasm 44. Suyuqlikning har xil ko'ndalang yuzali trubalardagi harakati

$S_1 > S_3 > S_2 \quad \vartheta_1 < \vartheta_3 < \vartheta_2 \quad P_1 > P_3 > P_2$

- Bernulli qonuni: $\frac{\rho\vartheta_1^2}{2} + \rho g h_1 + P_1 = \frac{\rho\vartheta_2^2}{2} + \rho g h_2 + P_2$ $\qquad \frac{\rho\vartheta^2}{2} + \rho g h + P_1 = C$

  $\frac{\rho\vartheta^2}{2}$ – dinamik bosim $\rho g h$ – statik bosim
- Aralashma temperaturasini topish: $t = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2 + m_3 t_3}{m_1 + m_2 + m_3}$
- Moddani elektr choynakda isitish: $\Delta T = \frac{I^2 R t \eta}{cm}$
- Trubaning ko'ndalang kesim yuzasi: $S = \frac{m}{\vartheta t \rho_c}$
- Suyuqlik oqimining quvvati: $N = \frac{\pi d^2 \rho \vartheta^3}{8}$; $N = \frac{S\rho\vartheta^3}{2}$

  d-truba diametri
- Idishdagi suyuqlik sathidan h balandlik pastda joylashgan idishning kichik teshigidan oqib chiqayotgan suyuqlikning tezligi: $\upsilon = \sqrt{2gh}$
- Ko'ndalang kesim yuzasi S ga teng bo'lgan quvurdan suyuqlik υ tezlik bilan oqib chiqayotgan bo'lsa, t vaqt ichida quvurdan oqib chiqqan suyuqlikning hajmi va massasi:

  $V = S\vartheta t$; $\quad m = \rho S \vartheta t$; $\quad m = \rho S t \sqrt{2gh}$

41-§ Molekulyar-kinetik nazariyaning asoslari. Broun harakati

Molekulyar kinetik nazariyaning asosiy uch qoidasi:
moddalar ko'zga ko'rinmaydigan zarralar - molekulalardan tashkil topgan;
ular uzluksiz harakat qiladi;
zarralar bir-birlari bilan ta'sirlashadi, bu ta'sirlashish molekulalarning turiga va ular orasidagi masofaga bog'liq bo'ladi.

Atomning nisbiy massa birligi sifatida atom izotoplari aralashmasi o'rtacha massasining C^{12} uglerod izotopi atom massasining m_{0c} ning 1/12 qismiga teng nisbatiga aytiladi:

$$M_r = \frac{m_0}{\frac{1}{12} m_{0c}}$$

Massaning atom birligi sifatida C^{12} uglerod izotopi atomi massasining 1/12 qismi qabul qilingan. Massaning atom birligi qiymati miqdoran $M_{a.e} = 1{,}66 \bullet 10^{-27}\ kg$ ga teng.

1 Mol moddaning shunday miqdoriki, u shu moddadagi molekula yoki atomlar soni massasi 0,012 kg ga teng bo'lgan uglerod tarkibidagi atomlar soniga teng bo'ladi.

Massasi bir molga teng bo'lgan modda tarkibidagi molekulalar soni *Avogadro doimiysi* deyiladi: $N_a = 6.022 \cdot 10^{23} mol^{-1}$;

Qiymati bir molga mos keluvchi moddada mavjud bo'lgan massa *molyar massa* deyiladi.

Broun harakati deb qattiq jism zarrachalarining suyuqlik yoki gazlardagi muallaq tartibsiz harakatiga aytiladi. Broun harakati to'xtovsiz harakat, uning tezligi zarralarning o'lchamiga bog'liq, temperatura ko'tarilishi bilan bu harakat tezligi ortadi.

Broun harakati suyuqlik yoki gazda erimaydigan va muallaq holatda bo'lgan qattiq zarralarning uzluksiz xaotik harakatidir.

Nisbiy atom massa- m_{nis}: $\quad m_{nis} = \frac{m_0}{\frac{1}{12} m_{0c}}$

m_0 - qaralayotgan modda atomining massasi,
m_{0c} - uglerod atomining massasi.

Suv molekulasining diametri $\approx 3 \cdot 10^{-8}$ sm

Modda miqdori: $\nu = \frac{m}{M}$; $\quad \nu = \frac{N}{N_a}$; $\quad \nu = \frac{V}{V_0}$; $\quad V_0 = 22.4 l / mol$

$V_0 = 22.4 l / mol \rightarrow (T = 273{,}15 K)$ va (P= 10^5 Pa);
V-normal sharoitdagi gaz hajmi.

Molyar massa $-M$: $M = m_0 \cdot N_a \quad M = \frac{m}{N} N_a$

m_0 – bitta atomning (molekulaning massasi).

- Berilgan moddadagi molekulalar soni:

$$N = \nu \cdot N_a; \quad N = \frac{m}{M} \cdot N_a; \quad N = \frac{\rho V N_a}{M}; \quad N = \frac{m}{m_0}; \quad N = nV$$

- Bitta molekula massasi: $m_0 = \frac{m}{N}$; $m_0 = \frac{M}{N_a}$
- Har xil gaz molekulalari nisbati: $\frac{N_2}{N_1} = \frac{m_2}{m_1}\frac{M_1}{M_2}$
- Modda massasi:

$$m = \nu \cdot M; \quad m = \rho \cdot V; \quad m = m_0 N; \quad m = \frac{M \cdot N}{N_A}; \quad m = n \cdot m_0 V$$

n-molekulalar konsentratsiyasi

- Molekula o'lchami: $d = \sqrt[3]{\frac{V}{N}}$; $d = \sqrt[3]{\frac{M}{\rho \cdot N_A}}$;
- Gaz molekulalari orasidagi masofa: $b = \sqrt[3]{\frac{kT}{P}}$
- Zichligi ρ_1 hajmi V_1 va zichligi ρ_2 hajmi V_2 bo'lgan suyuqliklar aralashtirilganida aralashmaning zichligi: $\rho = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{V_1 + V_2}$; $\rho = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2}$
- Agar aralashmaning hajmi uni tashkil etuvchilari hajmlarining yig'indisiga teng bo'lsa $V = V_1 + V_2$ aralashmadagi moddalarning massa ulushlari: $\frac{m_1}{m} = \frac{\rho_1}{\rho} \cdot \frac{\rho - \rho_2}{\rho_1 - \rho_2}$; $\frac{m_2}{m} = \frac{\rho_2}{\rho} \cdot \frac{\rho_1 - \rho}{\rho_1 - \rho_2}$

ρ – aralashmaning umumiy zichligi.

42-§. Diffuziya hodisasi. Molekulalarning o'zaro ta'siri

- Turli moddalar bir-biriga tekkizilsa, bir moddaning molekulalari ikkinchi modda molekulalari orasiga kiradi, ya'ni ikki xil modda molekulalarining bir-biriga singishi sodir bo'ladi. Bu hodisaga *diffuziya* deyiladi.
- **Diffuziya** deb bir-biriga chegaradosh bo'lgan ikki modda molekulalari tartibsiz harakati tufayli o'zaro qo'shilib ketishiga aytiladi. Diffu hodisasini gazlarda, suyuqliklarda va qattiq jismlarda kuzatish mumkin.
- Modda to'rt xil *agregat holatda* bo'ladi:
  1) gaz holat; 2)suyuq holat; 3)qattiq holat; 4)plazma holat.
- Gazlarda diffuziya suyuqliklardagiga qaraganda tez sodir bo'ladi.
- Qattiq jismlardagi molekulalar orasidagi tortishish kuchlari suyuqlikda qaraganda ancha katta bo'lganligi uchun diffuziya hodisasi juda ham s kechadi.
- Diffuziya jarayonining intensivligi temperatura ortgan sari molekulalar tartibsiz harakat tezligining ortishi hisobiga ortib boradi.

Molekulalarning o'rtacha *erkin yugurish masofasi*—ikki ketma-ket to'qnashish orasida molekula bosib o'tgan masofa bo'lib, uning kattaligi moddaning zichligiga bog'liq bo'ladi.

Bosim qancha past bo'lsa, zichlik ham shuncha kichik bo'ladi va molekulalarning erkin yugurish o'rtacha masofasi shuncha katta bo'ladi.

Molekulalarning o'zaro ta'siri

Gazlarda molekulalar orasidagi o'zaro *tortishish potensial energiyasi* ularning *kinetik energiyasiga* qaraganda juda kichik.

Suyuqliklarda molekulalar orasidagi o'zaro *tortishish potensial energiyasi* ularning *kinetik energiyasiga* taxminan teng.

Qattiq jismlarda molekulalar orasidagi o'zaro *tortishish potensial energiyasi* ularning *kinetik energiyasiga* qaraganda juda katta.

Molekulalar orasida o'zaro tortishuvchi va itarishuvchi kuchlar mavjud bo'ladi. Molekulalar bir-biridan bu kuchlar teng bo'ladigan masofa r_0 joylashadi. Masofa $r > r_0$ bo'lsa $F_{tor} > F_{itar}$ va $r < r_0$ bo'lsa $F_{tor} < F_{itar}$ bo'ladi.

43-§. Ideal gaz molekulyar- kinetik nazariyaning tenglamasi

Hajm birligidagi molekulalar soni, *molekulalar konsentratsiyasi* deyiladi.

Molekulalarning to'xtovsiz harakati davomida ularning idish devori bilan to'qnashishlari tufayli gaz bosimi vujudga keladi.

Ideal gaz-molekulalari orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari e'tiborga olinmaydigan darajada kichik bo'lgan gaz.

Ideal *gazning bosimi* hajm birligidagi molekulalar soni (*molekulalar konsentratsiyasi)* bilan molekula ilgarilanma harakatining o'rtacha kinetik energiyasi ko'paytmasiga to'g'ri proporsional.

Ideal gaz uchun molekulyar kinetik nazariyaning asosiy tenglamalari:

$$P = \frac{1}{3} \cdot m_0 n \vartheta^2; \quad P = \frac{2}{3} n \cdot \frac{m_0 \vartheta^2}{2}; \quad P = \frac{2}{3} n E_k; \quad P = \frac{1}{3} \rho \vartheta^2; \quad P = \frac{1}{3}\frac{N}{V} m_0 \vartheta^2; \; P = knT$$

ϑ – o'rtacha kvadratik tezlik, P – bosim, n – konsentratsiya, m_0 – bitta molekula massasi, ρ – molekulalar zichligi, V – gaz hajmi.

Ideal gaz –molekualalari orasidagi o'zaro ta'sir kuchlari e'tiborga olinmaydigan darajada kichik bo'lgan gaz.

Boltsman doimiysi: $\kappa = 1.38 \cdot 10^{-23} J/K$

Molekulalar ilgarilanma harakatining o'rtacha kinetik energiyasi faqat gazning absolyut temperaturasiga bog'liq.

Molekulalar konsentratsiyasi: $n = \frac{N}{V}$; $n = \frac{P}{kT}$; $n = \frac{3P}{m_0 \vartheta^2}$;

$$n = \rho \frac{N_A}{M}; \quad n = \frac{m}{m_0 V}; \quad n = \frac{\rho}{m_0}; \quad n = \frac{\nu N_A}{V}; \quad n = \frac{m N_A}{MV}$$

- *Zichlik* (ρ) deb hajm birligidagi massaga teng bo'lgan kattalikka aytiladi

$$\rho=\frac{m}{V};\quad \rho=nm_0;\quad \rho=\frac{\nu\cdot M}{V};\quad \rho=\frac{PM}{RT};\quad \rho=\frac{3P}{\vartheta^2};\quad \rho=\frac{nM}{N_a};\quad \rho=\frac{Nm_0}{V};$$

- **Dalton qonuni**. Idishda turli xil gazlar aralashmasi bo'lganida ularni umumiy bosimi , har bir gaz alohida boshqalari bo'lmaganida butun id hajmida hosil qiladigan bosimlarining yig'indisiga teng bo'ladi.

$$P=P_1+P_2+P_3+....+P_i$$

- Gaz aralashmasida har bir gazning alohida hosil qiladigan bosimi par bosim deyiladi.
- Universal gaz doimiysi $-R$: $\quad R=k\cdot N_A;\quad R=8.31\frac{J}{mol\cdot K}$

44-§. Temperatura. Temperaturaning absolyut shkalasi. Gazlard temperatura va tezlik orasidagi bog'liqlik

- *Temperatura*-makraskopik sistemaning issiqlik muvozanatini va issiq almashinishi yo'nalishini xarakterlovchi kattalikdir.
- *Issiqlik (termodinamik) muvozanatdagi* jismlar temperaturasi bir bo'ladi.
- Issiqlik (termodinamik) muvozanatida turgan gaz moleklalarining o'rta kinetik energiyalari teng bo'ladi.
- *Temperatura*-modda molekulalarining o'rtacha kinetik energiyasi o'lchov
- Temperaturani o'lchash uchun mo'ljallangan asbob *termometr* deyiladi .
- Absolyut nol shunday temperaturaki, bunda molekulalarning ilgarilan harakati tamomila to'xtaydi. Ammo molekulalar harakatining bos turlari (aylanma va tebranma harakatlar) T = 0 K da ham sodir bo'lavera
- Temperaturaning o'lchov birligi sifatida 1^0C (gradus Selsiy) va 1 K (Kel olingan. Selsiy shkalasida t=0^0C – sifatida normal atmosfera bosimid suvning qattiq holatga (muzga) o'tish temperaturasi, t=100 ^{0}C – sifa suvning gaz (bug') holatiga o'tish temperaturasi olingan. Kelvin shkala T = 0K sifatida, modda molekulalarning ilgarilanma harakati to'xtaydi temperatura olingan.
- Temperaturaning Kelvin va Selsiy shkalalari orasidagi bog'liqlik:

$$T\doteq(t+273.15)K;\quad t=(T-273.15)^oC$$

- Temperaturani topish formulalari:

$$\Delta T=\Delta t;\quad T=\frac{P}{nk};\quad T=\frac{2E}{3k};\quad T=\frac{m_0\vartheta^2}{3k};\quad T=\frac{PV}{\nu R};\quad T=\frac{M\vartheta^2}{3R};\quad T=\frac{PV}{kN}$$

- Aralashma temperaturasi: $\quad t=\frac{m_1t_1+m_2t_2+m_3t_3}{m_1+m_2+m_3}$
- Gaz malekulalarining o'rtacha kvadratik tezligi :

$$\vartheta=\sqrt{\frac{3RT}{M}};\quad \vartheta=\sqrt{\frac{3kT}{m_o}};\quad \vartheta=\sqrt{\frac{3P}{m_on}};\quad \vartheta=\sqrt{\frac{3P}{\rho}};\quad \vartheta=\sqrt{\frac{3PV}{Nm_0}};\quad \vartheta=\sqrt{\frac{3PV}{m}}$$

$$\vartheta=\sqrt{\vartheta_x^2+\vartheta_y^2+\vartheta_z^2};\quad \vartheta_x^2=\vartheta_y^2=\vartheta_z^2=\vartheta^2/3;\quad \vartheta=\frac{\omega R_B(R_B-R_A)}{S}$$

ω – burchak tezlik, A – ichki silindr, B – tashqi silindr.

Turli xil gazlar uchun: $\quad \frac{T_2}{T_1}=\frac{M_2}{M_1}\frac{\vartheta_2^2}{\vartheta_1^2}\qquad \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1}=\sqrt{\frac{T_2}{T_1}\frac{M_1}{M_2}}$

Temperatura molekulyar kinetik energiya o'lchovidir: $E=\frac{3}{2}kT$

Bitta molekulaning o'rtacha kenetik energiyasi:

$$E_k=\frac{m_o\vartheta^2}{2};\quad E=\frac{3}{2}kT;\quad E_k=\frac{3P}{2n}$$

Moddani elektr choynakda isitish temperatura o'zgaishi: $\Delta T=\frac{I^2Rt\eta}{cm}$

Temperaturaning Selsiy va Farangeyt shkalalari orasidagi bog'liqlik:

$$F=\left(\frac{9}{5}t+32\right)^oF;\quad t=\frac{5}{9}(F-32)^oC$$

Temperaturani o'lchash uchun ishlatiladigan, sirtiga qorakuya surtilgan plastinka — *bolometr* deyiladi.

45-§. Klapeyron tenglamasi

Klapeyron tenglamasi: $\frac{PV}{T}=kN;\quad \frac{PV}{T}=Const;\quad \frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2};$

Boltsman doimiysi: $\kappa=1.38\cdot10^{-23}J/K$

Har xil gazlarda: $T_1=T_2=T_3$ va $V=V_1+V_2+V_3$ bajarilsa, gazlar aralashmasining natijaviy bosimi: $P=\frac{P_1V_1+P_2V_2+P_3V_3}{V_1+V_2+V_3}$

Normal sharoitda $1m^3$ gazdagi molekullalar *Loshmid soni* bilan aniqlanadi:

$$N_L=\frac{N_A}{V_0}=2,7\cdot10^{25}м^{-3}$$

46-§. Boyl — Mariott qonuni

Boyl—Mariott qonuni:

1. Berilgan gaz massasi uchun o'zgarmas temperaturada gazning hajmi uning bosimiga teskari proporsionaldir.
2. Berilgan gaz massasi uchun o'zgarmas temperaturada gaz hajmining bosimiga ko'paytmasi o'zgarmaydi.

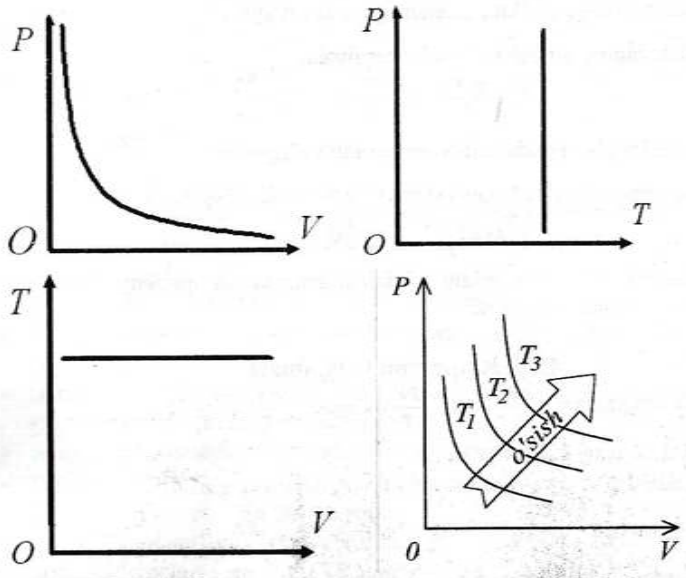
O'zgarmas temperaturada kechadigan jarayon *izotermik jarayon* deyiladi.
Izotermik jarayon grafiklari *izotermalar* deyiladi .
Izotermik jarayon (Boyl Maroitt qonuni):

$$T=Const;\ PV=Const;\ P_1V_1=P_2V_2;\quad \frac{P_1}{P_2}=\frac{V_2}{V_1}$$

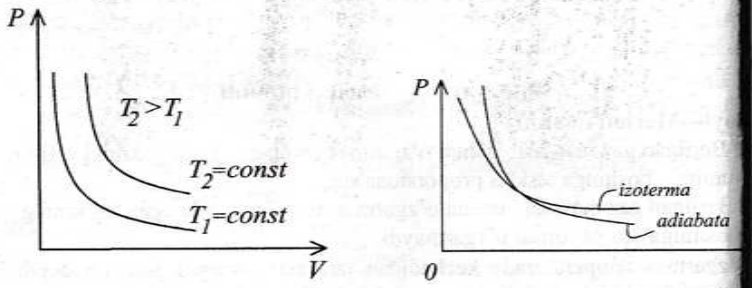
- Izotermik jarayonda: $\quad \frac{P_1}{P_2}=\frac{n_1}{n_2};\quad \frac{P_1}{P_2}=\frac{\rho_1}{\rho_2}$

- Izotermik jarayonda har xil gaz molekulalarini o'rtacha kinetik energiyi bir xil, gaz molekulalari o'rtacha kvadratik tezliklari har xil bo'ladi:

$$E_{k1} = E_{k2} \quad \frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} = \sqrt{\frac{M_1}{M_2}}$$



Rasm 45. Izotermalar



Rasm 46. Izotermik va adiabatik jarayonlar uchun bosimning hajmga bog'li

- Tashqi muhit bilan issiqlik almashmasdan kechadigan jarayonga adiab jarayon deyiladi . Adiabatik jarayon grafiklari adiabatalar deyiladi .
- **Adiabatik jarayon** (Puasson tenglamasi):

$$PV^{\gamma} = Const; \quad TV^{\gamma-1} = Const; \quad TP^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} = Const; \quad \gamma = \frac{i+2}{i}$$ i –erkinlik darajasi

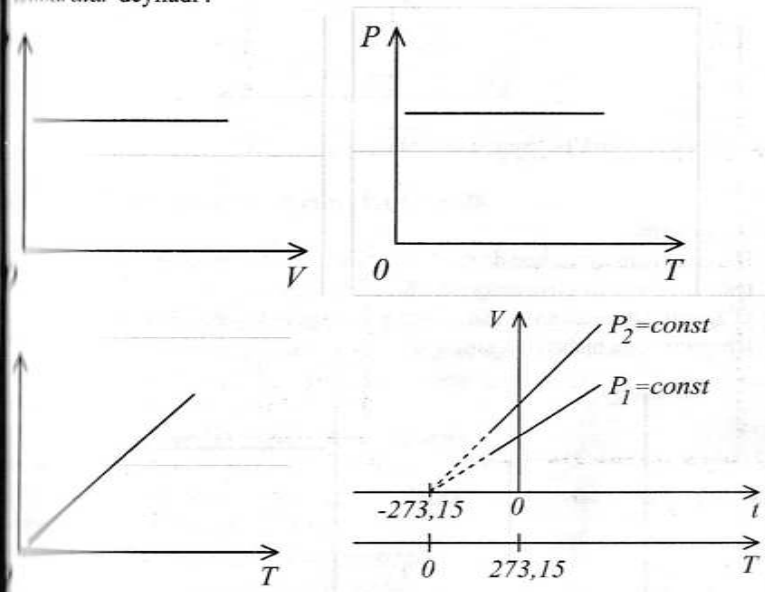
47-§. Gey-Lyussak qonuni

y-Lyussak qonuni:

Bosim o'zgarmas bo'lganda ma'lum massali gaz hajmining nisbiy o'zgarishi temperaturaga to'g'ri proporsionaldir.

O'zgarmas massali gaz uchun bosim o'zgarmas bo'lganda hajmning temperaturaga nisbati o'zgarmaydi.

Muayyan gaz massasining bosimi o'zgarmas (P=const) bo'lganda sodir bo'ladigan jarayon, *izobarik jarayon* deyiladi. Izobarik jarayon grafiklariga *izobaralar* deyiladi .



Rasm 47. Izobaralar

Izobarik jarayon (Gey-Lyusak qonuni):

$$\frac{V}{T} = Const; \quad \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}; \quad P = Const; \quad V = V_0(1+\alpha t); \quad \alpha = \frac{\Delta V}{\Delta T V_0}$$

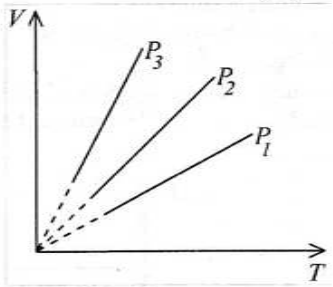
Ideal gaz hajmining termik koeffitsiyenti: $\beta = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta T}$

Izobara grafigida temperatura o'qiga yaqinroq joylashgan to'g'ri chiziqqa mos keluvchi gaz bosimi kattaroq qiymatga ega bo'ladi.

Izobarik jarayonda temperatura ΔT ga o'zgarganda gaz hajmi ΔV ga o'zgargan bo'lsa: $\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{\Delta T}{T_0}$ $\quad T_0 = \frac{V_0}{\Delta V} \cdot \Delta T$

⇒ Gaz hajmi n marta ortgan bo'lsa: $T_0 = \frac{\Delta T}{n-1}$

⇒ Gaz hajmi n marta kamaygan bo'lsa: $T_0 = \frac{n \cdot \Delta T}{n-1}$

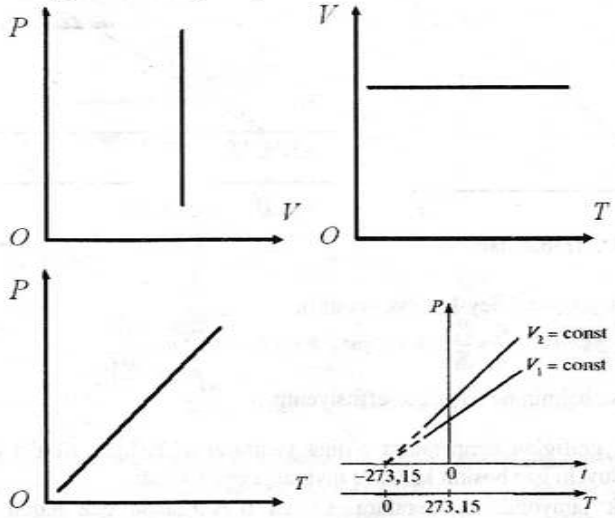


Rasm 48. Izobarik jarayon $P_1>P_2>P_3$

48-§. Sharl qonuni

Sharl qonuni:

1. Hajm o'zgarmas bo'lganda ma'lum massali gaz bosimining nisbiy o'zgar temperaturaga to'g'ri proporsionaldir.
2. O'zgarmas massali gaz uchun hajm o'zgarmas bo'lganda bosimning temperaturaga nisbati o'zgarmaydi.



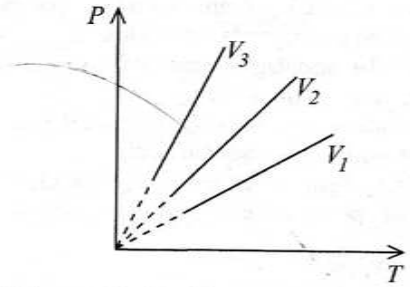
Rasm 49. Izoxoralar

- O'zgarmas hajmda sodir bo'ladigan jarayon *izoxorik* jarayon dey Izoxorik jarayon grafiklari *izoxoralar* deyiladi.

Izoxorik jarayon (Sharl qonuni):

$\frac{P_1}{T_1}$; $\frac{P}{T} = Const$; $V = Const$; $\alpha = \frac{\Delta P}{\Delta t \cdot P_0}$; $P = P_0(1+\alpha t)$; $\alpha = \frac{1}{273k}$;

Ideal gaz bosimining termik koeffitsiyenti: $\beta = \frac{\Delta P}{P_0 \Delta T}$



m 50. Izoxrik jarayon $V_1>V_2>V_3$

49-§. Ideal gaz holat tenglamasi

Avogadro qonuni: Istalgan gazning bir moli bir xil temperatura va bosimda bir xil hajmni egallaydi. Normal sharoitda, ya'ni bosim 1 atm. temperatura T_0 = 273 K bo'lganda 1 mol gazning egallagan hajmi 22,4 litrga teng bo'ladi.

Normal sharoitdagi (P=1 atm; T=273K) molyar hajm:

V_0=22.4 l/mol V_0=22.4·10^{-3} m^3/mol

Normal sharoitda har qanday 1 mol miqdordagi gaz bir xil V = 22.4 litr hajmga ega bo'ladi.

Mendeleev-Klapeyron yoki holat tenglamasi:

$$\frac{PV}{T} = \frac{m}{M} \cdot R; \quad PV = \nu RT; \quad P = \frac{\rho RT}{M};$$

Har xil gazlarda: $T_1 = T_2 = T_3$ va $V = V_1 + V_2 + V_3$ bajarilsa, gazlar aralashmasining natijaviy bosimi: $P = \frac{P_1V_1 + P_2V_2 + P_3V_3}{V_1 + V_2 + V_3}$

Normal sharoitda $1м^3$ gazdagi molekullalar *Loshmid soni* bilan aniqlanadi:

$$N_L = \frac{N_A}{V_0} = 2{,}7 \cdot 10^{25} м^{-3}$$

50-§. Jismlarning ichki energiyasi.

- O'zaro va tashqi jismlar bilan ta'sirlashadigan va energiya almashadigan makraskopik jismlar majmuasi *termodinamik sistema* deyiladi.
- Termodinamik sistemaning hech bo'lmaganda bitta parametrining o'zgarishi *termodinamik jarayon* deyiladi.
- Gazlarda molekulalar orasidagi o'zaro *tortishish potensial energi* ularning *kinetik energiyasiga* qaraganda juda kichik.
- Suyuqliklarda molekulalar orasidagi o'zaro *tortishish potensial energi* ularning *kinetik energiyasiga* taxminan teng.
- Qattiq jismlarda molekulalar orasidagi o'zaro *tortishish potensial energi* ularning *kinetik energiyasiga* qaraganda juda katta.
- Moddaning harakatlanayotgan molekulalarining kinetik energiyasi b ularning o'zaro ta'sir potensial energiyasining yig'indisi uning i *energiyasi* deyiladi .

$$U = W_k + W_p$$

- Ideal gazda molekulalarning o'zaro ta'sir potensial energiyasi e'tib olinmaydi, shu sababdan ideal gaz uchun

$$U = E_{k1} + E_{k2} + E_{k3} + ... + E_{kN}$$

N – gaz molekulalarining soni. Bitta molekulaning o'rtacha kinetik energiyasi $E_k = \frac{i}{2}kT$ i – gaz molekulalarining erkinlik darajasi.

- *Molekulalarning erkinlik darajasi* i deb, uning fazodagi o'rnini to'la aniqlash uchun zarur bo'lgan, bir-biriga bog'liq bo'lmagan koordinatalarning umumiy soniga aytiladi.
- Bir atomli gazlar molekulasi uchta ilgarilanma harakat erkinlik darajasiga ega bo'ladi, ya'ni $i = 3$
- Ikki atomli gazlar molekulasi uchta ilgarilanma va ikkita aylanma harakat erk darajasiga ega bo'ladi, ya'ni $i = 5$
- Uch atomli gazlar molekulasi uchta ilgarilanma va uchta aylanma harakat erk darajasiga ega bo'ladi, ya'ni $i = 6$
- Bir atomli ideal gazning ichki energiyasi:

$$U = \frac{3}{2}\frac{m}{M}RT; \quad U = \frac{3}{2}\nu RT; \quad U = \frac{3}{2}\frac{N}{N_a}RT; \quad U = \frac{3}{2}PV$$

- Ichki energiya o'zgarishi:

$$\Delta U = \frac{3}{2}\frac{m}{M}R\Delta T; \quad \Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T; \quad \Delta U = \frac{3}{2}\frac{N}{N_a}R\Delta T; \quad \Delta T = T - T_o$$

51-§. Issiqlik miqdori

- Issiqlik uzatish uch turga bo'linadi: issiqlik o'tkazuvchanlik, konveksiya va nurlanish.
- *Issiqlik o'tkazuvchanlik* deb modda molekulalarining va boshqa zarralarning tartibsiz harakati sababli moddaning bir qismidan ikkinchi qismiga ichki energiyaning uzatilishiga aytiladi.

Konveksiya deb notekis isitilgan gaz yoki suyuqlik qatlamlarining og'irlik kuchi ta'sirida siljishi sababli bo'ladigan issiqlik uzatishga aytiladi.
Nurlanish deb jismlar ichki energiyasining nur chiqarish yo'li bilan uzatilish jarayoniga aytiladi. Quyoshdan Yerga nurlanish orqali energiya uzatiladi.
Jismlarning yoki ular qismlarining bir-biri bilan ichki energiya almashinishiga (mexanik ish bajarilmaganda) *issiqlik uzatish* yoki *issiqlik almashinishi* deyiladi.
Bir jismdan boshqasiga issiqlik uzatishda o'tgan energiya miqdorini belgilovchi fizik kattalik *issiqlik miqdori* deyiladi.
Jismni isitish uchun sarflangan issiqlik miqdori:

$$Q = cm(t_2 - t_1); \quad Q = cm(T_2 - T_1); \quad Q = cm\Delta t;$$

c – solishtirma issiqlik sig'imi.
Moddaning massa birligini (1kg ni) 1 gradusga (yoki 1 Kelvinga) qizdirish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdoriga son jihatidan teng bo'lgan fizik kattalik *solishtirma issiqlik sig'imi* deyiladi. Solishtirma issiqlik sig'imining o'lchov birligi J /kg·K. Jismlarniig solishtirma issiqlik sig'imini tajriba yo'li bilan aniqlashda *kallorimetrdan* foydalaniladi.
Moddani elektr choynakda isitishda temperatura o'zgarishi: $\Delta T = \frac{I^2 Rt\eta}{cm}$
Kaloriya issiqlik miqdori ish va energiya birliklari bo'lib, 1gramm suvni temperaturasini normal atmosfera bosimida 1^0C (yoki 1K)ga oshirish uchun kerak bo'ladigan issiqlik miqdoridir: $1kal = 4.2J$

52-§. Yoqilg'ining yonish issiqligi

Jismlarning yoki ular qismlarining bir-biri bilan ichki energiya almashinishiga (mexanik ish bajarilmaganda) *issiqlik uzatish* yoki *issiqlik almashinishi* deyiladi.
Bir jismdan boshqasiga issiqlik uzatishda o'tgan energiya miqdorini belgilovchi fizik kattalik *issiqlik miqdori* deyiladi.
Yoqilg'ining to'la yonishi natijasida ajralib chiqqan issiqlik miqdori: $Q = qm$, bu erda q – yoqilg'ining solishtirma yonish issiqligi. Uning birligi J/kg
Yoqilg'ining *yonish issiqligi* deb 1kg yoqilg'i yonganda ajralib chiqqan issiqlik miqdoriga son jihatdan teng bo'lgan kattalikka aytiladi.
Yoqilg'i vositasida ishlovchi dvigatelning foydali ish koeffitsiyenti:

$$\eta = \frac{A_{foyda}}{A_{sarf}} \cdot 100\%; \quad \eta = \frac{N_{foyda} \cdot t}{qm} \cdot 100\%$$

Agar avtomobil o'zgarmas tezlik bilan ketayotgan bo'lsa: $N = F \cdot \vartheta$

$$\frac{N \cdot S}{\vartheta} = \eta q m_{yoq}; \quad S = \frac{\eta q m_{yoq} \vartheta}{N}$$

ϑ – avtomobil tezligi, N – avtomobil dvigatelining quvvati, m_{yoq} – yoqilg'ini masasi, S – avtomobil o'tgan masofa.

53-§. Issiqlik balansi tenglamasi

- ***Issiqlik balans tenglamasi***: $Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_1^1 + Q_2^1 + Q_3^1$; ya'ni issiqlik almash jarayonida jismlarning bergan issiqlik miqdorlarining yig'indisi iss oluvchi jismlarning olgan issiqlik miqdorlarining yig'indisiga teng.
- **Suyuqlik aralashmasining temperaturasi.**
  m_1 massali, t_1 temperaturali suyuqlik m_2 massali va t_2 temperaturali suyuqlik bilan aralashganda qaror topadigan temperatura:

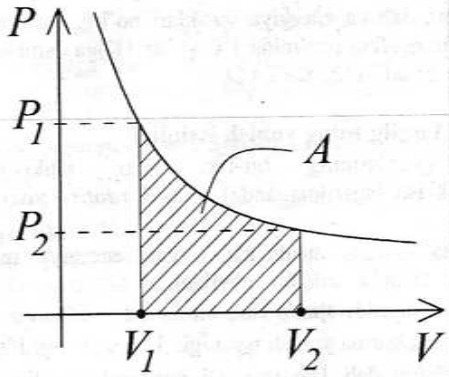
$$t = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2}$$

→ Agar suyuqlik bir jinsli bo'lsa: $t = \frac{V_1 t_1 + V_2 t_2}{V_1 + V_2}$

- Aralashma temperaturasi: $t = \frac{m_1 t_1 + m_2 t_2 + m_3 t_3}{m_1 + m_2 + m_3}$

54-§. Termodinamikada ish tushunchasi

- Har qanday jarayonda gaz bajargan ish shu jarayonda bosimning hajmga bog'liqlik grafigi, ikkita ordinata va absissa o'qi bilan chegaralangan yuzaga teng.



Rasm 51. Bosimning hajmga bog'liqlik grafigi

- Universal gaz doimiysi son jihatdan bir mol ideal gazni izobarik ravishda bir kelvinga isitishda bajarilgan ishga teng: $R = \frac{A}{\Delta T \cdot 1mol}$
- Izobarik jarayonda ($P = Const$) gazning bajargan ishi:

$$A = P\Delta V; \qquad A = \nu R\Delta T; \qquad A = \frac{m}{M} R\Delta T$$

- Erkin siljiy oladigan porshenda ichida kechadigan jarayon izobarik jara hisoblanadi.

55-§. Termodinamikaning birinchi qonuni

Termodinamikaning birinchi qonuni ta'rifi:

1. Sistemaga tashqaridan berilgan issiqlik miqdori uning ichki energiyasini o'zgartirishga va tashqi kuchlarga qarshi ish bajarishga sarflanadi.
2. Birinchi tur abadiy dvigatelni qurish mumkin emas, ya'ni tashqaridan olingan issiqlikdan ko'p ish bajaradigan dvigitelni yaratishning imkoniyati yo'q.

Termodinamikaning birinchi qonuni energiyaning saqlanish qonuniga asoslangan: tabiatda yuz beradigan hamma jarayonlarda energiya hosil bo'lmaydi ham, yo'q bo'lmaydi ham, u faqat bir turdan boshqa turga aylanib turadi va bir jismdan boshqa jismga o'tib turadi, xolos.

Termodinamikaning birinchi qonuni umumiy holda: $Q = \Delta U + A$; $\Delta U = Q + A'$

A - tashqi kuchlarga qarshi bajarilgan ish,

A' - tashqi kuchlarning jism ustida bajargan ishi.

6-§. Izotermik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni

Izotermik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni: Bu jarayonda ideal gazning ichki energiyasi o'zgarmaydi, ya'ni ΔU=0. Izotermik jarayonda gaz olayotgan issiqlik miqdorining hammasi ish bajarishga sarflanadi: Q=A

Izotermik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni:

$T = Const \Rightarrow \Delta U = 0$; $A = Q$; $Q = A$;

7-§. Izobarik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni

Izobarik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni: Sistemaga tashqaridan berilgan issiqlik miqdori uning ichki energiyasini o'zgartirishga va tashqi kuchlarga qarshi ish bajarishga sarflanadi.

Izobarik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni formulalari:

$P = Const$; $Q = A + \Delta U$; $Q = P\Delta V + \Delta U$; $Q = P\Delta V + \frac{3}{2}\frac{m}{M}R\Delta T$; $A = P\Delta V$;

$A = \nu R\Delta T$; $A = \frac{m}{M}R\Delta T$; $A = \frac{2}{5}Q$; $\Delta U = \frac{3}{5}Q$; $P = Const$;

Erkin siljiy oladigan porshen (izobarik jarayon) uchun termodinamikaning birinchi qonuni:

$\Delta U = \frac{3}{5}Q$; $\Delta U = \frac{3}{2}P\Delta V$; $A = \frac{2}{5}Q$; $Q = \frac{5}{2}PV$; $Q = \frac{5}{2}\nu R\Delta T$;

Erkin siljiy oladigan porshen (izobarik jarayon) uchun termodinamikaning birinchi qonuni:

$\Delta U = \frac{3}{5}Q$; $\Delta U = \frac{3}{2}P\Delta V$; $A = \frac{2}{5}Q$; $Q = \frac{5}{2}PV$; $Q = \frac{5}{2}\nu R\Delta T$;

Agar ideal gaz tez siqilsauning temperaturasi ortadi

58-§. Izoxorik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonu

- **Izoxorik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni:** Hajm o'zgarmaganligi sababli izoxorik jarayonda ish bajarilmaydi, ya'n $A=0$. Izoxorik jarayonda ideal gazga beriladigan issiqlik miqdorining hammasi gazning ichki energiyasini o'zgartirishga sarf bo'ladi.

→ Izoxorik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni:

$A=O$; $Q=\Delta U$; $V=Const$; $Q=\frac{3}{2}\frac{m}{M}R\Delta T$;

- Gazlarda o'zgarmas bosimdagi issiqlik sig'imining miqdori, o'zga hajmdagi issiqlik sig'imga nisbatan katta bo'ladi. Chunki, o'zga bosimda gazga beriladigan issiqlikning bir qismi ish bajarishga sarf b qolgan qismi gazni isitishga sarf bo'ladi. O'zgarmas hajmda esa be barcha issiqlik miqdori gazni isitishga sarf bo'ladi va bunda ish bajarilm ya'ni $C_p>C_v$

59-§. Adiabatik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qon

- **Adiabatik jarayonlar.** Tashqi muhit bilan issiqlik mi almashinmay sodir bo'ladigan jarayonga *adiabatik jarayon* deyi Adiabatik jarayonda sistema tashqaridan hech qanday issiqlik m olmaydi va tashqariga hech qanday issiqlik miqdori bermaydi.

→ Adiabatik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni:

$Q=O$; $\Delta U+A=O$;

$\Delta V<O$ gaz siqiladi va $\Delta U>O$; $\Delta T>O$ (temperatura ortadi)

$\Delta V>O$ gaz kengayadi $\Delta U<O$; $\Delta T<O$ (temperatura kamayadi)

$\frac{3}{2}\frac{m}{M}R\Delta T+P\Delta V=O$; $\Delta U=-A$;

- **Abdiabatik jarayon** uchun Puasson tenglamasi:

$PV^{\gamma}=Const$; $TV^{\gamma-1}=Const$; $TP^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}=Const$; $\gamma=\frac{i+2}{i}$

i –erkinlik darajasi, γ-adiabatik doimiysi

Adiabatik doimiysining son qiymati aksariyat gazlar uchun birdan katt

- Agar ideal gaz tez siqilsa uning temperaturasi ortadi
- Adiabatik jarayon kallorometrlarda amalga oshiriladi.
- Agar gaz $PV^2=Const$ tenglamaga muvofiq siqilsa, uning temperaturasi

Masalan: $PV^2=Const$ qonuniyatda hajm 2 marta kamaysa, bosim 4 ortadi. Bunda $\frac{PV}{T}=Const$ ga asosan, hajm 2 marta kamayib, bosim 4 ortsa, temperatura 2 marta ortadi.

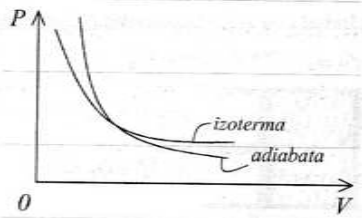
- Agar gaz $P\sqrt{V}=Const$ tenglamaga muvofiq siqilsa, uning temper kamayadi. Masalan: $P\sqrt{V}=Const$ qonuniyatda hajm 4 marta kamaysa, 2 marta ortadi. Bunda $\frac{PV}{T}=Const$ ga asosan, hajm 4 marta kamayib, 2 marta ortsa, temperatura 2 marta kamayadi.

Agar gaz $\frac{\sqrt{V}}{T}=Const$ tenglamaga muvofiq siqilsa, uning bosimi ortadi.

Masalan: $\frac{\sqrt{V}}{T}=Const$ qonuniyatda hajm 4 marta kamaysa, temperatura 2 marta kamayadi. Bunda $\frac{PV}{T}=Const$ ga asosan, hajm 4 marta va temperatura esa 2 marta kamaysa, bosim 2 marta ortadi.

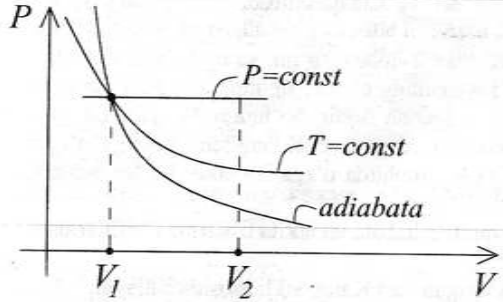
Agar gaz $\frac{V}{T^2}=Const$ tenglamaga muvofiq sovitilsa, uning bosimi ortadi.

Masalan: $\frac{V}{T^2}=Const$ qonuniyatda temperatura 2 marta kamaysa, hajm 4 marta kamayadi. Bunda $\frac{PV}{T}=Const$ ga asosan, hajm 4 marta va temperatura esa 2 marta kamaysa, bosim 2 marta ortadi.



m 52. Izotermik va adiabatik jarayonlar uchun bosimning hajmga bog'liqligi

Gaz V_1 hajmdan V_2 hajmgacha izobarik, izotermik va adiabatik kengayadi. Gaz kengayishida har bir jarayon uchun P ning V ga bog'liqlik grafigidan, eng katta yuzaga ega bo'lgani izobarik jarayon bo'lgani uchun, izobarik jarayonda gaz V_1 hajmdan V_2 hajmgacha kengaysa eng katta ish bajariladi, adiabatik jarayonda bu yuza eng kichik bo'lgani uchun, gaz kengayishida bajarilgan ish eng kichik bo'ladi.



m 53. Bir xil sharoitdan boshlab ideal gazning V_1 hajmdan V_2 gacha ayishida izobarik izotermik va adiabatik jarayonlar uchun bosimning ga bog'liqligi.

60-§. Issiqlik dvigatellari. Issiqlik mashinaning foydali ish koeffitsiyenti

- Yoqilg'ining yonishi natijasida olingan issiqlik miqdorining bir qismini mexanik ishga aylantiruvchi mashina *issiqlik mashina* yoki *issiqlik dvigateli* deb ataladi. Har qanday issiqlik dvigateli uch qismdan iborat: isitgich, sovitgich va ishchi modda.
- Real issiqlik mashinasining FIK i:

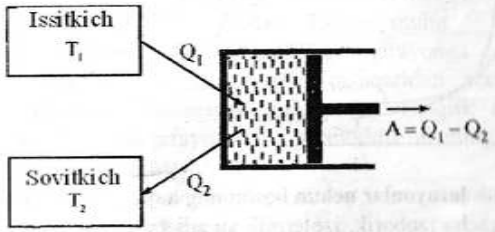
$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\%; \quad \eta = \frac{A}{Q_2} \cdot 100\%; \quad A = Q_1 - Q_2; \quad \eta = \frac{A}{Q_2 + A} \cdot 100\%; \quad \eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1};$$

$$A = \eta Q_1; \quad A = \frac{\eta}{1-\eta} Q_2; \quad Q_1 = \frac{1}{\eta} A; \quad Q_1 = \frac{1}{1-\eta} Q_2; \quad Q_2 = \frac{1-\eta}{\eta} A; \quad Q_2 = (1-\eta) Q_1$$

- Ideal issiqlik mashinasining FIK i (Karno sikli uchun):

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\% \qquad \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

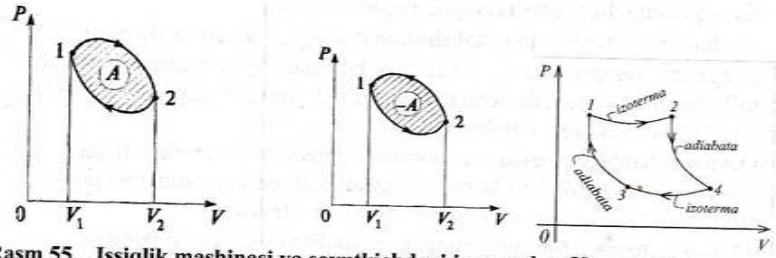
- Karno sikli ikkita adiabata va ikkita izoterma o'tishlaridan iborat.



Rasm 54. Issiqlik dvigateli

Issiqlik jarayonlarining qaytmaslik xususiyati

- *Qaytar jarayon* deb sistemaning oxirgi holatdan boshlang'ich holatga o'sha oraliq holatlar orqali atrof muhitda hech qanday o'zgarish ro'y bermasdan o'tishiga aytiladi.
- *Qaytmas jarayon* deb ma'lum qarshilikka uchraydigan yoki issiq jismdan sovuq jismga issiqlik uzatilishi bilan ro'y beradigan jarayonga aytiladi.
- Sistema 1-holatdan 2-holatga o'tib, so'ng yana 2-holatdan 1-holatga qaytsa va bunda sistemaning o'zida, shuningdek uni o'rab turgan tashqi muhitda hech qanday o'zgarish sodir bo'lmasa bu jarayon, *qaytuvchan jarayon* deyiladi. Aksincha, sistema boshlang'ich holatga o'tgandan so'ng unda, shuningdek, tashqi muhitda o'zgarish sodir bo'lsa bunday jarayon *qaytmas jarayon* deyiladi.
- Karno sikli -ikkita adiabata va ikkita izoterma o'tishlaridan iborat bo'lgan yopiq sikldir.
- Ideal issiqlik dvigatellari Karno sikli asosida ishlaydi.



Rasm 55. Issiqlik mashinasi va sovutkichdagi jarayonlar. Karno sikli

61-§. Qaynash. Qaynash temperaturasining bosimga bog'liqligi

- Agar o'zgarmas temperaturadagi bug' hosil bo'lish suyuqlikning to'liq hajmi bo'yicha sodir bo'lsa, bu hodisaga *qaynash* deyiladi
- Qaynash jarayonida temperatura o'zgarmas bo'lib, suyuqlik to'yingan bug'ining bosimi tashqi bosimga teng bo'ladi.
- Suyuqlik to'yingan bug'ining bosimi tashqi bosimga teng bo'lgan paytidagi temperaturaga *qaynash temperaturasi* deyiladi.
- Qaynayotgan suyuqlikning temperaturasi uning sirtidagi bug'ning temperaturasiga teng bo'ladi.
- Normal atmosfera bosimidagi qaynash temperaturasiga *qaynash nuqtasi* deyiladi.
- Suyuqlik to'yingan bug'ining bosimi tashqi bosimga teng bo'lgan holdagina qaynaydi.
- Suyuqlik ustidagi tashqi bosim qanchalik kichik bo'lsa, qaynash temperaturasi ham shunchalik past bo'ladi.

62-§. Bug' hosil bo'lishi va kondensatsiya. Bug' hosil bo'lishning solishtirma issiqligi

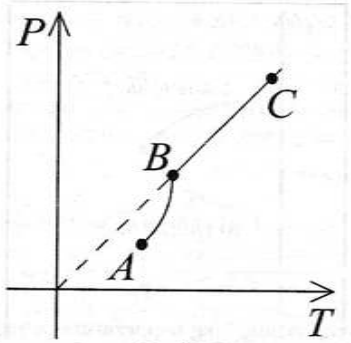
- Moddaning suyuq holatidan gaz holatiga o'tishiga *bug' hosil bo'lish* deyiladi.
- Moddaning gazsimon holatidan suyuq holatiga o'tishi *kondensatsiya* deyiladi.
- Bug' hosil bo'lish jarayoni modda ichki energiyasining ortishi bilan bog'liq bo'lsa, kondensatsiya jarayoni modda ichki energiyasining kamayishi bilan bog'liq bo'ladi. Ravshanki, bug' hosil bo'lishi ham, kondensatsiya ham, modda bilan uni o'rab turgan muhit orasida energiya almashinishi mavjud bo'lgan holdagina ro'y beradi.
- Bug'lanish jarayoni molekulalarning kinetik energiyasi hisobiga sodir bo'lgani sababli, bug'lanish ro'y berayotgan suyuqlikning temperaturasi doimo pasayadi.
- Qattiq jismlarning bug'lanishiga *sublimatsiya* deyiladi. Qattiq jismning sublimatsiyasini hididan bilish mumkin. Naftalin yoki kofening hidini eslash kifoya.
- Bug'lanish jarayoni hamma temperaturalarda ro'y beradi.

- Suyuqlikning bug'lanish issiqlik miqdori: $Q = \lambda m$
  λ – bug' hosil bo'lishining solishtirma issiqligi, m – suyuqlik massasi.
- O'zgarmas temperatura va o'zgarmas bosimda birlik massadagi suyuqlikni to'la bug'ga aylantirish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdoriga *solishtirma bug'lanish issiqligi* deyiladi.
- Qaynash temperaturasida va normal atmosfera bosimida olingan 1 kg massadagi suyuqlikni to'la bug'ga aylantirish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdoriga *solishtirma bug'lanish issiqligi* deyiladi.
- Qaynash temperaturasida olingan suyuqlikni bug'ga aylantirish uchun qancha issiqlik miqdori kerak bo'lsa, shu temperaturadagi bug'ni suyuqlikka aylantirish uchun ham unadan shuncha issiqlik miqdori olish kerak:

$$Q_{konden} = -Q_{dug}; \qquad \lambda_{bug} = \lambda_{konden}$$

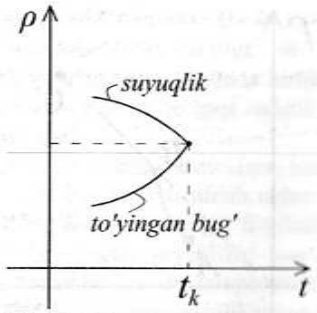
63-§. To'yingan va to'yinmagan bug'

- Suyuqlik va bug' o'rtasida *dinamik muvozanat* deb, suyuqlik ichidan biror vaqt ichida chiqib ketayorgan molekulalar soni o'sha vaqt ichida suyuqlikka qaytib tushayotgan bug' molekulalarining o'rtacha soniga teng bo'lishiga aytiladi.
- O'z suyuqligi bilan dinamik muvozanatda bo'lgan bug'ga *to'yingan bug'* deyiladi.
- Suyuqlik ichidan biror vaqt ichida chiqib ketayorgan molekulalar soni o'sha vaqt ichida suyuqlikka qaytib tushayotgan bug' molekulalarining o'rtacha sonidan kichik bo'lsa, bunday bug' *toyinmagan bug'* deyiladi.
- To'yingan bug' molekulalarining konsentratsiyasi o'zgarmas temperatura sharoitida hajmga bog'liq emas.
- To'yingan bug'ni siqsak, dastlabki vaqtda bug'ning zichligi ortadi va gazdan suyuqlikka o'tuvchi molekulalar soni gazga o'tuvchi molekulalar sonidan ortiq bo'ladi. Vaqt birligi ichida suyuqlikdan chiqib ketayotgan molekulalar soni faqat temperaturaga bog'liq bo'lgani holda bug'ning siqilishi suyuqlikdan chiqib ketayotgan molekulalar sonini o'zgartir-maydi. Bu jarayon dinamik muvozanat qaror topmaguncha ya'ni zichlik (yoki konsentratsiya) avvalgi qiymatni olmaguncha davom etadi.
- Suyuqlik o'zining bug'i bilan dinamik muvoznatda bo'lgan holdagi hajmiga bog'liq bo'lmagan bosimi *to'yingan bug' bosimi* deyiladi.
- To'yingan bug' bosimi hajmga bog'liq emas, u temperaturaga bog'liq:
  $P = knT$
- Yopiq idishda suv va uning to'yingan bug'I bor harorat pasayganda to'yingan bug'ning zichligi kamayadi.
- To'yingan bug'ning holatini ideal gazning holat (Mendeleev-Klpeyron) tenglamasi taqriban ifodalaydi.



Rasm 56. Bosimning temperaturaga bog'liqligi. AB-to'yingan bug' uchun, BC-ideal gaz uchun.

- Temperatura ko'tarilganda to'yingan bug'ning bosimi idel gazning bosimidan tezroq ortadi, ya'ni toyingan bug'ning bosimi o'zgarmas hajm sharoitida temteraturaning birinchi darajasiga to'g'ri proporsional emas.
- Ideal gaz bilan to'yingan bug' xarakterining asosiy farqi shundaki, yopiq idishdagi toyingan bug'ning temperaturasi o'zgarganda (yoki o'zgarmas temperatura sharoitida hajm o'zgarganda) massa o'zgaradi. Suyuqlik qisman bug'ga aylanadi yoki, aksincha bug' qisman kondensatsiyalanadi. Ideal gazda bunday o'zgarishlar bo'lmaydi.
- To'yingan bug' ostidagi suyuqlik butunlay bug'ga aylanib bo'lgandan keyin bug' yana isitilsa, u to'yingan bug' bo'lmay qoladi (idel gaz bilan bir hil xarakteristikaga ega bo'ladi) va uning bosimi o'zgarmas hajm sharoitida absolyut temperaturaga to'g'ri proporsional ravishda ortadi.
- Suyuqlik bilan uning to'yingan bug'ining fizik xossalari farqi yuqoladigan temperatura kritik temperatura deb ataladi. Kritik temperatura tushunchasini D. I. Mendeleev bergan.
- Kritik temperaturada suyuqlik va uning to'yingan bug'ining zichliklari teng bo'ladi.
- Kritik temperaturada to'yingan bug' zichligi va bosimi o'zining eng katta qiymatiga erishadi, o'zining bug'i bilan dinamik muvozanatda turgan suyuqlikning zichligi esa o'zining eng kichik qiymatiga ega bo'ladi.
- Suyuqlikning ustida to'yingan bug'i bo'lsa, temperatura ko'tarilganda bug' hosil bo'lishning solishtirma issiqligi kamayadi va kritik temperaturada nolga teng bo'lib qoladi.
- Kritik temperaturadan yuqori temperaturada to'yingan bug' gaz holatida bo'ladi.
- Gazni siqish yo'li bilan suyuqlikka aylantirib bo'lmaydigan eng past temperatura *kritik temperatura* deyiladi.



Rasm 57. To'yingan bug' zichligining temperaturaga bog'liqligi. t_k - kritik temperatura

64-§. Absolyut va nisbiy namlik

- Yer atmosferasida suv bug'ining mavjudligini xarakterlovchi kattalik *namlik* deyiladi.
- 1 m^3 havo tarkibidagi suv bug'ining (grammlardagi) massasiga *absolyut namlik* deyiladi: $\rho = \frac{m}{V}$
- Havo tarkibidagi faqat suv bug'ining hosil qiladigan bosimiga suv bug'ining *parsial bosimi* deyiladi. Demak, parsial bosim—havo namligini ko'rsatuvchi kattaliklardan biri hisoblanadi va u Paskal yoki simob ustuni hisobida o'lchanadi.
- **Havoning nisbiy namligi**: absolyut namlik ρ_a berilgan temperaturada, havoni to'yintiruvchi suv bug'i zichligi ρ_T ning necha foizini tashkil etish bilan aniqlanadi va u matematik tarzda quyidagicha yoziladi: $\varphi = \frac{\rho_a}{\rho_T} \cdot 100\%$
- Meteorologiyada nisbiy namlik deb, havo tarkibidagi suv bug'ining parsial bosimini, berilgan temperaturadagi havoni to'yintiruvchi suv bug'ining parsial bosimiga, nisbati bilan o'lchanadigan kattalikka aytiladi. Bu kattalikni quyidagicha ifodalash mumkin: $\varphi = \frac{P_a}{P_T} \cdot 100\%$
- Havoni nisbiy namligi 100% ga teng bo'ladigan temperatura, *shudring nuqtasi* deb ataladi.
- Havodagi suv bug'lari to'yingan holatda bo'ladigan temperatura *shudring nuqtasi* deyiladi.
- Havo namligini o'lchash uchun Lambrext *gigrometri* qo'llaniladi. Gigrometrning ishlash prinsipi havoning namligi ortishi bilan inson *sochining uzayishiga* asoslangan.
- Havoni namligini o'lchash uchun ishlatiladigan asboblar *psixrometrlar* deyiladi. Psixrometrlar nam va quruq termometrlardan tashkil topgan.

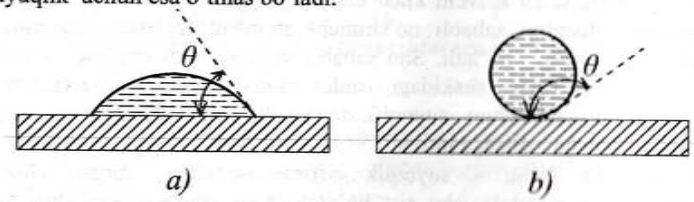
- Nisbiy namlik taxminin 40—60% atrofida bo'lgan taqdirdagina inson o'zini yaxshi his etishi tajriba yo'li bilan aniqlangan.
- Bir xil bosim va temperaturada quruq havoning zichligi nam havo zichligidan katta bo'ladi. Nam havo tarkibida suv bug'lari mavjud bo'lganligi uchun, uning molyar massasi quruq havo molyar massasidan kichik.

65-§. Suyuqliklarda sirt taranglik

- Sirt qatlamidagi barcha molekulalar uchun sirtga perpendikulyar ravishda yo'nalgan teng ta'sir etuvchi kuch mavjud bo'lib, bu kuch suyuqlik ichi tomon yo'nalganligi sababli qo'shimcha molekulyar bosimning vujudga kelishiga sababchi bo'ladi. Shu sababli suyuqlik sirti eng kichik hajmni olishga intiladi. Turli shakldagi jismlar ichida sharsimon jism eng kichik sirtga ega bo'lgani uchun suyuqlik doimo sharsimon shaklga ega bo'lgan tomchi ko'rinishini olishga intiladi.
- *Sirt taranglik kuchi* - suyuqlik sirtini chegaralab turgan chiziqka perpendikulyar ravishda, shu sirt bo'ylab ta'sir etadigan va ushbu sirtni mumkin qadar qisqartirishga intiladigan kuchdir.
- Sirt taranglik kuchlari suyuqlik sirtiga yaqinlashgan sari kattalashadi. Suyuqlik ichiga botgan sari esa kamayib, molekulyar ta'sirga teng radius qiymatidagi chuqurlikda nolga aylanadi.
- Kontur sirtining uzunlik birligiga ta'sir qiluvchi sirt taranglik kuchiga miqdoran teng kattalikka *sirt taranglik koeffitsiyenti* deyiladi. Bu koeffitsiyent suyuqlik tabiatiga hamda unda mavjud bo'lgan aralashmalar tarkibiga bog'liqdir. Sirt taranglik koeffitsiyenti Xalqaro birliklar sistemasi (SI) da N/m larda o'lchanadi.
- Sirt taranglik koeffitsiyenti suyuqlik sirtini bir birlik yuzaga o'zgartirish uchun lozim bo'lgan potensial energiya miqdorini o'zgarish qiymati bilan aniqlanadi. Sirt taranglik koeffitsiyentining ikkinchi o'lchov birligi tariqasida J/m^2 qabul qilingan.
- Sirt taranglikda:
  - → potensial energiya: $W = \sigma \cdot s$;
  - → bajarilgan ish: $A = \sigma \Delta s = \sigma \cdot (S_2 - S_1)$;
- Sirt taranglik koeffitsiyenti: $\sigma = \frac{F}{l}$; $F = \sigma \cdot l$; $\sigma = \frac{A}{\Delta S}$; $\sigma = \frac{W_n}{S}$;
- Tomchilar soni: $N = \frac{mg}{\sigma l}$; $N = \frac{mg}{2\pi R\sigma}$; R- radius
- Sirt energiyasi - U_s suyuqlik sirtiga to'g'ri proporsional: $U_s = \sigma \cdot S$
- Bir qancha tomchi birlashsa katta tomchining sirt yuzi, tomchilar sirtlari yig'indisidan kichik bo'ladi, natijada sirt energiyasi kamayadi, katta tomchining harorati nisbatan ortadi.

66-§. Xo'llash

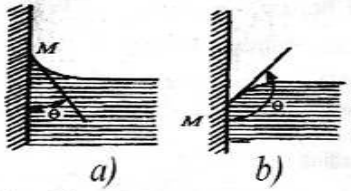
- Molekulyar o'zaro ta'sir xususiyatiga asoslangan holda, agar suyuqlik molekulalari orasidagi o'zaro ta'sir kuchi suyuqlik molekulasi bilan qattiq jism molekulasi orasidagi o'zaro ta'sir kuchidan kichik bo'lsa, xo'llash hodisasi ro'y beradi. Aks holda esa, xo'llash sodir bo'lmaydi va bu suyuqlik qattiq jismga nisbatan xo'llamaydigan suyuqlik deyiladi.
- Agar suyuqlik xo'llovchi bo'lsa, uning sirti tepa tomonga egiladi aksincha, xo'llamaydigan suyuqlik bo'lsa, suyuqlik sirti past,tomonga egiladi
- Xo'llaydigan suyuqlik uchun xo'llash burchagi θ o'tkir, xo'llamaydigan suyuqlik uchun esa o'tmas bo'ladi.



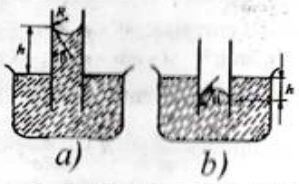
Rasm 58. a) Xo'llash; b) Xo'llamaslik

67-§. Kapillyar hodisalar

- Ingichka (kapillyar) naylarda suyuqliklarning keng naylardagi sathiga nisbatan ko'tarilishi yoki pasayishi *kapillyar hodisalar* deyiladi .
- Tekis bo'lmagan suyuqlik sirtlarida vujudga keladigan qo'shimcha bosimni sirt taranglik kuchlari vujudga keltiradi va u quydagicha aniqlanadi: $P=\frac{2\sigma}{R}$ bu formula *Laplas formulasi* deyiladi .
- Xo'llaydigan suyuqlik sirtida yuzaga keladigan, botiq sirtlar uchun qo'shimcha bosim musbat ($P>0$), xo'llamaydigan suyuqliklardagi qavariq sirtlar uchun manfiy ($P<0$) deb qabul qilingan.
- Kapilyar naylarda suyuqlikning ko'tarilish balandligi: $h=\frac{2\sigma}{\rho Rg}$;



Rasm 59. *a)* Xo'llash; *b)* Xo'llamaslik



Rasm 60. *a)* Xo'llash; *b)* Xo'llamaslik

- Ikkita parallel plastinka orasida suyuqlikning ko'tarilish balandligi: $h=\frac{2\sigma}{\rho dg}$, bu erda d – plastinkalar orasidagi masofa.

- Ikkala uchi ochiq bo'lgan shisha kapilyar bir uchi bilan idishdagi suvga tushirildi. Agar bu sistema erkin tusha boshlasa, suv kapilyarni butunlay to'ldiradi.

68-§. Kristall va amorf jismlar

- Aniq hajmga va shaklga ega bo'lgan jism qattiq holatda bo'ladi.
- Qattiq jismlar kristall, polikristal, amorf ko'rinishida bo'lishi mumkin.
- Kristall jismlar atomlari muntazam joylashgan.
- Atomlari va molekulalari qat'iy tartib bilan fazoda joylashgan qattiq jismlar *kristall jismlar* deyiladi. Misol: Osh tuzi va olmos.
- Kristall jismlar aniq erish va qotish temperaturasiga ega bo'lib, *anizotropik xossaga* ega.
- Juda ko'p mayda kristalchalardan tuzilgan qattiq jism *polikristall* deb ataladi. Yakka-yakka kristallar *monokristallar* deb ataladi.
- Polikristall qattiq jismlar fazoda o'zaro tartibsiz joylashgan kichik-kichik monokristall bo'lakchalardan tashkil topgan bo'ladi.
- *Anizotropiya* - kristall jismlar fizik xossalarining (mexanik, issiqlik, yorug'lik, elektr) kristaldagi turli yo'nalishlarda bir xil bo'lmasligi.
- Amorf jismlar aniq erish va qotish temperaturasiga ega emas va *izotropik* (barcha yo'nalishlarda fizik xossalari bir xil) xossaga ega.
- Amorf jismlar barcha yo'nalishlar bo'yicha, qat'iy takrorlanadigan, panjara yasaladigan yacheykalarga ega emas.

69-§. Erish va qotish

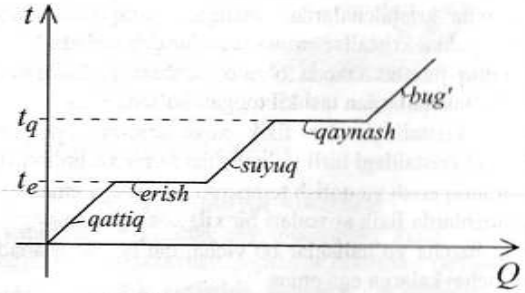
- Qattiq jismning suyuq holatga o'tish jarayoni *erish* deyiladi.
- Kristallarning amorf moddalardan farqi shundaki, ular aniq erish temperaturasiga ega.
- Kristall jismlarning erish jarayonida temperaturasi o'zgarmaydi. Jumladan, muz to'la ravishda suvga aylangunga qadar, uning temperaturasi o'zgarmaydi, ya'ni 0°C ga tengligicha qoladi.
- Erish issiqligi qattiq jism massasiga to'g'ri proporsional: $Q=r\cdot m$ bu erda r – jismning solishtirma erish issiqligi.
- Erish temperaturasida olingan 1 kg moddani, normal atmosfera bosimida eritish uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdoriga teng kattalikka *solishtirma erish issiqligi* deyiladi.
- Ko'pchilik moddalarning erish paytida hajmi ortib, qotishida esa kamayadi. Ba'zi moddalarning erish paytida hajmi kamayib qotishda ortadi (cho'yan, vismut, muzlarning erish jarayonida, ularning hajmi kichrayadi). Shunday qilib, nomlari yuqorida qayd qilingan moddalardan tashqari barcha moddalar eriganda hajmi ortadi, zichligi kamayadi. Agar bu moddalarni siqadigan bo'lsak, ya'ni tashqi bosim ortishi bilan, solishtirma erish issiqligi ham

ortadi. Tashqi bosim ortgan sari moddaning hajmiy kengayishi qiyinlashadi va erish temperaturasi ortadi

- Solishtirma erish issiqligi solishtirma qotish issiqligiga teng.
- Jism eriyotganda temperaturasi o'zgarmaydi.
- Eriyotganda issiqlik yutiladi va jismning ichki energiyasi ortadi.
- Jism qotayotganda issiqlik ajralib chiqadi va jismning ichki energiyasi kamayadi.
- t_1 temperaturali m massali qattiq jismni t_2 temperaturali suyuqlikka aylantirish uchun kerak bo'ladigan issiqlik miqdori:

$$Q = c_q m \cdot (t_e - t_1) + rm + c_s m \cdot (t_2 - t_e)$$

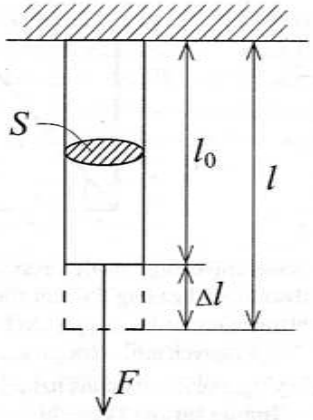
Bu yerda, c_q – jismni qattiq holatdagi solishtirma issiqlik sig'imi, t_e – erish temperaturasi, r – solishtirma erish issiqligi.



Rasm 61. Modda agregat holati va temperaturasining unga berilgan issiqlik miqdoriga bog'liqligi.

70-§. Qattiq jismlarning mexanik xossalari va deformatsiyasi

- Tashqi kuch ta'sirida qattiq jismning shakli yoki hajmi o'zgarishi *deformatsiya* deb ataladi. Deformatsiyani vujudga keltiradigan kuchning ta'siri yo'qolgach, qattiq jism o'zining avvalgi shakli va hajmini tiklasa, *elastik deformatsiya* sodir bo'ladi. Aks holda, ya'ni tashqi kuchning ta'siri to'xtatilganda ham jism o'zining dastlabki shakli va hajmini tiklay olmasa, *plastik (qoldiq) deformatsiya* amalga oshgan bo'ladi.
- Tashqi kuch ta'siri to'xtagandan keyin deformatsiyalangan jismning shakli va o'lchamlarini tiklay olish qobiliyati mazkur *jismning elastikligi* deb ataladi.
- Elastik deformatsiyalanish jarayonida jismning dastlabki shaklini tiklashga intiladigan kuch *elastiklik kuchi* deyiladi . Bu kuchlar deformatsiyaga sababchi ta'sir to'xtatilgach, jismning boshlang'ich shakli va o'lchamlarini tiklashni ta'minlaydi.
- Nisbiy deformatsiya: $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0}$
- Absolyut deformatsiya: $\Delta l = l - l_0$; $\Delta x = x - x_0$



Rasm 62. Sterjenning kuch ta'siridagi cho'zilishi

- Mexanik kuchlanish yoki zo'riqish: $\sigma = F/S$
- **Guk qonuni ta'rifi:**
  1. Elastiklik kuchining kattaligi absolyut deformatsiyaga to'g'ri proporsional.
  2. Deformatsiyalar kichik (elastik tabiatiga ega) bo'lgan holda mexanik kuchlanish nisbiy deformatsiya qiymatiga to'g'ri proporsional.
- Guk qonuni formulalari:

$$F_{el} = -k\Delta x; \quad F_{el} = -k\Delta l; \quad \Delta l = \frac{F_{el} l_0}{ES}; \quad \sigma = E|\varepsilon|$$

σ - mexanik kuchlanish; E - yung moduli

- Prujina bikirligi:

$$k = \frac{ES}{l_0}; \quad k = \frac{F_{el}}{\Delta x}; \quad k = \frac{F_{el}}{\Delta l}; \quad k = \frac{F_{el}^2}{2W_p}; \quad k = \frac{2W_p}{\Delta x^2}; \quad k = \frac{mg}{\Delta l}$$

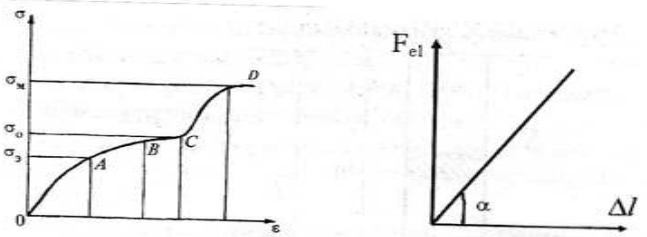
- Elastik kuchining absolyut uzayishga bog'liqlik grafigidan bikrlik absolyut uzayish o'qi bilan grafik chizig'i orasidagi burchak tangensiga teng: $k = tg\alpha$
- σ - mexanik kuchlanish yoki zo'riqish:

$$\sigma = F/S; \quad \sigma = E \cdot \varepsilon; \quad \frac{F}{S} = E \cdot \varepsilon;$$ ε – nisbiy deformatsiya.

- Mustahkamlik chegarasi σ bo'lgan , bir uchidan osilgan ip (tros)ning maksimal uzunligi – l:

→ havoda: $l_{max} = \frac{\sigma}{\rho \cdot g}$; →suyuqlikda: $l_{max} = \frac{\sigma}{(\rho_{jism} - \rho_{suyuq}) \cdot g}$;

- Mustahkamlik chegarasi σ, zichligi ρ bo'lgan devorning maksimal balandligi: $h_{max} = \frac{\sigma}{\rho \cdot g}$



a)

b)

Rasm 63. a) mexanik kuchlanishning nisbiy uzayishga bog'liqlik grafigi; b)elastiklik kuchinig absolyut uzayishga bog'liqlik grafigi

Rasm 15 a) mexanik kuchlanishning nisbiy uzayishga bog'liqlik grafigidan: $\sigma_э$ – elastlik chegarasi; σ_o – oquvchanlik chegarasi; $\sigma_м$ – mustahkamlik chegarasi; D – nuqtadan keyingi holatda namuna uziladi.

Ipning taranglik kuchi.

- Tashqi kuch ta'sirida deformatsiyalanmaydigan jismda taranglik kuchi yuzaga keladi.
- Taranglik kuchi modul jihatdan tashqi kuchga teng, yo'nalishi qarama-qarshi bo'ladi.
- l uzunlikdagi ipga m massali yuk ossakjism harakatsiz bo'lganda, ipning taranglik kuchi yukning: $T = mg$
- Jism ϑ tezlikda muvozanat holatidan o'tayotganida, ipning taranglik kuchi: $T = mg + \frac{m\vartheta^2}{l}$
- Ip a tezlanish bilan vertikal ko'tarilayotganda, ipning taranglik kuchi: $T = m(g + a)$
- Ip a tezlanish bilan pastga tushayotganda, ipning taranglik kuchi: $T = m(g - a)$
- m massali yukni ko'tara oladigan ip yordamida qanday m_x massali yukni a tezlanish bilan ko'tarish mumkin: $m_x = \frac{g}{g + a} \cdot m$
- Arqonga bog'lab aylantirilgan jism uchun ipning taranglik kuchi

→eng yuqori nuqtada: $T_1 = \frac{m\vartheta^2}{R} - mg$

→o'rta holatda: $T_2 = T_4 = \frac{m\vartheta^2}{R}$

→ eng pastki nuqtada: $T_3 = mg + \frac{m\vartheta^2}{R}$

T – ipning tarangligi.

71-§. Jismlarning issiqlikdan kengayishi

- Isitish natijasida jism hajmining o'zgarishi modda turiga va tashqi sharoitga bog'liqligini xarakterlovchi β kattalik hajmiy kengayish koeffitsienti deyiladi. Hajmiy kengayish koeffitsienti jismni $1^\circ C$ ga isitilganda uning hajm o'zgarishi $0^\circ C$ da olingan hajmning qancha qismini tashkil qilishini ko'rsatadi: $\beta = \frac{\Delta V}{V_0 t}$, $\beta = [^\circ C^{-1}] = [K^{-1}]$
- Jism hajmining haroratga bog'liqligi: $V = V_0 \cdot (1 + \beta \cdot t)$, V_0 – $0^\circ C$ dagi jismning hajmi. V – berilgan t temperaturadagi jism hajmi.
- Jism zichligining haroratga bog'liqligi: $\rho = \frac{\rho_0}{1 + \beta \cdot t}$
- Qattiq jism chiziqli o'lchovining haroratga bog'liqligi: $l = l_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t)$, l_0 – $0^\circ C$ dagi jismning uzunligi . l – berilgan t temperaturadagi jism uzunligi.
- Ixtiyoriy shakldagi bir jinsli jismni isitganimizda jismning ixtiyoriy olingan ikki nuqtalari orasidagi masofa ortadi.
- Teshik ochilgan metallni va xuddi shunday teshik diametrida aylana chizilganda yaxlit listni bir xil haroratgacha qizdirilganda ulardagi aylanalar bir xil kattalikka ortadi.
- Harorat o'zgarganda qattiq jismdagi teshik va tirqish xuddi shunday material bilan to'ldirgandek bir xil o'zgaradi.
- Doiraviy metall plastinkaga uchi plastinka markazida yotgan teng tomonli uchburchak chizilgan. Plastinka isitilganda uchburchak shakli o'zgarmaydi (teng tomonliligicha qoladi).
- Kvadrat shaklidagi yaxlit metall o'rtasida doira shaklida teshik mavjud, agar metall qizdirilsa teshik duametri ortadi.

72-§. Tebranma harakat. Garmonik tebranishlar

- Biror muvozanat vaziyatiga nisbatan davriy takrorlanib turuvchi harakat turiga *tebranish* yoki *tebranma harakat* deyiladi.
- Biror tashqi kuch ta'sirida muvozanat vaziyatidan chiqarilgan va tashqi kuch ta'siri to'xtatilganda ham ichki kuchlar ta'sirida davom etadigan tebranma harakat *erkin* yoki *xususiy tebranma harakat* deyiladi.
- Siljish masofasiga proporsional bo'lgan va dastlabki muvozanat holatiga qaytaruvchi kuch ta'sirida sodir bo'ladigan tebranish *garmonik tebranish* deyiladi .
- Sistemani muvozanat vaziyatidan og'ishini tavsiflovchi kattalik sinusoida yoki kosinusoida qonuni bo'yicha o'zgaradigan tebranishlar *garmonik tebranishlar* deyiladi.
- Tebranuvchi jismning muvozanat holatidan ikki marta ketma-ket bir yo'nalishda to'la o'tishi *to'la tebranish* deyiladi .
- *Tebranish davri* - jismning to'liq bir marta tebranishi uchun ketgan vaqtdir:

$$T=\frac{t}{N};\qquad T=\frac{1}{\nu};\qquad T=\frac{2\pi}{\omega}$$

XBS da tebranish davri birligi qilib sekund (s) qabul qilingan.

- Vaqt birligi ichidagi tebranishlar soniga *tebranish chastotasi* deyiladi.
- Chastota 1 s dagi to'liq tebranishlar sonini ko'rsatadi. XBS da chastotaning birligi qilib s^{-1} yoki gerts (Hz) qabul qilingan:

$$\nu=\frac{\omega}{2\pi};\qquad \nu=\frac{N}{t};\qquad \nu=\frac{1}{T}$$

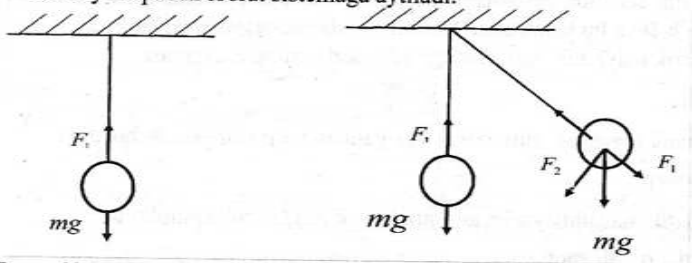
- Siklik yoki doiraviy chastota: $\omega=2\pi\nu$; $\omega=\frac{2\pi}{T}$; $\omega=\frac{2\pi N}{t}$
- Davr va chastota o'zaro teskari kattaliklardir:

$$T=\frac{1}{\nu}\ \text{yoki}\ \nu=\frac{1}{T}$$

- Ixtiyoriy vaqtda tebranayotgan jismning muvozanat vaziyatidan ko'chish masofasiga *siljish* deyiladi. Siljishning eng katta qiymatiga *amplituda* deyiladi.
- Tebranma harakatning *burchak (yoki siklik) chastotasi* deb 2π sekunddagi tebranishlar soniga aytiladi: $\omega=2\pi\nu$
- *Tebranish fazasi* tebranayotgan sistemaning istalgan paytdagi holatini aniqlaydi.
- *Matematik mayatnik* deb vaznsiz va cho'zilmaydigan ipga osilgan, og'irlik kuchi ta'sirida vertikal tekislikdagi aylana yoyi bo'ylab harakatlana oladigan moddiy nuqtadan iborat sistemaga aytiladi.
- Bir uchi osmaga mahkamlangan ikkinchi uchiga *m* massali yuk osilgan prujinadan iborat sistema *prujinali mayatnik* deb ataladi.
- Sistemani muvozanat vaziyatidan og'ishini tavsiflovchi kattalik sinusoida yoki kosinusoida qonuni bo'yicha o'zgaradigan tebranishlar *garmonik tebranishlar* deyiladi.

73-§. Matematik mayatnik

- *Matematik mayatnik* deb vaznsiz va cho'zilmaydigan ipga osilgan, og'irlik kuchi ta'sirida vertikal tekislikdagi aylana yoyi bo'ylab harakatlana oladigan moddiy nuqtadan iborat sistemaga aytiladi.



Rasm 64. Matematik mayatnik

- Sistemaning ichki kuchi: $F_2=-mg\sin\alpha$
- Sharcha tezlanishi: $a=-g\sin\alpha$
- Matematik mayatnik jismning og'irligi hisobiga tebranadi. Uning og'irligi o'zgarsa tebranish davri, chastotasi va siklik chastotasi o'zgaradi.
- Matematik mayatnikning tebranish davri, chastotasi va siklik chastotasi (yoki Gyugens formulasi):

$$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g}};\qquad \nu=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}};\qquad \omega=\sqrt{\frac{g}{l}}$$

→gorizontal yo'nalishda a- tezlanish bilan harakatlangan sanoq sistemasida:

$$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{\sqrt{g^2+a^2}}};\qquad \omega=\sqrt{\frac{\sqrt{g^2+a^2}}{l}};\qquad \nu=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\sqrt{g^2+a^2}}{l}}$$

→ a tezlanish bilan tushayotgan (tezlanish pastga yo'nalgan) sanoq sistemasida:

$$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g-a}};\qquad \omega=\sqrt{\frac{g-a}{l}};\qquad \nu=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g-a}{l}};$$

→ a tezlanish bilan tushayotgan va tezlanish yuqoriga yo'nalgan:

$$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g+a}};\qquad \omega=\sqrt{\frac{g+a}{l}};\qquad \nu=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g+a}{l}};$$

→ a tezlanish bilan ko'tarilayotgan (tezlanish yuqoriga yo'nalgan) sanoq sistemasida: $T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g+a}}$; $\nu=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g+a}{l}}$; $\omega=\sqrt{\frac{g+a}{l}}$

→ a tezlanish bilan ko'tarilayotgan va tezlanish pastga yo'nalgan:

$$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{g-a}};\qquad \omega=\sqrt{\frac{g-a}{l}};\qquad \nu=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g-a}{l}};$$

- Matematik mayatnikda davr, chastota va siklik chastota (yoki burchak tezlik) orasidagi bog'lanishlar: $\nu=\frac{1}{T}$; $\nu=\omega/2\pi$; $T=\frac{2\pi}{\omega}$

- Matematik mayatnikning tebranish davri faqat mayatnik ipining uzunligiga va erkin tushish tezlanishiga bog'liq bo'ladi. Tebranish davri mayatnik ipiga osilgan yukning massasiga bog'liq emas.
- Vaznsizlik holatida matematik mayatnik davri cheksizga, chastotasi nolga teng bo'ladi va bu holatda mayatnikli soatdan foydalanib bo'lmaydi. Matematik mayatnik x_m masofaga siljiganda uning energiyasi:

$$E = \frac{mg}{l} \cdot \frac{x_m^2}{2}$$

- Matematik mayatnik muvozanat vaziyatidan yarim amplituda holatiga o'tish vaqti - t_1: $t_1 = \frac{T}{12}$
- Matematik mayatnik yarim amplituda vaziyatidan to'la amplituda holatiga o'tish vaqti - t_2: $t_2 = \frac{T}{6}$
- Matematik mayatnik muvozanat vaziyatidan to'la amplituda holatiga o'tish vaqti - t: $t = \frac{T}{4}$
- Birinchi mayatnik t_1 vaqtda N_1, ikkinchisi t_2 vaqtda N_2 marta tebransa, mayatnik uzunliklari nisbati: $\frac{l_2}{l_1} = \left(\frac{t_2}{t_1} \cdot \frac{N_1}{N_2}\right)^2$
- Matematik mayatnik vertikaldan α burchakka og'gan holda gorizontal tekislikda R radiusli aylana bo'ylab harakat qilayotgandagi aylanish davri va chastotasi: $T = 2\pi\sqrt{\frac{l\cos\alpha}{g}}$; $\nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l\cos\alpha}}$;
- Mayatnik ipining uzunligi Δl ga ortganda davri ΔT ga ortgan bo'lsa, boshlang'ich davr - T_0: $T_0 = \frac{2\pi^2\Delta l}{\Delta T g} - \frac{\Delta T}{2}$
- Mayatnik ipining uzunligi Δl ga kamayganda davri ΔT ga kamaygan bo'lsa, boshlang'ich davr T_0: $T_0 = \frac{2\pi^2\Delta l}{\Delta T g} + \frac{\Delta T}{2}$
- Mayatnikning biror planetadagi tebranish davri:

$$\frac{T_{plan}}{T_{Yer}} = \sqrt{\frac{g_{Yer}}{g_{plan}}}; \quad \frac{\nu_{plan}}{\nu_{Yer}} = \sqrt{\frac{g_{plan}}{g_{Yer}}}; \quad T_{plan} = T_{Yer} \cdot \sqrt{\frac{g_{Yer}}{g_{plan}}}; \quad \nu_{plan} = \nu_{Yer} \cdot \sqrt{\frac{g_{plan}}{g_{Yer}}};$$

- Vaznsizlik holatida matematik mayatnik tebranmaydi.
- Matematik mayatnikning bir davr davomida bosib o'tgan yo'li – L uning amplitudasidan 4 marta katta bo'ladi: $L = 4 \cdot A$
- Matematik mayatnik tezligi: $\vartheta = x'$; $\vartheta = \vartheta_0 \cdot \cos(\omega t + \varphi_0)$;

$$\vartheta_0 = \omega A; \quad \vartheta_0 = A\sqrt{\frac{g}{l}}; \quad \vartheta_0 = 2\pi\nu A; \quad \vartheta_0 = \frac{2\pi A}{T}:$$

- Vertikaldan α - burchakka og'dirib qo'yib yuborilgan matematik mayatnik maksimal tezligi va eng katta kinetik energiyasi:

$$\vartheta_0 = \sqrt{2gl(1-\cos\alpha)}; \quad E_0 = mgl(1-\cos\alpha):$$

- Muvozanat vaziyatidan Δh balandlikka og'dirib qo'yib yuborilgan matematik mayatnik maksimal tezligi, va eng katta kinetik energiyasi:

$$\vartheta_0 = \sqrt{2g\Delta h}; \quad E_0 = mg\Delta h$$

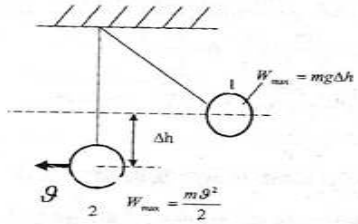
- Matematik mayatnikning tezlanishi:

$$a = x''; \quad a = a_0 \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0); \quad a = -\omega^2 \cdot x; \quad a = -\frac{g}{l} \cdot x; \quad a = -\frac{2\pi^2}{T^2} \cdot x$$

- Matematik mayatnik tezlanish amplitudasi

$$a_0 = \omega^2 A; \quad a_0 = A\frac{g}{l}; \quad a_0 = 4\pi^2\nu^2 A; \quad a_0 = \frac{4\pi^2 A}{T^2}$$

- Vaznsizlik holatida matematik mayatnik, qum soat, prujinali tarozi, suyuqlikli barometrlardan foydalanib bo'lmaydi; bunda prujinali mayatnik, ma'nometr, prujinali soatlardan foydalansa bo'ladi.



Rasm 65. Matematik mayatnikda energiya almashinuvi

- Tebranayotgan jismning potensial energiyasi (1-holat): $W_p = mg\Delta h$
- Tebranayotgan jismning kinetik energiyasi (2-holat): $W_k = \frac{m\upsilon^2}{2}$
- Ipga osilgan jism ϑ tezlikda muvozanat holatidan o'tayotganidagi ipning taranglik kuchi: $T = mg + \frac{m\vartheta^2}{l}$
- Ipga osilgan gorizontal tekislikda aylanma harakat qilayotgan jism uchun taranglik kuchi, chastota va tezlik:

$$T\sin\alpha = \frac{m\vartheta^2}{l\sin\alpha}; \quad T\cos\alpha = mg; \quad tg\alpha = \frac{\vartheta^2}{gl\sin\alpha}; \quad \nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l\cos\alpha}}$$

α – vertikal og'ish burchagi, T – ipning taranglik kuchi, ν – aylanish chastotasi.

- Arqonga bog'lab aylantirilgan jism uchun ipning taranglik kuchi

→eng yuqori nuqtada: $T_1 = \frac{m\vartheta^2}{R} - mg$

→o'rta holatda: $T_2 = T_4 = \frac{m\vartheta^2}{R}$

→ eng pastki nuqtada: $T_3 = mg + \frac{m\vartheta^2}{R}$, T – ipning tarangligi.

74-§. Prujinali mayatnik

- Bir uchi osmaga mahkamlangan ikkinchi uchiga m massali yuk osilgan prujinadan iborat sistema *prujinali mayatnik* deb ataladi.
- Prujinali mayatnik tebranish davri, chastotasi va siklik chastotasi:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}; \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}; \quad \nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}}; \quad \nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}};$$

- Tebranish davri, chastotasi va siklik chastotaning prujina o'lchamlariga bog'liqligi: $T = 2\pi\sqrt{\frac{ml}{ES}}$; $\nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{ES}{ml}}$; $\omega = \sqrt{\frac{ES}{ml}}$;
- Prujinali mayatnikning tebranish davri uning massasining kvadrat ildiziga to'g'ri proporsional, prujina bikrligining kvadrat ildiziga teskari proporsional.
- Prujinali mayatnik yukining massasi Δm ga oshirilganda davri n marta oshsa, yukning dastlabki massasi: $m_0 = \frac{\Delta m}{n^2 - 1}$; $n = \frac{T}{T_0}$;

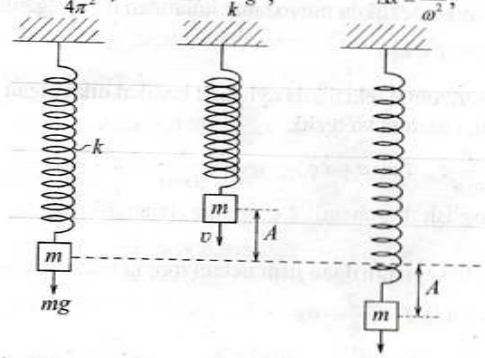
$\Rightarrow$ keyingi massasi: $m = \frac{n^2 \cdot \Delta m}{n^2 - 1}$; $m = m_0 + \Delta m$;

- Prujinali mayatnik yukining massasi Δm ga kamaytirilganda davri n marta kamaysa, yukning dastlabki massasi: $m_0 = \frac{n^2 \cdot \Delta m}{n^2 - 1}$; $n = \frac{T_0}{T}$;

$\Rightarrow$ keyingi massasi: $m = \frac{\Delta m}{n^2 - 1}$; $m = m_0 - \Delta m$;

- Prujinali mayatnikning o'z yuki ta'sirida cho'zilish uzunligi;

$$\Delta x = \frac{gT^2}{4\pi^2}; \quad \Delta x = \frac{m}{k}g; \quad \Delta x = \frac{g}{\omega^2};$$



Rasm 66. Prujinali mayatnik va uning tebranish amplitudasi.

- Prujinaga osilgan yuk muvozanat vaziyatiga nisbatan x_m masofaga uzoqlashganda uning tebranish energiyasi:

$$E = \frac{k \cdot x_m^2}{2};$$

- Prujinali mayatnikning maksimal potensial energiyasi uning to'liq mexanik energiyasiga yoki maksimal kinetik energiyasiga teng bo'ladi:

$$E_{pot.max} = E_{to'liq} = E_{kin.max} = E_0; \quad E_0 = \frac{kA^2}{2}; \quad E_0 = \frac{m\omega^2 A^2}{2}; \quad E_0 = \frac{2\pi^2 m \cdot A^2}{T^2};$$

- Prujinali mayatnik tezligi: $\vartheta = x'$; $\vartheta = \vartheta_0 \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi_0)$;

$$\vartheta_0 = \omega A; \quad \vartheta_0 = A\sqrt{\frac{k}{m}}; \quad \vartheta_0 = 2\pi\nu A; \quad \vartheta_0 = \frac{2\pi A}{T};$$

- Prujinali mayatnik tezlanishi:

$$a = x''; \quad a = a_0 \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0); \quad a = -\omega^2 \cdot x; \quad a = -\frac{k}{m} \cdot x; \quad a = -\frac{4\pi^2}{T^2} \cdot x;$$

- Prujinali mayatnik tezlanish amplitudasi:

$$a_0 = \omega^2 A; \quad a_0 = A\frac{k}{m}; \quad a_0 = 4\pi^2\nu^2 A; \quad a_0 = \frac{4\pi^2 A}{T^2};$$

- Vaznsizlik holatida matematik mayatnik, qum soat, prujinali tarozi, suyuqlikli barometrlardan foydalanib bo'lmaydi; bunda prujinali mayatnik, ma'nometr, prujinali soatlardan foydalansa bo'ladi.
- Garmonik harakatda bikrlik: $K = \frac{4\pi^2 m}{T^2}$
- **Garmonik tebranma harakat.**

Sinus yoki kosinus qonuni bo'yicha o'zgaruvchi harakatga *garmonik tebranma harakat* deyiladi.

$$x = A \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0) \qquad x = A \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t\right)$$

$\Rightarrow$Matematik mayatnik: $x = A\sin\left(\sqrt{\frac{g}{l}} \cdot t + \varphi_0\right)$

$\Rightarrow$Prujinali mayatnik : $x = A\sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}} \cdot t + \varphi_0\right)$

A – amplituda, φ_0 – boshlang'ich faza, $(\omega \cdot t + \varphi_0)$ – t vaqtdagi faza.

- Tebranish muvozanat vaziyatidan boshlansa, sin funksiyadan, amplituda vaziyatidan boshlansa cos funksiyadan boshlanadi.
- Tebranma harkatda to'liq energiya: $W_T = W_k + W_{II} = \frac{4\pi^2 A^2 m}{T^2}$; $W_T = 4\pi^2\nu^2 A^2 m$;

$W_T = a_{max} \cdot Am$; $W_T = \frac{kA^2}{2}$; $W_T = \omega^2 A^2 m$ k- bikrlik

75-§. Garmonik tebranishlar

- Siljish masofasiga proporsional bo'lgan va dastlabki muvozanat holatiga qaytaruvchi kuch ta'sirida sodir bo'ladigan tebranish *garmonik tebranish* deyiladi .
- Sistemani muvozanat vaziyatidan og'ishini tavsiflovchi kattalik sinusoida yoki kosinusoida qonuni bo'yicha o'zgaradigan tebranishlar *garmonik tebranishlar* deyiladi.
- Garmonik tebranma harakat tenglamasi:

$X = X_o Sin(\omega t + \alpha)$; $X = ASin(\omega t + \alpha)$; $X = X_o \cdot Cos(\omega t + \alpha)$; $X = A \cdot Cos(\omega t + \alpha)$;

$\omega = 2\pi\nu$; $\omega = \frac{2\pi}{T}$; A, X_o - amplituda ; ν - chastota ; T- davr; α - boshlang'ich faza;

ω - tebranma harakatning burchak (yoki siklik) chastotasi

$\omega t + \alpha$ -tebranish fazasi; φ_0 - tebranishning boshlang'ich fazasi

- Tebranma harakatning *burchak (yoki siklik) chastotasi* deb 2π sekunddagi tebranishlar soniga aytiladi: $\omega = 2\pi\nu$
- *Tebranish fazasi* tebranayotgan sistemaning istalgan paytdagi holatini aniqlaydi.
- Siljishning vaqt bo'yicha birinchi tartibli hosilasi garmonik harakatning tezligini beradi:

$\upsilon = x' = -\omega \cdot x_m \cdot cos(\omega t + \varphi_0)$; $\vartheta = A\omega Cos(\omega t + \alpha)$; $\vartheta = A\omega Sin(\omega t + \alpha)$;

$\vartheta = -\vartheta_{max} \cdot Cos(\omega t + \alpha)$; $\vartheta = \vartheta_{max} \cdot Sin(\omega t + \alpha)$; $\vartheta = X'(t)$; $\vartheta_{max} = A\omega = \frac{2\pi A}{T} = 2\pi\nu A$;

ϑ_{max} – tezlikning amplituda qiymati

- Garmonik tebranishlarda tezlanish harakat tezligidan vaqt bo'yicha birinchi tartibli hosilasiga yoki siljish bo'yicha ikkinchi tartibli hosilasiga teng:

$a = \upsilon' = -\omega^2 \cdot x_m \cdot sin(\omega t + \varphi_0)$; $a = \vartheta'(t) = X''(t)$; $a = A\omega^2 Sin(\omega t + \alpha)$;

$a = A\omega^2 Cos(\omega t + \alpha)$; $a = a_{max} \cdot Sin(\omega t + \alpha)$; $a = a_{max} \cdot Cos(\omega t + \alpha)$;

$a = a_{max} \cdot Sin(\omega t + \alpha)$; $a_{max} = \frac{4\pi^2 A}{T^2} \cdot Sin(\omega t + \alpha)$; $a_{max} = 4\pi^2\nu^2 A$ $a = -\omega^2 \cdot X$

- **Garmonik tebranma harakat.**

Sinus yoki kosinus qonuni bo'yicha o'zgaruvchi harakatga *garmonik tebranma harakat* deyiladi.

$$x = A \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi_0) \qquad x = A \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t\right)$$

⇒Matematik mayatnik: $x = A\sin\left(\sqrt{\frac{g}{l}} \cdot t + \varphi_0\right)$

⇒Prujinali mayatnik : $x = A\sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}} \cdot t + \varphi_0\right)$

A – amplituda, φ_0 – boshlang'ich faza, $(\omega \cdot t + \varphi_0)$ – t vaqtdagi faza.

- Tebranish muvozanat vaziyatidan boshlansa, sin funksiyadan, amplituda

vaziyatidan boshlansa cos funksiyadan boshlanadi.

- **Garmonik tebranma harakatda energiyaning saqlanish qonuni:** Garmonik tebranma harakatda to'la mexanik energiya o'zgarmasdan qoladi. U goh potensial, goh kinetik energiya ko'rinishida ifodalanadi. Harkatning chegaraviy nuqtalarida u potensial energiyaga aylanadi, muvozanat vaziyatida kinetik energiya sifatida namoyon bo'ladi.

76-§. Erkin va majburiy tebranishlar. Rezonans

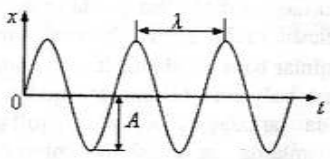
- Biror tashqi kuch ta'sirida muvozanat vaziyatidan chiqarilgan va tashqi kuch ta'siri to'xtatilganda ham ichki kuchlar ta'sirida davom etadigan tebranma harakat *erkin* yoki *xususiy tebranma harakat* deyiladi.
- Davriy o'zgarib turuvchi tashqi kuchlar ta'sirida sodir bo'ladigan tebranishlar *majburiy tebranishlar* deyiladi. Majburiy tebranishning xususiyatlari:

1. Sistema tashqi ta'sir kuchining tebranish chastotasida tebranadi.
2. Majburiy tebranishlar amplitudasi tashqi ta'sir kuchi tebranish amplitudasiga proporsional.
3. Majburiy tebranish amplitudasi tashqi ta'sir chastotasiga bog'liq.

- Sistemaga ta'sir etuvchi tashqi kuch o'zgarishlarining chastotasi sistemaning erkin tebranishlari chastotasi bilan tenglashganda, majburiy tebranishlar amplitudasining keskin o'sishi *rezonans* deb ataladi.

77-§. To'lqinlar. Bo'ylama va ko'ndalang to'lqinlar

- Tebranishlarning vaqt o'tishi bilan fazoda tarqalishi *to'lqin* deyiladi . To'lqin – bu tebranishlarning nuqtadan-nuqtaga, zarradan-zarraga tarqalishidir.
- Zarralarning tebranishi to'lqinning tarqalishi yo'nalishiga tik (perpendikul-yar) bo'lgan to'lqin *ko'ndalang to'lqin* deb ataladi. Bir uchi mahkamlangan arqon bo'ylab tarqalayotgan to'lqin ko'ndalang to'lqinga misoldir.



Rasm 67. Mexanik tebranishlarning tarqalishi

- Zarralarning tebranish yo'nalishi tebranishning tarqalish yo'nalishida bo'lgan to'lqin *bo'ylama to'lqin* deb ataladi. Prujinaga osilgan yuk tebranishi, havodagi tovushning tarqalishi, suyuqlik va qattiq jismlarda tovushning tarqalishi bo'ylama to'lqinga misoldir.
- Tebranishning bir xil fazalarda bo'lgan bir-biriga eng yaqin nuqtalari orasidagi masofa *to'lqin uzunligi* deyiladi .

- Ikki do'nglik yoki ikki pastlik orasidagi eng yaqin masofa *to'lqin uzunligi* deyiladi .
- To'lqinning to'liq bir marta tebranishi uchun ketgan vaqt, to'lqinning *tebranish davri* deb ataladi. T – davr λ – to'lqin uzunlikka teng oraliqni o'tish uchun ketgan vaqtdir.
- Mexanik to'lqinlar va yorug'lik to'lqinlari uchun:

$$\vartheta=\frac{\lambda}{T};\ \vartheta=\lambda\cdot\nu;\ l=N\cdot\lambda;\ \lambda=\frac{ChN}{pt};$$

- Yorug'lik xalqalarining diametrlarini topish formulasi: $d=\sqrt{\lambda\cdot n\cdot R}$; n-chi yorug'lik diametri (son); R-egrilik radiusi
- Tarqalayotgan yassi to'lqin tenglamasi: $x=A\cdot sin(\omega t+\varphi_0)$
- Bir-biridan Δx masofada tebranayotgan yassi to'lqindagi fazalar farqi: $\Delta\varphi=\frac{2\pi}{\lambda}\Delta x=\frac{2\pi\nu}{\upsilon}\Delta x$

78-§. Tovush to'lqinlari

- Fizikaning tovush hodisalarini o'rganadigan bo'limi *akustika* deb ataladi.
- Insonning eshitish organi 20 Hz dan 20000 Hz gacha bo'lgan chastotali to'lqinlarni eshita oladi va bu to'lqinlar *tovush to'lqinlari* deyiladi . Tovush havo zarralarining tebranma harakatidan paydo bo'ladi. Tovush qulog'imiz bilan tovush manbai oralig'idagi havo orqali o'tib keladi. Tovush to'lqin sifatida tarqaladi.
- Vakuumda tovush yuzaga kelmaydi. Chunki tebranishni uzatuvchi elastik muhit bo'lmaydi.
- Tovushni yuzaga keltirib, uni sezishning to'rtta sharti mavjud:
  1. Tovush manbaining mavjud bo'lishi;
  2. Tovush tarqalishini ta'minlovchi elastik muhit;
  3. Tovush to'lqinlarining aniq chastota intervalida yuzaga kelishi;
  4. Tovush to'lqinlarini qabul qiluvchi qurilma.

  Misol: Agar Oyda portlash sodir bo'lsa Yerda eshitilmaydi. Chunki portlash ovozini tarqatuvchi elastik muhit Yer va Oy orasida mavjud emas.
- Qattiq jismlarda to'lqinlar ham bo'ylama, ham ko'ndalang bo'ladi. Suyuqlik va gazlarda esa faqat bo'ylama to'lqinlar vujudga keladi. Shunga ko'ra, suyuqlik va gazlarda tarqalayotgan tovush to'lqinlari faqat bo'ylama to'lqinlardir. Qattiq jismlarda esa tovush to'lqinlari bo'ylama va ko'ndalang bo'ladi
- Gazlarda tovush tezligi temperaturaning ko'tarilib borishi bilan muttasil ortib boradi. Ammo suyuqliklarda buning aksini ko'ramiz: ularda temperaturaning ortishi bilan tovush tezligi kamayadi. Qattiq jismlarda tovush tezligi o'zining eng katta qiymatiga erishadi. Masalan, berilliy metalida tovush tezligi 12 250 m/s atrofida, po'lat yoki temirda 4900-5000 m/s atrofida. Suvda normal sharoit uchun tovush tezligi 1450 m/s ga teng.

Havoda tovush to'lqinining tarqalish tezligi (normal atmosfera bosimida va temperaturasi 15°C bo'lgan sharoitida) ≈340m/s.
- Biror aniq chastotaga ega bo'lgan tovush *musiqiy ton* deyiladi. Tonning yuksakligi tebranishlarning chastotasiga ko'ra aniqlanadi.
- Chastotasi eng kichik bo'lgan oddiy tebranma harakat *tovushning asosiy toni* deyiladi. Qolgan katta chastotali tebranishlar *oberton* deyilib, ular tovushga biror tembr (rang) beradi.
- Nodavriy, ya'ni davri o'zgaruvchan hamda uzoq davom etadigan manbalardan chiqadigan turli tovushlar yig'indisi *shovqin* deyiladi.
- Tovush tebranishlari *energiyasi* tebranish amplitudasining kvadratiga proporsional bo'ladi.
- Tarqalayotgan tovush to'lqini, tovush manbaidan olgan ma'lum energiyaga ega. *Tovushning kuch* yoki *intensivligi (balandligi)* tovush to'lqinining shu to'lqin tezligiga perpendikulyar bo'lgan yuza birligidan 1 sekundda olib o'tadigan energiya miqdori bilan aniqlanadigan kattalikdir.

$$I=\frac{W}{S\cdot t}=\frac{P}{S};\qquad I=\overline{\omega}\cdot\vartheta=\frac{1}{2}\rho\vartheta\omega^2A^2;$$

bunda W – tovush to'lqini energiyasi, S – to'lqinning tarqalish yo'nalishiga perpendikulyar bo'lgan yuza, P– tovush to'lqinining quvvati, t – vaqt. $\overline{\omega}$- energiya zichligi.

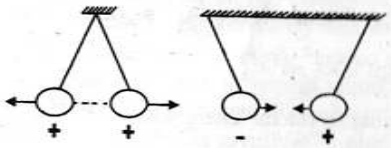
- Tovush intensivligi SI da W/m^2 da o'lchanadi. Inson qulog'i 10^{-12} dan 10 W/m^2 gacha intensivlikni sezishga qodir. Intensivlik bundan katta bo'lsa, inson qulog'i og'riqni xis qiladi. Tovush manbaidan uzoqlashgan sari intensivlik masofa kvadratiga teskari proporsional ravishda kamayadi.
- Tarqalayotgan tovush to'lqini ma'lum bir miqdorda impulsga ega.
- Tovush to'lqini o'z yo'lida to'siqqa uchraganda unga bosim ko'rsatadi, unga tovush bosimi deb ataladi. Boshqa bosimlar kabi tovush bosimi ham paskalda (Pa) o'lchanadi. O'rtacha qattiqlikda gapirganda tovush bosimi taxminan 0,1 Pa ga teng.
- Yorug'lik bosimini topish formulasi: $P=\frac{E}{tsc}$; s- yuza; t-vaqt
- To'lqin energiya zichligi: $\overline{\omega}=\frac{1}{2}\rho\omega^2A^2$;
- Tarqalayotgan to'lqinning o'rtacha energiyasi: $\overline{W}=\frac{1}{2}m\omega^2A^2$; m-ajratib olingan muhit hajmining massasi.
- Tovushning qattiqligi tovush to'lqinining sub'ektiv bahosidir. Tovush qattiqligi tovushning amplitudasiga bog'liq.
- Tovush balandligi tovushning tebranish chastotasiga bog'liq.
- Chastotasi 20000 Hz dan yuqori bo'lgan mexanik to'lqinlar *ultratovushlar* deb ataladi.

- Chastotasi 20Hz dan kichik bo'lgan mexanik to'lqinlar *infratovushlar* deb ataladi.
- To'lqin intensivligi chastotaning kvadratiga to'g'ri proporsional: $I \sim \omega^2$
- *Tovush tembri* energiyaning ma'lum chastotalar orasida taqsimlanishini xarakterlovchi kattalik.
- **Tovush to'lqinlari uchun Dopler effekti.** To'lqinlar manbai va qabul qiluvchining bir-biriga nisbatan harakatlanishi natijasida qabul qilinayotgan to'lqinlar chastotasining o'zgarishiga Dopler effekti deyiladi.
- Biror muhitda tovush to'lqini tarqalayotib, uning chegarasiga yetib boradi. Boshqa muhit chegarasida tovush to'lqinining qaytishi sodir bo'ladi. Aks-sado hodisasi tovushning qaytishi tufayli yuz beradi. Tovushning bu xususiyatidan tovush lokatsiyasi (exolokatsiya) hodisasida keng foydalaniladi. Tovush lokatsiyasi-turli buyumlargacha bo'lgan masofani va ularning o'rnini aniqlash aks-sado hodisasiga asoslangan.
- Radiolokatorning ta'sir uzoqligini topish formulasi:

$$t = \frac{2s}{\upsilon} \quad \text{yoki} \quad s = \frac{\upsilon \cdot t}{2}$$

79-§. Elektr zaryadi va uning ikki turi. Elementar zaryad.

- Elektrodinamikaning tinch turgan zaryadli jismlarning o'zaro ta'sirlashuvini va elektr maydonini o'rganadigan bo'limi *elektrostatika* deb ataladi.
- Junga ishqalangan qaxrabo tayoqchasi manfiy zaryadlanib qoladi.
- Junga ishqalangan shisha tayoqchasi musbat zaryadlanib qoladi.
- Shisha tayoqchani shoyiga ishqalasa, shisha musbat soyi manfiy zaryadlaib qoladi.
- Elektr kuchini hosil qiluvchi kuch maydoni *elektr maydoni* deb ataladi.
- Zaryadlangan zarralar orasida hosil bo'ladigan o'zaro ta'sirlar *elektromagnit o'zaro ta'sirlar* deb ataladi.
- Bir xil ishorali zaryadlar bir-biridan qochadi, har xil ishorali zaryadlar bir-biriga tortiladi.



Rasm 68. Zaryadli zarralarning bir-biriga ta'sir kuchlari yo'nalishlari

- Atomning markazida musbat zaryadlangan yadro joylashgan bo'lib, u zaryadsiz zarralar neytronlar va musbat zaryadli zarralar protonlardan tashkil topgan. Yadro atrofida manfiy zaryadli zarralar elektronlar mavjud bo'lib, u aylanma harakat qiladi.

- Elektr jihatidan neytral bo'lgan, atom yadrosidagi protonlar soni doim uning atrofida mavjud bo'luvchi elektronlar soniga teng bo'lib, bu son o'z navbatida kimyoviy elementning (Mendeliyev) davriy jadvaldagi tartib raqamiga teng.
- Agar jism o'ziga elektron biriktirib olsa, u manfiy zaryadga ega bo'ladi, aksincha u elektrlanish jarayonida o'zidan elektronini berib yuborsa musbat zaryadlanadi.
- Tabiatda uchraydigan zaryadlarning eng kichigi elektron zaryadining moduliga teng bo'lib, u *elementar zaryad* deb ataladi va *e* harfi bilan belgilanadi: $|e| = 1{,}6 \cdot 10^{-19} C$. Elektron va proton zaryadining modullari o'zaro teng bo'lib, ular ishoralari bilan farq qiladi. $|e| = |q_p| = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C.
- Elektronning massasi: $m_e = 9{,}11 \cdot 10^{-31}$ kg,
- Protonning massasi: $m_p = 1{,}67 \cdot 10^{-27}$ kg.
- **Zaryadlarning karralik qonuni**: tabiatda uchraydigan zaryadlarning barchasi doim elementar zaryadga karrali bo'ladi:

  $q = n \cdot e$ $n = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$, butun sonlar. $q = N \cdot e$; $N = q/e$
- Karralik qonuni bajarilishining asosiy sababi elementar zaryadning bir qismini ajratib olish mumkin emasligidadir, ya'ni elementar zaryadni (elektron yoki protonni) parchalab bo'lmaydi.
- Jismlar ishqalanish vositasida elektrlanganda undagi erkin elektronlar qayta taqsimlanadi.
- Tashqariga zaryadli zarralar chiqmaydigan va bunday zarralar tashqaridan kirmaydigan sistemaga elektr jihatidan *yopiq sistema* deyiladi.
- **Zaryadni saqlanish qonuni**: Elektrlanish jarayonida, yopiq sistema ichidagi barcha zarralar zaryadlarining algebraik yig'indisi o'zgarmaydi:

$$q_1 + q_2 + \ldots + q_n = \sum_{i=1}^{n} q_i = Const; \quad q_1 + q_2 + \ldots\ldots + q_n = const$$

- Zaryadning saqlanish qonuni elementar zarralar bir-biriga aylanganda yoki yangi zarralar paydo bo'lganida ham bajariladi.
- O'lchamlari o'zaro ta'sirlashayotgan zaryadli jismlar orasidagi masofaga nisbatan hisobga olinmas darajada kichik bo'lgan jismlar *nuqtaviy zaryadlangan* jismlar deyiladi.
- XBSda zaryadning birligi 1C=1A·1s ga teng. 1A o'zgarmas tok o'tayotgan o'tkazgichning ko'ndalang kesimidan 1s da oqib o'tgan zaryad miqdori 1 Kulon ga teng bo'ladi.
- Katta miqdordagi elektr zaryadlarni to'play oladigan asboblarga elektrofor mashina va galvanik element kiradi.

80-§. Kulon qonuni. Zaryad sirt zichligi

- **Kulon qonuni:** Vakuumda joylashgan ikkita nuqtaviy zaryadlar orasidagi o'zaro ta'sir kuchi ularning zaryadlari modullarining ko'paytmasiga to'g'ri, orasidagi masofaning kvadratiga teskari proporsional bo'ladi

$$\left.F = k\cdot\frac{q_1q_2}{R^2} \quad F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q_1q_2}{R^2}\right\}\text{ vakuum uchun}$$

$$\left.F = \frac{k}{\varepsilon}\cdot\frac{q_1q_2}{R^2} \quad F = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\cdot\frac{q_1q_2}{R^2}\right\}\text{muhit uchun}$$

k- proporsionallik koeffitsiyenti.

$$k = 9\cdot10^9\frac{N\cdot m^2}{C^2}; \quad \varepsilon_o = 8{,}85\cdot10^{-12}C^2/N\cdot m^2; \quad \varepsilon_o = 8{,}85\cdot10^{-12}\frac{F}{m};$$

ε_o-elektr doimiysi

- Cho'zilmas ipga osilgan ikki zaryadlangan shar zaryadini topish:

$$q = r\cdot\sqrt{\frac{2mgtg\alpha}{k}}; \quad q = \frac{\varepsilon_o mgtg\alpha}{\sigma};$$

- q_1 va q_2 zaryadlarga ega bo'lgan bir xil o'lchamli sharlar r masofada joylashganda, sharlar o'zaro tekkizilib yana oldingi joyiga keltirilsa, bunda sharlarning o'zaro ta'sir kuchlari orasidagi munosabat:

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{(q_1+q_2)^2}{4q_1q_2};$$

- Sirtning birlik yuzasiga to'g'ri keladigan zaryadning miqdoriga *zaryad sirt zichligi* deyiladi:

$$\sigma = \frac{\Delta q}{\Delta S}; \quad \sigma = \frac{q}{S}$$

- XBSda zaryad sirt zichligi $\frac{C}{m^2}$ da o'lchanadi.

81-§. Elektr maydon va uning kuchlanganligi

- Qo'zg'almas zaryadlar hosil qilgan elektr maydoni *elektrostatik maydon* deyiladi
- Elektrostatik maydonni faqat qo'zg'almas zaryadlar hosil qiladi.
- Elektrostatik maydon vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydi.
- Vaqt o'tishi bilan o'zgaradigan maydon elektromagnit maydon deyiladi.
- Elektrostatik maydonga kiritilgan nuqtaviy zaryadga ta'sir etuvchi kuchni miqdor jihatdan tavsiflovchi kattalikka *maydon kuchlanganligi* deb ataladi.
- Elektrostatik maydonning biror nuqtasidagi kuchlanganligi:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}; \quad \vec{F} = q_o\vec{E}$$

- Nuqtaviy zaryadning elektr maydon kuchlanganligi:

$$\left.E = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{R^2}; \quad E = \frac{k}{\varepsilon}\cdot\frac{q}{R^2}\right\}\text{ muhitda}$$

$$\left.E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{R^2}; \quad E = k\cdot\frac{q}{R^2}\right\}\text{ vakuumda}$$

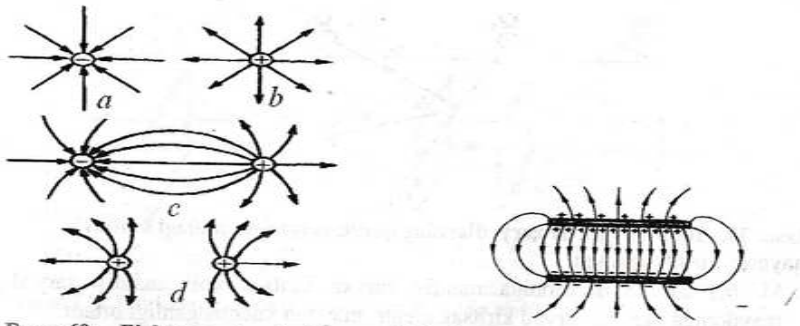
$$\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8.85\cdot10^{-12}\frac{C^2}{N\cdot m^2};$$

ε – muhitning nisbiy dielektrik sindiruvchanligi. $\varepsilon = \frac{F_{vakuum}}{F_{muhit}}$

- Elektr maydonining biror nuqtasiga kiritilgan bir birlik musbat zaryadga maydon tomonidan ta'sir etuvchi kuchga son jihatidan teng bo'lgan fizik kattalikka, elektr maydonining shu *nuqtadagi kuchlanganligi* deyiladi.
- Kuchlanganlik elektr maydonini kuch tomonidan xarakterlovchi vektor kattalikdir.
- Maydon kuchlanganligining birligi XBS da N/C va V/m larda ifodalanadi.

Kuchlanganlik chiziqlari va ularni o'tkazish qoidalari

- Fazoda elektr maydon kuch chiziqlarini o'tkazish shartlari:
  – kuch chizig'ining ixtiyoriy nuqtasiga o'tkazilgan urinma elektr maydonning shu nuqtasidagi kuchlanganlik vektori bilan mos tushishi kerak;
  – kuch chiziqlarining zichligi elektr maydon kuchlanganligining shu sohadagi qiymatiga proporsional bo'lishi kerak.
- Har bir nuqtasiga o'tkazilgan urinmalarning yo'nalishi, kuchlanganlik vektorining yo'nalishiga mos keluvchi uzluksiz chiziqlar, *kuchlanganlik (qisqacha kuch) chiziqlari* deb ataladi.
- Kuchlanganlik chiziqlari hech qaerda o'zaro kesishmaydi.
- Elektr maydoni kuchlanganlik chiziqlari yopiq bo'lmasdan, ular musbat zaryaddan boshlanib, manfiy zaryadda tugaydi.
- Kuchlanganlik chiziqlari faqat zaryad joylashgan nuqtadagina tutashadi.



Rasm 69. Elektr maydon kuchlanganligi yo'nalishlari

- Ikkita parallel plastinkani modullari teng, lekin ishorasi qarama-qarshi bo'lgan zaryadlar bilan zaryadlasa, plastinkalar orasida kuchlanganlik chiziqlari o'zaro parallel joylashadi va maydon kuchlanganligi vektorining moduli plastinkalar orasidagi barcha nuqtalarda bir xilda bo'ladi.

- Kuchlanganlik vektorining moduli va yo'nalishi hamma nuqtalarida bir xil bo'lgan elektr maydoniga *bir jinsli elektr maydoni* deyiladi.
- Kuch chiziqlari zaryadli jismlar yaqinida zichroq joylashib, Bu yerda maydon kuchlanganligi ham kattaroq bo'ladi.
- **Maydon superpozitsiya prinsipi**: Zaryadlar sistemasining biror nuqtada hosil qilgan elektr maydonining kuchlanganligi sistemaga kiruvchi har bir zaryadning o'sha nuqtada alohida-alohida hosil qilgan maydon kuchlanganliklarining vektor yig'indisiga teng.

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + ...\vec{E}_n = \sum_{i=1}^{n} \vec{E}_i$$

$$\vec{E}_A = \frac{\vec{F}}{q_c} = \frac{\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \cdots + \vec{F}_n}{q_c} = \frac{\vec{F}_1}{q_c} + \frac{\vec{F}_2}{q_c} + \cdots + \frac{\vec{F}_n}{q_c} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \cdots + \vec{E}_n; \quad \vec{E}_A = \sum_{k=1}^{n} \vec{E}_k$$

- Superpozitsiya so'zi «qo'shilish yoki ustma-ust tushish» degan ma'noni anglatadi.
- Superpozitsiya prinsipiga ko'ra bir-biridan r masofa uzoqlikda joylashgan ikki nuqtaviy zaryadning biror nuqtadagi maydon kuchlanganligi:

  ⇒ **Maydon kuchlanganlik vektorlarining**

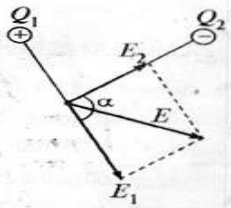
  →yo'nalishi bir xil bo'lsa: $E = E_1 + E_2$

  →yo'nalishi qarama-qarshi bo'lsa: $E = E_1 - E_2$

  →yo'nalishi perpendikulyar bo'lsa: $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2}$

  → α burchak ostida yo'nalgan bo'lsa: $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cdot \cos\alpha}$

  Bu yerda E_1 va E_2 mos ravishda nuqtaviy zaryadlarning qaralayotgan nuqtadagi maydon kuchlanganliklari, α - maydon kuchlanganlik vektorlari orasidagi burchak.



Rasm 70. Ikkita nuqtaviy zaryadlarning qaralayotgan nuqtadagi natijaviy maydon kuchlanganligi

- Musbat zaryad maydoniga manfiy zaryad kiritsak yoki manfiy zaryad maydoniga musbat zaryad kiritsak elektr maydon kuchlanganligi ortadi.
- Musbat zaryad maydoniga musbat zaryad, yoki manfiy zaryad maydoniga manfiy zaryad kiritsak elektr maydon kuchlanganligi zaiflashadi.
- Nuqtaviy zaryadning r masofadagi elektr maydon kuchlanganligi:

$$E = k\frac{q}{\varepsilon \cdot r^2}; \qquad E = \frac{q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 \cdot r^2}$$

- Bir xil ishorali nuqtaviy zaryad orasidagi masofa l, ular orasidagi kuchlanganlik $E = 0$ bo'lgan nuqta: $r_1 = \frac{l}{\sqrt{\frac{q_2}{q_1}} + 1}$ $\quad r_2 = \frac{l}{\sqrt{\frac{q_1}{q_2}} + 1}$
- Elekr maydoni kuchlanganligi va induksiya: $E = B\vartheta Sin\alpha \qquad E = B\vartheta$

82-§. Bir jinsli zaryadlangan cheksiz tekislikning elektr maydoni

- Sirtning birlik yuzasiga to'g'ri keladigan zaryadning miqdoriga *zaryad sirt zichligi* deyiladi:

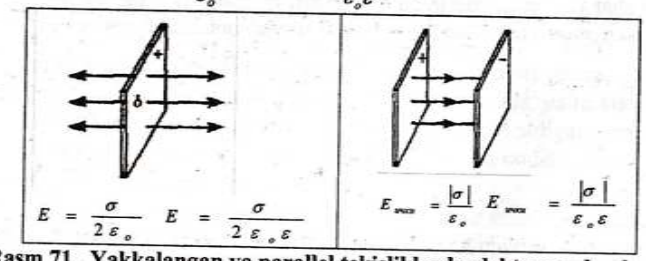
$$\sigma = \frac{\Delta q}{\Delta S}; \qquad \sigma = \frac{q}{S}$$

- XBSda zaryad sirt zichligi $\frac{C}{m^2}$ da o'lchanadi.
- Tekis zaryadlangan cheksiz tekislik hosil qilgan elektr maydon kuchlanganligi:

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_o}; \qquad E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_o\varepsilon} \text{ - muhit uchun}$$

- Bir tekis zaryadlangan cheksiz tekislik hosil qilgan maydonning kuchlanganligi fazoning ixtiyoriy nuqtasida bir xil qiymatga ega bo'lib masofaga bog'liq emas: ($E_1=E_2=\ldots=E_n$).
- Zaryalangan cheksiz tekisliklar tizimining tashqarisida natijaviy elektr maydon kuchlanganligi nolga teng.
- Elektr maydoni faqat tekisliklar orasida hosil bo'ladi:

$$E_{умум} = \frac{|\sigma|}{\varepsilon_o}; \qquad E_{умум} = \frac{|\sigma|}{\varepsilon_o\varepsilon}$$



Rasm 71. Yakkalangan va parallel tekisliklarda elektr maydon kuchlanganligi

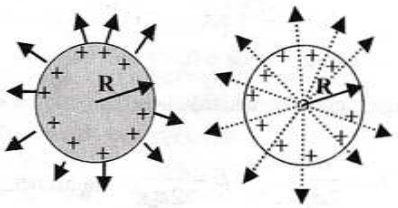
- Qarama-qarshi ishorali zaryadlar bilan zaryadlangan ikkita parallel tekisliklar orasida hosil bo'lgan elektr maydon kuchlanganligi zaryadlangan bitta tekislik hosil qilgan elektr maydoni kuchlanganligidan ikki marta ortiq bo'ladi.

- Parallel tekisliklar orasidagi fazoning istalgan nuqtasida maydon kuchlanganligi vektorining moduli va yo'nalishi bir xil bo'ladi.
- Cheksiz parallel tekisliklar orasidagi maydon bir jinsli maydon hisoblanadi.
- E gorizontal yo'nalishdagi elektr maydonida elektronning tezlanishi:

$$a = \frac{eE}{m_e}; \qquad a = \frac{eU}{m_e \cdot d}:$$

- E vertikal yo'nalishdagi elektr maydonida q zaryadning dinamik tenglamasi: $ma = \pm qE \pm mg$; $\pm$ ishora E vektorining yo'nalishi, zaryadning ishorasi va tezlanishi yo'nalishiga bog'liq.

83-§. Bir jinsli zaryadlangan shar va sferaning elektr maydoni



Rasm 72. Bir jinsli zaryadlangan shar va sferaning elektr maydoni kuchlanganligi

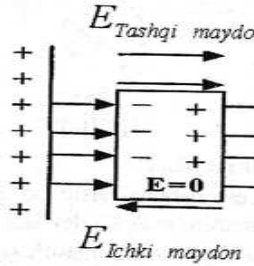
- Shar bir jinsli bo'lsa, zaryad shar sirti bo'ylab bir tekisda taqsimlanadi.

$$r > R \rightarrow E = k\frac{|q|}{r^2}; \qquad r<R \rightarrow E_{ichki}=0$$

- Shar yoki sferaga berilgan zaryad o'zaro itarilish kuchi tufayli faqat ularning sirti bo'ylab taqsimlanganligi uchun ularning ichidagi (r<R) maydon kuchlanganligi doim nolga teng ($E_{ichki}=0$).
- Faqat metall shar va sferaga berilgan zaryad sirt bo'ylab tekis taqsimlanadi. Boshqa shakldagi metall jismlarda zaryad, sirt bo'ylab notekis taqsimlanadi.

84-§. Elektr maydonda o'tkazgichlar. O'tkazgich ichidagi elektr maydoni.

- Bir jinsli elektr maydoniga kiritilgan o'tkazgichning ichida elektr maydoni mavjud emas (nolga teng), uning tashqarisida mavjud (nolga teng emas).

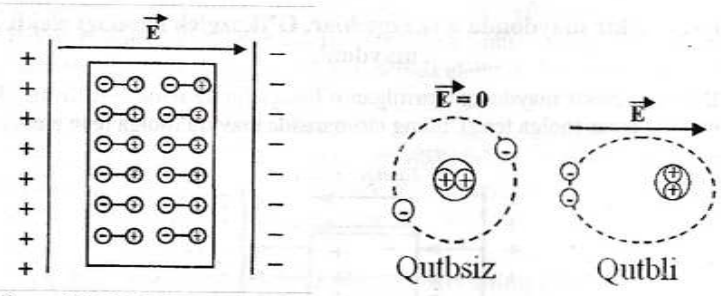


Rasm 73. Tashqi va ichki maydonlarning bir-biriga ta'siri

- Elektr zaryadlari o'tkazgichning faqat sirtida bo'ladi. Uchlik joylarida ko'p, botiq joylarida kam bo'ladi.
- Bir jinsli elektr maydoniga kiritilgan o'tkazgichning sirtida zaryadlar hosil bo'lish jarayoniga elektrostatik induksiya hodisasi deyiladi.

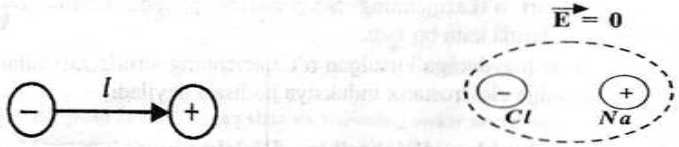
85-§. Elektr maydonidagi dielektriklar. Dielektriklarning qutblanishi

- Dielektrik elektr maydonni zaiflashtiradi.
- Maydonning vakuumdagi kuchlanganligi modulining (E_0) bir jinsli dielektrik ichida hosil qilingan maydon kuchlanganligi moduliga (E) nisbati nisbiy *dielektrik singdiruvchanlik* (ε) deyiladi: $\varepsilon = \frac{E_o}{E}$
- Agar dielektrikni elektr maydoniga kiritsak, maydon ta'sirida elektronlar faqat o'z atomi ichida siljiydi. Natijada atomning bir tomonida manfiy va qarama-qarshi tomonida musbat zaryadlar taqsimoti yuzaga keladi. Bu hol elektr maydoniga kiritilgan dielektrikning sirtlarida, ya'ni kuch chiziqlari kiradigan tomonida manfiy va kuch chiziqlari chiqadigan tomonida esa musbat zaryadlarning ajralishiga olib keladi. Bu hodisaga dielektrikning *qutblanish jarayoni* deyiladi.
- Dielektrik ichida burilgan atom va molekulalar hosil qilgan maydonning kuchlanganlik chiziqlari, asosiy maydon kuch chiziqlariga qarama-qarshi yo'nalgan. Shuning uchun dielektrik elektr maydonni susaytiradi.
- Atomidagi elektronlarining massa markazi, yadrosidagi protonlarining massa markazi bilan ustma-ust tushadigan dielektriklar, *qutbsiz dielektriklar* deyiladi. Qutbsiz dielektriklarning atom va molekulalari simmetrik tuzilishga ega. Qutbsiz dielektriklarga polietilen, inert gazlar, kislorod, azot, vodorod molekulalari kabilar misoldir.



Rasm 74. Dielektriklar elektr maydoni

- Modullari teng, ishoralari esa qarama-qarshi bo'lgan o'zaro bog'langan nuqtaviy zaryadlar sistemasiga *elektr dipoli* deyiladi.
- Dipol zaryadi (q) ning zaryadlar orasidagi masofa (l) ga ko'paytmasi *dipol momenti* deyiladi: $p = q \cdot l$



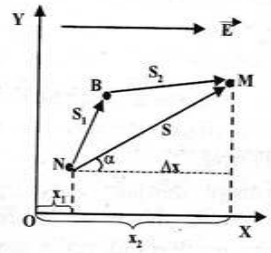
Rasm 75. Elektr dipoli

- Dipol momenti vektor kattalik bo'lib, uning yo'nalishi manfiy zaryaddan musbat zaryadga qarab yo'nalgan deb tanlab olingan. XBS da dipol momentining birligi qilib 1Debay qabul qilingan, 1Debay=$1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C·m.
- Atomidagi elektronlarining massa markazi yadrosidagi protonlarining massa markazi bilan ustma-ust tushmaydigan dielektriklar *qutbli dielektriklar* deyiladi. Osh tuzi, spirt, suv kabilar qutbli dielektriklardir. Qutbli dielektrik molekulasida elektronlar protonlarga nisbatan siljigan bo'ladi. Shu sababdan tashqi elektr maydoniga kiritilmagan qutbli dielektrik molekulasi elektr dipolini tashkil qiladi
- Elektr maydoniga kiritilgan dielektrikning qutblanishi tufayli uning ichida ichki elektr maydoni hosil bo'ladi. Bu ichki elektr maydoni dielektrik dipollarining maydonlari hisobiga yuzaga kelib, tashqi maydonga qarama-qarshi yo'nalgan bo'ladi va shu sababli tashqi maydonni zaiflashtiradi.

86-§. Elektr maydonida zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish. Potensial energiya. Potensial. Potensiallar ayirmasi

- Elektr maydonida nuqtaviy zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish:
  A=F·s·cosα= q·E·s·cosα; $A = qEd$; $d = S\cos\alpha$
  d – maydon bo'yicha zaryadning ko'chishi.

- Elektrostatik maydon *potensial maydondir*.
- Elektrostatik maydonda zaryadni yopiq kontur bo'ylab ko'chirishda bajarilgan ish doimo *nolga teng* bo'ladi.
- Bajargan ishi zaryadning harakat traektoriyasiga bog'liq bo'lmagan kuchga *konservativ kuch* deyiladi. Elektrostatik kuch ham, xuddi og'irlik, elastiklik kuchlari kabi konservativ kuch hisoblanadi.



$s \cdot \cos\alpha = x_2 - x_1 = \Delta x$; $A = qE\Delta x$

Rasm 76. Elektr maydonda zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish

- Elektr maydonning bajargan ishi hisobiga zaryadning potensial energiyasi kamayadi: $A = W_1 - W_2 = -\Delta W$
- Bajarilgan ish doim teskari ishora bilan olingan potensial energiyaning o'zgarishiga teng bo'ladi: $\Delta W_p = -qE \cdot \Delta x$
- Maydon musbat ish bajarsa, maydondagi zaryadli jismning potensial energiyasi kamayadi ($\Delta W_p < 0$). Aksincha, maydon manfiy ish bajarsa, maydondagi zaryadli jismning potensial energiyasi ortadi ($\Delta W_p > 0$).
- Ikki nuqtaviy zaryad potensial energiyasi:
  →vakuum uchun: $W_n = k \cdot \frac{q_1 q_2}{R}$; $W_n = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \cdot \frac{q_1 q_2}{R}$;
  → muhit uchun: $W_n = \frac{k}{\varepsilon} \cdot \frac{q_1 q_2}{R}$; $W_n = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_o} \cdot \frac{q_1 q_2}{R}$;
- Bir xil ishoraga ega bo'lgan o'zaro ta'sirlashuvchi zaryadlarning o'zaro ta'sir potensial energiyasi doim musbat va har xil ishorali zaryadlarning o'zaro ta'sir potensial energiyasi manfiy hisoblanadi.
- q_1 zaryadni maydon hosil qiluvchi q zaryaddan r_1 masofa uzoqlikda yotgan nuqtadan r_2 masofa uzoqlikda yotgan nuqtaga ko'chirishda elektr kuchlari bajargan ish:

$$A = q_1\left(\frac{q}{4\pi\varepsilon_o\varepsilon \cdot r_1} - \frac{q}{4\pi\varepsilon_o\varepsilon \cdot r_2}\right); \qquad A = k\frac{q \cdot q_1}{r_1} - k\frac{q \cdot q_1}{r_2}$$

- Maydonning biror nuqtasiga cheksiz uzoqlikdan kiritilgan zaryad olgan potensial energiyasining, shu zaryadning miqdoriga nisbatiga teng bo'lgan

kattalikka, maydonning shu nuqtadagi *potensiali* deyiladi. Potensial skalyar kattalikdir.

- *Potensial* - elektr maydonini energiya tomonidan tavsiflovchi kattalikdir.
- Elektrostatik maydonining biror nuqtasidagi potensiali: $\varphi = \frac{W_n}{q_o}$
- Nuqtaviy zaryadning potensiali:

→vakuum uchun: $\varphi = k \cdot \frac{q}{R}$; $\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \cdot \frac{q}{R}$;

→muhit uchun: $\varphi = \frac{k}{\varepsilon} \cdot \frac{q}{R}$; $\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_o} \cdot \frac{q}{R}$;

- Potensial energiya va ishni potensial va potensiallar farqi orqali ifodasi:

$W = q \cdot \varphi$; $A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$; $A = q\Delta\varphi$; $U = \varphi_1 - \varphi_2 = \Delta\varphi$; $A = qU$:

$\Delta\varphi$ potensiallar farqi kuchlanish U ga teng.

- **Maydonlarning superpozitsiya prinsipi natijasi**: Zaryadlar tizimining biror nuqtada hosil qilgan elektr maydonining potensiali har bir zaryadning o'sha nuqtada hosil qilgan potensiallarining algebraik yig'indisiga teng:

$$\varphi = \frac{W_{p1} + W_{p2} + \ldots\ldots + W_{pN}}{q_o} = \varphi_1 + \varphi_2 + \ldots + \varphi_N$$

- Musbat ishorali zaryadlar hosil qilgan elektr maydonining potensiali musbat, manfiy ishorali zaryadlar hosil qilgan maydonning potensiali esa manfiy ishora bilan olinadi.
- Potensiallar ayirmasi (kuchlanish): $U = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q}$; $U = E \cdot \Delta d$
- Zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish: $A = qU$; $A = q(\varphi_1 - \varphi_2)$; $A = Ed \cdot q$;
- Elektrostatik maydonda zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish zaryadning miqdori bilan zaryad ko'chgan nuqtalar orasidagi kuchlanishning ko'paytmasiga teng.
- Potensial va potensiallar ayirmasining o'lchov birligi italyan olimi Voltaning sharafiga Volt (V) deb ataladi: φ=W/q dan $1V = \frac{1J}{1C}$ ga teng.
- 1C zaryadni elektr maydonning bir nuqtasidan ikkinchi nuqtasiga ko'chirishda, 1J ish bajaradigan, nuqtalar potensiallarining ayirmasi 1V ga teng bo'ladi.
- Nuqtaviy zaryaddan har xil masofadagi potensiallar nisbati: $\frac{\varphi_2}{\varphi_1} = \frac{r_1}{r_2}$
- Ikki qarama-qarshi ishorali nuqtaviy zaryad orasidagi masofa l, bo'lsa ular orasidagi potensiali nol bo'lgan nuqta:

$$r_1 = \frac{q_1}{q_1 + q_2} \cdot l; \qquad r_2 = \frac{q_2}{q_1 + q_2} \cdot l$$

87-§. Zaryadlangan shar (sfera)ning hosil qilgan potensiali

- Agar kuzatilayotgan nuqta shar yoki sfera tashqarisida joylashgan bo'lsa (ya'ni r > R) u holda, kuzatilayotgan nuqtaning potensiali quyidagicha aniqlanadi:

$$r > R \rightarrow \varphi \neq const \rightarrow \varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_O r} = k\frac{q}{r}; \qquad \varphi = \frac{\sigma R^2}{\varepsilon_0 \varepsilon \cdot r}$$

- Aksincha r < R bo'lsa, ya'ni kuzatilayotgan nuqta shar yoki sferaning ichida joylashgan bo'lsa, u holda shar yoki sferaning istalgan ichki nuqtasidagi elektr maydon potensiali o'zgarmas qiymatga ega bo'lib, uning qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$r < R \rightarrow \varphi = const \rightarrow \varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_O R} = k\frac{q}{R}; \qquad \varphi = \frac{\sigma R}{\varepsilon_0}$$

Bu yerda R – shar yoki sfera tashqi sirtining radiusi.

- q_1 zaryadli R_1 radiusli shar q_2 zaryadli R_2 radiusli shar bilan tutashtirilgandan keyingi zaryadning qayta taqsimlanishi – q_1^1, q_2^1.

$$q_1^1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2}(q_1 + q_2); \qquad q_2^1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2}(q_1 + q_2);$$

⇒bunda sharlardagi zaryadlarning necha marta o'zgarganligini topish formulasi:

$$\frac{q_1^1}{q_1} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}(1 + \frac{q_2}{q_1}); \quad \frac{q_1^1}{q_1} = \frac{\varphi_1 R_1 + \varphi_2 R_2}{\varphi_1(R_1 + R_2)}; \quad \frac{q_2^1}{q_2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}(1 + \frac{q_1}{q_2}); \quad \frac{q_2^1}{q_2} = \frac{\varphi_1 R_1 + \varphi_2 R_2}{\varphi_2(R_1 + R_2)};$$

- q_1 zaryadli R_1 radiusli shar q_2 zaryadli R_2 radiusli shar bilan tutashtirilgandan:

⇒ $q_1 / R_1 > q_2 / R_2$ bo'lsa zaryad birinchi shardan ikkinchi sharga o'tadi.

⇒ $q_1 / R_1 < q_2 / R_2$ bo'lsa zaryad ikkinchi shardan birinchi sharga o'tadi.

⇒ $q_1 / R_1 = q_2 / R_2$ bo'lsa zaryadni sharlar bo'yicha o'tishi kuzatilmaydi.

- Zaryadlangan sharlar tutashtirilganida biridan ikkinchisiga oqib o'tgan zaryad miqdori Δq:

$$\Delta q = \frac{|R_1 q_2 - R_2 q_1|}{R_1 + R_2}; \qquad \Delta q = \frac{|\varphi_1 - \varphi_2|}{k\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)}$$

- φ_1 potensialli va R_1 radiusli shar va φ_2 potensialli va R_2 radiusli sharlar bilan tutashtirilgandagi umumiy potensial: $\varphi_{ум} = \frac{R_1\varphi_1 + R_2\varphi_2}{R_1 + R_2}$
- φ_0 potensialga ega bo'lgan n ta shar birlashishidan hosil bo'lgan bitta katta sharning potensiali: $\varphi = \sqrt[3]{n^2} \cdot \varphi_0$
- Zaryadlangan shar energiyasi:

$$W_{shar} = \frac{q\varphi}{2}; \quad W_{shar} = \frac{kq^2}{2R}; \quad W_{shar} = \frac{\varphi^2 R}{2k}; \quad W_{shar} = 2\pi\varepsilon_0 R\varphi^2$$

- Zaryadlangan sharlar o'zaro tekkizilib yana oldingi joylariga

qaytarildi, bunda zaryadlarning o'zaro potensial energiyasining o'zgarishi:

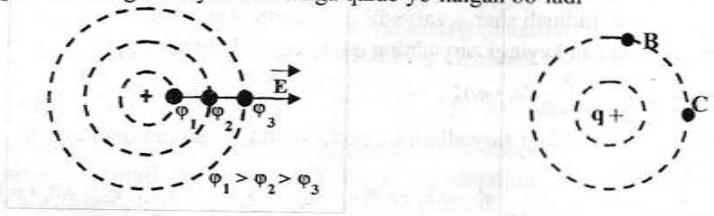
$$\frac{W_2}{W_1}=\frac{(q_1+q_2)^2}{4q_1q_2}$$

88-§. Potensiallar ayirmasi va kuchlanganlik orasidagi bog'liqlik

- Potensiallar ayirmasi bilan kuchlanganlik orasidagi bog'lanish yoki bir jinsli elektrostatik maydonning kuchlanganligi:

$$E=Const;\quad E=\frac{\varphi_1-\varphi_2}{d};\quad E=\frac{U}{d};\quad E=\frac{\varphi_1-\varphi_2}{\Delta x};\quad E=-\frac{\varphi_2-\varphi_1}{\Delta x};$$

- Elektrostatik maydon *kuchlanganligi* potensialning birlik masofadagi kamayishiga teng bo'lgan kattalik bo'lib, uning yo'nalishi doim potensialning kamayish tomoniga qarab yo'nalgan bo'ladi



Rasm 77. a)Nuqtaviy zaryaddan har xil masofadagi potensiallar; b)Ekvipotensial sirt

- Potensiallari o'zaro teng bo'lgan ($\varphi = const$) nuqtalarning geometrik o'rniga ekvipotensial (teng potensialli) sirt deyiladi. Zaryadni ekvipotensial sirt bo'ylab ko'chirishda bajarilgan ish nolga teng: Zaryadni B nuqtasidan C nuqtasiga ko'chirishda elektrostatik maydonning bajargan ishi: $A=q_1(\varphi_B-\varphi_c)=0 \rightarrow \varphi_B=\varphi_C$;
- Kuchlanganlik chiziqlari doim ekvipotensial sirtga tik yo'nalgan bo'ladi.
- Elektrostatik maydondagi har qanday o'tkazgichning sirti ekvipotensial sirtdan iborat bo'ladi. Chunki maydonning kuch chiziqlari doim o'tkazgichning sirtiga perpendikulyardir.
- Nuqtaviy zaryadning ekvipotensial sirti sferadan iborat.
- Zaryadlangan tekislikning ekvipotensial sirti yassi tekislikdan iborat.
- Elektr maydon kuchlanganlik vektori ekvipotensial sirtga perpendikulyar joylashadi.
- Musbat zaryad, potensiali katta nuqtadan potensiali kichik nuqta tomon harakat qiladi

89-§. O'tkazgichning elektr sig'imi

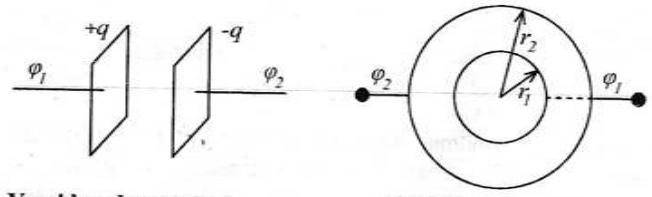
- O'tkazgichning o'zida zaryad to'plash qobiliyatini xarakterlovchi fizik kattalik o'tkazgichning *elektr sig'imi* deb ataladi.
- Agar o'tkazgich, atrofdagi jismlar bilan o'zaro zaryad almashmasa, hamda atrofdagi jismlar bilan o'zaro elektr ta'sirida bo'lmasa, bunday o'tkazgich *yakkalangan o'tkazgich* deyiladi.
- Yakkalangan o'tkazgichning potensialini bir potensial birligiga oshirish uchun, unga berilishi kerak bo'lgan zaryad miqdoriga son jihatidan teng bo'lgan fizik kattalikka *elektr sig'imi* deyiladi.

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

- XBS da elektr sig'imining birligi Farad (F). 1F=1C/1V. Elektr potensialni 1 V ga oshirish uchun 1C zaryad qabul qiladigan yakkalangan o'tkazgichning elektr sig'imi 1 F ga teng.
- Izolyatsiyalangan shar elektr sig'imi: $C=4\pi\varepsilon_o R$; $C=\frac{q}{\varphi-\varphi_0}$; $C=\frac{R}{k}$;
- Yakkalangan muhitdagi sharni elektr sig'imi: $C=4\pi\varepsilon\varepsilon_o R$; $C=\frac{\varepsilon R}{k}$;

90-§. Kondensator. Kondensatorning elektr sig'imi

- Ikkita o'tkazgichdan iborat bo'lgan tizimning elektr sig'imi bitta o'tkazgichning sig'imidan juda katta bo'ladi. Bir-biridan dielektrik bilan ajratilgan ikkita o'tkazgichdan iborat bo'lgan har qanday tizim *kondensator* deyiladi. Kondensatorning yakkalangan o'tkazgichlardan asosiy farqi shundaki, uning o'lchamlari juda kichik bo'lsa ham, sig'imi juda katta bo'ladi.
- Kondensatorni hosil qilgan o'tkazgichlar *kondensatorning qoplamalari* deyiladi.



Yassi kondensator **Sferik kondensator**

Rasm 78. Kondensatorlar

- Qoplamalari ikkita parallel yassi tekislikdan iborat bo'lgan kondensatorga *yassi kondensator* deyiladi. Yassi kondensatorning elektr sig'imi, kondensator qoplamalaridan biridagi zaryad miqdorining qoplamalar orasidagi potensiallar ayirmasiga nisbati bilan aniqlanadi: $C=\frac{q}{\varphi_1-\varphi_2}$; $C=\frac{\varepsilon_o\varepsilon\cdot S}{d}$

- Qoplamalari, har xil radiusli ikkita sferik sirtdan iborat bo'lgan kondensator, *sferik kondensator* deyiladi. Sferalar orasidagi elektr maydonini r_1 radiusli sferaning zaryadi hosil qiladi:

$$C=\frac{4\pi\varepsilon_o\cdot r_1\cdot r_2}{r_2-r_1};\quad C=\frac{4\pi\varepsilon_o\varepsilon\cdot r_1\cdot r_2}{r_2-r_1}$$

- Yassi kondensator qoplamalari orasidagi potensiallar farqi, yoki kuchlanish:

$$U=\frac{q}{C};\qquad U=\frac{qd}{\varepsilon_0\varepsilon S};\qquad U=\frac{\sigma d}{\varepsilon_0\varepsilon};\qquad U=Ed;$$

- Yassi kondensator qoplamalari orasidagi elektr maydon kuchlanganligi:

$$E=\frac{q}{\varepsilon_0\varepsilon\cdot S};\qquad E=\frac{U}{d};\qquad E=\frac{\sigma}{\varepsilon_0\varepsilon};$$

- Yassi kondensator zaryadi:

$$q=CU;\qquad q=\frac{\varepsilon_0\varepsilon SU}{d};\qquad q=\sigma S;$$

- Zaryadlangan (yoki doimiy kuchlanish manbaiga ulangan) yassi kondensator plastinkalari orasidan uchib o'tayotgan, zaryadlangan zarraning traektoriyasi paraboladan iborat bo'ladi.
- Silindrik kondensatorning elektr sig'imi: $C=\dfrac{2\pi\varepsilon\varepsilon_o L}{\ln\dfrac{R_2}{R_1}}$
- Katta miqdordagi elektr zaryadlarni to'play oladigan asboblarga elektrofor mashina va galvanik element kiradi.

91-§. Kondensatorlarni parallel va ketma-ket ulash

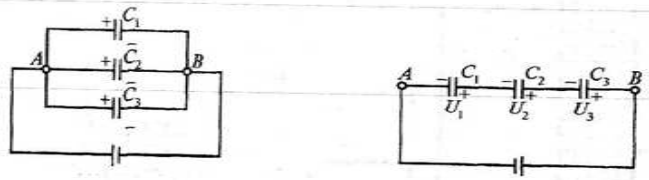
- Kondensatorlar parallel va ketma-ket ulanganda ularning umumiy sig'imi o'zgaradi.

1. Kondensatorlarni parallel ulash.

- Agar bir qurilmaning ikki uchi, ikkinchi qurilmaning ikki uchiga mos ravishda ulangan bo'lsa, *parallel ulash* deyiladi.

$$q=q_1+q_2+...+q_n;\quad q=C_{um}\cdot\Delta\varphi;\quad C_{um}=\tilde{N}_1+\tilde{N}_2+...+\tilde{N}_n;\quad C_{um}=n\cdot c$$

$\Rightarrow$ Agar $C_1=C_2=C_3=C_0$ bo'lsa, $C_{um}=3C_0$ bo'ladi



a) *b)*

Rasm 79. Kondensatorlarni parallel (*a*) va ketma-ket ulash (*b*)

- Parallel ulangan kondensatorlar batareyasining umumiy sig'imi, kondensatorlar sig'imlarining algebraik yig'indisiga teng. Kondensatorlar parallel ulanganda umumiy sig'im oshadi.

2. Kondensatorlarni ketma-ket ulash.

- Agar bir qurilmaning bir uchi, ikkinchi qurilmaning bir uchiga ulangan bo'lib, qolgan uchlari ulanmasa, *ketma-ket ulash* deyiladi.

$$\Delta\varphi_{umum}=\Delta\varphi_1+\Delta\varphi_2+...+\Delta\varphi_n;\qquad q=q_1=q_2=...=q_n;$$

$$\frac{1}{C_{umum}}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+...+\frac{1}{C_n};\qquad C_{umum}=\frac{C}{n};\qquad C_{umum}=\frac{C_1\cdot C_2}{C_1+C_2};$$

$$U_1:U_2:U_3=\frac{1}{C_1}:\frac{1}{C_2}:\frac{1}{C_3};$$

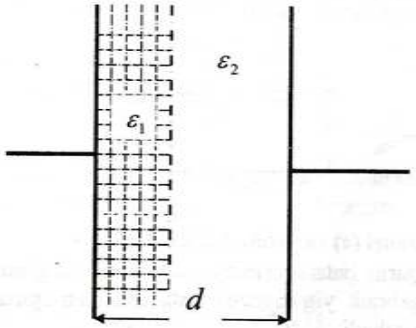
- Ketma-ket ulangan ikkita kondensator uchun kuchlanishni taqsimlanishi:

$$U_1=\frac{C_2}{C_1+C_2}U_0;\qquad U_2=\frac{C_1}{C_1+C_2}U_0;$$

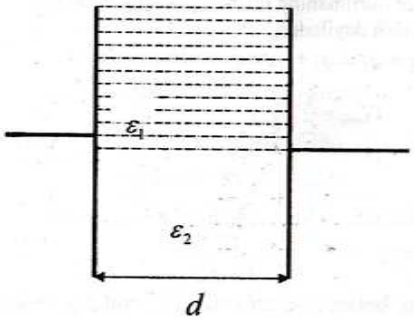
- Ketma-ket ulangan kondensatorlar batareyasi umumiy sig'imining teskari qiymati, ulangan kondensatorlar sig'imlari teskari qiymatlarining yig'indisiga teng. Kondensatorlar ketma-ket ulanganda kondensatorlar batareyasining umumiy sig'imi kamayadi. Kondensatorlar batareyasining umumiy sig'imi, batareya tizimiga kiruvchi sig'imi eng kichik bo'lgan kondensator sig'imidan ham kichik bo'ladi.
- Kondensatorlar zaryadlari nisbati: $q_1:q_2:q_3=C_1:C_2:C_3$

- U_1 kuchlanishgacha zaryadlangan C_1 sig'imli kondensator U_2 kuchlanishgacha zaryadlangan C_2 sig'imli kondensator bilan tutashtirilganda kondensatorda hosil bo'luvchi umumiy kuchlanish: $U_{um} = \frac{C_1U_1 + C_2U_2}{C_1 + C_2}$
- Zaryadi q_1 sig'imi C_1 bo'lgan kondensator, zaryadi q_2 sig'imi C_2 bo'lgan kondensator bilan tutashtirilgandan keyin kondensatorlarda zaryadning qayta taqsimlanishi:

$$q_1^1 = \frac{C_1}{C_1 + C_2}(q_1 + q_2); \qquad q_2^1 = \frac{C_2}{C_1 + C_2}(q_1 + q_2);$$



$$C = \frac{2\varepsilon_1\varepsilon_2\varepsilon_0 S}{(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)\cdot d}$$



$$C = \frac{(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)\cdot \varepsilon_0 S}{2d}$$

Rasm 80. Yassi kondensator qoplamalari orasidagi fazoning yarmi ε_1 qolgan yarmi ε_2 dielektrik bilan to'ldirilgan bo'lsa, uning sig'imi.

Qutblari mos holda ulangan kondensatorlar

Kondensatorlarning bir-biriga ulanmagan holdagi zaryadlari q_1 va q_2, sig'imlari C_1 va C_2, kuchlanishlari U_1 va U_2 bo'lsin:

- Kondensatorlar mos qutblari bilan ulangandagi natijaviy zaryad:

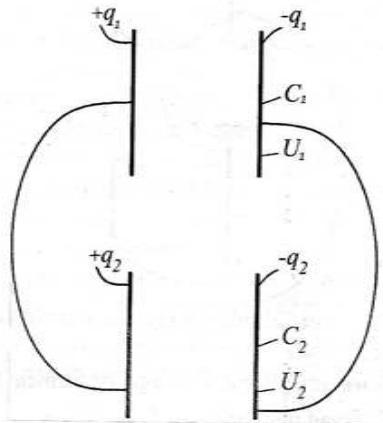
$$q = q_1 + q_2; \qquad q = C_1U_1 + C_2U_2$$

- $U_1 > U_2 \Rightarrow \frac{q_1}{C_1} > \frac{q_2}{C_2}$ hol uchun, kondensatorlar mos qutblari bilan ulanganda birinchi kondensatordan ikkinchisiga o'tgan zaryad miqdori:

$$\Delta q = \frac{q_1 \cdot C_2 - q_2 \cdot C_1}{C_1 + C_2}$$

- $U_1 < U_2 \Rightarrow \frac{q_1}{C_1} < \frac{q_2}{C_2}$ hol uchun, kondensatorlar mos qutblari bilan ulanganda ikkinchi kondensatordan birinchisiga o'tgan zaryad miqdori:

$$\Delta q = \frac{q_2 \cdot C_1 - q_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$



- Kondensatorlar mos qutblari bilan ulanganda, kuchlanishi katta bo'lgan kondensatordan kuchlanishi kichik bo'lgan kondensatorga zaryad kuchlanishlar teng bo'lguncha o'tadi.
- Kondensatorlar mos qutblari bilan ulangandagi zaryadning qayta taqsimlanishi:

$$q_2' = \frac{C_2(q_1 + q_2)}{C_1 + C_2}; \qquad q_1' = \frac{C_1(q_1 + q_2)}{C_1 + C_2}$$

- Kondensatorlar mos qutblari bilan ulangandagi natijaviy kuchlanish:

$$U = \frac{C_1U_1 + C_2U_2}{C_1 + C_2}; \qquad U = \frac{q_1 + q_2}{C_1 + C_2}$$

- Kondensatorlar bir-biriga ulangunga qadar, ularning umumiy elektr maydon energiyasi:

$$W_0 = \frac{C_1U_1^2 + C_2U_2^2}{2}; \quad W_0 = \frac{q_1U_1 + q_2U_2}{2}; \quad W_0 = \frac{q_1^2}{2C_1} + \frac{q_2^2}{2C_2}$$

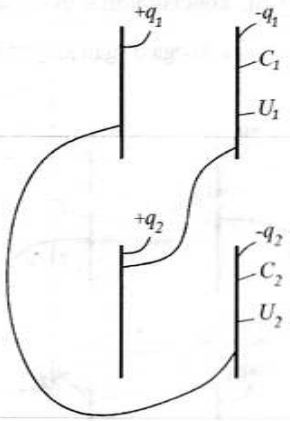
- Kondensatorlar bir-biriga mos qutblari bilan ulanganda, ularning umumiy elektr maydon energiyasi:

$$W=\frac{(C_1+C_2)U^2}{2};\quad W=\frac{(q_1+q_2)U}{2};\quad W=\frac{(q_1+q_2)^2}{2(C_1+C_2)}$$

- Kondensatorlar bir-biriga mos qutblari bilan ulanganda, ajralgan issiqlik miqdori (kamaygan energiya miqdori): $Q=W_0-W$

Teskari qutblari bilan ulangan kondensatorlar

Kondensatorlarning bir-biriga ulanmagan holdagi zaryadlari q_1 va q_2 $(q_1>q_2)$, sig'imlari C_1 va C_2, kuchlanishlari U_1 va U_2 bo'lsin:



- Kondensatorlar teskari qutblari bilan ulangandagi natijaviy zaryad:

$$q=q_1-q_2;\qquad q=C_1U_1-C_2U_2$$

- Kondensatorlar teskari qutblari bilan ulanganda birinchi kondensatordan ikkinchisiga o'tgan zaryad miqdori: $\Delta q=\frac{q_1\cdot C_2+q_2\cdot C_1}{C_1+C_2}$
- Kondensatorlar teskari qutblari bilan ulangandagi zaryadning qayta taqsimlanishi:

$$q_2'=\frac{C_2(q_1-q_2)}{C_1+C_2};\qquad q_1'=\frac{C_1(q_1-q_2)}{C_1+C_2}$$

- Kondensatorlar teskari qutblari bilan ulangandagi natijaviy kuchlanish:

$$U=\frac{C_1U_1-C_2U_2}{C_1+C_2};\qquad U=\frac{q_1-q_2}{C_1+C_2}$$

- Kondensatorlar bir-biriga ulangunga qadar, ularning umumiy elektr maydon energiyasi:

$$W_0=\frac{C_1U_1^2+C_2U_2^2}{2};\quad W_0=\frac{q_1U_1+q_2U_2}{2};\quad W_0=\frac{q_1^2}{2C_1}+\frac{q_2^2}{2C_2}$$

- Kondensatorlar bir-biriga teskari qutblari bilan ulanganda, ularning umumiy elektr maydon energiyasi:

$$W=\frac{(C_1+C_2)U^2}{2};\quad W=\frac{(q_1-q_2)U}{2};\quad W=\frac{(q_1-q_2)^2}{2(C_1+C_2)}$$

- Kondensatorlar bir-biriga teskari qutblari bilan ulanganda, ajralgan issiqlik miqdori (kamaygan energiya miqdori): $Q=W_0-W$

92-§. Elektr maydon energiyasi

- Kondensator qoplamalaridagi elektrostatik maydon energiyasi:

$$W_e=\frac{\tilde{N}U^2}{2};\quad W_e=\frac{q^2}{2C};\quad W_e=\frac{1}{2}QU;\quad W_e=\frac{\tilde{N}(\varphi_1-\varphi_2)^2}{2};\quad W_e=\frac{1}{2}q(\varphi_1-\varphi_2);$$

$$W_e=\frac{q^2d}{2\varepsilon\varepsilon_0S};\quad W_e=\frac{\varepsilon\varepsilon_0SU^2}{2d};\quad W_e=\frac{\varepsilon\varepsilon_0Sd}{2}E^2;\quad W_e=\frac{\varepsilon\varepsilon_0V}{2}E^2$$

- Elektrostatik maydon energiya zichligi: $\omega_e=\frac{W_e}{V}$; $\omega_e=\frac{\varepsilon\varepsilon_0E^2}{2}$; $\omega_e=\frac{ED}{2}$;

  $D=\varepsilon\varepsilon_0E$; D- elektrostatik maydon induksiyasi
- Elektr maydon energiyasining zichligi maydon tarqalgan dielektrikning dielektrik singdiruvchanligi bilan maydon kuchlanganligi kvadratining ko'paytmasiga to'g'ri proporsional.
- Agar elektr maydon bir jinsli bo'lsa, energiyaning hajmiy zichligi maydonning hamma nuqtalarida bir xilda bo'ladi.
- Elektr maydon deyarli butunlay kondensator ichida to'plangan bo'ladi. Ikkita konsentrik sferadan iborat bo'lgan sferik kondensatorda butun maydon qoplamalar orasida to'plangan bo'ladi.
- Kondensatorning asosiy xossalari:

  1. Har bir kondensator nafaqat o'zida zaryad to'plash xususiyatiga, shuningdek ular energiya to'plash xususiyatiga ham ega.

  2. Bu energiyani kondensatorda uzoq vaqt davomida saqlab bo'lmaydi. Chunki kondensator zaryadini vaqt o'tishi bilan uni o'rab turgan atrof muhitga uzatadi.

  3. Kondensator elektr qarshiligi kichik bo'lgan zanjir orqali zaryadsizlanganda, o'z energiyasini deyarli bir zumda beradi.

93-§. Elektr toki. Elektr tokining mavjud bo'lish shartlari. Tok kuchi va tok zichligi

- Zaryadli zarralarning harakati bilan bog'liq bo'lgan hodisa va jarayonlarni o'rganadigan fizikaning bo'limi *elektrodinamika* deyiladi.
- Zaryadli zarralarning tartibli harakatiga *elektr toki* deb ataladi. Elektr toki erkin harakatlana oladigan elektronlar yoki ionlarning tartibli ko'chishidan paydo bo'ladi.
- Elektr toki yo'nalishi sifatida musbat zaryadli zarralar harakatining yo'nalishi qabul qilingan. Agar tokni manfiy zaryadli zarralar (masalan, metallarda elektronlar) hosil qilayotgan bo'lsa, elektr toki zarralar harakatining yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalgan bo'ladi.
- Elektr toki mavjud bo'lish shartlari:

  1. O'tkazgichda erkin zaryadli zarralarning mavjud bo'lishi;

  2. Zaryadli zarralarni tartibli harakatga keltirish va bu harakatni to'xtatmay turish uchun bu zarralarga ma'lum bir yo'nalishda ta'sir qilib turadigan kuch bo'lishi zarur yoki o'tkazgich uchlarida noldan farqli potensiallar ayirmasi bo'lishi zarur;

  3. Elektr zanjiri yopiq bo'lishi kerak.
- Elektr tokining asosiy belgisi-harakatdagi zaryadli zarralar tufayli paydo bo'luvchi *magnit maydonning* mavjudligidir.
- **Tokning asosiy uch xil ta'siri**: Issiqlik, kimyoviy, optik, magnetik. Magnetik ta'sir eng asosiy ta'sir hisoblanadi.
- O'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasidan vaqt birligi ichida oqib o'tgan zaryad miqdoriga son jihatidan teng bo'lgan skalyar kattalikka *tok kuchi* deyiladi.
- XBSda tok kuchining birligi sifatida, fransuz fizigi Amper sharafiga, ***Amper* (A)** qabul qilingan. Tok kuchining birligi Amper asosiy fizik kattaliklar qatoriga kirib, bu birlik toklarning o'zaro magnit ta'siri asosida aniqlanadi.
- Tok kuchi *ampermetr* yordamida o'lchanadi.
- Agar tok kuchining moduli va yo'nalishi vaqt o'tishi bilan o'zgarmasa, bunday tok *o'zgarmas elektr toki* deyiladi.
- Metall o'tkazgichlarda elektr tokini *elektronlarning*, ya'ni manfiy ishorali zaryadlarning tartibli harakati yuzaga keltiradi.
- Suyuqliklarda yoki elektrolitlarda tok tashuvchilar vazifasini *musbat va manfiy* ionlar bajaradi.
- Elektronlarning harakat yo'nalishi, tokning yo'nalishiga qarama-qarshi yo'nalgan bo'ladi.
- Tok kuchi tokni hosil qilayotgan zaryadli zarralarning zaryad miqdori, kontsentratsiyasi, ko'ndalang kesim yuzi va o'rtacha tartibli harakat tezligining ko'paytmasiga teng.

- O'tkazgichning birlik ko'ndalang kesim yuzidan o'tayotgan tok kuchiga son jihatidan teng bo'lgan fizik kattalik *tok zichligi* deyiladi. Tok zichligi [A/m^2] da o'lchanadi. Tok zichligi vektor kattalik bo'lib, tok yo'nalishi bo'ylab yo'nalgan.
- Tok kuchini topish formulalari:

$$I = q/t;\quad I = \Delta q/\Delta t;\quad I = qns\vartheta;\ I = U/R;\quad I = \frac{US}{\rho l};\quad I = \frac{ES}{\rho};\quad I = j\cdot s$$

- Tok zichligni topish formulalari:

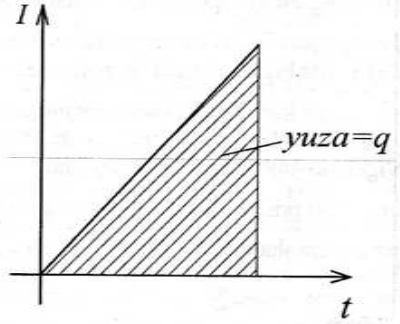
$$j = I/S;\quad j = qn\vartheta;\quad j = \frac{U}{\rho\cdot l};\quad j = \frac{E}{\rho};$$

- Zaryadning tartibli harakat tezligi:

$$\vartheta = \frac{j}{qn};\qquad \vartheta = \frac{I}{qnS};\qquad \vartheta = \frac{U}{en\rho l}$$

e – elektron zaryadi, n – zaryad kontsentratsiyasi,
ϑ – zaryadning tartibli harakat tezligi.

- Metallarda elektronlarning tartibli harakat tezligi: $\vartheta < 1mm/c$
- t – vaqt ichida o'tkazgichning ko'ndalang kesim yuzasidan o'tgan elektronlar soni: $N = \frac{I\cdot t}{e};\qquad N = \frac{q}{e}$



Rasm 81. Tok kuchining vaqtga bog'liqlik grafigidan hosil bo'lgan yuza miqdor jihatidan zaryadga teng.

94-§. Zanjirning bir qismi uchun Om qonuni

- Metall *o'tkazgichlardagi qarshilik* metaldagi erkin elektronlarning kristall panjara tugunlaridagi ionlar bilan to'qnashishi natijasida yuzaga keladi.
- **Zanjirning bir qismi uchun Om qonuni:** zanjirning bir qismidan o'tayotgan tok kuchi uning uchlaridagi kuchlanishga to'g'ri, shu qismning qarshiligiga esa teskari proporsional: $I = \frac{U}{R};\qquad R = \frac{U}{I};\qquad U = I\cdot R$

Rasm 82. Zanjirni bir qismi uchun Om qonuni

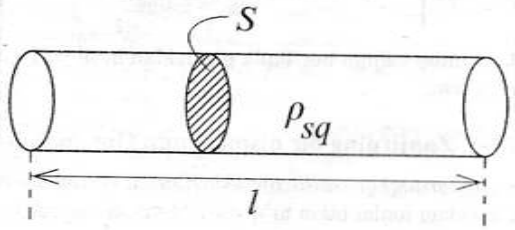
- Zanjirga ulangan o'tkazgichning elektr qarshiligi uning uchlaridagi kuchlanishga ham, undan o'tayotgan tok kuchiga ham bog'liq emas.
- O'tkazgichdagi kuchlanish uning uchlaridagi potensiallar farqiga teng:

$$U=\varphi_1-\varphi_2; \qquad U=I\cdot R$$

- XBSda o'tkazgichning elektr qarshiligi nemis olimi Georg Om sharafiga ***Om*** da o'lchash qabul qilingan: O'tkazgich uchlariga 1V kuchlanish berilganda, 1A o'zgarmas tok o'tadigan o'tkazgichning qarshiligi 1 Om ga teng bo'ladi. O'tkazgichning elektr qarshiligi ommetr yordamida o'lchanadi.

95-§. O'tkazgichning elektr qarshiligi. Solishtirma qarshilik

- Metall *o'tkazgichlardagi qarshilik* metaldagi erkin elektronlarning kristall panjara tugunlaridagi ionlar bilan to'qnashishi natijasida yuzaga keladi.
- Zanjir orqali o'tayotgan tok kuchini boshqarish uchun ishlatiladigan aniq qarshilikka ega bo'lgan asboblar *rezistorlar* deyiladi. O'zgaruvchan qarshilikka ega bo'lgan rezistorlar *reostatlar* deyiladi.
- Bir jinsli silindrsimon yoki prizma shaklidagi o'tkazgichning elektr qarshiligi (o'zgarmas temperatura sharoitida): $R=\rho_{sq}\cdot\frac{l}{S}$; $R=\rho_{sq}\cdot\rho_{zich}\frac{l^2}{m}$;



- $R=\frac{\rho_{sq}}{\rho_{zich}}\cdot\frac{m}{S^2}$; ρ_{zich} – zichlik; ρ_{sq} – solishtirma qarshilik
- Silindr shaklidagi o'tkazgichning zichligi: $\rho_{zich}=\frac{\rho_{sol}\cdot m}{R_{qarsh}\cdot S^2}$, ρ_{sol} -solishtirma qarshilik; R_{qarsh} - elektr qarshilik.
- **Solishtirma qarshilik ta'riflari:**

1. Ko'ndalang kesim yuzasi $1m^2$ va uzunligi 1m bo'lgan o'tkazgich qarshiligi solishtirma qarshilik deyiladi.
2. Solishtirma qarshilikning son qiymati, qirrasi 1m bo'lgan kub shaklidagi o'tkazgichning, tok ikkita kubning qarama-qarshi yog'iga o'tkazilgan normal bo'ylab o'tayotgan holdagi qarshiligiga teng.
3. $1\frac{\Omega\cdot mm^2}{m}$ bo'yicha ta'rifi: Solishtirma qarshilik-kesim yuzasi $1mm^2$ va uzunligi 1m bo'lgan o'tkazgich qarshiligiga teng.

- XBSda solishtirma qarshilikning o'lchov birligi Om·m yoki $1\frac{\Omega\cdot mm^2}{m}$:

$$1\frac{\Omega\cdot mm^2}{m}=10^{-6}\ \Omega\cdot m$$

- Qarshiligi 1Ω, uzunligi 1 m va ko'ndalang kesim yuzasi 1 m^2 bo'lgan silindr shaklidagi o'tkazgichning solishtirma qarshiligi 1 Ω·m ga teng.
- Solishtirma qarshilik o'tkazgichning materialiga va haroratiga bog'liq.
- XBSda o'tkazgichning elektr qarshiligi nemis olimi Georg Om sharafiga ***Om*** da o'lchash qabul qilingan: O'tkazgich uchlariga 1V kuchlanish berilganda, 1A o'zgarmas tok o'tadigan o'tkazgichning qarshiligi 1 Om ga teng bo'ladi. O'tkazgichning elektr qarshiligi ommetr yordamida o'lchanadi.
- O'tkazgich qarshiligini temperaturaga bog'liqligi:

$$R=R_0(1+\alpha\cdot t); \qquad \rho=\rho_0(1+\alpha\cdot t);$$

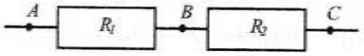
α- qarshi**likning termik koeffitsiyenti** Bu koeffitsiyent modda qarshiligining temperaturaga bog'liqligini bildiradi.

- Qarshilikning termik koeffitsiyenti tekshirilayotgan o'tkazgichni 1K (yoki 1°C) ga isitilgandagi qarshilikning nisbiy o'zgarishiga teng. Hamma metallar uchun α>0 bo'lib, sof metallarda $\alpha\approx\frac{1}{273}$ K^{-1} ni tashkil etadi.
- O'tkazgich qarshiligining temperaturaga bog'liqligidan amalda temperaturani o'lchashda foydalaniladi. Temperatura o'zgarishi bilan qarshiligi o'zgaradigan asboblar yaratilgan bo'lib, ularga qarshilik termometri deyiladi. Qarshilik termometri temperaturani yuzdan bir gradus aniqlikda o'lchash imkoniyatiga ega. Shuningdek, qarshilik termometrlarining o'lchash chegaralari suyuqlik termometrlariga nisbatan ancha yuqoridir.
- **O'ta-o'tkazuvchanlik:** Temperatura juda past bo'lganda (0.....10 K) o'tkazgich qarshiligining juda pasayib 0 ga teng bo'lib qolishiga o'ta-o'tkazuvchanlik deyiladi. Bu hodisani birinchi bo'lib golland fizigi Kammerling-Onnes kashf etgan.

96-§. O'tkazgichlarni ketma-ket va parallel ulash

O'tkazgichlarni ketma-ket ulash

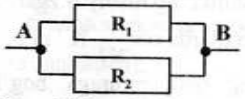
- O'tkazgichlar ketma-ket ulanganda birining oxiri ikkinchisining boshiga, ikkinchisining oxiri uchinchisining boshiga kabi tartibda ulanadi.



Rasm 83. O'tkazgichlarni ketma-ket ulash

- O'tkazgichlardagi tok kuchi bir xil bo'ladi: $I_1 = I_2 = I$;
  $I = I_1 = I_2 = I_3 = I_n = Const$;
- Ularning umumiy qarshiligi ortadi:
  $R = R_1 + R_2$; $R = R_1 + R_2 + ... + R_n$; $R_y = nR$;
- O'tkazgichlardagi kuchlanishlar yig'indisi zanjirdagi umumiy kuchlanishga teng bo'ladi: $U_{AC} = U_{AB} + U_{BC}$; $U_{AB} = I \cdot R_1$ va $U_{BC} = I \cdot R_2$;
  $\frac{U_{AB}}{U_{BC}} = \frac{R_1}{R_2}$; $U_{AC} = I \cdot R_1 + I \cdot R_2$; $U_{AC} = I \cdot R$
  $U = U_1 + U_2 + ... + U_n$; $Q = Q_1 = Q_2 = ... = Q_n$; $A = A_1 + A_2 + ... + A_n$;
- Ketma-ket ulangan o'tkazgichda kuchlanish taqsimlanishi:
  $U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot U_{um}$; $U_1 = U_{um} - U_2$; $U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U_{um}$; $U_2 = U_{um} - U_1$
- Ketma-ket ulangan o'tkazgichlardan tuzilgan zanjirning umumiy elektr qarshiligi alohida o'tkazgichlar qarshiliklarining algebraik yig'indisiga teng.

O'tkazgichlarni parallel ulash.



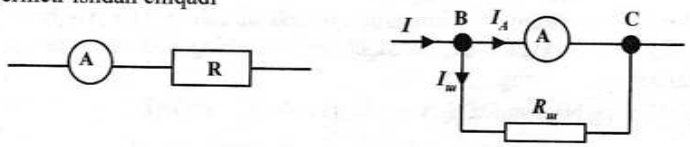
Rasm 84. O'tkazgichlarni parallel ulash

- O'tkazgichdagi tok kuchlarining yig'indisi zanjirdagi umumiy tok kuchiga teng bo'ladi: $I = I_1 + I_2$; $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$;
- O'tkazgichlarda kuchlanishlar bir xil bo'ladi: $U = U_1 = U_2$ yoki
  $I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2$
- Ularning umumiy qarshiligi kamayadi:
  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$; $\frac{1}{R_y} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + ... + \frac{1}{R_n}$; $I = \frac{U}{R}$; $I_1 = \frac{U}{R_1}$; $I_2 = \frac{U}{R_2}$;
  $U = U_1 = U_2 = U_3 = ... = U_n$; $I = I_1 + I_2 + I_3 + ... + I_n$; $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + ... + Q_n$;
  $R_y = R/n$;

- Parallel ulangan o'tkazgichlar zanjirini umumiy qarshiligining teskari qiymati, ulangan o'tkazgichlar qarshiliklari teskari qiymatlarining yig'indisiga teng bo'ladi. O'tkazgichlar parallel ulanganda zanjirning umumiy elektr qarshiligi kamayib, zanjir orqali ko'prok tok oqib o'tadi.
- R_0 qarshilikka ega bo'lgan o'tkazgichning n ta bir xil bo'lakka bo'lganda bitta bo'lagining qarshiligi n marta kamayadi: $R = \frac{R_0}{n}$
- R_0 qarshilikka ega bo'lgan o'tkazgichning n ta bir xil bo'lakka bo'lib ularni parallel ulaganda uning qarshiligi n^2 marta kamayadi:
  $R = \frac{R_0}{n^2}$; $n = \sqrt{\frac{R_0}{R}}$; $R_0 = n^2 R$
- Simni cho'zib uzunligini n marta oshirsak uning uzunligi n marta ortganligi va ko'ndalang kesim yuzi n marta kamayganligi uchun, qarshiligi n^2 marta ortadi: $R = n^2 R_0$

97-§. Ampermetr va voltmetrga qo'shimcha qarshilik (shunt) ulash

- O'tkazgich orqali o'tayotgan tokni aniqlashda ishlatiladigan asbob *ampermetr* deyiladi. *Ampermetr* o'tkazgichga ketma-ket ulanadi.
- Real ampermetr elektr qarshiligiga ega bo'lganligi sababli, u ketma-ket ulangan o'tkazgichdan oqayotgan tok kuchining qiymatini kamaytiradi.
- Ampermetrning elektr qarshiligi uning *ichki qarshiligi* deb ataladi.
- Zanjirdagi tok kuchiga ampermetrning ta'sirini kamaytirish maqsadida uning ichki qarshiligi juda kichik qilib tanlanadi.
- Ampermetrni ichki qarshiligi juda kichik bo'lganligi uchun tok manbaiga to'g'ridan to'g'ri ulash mumkin emas, aks holda qisqa tutashuv yuz berib ampermetr ishdan chiqadi



Rasm 85. Ampermetrga shunt ulash

- Ampermetr o'lchay oladigan eng katta tok kuchi miqdoriga ampermetrning *o'lchash chegarasi* deyiladi.
- Ampermetrning o'lchash chegarasini oshirish maqsadida unga parallel ulangan qo'shimcha qarshilikka *shunt* deyiladi:
  $I - I_A = (n-1)I_A$ $I_A = \frac{I}{n}$; $I = I_A + I_{sh}$; $(n-1)\frac{U}{R_A} = \frac{U}{R_{sh}}$;
  $R_{sh} = \frac{R_A}{n-1}$; $I = \left(\frac{R_A}{R_{sh}} + 1\right) \cdot I_A$; $n = \frac{R_A}{R_{sh}} + 1$;

- O'lchash chegarasidan n marta katta bo'lgan tok kuchini o'lchash uchun, ampermetrga parallel ulangan shuntning qarshiligi ampermetr ichki qarshiligidan (n-1) marta kichik bo'lishi kerak.
- O'tkazgich uchlaridagi kuchlanish tushuvini aniqlash uchun unga voltmetr parallel ulanadi. O'tkazgich uchlaridagi kuchlanishning tushishiga voltmetr-ning ta'sirini kamaytirish uchun uning ichki qarshiligi juda katta qilib tanlanadi.
- Voltmetrning ichki qarshiligi juda katta bo'lganligi sababli uni tok manbaiga to'g'ridan-to'g'ri ulash mumkin.

Rasm 86. Voltmetrga shunt ulash

- Voltmetrning o'lchash chegarasini oshirish maqsadida unga ketma-ket ulangan qarshilikka *shunt* deb ataladi:

$$U = nU_V = U_{sh} + U_V\ ; \qquad I = I_{sh} = I_V; \qquad R_{sh} = (n-1)R_V$$

$$n = \frac{R_{sh}}{R_V} + 1; \qquad R_{sh} = R_V \cdot \left(\frac{U_{tar}}{U_V} - 1\right); \qquad U_{tar} = \left(\frac{U_{sh}}{U_V} + 1\right) \cdot U$$

- Voltmetr o'lchash chegarasidagi kuchlanishdan n marta ortiq kuchlanishni o'lchash uchun unga ketma-ket ulanadigan shuntning qarshiligi voltmetrning ichki qarshiligidan (n-1) marta katta bo'lishi kerak.

98-§. Elektr tokining ishi va quvvati. Joul-Lens qonuni

- **Joul-Lens qonuni:** Zanjirning bir qismida ajralib chiqqan issiqlik miqdori, tok kuchining kvadrati, qism qarshiligi va tokning o'tish vaqtiga ko'paytmasiga teng: $Q = I^2Rt$
- Zanjirning bir qismida ajralib chiqqan issiqlik miqdori

$$Q = I^2Rt; \qquad Q = \frac{U^2}{R} \cdot t; \qquad Q = IUt; \qquad Q = P_\phi \cdot t$$

- Zanjirning bir qismidagi o'zgarmas tokning ishi:

$$A = IUt; \quad A = I^2Rt; \quad A = \frac{U^2}{R} \cdot t; \quad A = qU; \quad A = IB\pi R^2_{aylana}$$

- Zanjirning berilgan qismidagi quvvat (Tashqi zanjir quvvati yoki foydali quvvat): $P_f = A_f / t$; $P_f = IU$; $P_f = I^2R$; $P_f = U^2 / R$;
- Elektr dvigatelning FIKi: $\eta_{sam} = \frac{N_{sam}}{IU} = \frac{F\vartheta}{IU}$
- Moddani elektr choynakda isitishda temperatura o'zgarishi: $\Delta T = \frac{I^2Rt\eta}{cm}$

99-§. O'tkazgichlarni ketma-ket va parallel ulangandagi quvvat va ish

- **Joul-Lens qonuni:** Zanjirning bir qismida ajralib chiqqan issiqlik miqdori, tok kuchining kvadrati, qism qarshiligi va tokning o'tish vaqtiga ko'paytmasiga teng:

$$Q = I^2Rt; \qquad Q = \frac{U^2}{R} \cdot t; \qquad Q = IUt; \qquad Q = P_\phi \cdot t; \qquad Q = I^2(R+r) \cdot t$$

- Joul-Lens qonuniga ko'ra qarshiliklari R_1 va R_2 bo'lgan o'tkazgichlar ketma-ket ulanganda ularda ajralib chiqqan issiqlik miqdorlari nisbati o'tkazgichlar qarshiliklari nisbatiga to'g'ri proporsional bo'ladi:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_1}{R_2}; \qquad \frac{P_1}{P_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

- O'tkazgichlar ketma-ket ulanganda qarshiligi kichik bo'lgan o'tkazgichda, qarshiligi katta bo'lgan o'tkazgichga nisbatan kamroq issiqlik ajralib chiqadi.
- Parallel ulangan o'tkazgichlarda ajralib chiqqan issiqlik miqdorlari nisbati ularning qarshiliklari nisbatiga teskari proporsional:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

- O'tkazgichlar parallel ulanganda qarshiligi kichiq bo'lgan o'tkazgich, qarshiligi katta bo'lgan o'tkazgichga nisbatan ko'prok issiqlik ajratib chiqaradi.
- Uchta qarshilik ketma-ket ulangan bo'lsa:

$$Q_1 : Q_2 : Q_3 = R_1 : R_2 : R_3; \qquad U_1 : U_2 : U_3 = \frac{1}{P_1} : \frac{1}{P_2} : \frac{1}{P_3}$$

- Ketma-ket ulangan o'tkazgichlarning qarshiligi kattasidan ko'p issiqlik va quvvat ajratadi.
- Parallel ulangan o'tkazgichlarda ajraladigan issiqliklar va quvvatlar nisbati:

$$Q_1 : Q_2 : Q_3 = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3}; \qquad I_1 : I_2 : I_3 = P_1 : P_2 : P_3$$

- Parallel ulangan o'tkazgichlarning qarshiligi kichigida ko'p issiqlik va quvvat ajraladi.
- R_1 qarshilikli speral suvni t_1 vaqtda, R_2 qarshilikli speral t_2 vaqtda qaynatsa:

⇒ sperallar ketma-ket ulanganda, suvning qaynash vaqti ortadi:

$$t_{k-k} = t_1 + t_2$$

→ sperallar 3 ta bo'lsa: $t_{k-k} = t_1 + t_2 + t_3$

⇒ sperallar parallel ulanganda suvning qaynash vaqti kamayadi:

$$t_{par} = \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2}$$

→ sperallar 3 ta bo'lsa: $\frac{1}{t_{par}} = \frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2} + \frac{1}{t_3}$

- n ta bir xil cho'lg'am ketma-ket ulanganda suvning qaynash vaqti, ular parallel ulangandagisidan n^2 marta katta bo'ladi: $t_{k-k} = n^2 \cdot t_{par}$
- R qarshilikka R_x qarshilikni ketma-ket ulasak R qarshilikdagi quvvat n marta kamayadi: $R_x = (\sqrt{n} - 1)R$; $n = (R_x / R + 1)$
- Kuchlanishning ayni bir qiymatida elektr quvvatlari P_1, P_2, P_3, ... , P_n bo'lgan o'zaro ketma-ket ulangan qarshiliklardan tashkil topgan zanjirning umumiy quvvati: $\frac{1}{P} = \frac{1}{P_1} + \frac{1}{P_2} + ... + \frac{1}{P_n}$
- Ketma-ket ulangan iste'molchilarning umumiy quvvatining teskari qiymati har bir iste'molchi quvvatini teskari qiymatlarining yig'indisiga teng. Iste'molchilarning ketma-ket ulanishidan hosil bo'lgan zanjirning umumiy quvvati kamayadi.
- Kuchlanishning ayni bir qiymatida elektr quvvatlari P_1, P_2, P_3,..., P_n bo'lgan, o'zaro parallel ulangan iste'molchilardan tashkil topgan zanjirning umumiy quvvati: $P = P_1 + P_2 + ... + P_n$
- Parallel ulangan iste'molchilarning umumiy quvvati har bir iste'molchi quvvatining algebraik yig'indisiga teng. Iste'molchilarning parallel ulanishidan hosil bo'lgan zanjirning umumiy quvvati ortadi.
- Quvvati P_1 va P_2 bo'lgan ikkita lampa ketma-ket ulansa umumiy quvvat kamayadi: $\frac{1}{P_{um}} = \frac{1}{P_1} + \frac{1}{P_2}$; $P_{um} = \frac{P_1 \cdot P_2}{P_1 + P_2}$
- Quvvatlari P ga teng bo'lgan n ta bir xil lampa ketma-ket ulansa, umumiy quvvat bitta lampaning dastlabki quvvatiga nisbatan n marta kamayadi: $P_{um} = \frac{P}{n}$
- Quvvatlari P ga teng bo'lgan n ta bir xil lampa manbaga ketma-ket ulansa, bitta lampadagi quvvat P_1 uning dastlabki quvvatiga nisbattan n^2 marta kamayadi: $P_1 = \frac{P}{n^2}$
- Dastlabki quvvatlari P_1 va P_2 bo'lgan lampalar manbaga ketma-ket ulangan bo'lsa, ulardagi kuchlanishlar va qarshiliklar nisbati: $\frac{U_1}{U_2} = \frac{P_2}{P_1}$; $\frac{R_1}{R_2} = \frac{P_2}{P_1}$
- Quvvatlari P_1 va P_2 bo'lgan lampalar manbaga ketma-ket ulandi, ularni alohida quvvatlari:

$$P_1^{yonish} = \left(\frac{P_2}{P_1 + P_2}\right)^2 \cdot P_1; \qquad P_2^{yonish} = \left(\frac{P_1}{P_1 + P_2}\right)^2 \cdot P_2$$

- Manbaga bir qancha lampa ketma-ket ulangan bo'lsa, ularning sonini kamaytirsak lampalarning umumiy ravshanligi ortadi, sonini oshirsak umumiy ravshanligi kamayadi.
- Quvvatlari P_1 va P_2 bo'lgan ikkita lampa parallel ulansa umumiy yonish quvvati ortadi: $P_{um} = P_1 + P_2$
- Quvvatlari P ga teng bo'lgan n ta bir xil lampa manbaga parallel ulansa, ularning birgalikdagi umumiy quvvati bitta lampaning dastlabki quvvatiga nisbatan n marta ortadi: $P_{um} = n \cdot P$
- Quvvatlari P ga teng bo'lgan n ta bir xil lampa manbaga parallel ulansa, alohida bitta lampaning yonish quvvati o'zgarmasdan oldingicha qoladi: $P_1 = P$
- Quvvatlari P_1 va P_2 bo'lgan lampalar manbaga parallel ulansa, ularning yonish quvvati o'zgarmaydi: $P_1^{yonish} = P_1$; $P_2^{yonish} = P_2$
- Manbaga bir qancha lampa parallel ulangan, ularning sonini kamaytirsak lampaning umumiy ravshanligi kamayadi. Lampaning sonini oshirsak umumiy ravshanligi ortadi.

100-§. Elektr yurituvchi kuch. Berk zanjir uchun Om qonuni

- Tashqi kuchlarning berk zanjir bo'ylab birlik zaryadni ko'chirishda bajargan ishiga son jihatidan teng kattalikka *elektr yurituvchi kuch* deb ataladi:

$$\varepsilon = \frac{A_t}{q}; \qquad \varepsilon = I(R + r); \qquad \varepsilon = U_R + U_r$$

Bunda ε - EYUK, A_t – tashqi kuchning bajargan ishi, q – zaryad. R – tashqi iste'molchining qarshiligi, r – manbaning ichki qarshiligi. XBSda EYUKning birligi qilib 1V qabul qilingan, ya'ni 1V=1J/1s.

- **To'liq zanjir uchun Om qonuni**: Berk zanjirdagi tok kuchi shu zanjirdagi EYUK ning to'la qarshilikka nisbatiga teng:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r};$$

Bu yerda R – tashqi qarshilik, r – manbaning ichki qarshiligi.

- Agar tashqi zanjirni uzib manba klemalari o'zaro ulansa (R=0 bo'lganda), *qisqa tutashuv* hosil bo'ladi. Butun zanjir uchun Om qonuni qisqa tutashuvda:

$$I_{q.t} = \frac{\varepsilon}{r}$$

- Qisqa tutashuv toki – $I_{q.t.}$ EYUKi ε va ichki qarshiligi r bo'lgan tok manbaining bera oladigan eng katta tokidir.
- Voltmetr ichki qarshiligi: $r = \frac{UR}{\varepsilon - U}$;
- Iste'molchidagi kuchlanish, yoki tashqi qarshilikdagi kuchlanish:

$$U_R = \frac{R}{R+r}\cdot\varepsilon; \qquad U_R = \varepsilon - U_r$$

- Manbaning ichki qarshiligidagi kuchlanish: $U_r = \frac{r}{R+r}\cdot\varepsilon$; $\quad U_r = \varepsilon - U_R$
- Manbaning foydali ish koeffitsiyenti: $\eta = \frac{R}{R+r}$; $\quad \eta = \frac{U}{\varepsilon}$
- Manbaga ulangan tashqi qarshilik R_1 dan R_2 ga o'zgarganda manbaning FIK ning o'zgarishi:

$$\frac{\eta_2}{\eta_1} = \frac{R_2}{R_1}\cdot\frac{R_1+r}{R_2+r}$$

- Akkumlyatorni zaryadlashda: $U_{zaryad} = \varepsilon + I_{zaryad}\cdot r$;
  U – zaryadlash kuchlanishi, I – zaryadlash toki.
- Akkumlyatorni razryadlashda: $U_{razryad} = \varepsilon - I_{razryad}\cdot r$
  U – razryadlash kuchlanishi, I – razryadlash toki.

101-§. Tok manbalarini ketma-ket va parallel ulash

- Agar bir manbaning manfiy qutbiga ikkinchi manbaning musbat qutbi ulansa, bunday ulanishlarga ketma-ket ulanish deyiladi.
- Elementlar ketma-ket ulanganda berk zanjir uchun Om qonuni:

$$I = \frac{n\varepsilon}{R+nr}; \qquad I = \frac{\sum\varepsilon}{R+\sum r}; \qquad I = \frac{\varepsilon}{R+r};$$

- Manbalar parallel ulanganda batareya qilib ulanuvchi manbalarning musbat qutblari bir tugunga, manfiy qutblari esa ikkinchi tugunga ulanadi.
- EYUKsi ε, ichki qarshiligi r bo'lgan n ta tok manbalari parallel ulanganda berk zanjir uchun Om qonuni:

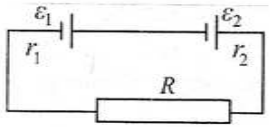
$$I = \frac{\varepsilon}{R+\frac{r}{n}}$$

- n ta bir xil manba ketma-ket ulanganda;

$$I = \frac{n\cdot\varepsilon}{R+n\cdot r};$$

$$\varepsilon_{um} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \ldots + \varepsilon_n; \qquad r_{um} = r_1 + r_2 + \ldots + r_n$$

- Ikkita bir xil manba ketma-ket ulanganda (tok yo'nalishi bir xil bo'lganda):



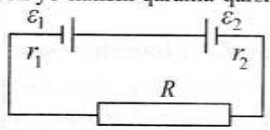
$$I = \frac{\varepsilon_1+\varepsilon_2}{R+r_1+r_2};$$

$$\varepsilon_{um} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2; \qquad r_{um} = r_1 + r_2$$

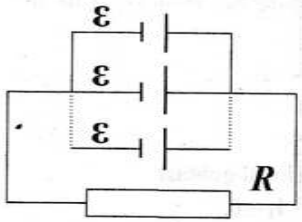
- Ikkita har xil manba ketma-ket ulanganda (tok yo'nalishi qarama-qarshi bo'lganda):

$$I = \frac{\varepsilon_1-\varepsilon_2}{R+r_1+r_2}; \qquad \varepsilon_{um} = \varepsilon_1 - \varepsilon_2;$$

$$r_{um} = r_1 + r_2$$

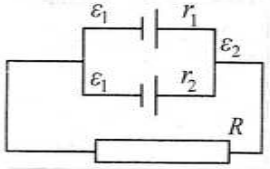


- n ta bir xil manba parallel ulanganda:



$$\varepsilon_{um} = \varepsilon; \qquad r_{um} = \frac{r}{n}; \qquad I = \frac{n\cdot\varepsilon}{n\cdot R+r}$$

- Ikkita har xil manba parallel, tok yo'nalishi bir xil bo'lganda:



$$\varepsilon_{um} = \frac{r_1\cdot r_2}{r_1+r_2}\left(\frac{\varepsilon_1}{r_1}+\frac{\varepsilon_2}{r_2}\right);$$

$$r_{um} = \frac{r_1\cdot r_2}{r_1+r_2}; \quad I = \frac{\varepsilon_{um}}{R+r_{um}}$$

- Ikkita manba o'zaro parallel, tok yo'nalishi qarama-qarshi bo'laganda:

$$\varepsilon_{um} = \frac{r_1\cdot r_2}{r_1+r_2}\left(\frac{\varepsilon_1}{r_1}-\frac{\varepsilon_2}{r_2}\right);$$

$$r_{um} = \frac{r_1\cdot r_2}{r_1+r_2}; \qquad I = \frac{\varepsilon_{um}}{R+r_{um}}$$

- Agar 3 ta manba o'zaro parallel ulansa:

$$\varepsilon_{um} = r_{um}\left(\frac{\varepsilon_1}{r_1}+\frac{\varepsilon_2}{r_2}+\frac{\varepsilon_3}{r_3}\right); \quad \frac{1}{r_{um}}=\frac{1}{r_1}+\frac{1}{r_2}+\frac{1}{r_3}$$

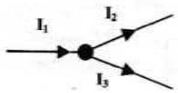
- Manbaning foydali ish koeffitsiyenti: $\eta = \frac{R}{R+r}$; $\eta = \frac{U}{\varepsilon}$
- Manbaga ulangan tashqi qarshilik R_1 dan R_2ga o'zgarganda manbaning FIK ning o'zgarishi:

$$\frac{\eta_2}{\eta_1} = \frac{R_2}{R_1}\cdot\frac{R_1+r}{R_2+r}$$

- **Kirxgofning birinchi qoidasi**:

1. Zanjirning tarmoqlanish nuqtasida, potensial o'zgarmayotgan holda, toklarning tugundan oldingi yig'indi qiymati, tugundan keyingi yig'indi qiymatiga teng.

2. Tarmoqlanish tugunida uchrashuvchi toklarning algebraik yig'indisi nolga teng.



Rasm 87. Kirxgofning birinchi qoidasi

$q_1 = q_2 + q_3$; $I_1 = I_2 + I_3$ yoki $I_1 - I_2 - I_3 = 0$;

- **Kirxgofning ikkinchi qoidasi**: Zanjirning tarmoqlangan qismidagi ixtiyoriy tanlangan har qanday berk konturdagi tok kuchlarining zanjirning tegishli qismidagi qarshiliklariga ko'paytmalari yig'indisi shu konturdagi EYUKlarning algebraik yig'indisiga teng:

$$I_1R_1+I_2R_2+\ldots+I_nR_n=\varepsilon_1+\varepsilon_2+\ldots+\varepsilon_n$$

- Akkumlyatorni zaryadlashda: $U_{zaryad} = \varepsilon + I_{zaryad}\cdot r$;
  U – zaryadlash kuchlanishi, I – zaryadlash toki.
- Akkumlyatorni razryadlashda: $U_{razryad} = \varepsilon - I_{razryad}\cdot r$
  U – razryadlash kuchlanishi, I – razryadlash toki.

- Manbadagi tashqi qarshilikka parallell ulangan kondensator zaryadini topish formulasi: $q = C\cdot\frac{R\cdot\varepsilon}{R+r}$;

102-§. Butun zanjir uchun Joul-Lens qonini

- O'zgarmas tokning ishi

→zanjirning bir qismi uchun: $A = IUt$; $A = I^2Rt$; $A = \frac{U^2}{R}\cdot t$; $A = qU$; $A = IB\pi R^2{}_{aylan}$

→ to'liq zanjir uchun:

$A = \varepsilon It$; $A = \frac{\varepsilon^2}{R+r}\cdot t$; $A = q\cdot\varepsilon$; $A = I^2(R+r)\cdot t$; $A = P\cdot t$;

- Tok manbaining ichidagi samarasiz quvvat:

$$P_i = I^2r$$

- Tashqi zanjir quvvati (foydali quvvat):

$$P_f = A_f/t; \quad P_f = IU; \quad P_f = I^2R; \quad P_f = U^2/R; \quad P_f = \frac{\varepsilon^2R}{(R+r)^2}$$

- Tok manbaining to'liq quvvati:

$$P_T = P_i + P_f; \quad P_T = I^2r + I^2R; \quad P_T = I^2(r+R); \quad P_T = \varepsilon\cdot I; \quad P = \frac{\varepsilon^2}{R+r}; \quad P = \frac{A_{um}}{t}$$

- Tok manbaining FIKi foydali quvvatning to'liq quvvatga nisbatiga teng:

$$\eta = \frac{P_f}{P_T} \text{ yoki } \eta = \frac{U}{\varepsilon} = \frac{R}{R+r}$$

- Manbaga ulangan iste'molchidagi maksimal quvvat, $R = r$ bo'lganda amalga oshadi:

$$P_{max} = \frac{\varepsilon^2}{4r}$$

Manbaning foydali ish koeffitsiyenti: $\eta = \frac{R}{R+r}$; $\eta = \frac{U}{\varepsilon}$

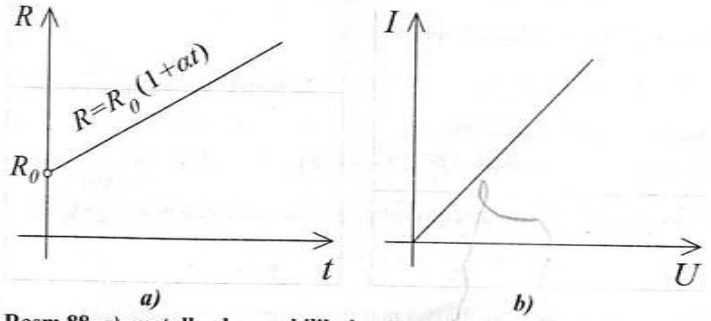
- Manbaga ulangan tashqi qarshilik R_1 dan R_2ga o'zgarganda manbaning FIK ning o'zgarishi:

$$\frac{\eta_2}{\eta_1} = \frac{R_2}{R_1}\cdot\frac{R_1+r}{R_2+r}$$

103-§. Metallarning elektronli o'tkazuvchanligi

- Metallarda erkin zaryad tashuvchi zarralar elektronlar hisoblanadi. Elektr maydoni ta'siri ostida elektronlar 10^{-4} m/c o'rtacha tezlik bilan tartibli ravishda ko'chadi.
- Metall o'tkazgich qarshiligi (solishtirishga qarshiligi)ning temperaturaga bogliqligi: $R = R_o(1+\alpha t)$; $\rho = \rho_o(1+\alpha t)$; $\alpha \approx \frac{1}{273^oC}$;

  α-qarshilikning termik koeffitsiyenti bo'lib, u qarshilikning o'tkazgich 1K ga isitilganda nisbiy o'zgarishiga teng. Metallarda doim α>0



Rasm 88. ***a)*** **metallarda qarshilikning temperaturaga bog'liqligi**
b) **metallarning volt-amper xarakteristikasi**

- **O'ta o'tkazuvchanlik.** Metallarda temperatura juda past bo'lganda (0-10 K) o'tkazgich qarshiligining juda pasayib nolga teng bo'lib qolish hodisasi o'ta o'tkazuvchanlik deyiladi. Bu hodisani birinchi bo'lib golland fizigi Kamerling-Onnes kashf etgan.
- O'tkazgichning t_1 temperaturadagi qarshiligi R_1 va t_2 temperaturadagi qarshiligi R_2 orasidagi munosabat: $\frac{R_2}{R_1} = \frac{1+\alpha \cdot t_2}{1+\alpha \cdot t_1}$; $R_2 = \frac{1+\alpha \cdot t_2}{1+\alpha \cdot t_1} R_1$
- Qarshilikning termik koeffitsiyenti tekshirilayotgan o'tkazgichni 1K (yoki 1°C) ga isitilgandagi qarshilikning nisbiy o'zgarishiga teng. Hamma metallar uchun α>0 bo'lib, sof metallarda $\alpha \approx \frac{1}{273}$ K^{-1} ni tashkil etadi.
- O'tkazgich qarshiligining temperaturaga bog'liqligidan amalda temperaturani o'lchashda foydalaniladi. Temperatura o'zgarishi bilan qarshiligi o'zgaradigan asboblar yaratilgan bo'lib, ularga qarshilik termometri deyiladi. Qarshilik termometri temperaturani yuzdan bir gradus aniqlikda o'lchash imkoniyatiga ega. Shuningdek, qarshilik termometrlarining o'lchash chegaralari suyuqlik termometrlariga nisbatan ancha yuqoridir.
- Metallarda elektr tokining tarqalish tezligi elektr maydonning tarqalish tezligi bilan aniqlanadi. Metallarda elektr maydonning tarqalish tezligi yorug'likning vakuumdagi tezligiga teng.

- Simob suyuq metall bo'lganligi uchun unda tokning issiqlik, yorug'lik va magnit ta'sirlari mavjud. Simobda tokning ximiyaviy ta'siri mavjud emas.

104-§. Elektrolitlarda elektr toki

- Molekulalarning zaryadli ionlarga ajralish jarayoniga *dissotsiatsiya* deyiladi.
- Ion deganda bir yoki bir necha elektron yo'qotgan (yoki qo'shib olgan) modda zarrasi (atom, molekula, atomlar gruppasi) tushuniladi.
- Qarama-qarshi ishorali miqdorlari teng zaryadlar birlashib neytral atom hosil bo'lishiga *rekombinatsiya* deyiladi.
- Elektr tokini o'tkazadigan suyuqliklarga *elektrolitlar* deyiladi.
- Erituvchida eriganda ionlarga ajraladigan moddalarga *elektrolitlar* deyiladi.
- Elektrolitlarda ionlarning vujudga kelishiga sabab, elektrolit eriganda uning molekulalari, erituvchi molekulalarining elektr maydoni ta'sirida musbat va manfiy zaryadlangan ionlarga ajralishidir.
- Elektrolitdagi ionlarning tashqi maydon ta'siridagi batartib harakatiga *elektrolitlarda elektr toki* deyiladi.
- Elektrolitlarda elektr tokini, sim orqali tok manbaiga ulangan elektrodlarni unga tushurish bilan, hosil qilinadi.
- Elektrolitlarda kuchlanishni o'zgartirmasdan vanna elektrodlari orasidagi masofani ortirsak qarshilik ortadi va tok kuchi kamayadi
- Elektrolitlarda temperatura ko'tarilsa qarshilik chiziqli ravishda kamayadi.
- Elektrolitlarda o'tkazgich qarshiligi (solishtirishga qarshiligi)ning temperaturaga bog'liqligi: $R = R_o(1-\alpha t)$; $\rho = \rho_o(1-\alpha t)$; $\alpha \approx \frac{1}{273^oC}$;

  α-qarshilikning temperatura koeffitsiyenti bo'lib, u qarshilikning o'tkazgich 1K ga isitilganda nisbiy o'zgarishiga teng. Elektrolitlarda doim α<0.
- Elektrolitlarning temperaturasi ortirilsa ularning elektr o'tkazuvchanligi ortadi.
- Biror idishdagi elektrolitlarga tok manbaining musbat va manfiy qutblariga ulangan ikki elektrod tushiraylik. Tok manbaining musbat qutbiga ulangan elektrodni — *anod,* manfiy qutbiga ulangan elektrodni esa *katod* deyiladi.
- Elektrolitlarda anod tomon harakatlanayotgan manfiy ionlar *anionlar* va katod tomon harakatlanyotgan musbat ionlar *kationlar* deyiladi. Katodga etib kelgan kationlar undagi ortiqcha elektronni qo'shib olib neytral atomga aylanadi. Anodga etib kelgan anionlar undagi ortiqcha musbat ion bilan birlashib neytral atomga aylanadi.
- Elektrolitdan o'tayotgan umumiy tok musbat (I^+) va manfiy (I^-) ionlar toklari yig'indisi teng: $I = I^+ + I^-$
- Elektrolitlarda tok zichligi: $j = q_+ n_+ v_+ + q_- n_- v_-$
- Elektrolitlardagi elektr toki tartibli harakatlanayotgan ionlar oqimidan iborat.
- Elektrolitdan tok o'tishi jarayonida elektrodda moddaning ajralishi *elektroliz* deyiladi.

- Elektroliz uchun Faradeyning birinchi qonuni: *elektrodlarning har birida ajralgan modda massasi elektrolit orqali o'tgan zaryad miqdoriga to'g'ri proporsional:* $m = kq$; $m = kIt$
- Elektroliz uchun (j- tok zichligi):

$$\rho \cdot V = k \cdot q; \quad \rho \cdot V = k \cdot I \cdot t; \quad d \cdot S \cdot \rho = k \cdot q; \quad d \cdot S \cdot \rho = k \cdot I \cdot t;$$

$$d = j \cdot \frac{kt}{\rho}; \quad d = \frac{I}{S} \cdot \frac{kt}{\rho}; \quad j = \frac{I}{S}$$

ρ – modda zichligi, d – qalinlik, t — ajralgan modda massasi, k — elektrokimyoviy ekvivalent

- Elektrokimyoviy ekvivalent — elektrolit orqali $1C$ zaryad o'tganda elektrodda ajralgan moddaning massasiga tengdir. Elektrokimyoviy ekvivalentning o'lchov birligi SI da kg/C.
- Faradeyning ikkinchi qonuni: barcha moddalarning elektrokimyoviy ekvivalentlari ularning kimyoviy ekvivalentlariga to'g'ri proporsionaldir:

$$k = \frac{1}{F} \cdot \frac{M}{n}$$

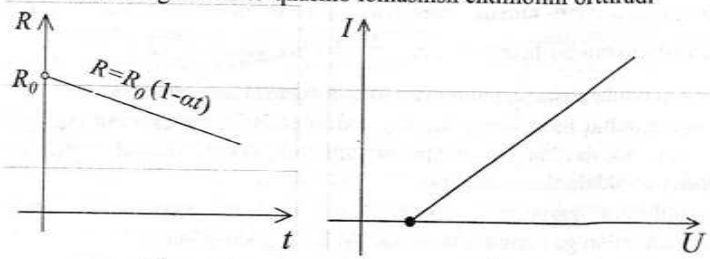
F-Faradey doimiysi. F = 96500 C/mol; $\frac{M}{n}$-kimyoviy ekvivalent; n-valentlik; M-molyar massa;

- Faradeyning birlashgan qonuni:

$$\frac{m}{q} = \frac{1}{F} \cdot \frac{M}{n}; \qquad m = \frac{M}{n} \frac{1}{eN_A} \cdot q$$

- Faradey doimiysi massasi miqdoran kimyoviy ekvivalentga mos keluvchi moddani elektrodda ajratib chiqarish uchun lozim bo'lgan elektrolit orqali o'tuvchi zaryad miqdoriga son jihatidan teng bo'lgan kattalik.
- Elektrolitlarda tokning kimyoviy ta'siri kuzatiladi.
- O'tkazgichning, tok ta'sirida kimyoviy tarkibiy qismlarga ajralish hodisasi *elektroliz* deyiladi. (grekcha l i o — ajrataman)
- Tokning kimyoviy ta'siri kuzatilmaydigan o'tkazgichlarni *birinchi klass* o'tkazgichlar deyiladi. Ularga barcha metallar, ko'mir va ko'pgina kimyoviy birikmalar kiradi.
- Elektroliz ro'y beradigan o'tkazgichlarni *ikkinchi klass* o'tkazgichlar yoki *elektrolitlar* deyiladi. Ko'pgina kislotalar va tuzlarning suvdagi eritmalari va qattiq hamda suyuq holatdagi ba'zi kimyoviy birikmalar elektrolitlardir.
- Elektrolizda manfiy qutbda (katodda) doim metallar va vodorod ajraladi, musbat qutbda (anodda) esa qoldiq kimyoviy element ajraladi. Bunda elektrolitning tarkibiy qismi faqat elektrodlarda ajraladi.
- Elektroliz hodisasidan *kulonometrlarda* foydalaniladi. Kulonometrlar zanjir orqali o'tgan zaryad kattaligini bevosita o'lchaydi.
- **Dissotsiatsiyalanish darajasi** deb ionlarga dissotsiatsiyalangan molekulalar sonining moddadagi molekulalarning umumiy soniga nisbatiga aytiladi: $\beta = \frac{n}{n_1}$

- Dissotsiatsiyalanish darajasi qiymatiga qarab moddalar kuchli (β>1) va kuchsiz (β<1) elektrolitlarga bo'linadi. Kuchli elektrolitlarga organik kislotalar va ularning asoslari kirsa, kuchsizlariga minerallar kiradi.
- Dissotsiyatsiyalanish darajasi shuningdek erituvchining tabiatiga, temperaturaga, bosimga, erituvchining dielektrik singdiravchanligiga, eritmaning kontsentratsiyasiga va boshqa faktorlarga ham bog'liq.
- Temperatura ortishi bilan molekulalarning kinetik energiyasi ortadi, bu esa molekulalarning o'zaro to'qnashib ionlashish ehtimolini orttiradi



a) b)

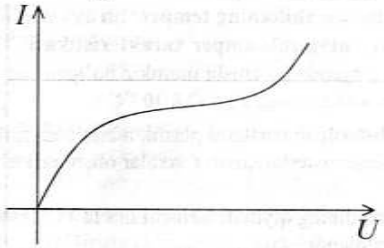
Rasm 89. *a)* elektrolitlar qarshilikning temperaturaga bog'liqligi. *b)* elektrolitlarning volt-amper xarakteristikasi

- Elektrolit orqali tok o'tganda ko'chishi mumkin bo'lgan eng kichik zaryad qiymati elementar zaryad qiymatiga teng: $|q_{min}| = 1{,}6 \cdot 10^{-19} C$
- Poligrafiya sanoatida terilgan harflarni plastik materialga tushurilgan nusxasiga qalin temir yoki boshqa material quyib nusxalar olish elektroliz hodisasiga asoslangan.
- Elementar elektr zaryadining qiymati birinchi marta 1874 yilda elektroliz hodisasiga asosan aniqlandi.
- Elektroliz hodisasiga asosan elektron zaryadini aniqlash formulasi: $e = \frac{M}{mnN_A} \cdot It$
- Elektrolitlarda aralashma konsentratsiyasi o'zgarmas bo'lganda Om qonuni o'rinli, ya'ni kuchlanish oshirilsa tok kuchi chiziqli ravishda ortadi: $\frac{U}{I} = R = const$
- Elektrolitning temperaturasini o'zgarmas saqlagan holda, undan o'tayotgan tok kuchi oshirilsa elektrolitning elektr o'tkazuvchanligi (va qarshiligi) o'zgarmaydi.

105-§. Gazlarda elektr toki

- Gaz orqali elektr toki o'tish protsessi *gaz razryadi* deb ataladi.
- Gazlarda ionlar, isitishda yoki tashqi ionlashtiruvchilarning (masalan, nurlarning) ta'siri hisobiga hosil bo'ladi.
- Agar ionlashtiruvchining ta'siri to'xtatilsa, razryad ham to'xtasa, bu razryad *nomustaqil razryad* deb ataladi.

- Agar tashqi ionlashtiruvchi olib tashlansa razryad to'xtamasa, ya'ni bu razryadni to'xtatib qo'ymaslik uchun tashqi ionlashtiruvchiga extiyoj yo'qligi sababli, bu razryad *mustaqil razryad* deb ataladi.
- Elekronning to'qnashish oldidagi kinetik energiyasi maydon kuchlanganligiga va elektronning erkin yugurish (uchish) yo'lining uzunligiga (ketma-ket bo'lgan ikki to'qnashish orasidagi yo'lga) to'g'ri proporsional: $\frac{m\vartheta^2}{2} = eEl.$
- Agar elektronning kinetik energiyasi neytral atomni ionlashtirish uchun bajarilishi lozim bo'lgan A_i ishdan ortiq bo'lsa, ya'ni $\frac{m\vartheta^2}{2} \geq A_i$ bo'lsa, u holda elektron atom bilan to'qnashganda uni ionlashtiradi.
- Ko'pgina qattiq moddalarda termoelektron emissiya moddaning bug'lanishi hali juda oz bo'ladigan temperaturada yuz beradi. Katod xuddi mana shunday moddalardan yasaladi.
- Mustaqil gaz razryadida elektrodlarga berilgan potensiallar farqining kamayishi bilan gazning elektr o'tkazuvchanligi kamayadi.
- Katod nurlari katoddan anodga tez harakatlanuvchi elektronlar oqimidir.



Rasm 90. Gazlarning volt-amper xarakteristikasi. (gazlarda tok kuchining kuchlanishga bog'liqligi.

- Gazlarda elektr tokining o'tishini Om qonuni asosida tavsiflash mumkin emas. Chunki gazlarda tok kuchining elektrodlarga berilgan kuchlanishga bog'liq ravishda o'zgarishi chiziqli qonuniyatga bo'ysinmaydi.

Mustaqil razryadning turlari

- **Miltillama razryad.** Bosim past (simob ustuni millimetrining o'ndan bir va yuzdan bir ulushlaricha) bo'lganda nayda miltillama razryad yuz beradi. Miltillama razryad hosil qilish uchun elektrodlar orasidagi kuchlanish bir necha yuz volt (ba'zan esa bundan ancha kichik) bo'lishi etarlidir. Miltillama razryadda katod yaqinidagi kichik sohadan boshqa hamma joyda deyarli butun nay bir jinsli nurlanish bilan to'lgan bo'ladi va bu nurlanish musbat ustun deb ataladi
- **Elektr yoyi.** Bir-biriga tegib turgan ikkita ko'mir sterjenning birikish joyida ko'p miqdorda issiqlik chiqariladi, chunki bu joyning qarshiligi katta bo'ladi. Temperatura termoelektron emissiya boshlanadigan darajaga ko'tariladi.

Shuning uchun ko'mir elektrodlarni bir-biridan ajratishda ular orasida razryad boshlanadi. Ko'mir sterjenlar orasida kuchli yorug'lik beruvchi gaz ustuni hosil bo'ladi; bu ustun elektr yoyi deb ataladi. Bu holda gazning elektr o'tkazuvchanligi atmosfera bosimi sharoitida ham ancha katta bo'ladi, chunki bunda manfiy elektrod juda ko'p elektron chiqarib turadi. Kichikroq yoyda tok kuchi bir necha amperga yetadi, katta yoylarda esa potensiallar ayirmasi 50 V chamasida bo'lganda tok kuchi bir necha yuz amperga yetadi. Elektr yoyini birinchi bo'lib 1802 yilda rus akademigi V. V. Petrov hosil qilgan

- Elektr yoyi yongan daqiqada tok kuchi keskin ortadi, kuchlanish esa kamayadi.
- Elektr yoyi hosil qilgan elektrodlar orasidagi gaz bosimi oshirilsa harorat ortadi.
- **Toj razryad.** Razryadning bu turida elektrodlar yaqinida xuddi quyosh tojiga o'xshash nurlanish kuzatiladi. Bunga sabab, kuchlanishning keskin o'zgarishi natijasida ionlanishning tez sodir bo'lishidir. Demak, toj razryad sodir bo'lishi uchun nihoyatda kuchli, ammo notekis elektr maydon bo'lishi lozim. Masalan, elektrod sirti tekis bo'lmay, unda katta darajali egrilik bo'lsa, u holda egrilikning qavariq hollariga tegishli sirtda zaryadlarning katta kontsentratsiyasi vujudga keladi. Bunday sirt atrofida nurlanish kuzatiladi.
- **Uchqunli razryad.** Kondensator qoplamalari yoki o'tkazgichning ikki uchi (shu kuchlar bir-biriga yaqin joylashgan holda) orasidagi kuchlanish juda katta ($\approx 3 \cdot 10^6$ V/m) bo'lgan holda, gazning biror turtki ravishda zarbdan ionlanishi natijasida qisqa vaqt davom etadigan razryad-*uchqun razryad* hosil bo'ladi. Misol sifatida yashinni keltirish mumkin. Uchqun yaqinidagi gaz juda qiziydi va keskin kengayadi.
- **Yoy razryad.** Ikki elektrod oralig'ida yuzaga keladigan bunday razryad elektrodlarning birining qizishi natijasida undan juda ko'p miqdordagi termoelektronlar uchib chiqishi va ushbu termoelektronlar ikki elektrod oralig'idagi gazni keskin tez ionlashtirishi natijasida sodir bo'ladi. Yoy razryadda elektrodlar orasidagi kuchlanish katta bo'lmasa ham, ular orasidagi tok kuchi juda katta bo'lishi natijasida shu'la, ya'ni yoysimon yorug'lik chiqadi.
- **Yolqin razryad.** Havosi so'rib olingani sababli, bosimi nisbatan kichik 0,1 mm sim. ust. ga teng bo'lgan shisha naycha olaylik. Naychaning ikki uchiga elektrodlar kavsharlangan. Elektrodlarga berilgan kuchlanish bir necha yuz voltga teng bo'lsa katod yaqinida kuchlanishning tushuvi katta bo'lib, anodga yaqinlashgan sari kuchlanish o'zgarishi katta bo'lmay, deyarli o'zgarishsiz qoladi hamda katod tomon intilayotgan musbat ionlar katta energiya oladi. Ular katodga urilgach, undan bir necha elektron ajralib chiqishiga sababchi bo'ladi. Bu elektronlar ham katod potensiali ta'sirida tezlashib gaz molekulalari bilan to'qnashganda yana ionlanish ro'y beradi. Hosil bo'lgan ionlar yana katodga intilib u erdan yana elektron urib chiqaradi va hokazo. Demak, elektrodlar oralig'ida kuchlanish hisobiga

razryad uzluksiz davom etaveradi. Ionlarning elektron bilan rekombinatsiyasi, shuningdek, uyg'otilgan molekulalarning energiya chiqarib asosiy holatga o'tishi hisobiga yorug'lik hosil bo'ladi.

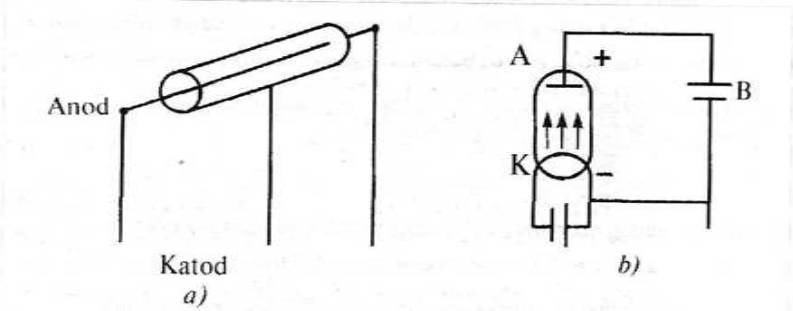
Plazma haqida tushuncha

- *Plazma qisman yoki to'liq ionlashgan gaz bo'lib, unda musbat va manfiy, zaryadlar zichligi amalda bir xil bo'ladi.* Butunicha olib qaralganda, plazma elektr jihatidan neytral sistemadir. Sharoitga qarab plazmaning ionlashish darajasi, ya'ni ionlashgan atomlar sonining hamma atomlar soniga nisbati har xil bo'lishi mumkin. To'liq ionlashgan plazmada neytral atomlar bo'lmaydi.
- Plazmada elektr tokini elektronlar, musbat va manfiy ionlar tashiydi.
- **Kosmik fazodagi plazma.** Koinotda moddaning ko'p qismi (99% ga yaqini) plazma holatida bo'ladi. Temperaturasi yuqori bo'lgani uchun Quyosh va boshqa yulduzlar to'liq ionlashgan plazmadan iborat.
- Bizning planetamiz atrofida ham plazma bor. Atmosferaning 100—300 km balandlikdan yuqoridagi qatlami ionlashgan gaz bo'lib, *ionosfera* deb ataladi.
- Qattiq jismlar plazmasida musbat ionlar butun jism bo'ylab ko'chib yura olmaydi. Gazda bo'ladigan razryadning hamma turida: miltillama razryad, yoy razryadi, uchqunli razryad va hokazolarda plazma paydo bo'ladi. Gaz-razryadi plazmasi ko'p asboblarda, masalan, yorug'likning kvant manbalari bo'lmish gaz lazerlarida ishlatiladi. Lazerlar, yorug'likning eng kuchli manbalaridir.

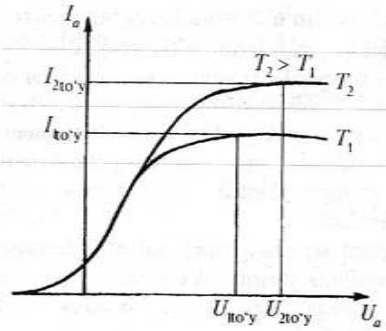
106-§. Termoelektron emissiya hodisasi. Vakuumda elektr toki. Diod va triod

- Yuqori temperaturadagi metallardan elektronlarning ajralib chiqish hodisasiga *termoelektron emissiya* deyiladi.
- Elektronni metalldan ajratib chiqish uchun bajarish kerak bo'lgan ishga chiqish ishi deyiladi. Chiqish ishi quyidagicha topiladi: $A = e \cdot \Delta\varphi$ $\Delta\varphi$ – metall sirti va elektron buluti orasida vujudga keladigan potensial.
- Agar elektronning kinetik energiyasi chiqish ishidan katta bo'lsa elektron metalni tark etadi.
- Vakuumda elektr toki termoelektron emissiya natijasida ajralib chiqqan elektronlarning yo'nalgan harakatidan iborat.
- **Diod (Ikki elektrodli lampa)** -havosi so'rib olingan kolba (idish) va uning ichidagi ikki elektrod – katod va anoddan iborat.
- Qizdirish natijasida elektronlar ajralib chiqadigan va o'z elektronlarini yo'qotadigan elektrod *katod* deyiladi. Elektronlarni ushlab qoluvchi ikkinchi elektrod *anod* deyiladi.
- Agar anod potensiali katod potensialidan yuqori bo'lsa, qizdirilgan katod chiqargan elektronlar anodga yetib boradi.

- Oksid katodli elektron lampada tok to'yinish holatiga yetmaydi, chunki buning uchun potensiallar ayirmasi shu qadar katta bo'lishi kerakki, bunday holda katod yemirilib ishga yaramay qoladi.
- Diodlar o'zgaruvchan elektr tokini to'g'rilashda ishlatiladi va elektr tokini faqat bir yo'nalishda o'tkazadi. To'g'rilagich sifatida ishlatiladigan diodlar *kenotron* deyiladi.
- Vakuumli diod va triodning ishlash prinsiplari termoelektron emissiya hodisasiga asoslangan.
- Tez harakatlanuvchi elektronlar moddaga urilib sekinlashganda Rentgen nurlari paydo bo'ladi.



Rasm 91. Vakuumli diod



Rasm 92. Vakuumli diodning volt-amper xarakteristikasi

- Vakuumli diodlarda anod kuchlanishini ortishi bilan tok kuchi chiziqli ortmaganligi tufayli, diod uchun Om qonuni o'rinli emas.
- Katod temperaturasini ortirish bilan vakuumli diodda vujudga keladigan tok kuchi ortadi.
- Agar triodda to'rning potensiali katodga nisbatan nolga teng bo'lsa triod diod vazifasini bajaradi. To'rning potensiali musbat bo'lganda trioddan katta tok o'tadi. To'rning potensiali manfiy bo'lganda trioddan kam tok o'tadi.

- Triodda to'rning anod toki nolga teng bo'ladigan manfiy qiymatdagi kuchlanishiga yopish kuchlanishi deyiladi. Yopish kuchlanishi anodning kuchlanishiga bog'liq bo'lib, anod kuchlanishi qancha katta bo'lsa yopish kuchlanishi shuncha katta bo'ladi.
- Elektronlar dastasi elektron lampalarda hosil qilinadi. Elektr maydoni va magnit maydoni elektronlar dastasini og'diradi.
- Kondensatorning plastinkalari orasidan o'tayotgan elektronlar dastasi manfiy zaryadli plastinkadan musbat zaryadli plastinkaga tomon og'adi.
- Elektronlar dastasi magnitning shimoliy qutbi ustidan o'tayotganda elektronlar chapga og'adi, janubiy qutbi ustidan o'tayotganda esa o'nga og'adi.
- Vakuumda elektr tokini faqat elektronlar tashiydi. Vakuumda elektr tokining faqat magnit ta'siri kuzatiladi, issiqlik va kimyoviy ta'sir kuzatilmaydi.
- Anod potensiali (U) ta'sirida elektron olgan tezlanish (a): $a=\frac{eU}{md}$; $ma=\frac{eE}{d}$;

E – elektr maydon kuchlanganlik vektori, d – elektrodlar orasidagi masofa.
- Anodga yetib borgan elektron tezligi (ϑ):

$$\vartheta=\sqrt{\frac{2eU}{m_e}}; \qquad U=\frac{m_e\vartheta^2}{2e}; \qquad E_{kin}=\frac{m_e\vartheta^2}{2}=eU$$

- Elektron anodga etib borishida elektr maydonini bajargan ishi – A:

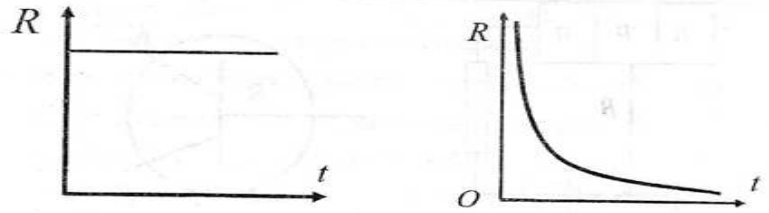
$$A=q\cdot U; \qquad A=N\cdot e\cdot U; \qquad N=\frac{A}{e\cdot U}$$

- Katod nurlari katoddan anodga tez harakatlanuvchi elektronlar oqimidir.

107-§. Aralashmali yarim o'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanligi

- Sof yarim o'tkazgichlar elektr tokini o'tkazmaydi.
- Aralashmali yarim o'tkazgichlarda asosiy tok tashuvchilar *elektronlar* va *kovaklar (teshiklar)* hisoblanadi. Teshiklar yoki kovaklar musbat zaryadga ega.
- To'rt valentli element atomlariga besh valentli element atomlari qo'shilgan bo'lsa, bunday aralashma yarim o'tkazgichda faqat elektronli elektr o'tkazuvchanlik yuzaga keladi va bunday o'tkazuvchanlik *n-tip* o'tkazuvchanlik deyiladi.
- To'rt valentli element atomlariga uch valentli element atomlari qo'shilgan bo'lsa, bunday aralashma yarim o'tkazgichda faqat teshikli (kovakli) elektr o'tkazuvchanlik yuzaga keladi va bunday o'tkazuvchanlik *p-tip* o'tkazuvchanlik deyiladi.
- n-tipidagi yarim o'tkazgichlar *donor aralashmali yarim o'tkazgichlar* deyiladi.
- p-tipidagi yarim o'tkazgichlar *aktseptor aralashmali yarim o'tkazgichlar* deyiladi.
- Xususiy yarim o'tkazgichning elektron va kovak o'tkazuvchanligi teng bo'ladi.
- Xususiy yarim o'tkazgichlarda to'la tok: $I=I_{elektron}+I_{teshik}$; $I_{elektron}=I_{teshik}$
- Davriy jadvalning III-guruh elementlari teshik *(p-tur)* o'tkazuvchanlik beradi va ular *aktseptor* atomlardir. V-guruh elementlari elektron *(n-tur)* o'tkazuvchanlik beradi, ular *donor* atomlardir.

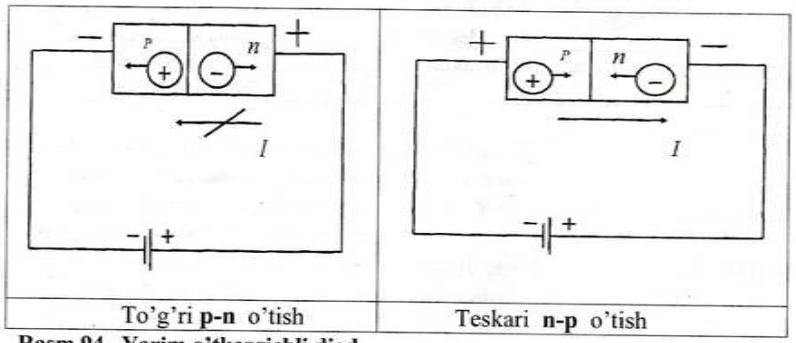
- Yarim o'tkazgichlar radiopriyomniklarda, hisoblash mashinalarida va hokazolarda o'zgartiruvchi vosita sifatida qo'llaniladi.
- Temperatura ko'tarilganda yarim o'tkazgichlarning va elektrolitlarning o'tkazuvchanligi ortadi, qarshiligi esa kamayadi.
- Yarimo'tkazgichlarda temperatura 1 $^{\circ}C$ ga ko'tarilganda ularning elektr qarshiligi o'rta hisobda 3 – 5% ga kamayadi.
-



a) *b)*

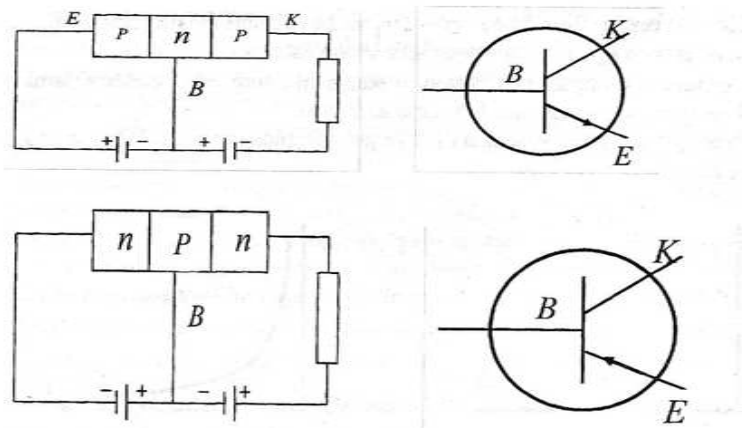
Rasm 93. Dielektriklar (a) va yarim o'tkazgichlarda (b) qarshilikning temperaturaga bog'liqligi.

- Kovaklar musbat zaryadga ega.
- Yarim o'tkazgichlar kristal jismlar hisoblanadi.
- *Bolometr* yordamida temperatura o'lchanadi.
- Yarim o'tkazgichlarda elektron va teshik uchrashganda energiya ajraladi.
- p-n o'tishli yarim o'tkazgich, yarim o'tkazgichli diodni tashkil qiladi.
- Issiqlik ta'sirida elektr qarshiligi o'zgaradigan elementlarga *termistorlar* deyiladi.
- **Tranzistor** – baza, emitter, kollektorlardan tashkil topgan qurilmadir.



To'g'ri **p-n** o'tish	Teskari **n-p** o'tish

Rasm 94. Yarim o'tkazgichli diod



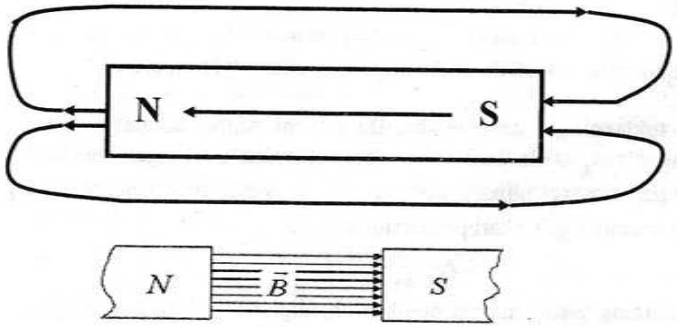
Rasm 95. Yarim o'tkazgichli triod (tranzistor)

- **Tranzistor** o'zgaruvchan tokni kuchaytiruvchi qurilma sifatida ishlatiladi.
- Yorug'lik ta'sirida qarshiligi va elektr o'tkazuvchanligi o'zgaradigan moddalarga **fotorezistorlar** deyiladi.
- **Fotoelement** yorug'lik energiyasini elektr energiyasiga aylantirib beruvchi qurilmadir.

	Modda turlari	O'tkazuvchanlik turi	Temperutura ortishi bilan qarshilik
1	Metallar	elektronlar	Chiziqli ortadi
2	Elektrolilar	Musbat va manfiy ionlar	Chiziqli kamayadi
3	Vakuum	elektronlar	
4	Gazlar	Musbat va manfiy ionlar va elektronlar	Chiziqli bo'lmagan holda kamayadi
5	Yarim o'tkazgichlar	Kovaklar va elektronlar	Chiziqli bo'lmagan holda kamayadi

108-§. Magnit maydon. Toklarning magnit maydoni va ularning o'zaro ta'sirlashuvi

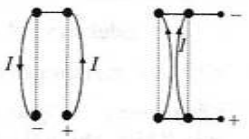
- Magnit maydonni harakatdagi zaryad yoki elektr toki hosil qiladi.
- Magnit maydoni harakatlanayotgan zaryadlangan zarraga yoki tokli o'tkazgichga ta'sir qiladi.
- Magnit maydonning elektr maydoni bilan bog'liqligini birinchi bo'lib tajribada Daniyalik fizik X. Ersted aniqlagan. U tokli o'tkazgich magnit maydonining magnit strelkasiga ta'sirini o'rgangan.
- Magnit maydonni magnit maydon induksiya vektori $-\bar{B}$ xarakterlaydi.
- Magnit maydoni harakatsiz zaryadli zarralarga ta'sir qilmaydi.
- Magnitning magnit ta'siri eng kuchli bo'lgan joylari magnit qutblari deb ataladi. Har qanday magnitda ikkita: **shimoliy** (N) va **janubiy** (S) qutblari bo'ladi.
- Magnit induksiya chiziqlari magnit ichida janubdan (S dan) shimolga (N ga) tomon yo'nalgan, tashqarida esa shimoldan (N dan) janubga (S ga) tomon yo'nalgan bo'ladi. Agar doimiy magnit ikkiga bo'linsa har bir bo'lagi alohida magnitga aylanadi.



Rasm 96. Magnit maydon induksiya yo'nalishi

- Tabiatda alohida magnit zaryadlari mavjud emas.
- Yer ham magnit maydoniga ega. Ammo Yerning magnit qutblari uning geografik qutblariga to'g'ri kelmaydi.
- Yerning magnit meridianlari uning magnit qutblarini tutashtiradi. Magnit qutblarining biri Antarktida (janubiy qutbi) qirg'oqlarida, ikkinchisi Kanada orollaridadir (shimoliy qutb).
- Yerning magnit qutblarida, Yerning magnit maydoni sirtiga nisbatan 90° burchak ostida vertikal joylashgan.

- Kompas magnit strelkasining o'qi magnit meridianiga tik ravishda gorizontal o'rnatildi. Bunda strelka aniq gorizontal vaziyat oldi. Demak, kompas magnit ekvatorida joylashgan.
- Har xil magnit qutblari bir-biriga tortiladi, bir xil magnit qutblari esa bir-biridan itariladi.
- Tokli o'tkazgich atrofidagi magnit maydon uyurmaviy maydon hisoblanadi.
- Har qanday elektr toki, ya'ni harakatlanuvchi elektr zaryadlari atrofida magnit maydoni mavjud bo'ladi. Uni mavjudligini 1820 yilda Daniyalik fizik Ersted aniqlagan



Rasm 97. Parallel toklarning o'zaro ta'siri

- Parallel ingichka o'tkazgichlardan qarama-qarshi yo'nalishda tok o'tsa o'tkazgichlar bir-biridan qochadi. O'tkazgichlardan bir xil yo'nalishda toklar o'tkazilganda ular bir-biriga tortiladi.
- Bir jinsli magnit maydondagi tokli yassi konturga ta'sir etuvchi kuch momenti:

$$M = I \cdot S \cdot B \cdot \sin\alpha; \qquad M = p_m B \cdot \sin\alpha$$

α – B vektor bilan tekislikka o'tkazilgan perpendikulyar orasidagi burchak.

- **Parallel toklarning o'zaro ta'siri.** Bu ta'sirni Amper aniqlagan: Parallel toklarning o'zaro ta'sir kuchi $\vec{F}$ o'tkazgichlardan o'tayotgan tok kuchlari I_1, I_2 ga, o'tkazgichning uzunligi ℓ ga to'g'ri proporsional va ular orasidagi masofa r ga teskari proporsional, ya'ni

$$F = \frac{\mu\mu_0}{4\pi}\frac{2I_1I_2}{r}\ell$$

μ- muhitning nisbiy magnit singdiruvchanligi,
μ_0-magnit doimiysi: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} N/A^2$ (yoki H/m) ga teng.

- **Tok kuchi birligi 1 amper ta'rifi**: 1 amper (A) deb, vakuumda bir-biridan 1 m masofada joylashgan cheksiz uzun va o'ta ingichka ikkita parallel tokli o'tkazgichning har bir metrida $2 \cdot 10^{-7}$ N ga teng o'zaro ta'sir kuchi hosil qiladigan o'zgarmas tok kuchiga aytiladi.
- **O'ng parma qoidasi**: Parma dastasining aylanma harakati magnit induksiya yo'nalishi bilan mos tushsa, parma uchining ilgarilanma harakat yo'nalishi tokning yo'nalishini ko'rsatadi.
- **Tokli kontur.** Mangit maydonini o'rganishda tokli kontur tushunchasidan foydalaniladi. Tokli konturning o'lchamlari magnit maydon hosil qilgan

tokkacha bo'lgan masofalarga nisbatan juda kichik va uning maydoni o'rganilayotgan maydonni o'zgartira olmaydi deb hisoblanadi.

- Tokli konturning fazodagi yo'nalishi uning normali bilan aniqlanadi. Normalning musbat yo'nalishi o'ng Parma qoidasi bilan aniqlanadi: Normalning yo'nalishi parmaning ilgarilanma harakati bilan mos kelsa konturdagi tokning yo'nalishi parma dastasining harakati bilan mos kelishi kerak.
- Magnit maydon yo'nalishini o'zgartirmasdan, unga kiritilgan konturdagi tokning yo'nalishi o'zgartirilsa konturning joylashuvi 180^0 ga o'zgaradi.
- Berilgan nuqtada magnit maydonining yo'nalishi sifatida tokli konturning musbat normali bilan mos keluvchi yo'nalishi qabul qilingan va u shu nuqtada joylashgan magnit strelkasining shimoliy qutbiga ta'sir etadigan kuchning yo'nalishi bilan mos tushadi.
- Tokli konturning magnit xossalarini xarakterlovchi va uni tashqi maydonda o'zini qanday tutishini belgilovchi kattalikka konturning *magnim momenti* deyiladi.
- Konturning magnit momenti vektor kattalik bo'lib uning yo'nalishi kontur sirtining musbat yo'nalishi bilan mos keladi.
- **Magnit momenti** - konturdan o'tayotgan tok kuchi I ning kontur yuzi S ga ko'paytmasiga to'g'ri proporsional: $\vec{P_m} = P_m\vec{n} = IS\vec{n}$; $P_m = IS$
  I – konturdagi tok kuchi, S – kontur yuzi,
  n – kontur tekisligiga o'tkazilgan birlik vektor, p – magnit momenti.
- Har bir sinov konturiga ta'sir qiluvchi maksimal aylantiruvchi moment $\vec{M_m}$ ning konturning magnit momenti $\vec{P_m}$ ga nisbati, maydonning tekshirilayotgan nuqtasi uchun o'zgarmas kattalik bo'lib, **magnit maydoni induksiya vektori** $\vec{B}$ deyiladi.

$$\frac{\vec{M_m}}{\vec{P_m}} = const; \qquad \vec{B} = \frac{\vec{M_m}}{\vec{P_m}}; \qquad B = \frac{F}{Il};$$

- **Magnit maydoni induksiya vektori** magnit maydonining miqdoriy xarakteristikasi hisoblanadi.
- XBSda **magnit maydon induksiyasi tesla (Tl)** da o'lchanadi:

$$1Tl = N/(m \cdot A)$$

- Magnit induksiya chiziqlari deb istalgan nuqtasiga o'tkazilgan urinma shu nuqtaning $\vec{B}$ vektori bilan mos keladigan chiziqqa aytiladi.
- Magnit induksiya chiziqlari doimo yopiq bo'lib, tokli o'tkazgichni qamrab oladi. Bu esa magnit maydonining uyurmali maydonligini va tabiatda magnit zaryadlari mavjud emasligini ko'rsatadi.
- Agar magnit induksiya vektorlari barcha nuqtalarda bir xil bo'lsa, bunday magnit maydonga *bir jinsli maydon* deyiladi.

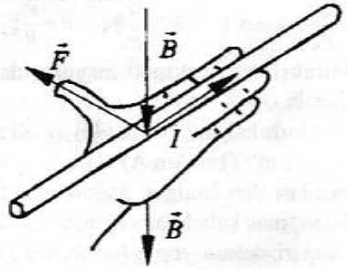
- **Magnit maydon kuchlanganligi:** $H = \frac{B_0}{\mu_0}$; $H = \frac{B}{\mu\mu_0}$; $H = I \cdot \frac{N}{l}$;
- Magnit maydon kuchlanganligining XBSdagi birligi A/m.
- Magnit maydon induksiyasining magnit maydon kuchlanganligiga bog'liqligi: $\vec{B} = \mu\mu_0\vec{H}$
- Elektr o'lchov asboblarining ishlash prinsipi-tokli o'tkazgichlar, tokli o'tkazgich va doimiy magnetiklar orasidagi o'zaro ta'sir kuchlarining mavjudligiga asoslangan.
- Elekr maydoni kuchlanganligi va induksiya: $E = B\vartheta Sin\alpha$ $E = B\vartheta$

109-§. Magnit maydonida tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuch. Chap qo'l qoidasi

- Magnit maydonida joylashgan tokli o'tkazgichga maydon tomonidan ta'sir etuvchi kuch *Amper kuchi* deyiladi.
- **Amper qonuni**: Bir jinsli magnit maydonidagi tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi $\vec{F}_A$ kuch o'tkazgichdan o'tayotgan tok kuchi I, o'tkazgich uzunligi l, magnit maydon induksiya vektori $\vec{B}$ va o'tkazgich bilan magnit induksiya chiziqlari orasidagi burchak α ning sinusiga ko'paytmasiga teng:

$$\vec{F}_A = IBl\sin\alpha$$

- Amper kuchi yo'nalishi chap qo'l qoidasi yordamida aniqlanadi.
- **Chap qo'l qoidasi:** Agar chap qo'lning kaftiga $\vec{B}$ induksiya vektorining perpendikulyar tashkil etuvchisini tik tushadigan qilib, ko'rsatgich barmoqlar yo'nalishini tokning yo'nalishi bilan mos qilib yoysak, 90^0 ga burilgan bosh barmoq o'tkazgichga ta'sir qiluvchi Amper kuchining yo'nalishini ko'rsatadi.
- Agar o'tkazgich magnit induksiya chiziqlari bo'ylab joylashgan bo'lsa, unga Amper kuchi ta'sir qilmaydi yoki ta'sir etuvchi Amper kuchi nolga teng.



Rasm 98. Chap qo'l qoidasi: Amper kuchi uchun.

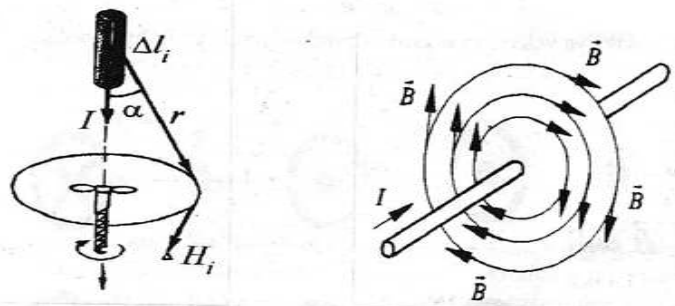
110-§. Bio-Savar-Laplas qonuni. Turli shakldagi tokli o'tkazgichlarning magnit maydon induksiyasi

- Turli shaklga ega bo'lgan o'tkazgichlardagi tokning magnit maydonlari Bio-Savar-Laplas qonuni yordamida o'rganiladi.
- **Bio-Savar-Laplas qonuni:** I tok o'tayotgan o'tkazgich $\Delta\ell$ elementini fazoning biror A nuqtasida hosil qilayotgan magnit maydoni induksiya vektori $\Delta\vec{B}$ quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta\vec{B} = \frac{\mu\mu_0 I\Delta\ell}{4\pi r^2}\sin\alpha$$

Bu yerda r o'tkazgichning $\Delta\ell$ elementidan qaralayotgan A nuqtagacha bo'lgan masofa, α esa $\vec{r}$ vektori bilan tok yo'nalishi orasidagi burchak, μ - muhitning magnit singdiruvchanligi.

- **$\Delta\vec{B}$ ning yo'nalishi o'ng parma qoidasi asosida topiladi:** Agar parmaning ilgarilanma harakati tokning yo'nalishi bilan mos kelsa, parma dastasining aylanma harakati magnit induksiya vektorining yo'nalishini ko'rsatadi.



Rasm 99. Magnit maydon induksiyasi va kuchlanganligi yo'nalishi (O'ng vint qoidasi)

- Turli shaklga ega bo'lgan tokli o'tkazgichlarning hosil qilayotgan magnit induksiyalari:

1. Cheksiz to'g'ri tok hosil qilgan magnit maydon induksiyasi: $B = \frac{\mu\mu_0}{4\pi}\frac{2I}{r}$

r-tokli o'tkazgichdan magnit maydoni hisoblanayotgan nuqtagacha bo'lgan masofa

2. Aylanma tokning magnit maydon induksiyasi: $B = \mu\mu_0\frac{I}{2r}$, r-aylana radiusi.
3. Tokli solenoid o'zagidagi magnit maydon induksiyasi: $B = \mu\mu_0 In$,

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

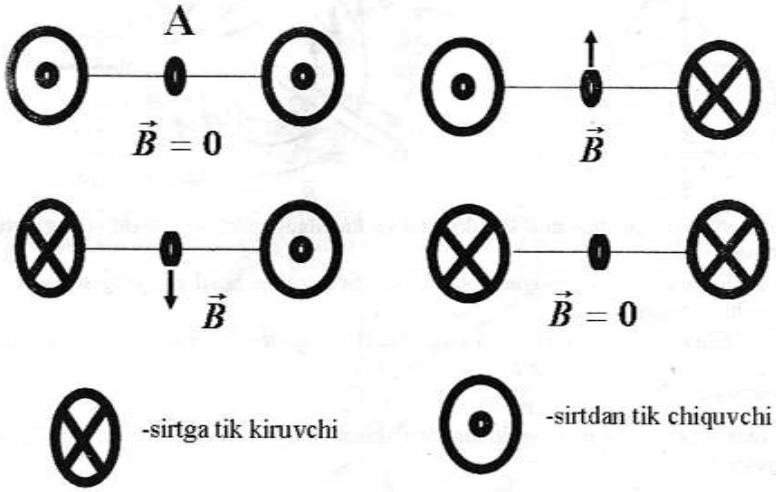
4. Tokli toroid (Markazlari aylana bo'ylab joylashgan bir xil aylana

shakldagi o'tkazgichlar sistemasi) ning magnit maydon induksiyasi:

$$B = \mu\mu_0 In = \mu\mu_0 I\frac{N}{2\pi R},$$

N-toroiddagi o'ramlar soni, R-toroid o'qining egrilik radiusi.

- **Magnit maydon uchun superpozitsiya prinsipi**: Magnit maydonni tokli o'tkazgichlar sistemasi hosil qilayotgan bo'lsa u holda fazoning biror nuqtasidagi natijaviy magnit maydonning induksiyasi har bir tokli o'tkazgichning o'sha nuqtada hosil qilgan magnit maydon induksiyalarining vektor yig'indisiga teng bo'ladi: $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \cdots + \vec{B}_n$
- **Natijaviy magnit maydon induksiyasi**
  1. Magnit induksiya vektorlari bir xil yo'nalishga ega bo'lsa: $B = B_1 + B_2$
  2. Magnit induksiya vektorlari qarama-qarshi yo'nalishga ega bo'lsa: $B = B_1 - B_2$
  3. Magnit induksiya vektorlari o'zaro perpendikulyar yo'nalishga ega bo'lsa:
  $$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2}$$
  4. Magnit induksiya vektorlari o'zaro α burchak ostida joylashgan bo'lsa:
  $$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2 + 2B_1B_2\cos\alpha}$$



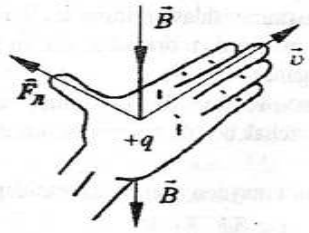
Rasm 100. Magnit induksiya yo'nalishlari.

- Ikkita bir xil kuchli (tok kuchlari bir xil), o'zaro parallel va sirtdan tik chiquvchi (bizga yo'nalgan) to'g'ri chiziqli toklarning o'rtasidagi nuqtada hosil bo'lgan magnit maydon induksiyasi nolga teng.

- Ikkita bir xil kuchli (tok kuchlari bir xil), o'zaro parallel va sirtga tik kiruvchi (bizdan yo'nalgan) to'g'ri chiziqli toklarning o'rtasidagi nuqtada hosil bo'lgan magnit maydon induksiyasi nolga teng.
- Ikkita bir xil kuchli (tok kuchlari bir xil), o'zaro parallel, bizdan chap tomondagisi sirtga tik kiruvchi (bizdan yo'nalgan) va bizdan o'ng tomondagisi sirtdan tik chiquvchi (bizga yo'nalgan) to'g'ri chiziqli toklarning o'rtasidagi nuqtada hosil bo'lgan magnit maydon induksiyasi pastga yo'nalgan.
- Ikkita bir xil kuchli (tok kuchlari bir xil), o'zaro parallel, bizdan chap tomondagisi sirtdan tik chiquvchi (bizga yo'nalgan) va bizdan o'ng tomondagisi sirtga tik kiruvchi (bizdan yo'nalgan) to'g'ri chiziqli toklarning o'rtasidagi nuqtada hosil bo'lgan magnit maydon induksiyasi yuqoriga yo'nalgan.

111-§. Magnit maydonida zaryadli zarrachaning harakati. Lorens kuchi

- Magnit maydonida harakatlanayotgan zaryadli zarraga shu maydon tomonidan ta'sir etuvchi kuchga *Lorens kuchi* deyiladi.
- **Lorens qonuni ta'rifi**: Bir jinsli magnit maydonida harakatlanayotgan zaryadli zarrachaga ta'sir etuvchi Lorens kuchi $\vec{F}_L$ zarrachaning zaryadi q ga, uning tezligi υ ga, magnit maydoni induksiya vektori $\vec{B}$ ga va $\vec{\upsilon}$ bilan $\vec{B}$ vektorlari orasidagi burchak sinusi ko'paytmasiga teng:
$$F_L = q\upsilon B\sin\alpha$$
- **Lorens kuchi yo'nalishi chap qo'l qoidasi yordamida aniqlanadi**: Agar chap qo'lning kaftiga magnit induksiyasi vektorining perpendikulyar tashkil etuvchisi tik tushadigan va ko'rsatkich barmoqlar yo'nalishi musbat zaryadning harakat yo'nalishi bilan bir xil bo'lsa, u holda 90^0 ga burilgan bosh barmoq Lorens kuchining yo'nalishini ko'rsatadi.



Rasm 101. Chap qo'l qoidasi: Lorens kuchi uchun

- Lorens kuchi zarraning tezligiga perpendikulyarligi uchun faqatgina zarraning harakat yo'nalishini o'zgartiradi. U zarra ustida ish bajarmaydi. Natijada zarracha aylana bo'ylab tekis harakatga keladi.

- Zaryadlangan zarracha magnit maydonga perpendikulyar yo'nalishda (tik) kirsa, aylana bo'ylab harakatlanadi.
- Magnit maydonidagi harakatlanayotgan zaryadli zarrachaning harakat traektoriyasining radiusi:

$$R=\frac{m\upsilon}{qB};\quad R=\frac{m\vartheta}{eB};\quad R=\frac{1}{B}\sqrt{\frac{2Um}{q}}$$

- Zaryadli zarraning aylanish davri va chastotasi:

$$T=\frac{2\pi m}{Bq};\quad T=\frac{2\pi m}{eB};\quad \nu=\frac{Bq}{2\pi m};\quad \nu=\frac{eB}{2\pi m};$$

- Zaryadning harakat tezligi: $\vartheta=\sqrt{\frac{2qU}{m}}$; $\vartheta=\sqrt{\frac{2eU}{m}}$;
- Zaryadlangan zarracha magnit maydonga burchak ostida kirsa, vintsimon traektoriya bo'ylab harakatlanadi.
- Zaryadlangan zarracha magnit maydonga maydon yo'nalishida yoki maydon yo'nalishiga qarshi kirsa, to'g'ri chiziqli traektoriya bo'ylab harakatlanadi.

112-§. Magnit oqimi

- Berilgan sirt orqali magnit *maydon induksiyasining oqimi* deb, magnit induksiya vektorining sirt normaliga proektsiyasining sirt yuzasi ko'paytmasiga teng bo'lgan fizik kattalikka aytiladi: $\Phi=B\cdot\Delta S\cdot\cos\alpha$
- Magnit oqimi skalyar kattalik.
- Biror sirt orqali magnit oqimi, shu sirt orqali o'tgan magnit induksiya chiziqlarining sonini xarakterlaydi.
- Yopiq sirt orqali magnit oqimi nolga teng, chunki unga kiradigan va undan chiqadigan kuch chiziqlaring soni teng.
- Magnit oqimining SIdagi birligi Veber. Bir Veber bir Tesla induksiyali bir jinsli magnit maydon kuch chiziqlariga perpendikulyar joylashtirilgan $1\,m^2$ yuzali sirtdan o'tadigan oqimidir.
- Elektr o'lchov asboblarining ishlash prinsipi-tokli o'tkazgichlar, tokli o'tkazgich va doimiy magnetiklar orasidagi o'zaro ta'sir kuchlarining mavjudligiga asoslangan.
- Magnit oqimi: $\Phi=BSCos\alpha$, bu yerda α – sirtning normali bilan induksiya chiziqlari orasidagi burchak bo'lib, bu burchak ortsa magnit oqimining qiymati kamayadi.
- Magnit oqimi va magnit maydon energiyasi orasidagi bog'liqlik:

$$\Phi=L\cdot I;\quad \Phi=\frac{2W_m}{I};\quad \Phi=\sqrt{2W_m\cdot L};$$

- Tokli o'tkazgichni magnit maydonida ko'chirishda bajarilgan ish:

$$A=IBl\Delta x;\quad A=I\Delta\Phi=I(\Phi_2-\Phi_1)$$

- Induksion tokning qiymati magnit oqimining o'zgarish tezligiga bog'liq.

- Agar zanjirda induksion tok hosil bo'lsa, demak bu elektr yurituvchi kuch (EYUK) mavjudligini bildiradi. Bu EYUKga *induksion EYUK* (ε_i) deyiladi
- Elektromagnit induksiya qonuni: $\varepsilon_i=-\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$;
- Induksion EYUK: $\varepsilon_i=-\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$;
- O'ramlar soni N ta bo'lgan g'altakda vujudga keluvchi induksion EYUK:

$$\varepsilon_i=\varepsilon_1 N=-N\cdot\frac{\Delta\Phi}{\Delta t};$$

- Magnit oqimining o'zgarish tezligi $\Delta\Phi/\Delta t$ bo'yicha g'altakdagi o'ramlar soni: $N=\frac{\varepsilon_i}{\Delta\Phi/\Delta t}$;

113-§. Muhitning magnit singdiruvchanligi. Dia-, para- va ferromagnitlar.

- Bir jinsli muhitdagi magnit induksiya vektori $\vec{B}$ ning kattaligi vakuumda, shu nuqtadagi $\vec{B}_0$ magnit induksiyasi vektorining kattaligidan son jihatdan farq qiladi. Muhitning magnit xossalarini xarakterlovchi:

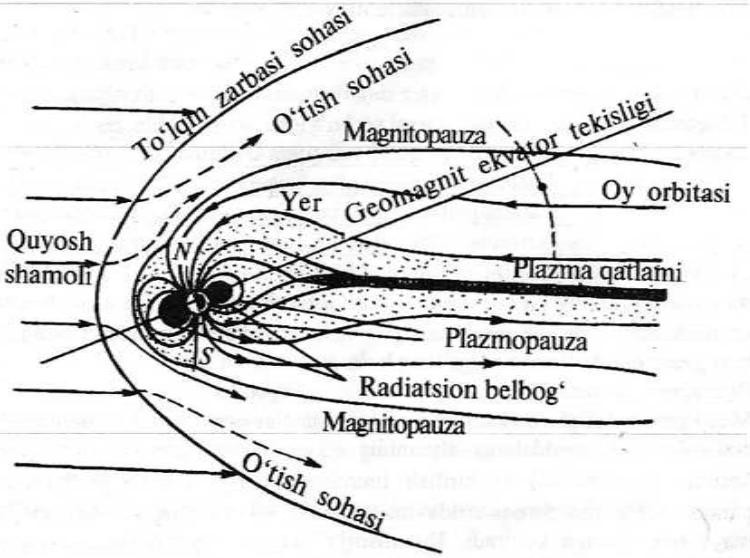
$$\frac{B}{B_0}=\mu$$

nisbat shu *muhitning nisbiy magnit singdiruvchanligi* deyiladi.
- Tabiatdagi moddalar magnit xossalari bo'yicha, shu modda nisbiy magnit singdiruvchanligining qiymatiga qarab uch turga bo'linadi:

Diamagnitlar	$\mu\le 1$
Paramagnitlar	$\mu\ge 1$
Ferromagnitlar	$\mu>>1$

- Magnit maydonni zaiflashtiruvchi moddalar *diamagnit moddalar* deyiladi va bu moddalarga suv ($\mu=0{,}999991$), oltin ($\mu=0{,}999961$), kumush ($\mu=0{,}999984$) va boshqalarni kiritish mumkin. Diamagnit moddalarning magnit momenti tashqi maydon bo'lmasa nolga teng bo'ladi.
- Diamagnetiklar xususiyatlari temperaturaga bog'liq emas
- Maydonni oz miqdorda kuchaytiruvchi moddalar *paramagnit moddalar* deb atalib, bunday moddalarga alyuminiy ($\mu=1{,}000023$), qalay ($\mu=1{,}0000022$), volfram ($\mu=1{,}000176$) ni kiritish mumkin. Magnit maydonga kiritilgan paramagnitlar maydon ta'sirida magnitlanadi va o'zining xususiy magnit maydonini yuzaga keltiradi. Bu xususiy magnit maydon tashqi maydon yo'nalishiga mos keladi va uni kuchaytiradi. Tashqi maydon olib tashlanganda esa yana magnitsizlanadi.
- Paramagnit moddalar tashqi magnit maydon bo'lmasa ham, molekulalarining magnit momentlari noldan farqli jismlar.
- Paramagnetiklarning magnitlanishi temperaturaga bog'liq bo'lib, temperatura ortishi bilan magnit singdiruvchanligi kamayadi.

- Magnit maydonni juda ham kuchaytirib yuboradigan moddalar *ferromagnitlar* deyiladi. Ferromagnitlarga kobalt ($\mu = 175$), nikel ($\mu = 1120$)larni kiritish mumkin.
- Ferromagnit moddalarda tashqi maydon bo'lmasa ham, magnit momentlari bir tomonga yo'nalgan katta miqdordagi atomlarni o'z ichiga olgan sohalar - *demonlar* mavjud bo'ladi.
- Har bir ferromagnetik modda *Kyuri nuqtasi* (T_k) deb ataladigan aniq bir temperaturada o'zining ferromagnetik xususiyatini yo'qotadi. Temir uchun T_k=1043 K, nikel uchun T_k=631 K. Kyuri temperaturasidan katta temperaturada ferromagnetik oddiy parramagnit moddaga aylanadi.
- Magnit disklari va lentalariga axborotlarni yozib olish, ulardagi magnit tayoqchalarning tashqi maydon ta'sirida ma'lum tartibda joylashib qolishiga asoslangan.
- Magnit lentalari polixlorvinil yoki boshqa moddalardan ishlangan yumshoq asosdan iborat. Unga magnitlanadigan ishchi qatlam surkaladi. Bu qatlam ferromagnit moddalardan juda mayda ninachalar (magnit tayoqchalari) tarzida ishlangan zarralardan va ularni bog'lovchi moddadan iborat bo'ladi.



Rasm 102. Yerning magnitosferasi va uning quyosh shamoli bilan o'zaro ta'siri.

- *Magnitosfera* deb Yerning xususiy magnit maydoni bilan aniqlanuvchi Yer atrofidagi ma'lum fazoga aytilib, uning xossalari, o'lchamlari va shakli quyoshdan keluvchi zaryadlangan zarralar oqimi, ya'ni quyosh shamoli bilan

o'zaro ta'siri asosida aniqlanadi. Magnitosfera quyosh shamolidan Yerni himoya qiladi.

- *Quyosh shamoli*- quyosh tojining sayoralararo bo'shliqdagi plazmadan iborat doimiy radial oqimidir. Uning tarkibi, asosan, protonlardan iborat bo'lib, oz miqdorda geliy yadrosi, kislorod, kremniy, oltingugurt, temir ionlari mavjud. Ular Yer orbitasiga juda katta tezlik bilan yetib kelishadi (protonlarning tezligi $300-750\,km/sek$).
- Yer magnit maydonining qutblarida yorug' (shaffof joy) mavjud bo'lib, unga quyosh shamolining zarralari kirishi mumkin. Bu zarralar qutb yog'dusini vujudga keltiradi.

114-§. Elektromagnit induksiya qonuni. Induksion EYUK

- Magnit maydon kattaligining o'zgarishi bilan bog'liq ravishda elektr tokining hosil bo'lishi *elektromagnit induksiya* hodisasi deyiladi.
- Yopiq konturni o'rab turgan magnit oqimi o'zgarishi natijasida konturda vujudga keladigan tok *induksion tok* deyiladi.
- Induksion tokning qiymati magnit oqimining o'zgarish tezligiga bog'liq.
- Agar zanjirda induksion tok hosil bo'lsa, demak bu elektr yurituvchi kuch (EYUK) mavjudligini bildiradi. Bu EYUKga *induksion EYUK* (ε_i) deyiladi
- Elektromagnit induksiya qonuni: $\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$, Bu formuladagi "-" ishora Lens qoidasiga asosan induksion tok yo'nalishini bildiradi.
- Elektromagnit induksiya jarayonida yuzaga keluvchi induksion tokning yo'nalishi **Lens qoidasi** asosida aniqlanadi: Konturda vujudga keladigan induksion tok shunday yo'nalishga egaki, uning magnit maydoni shu induksion tokni vujudga keltirgan magnit oqimining o'zgarishiga to'sqinlik qiladi.
- Induksion EYUK: $\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$; $\varepsilon_i = n \cdot \varepsilon_o$; $\varepsilon_i = \frac{A}{q}$
- O'ramlar soni N ta bo'lgan g'altakda vujudga keluvchi induksion EYUK:

$$\varepsilon_i = \varepsilon_1 N = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

- Uyurmali elektr maydoni potensial maydon emas, ya'ni birlik musbat zaryadni yopiq kontur bo'ylab ko'chirishda bajarilgan ish nolga teng bo'lmasdan induksion EYUKga teng bo'ladi.
- Magnit oqimining o'zgarish tezligi $\Delta\Phi/\Delta t$ bo'yicha g'altakdagi o'ramlar soni: $N = \frac{\varepsilon_i}{\Delta\Phi/\Delta t}$;
- Fuko toki: $I_\Phi = \frac{\varepsilon_i}{R}$
- Bir jinsli magnit maydonida o'zgarmas υ tezlik bilan harakatlanayotgan l uzunlikdagi o'tkazgichda hosil bo'ladigan induksion EYUK: $\varepsilon_i = \upsilon B l \sin\alpha$

Bu yerda α magnit maydon induksiya vektori bilan o'tkazgichning tezlik vektori orasidagi burchak.

- S yuzali, N ta o'ramga ega bo'lgan ramka magnit maydonida o'zgarmas ω siklik chastota bilan aylanayotganda yuzaga keluvchi induksion EYUK:

$$\varepsilon_i = \omega NBS\sin(\omega \cdot t); \qquad \varepsilon_i = 2\pi\nu NBS\sin(\omega \cdot t)$$

- Induksion EYUKning maksimal qiymati:

$$\varepsilon_{i0} = \omega NBS; \qquad \varepsilon_{i0} = 2\pi\nu NBS; \qquad \varepsilon_{i0} = \frac{2\pi}{T}NBS;$$

- Qarshiligi R ga teng bo'lgan o'tkazgichli konturda yuzaga keluvchi induksion tok:

$$I_i = \frac{\varepsilon_i}{R}; \qquad I_i = \frac{1}{R}\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}; \qquad I_i = \frac{N}{R}$$

- Magnit maydonda induksiya vektoriga nisbatan tik ravishta ϑ tezlik bilan harakat qilayotgan to'g'ri o'tkazgichdagi induksion tok:

$$I_i = \frac{\vartheta BS}{\rho}$$

- Konturdagi induksion magnit oqimi: $\Phi_m = L \cdot I$
- Elektr o'lchov asboblarining ishlash prinsipi-tokli o'tkazgichlar, tokli o'tkazgich va doimiy magnetiklar orasidagi o'zaro ta'sir kuchlarining mavjudligiga asoslangan.
- Tokli o'tkazgichni magnit maydonida ko'chirishda bajarilgan ish:

$$A = IBl\Delta x; \quad A = I\Delta\Phi = I(\Phi_2 - \Phi_1)$$

115-§. Lens qoidasi. O'zinduksiya hodisasi

- Yopiq konturni o'rab turgan magnit oqimi o'zgarishi natijasida konturda vujudga keladigan tok *induksion tok* deyiladi.
- Elektromagnit induksiya qonuni: $\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$, Bu formuladagi "-" ishora Lens qoidasiga asosan induksion tok yo'nalishini bildiradi.
- Elektromagnit induksiya jarayonida yuzaga keluvchi induksion tokning yo'nalishi **Lens qoidasi** asosida aniqlanadi: Konturda vujudga keladigan induksion tok shunday yo'nalishga egaki, uning magnit maydoni shu induksion tokni vujudga keltirgan magnit oqimining o'zgarishiga to'sqinlik qiladi.
- Berk konturga doimiy magnit kiritilganda yoki chiqarilganda (yaqinlashtirilganda yoki uzoqlashtirilganda) hosil bo'ladigan tok yo'nalishi Lens va parma qoidalari asosida aniqlanadi.
- Magnitning ixtiyoriy qutbi berk konturga yaqinlashtirilganda ular bir-birini itarishadi, uzoqlashtirilganda esa bir-biriga tortiladi.

- Magnitning janubiy qutbi berk konturga yaqinlashtirilsa berk kontur magnitdan qochadi.
- Magnitning shimoliy qutbi berk konturga yaqinlashtirilsa berk kontur magnitdan qochadi.
- Magnitning janubiy qutbi berk konturdan uzoqlashtirilsa berk kontur magnitga tortiladi.
- Magnitning shimoliy qutbi berk konturdan uzoqlashtirilsa berk kontur magnitga tortiladi.
- Magnitning ixtiyoriy qutbi ochiq konturga yaqinlashtirilganda ham, uzoqlashtirilsa ham u joyida turadi.
- Uchta bir xil to'g'ri magnit vertikal holda bir xil balandlikdan tushmoqda. Birinchi magnit erkin tushmoqda, ikkinchsi tushayotib uzilgan solenoid, uchinchisi esa berk solenoid orqali o'tadi. Berk solenoidda Lens qoidasiga asosan hosil bo'ladigan magnit maydon, unga magnitning kirishiga ham, kirgandan keyin chiqishiga ham qarshilik ko'rsatgani uchun uchinchi magnit birinchi va ikkinchi magnitdan keyin tushadi. Ikkinchi uzilgan solenoiddan magnit o'tayotganda solenoid magnitga umuman ta'sir qilmaydi va u erkin tushadi: $t_1 = t_2 < t_3$
- Zanjirdagi tokning o'zgarishi natijasida shu zanjirning o'zida induksiyalangan EYUKning vujudga kelishiga <u>o'zinduksiya hodisasi</u> deyiladi. O'zinduksiya hodisasi elektromagnit induksiya hodisasining xususiy holidir, ya'ni konturdagi xususiy magnit oqimining o'zgarishi natijasida o'zinduksiya EYUK vujudga keladi.
- Bir-biridan unchalik uzoq joylashmagan ikki konturlardan biri orqali o'tayotgan tok kuchining o'zgarishi natijasida ikkinchi konturda induksiya elektr yurituvchi kuchining vujudga kelish hodisasi *o'zaro induksiya* hodisasi deyiladi.
- Konturda hosil bo'lgan o'zinduksiya EYUK: $\varepsilon = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$; $\varepsilon = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$;

  Bu yerda $\Delta I / \Delta t$ – konturdagi tokning o'zgarish tezligi.

116-§. Induktivlik

- **Induktivlik** (lot. inductio, uyg'otmoq) faqatgina konturni xarakterlovchi kattalik bo'lib, uning magnit maydonni vujudga keltira olish qobiliyatini ko'rsatadi va konturdan oquvchi tok kuchiga mutloqo bog'liq emas.
- Induktivlik birligi sifatida Genri (H) qabul qilingan, u shunday konturning induktivligiki, undan 1A tok oqqanda hosil bo'ladigan magnit oqimi 1Wb ga teng bo'ladi: $1H = \frac{1Wb}{1A}$.
- Induktivlik faqat konturning geometrik shakli, o'lchamlari va unga kiritilgan moddaning magnit singdiruvchanligiga bog'liqdir. U tok kuchiga va magnit oqimiga umuman bog'liq emas.

- G'altakdagi induksion EYUKning maksimal qiymati: $\varepsilon_{i0} = \omega L I_0$
- Uzunligi ℓ va ko'ndalang kesim yuzi S bo'lgan bo'shliqda turgan solenoidning induktivligi:

$$L = \frac{\Phi}{I}; \quad L = \frac{\mu\mu_o N^2 S}{l}; \quad n = \frac{N}{l}; \quad L = \mu\mu_o n^2 V;$$

- Konturdagi induksion magnit oqimi: $\Phi_{in} = L \cdot I$

Bu yerda N-solenoiddagi to'liq o'ramlar soni. Agar solenoidning ichiga temir o'zak kiritilsa, solenoidning induktivligi μ marta ortadi.

- L_1 va L_2 induktiv g'altaklari ketma-ket ulansa umumiy induktivlik: $L = L_1 + L_2$
- L_1 va L_2 induktiv g'altaklari parallel ulansa umumiy induktivlik: $\frac{1}{L} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$
- Konturda hosil bo'lgan o'zinduksiya EYUK: $\varepsilon = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$; $\varepsilon = -N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$;

Bu yerda $\Delta I / \Delta t$ – konturdagi tokning o'zgarish tezligi.

- Magnit oqimining o'zgarish tezligi $\Delta\Phi / \Delta t$ bo'yicha g'altakdagi o'ramlar soni: $N = \frac{\varepsilon_i}{\Delta\Phi / \Delta t}$;

117-§. Magnit maydon energiyasi va energiya zichligi

- Elektr toki oqayotgan o'tkazgichning atrofida doimo magnit maydon mavjud bo'ladi. Bu magnit maydoni tok bilan birga paydo bo'ladi va birga yuqoladi. Magnit maydoni energiyaga ega. Bu energiya uni vujudga keltirishdagi bajarilgan ishga teng.
- G'altak magnit maydon energiyasi: $W_M = \frac{LI^2}{2}$; $W_M = \frac{B^2 V}{2\mu\mu_o}$; $W_M = \frac{\Phi I}{2}$;

$$W_M = \frac{\Phi^2}{2L}; \quad W_M = \frac{1}{2}\mu\mu_o n^2 I^2 V; \quad W_M = \frac{1}{2}\mu\mu_o (\frac{N}{l})^2 I^2 V; \quad W_M = \frac{1}{2} B^2 V / \mu\mu_o;$$

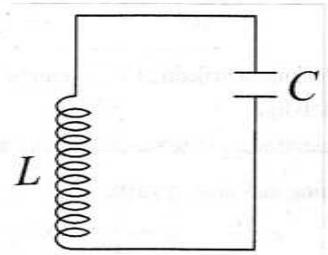
- Magnit maydon energiya zichligi:

$$\omega_M = \frac{W_M}{V}; \quad \omega_M = \frac{1}{2} \cdot \frac{B^2}{\mu\mu_o}; \quad \omega_M = \frac{1}{2}\mu\mu_o n^2 I^2; \quad \omega_M = \frac{1}{2}\mu\mu_o (\frac{NI}{l})^2;$$

- Magnit oqimi: $\Phi = L \cdot I$; $\Phi = \frac{2W_M}{I}$; $\Phi = \sqrt{2W_M \cdot L}$;
- Magnit maydonning energiyasi fazoda mujassamlashgan bo'ladi.

118-§. Tebranish konturida tebranish davri va chastotasi

- Zanjirda zaryad miqdorining (yoki tok kuchining) va kuchlanishning davriy ravishda o'zgarib turishiga *elektromagnit tebranish* deyiladi.
- Elektromagnit tebranishlar sinus yoki kosinus qonuniga bo'ysunsa, bunday tebranishlar, *garmonik tebranishlar* deyiladi.
- Elektromagnit tebranishlarda elektr maydon energiyasini magnit maydon energiyasiga va aksincha, magnit maydon energiyasini elektr maydon energiyasiga davriy ravishda aylanib turishi kuzatiladi.
- Kondensator (C) va g'altak (L)dan iborat bo'lgan zanjirga *tebranish konturi* deyiladi.



Rasm 103. Tebranish konturi

- Elektromagnit tebranish kondensator va g'altakdan iborat bo'lgan berk zanjirda yuzaga keladi. Kondensatorda elektr maydon energiyasi yuzaga keladi, g'altakda magnit maydon energiyasi hosil bo'ladi.
- Tebranish konturida elektromagnit tebranishlar tenglamasi: $Q = -\frac{1}{LC} q$
- Tebranish konturi uchun Tomson formulasi

$$T = 2\pi\sqrt{LC}; \quad \nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}; \quad \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

T-tebranish davri; ν-tebranish chastotasi ; ω-siklik chastotasi

119-§. Tebranish konturida energiyaning saqlanish qonuni

- Elektromagnit tebranishlarda elektr maydon energiyasini magnit maydon energiyasiga va aksincha, magnit maydon energiyasini elektr maydon energiyasiga davriy ravishda aylanib turishi kuzatiladi.
- Elektromagnit tebranishlarda elektr maydon energiyasining maksimal qiymati magnit maydon energiyasining maksimal qiymatiga teng bo'ladi:

$$W_{elektr}^{max} = W_{magnit}^{max}$$

- Elektromagnit tebranishlarda elektromagnit maydonning to'la energiyasi o'zgarmas bo'lib, uning qiymati, magnit maydon yoki elektr maydon energiyasining eng katta qiymatiga teng bo'ladi:

$$W^{to'la} = W_{elektr}^{max} = W_{magnit}^{max} = \text{const}$$

$$W^{to'la} = W_{elektr}^{max} + W_{magnit}^{max} = \text{const}$$

- Elektromagnit tebranish kondensator va g'altakdan iborat bo'lgan berk zanjirda yuzaga keladi. Kondensatorda elektr maydon energiyasi yuzaga keladi, g'altakda magnit maydon energiyasi hosil bo'ladi.
- Tebranish konturida elektr maydon energiyasining eng katta (maksimal) qiymati: $W_{elektr}^{max}=\frac{q_0^2}{2C}$; $W_{elektr}^{max}=\frac{CU_0^2}{2}$; $W_{elektr}^{max}=\frac{q_0U_0^2}{2}$;

  q_0-kondensatordagi zaryadning maksimal yoki amplituda qiymati, U_0 - kondensatordagi kuchlanishning maksimal yoki amplituda qiymati, C- kondensatorning elektr sig'imi
- Tebranish konturida magnit maydon energiyasining eng katta (maksimal) qiymati: $W_{magnit}^{max}=\frac{LI_0^2}{2}$

  I_0-g'altakdagi tok kuchining maksimal yoki amplituda qiymati, L-g'altakning induktivligi
- Tebranish konturida elektromagnit tebranishlar tenglamasi: $Q=-\frac{1}{LC}q$
- Kondensator zaryadining maksimal qiymati:

  $q_0=I_0\sqrt{LC}$; $q_0=\frac{T}{2\pi}I_0$; $q_0=\frac{I_0}{\omega}$; $q_0=\frac{I_0}{2\pi\nu}$; $q_0=\frac{LI_0^2}{U_0}$; $q_0=\sqrt{2CW_{max}}$;
- Kondensatordagi kuchlanishni maksimal qiymati:

  $U_0=\omega\cdot LI_0$; $U_0=2\pi\nu LI_0$; $U_0=2\pi LI_0/T$;

  $U_0=I_0\cdot\sqrt{\frac{L}{C}}$; $U_0=\frac{LI_0^2}{q_0}$; $U_0=\sqrt{\frac{2W_{max}}{C}}$;
- G'altakdagi tok kuchini maksimal qiymati:

  $I_0=\frac{q_0}{\sqrt{LC}}$; $I_0=U_0\sqrt{\frac{C}{L}}$; $I_0=\sqrt{\frac{q_0U_{0C}}{L}}$;

  $I_0=\omega\cdot q_0$; $I_0=2\pi\nu q_0$; $I_0=\frac{2\pi q_0}{T}$; $I_0=\sqrt{\frac{2W_{max}}{L}}$;

120-§. O'zgaruvchan elektr toki

- Vaqt davomida o'zgarib turadigan elektr tokiga *o'zgaruvchan tok* deyiladi.
- Tebranish konturida qaror topgan majburiy elektromagnit tebranishlarni zanjirda oqayotgan tokni o'zgaruvchan elektr toki sifatida qarash mumkin.
- Xalq xo'jaligida istemol qilinadigan o'zgaruvchan tok, o'zgaruvchan tok generatorlarida hosil qilinadi va garmonik qonunga muvofiq o'zgaradi.
- O'zgaruvchan tok generatorlarida mexanik energiya elektromagnit induksiya hodisasidan foydalanilib elektr energiyaga aylantiriladi.
- Mexanik energiyani elektromagnit induksiya hodisasi yordamida elektr energiyaga aylantirib beruvchi mashinalar induksion generatorlar deyiladi.
- O'zgaruvchan EYK va tok kuchining bir marta to'la tebranishi uchun sarflanadigan vaqtga o'zgaruvchan tokning davri, bir sekunddagi to'la tebranishlar soniga esa o'zgaruvchan tokning chastotasi deyiladi.

- O'zgaruvchan tokda zaryad va tok kuchining o'zgarish qonuni:

  $q=q_0\sin(\omega\cdot t+\varphi_0)$; $i=I_0\cos(\omega\cdot t+\varphi_0)$; $q=q_0\sin(2\pi\nu\cdot t+\varphi_0)$;

  $i=I_0\cos(2\pi\nu\cdot t+\varphi_0)$; $q=q_0\sin\left(\frac{2\pi}{T}\cdot t+\varphi_0\right)$; $i=I_0\cos\left(\frac{2\pi}{T}\cdot t+\varphi_0\right)$

  q_0 – zaryadning amplituda qiymati, I_0 – tok kuchining amplituda qiymati, φ_0 – boshlang'ich faza.
- t vaqtdagi fazani topish: $\omega\cdot t+\varphi_0$ yoki $2\pi\nu\cdot t+\varphi_0$
- Elektr energiyasini to'lig'icha energiyaning qaytarib bo'lmaydigan boshqa turlariga aylantiruvchi qurilmalar *aktiv nagruzka*, ularning qarshiligi esa *aktiv qarshilik* deyiladi.
- O'zgaruvchan tok zanjirida rezistor – R:

  $i=I_0\cos\omega t$; $u=U_0\cos\omega t$; $P=I_0U_0\cos^2\omega t$;

  i – tok kuchini oniy qiymati, u – kuchlanishning oniy qiymati, P – quvvatning oniy qiymati.

  $R=\frac{u}{i}$; $R=\frac{U_0}{I_0}$; R- zanjirning aktiv qarshiligi.
- Tok kuchi va kuchlanishning effektiv yoki ta'sir etuvchi (U_{ef}, I_{ef}) qiymati:

  $I_{ef}=\frac{I_0}{\sqrt{2}}$; $I_{ef}=\frac{U_{ef}}{R}$; $U_{ef}=\frac{U_0}{\sqrt{2}}$; $U_{ef}=I_{ef}R$;
- Tok kuchi va kuchlanish amplituda qiymati:

  $I_0=\sqrt{2}\cdot I_{ef}$; $I_0=\frac{U_0}{R}$; $U_0=\sqrt{2}\cdot U_{ef}$; $U_0=I_0\cdot R$;
- Aktiv qarshilikda tok kuchi va kuchlanish bir xil fazada tebranadi, fazalar farqi: $\Delta\varphi=0$
- Aktiv qarshilikda o'zgaruvchan tok quvvatining o'rtacha qiymati:

  $P_{o'r}=\frac{I_0U_0}{2}$; $P_{o'r}=\frac{I_0^2R}{2}$; $P_{o'r}=\frac{U_0^2}{2R}$; $P_{o'r}=I_{ef}U_{ef}$;
- Aktiv qarshilikda o'zgaruvchan tokning bajargan ishi:

  $A=I_{ef}U_{ef}t$; $A=I_{ef}^2Rt$; $A=\frac{U_{ef}^2}{R}t$; $A=\frac{I_0U_0}{2}t$; $A=\frac{I_0^2}{2}Rt$; $A=\frac{U_0^2}{2R}t$;
- Aktiv qarshilikdan o'zgaruvchan tok o'tganda ajralib chiqqan issiqlik miqdori:

  $Q=I_{ef}U_{ef}t$; $Q=I_{ef}^2Rt$; $Q=\frac{U_{ef}^2}{R}t$; $Q=\frac{I_0U_0}{2}t$; $Q=\frac{U_0^2}{2R}t$;
- Kondensator o'zgarmas tokni o'tkazmaydi, o'zgaruchan tokka qarshilik ko'rsatadi. O'zgaruvchan tokka kondensatorning ko'rsatadigan qarshiligi *sig'im qarshilik* deyiladi.
- O'zgaruvchan tok zanjirida kondensator – C:

  $u=U_0\cos\omega t$; $i=-I_0\sin\omega t=I_0\cos\left(\omega t+\frac{\pi}{2}\right)$; $P=-\frac{I_0U_0}{2}\sin(2\omega t)$; $P_{o'r}=0$;
- Kondensatorda quvvat ajralmaydi: $P=0$;
- Kondensator sig'im qarshiligi – X_C:

$$X_C = \frac{1}{\omega C}; \qquad X_C = \frac{1}{2\pi\nu C}; \qquad X_C = \frac{T}{2\pi C};$$

- Tok kuchi va kuchlanishning amplitudalari:

$$I_0 = \frac{U_0}{X_C}; \qquad I_0 = \omega C U_0; \qquad I_0 = 2\pi\nu C U_0; \qquad U_0 = I_0 X_C;$$

$$U_0 = \frac{I_0}{\omega C}; \qquad U_0 = \frac{I_0}{2\pi\nu C}; \qquad U_0 = \frac{I_0 T}{2\pi C}; \qquad I_0 = \frac{2\pi C U_0}{T}$$

- Induktiv g'altakning o'zgaruvchan tokka ko'rsatadigan qo'shimcha qarshiligi *induktiv qarshilik* deyiladi.
- O'zgaruvchan tok zanjirida g'altak –L.

$$u = U_0 \cos\omega t; \qquad i = I_0 \sin\omega t = I_0 \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right); \qquad P = \frac{I_0 U_0}{2}\sin(2\omega t); \qquad P_{o'r} = 0;$$

i – tok kuchining oniy qiymati, u – kuchlanishning oniy qiymati, P – quvvatning oniy qiymati.

- G'altakda quvvat ajralmaydi - $P = 0$.
- G'altakning induktiv qarshiligi – X_L:

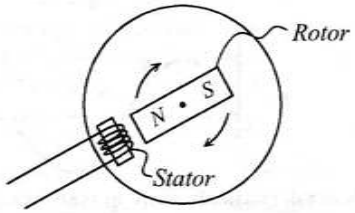
$$X_L = \omega L; \qquad X_L = 2\pi\nu L; \qquad X_L = \frac{2\pi L}{T};$$

- G'altakda o'z induksion EYUK ning maksimal qiymati: $\varepsilon_{i0} = \omega L I_0$
- Tok kuchi va kuchlanishning amplituda qiymatlari:

$$I_0 = \frac{U_0}{X_L}; \qquad I_0 = \frac{U_0}{\omega L}; \qquad I_0 = \frac{U_0}{2\pi\nu L}; \qquad U_0 = I_0 X_L; \qquad U_0 = \omega L I_0;$$

$$U_0 = 2\pi\nu L I_0; \qquad U_0 = \frac{2\pi L I_0}{T}; \qquad I_0 = \frac{U_0 T}{2\pi L};$$

- Kondensator va g'altakda quvvat ajralmaydi shu sababdan ular qarshiligiga reaktiv (aktiv bo'lmagan) qarshiliklar deyiladi. Rezistorda esa quvvat ajraladi shu sababdan rezistor aktiv qarshilik deb ataladi.
- Zanjirdagi to'la quvvat aktiv qarshilik quvvatiga teng bo'ladi.
- O'zbekistonda o'zgaruvchan tokning standart texnik chastotasi 50 Hz ga teng. Bu, EYK va tok zanjirda o'z yo'nalishini sekundiga 100 marta o'zgartirishini bildiradi. Bunday tok past chastotali tok deyiladi.
- O'zgaruvchan tok induksion generatorining asosiy elementlari magnit maydon hosil qiluvchi induktor va EYK induksiyalana-digan o'tkazgich hisoblanadi.
- Induksiya EYK hosil qilish uchun o'tkazgich va magnit maydonning bir-biriga nisbatan ko'chishi muhim, shuning uchun amalda induktor aylanadigan qilinadi va uni *rotor* deyiladi, yakorni esa qo'zg'almas qilinadi va uni *stator* deyiladi.
- Rotorda bir juft magnit qutblari bo'lganda, rotorning aylanishi o'zgaruvchan tok chastotasi bilan mos keladi. Rotorda ikki juft magnit qutblari bo'lganda standart 50 Hz li o'zgaruvchan tokni hosil qilish uchun, uning aylanish chastotasi 25 ayl/s bo'lishi kerak.



Rasm 104. O'zgaruvchan tok generatori

- O'zgaruvchan tok chastotasi ν_T va rotor aylanish chastotasi ν_R va orasidagi bog'liqlik: $\nu_T = N \cdot \nu_R$, N – rotordagi juft magnit qutblar soni.
- Elektr energiyasini o'zgarmas magnit maydonida aylanma harakat qilayotgan ramkada hosil bo'ladi.
- Magnit maydonini bir juft magnit qutblari hosil qilayotgan bo'lsa tokning o'zgarish chastotasi ramkaning aylanish chastotasiga teng bo'ladi.
- Tokning o'zgarish chastotasining N marta oshirish uchun juft magnit qutblar sonini N marta oshirish kerak bo'ladi.
- Elektr energiyasini mexanik energiyaga aylantirish uchun ishlatiladigan qurilmalarga *elektrodvigatellar* deyiladi. Elektrodivigatellarning ishlash prinsipi quyidagicha: magnit maydonda joylashtirilgan ramka orqali elektr toki o'tkazilsa, unga aylantiruvchi moment ta'sir qiladi va ramka aylana boshlaydi.

121-§. Aktiv qarshilik

- Zaryad va tok kuchining o'zgarish qonuni:

$$q = q_0 \sin(\omega \cdot t + \varphi_0); \qquad i = I_0 \cos(\omega \cdot t + \varphi_0); \qquad q = q_0 \sin(2\pi\nu \cdot t + \varphi_0);$$

$$i = I_0 \cos(2\pi\nu \cdot t + \varphi_0); \qquad q = q_0 \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t + \varphi_0\right); \qquad i = I_0 \cos\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t + \varphi_0\right)$$

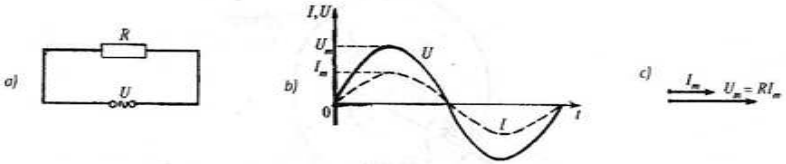
q_0 – zaryadning amplituda qiymati, I_0 – tok kuchining amplituda qiymati, φ_0 – boshlang'ich faza.

- t vaqtdagi fazani topish: $\omega \cdot t + \varphi_0$ yoki $2\pi\nu \cdot t + \varphi_0$
- Elektr energiyasini to'lig'icha energiyaning qaytarib bo'lmaydigan boshqa turlariga aylantiruvchi qurilmalar *aktiv nagruzka*, ularning qarshiligi esa *aktiv qarshilik* deyiladi.
- O'zgaruvchan tok zanjirida rezistor – R:

$$i = I_0 \cos\omega t; \qquad u = U_0 \cos\omega t; \qquad P = I_0 U_0 \cos^2 \omega t;$$

i – tok kuchini oniy qiymati, u – kuchlanishning oniy qiymati, P – quvvatning oniy qiymati.

$$R = \frac{u}{i}; \qquad R = \frac{U_0}{I_0};$$ R- zanjirning aktiv qarshiligi.



Rasm 105. O'zgaruvchan tok zanjirida aktiv qarshilikda (rezistorda) tok kuchi va kuchlanishning fazalari.

- Tok kuchi va kuchlanishning effektiv yoki ta'sir etuvchi (U_{ef}, I_{ef}) qiymati:

$$I_{ef} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}; \quad I_{ef} = \frac{U_{ef}}{R}; \quad U_{ef} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}; \quad U_{ef} = I_{ef}R;$$

- Tok kuchi va kuchlanish amplituda qiymati:

$$I_0 = \sqrt{2} \cdot I_{ef}; \quad I_0 = \frac{U_0}{R}; \quad U_0 = \sqrt{2} \cdot U_{ef}; \quad U_0 = I_0 \cdot R;$$

- Aktiv qarshilikda tok kuchi va kuchlanish bir xil fazada tebranadi, fazalar farqi: $\Delta\varphi = 0$
- Aktiv qarshilikda o'zgaruvchan tok quvvatining o'rtacha qiymati:

$$P_{o'r} = \frac{I_0 U_0}{2}; \quad P_{o'r} = \frac{I_0^2 R}{2}; \quad P_{o'r} = \frac{U_0^2}{2R}; \quad P_{o'r} = I_{ef} U_{ef};$$

- Aktiv qarshilikda o'zgaruvchan tokning bajargan ishi:

$$A = I_{ef} U_{ef} t; \quad A = I_{ef}^2 R t; \quad A = \frac{U_{ef}^2}{R} t; \quad A = \frac{I_0 U_0}{2} t; \quad A = \frac{I_0^2}{2} R t; \quad A = \frac{U_0^2}{2R} t;$$

- Aktiv qarshilikdan o'zgaruvchan tok o'tganda ajralib chiqqan issiqlik miqdori:

$$Q = I_{ef} U_{ef} t; \quad Q = I_{ef}^2 R t; \quad Q = \frac{U_{ef}^2}{R} t; \quad Q = \frac{I_0 U_0}{2} t; \quad Q = \frac{U_0^2}{2R} t;$$

- O'zgaruvchan tokning quvvati:

$$P = I_{ef} U_{ef} \cdot \cos\varphi; \quad P = \frac{1}{2} I_0 U_0 \cdot \cos\varphi; \quad P = I_R U_R;$$

$$\cos\varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}; \quad \cos\varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}};$$

$\cos\varphi$ – ga quvvat koeffitsiyenti deyiladi.
I_R, U_R – rezistor, ya'ni aktiv qarshilikdagi tok kuchi va kuchlanishlarning effektiv qiymatlari.

- $\cos\varphi$-elektr energiyaning qancha qismi boshqa tur energiyaga aylanishini ko'rsatadi. Shuning uchun $\cos\varphi$ *quvvatdan foydalanish koeffitsienti yoki quvvat koeffitsienti* deyiladi.
- Kondensator va g'altakda quvvat ajralmaydi shu sababdan ular qarshiligiga reaktiv (aktiv bo'lmagan) qarshiliklar deyiladi. Rezistorda esa quvvat ajraladi shu sababdan rezistor aktiv qarshilik deb ataladi.
- Zanjirdagi to'la quvvat aktiv qarshilik quvvatiga teng bo'ladi.

122-§. Induktiv qarshilik

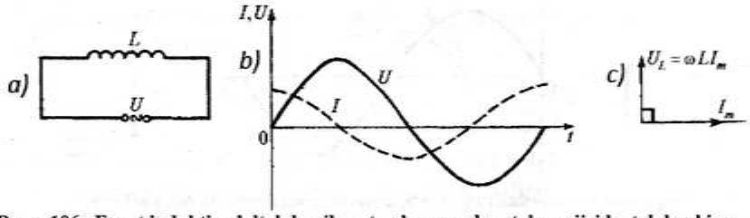
- Induktiv g'altakning o'zgaruvchan tokka ko'rsatadigan qo'shimcha qarshiligi *induktiv qarshilik* deyiladi.
- G'altakning induktiv qarshiligi – X_L:

$$X_L = \omega L; \quad X_L = 2\pi\nu L; \quad X_L = \frac{2\pi L}{T};$$

- G'altakda o'z induksion EYUK ning maksimal qiymati: $\varepsilon_{i0} = \omega L I_0$
- Tok kuchi va kuchlanishning amplituda qiymatlari:

$$I_0 = \frac{U_0}{X_L}; \quad I_0 = \frac{U_0}{\omega L}; \quad I_0 = \frac{U_0}{2\pi\nu L}; \quad U_0 = I_0 X_L; \quad U_0 = \omega L I_0;$$

$$U_0 = 2\pi\nu L I_0; \quad U_0 = \frac{2\pi L I_0}{T}; \quad I_0 = \frac{U_0 T}{2\pi L};$$



Rasm 106. Faqat induktiv g'altakdan iborat o'zgaruvchan tok zanjirida tok kuchi va kuchlanish fazalari

- O'zgaruvchan tok zanjirida g'altak –L.

$$u = U_0 \cos\omega t; \quad i = I_0 \sin\omega t = I_0 \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right); \quad P = \frac{I_0 U_0}{2} \sin(2\omega t); \quad P_{o'r} = 0;$$

i – tok kuchining oniy qiymati, u – kuchlanishning oniy qiymati, P – quvvatning oniy qiymati.

- G'altakda quvvat ajralmaydi - $P = 0$.
- G'altakdagi kuchlanish tok kuchidan $\pi/2$ faza oldinda yuradi.

Fazalar farqi – $\Delta\varphi$: $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_i = \frac{\pi}{2}$;

- Kondensator va g'altakda quvvat ajralmaydi shu sababdan ular qarshiligiga reaktiv (aktiv bo'lmagan) qarshiliklar deyiladi. Rezistorda esa quvvat ajraladi shu sababdan rezistor aktiv qarshilik deb ataladi.

123-§. Sig'im qarshilik

- Kondensator o'zgarmas tokni o'tkazmaydi, o'zgaruchan tokka qarshilik ko'rsatadi. O'zgaruvchan tokka kondensatorning ko'rsatadigan qarshiligi *sig'im qarshilik* deyiladi.
- O'zgaruvchan tok zanjirida kondensator – C:

$$u = U_0 \cos\omega t; \quad i = -I_0 \sin\omega t = I_0 \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right); \quad P = -\frac{I_0 U_0}{2} \sin(2\omega t); \quad P_{o'r} = 0;$$

- Kondensatorda quvvat ajralmaydi: $P = 0$;

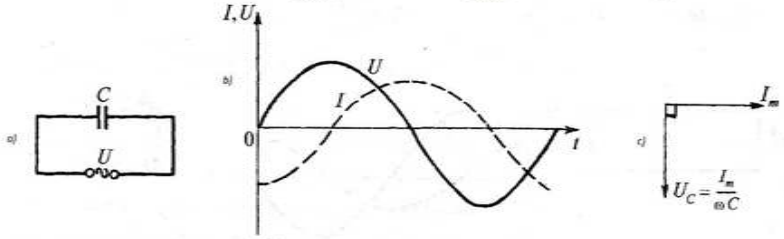
- Kondensatorda kuchlanish tok kuchidan $\pi/2$ faza orqada yuradi.
- Fazalar farqi $-\Delta\varphi$: $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_i = -\frac{\pi}{2}$
- Kondensator sig'im qarshiligi $-X_C$:

$$X_C = \frac{1}{\omega C}; \qquad X_C = \frac{1}{2\pi\nu C}; \qquad X_C = \frac{T}{2\pi C};$$

- Tok kuchi va kuchlanishning amplitudalari:

$$I_0 = \frac{U_0}{X_C}; \qquad I_0 = \omega C U_0; \qquad I_0 = 2\pi\nu C U_0; \qquad U_0 = I_0 X_C;$$

$$U_0 = \frac{I_0}{\omega C}; \qquad U_0 = \frac{I_0}{2\pi\nu C}; \qquad U_0 = \frac{I_0 T}{2\pi C}; \qquad I_0 = \frac{2\pi C U_0}{T}$$



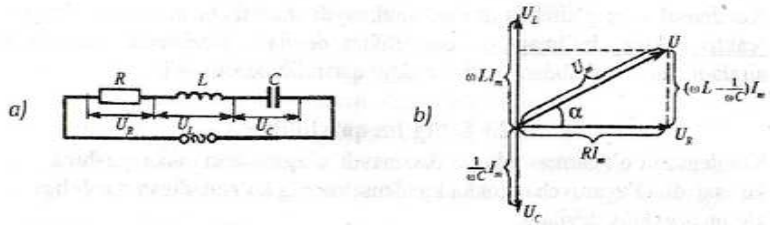
Rasm 107. Faqat kondensatordan iborat o'zgaruvchan tok zanjirida tok kuchi va kuchlanish fazalari

- Kondensator va g'altakda quvvat ajralmaydi shu sababdan ular qarshiligiga reaktiv (aktiv bo'lmagan) qarshiliklar deyiladi. Rezistorda esa quvvat ajraladi shu sababdan rezistor aktiv qarshilik deb ataladi.

124-§. O'zgaruvchan tokda umumiy qarshilik

- Ketma-ket ulangan rezistor, induktiv g'altak va kondensatordan iborat bo'lgan o'zgaruvchan tok zanjiri to'la qarshiligi:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}; \qquad Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}; \qquad Z = \frac{U_0}{I_0}; \qquad Z = \frac{U_{эф}}{I_{эф}};$$



Rasm 108. Ketma-ket ulangan rezistor, induktiv g'altak va kondensatordan iborat bo'lgan o'zgaruvchan tok zanjiri

- Tok kuchi va kuchlanish amplitudalari:

$$I_0 = \frac{U_0}{Z}; \qquad I_0 = \frac{U_0}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}; \qquad U_0 = Z \cdot I_0; \qquad U_0 = I_0 \cdot \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

- Tok kuchi va kuchlanishning effektiv yoki ta'sir etuvchi qiymati:

$$I_{ef} = \frac{U_{ef}}{Z}; \quad I_{ef} = \frac{U_{ef}}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}; \quad U_{ef} = Z \cdot I_{ef}; \quad U_{ef} = I_{ef} \cdot \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

- Ketma-ket ulangan rezistor, kondensator va g'altakdan iborat o'zgaruvchan tok zanjirida tok kuchi va kuchlanish:

$$i = I_0 \cos(\omega \cdot t - \varphi); \qquad u = U_0 \cos \omega t$$

- Ketma-ket ulangan rezistor, kondensator va g'altakdan iborat o'zgaruvchan tok zanjirida kuchlanish va tok kuchi orasidagi fazalar farqi:

$$\varphi = arctg \frac{\omega L - 1/\omega C}{R}; \qquad \varphi = arctg \frac{X_L - X_C}{R};$$

$$\varphi = \arccos \frac{R}{Z}; \qquad \varphi = \arccos \frac{R}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}};$$

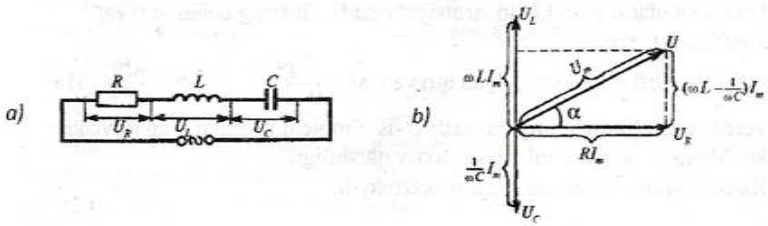
φ – kuchlanish va tok kuchi tebranishlari orasidagi fazalar farqi:
$X_L > X_C$ bo'lsa kuchlanish faza bo'yicha tokdan oldinda bo'ladi ($\varphi > 0$),
agar $X_L < X_C$, bo'lsa kuchlanish faza bo'yicha tokdan orqada bo'ladi ($\varphi < 0$).

- Zanjirdagi umumiy kuchlanish: $U_{um} = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$
U_{um} – zanjir umumiy kuchlanishi, $I_{um} = I_R$ - umumiy tok,
U_L – g'altakdagi kuchlanish, U_C – kondensatordagi kuchlanish.
- Agar zanjirda aktiv qarshilik (R) bo'lmasa: $U_{um} = U_L - U_C$;
- Agar zanjirda g'altak (L) bo'lmasa: $U_{um} = \sqrt{U_R^2 + U_C^2}$;
- Agar zanjirda kondensator (C) bo'lmasa: $U_{um} = \sqrt{U_R^2 + U_L^2}$;

125-§. Quvvat koeffitsienti

- Ketma-ket ulangan rezistor, induktiv g'altak va kondensatordan iborat bo'lgan o'zgaruvchan tok zanjiri to'la qarshiligi:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}; \qquad Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}; \qquad Z = \frac{U_0}{I_0}; \qquad Z = \frac{U_{эф}}{I_{эф}};$$



- Kondensator va g'altakda quvvat ajralmaydi shu sababdan ular qarshiligiga reaktiv (aktiv bo'lmagan) qarshiliklar deyiladi. Rezistorda esa quvvat ajraladi shu sababdan rezistor aktiv qarshilik deb ataladi.
- Ketma-ket ulangan rezistor, induktiv g'altak va kondensatordan iborat bo'lgan o'zgaruvchan tok zanjiri to'la quvvat aktiv qarshilik quvvatiga teng bo'ladi.
- O'zgaruvchan tokning quvvati:

$$P = I_{ef}U_{ef}\cdot\cos\varphi; \qquad P = \frac{1}{2}I_0U_0\cdot\cos\varphi; \qquad P = I_RU_R;$$

$$\cos\varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2+\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2}}; \qquad \cos\varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}};$$

$\cos\varphi$ – ga quvvat koeffitsiyenti deyiladi.

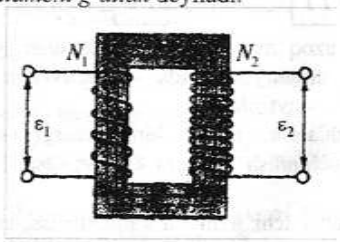
I_R, U_R – rezistor, ya'ni aktiv qarshilikdagi tok kuchi va kuchlanishlarning effektiv qiymatlari.

- $\cos\varphi$-elektr energiyaning qancha qismi boshqa tur energiyaga aylanishini ko'rsatadi. Shuning uchun $\cos\varphi$ *quvvatdan foydalanish koeffitsienti yoki quvvat koeffitsienti* deyiladi.
- Quvvat koeffitsientining kamayishi elektr stansiya quvvatidan to'liq foydalanmaslikka va zanjirdagi issiqlik isrofiga olib keladi.
- Kondensator va g'altakda quvvat ajralmaydi shu sababdan ular qarshiligiga reaktiv (aktiv bo'lmagan) qarshiliklar deyiladi. Rezistorda esa quvvat ajraladi shu sababdan rezistor aktiv qarshilik deb ataladi.
- Mexanik energiyani elektr energiyaga aylantiruvchi elektr mashinalari *o'zgaruvchan tok generatorlari* deyiladi.
- Elektr energiyasini mexanik energiyaga aylantirish uchun ishlatiladigan qurilmalarga *elektrodvigatellar* deyiladi. Elektrodivigatellarning ishlash prinsipi quyidagicha: magnit maydonda joylashtirilgan ramka orqali elektr toki o'tkazilsa, unga aylantiruvchi moment ta'sir qiladi va ramka aylana boshlaydi.
- Dvigatellar salt ishlaganda u induktiv nagruzka vazifasini bajaradi, shuning uchun $\cos\varphi$ kichik bo'ladi. Elektr dvigatellarining quvvat koeffitsientlarini oshirish uchun ularga parallel ravishda kondensator ulanadi. Kondensator va induktiv g'altak bir vaqtda ulansa qarama-qarshi faza siljishlari yuzaga keladi va ular o'zaro kompensatsiyalashadi. Shuning uchun quvvat koeffitsienti ortadi.
- Issiqlik isrofi orqali yo'qolgan quvvat: $\Delta P = \frac{P^2}{U^2\cos^2\varphi}\cdot R$; $\Delta P = \frac{\Delta P_0}{\cos^2\varphi}$ Bu yerda P-iste'molchining quvvati; U-iste'molchi ulangan o'zgaruvchan kuchlanish; R-iste'molchining aktiv qarshiligi.
- Kondensator o'zgarmas tokni o'tkazmaydi.

- Induktiv g'altak faqat o'tkazgich sifatida o'zgarmas tokka qarshilik ko'rsatadi.

126-§. Transformatorlar

- Katta quvvatli generatorlarda hosil bo'lgan elektr energiyasini uzoq masofalarga kam yuqotishlar bilan uzatish bilan birla kuchlanishni iste'molchiga moslab berish vazifasini transformatorlar bajaradi.
- Transformatorlar birinchi bo'lib rus olimlari P. Yablochkov (1847-1894) va I. Usaginlar (1855-1919) tomonidan yasalgan va amalda qo'llanilgan.
- O'zgaruvchan tokning chastotasini o'zgartirmasdan kuchlanishini o'zgartirib beruvchi asboblarga *transformatorlar* deyiladi va u elektromagnit induksiya hodisasiga asosan ishlaydi.
- *Transformator* o'zaro induktiv bog'langan ikkita g'altakdan tashkil topgan qurilmadir. Transformator o'zgaruvchan tok kuchini yoki kuchlanishini o'zgartirish maqsadida ishlatiladi.
- Transformator ikki yoki undan ortiq elektromagnit g'altakdan va berk po'lat o'zakdan iborat.
- Transformatorning manbaga ulangan g'altagi *birlamchi* iste'molchiga ulangan g'altagi *ikkilamchi g'altak* deyiladi.



Rasm 109. Transformator

- Transformatorning *transformatsiya koeffitsiyenti* (K) deb birlamchi g'altakdagi kuchlanish qiymatini ikkilamchi g'altakdagi kuchlanish qiymatiga nisbatiga teng bo'lgan kattalikka aytiladi:

$$K = \frac{U_1}{U_2}; \qquad K = \frac{N_1}{N_2}; \qquad K = \frac{I_2}{I_1};$$

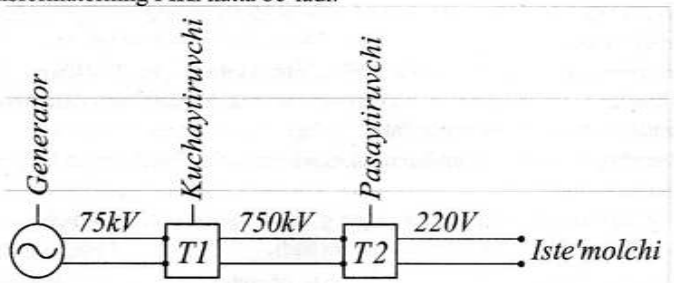
- Transformatorning birlamchi g'altagidagi kuchlanishining ikkilamchi g'altagidagi kuchlanishiga nisbati ulardagi tok kuchlarining teskari nisbatiga teng bo'ladi:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}; \qquad \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}; \qquad \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2};$$

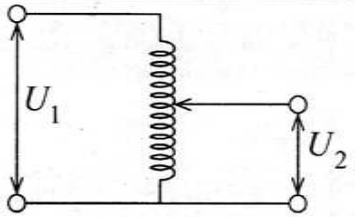
- Transformatorda kuchlanish n marta oshirilsa, tok kuchi n marta kamayadi.
- Transformatorda kuchlanish n marta kamaytirilsa, tok kuchi n marta ortadi.
- K>1 ya'ni $U_1 > U_2$, $N_1 > N_2$ $(I_2 > I_1)$ bo'lganida transformator pasaytiruvchi bo'ladi va u EYK pasaytirlib, tok kuchi ortiriladi. Bunday transformatorlar

yuqori kuchlanishli tokni qabul qilib, iste'molchini ta'minlash uchun ishlatiladi.

- K<1 ya'ni, $U_1 < U_2$, $N_1 < N_2$ $I_2 < I_1$ bo'lganida transformator kuchaytiruvchi bo'ladi. U o'zgaruvchi EYK ni ortirib, tok kuchini kamaytiradi. Bunday transformatorlar elektr energiyasini uzoq masofalarga uzatishda ishlatiladi.
- Transformator g'altaklaridagi quvvat: $P_1 = I_1U_1$; $P_2 = I_2U_2$
- Transformatorning foydali ish koeffitsiyenti: $\eta = \frac{P_2}{P_1}$; $\eta = \frac{I_2U_2}{I_1U_1}$;
- Kuchaytiruvchi transformatorda birlamchi g'altak, pasaytiruvchi transformatorda ikkilamchi g'altak simining ko'ndalang kesim yuzasi katta bo'lsa, transformatorning FIKi katta bo'ladi.



- Elektr energiyasini uzoq masofaga uzatishda energiya sarfini kamaytirish maqsadida transformator yordamida o'zgaruvchan tokning kuchlanishi oshirilib, tok kuchi kamaytiriladi.
- Uzatish liniyasida kuchlanish n marta oshirilsa, energiya sarfi n^2 marta kamayadi.
- Uzatish liniyasida kuchlanish n marta kamaytirilsa, energiya sarfi n^2 marta ortadi.
- Uzatish liniyasida tok kuchi n marta kamaytirilsa, energiya sarfi n^2 marta kamayadi.
- Uzatish liniyasida energiya sarfini n marta kamaytirish uchun, kuchlanishni $\sqrt{n}$ marta oshirish kerak.
- Radiotexnikada turli kuchlanishlarni hosil qiluvchi ko'p cho'lg'amli (3-6 cho'lg'amli) transformatorlar ham mavjud.

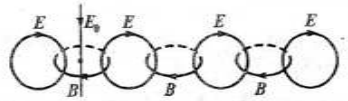


Rasm 110. Avtotransformator

- Bitta cho'lg'amdan iborat transformatorga *avtotransformatorlar* deyiladi. Bunda cho'lg'amning bir qismi ikkinchi cho'lg'am vazifasini bajaradi.

127-§. Elektromagnit to'lqinlar

- Fazoda o'zgaruvchan elektr va magnit maydonlarining tarqalishiga *elektromagnit to'lqin* deyiladi.



Rasm 111. Elektromagnit to'lqinlar tarqalishi

- Zaryad tezlanish bilan harakat qilganida, yoki zaryad tebranganida o'zidan elektromagnit to'lqin nurlantiradi.
- Zaryad tekis harakat qilganida o'zidan elektromagnit to'lqin nurlantirmaydi.
- Elektromagnit to'lqin ko'ndalang to'lqindir. Elektromagnit to'lqin qutblanadi.
- Elektromagnit to'lqinning vakuumdagi (havodagi) tarqalish tezligi yorug'lik tezligiga (c) ga teng: $\vartheta = c = 3 \cdot 10^8 м/c$
- Elektromagnit to'lqinining muhitdagi tarqalish tezligi yorug'lik tezligidan n marta kichik bo'ladi: $\vartheta = \frac{c}{n}$; $\vartheta = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon\mu}}$

  n – muhitning absolyut sindirish ko'rsatkichi: $n = \sqrt{\varepsilon\mu}$

  ε – muhitning dielektrik sindiruvchanligi,

  μ – muhitning magnit kirituvchanligi.
- Elektromagnit to'lqinni muhitdagi to'lqin uzunligi (λ) vakuumdagi to'lqin uzunligi (λ_0) dan n marta kichik bo'ladi: $\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$
- Elektromagnit to'lqin bir muhitdan ikkinchi muhitga o'tganida *chastotasi o'zgarmaydi.*
- Elektromagnit to'lqin absolyut sindirish ko'rsatkichi (n) kichik bo'lgan muhitdan sindirish ko'rsatkichi katta bo'lgan muhitga o'tganida tezligi va to'lqin uzunligi kamayadi. Absolyut sindirish ko'rsatkichi katta bo'lgan muhitdan absolyut sindirish ko'rsatkichi kichik bo'lgan muhitga o'tganda elektromagnit to'lqin uzunligi va tezligi ortadi.
- Elektromagnit to'lqinlarning tarqalish tezligi: $\vartheta = \lambda \cdot \nu$; $\vartheta = \frac{\lambda}{T}$; $\vartheta = \frac{\lambda\omega}{2\pi}$
- l uzunlikdagi masofaga N ta to'lqin joylashsa: $\lambda = \frac{l}{N}$; $N = \frac{l}{\lambda}$; $N = \frac{l\nu}{c}$; $N = \frac{l\nu n}{c}$;
- Elektromagnit to'lqin uzunligi λ va tebranish konturidagi g'altak induktivligi L, kondensator sig'imi C orasidagi munosabatlar:

  $\lambda = 2\pi \cdot c\sqrt{LC}$; $L = \frac{\lambda^2}{4\pi^2c^2 \cdot C}$; $C = \frac{\lambda^2}{4\pi^2c^2 \cdot L}$; c – yorug'lik tezligi.

  $\Rightarrow$ g'altakning induktivligi L o'zgarmaganda: $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}}$; $\frac{C_2}{C_1} = \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1}\right)^2$;

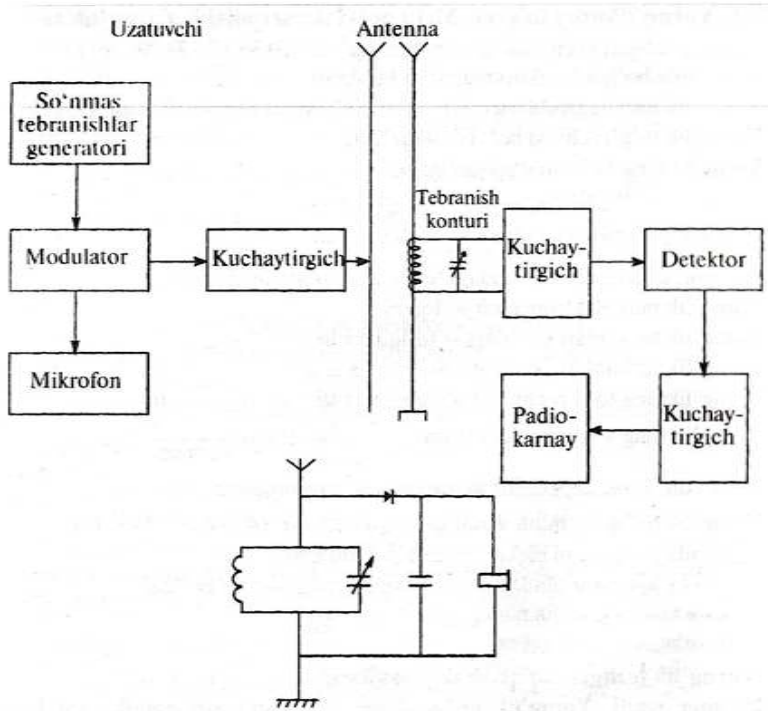
⇒ kondensator sig'imi C o'zgarmaganda: $\frac{\lambda_2}{\lambda_1}=\sqrt{\frac{L_2}{L_1}}$; $\frac{L_2}{L_1}=\left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1}\right)^2$;

⇒ induktivlik va sig'im o'zgarsa: $\frac{\lambda_2}{\lambda_1}=\sqrt{\frac{L_2C_2}{L_1C_1}}$;

- **To'lqin fronti** deb bir xil fazada tebranayotgan nuqtalarning geometrik o'rniga aytiladi.
- Chastotalari bir xil fazalar farqi vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydigan to'lqinlarga *kogerent to'lqinlar* deyiladi.
- Ikki to'lqinni fazalar farqi bo'yicha yo'llar farqi: $\Delta x=\frac{\lambda}{2\pi}\Delta\varphi$; $\Delta x=\frac{\vartheta}{2\pi\nu}\Delta\varphi$;
- Ikki to'lqinni yo'llar farqi bo'yicha fazalar farqi: $\Delta\varphi=\frac{2\pi}{\lambda}\Delta x$; $\Delta\varphi=\frac{2\pi\nu}{\vartheta}\Delta x$;
- Elektromagnit to'lqin elektromagnit maydon energiyasining tarqalish yo'nalishini bildiradi.
- **Elektromagnit to'lqinning tarqalish yo'nalishi**: Parma dastasini $\vec{E}$ vektordan $\vec{B}$ vektorga qarab aylantirsak, parma uchining yo'nalishi (parmaning ilgarillanma harakati) to'lqin tezligi $\vec{\vartheta}$ ning yo'nalishini ko'rsatadi: $\vec{E}\perp\vec{B}\perp\vec{\vartheta}$
- Elektromagnit to'lqinning tarqalish tezligi: $\vartheta=\frac{E}{B}$;
- Radiolakatorning ob'ektni sezish uzoqligi

  ⇒ lokatorda ketma-ket impulslar oralig'idagi vaqt t ga teng: $S=\frac{c\cdot t}{2}$

  ⇒ t vaqt lokatordan N ta impuls chiqayotgan bo'lsa: $S=\frac{c\cdot t}{2N}$
- Astronomiyaning osmon jismlarining chiqaradigan xususiy radionurlariga asosan o'rgandigan bo'limi radioastronomiya deyiladi.
- Radioto'lqinlar radiouzatkichlar yordamida uzatiladi. Radiouzatgich asosini vakuumli lampa yoki tranzistorda terilgan so'nmas tebranishlar generatori tashkil qiladi.
- Biror ma'lumotni uzatish uchun yuqori chastotali tebranishlarning xarakterini (amplitudasini) o'zgartirish jarayoni *modulyatsiya* deyiladi. Modulyatsiya ikki xil bo'ladi: amplituda va chastota modulyatsiyasi.
- Kichik chastotali elektr tebranishlar yordamida yuqori chastotali elektromagnit tebranishlarning parametrlarini o'zgartirish usuli *modulyatsiya yoki modullashtirish* deyiladi.
- Tovush chastotasidagi tebranishlar yordamida yuqori chastotali elektromagnit tebranishlarning amplitudasini o'zgartirish jarayoni *amplituda modulyatsiyasi* deyiladi.
- Radiouzatkichlar yordamida uzatilgan radioto'lqinlar radiopriyomniklar yordamida qabul qilinadi. Radiopriyomnik asosan antena, tebranish konturi, kuchaytirgich, detektor (qayd qilgich) va radiokarnaydan tashkil topgan.
- Radiopriyomnikda modullashtirilgan yuqori chastotali tebranishlardan past chastotali tebranishlarni ajratib olish jarayoni *detektorlash* deyiladi.



Rasm 112. Zamonviy radiouzatgich va radiopriyomnik.

- Radioto'lqinli uzatkich antenasi vertikal joylashgan bo'lsa, nurlanayotgan elektromagnit to'lqinlarning intensivligi vertikal yo'nalishda eng kichik va gorizontal yo'nalishda eng katta bo'ladi.
- Gers vibratori yordamida asosan to'lqin uzunligi 0,6 m lan 10 m gacha bo'lgan elektromagnit to'lqinlar hosil qilinadi.

128-§. Yorug'likning to'g'ri chiziq bo'ylab tarqalishi. Yorug'lik tezligi

- Inson sezadigan yorug'lik-to'lqin uzunligi $\lambda = (0{,}38 \div 0{,}77)\ 10^{-6}$ m intervalida bo'lgan elektromagnit to'lqinlardir.
- Yorug'lik nuri deganda energiya oqimining tarqalish yo'nalishiga aytiladi.
- Yorug'lik to'g'ri chiziq bo'ylab tarqaladi.
- Yorug'likning bo'shliqdagi tezligi –c:

  $c = 2.99792458 m/s$; $c = 3 \cdot 10^8 m/s$;
- Muhitning absolyut sindirish ko'rsatkichi –n: $n = \frac{c}{\vartheta}$;

  c – yorug'likning vakuumdagi tezligi, ϑ – muhitdagi tezlik.
- Yorug'lik nuri elektromagnit to'lqindir.
- Yorug'lik to'lqinlari ko'ndalang to'lqinlardir.
- Yorug'lik to'lqinlari qutblanish hossasiga ega.
- Yorug'likning to'g'ri chiziq bo'ylab harakati: $S = ct$; $c = 3 \cdot 10^8 m/s$
- Yorug'likning vakuumdagi tezligi: $c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_o \cdot \mu_o}}$; $\varepsilon_o = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} F/m$;

  $\mu_o = 4\pi \cdot 10^{-7} H/m$; ε_o - elektr doimiysi; μ_o-magnit doimiysi;
- Yorug'lik to'lqinlarining uzunligi $0{,}4\mu m - 0{,}78\mu m$ (400 nm ÷ 780 nm) oralig'ida joylashgan elektromagnit to'lqinlardir.
- Har xil to'lqin uzunligidagi yorug'likning rangi har xil bo'ladi:

  $\lambda = 0.4\mu m$ – binafsha nur.

  $\lambda = 0.78\mu m$ – qizil nur.

Yorug'lik tezligini aniqlashning usullari:

- **Ryomer usuli**. Yorug'lik tezligini birinchi marta astronomik usul bilan daniyalik astronom Ryomer 1676-yilda o'lchagan. Unda Yupiter sayyorasi yo'ldoshining Yupiter orqa tomonidan (soyasidan) o'tishidagi kechikishiga ko'ra aniqlagan. Ryomerda yorug'lik tezligi 215000 km/sekund bo'lgan.
- **Laboratoriya usuli**. (Fizo, 1849-yil) Aylanuvchi tishli g'ildirak usulidan foydalangan. Yorug'lik tezligi 313000 km/sekund bo'lgan.
- Mayklson usuli. (1929). Aylanuvchi sakkiz qirrali ko'zgu usulidan foydalangan. Bunda tezlik 299796±4 km/sekund bo'lgan. Hozirda o'lchagan natijaga ko'ra $c = (299792456 \pm 0.8) m/s$ yoki $c = 3 \cdot 10^8 m/s$
- Yorug'likning to'g'ri chiziq bo'ylab tarqalishiga daraxtning soyasi misol bo'la oladi.
- Yorug'lik nurining mustaqillik prinsipiga asosan, yorug'lik nurlari o'zaro kesishganda bir-biriga hech qanday ta'sir ko'rsatmaydi, ya'ni nurlarning kesishishi har bir nurning mustaqil ravishda tarqalishiga xalaqit bermaydi.
- Yorug'likning to'g'ri chiziq bo'ylab tarqalishi va geometrik optikaning boshqa qonunlari to'siqning o'lchami yorug'likning to'lqin uzunligidan juda ko'p marta katta bo'lgan hollardagina o'rinli.

- To'siqning o'lchami yorug'likning to'lqin uzunligiga yaqin bo'lgan hollarda to'lqin optikasi qonunlari o'rinli bo'ladi.
- Uzunlik birliklaridan biri: $1 Angstrem = 10^{-10} metr$; $1A = 10^{-10} m = 0{,}1 nm$
- Yorug'lik tezligini aniqlashda Fizo tajribasidagi diskning aylanish chastotasini topish:

  1) nurning dastlabki ko'rinmay qolgan holati uchun: $\nu = \frac{c}{4SN}$, S- diskdan ko'zgugacha bo'lgan masofa, N-diskdagi tishlar soni;

  2) nurning dastlabki ko'ringan holati uchun: $\nu = \frac{c}{2SN}$

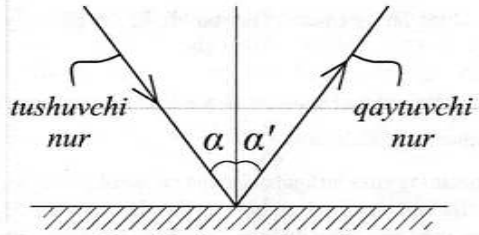
129-§. Fotometriya elementlari

- Optikaning yorug'lik energiyasini o'lchash usullarini o'rganuvchi bo'limi *fotometriya* deb ataladi.
- Ma'lum bir yuzaga tushayotgan nurlanish quvvati bilan o'lchanadigan kattalik Φ *yorug'lik oqimi* deyiladi: $\Phi = \frac{W}{t}$
- Yorug'lik oqimining birligi qilib *lyumen* (lm) qabul qilingan: $1lm = 1cd \cdot sr$
- O nuqtada turuvchi nuqtaviy yorug'lik manbaining atrofida markazi shu nuqtada bo'lgan r radiusli shar chizamiz, shunday shar sektori (uchi shar markazida bo'lgan konus) qirqib olaylikki, uning asosi shar sirtida ΔS yuzani hosil qilsin. Bu konus sirti bilan chegaralangan fazo fazoviy burchak $\Delta\Omega$ deb ataladi va quyidagicha topiladi: $\Delta\Omega = \frac{\Delta S}{r^2}$, agar $\Delta S = r^2$ bo'lsa, fazoviy burchak 1 ga teng bo'ladi va bu burchak *steradian* deb ataladi.
- Sfera uchun fazoviy burchak: $\Delta\Omega = \frac{\Delta S}{r^2} = \frac{4\pi r^2}{r^2} = 4\pi$
- Yorug'lik oqimining bu oqim tarqalayotgan fazoviy burchak kattaligiga nisbati bilan o'lchanadigan kattalikka manbaning *yorug'lik kuchi* deb ataladi: $I = \frac{\Phi}{\Delta\Omega}$
- Yorug'lik kuchining birligi *kandela* (cd) bo'lib, XBSdagi asosiy birliklardan biri hisoblanadi.
- Yorug'lik oqimining o'zi tushayotgan sirt yuziga nisbati bilan o'lchanadigan kattalik *yoritilganlik* deyiladi: $E = \frac{\Phi}{\Delta S}$
- Yorug'lik manbaining yuza birligidan barcha yo'nalishlari bo'yicha nurlanayotgan yorug'lik oqimiga son jihatdan teng bo'lgan kattalik *yorqinlik* deyiladi.
- Manba sirtining yuza birligidan ma'lum yo'nalishda yuzaga normal ravishda chiqayotgan yorug'lik kuchiga son jihatdan teng bo'lgan kattalik *ravshanlik* deyiladi: $B = \frac{I}{\Delta S}$
- Ravshanlik birligi qilib *nit* (nt) qabul qilingan: $1nt = 1cd/m^2$

- Agar nuqtaviy manba yorug'likni hamma yo'nalishlar bo'yicha tekis tarqatayotgan bo'lsa, uning to'liq yorug'lik oqimi va yoritilganligi:
  $\Phi_0 = 4\pi I,\ E_0 = \frac{I}{r^2}$
- **Yoritilganlikning ikkinchi qonuni:** Yorituvchi sirtga yorug'lik kuchi burchak ostida tushsa, sirtning yoritilganligi nurning tushish burchagi kosinusiga to'g'ri proportsionaldir: $E = E_0 \cdot \cos\alpha$
- **Yoritilganlikning ikkala qonunini birlashtirishdan chiqqan xulosa:** Nuqtaviy yorug'lik manbaining biror sirtda hosil qilgan yoritilganligi manbaning yorug'lik kuchiga va nurlarning tushish burchagi kosinusiga to'g'ri proportsional va manbadan sirtgacha bo'lgan masofaning kvadratiga teskari proportsionaldir:
  $E = \frac{I}{r^2} \cdot \cos\alpha;\qquad \frac{I_1}{I_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$

130-§ Yorug'likning qaytish qonuni. Yassi ko'zgudagi tasvir

- Bir jinsli muhitda to'g'ri chiziq bo'ylab tarqalayotgan yorug'lik nuri o'z yo'lida, birinchi muhit bilan chegaradosh ikkinchi muhitga duch kelsa, uning yo'nalishi o'zgaradi. Ikki muhit chegarasining xususiyatiga bog'liq ravishda yorug'likning ma'lum qismi I muhitga qaytadi, qolgan qismi esa II muhitga o'tadi. Yorug'likning ikki muhit chegarasidan yana I muhitga qaytishi *yorug'likning qaytishi* deyiladi.
- **Bir jinsli muhit** deb barcha nuqtalarida sindirish ko'rsatkichi bir xil (n=const) bo'lgan muhitga aytiladi.
- Sirt optik jihatdan silliq bo'lishi uchun undagi «g'adir-budur» liklarning kattaligi yorug'likning to'lqin uzunligi ($0{,}4 \div 0{,}8\ \mu$m) dan kichik bo'lishi kerak.
- **Yorug'likning qaytish qonuni**:
  1. Tushgan nur, qaytgan nur va nurning tushish nuqtasidan ikki muhit chegarasiga o'tkazilgan perpendikulyar bir tekislikda yotadi.
  2. Nurning tushish burchagi qaytish burchagiga tengdir.



Yassi ko'zgudagi tasvir

- Ko'zgudan yorug'lik to'liq qaytadi. Yassi ko'zguda buyumning mavhum tasviri hosil bo'ladi. Tasvir to'g'ri va o'lchami buyum o'lchamiga teng bo'ladi. Tasvirdan ko'zgugacha bo'lgan masofa ko'zgudan buyumgacha bo'lgan masofaga teng bo'ladi.

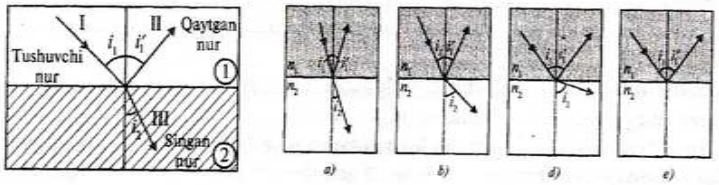
- Buyum ko'zguga Δx masofaga yaqinlashsa, buyum bilan tasvir orasidagi masofa $2 \cdot \Delta x$ masofaga qisqaradi.
- Buyum ko'zguga ϑ tezlik bilan yaqinlashsa, tasvir ham ko'zguga ϑ tezlik bilan yaqinlashadi, lekin tasvir buyumga $2 \cdot \vartheta$ tezlik bilan yaqinlashadi.
- Bo'yining uzunligi l ga teng bo'lgan bola o'z tasvirini to'liq ko'rishi uchun, uning oldida vertikal osilib turgan ko'zguning balandligi kamida $h = l/2$ bo'lishi kerak.
- Perpendikulyar (tik) tekisliklarda yotgan ko'zgularga tushayotgan nur qaytgan nurga parallel bo'ladi.
- O'zaro α burchak ostida yotgan ko'zgularga tushayotgan va ulardan qaytgan nurlar orasidagi burchak-φ: $\varphi = 2 \cdot \alpha$
- O'zaro α burchak ostida tushirilgan ikkita ko'zgu orasidagi nuqtaning tasvirlari soni: $N = \frac{2\pi}{\alpha};\quad \pi = 180^\circ;\quad N = \frac{360^\circ}{\alpha};$
- Yassi ko'zguga nur biror burchak ostida tushmoqda. Tushayotgan nurning yo'nalishinin o'zgartirmasdan ko'zgu α burchakka burilganda tushgan va qaytgan nurlar orasidagi burchak $2 \cdot \alpha$ ga o'zgaradi.

131-§ Yorug'likning sinish qonuni

- Yorug'likning bir shaffof muhitdan ikkinchi shaffof muhitga o'tishi va bu o'tishda uning tarqalish yo'nalishining o'zgarishi *yorug'likning sinishi* deyiladi:
  $$\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = \frac{n_2}{n_1};\qquad \frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = n_{12};\qquad \text{yoki}\quad n_1 \cdot \sin\alpha = n_2 \cdot \sin\gamma$$
- Tushish va sinish burchaklari sinuslari nisbatining, yorug'lik tezligi va to'lqin uzunligi orqali ifodasi:
  $$\frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = \frac{\vartheta_1}{\vartheta_2};\qquad \frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2};$$
- **Yorug'likning sinish qonuni:**
  1. Tushuvchi nur, singan nur va muhit chegarasiga nurning tushish nuqtasidan o'tkazilgan perpendikulyar bir tekislikda yotadi.
  2. Tushish burchagi sinusning sinish burchagi sinusiga nisbati chegaradosh muhitlarning optik xususiyatiga bog'liq bo'lgan o'zgarmas kattalik bo'lib, uni ikkinchi muhitning birinchi muhitga nisbatan sindirish ko'rsatkichi deyiladi.
- Yorug'lik nuri vakuumdan biror muhitga o'tgan holda mazkur muhitning vakuumga nisbatan sindirish ko'rsatkichi muhitning absolyut sindirish ko'rsatkichi deyiladi.
- Agar yorug'lik absolyut sindirish ko'rsatkichi n_1 bo'lgan muhitdan absolyut sindirish ko'rsatkichi n_2 bo'lgan muhitga o'tsa, muhitlar absolyut sindirish ko'rsatkichlarining nisbati ikkinchi muhitning birinchi muhitga nisbatan nisbiy sindirish ko'rsatkichiga teng bo'ladi:

$$n_{12} = \frac{n_2}{n_1};$$

n_1 – birinchi muhitning absolyut sindirish ko'rsatkichi, n_2 – ikkinchi muhitnig absolyut sindirish ko'rsatkichi.



Rasm 113. Yorug'lik qonunlari

- Ko'rilayotgan muhitning absolyut sindirish ko'rsatkichi (n), yorug'lik nurining vakuumdagi tezligini muhitdagi tarqalish tezligiga nisbatiga teng.
- Birinchi va ikkinchi muhitlardagi yorug'lik tezliklari nisbati ularning absolyut sindirish ko'rsatkichlarini teskari nisbatiga teng:

$$\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} = \frac{n_2}{n_1} \text{ yoki } \vartheta_1 \cdot n_1 = \vartheta_2 \cdot n_2$$

- Yorug'likning muhitdagi tezligi: $\vartheta = \frac{c}{n}$; $\vartheta = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon\mu}}$;
- Sindirish ko'rsatkichining yorug'lik tezligiga bog'liqligi, yorug'lik tarqalayotgan muhitning fizik xususiyatlari, jumladan uning zichligi, elastiklik darajasi va temperaturasi bilan belgilanadi.
- Sindirish ko'rsatkichining qiymati yorug'likning to'lqin uzunligiga bog'liqdir.
- Yorug'likning sinish hodisasiga misollar:
  1. Suvga botirilgan tayoqchaga yon tomondan qarasak, tayoqcha suv sirtida singandek ko'rinadi. 2. Suvli idishga tepadan qarasak, idish tubi bizga yaqinroq ko'rinadi .
- Nur optik zichligi (n_1) kichik bo'lgan muhitdan optik zichligi (n_2)katta bo'lgan muhitga o'tganida $(n_1 < n_2)$, tushish burchagi sinish burchagidan katta bo'ladi. $\alpha > \gamma$ bu holda $\vartheta_1 > \vartheta_2$ va $\lambda_1 > \lambda_2$.
- Nur optik zichligi (n_1) katta bo'lgan muhitdan optik zichligi (n_2) kichik bo'lgan muhitga o'tganida $(n_1 > n_2)$, sinish burchagi tushish burchagidan katta bo'ladi. $\alpha < \gamma$ bu holda $\vartheta_1 < \vartheta_2$ va $\lambda_1 < \lambda_2$.
- Nur havodan sindirish ko'rsatkichi n ga teng bo'lgan muhitga o'tganida qaytgan nur bilan singan nur bir-biriga perpendikulyar bo'lsa, (ular orasidagi burchak 90°):

$$tg\alpha = n;$$

- Nur sindirish ko'rsatkichi n_1 bo'lgan muhitdan sindirish ko'rsatkichi n_2 bo'lgan muhitga o'tganida qaytgan nur bilan singan nur perpendikulyar bo'lsa, (ular orasidagi burchak 90°):

$$tg\alpha = \frac{n_2}{n_1}$$

- Yorug'likning to'lqin uzunligi λ, tezligi c, chastotasi ν, tebranish davri T, orasidagi munosabatlar:

$$\lambda = \frac{c}{\nu}; \quad \lambda = c \cdot T; \quad \vartheta = \lambda \cdot \nu; \quad \vartheta = \frac{\lambda}{T}; \quad \nu = \frac{c}{\lambda}; \quad \nu = \frac{1}{T}; \quad T = \frac{\lambda}{c}; \quad T = \frac{1}{\nu};$$

- Bir muhitdan ikkinchi muhitga o'tganida yorug'likning tezligi va to'lqin uzunligi o'zgaradi, chastotasi esa o'zgarmaydi. Sindirish ko'rsatkichi katta bo'lgan muhitda yorug'likning tezligi va to'lqin uzunligi kichikroq bo'ladi.
- Muhitda yorug'likning tezligi va to'lqin uzunligi:

$$\vartheta = \frac{c}{n}; \qquad \lambda = \frac{\lambda_0}{n}$$

  n – muhitning sindirish ko'rsatkichi, λ_0 – yorug'likning vakuumdagi to'lqin uzunligi.
- Ikkita muhitda tarqalayotgan yorug'lik tezliklari va to'lqin uzunliklari nisbati:

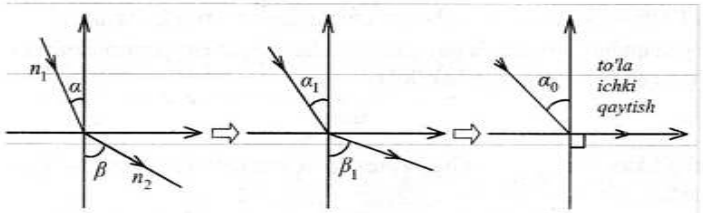
$$\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} = \frac{n_2}{n_1}; \qquad \frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}; \qquad \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

- Elektromagnit to'lqin (yorug'lik nuri) bir muhitdan ikkinchi muhitga o'tganda uning chastotasi (rangi) saqlanadi, lekin, to'lqin uzunligi, tezligi, fazasi va amplitudasi o'zgaradi.

132- §. Yorug'likning to'la ichki qaytishi

- Tushgan nur va sirt orasidagi burchak φ ga teng bo'lsa, nurning tushish burchagi: $\alpha = 90^\circ - \varphi$
  Nurning qaytish burchagi: $\beta = 90^\circ - \varphi$
- Tushgan nur bilan qaytgan nur orasidagi burchak φ ga teng bo'lsa nurning tushish burchagi: $\alpha = \frac{\varphi}{2}$

  $\Rightarrow$ Nurning qaytish burchagi: $\beta = \frac{\varphi}{2}$
- Yorug'lik nuri absolyut sindirish ko'rsatkichi katta bo'lgan muhitdan absolyut sindirish ko'rsatkichi kichik bo'lgan muhitga o'tganda, ma'lum tushish burchagida hamma yorug'lik energiyasi orqaga qaytadi. Bu hodisa *to'la ichki qaytish* deyiladi.
- To'la ichki qaytish sodir bo'ladigan eng kichik tushish burchagi (yoki sinish burchagi 90° ga mos keladigan tushish burchagi) *chegaraviy burchak* deyiladi.



- To'la ichki qaytish hodisasidan yorug'lik nurlarini biror yo'nalishga burish yoki nurlar dastasi o'rnini almashtirish uchun foydalaniladi.
- To'la ichki qaytishning chegaraviy burchagi:

$n_1 \cdot Sin\alpha_0 = n_2 \cdot Sin90^0$; $Sin\ \alpha_0 = \frac{n_2}{n_1}$;

agar ikkinchi muhit vakuum yoki havo bo'lsa: $\sin\alpha_0 = \frac{1}{n}$

- Nur tolada nurning yo'li to'la ichki qaytish hodisasiga asoslangandir.

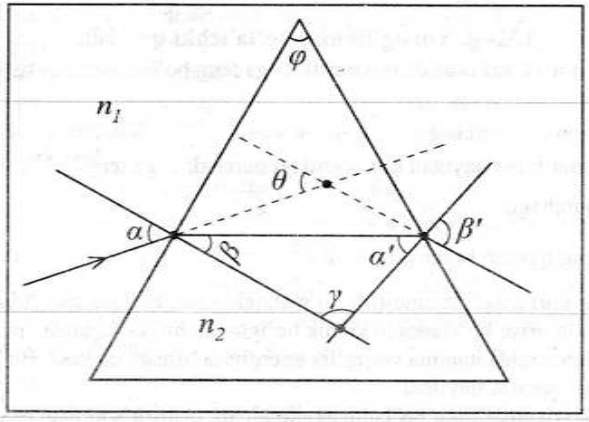
133- §. Nurlarning uchburchakli prizmadagi yo'li

- Nurning prizmaga kelguncha bo'lgan yo'nalishi bilan uning prizmadan o'tgandan keyingi yo'nalishi orasidagi burchak og'ish burchagi deyiladi.

$\theta = \alpha + \beta' - \varphi$; $\sin\varphi \approx \varphi \Rightarrow \theta = (n-1)\cdot\varphi$

α – nurning prizma sirtiga tushish burchagi, β' – prizmadan chiqqan nurning sinish burchagi, φ – prizmaning sindiruvchi burchagi (uchidagi burchak)

- Shaffof prizmada nur prizmaning katta asosi tomon og'adi.

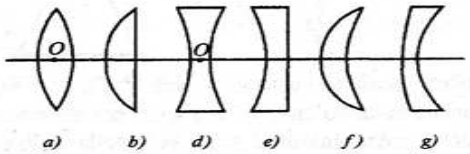


$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{n_2}{n_1}$; $\frac{\sin\alpha'}{\sin\beta'} = \frac{n_1}{n_2}$; $\gamma = 180^0 - \varphi$; $\gamma + \beta + \alpha' = 180^0$

- Parallel plastinada nurning yo'li: $x = \frac{d\sin(\alpha-\beta)}{\cos\beta}$

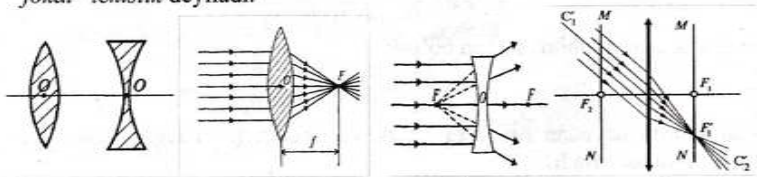
134 - §. Linzalar va ularning optik kuchi

- Ikki tomoni sferik sirt bilan chegaralangan shaffof jism *linza* deb ataladi. O'rtasi chetiga nisbatan qalinroq bo'lgan linzalar *yig'uvchi linzalar* deyiladi. O'rtasi chetiga nisbatan yupqaroq bo'lgan linzalar *sochuvchi linzalar* deyiladi.



Rasm 114. a, b, f-yig'uvchi linza, d, e, g-sochuvchi linza

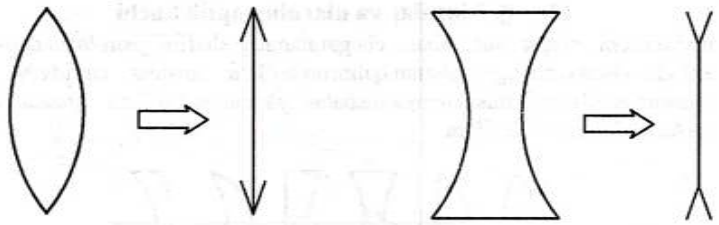
- Linzaning optik markazi va fokuslaridan o'tuvchi to'g'ri chiziqqa *bosh optik o'q* deyiladi.
- Linzaning bosh optik o'qiga parallel bo'lmagan va optik markazidan o'tuvchi to'g'ri chiziqqa *yordamchi optik o'q* deyiladi.
- Agar linzaga uning bosh optik o'qiga parallel nurlar yuborilsa, ular linzadan o'tayotib sinadi va o'z yo'nalishini o'zgartiradi.
- Linza yig'uvchi bo'lsa, nurlar bir-biriga yaqinlashib bir nuqtada kesishadi. Nurlar kesishgan nuqta linzaning *bosh fokusi* deb ataladi.
- Yordamchi optik o'qqa parallel bo'lgan nurning kesishish nuqtasiga linzaning *yordamchi fokusi* deyiladi.
- Linzaning optik markazlaridan bosh fokusgacha bo'lgan masofa linzaning *fokus masofasi* deyiladi va *F* harfi bilan belgilanadi.
- Agar parallel nurlar bosh optik *o'qqa* biror burchak ostida tushsa, bu nurlar ham linzadan o'tgach kesishadi. Kesishish nuqtasi bosh fokusdan o'tuvchi bosh optik o'qqa perpendikulyar bo'lgan tekislikda yotadi. Bu tekislik *fokal tekislik* deyiladi.



a) b) c) d) e)

Rasm 115. a- yig'uvchi linza; b- sochuvchi linza; c- yig'uvchi linza fokusi; d-sochuvchi linza fokusi; e-MN-yig'uvchi linzaning fokal tekisligi, F-fokus masofasi

- Sochuvchi linzalarning fokusi mavhum bo'ladi. Ularning fokusi linzaning bosh optik o'qiga parallel ravishda tushib, ularda singan nurlarni teskari tomonga davom ettirgan holda topilgan kesishish nuqtasi bilan mos keladi.
- Sochuvchi linzaning bosh fokus masofasi manfiy hisoblanadi.



- Linzaning fokus masofasi qancha kichik bo'lsa, uning nur sindirish qobiliyati shuncha katta bo'ladi, ya'ni singan nur shuncha katta burchakka og'adi. Aksincha, fokus masofasi katta bo'lganda og'ish burchagi kichik bo'ladi. Linzaning bunday xususiyatini xarakterlash uchun, odatda, fokus masofasi o'rniga unga teskari bo'lgan fizik kattalik kiritilgan bo'lib, u linzaning optik kuchi deyiladi va D harfi bilan belgilanadi.
Optik kuchining birligi dioptriya. $1Dptr = 1/m$
- Agar linza havoda yoki bo'shliqda turgan bo'lsa, uning optik kuchi:

$$D = \frac{1}{F} = \pm(n-1)(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2})$$

+ yig'uvchi linza $D > 0$;
− sochuvchi linza $D < 0$;
⇒ Agar linza biror muhitda turgan bo'lsa:

$$D = \frac{n_м}{F} = (n - n_м)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

Qalinligi, buyumdan linzagacha yoki linzadan tasvirgacha bo'lgan masofaga nisbatan kichik bo'lgan linzalar *yupqa linzalar* deyiladi.
- Yupqa linzaning fokus masofasi:
⇒Agar linza havoda yoki bo'shliqda turgan bo'lsa:

$$F = \frac{1}{D} = \frac{1}{(n-1)} \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

⇒ Linza biror muhitda turgan bo'lsa:

$$F = \frac{n_м}{D} = \frac{n_м}{(n - n_м)} \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

- Agar linzani havodan suvga tushirsak yuqoridagi formulaga asosan uning fokus masofasi ortadi.
- Yonma-yon turuvchi ikkita yupqa linzaning optik kuchi va fokus masofasi:

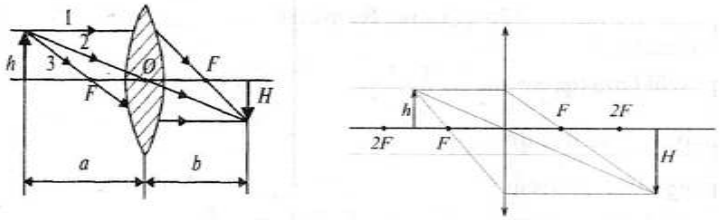
$$D = D_1 + D_2; \qquad F = \frac{F_1 F_2}{F_1 + F_2};$$

- Linza orasidagi masofa l ga teng bo'lsa:

$$D = D_1 + D_2 - l \cdot D_1 D_2; \qquad F = \frac{F_1 F_2}{F_1 + F_2 - l}$$

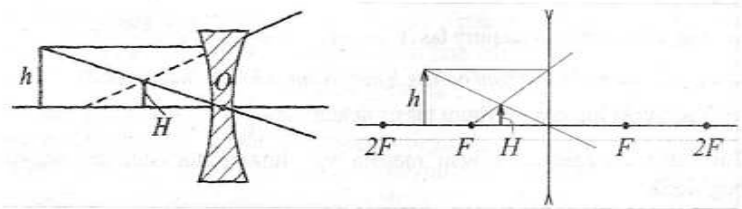
135- §. Linzalarda tasvir yasash

- Tasviri yasalayotgan jism yoki buyumning istalgan nuqtasidan ikki nur tanlash yetarli. Yig'uvchi linzadan o'tgach nurlar kesishadi. Sochuvchi linzada esa nurlar yo'nalishi linza tomon davom ettirilib uning orqasida kesishadi.
- Jism tasvirini yasash uchun quyidagi nurlarni tanlash maqsadga muvofiq:
1) linzaning bosh optik o'qiga parallel bo'lgan nur. Bu nur linzadan sinib o'tgach, uning fokusidan o'tadi;
2) linzaga tushguniga qadar uning fokusidan o'tadigan nur. Bu nur linzadan o'tgach, bosh optik o'qqa parallel yo'nalishda ketadi;
3) linzaning optik markazidan o'tuvchi nur yupqa linzalarda o'z yo'nalishini o'zgartirmaydi.



Rasm 116. Yig'uvchi linzada tasvir yasash

- Yig'uvchi linza uchun mavjud bo'lgan ba'zi bir xususiy hollar:
1. Jism linzadan cheksiz uzoq masofada joylashgan, ya'ni $d = \infty$. Bunda tasvir haqiqiy, ammo u nuqtasimon va linzaning fokusida joylashadi
2. Buyum linzadan d > 2F, ammo chekli masofada joylashgan. Bunda tasvir haqiqiy, ammo teskari va kichraygan bo'lib, $2F > f > F$ masofada joylashadi.
3. Buyum linzadan 2F masofada joylashgan, $d = 2F$ Bu holda tasvir kattalik jihatidan buyumga teng, haqiqiy, ammo teskari.
4. Buyum $2F > d > F$ masofada joylashgan. Bunda tasvir haqiqiy, ammo teskari va kattalashgan bo'lib, $f > 2F$ masofada joylashadi.
5. Buyum $F > d > 0$ masofada joylashgan, ya'ni u linzaga juda yaqin. Bunda buyumdan chiqqan nurlar kesishmaydi. Shu sababli buyumning haqiqiy tasviri o'rniga uning mavhum kattalashgan to'g'ri tasviri linzaning buyum turgan tomonida hosil bo'ladi.



Rasm 117. Sochuvchi linzada tasvir yasash

- Sochuvchi linzalarda tasvir quyidagicha hosil qilinadi:
  1. Bosh optik o'qqa parallel bo'lgan nur linzaga kelgach sinib orqaga qaytadi va linzaning buyum turgan tomondagi fokusidan o'tadi;
  2. Linzaga tushguncha uning bosh markazidan o'tuvchi nur;
  Bu ikki nurlarning kesishishidan sochuvchi linzada buyumning tasviri buyum turgan tomonda hosil bo'ladi.
- Buyum sochuvchi linzadan chekli masofada joylashganda uning tasviri, buyum turgan tomonda to'g'ri kichraygan mavhum bo'ladi.
- Buyum sochuvchi linzadan cheksiz uzoq masofada joylashganda uning tasviri, buyum turgan tomonda linzaning fokusida nuqtasimon bo'lib hosil bo'ladi.
- Ikki yoqlama botiq linza, sindirish ko'rsatkichi linza materialidan katta bo'lgan muhitda turgan bo'lsa, unda haqiqiy tasvir hosil bo'ladi.

136-§. Linza formulasi

- Linza formulasi:
  →yig'uvchi linza (qavariq): $\frac{1}{F}=\frac{1}{d}+\frac{1}{f}$;
  → sochuvchi linza (botiq): $-\frac{1}{F}=\frac{1}{d}-\frac{1}{f}$;
- Linzaning kattalashtirishi:
  →yig'uvchi linza uchun: $K=\frac{f}{d}$; $K=\frac{f-F}{F}$; $K=\frac{F}{d-F}$;
  →sochuvchi linza uchun: $K=\frac{f}{d}$; $K=\frac{F-f}{F}$; $K=\frac{F}{F+d}$;
  →lupa uchun: $K=\frac{d_o}{F}$; $d_o=0.25м$;
  d_o-sog'lom ko'zning eng yaxshi ko'rish masofasi: $d_o=0{,}25м$
- Linzaning fokus masofasi va kattalashtirishi orasidagi bog'liqlik:
  ⇒ Yig'uvchi linzada haqiqiy tasvir uchun: $F=\frac{k}{k+1}\cdot d$; $F=\frac{1}{k+1}\cdot f$
  Agar tasvir n marta kichraygan bo'lsa, k ning o'rniga k=1/n ifoda olinadi.
  ⇒ Yig'uvchi linzada mavhum tasvir uchun: $F=\frac{k}{k-1}\cdot d$; $F=\frac{1}{k-1}\cdot f$
  ⇒ Sochuvchi linza uchun: $F=\frac{k}{k-1}\cdot d$; $F=\frac{1}{k-1}\cdot f$
- Buyumdan linzagacha bo'lgan masofa va linzaning kattalashtirishi orasidagi bog'liqlik:
  ⇒ Yig'uvchi linzada haqiqiy tasvir uchun: $d=\frac{1}{k}\cdot f$; $d=\frac{k+1}{k}\cdot F$
  Agar tasvir n marta kichraygan bo'lsa, k ning o'rniga k=1/n ifoda olinadi.
  ⇒ Yig'uvchi linzada mavhum tasvir uchun: $d=\frac{1}{k}\cdot f$; $d=\frac{1-k}{k}\cdot F$
- Tasvirdan linzagacha bo'lgan masofa va linza kattalashtirishi orasidagi bog'liqlik:
  ⇒ Yig'uvchi linzada haqiqiy tasvir uchun: $f=k\cdot d$; $f=(k+1)\cdot F$

Agar tasvir n marta kichraygan bo'lsa k ning o'rniga k=1/n ifoda olinadi.
⇒ Yig'uvchi linzada mavhum tasvir uchun: $f=k\cdot d$; $f=(1-k)\cdot F$
⇒ Sochuvchi linza uchun: $f=k\cdot d$; $f=(1-k)\cdot F$

- Linza kattalashtirishi *k*, fokus masofasi *F* va *l=d+f bo'lsa:*
  $k=\frac{f}{d}$; $k=\frac{l}{d}-1$; $k=\frac{f}{l-f}$; $F=\frac{k}{(k+1)^2}\cdot l$; $d=\frac{l}{k+1}$; $f=\frac{k}{k+1}\cdot l$;
- Ketma-ket joylashgan ikkita yig'uvchi linzalar tizimiga tushayotgan parallel nurlar dastasi linzalardan chiqib parallelligicha qolishi uchun birinchi linzaning orqa fokusiga ikkinchi linzaning fokusi mos tushishi kerak, linzalar orasidagi masofa esa ularning fokus masofalari yig'indisiga teng bo'lishi kerak:
  $$l=F_1+F_2$$
- Yonma-yon turuvchi ikkita yupqa linzaning optik kuchi va fokus masofasi:
  $$D=D_1+D_2; \qquad F=\frac{F_1F_2}{F_1+F_2};$$
  Linza orasidagi masofa *l* ga teng bo'lsa:
  $$D=D_1+D_2-l\cdot D_1D_2; \qquad F=\frac{F_1F_2}{F_1+F_2-l}$$

137-§. Optik asboblar

Proeksion apparat

- **Proeksion apparatda** buyum ob'ektivning ikkilangan fokus masofasi bilan fokus masofasi o'rtasiga qo'yiladi. Shu sababli ekranda uning kattalashgan haqiqiy, ammo teskari tasviri hosil bo'ladi.
- Shaffof jismlar tasvirini olishda qo'llaniladigan proeksion apparat *diaskop* deyiladi.
- Agar jism shaffof bo'lmasa, uni yorug'lik manbai bilan yoritib, qaytgan nur yo'liga yassi ko'zgu qo'yiladi. Ko'zgudan qaytgan nur ob'ektivga yo'naltiradi. Ob'ektivdan chiqqan nurni ekranga tushirib, jism tasvirini ko'rish mumkin. Bunday proeksion apparat *episkop* deyiladi.
- Ham shaffof, ham shaffof bo'lmagan buyumlar tasvirini hosil qilish uchun ishlatiladigan proeksion apparatlar *epidiaskop* deyiladi.
- Optik asboblarning ko'rinma kattalashtirishi: $N=\frac{tg\varphi_2}{tg\varphi_1}$. Bu yerda,

  φ_2 – buyumning asbob orqali qaralgandagi ko'rish burchagi, φ_1 – buyumning qurollanmagan ko'z bilan qaralgandagi ko'rish burchagi.

Fotoapparat

- Buyum tasvirini biror plyonkaga tushirish va uni saqlab qolish uchun ishlatiladigan optik asbob *fotoapparat* deyiladi. Fotoapparat, asosan, ikki qismdan tashkil topgan. Birinchi qism buyum tasvirini hosil qiluvchi ob'ektivdan iborat. Odatda, ob'ektiv bir necha linzalar sistemasidan tashkil

topgan. Ikkinchi qism orqa devoriga yorug'likka ta'sirchan plyonka yoki plastinka joylashtiriladigan qorong'u kameradan iborat.

- Fotoapparatda tasviri olinmoqchi bo'lgan buyum, odatda, ob'ektivning ikki fokus masofasidan uzoqda joylashganligi sababli uning tasviri haqiqiy kichiklashgan va teskari bo'ladi.
- Fotoapparatda d_1 masofadan suratga olingan jism tasvirining o'lchami h_1, d_2 masofada esa h_2 bo'lsa, ob'ektiv linzaning fokus masofasi :

$$F = \frac{h_1 d_1 - h_2 d_2}{h_1 - h_2}$$

- Optik asboblarning ko'rinma kattalashtirishi: $N = \frac{tg\varphi_2}{tg\varphi_1}$. Bu yerda,

φ_2 – buyumning asbob orqali qaralgandagi ko'rish burchagi, φ_1 – buyumning qurollanmagan ko'z bilan qaralgandagi ko'rish burchagi.

Lupa

- Fokus masofasi odatda, 1 sm dan 10 sm gacha bo'lgan yig'uvchi linza (yoki linzalar sistemasi) *lupa* deyiladi.
- Lupaning vazifasi eng yaxshi ko'rish masofasida buyumni katta ko'rish burchagi ostida ko'rsatib berishdir.
- Buyumning chekka nuqtalaridan keladigan nurlarning ko'zga tushish burchagi ko'rish burchagi deyiladi.
- Odatda ishlatiladigan lupalarning kattalashtirishi 2,5 dan 25 gacha bo'ladi.
- Lupaning kattalashtirishi: $K = \frac{L_0}{F}$
- Normal ko'zning eng yaxshi ko'rish masofasi: $L_0 = 25sm$

Ko'z

- *Ko'z* optik sistema bo'lib, buyumning tasviri ko'z soqqasining yorug'likka sezgir bo'lgan to'rsimon pardasida hosil bo'ladi. Odam ko'zining shakli shar shakliga yaqin bo'ladi.
- Ko'z gavharining fokus masofasini kuzatilayotgan buyumgacha bo'lgan masofaga moslash qobiliyati *akkomoddatsiya* deyiladi.
- Buyumdan ko'zgacha shu buyumning mayda qismlarini (ko'zni haddan tashqari zo'riqtirmay) ko'rish mumkin bo'lgan masofa *eng yaxshi ko'rish masofasi* deyiladi.
- Ko'z zo'riqmagan holatda uzoqdagi buyum tasvirini to'r pardasida emas, uning oldida hosil qilsa, ko'zning bu nuqsoni *yaqindan ko'rarlik* deb ataladi. Bu nuqsonni yo'qotish uchun sochuvchi linzalar o'rnatilgan ko'zoynak taqaladi.
- Uzoqdagi buyumning tasviri to'r parda orqasiga tushishi bilan bog'liq bo'lgan nuqson *uzoqdan ko'rarlik* deyiladi. Bu nuqsonni yo'qotish uchun sochuvchi linzalar o'rnatilgan ko'zoynak taqiladi.
- Ko'z optik sistema sifatida yig'uvchi linzadan iborat.
- Normal ko'zning eng yaxshi ko'rish masofasi: $L_0 = 25sm$

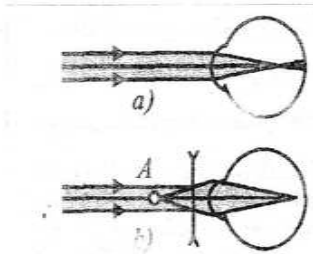
- Buyumning chekka nuqtalaridan keladigan nurlarning ko'zga tushish burchagi ko'rish burchagi deyiladi.
- Optik asboblarning ko'rinma kattalashtirishi: $N = \frac{tg\varphi_2}{tg\varphi_1}$. Bu yerda,

φ_2 – buyumning asbob orqali qaralgandagi ko'rish burchagi, φ_1 – buyumning qurollanmagan ko'z bilan qaralgandagi ko'rish burchagi.

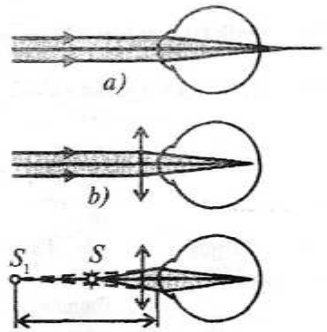
- **Yaqindan ko'rar ko'z** optik kuchi manfiy $(D<0)$ bo'lgan ko'zoynakdan foydalanadi.
- **Uzoqdan ko'rar ko'z** optik kuchi musbat $(D>0)$ bo'lgan ko'zoynakdan foydalanadi.
- **Nuqsonli ko'z** foydalanishi kerak bo'lgan ko'zoynakni optik kuchi (D_{oynak}):

$$D_{oynak} = 4 - \frac{1}{L}$$

L – nuqsonli ko'zning yaxshi ko'rish masofasi.



Rasm 118. Yaqindan ko'rar ko'z



Rasm 119. Uzoqdan ko'rar ko'z

Mikraskop

- Juda mayda narsalarni ko'rish uchun *mikraskop* ishlatiladi. Mikraskop yaqin joylashgan mayda ob'ektlarni ko'rishga mo'ljallangan. Uni optik sistemasi obektiv va okulyatordan iborat bo'lib, ularning optik o'qlari bir to'g'ri chiziqda yotadi.
- Mikraskopining kattalashtirishi yorug'lik difraktsiyasi sabab 2500-3000 dan oshmaydi.
- Mikraskopning kattalashtirishi K buyumning ikkinchi tasviri H o'lchamining, buyumning o'lchami h ga bo'lgan nisbati bilan o'lchanib, u quyidagi formula bilan aniqlanadi: $K = \frac{H}{h} = \frac{\sigma}{F_1} \cdot \frac{d_0}{F_2}$. Bu yerda σ – mikraskop tubusining uzunligi, d_0 – ko'zning yaxshi ko'rish masofasi, F_1 va F_2 – obektiv va okulyarning fokus masofalari.

Teleskop

- *Teleskop*- osmon jismlarini, yoritgichlarini kuzatish uchun ishlatiladigan astronomik asbobdir. Teleskoplar refraktor va reflektorlarga bo'linadi. Refraktorlarning ko'rish burchagi linzalar sistemasi yordamida kattalashtiriladi, reflektorlarning asosiy qismi parabolik ko'zgudan iborat bo'ladi.
- Optik asboblarning ko'rinma kattalashtirishi: $N=\frac{tg\varphi_2}{tg\varphi_1}$. Bu yerda,

  φ_2 - buyumning asbob orqali qaralgandagi ko'rish burchagi, φ_1 - buyumning qurollanmagan ko'z bilan qaralgandagi ko'rish burchagi.

Sferik ko'zgu

- Sferik ko'zguning fokus masofasi: $F=\frac{R}{2}$, R - Sferik ko'zgu radiusi
- Sferik ko'zgu optik kuchi: $D=\frac{1}{F}$; $D=\frac{2}{R}$
- Botiq sferik ko'zgu formulasi: $\frac{1}{F}=\frac{1}{d}+\frac{1}{f}$
- Qavariq sferik ko'zgu formulasi: $-\frac{1}{F}=\frac{1}{d}-\frac{1}{f}$

138-§ Yorug'likning to'lqin tabiati

- Inson sezadigan yorug'lik-to'lqin uzunligi $\lambda=(0{,}38\div0{,}77)\ 10^{-6}$ m intervalida bo'lgan elektromagnit to'lqinlardir.
- Yorug'lik to'lqinlarining uzunligi $0{,}4\mu m-0{,}78\mu m$ (400 nm ÷ 780 nm) oralig'ida joylashgan elektromagnit to'lqinlardir.
- Har xil to'lqin uzunligidagi yorug'likning rangi har xil bo'ladi:

  $\lambda=0.4\mu m-$ binafsha nur.

  $\lambda=0.78\mu m-$ qizil nur.
- Yorug'likning bo'shliqdagi tezligi –c:

  $c=2.99792458m/s$; $c=3\cdot10^8 m/s$;
- Muhitning absolyut sindirish ko'rsatkichi –n: $n=\frac{c}{\vartheta}$;

  $c-$ yorug'likning vakuumdagi tezligi, $\vartheta-$ muhitdagi tezlik.
- Yorug'lik nuri elektromagnit to'lqindir.
- Yorug'lik to'lqinlari ko'ndalang to'lqinlardir.
- Yorug'lik to'lqinlari qutblanish hossasiga ega.
- Yorug'likning vakuumdagi tezligi: $c=\frac{1}{\sqrt{\varepsilon_o\cdot\mu_o}}$; $\varepsilon_o=\frac{1}{4\pi\cdot9\cdot10^9}F/m$;

  $\mu_o=4\pi\cdot10^{-7}H/m$; ε_o- elektr doimiysi; μ_0-magnit doimiysi;
- Yorug'likning muhitdagi tezligi: $\vartheta=\frac{c}{n}$; $\vartheta=\frac{c}{\sqrt{\varepsilon\mu}}$;
- Sindirish ko'rsatkichining yorug'lik tezligiga bog'liqligi, yorug'lik tarqalayotgan muhitning fizik xususiyatlari, jumladan uning zichligi, elastiklik darajasi va temperaturasi bilan belgilanadi.
- Sindirish ko'rsatkichining qiymati yorug'likning to'lqin uzunligiga bog'liqdir.
- Yorug'likning to'lqin uzunligi λ, tezligi c, chastotasi ν, tebranish davri T, orasidagi munosabatlar:

  $\lambda=\frac{c}{\nu}$; $\lambda=c\cdot T$; $\vartheta=\lambda\cdot\nu$; $\vartheta=\frac{\lambda}{T}$; $\nu=\frac{c}{\lambda}$; $\nu=\frac{1}{T}$; $T=\frac{\lambda}{c}$; $T=\frac{1}{\nu}$;
- Bir muhitdan ikkinchi muhitga o'tganida yorug'likning tezligi va to'lqin uzunligi o'zgaradi, chastotasi esa o'zgarmaydi. Sindirish ko'rsatkichi katta bo'lgan muhitda yorug'likning tezligi va to'lqin uzunligi kichikroq bo'ladi.
- Muhitda yorug'likning tezligi va to'lqin uzunligi:

  $\vartheta=\frac{c}{n}$; $\lambda=\frac{\lambda_0}{n}$

  $n-$ muhitning sindirish ko'rsatkichi, λ_0- yorug'likning vakuumdagi to'lqin uzunligi.
- Ikkita muhitda tarqalayotgan yorug'lik tezliklari va to'lqin uzunliklari nisbati:

  $\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2}=\frac{n_2}{n_1}$; $\frac{\vartheta_1}{\vartheta_2}=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$; $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}=\frac{n_2}{n_1}$

- Elektromagnit to'lqin (yorug'lik nuri) bir muhitdan ikkinchi muhitga o'tganda uning chastotasi (rangi) saqlanadi, lekin, to'lqin uzunligi, tezligi, fazasi va amplitudasi o'zgaradi.
- Yorug'likning to'g'ri chiziq bo'ylab tarqalishi va geometrik optikaning boshqa qonunlari to'siqning o'lchami yorug'likning to'lqin uzunligidan juda ko'p marta katta bo'lgan hollardagina o'rinli.
- To'siqning o'lchami yorug'likning to'lqin uzunligiga yaqin bo'lgan hollarda to'lqin optikasi qonunlari o'rinli bo'ladi.

Elektromagnit to'lqinlar shkalasi

Elektromagnit to'lqinlar shkalasi to'lqin uzunligining kamayib borish tartibida quyidagicha joylashadi:

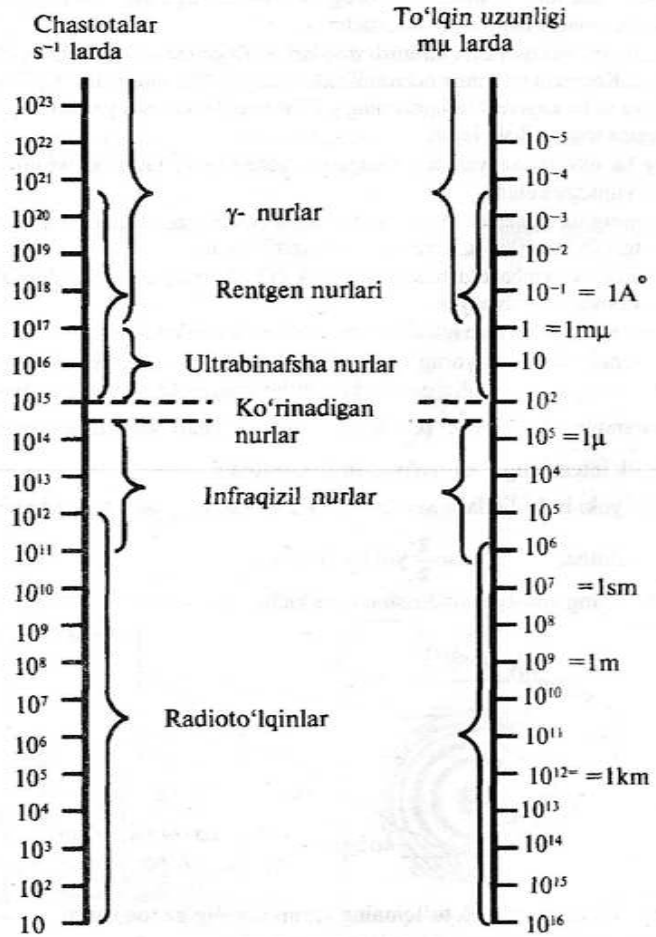
1. past chastotali elektromagnit to'lqinlar;
2. radioto'lqinlar;
3. infraqizil nurlar;
4. qizil nurlar;
5. zarg'aldoq nurlar;
6. sariq nurlar;
7. yashil nurlar;
8. havo rang nurlar;
9. ko'k nurlar;
10. binafsha nurlar;
11. ultrabinafsha nurlar;
12. rentgen nurlari;
13. gamma γ nurlar;

Ushbu tartibda chastotasi ortib boradi.

- γ *nurlar* to'lqin uzunligi rentgen nurlarining to'lqin uzunligidan kichik, chastotasi rentgen nurlarining chastotasidan katta bo'lgan elektromagnit to'lqinlardir.
- γ nurlar *yadroning uyg'ongan* holatidan asosiy statsionar holatiga o'tishida hosil bo'ladi, γ nurlarini uyg'ongan yadro nurlantiradi.

№	Turlarining nomi	To'lqin uzunligi, *м*	Chastotasi, *Hz*	Nurlar manbai
1	Past chastotali	10^4 dan katta	$3\cdot10^4$ dan kichik	Tok generatori
2	Radioto'lqinlar	$10^{-1}-10^4$	$3\cdot10^4-3\cdot10^{10}$	Tebranish konturi
3	Ultraradioto'lqinlar	$10^{-4}-10^{-1}$	$3\cdot10^{10}-3\cdot10^{12}$	Yalpi tarqatgich
4	Infraqizil nurlar	$7{,}7\cdot10^{-7}-10^{-4}$	$3\cdot10^{12}-4\cdot10^{14}$	Lampalar
5	Yorug'lik nurlari	$4\cdot10^{-7}-7{,}7\cdot10^{-7}$	$4\cdot10^{14}-7{,}5\cdot10^{14}$	Lampalar
6	Ultrabinafsha	$10^{-8}-4\cdot10^{-7}$	$7{,}5\cdot10^{14}-3\cdot10^{16}$	Lampalar
7	Rentgen nurlari	$10^{-11}-10^{-8}$	$3\cdot10^{16}-3\cdot10^{19}$	Rentgen nayi
8	Gamma nurlari	10^{-11} dan kichik	$3\cdot10^{19}$ dan katta	Radioaktiv modda

	Rangi	To'lqin uzunligi nm		Rangi	To'lqin uzunligi nm
1	Qizil	800-620	5	Yashil	550-510
2	Zarg'aldoq	620-585	6	Havorang	510-480
3	Sariq	585-575	7	Ko'k	480-450
4	Yashil sariq	575-550	8	Binafsha	450-390



Rasm 120. Elektromagnit to'lqinlar shkalasi

- Uzunlik birliklaridan biri: $1\,Angstrem = 10^{-10}\,metr$; $1\,A = 10^{-10}\,m = 0{,}1\,nm$

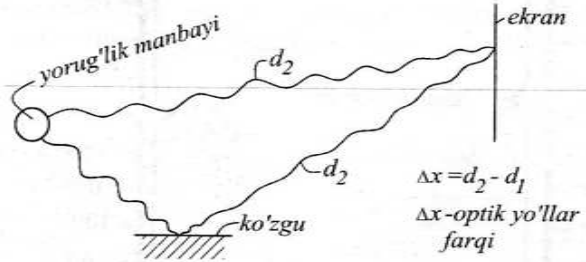
139-§. Yorug'lik interferensiyasi

- *Kogerent to'lqinlar* — chastotalari (ya'ni to'lqin uzunliklari) o'zaro teng, fazalar ayirmasi vaqt o'tishi bilan o'zgarmaydigan to'lqinlardir.
- *Monoxramatik to'lqinlar* – bir xil chastotali (to'lqin uzunlikli) va o'zgarmas amplitudali to'lqinlardir.
- *Yorug'lik interferensiyasi*— ikki yorug'lik to'lqinining qo'shilishi tufayli fazoning ma'lum sohalarida yorug'lik intensivligining kuchayishi yoki susayishi amalga oshadigan hodisadir.
- Yorug'lik interferetsiyasini kuzatish shartlari: 1. Kogerent to'lqinlar hosil qilish kerak. 2. Kogerent to'lqinlar uchrashishidan oldin yo'llar farqini hosil qilish kerak, ya'ni bu kogerent to'lqinlarning yo'llar farqi butun yoki yarim to'lqin uzunligiga teng bo'lishi kerak.
- Yorug'lik interferensiyasi faqat kogerent yorug'lik to'lqinlarining qo'shilishi tufayli vujudga keladi.
- Ikkita yorug'lik manbaidan kogerent to'lqinlar chiqmagani uchun ularni to'lqinlari uchrashganda yorug'lik interferensiyasi kuzatilmaydi.
- Turli yorug'lik manbalaridan monoxramatik to'lqinlari chiqmagani uchun ular interferensiyaga kirishmaydi.
- Mexanik to'lqinlarda ham interferensiya hodisasi kuzatiladi.
- Interferensiyalanuvchi yorug'lik to'lqinlari, yo'llarining optik farqi yorug'lik to'lqinining yarim uzunligiga juft karrali bo'lgan *holda,* ya'ni interferension manzaraning $\delta = 2\kappa\frac{\lambda}{2}$, $(\kappa = 0, 1, 2, \ldots)$ shart bajarilgan sohalarida yorug'lik intensivligining maksimumi kuzatiladi.

Havoda yoki bo'shliqda: $\Delta x = 2m\cdot\frac{\lambda}{2}$ yoki $\Delta x = m\cdot\lambda$; $m - 1.2.3.....$ butun son.

Biror muhitda: $n\cdot\Delta x = 2m\cdot\frac{\lambda}{2}$ yoki $n\cdot\Delta x = m\cdot\lambda$

n – muhitning absolyut sindirish ko'rsatkichi



δ ning qiymati yorug'lik to'lqinning yarim uzunligiga toq karrali bo'lgan holda, ya'ni interferension manzaraning

$\delta = (2\kappa+1)\frac{\lambda}{2}$, $(\kappa = 0, 1, 2, \ldots)$

shart bajarilgan sohalarida yorug'lik intensivligining minimumi kuzatiladi.

Havoda yoki bo'shliqda: $\Delta x = (2m+1)\cdot\frac{\lambda}{2}$; $m - 1.2.3.....$ butun son.

Biror muhitda: $n\cdot\Delta x = (2m+1)\cdot\frac{\lambda}{2}$

- **Yorug'lik to'lqinlarining superpozitsiya prinsipi:** Ikkita $x_1 = A_1\cos(\omega t + \varphi_1)$ va $x_2 = A_2\cos(\omega t + \varphi_2)$ kogerent yassi yorug'lik to'lqinlarining qo'shilishi natijasida fazoning ma'lum bir nuqtasida quyidagi amplitudali tebranish vujudga keladi: $A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\varphi_2 - \varphi_1)$ Bu yerda $\varphi_2 - \varphi_1$ qo'shilayotgan to'lqinlarining fazalar farqi.
- Agar to'lqin intensivligi amplituda kvadratiga proporsionalligini e'tiborga olsak, u holda: $I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1I_2}\cos(\varphi_2 - \varphi_1)$ bo'ladi, Bu yerda I_1, I_2 va I to'lqin intensivligi.
- Ikki to'lqin intensivligi o'zaro teng bo'lib, $I_1 = I_2 = I_0$ ular uchrashganida optik yo'llar farqi juft yarim to'lqin uzunligiga teng bo'lsa natijaviy intensivlik (I_{nat}) 4 marta ortadi: $I_{nat} = 4I_0$
- Ikki to'lqin uzunligi o'zaro teng bo'lib $I_1 = I_2$ ular uchrashganda optik yo'llar farqi toq yarim to'lqin uzunligiga teng bo'lsa, natijaviy intensivlik (I_{nat}) nolga teng bo'ladi: $I_{nat} = 0$
- Egrilik radiusi R ga teng bo'lgan sferik sirtda (linzada) kuzatiladigan Nyuton halqalaridagi qorong'u dog'larning radiusi:

$$r = \sqrt{mR\lambda}$$

agar linza va plastinka oralig'i biror muhit (n) bilan to'ldirilsa:

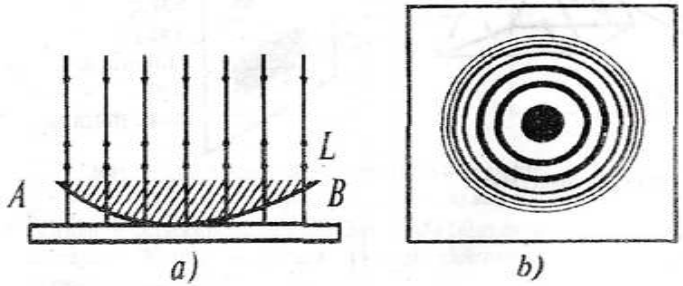
$$r = \sqrt{mR\frac{\lambda}{n}}$$

- Yorug' dog'larning radiusi:

$$r = \sqrt{(2m-1)\frac{R\lambda}{2}}$$

agar linza va plastinka oralig'i biror muhit (n) bilan to'ldirilsa:

$$r = \sqrt{(2m-1)\frac{R\lambda}{2n}}$$



Rasm 121. Nyuton xalqalari

- Interferensiya hodisasidan quyidagilarda foydalaniladi:

1. Yorug'likni to'lqin uzunligini aniqlashda;
2. Yaxshi qaytaruvchi silliq qatlamlarni hosil qilishda;
3. Sindirish ko'rsatkichining bosim, temperatura va aralashma turiga bog'liqligini o'rganishda.

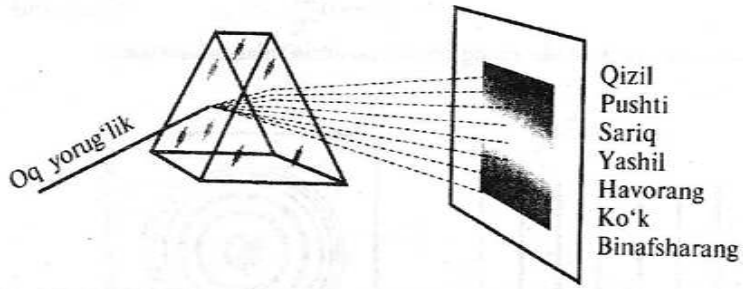
Yorug'lik interferensiyasini kuzatish usullari:

1. Yung usuli;
2. Frenel ko'zgusi;
3. Yupqa pardalarda turli xil ranglarni tovlanishi;
4. Havo ponada interferensiya;
5. Nyuton xalqalari;
6. Frenel diprizmasi.

- **Interferometr**- jism o'lchamlarini yorug'likni to'lqin uzunligi bilan solishtirib aniqlash uchun ishlatiladigan asbob.
- Interferometr va mikraskopdan iborat *mikrointerferometrlar* yordamida sirtlarning sayqalligi nazorat qilinadi.
- *Interferension refraktometrlar* yordamida shaffof jismlar (gazlar, suyuqliklar va qattiq jismlar) sindirish ko'rsatkichining bosimga, temperaturaga va aralashmalarga bog'liqligi o'rganiladi.

140-§ Yorug'lik dispersiyasi

- Oq yorug'lik shaffof prizmada turli rangdagi nurlarga ajraladi. Bu nurlar prizmadan chiqqandan keyin ekranga tushirilsa, kamalakdagidek asosan 7 xil rangdan: qizil, to'q sariq, sariq, yashil, havo rang, ko'k va binafsha ranglardan iborat polosa hosil bo'ladi. Bu kamalak rangdagi, polosa *spektr* deb ataladi.

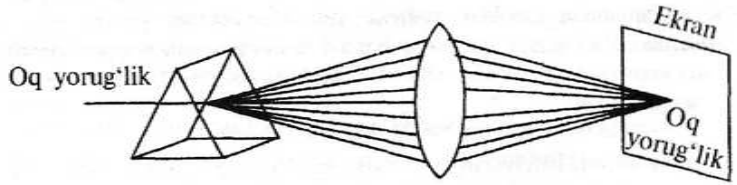


Rasm 122. Yorug'lik dispersiyasi

Ko'zga ko'rinadigan yorug'lik to'lqinlarining uzunliklari

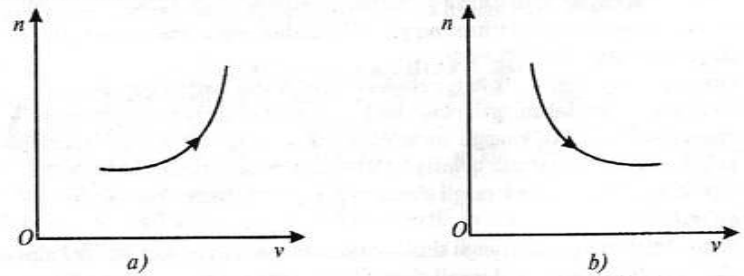
	Rangi	To'lqin uzunligi nm		Rangi	To'lqin uzunligi nm
1	Qizil	800-620	5	Yashil	550-510
2	Zarg'aldoq	620-585	6	Havorang	510-480
3	Sariq	585-575	7	Ko'k	480-450
4	Yashil sariq	575-550	8	Binafsha	450-390

- Prizmadan o'tayotgan to'lqin uzunligi katta bo'lgan nurlar kichik burchakka og'adi, qisqa to'lqin uzunligidagi yorug'lik katta burchakka og'adi.
- Oq yorug'likni tashkil qilgan hamma rangli nurlarning qo'shilishidan yana oq yorug'lik hosil bo'ladi.



Rasm 123. Spektr ranglarining qo'shilishi

- Moddaning sindirish ko'rsatkichining yorug'lik rangiga bog'liqligi *dispersiya* deyiladi. Turli rangdagi yorug'lik nurlari to'lqin uzunligi qiymati bilan farqlanuvchi yorug'lik to'lqinlari ekanligini e'tiborga olsak, sindirish ko'rsatkichi to'lqin uzunligiga bog'liq degan xulosaga kelinadi.
- Dispersiya so'zi lotincha dispersio *sochilish* so'zidan olingan. Yorug'lik dispersiyasini birinchi bo'lib ingliz fizigi I. Nyuton kuzatgan.
- Dispersiya yorug'lik to'lqin nazariyasi asosida tushintirish mumkin bo'lgan hodisalardan biridir.



Rasm 124. Chastotaning sindirish ko'rsatkichiga bog'liqligi: a) normal dispersiya uchun; b) anomal dispersiya uchun

- Normal dispersiyada to'lqin uzunligi ortishi bilan muhitning sindirish ko'rsatkichi kamayadi. Normal dispersiya hodisasi elektromagnit to'lqinlarining ko'rish diapazonida kuzatiladi

Quyida ba'zi moddalar sindirish ko'rsatkichining to'lqin uzunligiga bog'liqligi keltirilgan

	n sindirish ko'rsatkichi		
λ to'lqin uzunligi (mkm)	Fluorit	Kvarts	Osh tuzi
0,2	1,5	1,65	1,75
1,6	1,43	1,53	1,53
3,2	1,41	1,47	1,51

- Nurning to'lqin uzunligi qanchalik kichik bo'lsa, shu nur uchun sindirish ko'rsatkichi shunchalik katta bo'ladi.
- Spektrlarni olish va tekshirish (dispersiya hodisasini kuzatish) uchun ishlatiladigan optik asboblar *spektrial apparatlar* deyiladi.
- Muhitda har xil rangdagi nurlarning har xil tezlikda tarqalishi dispersiyadir. Muhitda qizil rangdagi nurlar katta tezlikka, binafsha rangdagi nurlar kichik tezlikka ega bo'ladi:

$$\vartheta_{qiz} > \vartheta_{zar} > \vartheta_{sar} > \vartheta_{yash} > \vartheta_{havo} > \vartheta_{ko'k} > \vartheta_{bin}$$

- Bo'shliq va havoda barcha rangdagi nurlar bir xil tezlikka ega bo'ladi.
- Muhitning absolyut sindirish ko'rsatkichi qizil rangli nurlar uchun kichik binafsha rangli nur uchun katta qiymatga ega bo'ladi:

$$n_{qiz} < n_{zar} < n_{sar} < n_{yash} < n_{havo} < n_{ko'k} < n_{bin}$$

- Yorug'lik nurining chastotasi ortib borish tartibi:

$$\nu_{qiz} < \nu_{zar} < \nu_{sar} < \nu_{yash} < \nu_{havo} < \nu_{ko'k} < \nu_{bin}$$

- Ikkita (yoki undan ko'p) ranglarni qo'shish bilan ham oq yorug'likni hosil qilish mumkin. Bunday ranglarga *qo'shimcha rang* deyiladi.
- Uchta asosiy hisoblangan qizil, yashil va binafsha ranglarini turli hissalarda qo'shish bilan istalgan ko'rinishdagi rangni hosil qilish mumkin.
- Yorug'likni qaytarmaydigan va yutmaydegan jismlar *shaffof jismlar* deyiladi.
- Agar bo'yoq surtilgan shishaga oq yorug'lik tushsa, unda shisha asosan, bo'yoq rangidagi yorug'likni o'tkazadi.
- Qizil rangli harflarga ko'k rangli shisha orqali qaralsa, harflar qora bo'lib ko'rinadi. Bunga sabab, qizil rangli harf faqat qizil rangli nurni qaytaradi ko'k rangli shisha faqat ko'k rangli yorug'likni o'tkazganligi sababli, qizil rangli nurni yutadi va o'tkazadigan nur qolmaydi. Natijada harf qora rangda ko'rinadi.
- Yashil rangli bargga ko'k rangli shisha orqali qaralsa, harflar qora bo'lib ko'rinadi.
- Sariq rangli jismga ko'k rangli shisha orqali qaralsa, harflar qora bo'lib ko'rinadi.
- Ko'k rangli harflarga qizil rangli shisha orqali qaralsa, harflar qora bo'lib ko'rinadi.
- Oq varoqga yozilgan yashil rangli harflarga qizil rangli shisha orqali qaralsa, qizil rangli fonda harflar qora bo'lib ko'rinadi.
- Yashil rangli shishaga qizil siyoh quyilgan. Siyoh qora rangda ko'rinadi.

- Noshaffof bo'lgan jismning rangi u qaytaradigan yorug'lik ranglarining aralashmasi bilan aniqlanadi. Agar noshaffof jism o'ziga tushayotgan yorug'likni qaytarsa jism shu rangda ko'rinadi.
- Barcha rangdagi yorug'likni qaytaradigan jism oq bo'lib ko'rinadi.
- O'ziga tushayotgan barcha yorug'likni yutadigan jism qora jism bo'ladi.
- Difraktsiya va dispersiya natijasida hosil bo'lgan spektrlar bir-biridan keskin farq qiladi. Difraktsiyada katta to'lqin uzunligiga ega bo'lgan qizil nurlar, kichik to'lqin uzunligiga ega bo'lgan binafsharag nurlardan ko'ra ko'proq og'adi. Dispersiyada katta to'lqin uzunligiga ega bo'lgan qizil nurlar, kichik to'lqin uzunligiga ega bo'lgan binafsharang nurlardan ko'ra kamroq og'adi.
- Absolyut qora va oq jismlar mavjud emas.

Yorug'likning yutilishi

- Yorug'likning yutilishi (absobsiya) deb moddadan o'tishda yorug'lik energiyasining yo'qotilishiga aytiladi. Bunga sabab – yorug'lik energiyasining moddaning ichki energiyasiga aylanishi. Yutilish natijasida o'tayotgan yorug'likning intensivligi kamayadi.
- Yorug'likning moddada yutilishi Buger qonuni yordamida tavsiflanadi: $I = I_0 e^{-\alpha x}$
  Bu yerda I va I_0 - mos ravishda x qalinlikli moddaga tushayotgan va undan chiqayotgan yorug'likning intensivliklari, α - yutilish koeffitsienti deyilib, moddaning kimyoviy tarkibi, holati va tushayotgan yorug'likning to'lqin uzunligiga bog'liq kattalik.
- Dispersiya hodisasining ahamiyati:
  1. Dispersiya hodisasi nurlanish yordamida moddalarning tuzilishi to'g'risida muhim ma'lumotlar olish imkonini beradi.
  2. Dispersiya hodisasi kerakli bo'yoqni turli ranglarni qancha hissada qo'shib hosil qilishni aniqlash imkonini beradi.
- Osmonda kamalakning hosil bo'lishi dispersiya hodisasiga asoslangan: Quyosh nurlarining atmosferada hosil bo'ladigan suv tomchilarida sinishi uning rangli nurlarga ajralishiga, ya'ni kamalakning hosil bo'lishiga olib keladi.

141-§. Yorug'lik difraksiyasi

- Yorug'lik to'lqinlarining to'siqlarni aylanib o'tishi va geometrik soya sohasiga og'ishi *difraksiya* deb ataladi.
- Yorug'lik difraksiyasining kuzatilish sharti to'siq o'lchami (d) yorug'lik to'lqin uzunligiga yaqin bo'lishi kerak: $d \approx \lambda$
- **Geometrik optikaning qo'llanilish sharti**: to'siq o'lchami (d) yorug'lik to'lqin uzunligidan juda katta bo'lishi kerak: $d \gg \lambda$
- **Frenel-Gyugens prinsipi**: Yorug'lik to'lqini etib borgan har bir nuqta ikkilamchi yorug'lik manbai bo'lib, ular kogerent yorug'lik manbaiga aylanadi va ulardan chiqqan nurlar kelib tushgan har bir nuqtada interfrensiya yuzaga keladi.

- Ketma-ket joylashgan juda ko'p tirqishlar yoki to'siqlardan tashkil topgan asbobga difraksion panjara deyiladi. Tirqishning kengligi (a) bilan, to'siq kengligi (b) yig'indisi difraksion panjara doimiysi (d) deyiladi: $d = a + b$
- Difraksion panjarada maksimumlar sharti:

$$d \cdot \sin\varphi = k \cdot \lambda$$

bunda; d – difraksion panjara doimiysi, k – kuzatilayotgan maksimum tartibi (butun son), $\varphi - k$ tartibli maksimumning markaziy maksimumga nisbatan ko'rinish burchagi, λ – to'lqin uzunligi.

- Difraksion manzaraning markazida tartib raqami $k = 0$ bo'lgan markaziy maksimum yotadi.
- Markaziy maksimumning har ikki tomonida k tadan maksimumlar yotadi.
- Bir xil tartibli maksimumlar orasidagi burchak α, maksimumlar shartidagi φ burchakdan ikki marta katta bo'ladi:

$$\varphi = \frac{\alpha}{2}$$

- Kuzatilishi mumkin bo'lgan eng katta tartib:

$$k_{max} = \left[\frac{d}{\lambda}\right], \qquad \left[\frac{d}{\lambda}\right] \text{ – ning butun qismi.}$$

- Maksimumlar sonini topish:

$$N_{max} = 2 \cdot \left[\frac{d}{\lambda}\right] + 1$$

- Difraksion panjaradan ekrangacha bo'lgan masofa L markaziy maksimumdan k tartibli maksimumgacha bo'lgan masofa x ga teng bo'lsa maksimumlar sharti quydagicha bo'ladi:

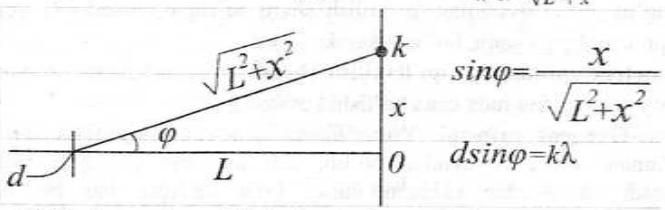
$$d \cdot \frac{x}{\sqrt{L^2 + x^2}} = k \cdot \lambda$$

- Difraksion panjara yordamida to'lqin uzunligini topish:

$$\lambda = \frac{d \cdot \sin\varphi}{k}; \qquad \lambda = \frac{d}{k} \cdot \frac{x}{\sqrt{L^2 + x^2}};$$

- Difraksion panjaraning l uzunligida, N ta shtrixi bo'lsa $d = l/N$:

$$\frac{l}{N} \cdot \sin\varphi = k \cdot \lambda; \qquad \lambda = \frac{l \cdot \sin\varphi}{k \cdot N}; \qquad \lambda = \frac{l}{k \cdot N} \cdot \frac{x}{\sqrt{L^2 + x^2}}$$



- Agar difraksion panjara doimiysi ortirilsa maksimumlar orasidagi masofa kamayadi, maksimumlar soni ortadi.

- Difraksion manzarada qizil rangli nur katta burchakka va binafsha rangli nur kichik burchakka og'adi:

$$\varphi_{qiz} > \varphi_{sar} > \varphi_{sar} > \varphi_{yash} > \varphi_{ko'k} > \varphi_{bin}$$

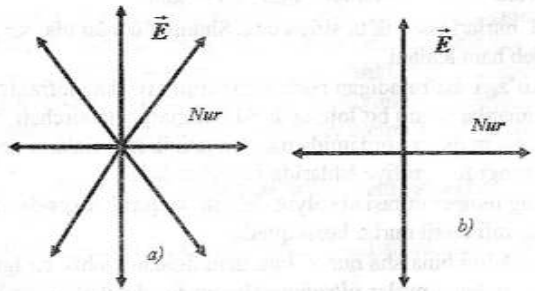
- Difraksion panjara bilan ekran orasidagi masofa ortirilsa maksimumlar soni o'zgarmaydi, maksimumlar orasidagi masofa ortadi va maksimumning kengligi ortadi.
- Difraksion panjarada minimumlar sharti:

$$d \cdot \sin\varphi = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{2}$$

bunda; d – difraksion panjara doimiysi, $\varphi - k$ tartibli minimumning markaziy maksimumga nisbatan og'ish burchagi, k – minimumlarning tartib raqami.

142- §. Yorug'likning qutblanishi

- Yorug'lik to'lqinida to'lqin tarqalish yo'nalishiga perpendikulyar tekislikda uzviy bog'langan elektr vektori E (elektr maydon kuchlanganligi) va magnit vektori B (magnit maydon induksiyasi) tebranadi.
- Yorug'lik tarqatuvchi har bir real manba tartibsiz nur sochuvchi, ya'ni elektr va magnit vektorlarining tebranish tekisligi turlicha bo'lgan ko'plab atomlardan tashkil topgan. Bu atomlardan tarqalayotgan to'lqinlar bir-biriga qo'shilib tabiiy yorug'lik nurini hosil qiladi.
- Tabiiy yorug'likda elektr vektorining tebranishi boshqa yo'nalishlardagi tebranishlardan ustunlikka ega bo'lgan biror bir yo'nalish mavjud emas.



Rasm 125. ***a)*****tabiiy yorug'lik nuri,** ***b)*** **qutblangan nur.**

- Agar elektr tebranishlari biror-bir yo'nalish bilan tartibga solinsa, (elektr tebranish vektori bitta tekislikda tebranadigan bo'lsa) bunday yorug'lik nuri *qutblangan nur* deyiladi.
- Qutblangan yorug'likning elektr vektori tebranayotgan tekislik-*tebranish tekisligi,* magnit vektori tebranayotgan tekislik –*qutblanish tekisligi* deyiladi.
- Tabiiy yorug'likni qutblantirib beradigan qurilmalar *qutblagichlar* yoki *polyarizatorlar* deyiladi. Qutblagichdan o'tgan yorug'lik intensivligi ikki marta kamayadi: $I = I_0/2$

- Analizatorlar – yorug'likning qutblanish darajasi va qutblanish tekisligining vaziyatini aniqlashda ishlatiladigan asbobdir.
- Yorug'lik ikki muhit chegarasiga biror i_B burchak ostida tushsa va bunda

$$tg\, i_B = n_{21}$$

shart bajarilsa (n_{21} ikkinchi muhitning birinchi muhitga nisbatan sindirish ko'rsatkichi), qaytgan nur tushish tekisligiga perpendikulyar yo'nalishda *qutblangan* bo'ladi.
- Tabiiy yorug'lik manbaidan chiqayotgan yorug'lik nuri qutblanmagandir.
- **Molyus qonuni**: Birinchi qutblagichdan o'tgan yorug'lik intensivligi I_0 ikkinchi qutblagichdan o'tgan yorug'lik intensivligi I, qutblagich o'qlari orasidagi burchak α ga teng bo'lsa, ular orasidagi munosabat quyidagiga teng:

$$I = I_0 \cos^2 \alpha$$

143-§. Infraqizil va ultrabinafsha nurlar

- Bizning ko'zimiz to'lqin uzunligi $\lambda_1 = 0.7 \div 0.8$ μm bo'lgan (qizil) nurdan to'lqin uzunligi $\lambda_2 = 0.37 \div 0.4$ μm gacha bo'lgan (binafsha) nurlarini sezadi.
- Moddaning isish darajasi yoki modda temperaturasining ko'tarilishi tushayotgan yorug'lik nurining to'lqin uzunligiga ham bog'liq. Masalan, qizil yorug'lik ta'sirida modda ko'proq qiziydi.
- To'lqin uzunligi qizil nur to'lqin uzunligidan katta bo'lgan va inson ko'zi sezmaydigan nurlar *infraqizil nurlar* deyiladi. Infraqizil nurlarning to'lqin uzunligi (0,8 ÷ 100) μm intervalida joylashgan.
- Infraqizil nurlari issiqlik ta'siriga ega. Shuning uchun ular ko'pincha *issiqlik nurlari* deb ham ataladi.
- Oddiy ko'zga ko'rinadigan nurlardan farqli ravishda infraqizil nurlarga bulut, tumanlar to'siq bo'lolmaydi. Shu nurlarga ta'sirchan bo'lgan maxsus fotoemulsiya yordamida ulardan texnik masalalarni yechishda, xususan, tungi fotografiya ishlarida foydalaniladi.
- Jismlarning temperaturasi absolyut noldan yuqori har qanday temperaturada bo'lganda, infraqizil nurlar hosil qiladi.
- To'lqin uzunligi binafsha nur to'lqin uzunligidan kichik bo'lgan, ya'ni inson ko'zi sezmaydigan nurlar *ultrabinafsha nurlar* deyiladi. Ultrabinafsha nurlar ba'zi moddalarga tushsa, ularda *lyuminestsensiya,* ya'ni qo'shimcha nur chiqarish xususiyatini tug'diradi. Ultrabinafsha nurlarning to'lqin uzunligi $0{,}4 \cdot 10^{-10}$ m dan 0,005 μm gacha.
- Suv ultrabinavsha nurlarini yutgani uchun elektr yoyi alangasi suv ichida yondirilsa, u ko'zga zarar qilmaydi.
- Atmosfera ultrabinavsha nurlarini kuchli yutishi sababli tog'larda tekislik-dagiga nisbatan, quyosh nurlaridagi ultrabinavsha nurlari ko'p bo'ladi.
- Shisha ultrabinavsha nurlanishni o'tkazmaydi. Kvars shishadan farqli holda ultrabinavsha nurlari uchun shaffofdir.

- Ultrabinavsha nurlarining havodagi kislorodga ta'siri natijasida ozon hosil bo'ladi.
- Infraqizil va ultrabinavsha nurlari ko'ndalang elektromagnit to'lqin bo'lganligi uchun qutblanish xossasiga ega.
- Temperaturani o'lchash uchun ishlatiladigan, sirtiga qorakuya surtilgan plastinka — *bolometr* deyiladi.

144-§. Nurlanish va Yutilish spektrlari. Spektral analiz

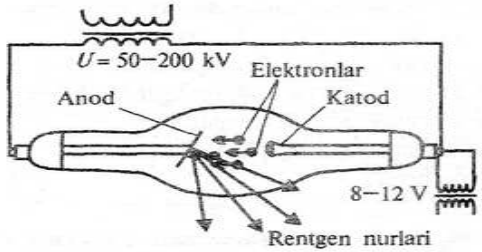
- Yuqori temperaturagacha qizdirilgan moddalardan chiqadigan nurlar moddaning turiga bog'liq holda turli spektr beradi. Bunday spektrlar *nurlanshi spektrlari* deyiladi. Bu nurlanish spektrlarini uch turga: *tutash* (uzluksiz), *chiziqli* va *polosasimon* spektrlarga ajratish mumkin.
- **Tutash (uzluksiz) spektrlar**. Bunday spektrlarni o'ta qizdirilgan qattiq yoki suyuq jismlardan chiqqan nurlar hosil qiladi. Shuningdek, yuqori bosim ostida bo'lgan gaz va bug'lar nurlanishida ham tutash spektrlar yuzaga keladi. Uzluksiz spektrda shu spektrni hosil qilayotgan nurlar uchun barcha uzunlikdagi to'lqinlarni topish mumkin, ya'ni spektrda birorta ham uzilish bo'lmaydi. Quyosh nuri va yuqori temperaturada bo'lgan plazmadan chiqqan nur tutash spektrni beradi.
- Toza kremniy moddasi tabiatda qattiq holatda uchraydi. Uning erish temperaturasi 1410 $^\circ C$, qaynash temperaturasi 2600 $^\circ C$, zichligi 2330 kg/m^3. U tutash spektrga ega bo'ladi.
- **Chiziqli spektrlar**. Turli ravshanlikka ega bo'lgan va bir-biridan keng qopa yo'llar bilan ajralgan rangli chiziqlardan iborat spektrlar *chiziqli spektr deyiladi.* Bunday spektrlarni atomar holda bo'lgan gazsimon moddalar hosil qiladi. Har bir atom ma'lum qiymatli to'lqin uzunligiga mos nur chiqaradi. Demak, har bir kimyoviy element o'ziga xos chiziqli spektrga ega.
- Geliy gazi atomar holatda bo'lganligi uchun yutilish va nurlanish spektrlari chiziqli bo'ladi.
- Natriy gazi atomar holatda bo'lganligi uchun yutilish va nurlanish spektrlari chiziqli bo'ladi.
- **Polosasimon spektrlar**. Polosasimon spektr bir-biridan qora oralig'lar bilan ajralgan ayrim polosalar (yo'llardan) iborat. Har bir polosa bir-biriga juda yaqin joylashgan ko'pdan-ko'p zich chiziqlardan iborat ekanligini o'ta sezgir spektral apparat yordamida payqash mumkin. Polosasimon spektrlarni asosan gaz molekulalarining nurlanishi hosil qiladi.
- Osh tuzi bug'ining va karbonat angidrid gazining yutilish va nurlanish spektrlari polosasimon.
- Agar tutash spektrni hosil qiladigan nur, atom yoki molekulalari uyg'onmagan moddadan o'tsa, dastlabki tutash spektr o'zgaradi. Bunda hosil bo'ladigan spektr *yutilish spektri* deyiladi.

- Moddaning nur chiqarishi va nur yutishi Kirxgof qonuniga asoslangan.
- **Kirxgof qonuni**: Modda yorug'lik manbai sifatida qanday to'lqin uzunligiga ega bo'lgan nur chiqarsa, u spektrning xuddi shu qismiga mos keluvchi nurni yutadi.
- Qattiq va suyuq moddadan o'tgan yorug'likning yutilish spektrida yutilgan nurlar o'rnida polosasimon qopa chiziqlar paydo bo'ladi.
- Turli moddalarning kimyoviy tarkibini shu moddalarning nurlanish va nur yutish xususiyatiga ko'ra tekshirish usuli *spektral analiz* deyiladi.
- Spektral analiz uchun chiziqli spektrni hosil qilish lozim.
- Jismning qizishi hisobiga nurlanishi *issiqlik nurlanishi* deyiladi.
- Issiqlik nurlanishining asosiy miqdoriy o'lchovi *nurlanish qobiliyatidir* va u E_T harfi bilan belgilanadi. Bu kattalik birlik yuzadan vaqt birligida chiqayotgan issiqlik nurlanishi energiyasidir.
- Absolyut qora jismning nurlanish qobiliyati uning temperaturasining to'rtinchi darajasiga to'g'ri proporsional: $E_q = \sigma \cdot T^4$. Bu yerda $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4}$ Stefan-Boltsman doimiysi deyiladi.
- Yutish qobiliyati jism o'ziga tushayotgan nurlanishning qanday ulushini yutishini ko'rsatadi. Yutish qobiliyati a harfi bilan belgilanadi.
- Agar jism o'ziga tushayotgan nurlanishni butunlay yutsa, absolyut qora jism deyiladi. Absolyut qora jism uchun $a = 1$. Boshqa jismlarda $a < 1$. Ideal ko'zguda $a = 0$ bo'ladi.
- Nurlanishlar ikki xil bo'ladi: tormozlanish nurlanishi va anod materialining tabiatiga bog'liq bo'lgan xarakteristik nurlanish.
- Tormozlanish nurlanishi tutash spektr hosil qiladi. Tormozlanish nurlanishi anod materialiga deyarli bog'liq bo'lmaydi.

145-§. Rentgen nurlari

- To'lqin uzunligi ultrabinafsha va gamma nurlar orasida bo'lgan nurlar Rentgen nurlari deyiladi.
- 1895-yilda nemis fizigi Vilgelm Rentgen tomonidan kashf etilgan.
- Rentgen nurlari elektronlarning biror modda bilan urilishi natijasida paydo bo'ladi.
- Rentgen nurlari moddadan deyarli qaytmaydi. Ular sinmay moddani kesib o'tadi. Elektromagnit maydon bu nurlarga ta'sir qilmaydi.
- Rentgen nurlari fotoplastinkaga tushirilsa, unda iz qoldiradi.
- Xarakteristik rentgan nurlanishi ikki bosqichdan iborat. Dastavval katta engiyali elektron anodga urilib, undagi atomlar bilan ta'sirlashadi. Natijada biror atom qobig'idagi (tashqi valent qobiqdagi) elektronni urib chiqaradi. Ikkinchi bosqichda bo'sh o'ringa yuqori qobiqdagi elektronlardan birortasi o'tadi (joylashadi). Natijada atom nurlanadi va rentgan nurlari chiqaradi.

- Kristall jismga tushganda rentgen nurlari difraksiyasi ro'y beradi.



Rasm 126. Rentgen trubkasi

- Rentgen trubkasida anodga yetib borgan elektron tezligi: $\vartheta = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}}$

  bunda; U – anod kuchlanishi, e – elektron zaryadi, m_e – elektron massasi.
- Rentgen nurlanishi ikki xil bo'ladi: tormozlanish nurlanishi va xaraktiristik nurlanish.
- Tormozlanish nurlanishi tutash spektrga ega bo'ladi. Spektrni aniq qisqa to'lqin chegarasi mavjud bo'lib, u anod kuchlanishi bilan aniqlanadi:

$$\lambda_{qisqa} = \frac{h \cdot c}{e \cdot U}; \qquad \nu_{max} = \frac{e \cdot U}{h}$$

  bunda; h – Plank doimiysi, c – yorug'lik tezligi, U – anod kuchlanishi, e – elektron zaryadi.
- Anod kuchlanishi: $U = \frac{m_e \vartheta^2}{2e}$; $\quad U = \frac{hc}{e\lambda_{min}}$; $\quad U = \frac{h\nu_{max}}{e}$;
- Quvvati P, foydali ish koeffitsiyenti η bo'lgan rentgen trubkasidan t vaqt oralig'ida nurlangan fotonlar soni: $N = \frac{\eta P t}{h\nu}$; $\quad N = \frac{\eta P t \lambda}{hc}$
- Qo'rg'oshin rentgen nurlanishini yutadi.
- Rentgen qurilmasida olingan surat- amalda nuqtaviy manba nurlanishidagi buyumlarning soyasidir. Shuning uchun buyum ekranga zich tegib turmasa, tasvir buyumdan katta bo'lib chiqadi.

146-§. Eynshteyn postulatlari va tezliklarni qo'shish

- Eynshteynning maxsus nisbiylik nazariyasi fazo hamda vaqt to'g'risidagi eski (klassik) tassavurlar o'rniga kelgan ma'lumotdir. 1905 yilda maxsus nisbiylik nazariyasi yaratildi. Bu nazariya yorug'rik tezligidan kichik, lekin unga yaqin bo'lgan har qanday tezlik bilan harakatlanayotgan jismlarning harakat qonunlarini o'z ichiga oluvchi mexanik qonunlarning umumlashmasidan iborat bo'lib, unga *relyativisitik mexanika* ("katta tezliklar mexanikasi") deb nom berildi.

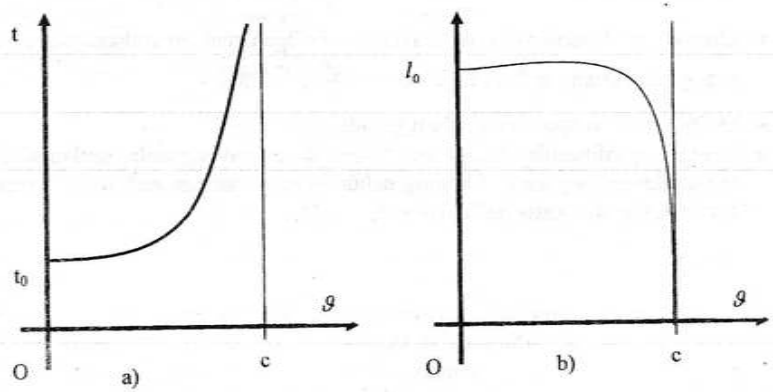
Eynshteyen maxsus nisbiylik nazariysining asosiy ikki prinsipi:

*1. **Nisbiylik prinsipi.*** Fizik qonunlar (bunda faqat mexanik qonunlar emas, balki elektromagnetizm, optika qonunlari ham nazarda tutilyapti) barcha inersial sanoq sistemalarida o'rinlidir. Boshqacha qilib aytganda, ayni biror fizik hodisani inersial sanoq sistemalarining birida kuzatish tufayli olingan natijalar boshqa inersial sanoq sistemalarida olingan natijalardan farq qilmaydi.

*2. **Yorug'lik tezligining doimiylik prinsipi.*** Yorug'likning vakuumdagi tezligi barcha inersial sanoq sistemalarida birday qiymatga ega bo'ladi. U yorug'likning tarqalish yo'nalishiga hamda yorug'lik chiqaruvchi jism va kuzatuvchining harakatiga bog'liq emas. Bu prinsip klassik mexanikadagi tezliklarni qo'shish qoidasiga mutlaqo ziddir.

- Nisbiylik nazariyasidagi tezliklarni qo'shishning realistik qonuni:

$$u=\frac{\vartheta_1+\vartheta_2}{1+\frac{\vartheta_1\cdot\vartheta_2}{c^2}};$$ u- umumiy tezlik



Rasm 127. Nisbiylik nazariyasida: a-vaqtning tezlikka bog'liqligi; b-uzunlikning tezlikka bog'lig'ligi

- Yorug'lik tezligiga yaqin tezlik bilan harakatlanayotgan kosmik kemada vaqtning o'tishi sekinlashadi.

- Vaqt qonuni: $t=\frac{t_o}{\sqrt{1-\frac{\vartheta^2}{c^2}}}$, t_o – harakatlanayotgan kosmik kemadagi vaqt.
- Nisbiylik nazariyasiga ko'ra, nisbiy harakatda bo'lgan inersial sanoq sistemalarining har birida sistemaning xususiy vaqti mavjud bo'lib, uni shu sistemada tinch turgan soat ko'rsatadi. Turli inersial sanoq sistemalarida voqeaning vaqtini aniqlashda bir sistemada bir vaqtda bo'lgan voqealar boshqa sanoq sistemalarida bir vaqtda bo'lmasligi mumkin.
- Vaqtni n marta ortishi uchun tezlik: $\vartheta=c\cdot\sqrt{1-\frac{1}{n^2}}$
- Uzunlik qonuni: $l=l_o\sqrt{1-\frac{\vartheta^2}{c^2}}$
- Hajm qonuni: $V=V_0\cdot\sqrt{1-\frac{\vartheta^2}{c^2}}$
- Jismning hajmi n marta qisqarishi uchun tezlik: $\vartheta=c\cdot\sqrt{1-\frac{1}{n^2}}$; $n=\frac{V_0}{V}$;
- Nisbiy tezlikni topish:

  ⇒ Agar harakat yo'nalishlari qarama-qarshi bo'lsa: $\vartheta_{nis}=\frac{\vartheta_1+\vartheta_2}{1+\frac{\vartheta_1\vartheta_2}{c^2}}$

  ⇒ Agar harakat yo'nalishlari bir xil bo'lsa: $\vartheta_{nis}=\frac{\vartheta_1-\vartheta_2}{1-\frac{\vartheta_1\vartheta_2}{c^2}}$
- Yorug'lik tezligiga yaqin tezlikda harakatlanayotgan shar qo'zg'almas kuzatuvchi uchun ellips shakliga ega bo'ladi. Buning sababi shar faqat harakat yo'nalishida qisqaradi.
- Yorug'lik tezligiga yaqin tezlikda harakatlanayotgan kub qo'zg'almas kuzatuvchi uchun parallelopiped shakliga ega bo'ladi. Buning sababi kubning faqat harakat yo'nalishidagi qirralarigina qisqaradi.
- Bir yorug'lik yili vakuumda yorug'lik nurining bir yilda bosib o'tgan yo'liga teng: $1\ Yorug'lik\ yili=9{,}46728\cdot10^{15}\ km$

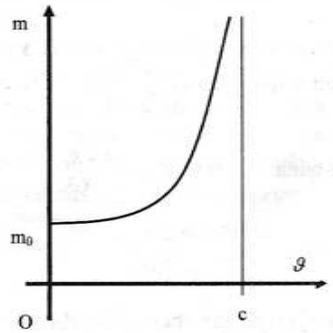
147-§. Massa va energiya

- Kichik tezliklar bilan harakatlanayotgan jism massasi shu jismning tinch holatdagi massasidan farq qilmaydi. Aksincha jismning tezligi yorug'-likning vakuumdagi tezligi bilan taqqoslanarli darajada bo'lsa, jism massasining ortishi sodir bo'ladi.
- Massaning tezlikka bog'liqlik qonuni: $m=\frac{m_o}{\sqrt{1-\frac{\vartheta^2}{c^2}}}$

- Jismni yorug'lik tezligi bilan harakatlantirishga majbur qilish mumkin emas. Chunki yorug'lik tezligi bilan harakatlanadigan jismning massasi cheksiz katta bo'ladi. Cheksiz katta massali jismni harakatlantiruvchi kuch mavjud emas.
- Tinchlikdagi energiya: $E_o = m_o c^2$
- Energiya va massaning bog'liqlik qonuni:

$$W = \frac{m_o c^2}{\sqrt{1-\frac{\vartheta^2}{C^2}}}; \quad W = m_o c^2 + T; \quad W = m_o c^2 + \frac{m_o \vartheta^2}{2}; \quad W = m_o(c^2 + \frac{\vartheta^2}{2})$$

W- to'liq energiya; T- kinetik energiya: $T = m_o c^2 (\frac{1}{\sqrt{1-\frac{\vartheta^2}{c^2}}} - 1)$



Rasm 128. Nisbiylik nazariyasida massaning tezlikka bog'liqligi;

- Massa defekti: $E = \Delta m c^2$ $\quad \Delta m = \frac{E}{c^2}$ $\quad \Delta m$-massa defekti
- Impuls: $P = \frac{m_o c}{\sqrt{1-\frac{\vartheta^2}{c^2}}}$;
- Zichlik: $\rho = \frac{\rho_0}{1-\frac{\vartheta^2}{c^2}}$
- Zichlik n marta oshishi uchun tezlik: $\vartheta = c \cdot \sqrt{1-\frac{1}{n}}$; $\quad n = \frac{\rho}{\rho_0}$
- Agar jismning energiyasi ΔE ga o'zgarsa massasi Δm ga o'zgaradi:

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$$

- h balandlikka ko'tarilgan m massali jism massasining ortishi (Δm): $\Delta m = \frac{mgh}{c^2}$
- Deformatsiyalangan prujina massasining ortishi (Δm): $\Delta m = \frac{k \cdot x^2}{2c^2}$

- Jismga Q issiqlik miqdori berilganda jism massasining ortishi:

$$\Delta m = \frac{Q}{c^2}; \quad c - \text{yorug'likning vakuumdagi tezligi}$$

- Temperaturasi ΔT ga ortgan jism massasining ortishi: $\Delta m = \frac{m \cdot c_{issiq} \Delta T}{c^2}$;

c_{issiq} – jismning solishtirma issiqlik sig'imi.

- Nyutonning uchta qonuni dinamikaning asosini tashkil qiladi. Bu qonunlar har doim ham to'g'ri emas: harakat tezliklari yorug'lik tezligidan juda kichik bo'lgan inersial sanoq sistemalaridagi jismning harakatlanishida o'rinli.

148-§. Fotoeffekt. Fotonlar

- Yorug'lik nurining modda bilan o'zaro ta'siri va bu ta'sir natijasida yorug'lik energiyasining modda atomlarini elektronlariga uzatilish hodisasi *fotoelektr effekt* yoki *fotoeffekt* deyiladi.
- Fotoeffekt hodisasi G. Gerts tomonidan kashf etilgan va Stoletov tomonidan o'rganilgan.
- Fotoeffekt natijasida chiqayotgan elektronlarni *fotoelektronlar,* zanjirda vujudga kelgan tokni *fototok* deyiladi.
- Yorug'lik ta'sirida jismdan elektronlarning ajralib chiqib, erkin holatga o'tishi *tashqi fotoeffekt* deyiladi. *Tashqi fotoeffekt,* asosan, metallarning to'lqin uzunligi kichik bo'lgan yorug'lik nuri bilan o'zaro ta'sirida kuzatiladi.
- Elektronlarning jismda bir holatdan ikkinchi holatga yorug'lik ta'sirida o'tishi *ichki fotoeffekt* deyiladi. Ichki fotoeffekt dielektrik va yarim o'tkazgichlarda sodir bo'ladi. Ichki fotoeffekt tufayli ularning elektr o'tkazuvchanligi ortadi.
- Fotoeffekt hodisasining yorug'lik energiyasini elektr energiyasiga aylantirib berish xususiyatidan fan va texnikada keng qo'llaniladi. Shu xususiyat asosida ishlaydigan asboblar *fotoelementlar deb ataladi*
- Yorug'lik zarracha sifatida *foton* deb ataladi yoki yorug'lik kvantiga foton deyiladi.
- Foton massasi: $m = \frac{E}{c^2}$; $\quad m = \frac{\nu h}{c^2}$; $\quad m = \frac{h}{\lambda c}$; $\quad m = \frac{h}{\nu \lambda^2}$
- Foton energiyasi:

$$E = \nu h; \quad E = \frac{ch}{\lambda}; \quad E = cp; \quad h = 6.62 \cdot 10^{-34} j \cdot s; \quad c = 3 \cdot 10^8 m/s$$

Muhitda: $E = \nu h$; $\quad E = \frac{hc}{n\lambda}$

- Foton impulsi: $P = \frac{\nu h}{c}$; $\quad P = \frac{E}{c}$; $\quad P = \frac{h}{\lambda}$; $\quad P = mc$

→ Foton sirtga tushib to'liq yutilganda sirt oladigan kuch impulsi, yoki foton impulsini o'zgarishi:

$$\Delta p = \frac{h\nu}{c}; \qquad \Delta p = \frac{h}{\lambda}$$

→ Foton sirtga α burchak ostida tushib to'liq yutilganda sirt oladigan kuch impulsining o'zgarishi:

$$\Delta p = \frac{h\nu}{c}\cdot\cos\alpha; \qquad \Delta p = \frac{h}{\lambda}\cdot\cos\alpha$$

→ Foton sirtga tik tushib to'liq qaytganida sirt oladigan kuch impulsi, yoki foton impulsining o'zgarishi:

$$\Delta p = 2\cdot\frac{h\nu}{c}; \qquad \Delta p = 2\cdot\frac{h}{\lambda}$$

→ Foton sirtga α burchak ostida tushib sirtdan to'liq qaytganida sirt oladigan kuch impulsi, yoki foton impulsining o'zgarishi:

$$\Delta p = 2\cdot\frac{h\nu}{c}\cdot\cos\alpha; \qquad \Delta p = 2\cdot\frac{h}{\lambda}\cdot\cos\alpha$$

- Yutilish va nurlanish chastotalari: $\nu = \frac{W_m - W_n}{h}$; h=6.62·10^{-34} J·s

  W_m-elektronning m-orbitadagi energiyasi, ν-chastota, ν>0 – nurlanish ν<0 –yutilish W_m dan W_n ga o'tish.
- Quvvati P bo'lgan manba t vaqt davomida nurlantirgan ν chastotali fotonlar soni: $N = \frac{Pt}{h\nu}$; $N = \frac{Pt\lambda}{hc}$
- Agar manbaning foydali ish koeffitsiyenti η ga teng bo'lsa: $N = \frac{\eta Pt}{h\nu}$; $N = \frac{\eta Pt\lambda}{hc}$.
- $1eV = 1{,}6\cdot10^{-19} J$
- Fotoefekt uchun Eynshteyen tenglamasi: $vh = A_{ch} + \frac{m\vartheta^2}{2}$; $vh = A_{ch} + W_k$

  $vh > A_{ch}$ bo'lganda fotoeffekt yuz beradi.
- **Fotoefektning qizil chegarasi**: moddadan fotoelektronlarni urib chiqarish uchun yetarli bo'lgan yorug'lik to'lqin uzunligining eng katta qiymatiga, yoki chastotasining eng kichik qiymatiga *fotoeffektning qizil chegarasi* deyiladi:

$$\nu_{min} = \frac{A}{h}; \qquad \lambda_{max} = \frac{ch}{A};$$

- ***Fotoeffektning birinchi tajribaviy qonuni***:

  1. Yorug'lik nuri tushayotgan plastinkaning yoritilganlik darajasi qancha katta bo'lsa, fototok kuchi shuncha katta bo'ladi.

  2. Vaqt birligi ichida chiqayotgan elektronlar soni tushayotgan yorug'lik intensivligiga to'g'ri proporsionaldir.
- **Yorug'lik ta'sirlari**: fotoelektrik, kimyoviy, issiqlik.
- **Fotoelement** deb yorug'lik energiyasini elektr energiyasiga aylantiruvchi asboblarga aytiladi.
- **Fotorezistor** deb elektr qarshiligi yorug'lik ta'sirida o'zgaruvchi moddalarga aytiladi.

- Yer sirtining har kvadrat metr ko'ndalang yuzasiga bir sekundda o'rtacha 1370 J energiya kelib tushadi. Bu kattalik *quyosh doimiysi* deyiladi.
- Uzunlik birliklaridan biri: $1 Angstrem = 10^{-10}\ metr$; $1A = 10^{-10}\ m = 0{,}1\ nm$

149-§. Fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasi

- **Fotoefektning qizil chegarasi**: moddadan fotoelektronlarni urib chiqarish uchun yetarli bo'lgan yorug'lik to'lqin uzunligining eng katta qiymatiga, yoki chastotasining eng kichik qiymatiga *fotoeffektning qizil chegarasi* deyiladi:

$$\nu_{min} = \frac{A}{h}; \qquad \lambda_{max} = \frac{ch}{A};$$

- Fotoefekt uchun Eynshteyen tenglamasi: $vh = A_{ch} + \frac{m\vartheta^2}{2}$; $vh = A_{ch} + W_k$

  $vh > A_{ch}$ bo'lganda fotoeffekt yuz beradi.
- Fotoeffekt uchun qizil chegarani hisobga olgan holdagi Eynshteyen tenglamasi:

$$h\nu = h\nu_q + \frac{m\vartheta^2}{2}; \quad h\nu = h\nu_q + eU; \quad hc = \lambda\left(h\nu_q + \frac{m\vartheta^2}{2}\right); \quad hc = \lambda(h\nu_q + eU);$$

- Fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasi kvant fizikasida energiyaning saqlanish qonunini bildiradi.
- **Tashqi fotoeffektning asosiy qonunlari:**

  1. Fotoelektronlarning maksimal tezligi fotokatodga tushayotgan yorug'lik chastotasiga, metalning turiga va uni sirtining xususiyatiga bog'liqdir. U yorug'likning intensivligiga bog'liq emas.

  2. Yorug'lik ta'sirida katoddan vaqt birligi ichida uchib chiqarilayotgan fotoelektronlarniig umumiy soni (to'yinish toki) fotokatodga tushayotgan yorug'lik intensivligiga to'g'ri proporsionaldir.

  3. Har qaysi modda uchun fotoeffekt vujudga kelishi mumkin bo'lgan eng kichik yorug'lik to'lqinining chastotasi (yoki eng katta to'lqin uzunligi) ning qiymatlari mavjud bo'lib, u fotoeffektning «qizil chegarasi» deb ataladi. Bu chegara turli moddalar uchun turli qiymatga ega.

150-§. Yorug'lik bosimi

- **Yorug'lik bosimi:** $P = \frac{E}{c}(1+R)$, P – yorug'lik bosimi, E – sirtning yoritilganligi, ya'ni 1 s ichida, yuza birligiga tik tushayotgan yorug'lik energiyasi, R – sirtning yorug'lik qaytarish koeffitsiyenti, c – yorug'lik tezligi.
- Yorug'likni to'la yutuvchi sirt uchun, yorug'lik bosimi (uning intensivligi orqali): $P = \frac{I}{c}$

- Yorug'likni to'la qaytaruvchi sirt uchun, yorug'lik bosimi (uning intensivligi orqali): $P = \frac{2I}{c}$
- Yorug'lik bosimi:

  ⇒ Yorug'lik sirtda to'liq yutilsa: $P = \frac{W}{ctS}$

  ⇒ sirtdan to'liq qaytsa: $P = 2 \cdot \frac{W}{ctS}$

  W – tushgan yorug'lik energiyasi, t – vaqt, S – yuza.
- Ideal qora sirt yorug'likni to'liq yutadi. Ideal oq sirt yorug'likni to'liq qaytaradi.
- Yorug'lik bir xil sharoitda ideal oppoq sirtga, ideal qop-qora sirtga nisbatan ikki marta katta bosim ko'rsatadi.
- **Yorug'lik ta'sirlari**: fotoelektrik, kimyoviy, issiqlik.
- Yer sirtining har kvadrat metr ko'ndalang yuzasiga bir sekundda o'rtacha 1370 J energiya kelib tushadi. Bu kattalik *quyosh doimiysi* deyiladi.
- Yerda nurlarga perpendikulyar joylashgan bir kvadrat metr qora sirtga quyosh yorug'ligi $4{,}5 \cdot 10^{-6}\ N$ kuch bilan bosadi.
- Yorug'lik bosimining kvant va to'lqin nazariyalar asosida bir xil tusuntirilishi yorug'lik bir vaqtning o'zida ham to'lqin, ham zarra xususiyatiga egaligini isbotlaydi.

151-§. Yorug'likning kimyoviy ta'siri

- Yorug'lik ta'sirida boradigan kimyoviy o'zgarishlarni *fotokimyoviy reaksiyalar* deyiladi.
- **Fotosintez.** O'simliklar tomonidan havodagi korbanat-angidridni yutib, uni yorug'lik ta'sirida kislorod va uglerodga ajratish hodisasi *fotosintez* deyiladi.
- O'simlik barglari xlorofill yordamida (barglarga yashil rang beradi) yorug'-lik ta'siri ostida karbonat angidrid gazini yutib, kislorod chiqaradi. Bu reak-siya tabiatda uglerod va kislorodning aylanishini ta'minlaydi: odamlar, hayvonlar va parrandalar nafas olganda kislorod yutib, karbonat angidrid gazini chiqaradi, o'simlik barglarida esa yorug'lik ta'sirida teskari protsses bo'ladi.
- Ko'pgina ximiyaviy moddalar yo'rug'lik ta'siri ostida ajraladi. Bunday turdagi reaksiya odam va hayvonlarda ko'rish sezgisini uyg'otishda juda katta ahamiyatga ega. Ko'z to'rida 120 mln. ga yaqin yorug'lik sezgir hujayralar (to'r) bo'lib, ularni "tayoqchalar" deb ataladi. Bu to'rni to'ldi-ruvchi modda yorug'lik ta'sirida parchalanadi va uning parchalanish mahsulotlari nerv uchlariga ta'sir ko'rsatib, ko'rish sezgisini uyg'otadi.
- Ko'z to'r pardasida tayoqchalardan tashqari 6 mln. ga yaqin "kolbachalar" ham bor. Ular asosiy ranglar-qizil, yashil va ko'k ranglardan biriga sezgir

bo'lgan yujayralardan iborat. Bu hujayralarning nerv uchlaridan kelayotgan ko'rish sezgilari qo'shilib, ranglarni bir biridan farq qilish imkonini beradi.
- **Fotografiya.** a) *Suratga olish* – yorug'lik ta'sirida bromli kumush molekulasining ajralishi. b) *Surat chiqarish* – yorug'lik ta'sir etgan molekulalardan kumushni chiqarish. v) Mustahkamlash – fotoqatlamdan kumushni chiqarish. g) Nusxa ko'chirish – fotoplyonkadan tasvirni fotoqog'ozga o'tkazish.
- **Luminessensiya** (Sovuq holda nur chiqarish). Luninessensiya deb, berilgan temperaturada issiqlik nurlanishidan ortiqcha energiya hisobiga ro'y beradigan nurlanishga aytiladi.

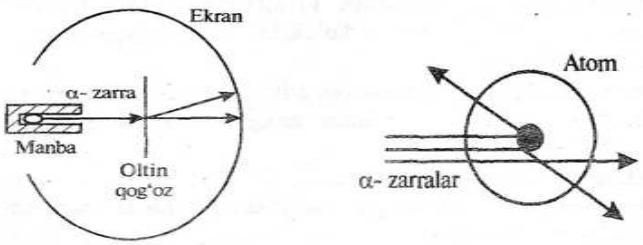
  Luminessensiya ikki usulda kuzatiladi:
  1. **Fluoressensiya** – jismlarga yorug'lik tushganda nur chiqarib, tushmaganda – chiqmasligi.
  2. **Fosforessensiya** – jismni yoritilgandan keyin ham nur chiqarib turishi.
- **Fotoelementlar** ikki turga bo'linadi. Tashqi fotoeffekt hodisasiga asoslanib ishlaydigan vakuumli va ichki fotoeffektga asoslanib ishlaydigan yarim o'tkazgichli asboblarga ajraladi.
- Yorug'lik ta'sirida modda yuzasidan elektronlar chiqishi *tashqi fotoeffekt*, moddada yorug'lik ta'sirida erkin elektronlar ko'payishiga *ichki fotoeffekt* deyiladi.
- Elektr qarshiligi yoritilganligiga bog'liq bo'lgan yarim o'tkazgichli asbobga *fotodiod* deyiladi.
- Tok o'tganda o'zidan sovuq nur chiqaradigan yarim o'tkazgichli diodga *yorug'lik diodi* deyiladi.
- O'tuvchi toki yorug'lik vositasida boshqariladigan tranzistorga *fototranzistor* deyiladi.
- Ximiyaviy ta'sir hosil qilish uchun qisqa to'lqinli nurlanishdan foydalanish maqsadga muvofiq.
- Issiqlik ta'siri hosil qilish uchun uzun to'lqinli (infraqizil) nurlanishdan foydalanish maqsadga muvofiq.

152-§. Rezerford tajribasi. Atomning planetar modeli. Borning kvant postulatlari

- Rezerford 1899 yilda α-nurlar musbat zaryadli zarrachalar oqimi ekanini isbotladi. α-zarralar radiy yoki boshqa elementlarning parchalanishidan hosil bo'ladi. Ularning massalari elektronning massasidan taxminan 8000 marta katta, musbat zaryadi esa moduli jihatidan elektronning zaryadidan ikki marta kattadir, α-zarralar butunlay ionlashgan geliy atomining xuddi o'zidir, α-zarralarning tezligi juda katta: yorug'lik tezligining 1/15 ulushiga teng.
- Rezerford α-zarralar bilan og'ir elementlarning atomlarini bombardimon qildi. Elektronlarning massasi juda kichik bo'lgani uchun ular α-zarralarning

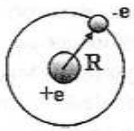
traektoriyasini sezilarli o'zgartira olmaydi. Atomning musbat zaryadli qismigina α-zarralarning sochilishiga sabab bo'ladi.

- α-zarralarning sochilishiga qarab atom ichida musbat zaryadning va massaning taqsimlanish xarakterini aniqlash mumkin.



Rasm 129. Rezerford tajribasi sxemasi

- Rezerford tajribasi atomning Tomson modeli noo'rin ekanligini tasdiqladi.
- Atomning Tomson modeli: Modelga ko'ra atom shar shaklida bo'lib musbat zaryadga ega. Uning ichida elektronlar suzib yuradi. Tomson modeli tajribada tasdiqlanmadi.
- **Atom yadrosining o'lchamlari**: Turli burchaklar ostida sochilgan zarralarni sanab, Rezerford atomning o'lchamlarini baholadi. Yadroning diametri $10^{-12} \div 10^{-13}$ sm tartibida. (turli yadrolarning diametrlari turlicha). Atomning o'lchami esa 10^{-8} sm, ya'ni yadro o'lchamidan 10÷100 ming marta katta.
- **Atomning planetar modeli**. Rezerford tajribalaridan atomning planetar modeli kelib chiqadi. Markazda atomning deyarli butun massasi yig'ilgan musbat zaryadli yadro joylashgan. *Butunicha atom neytral zarradir.* Elektronlar yadro atrofida xuddi quyosh atrofida planetalar aylangani singari harakatlanadi. Elektronlar harakatining bunday xarakteri yadro tomonidan kulon kuchlarining ta'siri bilan aniqlanadi.
- **Atomning planetar modelining kamchiliklari**: 1.Elektronlar egri chiziq bo'ylab harakatlanganda tezlanishi bor. 2.Energiya sarflagani uchun elektron oxirida yadroga qulab tushishi kerak.
- **Vodorod atomida** yadro atrofida faqat bittagina elektron aylanadi. Vodorod atomining yadrosi moduli jihatidan elektronning zaryadiga teng musbat zaryadga ega bo'lib, uning massasi elektronning massasidan taxminan 1836,1 marta katta. Bu yadro *proton* deb ataladi. ***Atomning o'lchami*** – bu uning elektron orbitasining radiusidir.



Rasm 130. Vodorod atomi

- Atomlar barqarordir va uyg'otilmagan holatda hech qanday elektromagnit to'lqin chiqarmasdan cheksiz uzoq vaqt yashashi mumkin. Atom mashtabidagi hodisalarga klassik fizika qonunlarini tatbiq qilish mumkin emas.

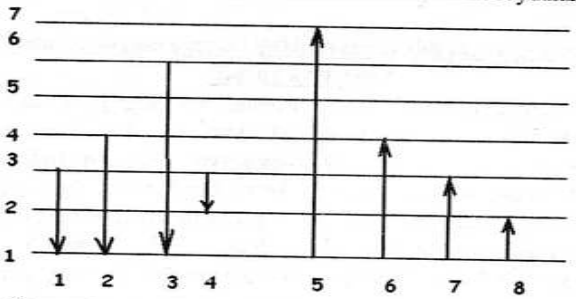
Borning kvant postulatlari. Atomlarning energiya chiqarishi va energiya yutishi

- **Borning birinchi postulati**: Atom sistemasi har biriga muayyan E_n energiya mos keladigan alohida statsionar yoki kvant holatlaridagina bo'la oladi. Atom statsionar holatda yorug'lik chiqarmaydi. Bu postulat klassik fizikaga tamoman ziddir, klassik fizikaga ko'ra harakatlanayotgan elektronning energiyasi har qanday qiymatni qabul qilishi mumkin. Bu postulat Maksvel elektrodinamikasiga ham ziddir, chunki unga muvofiq elektronlar elektromagnit to'lqin chiqarmasdan ham tezlanish bilan harakatlanishi mumkin.
- **Borning ikkinchi postulati**: Atom katta energiyali E_k statsionar holatdan kam energiyali E_n statsionar holatga o'tganda yorug'lik nurlanadi. Nurlangan fotonning energiyasi statsionar holatlar energiyalarining farqiga teng bo'ladi: $h\nu = E_k - E_n$

  Bunda nurlanish chastotasini shunday ifodalash mumkin: $\nu = \frac{E_k - E_n}{h}$ Nur yutganda atom kam energiyali statsionar holatdan katta energiyali statsionar holatga o'tadi. Ikkinchi postulat Maksvel elektrodinamikasiga ham ziddir, chunki bu postulatga ko'ra yorug'likning nurlanish chastotasi elektron harakatining xususiyatlarini emas, balki atom energiyasining o'zgarishinigina bildiradi. Bor o'z postulatlarini eng oddiy atom sistemasi – vodorod atomining nazariyasini yaratish uchun qo'lladi.
- Atom energiyasining statsionar qiymatlarini aniqlash qoidasi *kvantlash qoidasi* deyiladi.
- Plank doimiysi: $h=6.62 \cdot 10^{-34}$ J·s
- O'tish sathlari qanchalik yaqin bo'lsa, nurlangan (yoki yutilgan) foton chastotasi (ν) kichik va to'lqin uzunligi (λ) katta bo'ladi:

  Agar $\nu_1 < \nu_2 < \nu_3 < \nu_4$ bo'lsa $\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > \lambda_4$ o'rinli
- **Lazer** - optik generatori bo'lib, katta quvvatli, sochilish burchagi juda kichik, kogorent va monoxromatik nurlanish chiqaradi.
- Lazerlar tarqalish burchagi juda kichik (10^{-5} rad atrofida) yorug'lik dastasi hosil qiladi.
- Lazer nurlanib chiqaradigan elektromagnit to'lqindagi elektr maydonning kuchlanganligi atom ichidagi maydon kuchlanganligidan kattadir.
- Santimetr to'lqinlar diapazonida ishlovchi kvant generatori *mazer* deb ataladi.
- **Spontan nurlanish** deb atomning o'z-o'zidan tashqi ta'sirsiz nurlanishiga aytiladi. Tashqi ta'sir ostida nurlanishga indutsirlangan yoki majburiy nurlanish deyiladi.

- Atom uzoq vaqt qolishi mumkin bo'lgan uyg'otilgan holatga *metastabil holat* deyiladi.
- Lazerda *indutsirlangan nurlanish* va *metastabil holatdan* foydalaniladi.



Rasm 131. Chastotalar haqidagi postulat

3- eng katta energiyali foton nurlanadi;
4- eng kichik energiyali foton nurlanadi;
5- eng katta energiyali foton yutiladi;
8- eng kichik energiyali foton yutiladi;

Vodorod atomining spektri

- **Vodorod atomining Bor taklif etgan modeli**. Nyuton mexanikasi qonunlari va statsionar holatlarni tanlab olishga imkon beruvchi kvantlash qoidasini qo'llab Bor elektronning mumkin bo'lgan orbitalar radiuslari hamda statsionar holatlarning energiyalarini hisoblashga erishdi. Orbitaning minimal radiusi atomning o'lchamini bildiradi.

Yuqori sathlardan birinchi uyg'ongan holatga (ikkinchi E_2 energetik sathga) o'tishlar ***Balmer seriyasini*** hosil qiladi.

Vodorod atomining ko'zga ko'rinadigan nurlarining chiziqli spektri ***Balmer seriyasi*** deyiladi va shu qismdagi spektrial chiziqlarning (chastotaning) taqsimoti quyidagicha: $\nu = R\cdot(\frac{1}{2^2}-\frac{1}{n^2})$, $n = 3,\ 4,\ 5,\ .....$ Bu yerda R Ridberg doimiysi: $R = 3{,}29\cdot10^{15}\ s^{-1}$

Vodorod atomining ko'zga ko'rinmas qismi bo'lgan ultrabinafsha nurlar spektri ***Layman seriyasi*** deyiladi va shu qismdagi spektrial chiziqlarning (chastotaning) taqsimoti quyidagicha: $\nu = R\cdot(\frac{1}{1^2}-\frac{1}{n^2})$, $n = 2,\ 3,\ 4,\ 5,\ .....$

Vodorod atomining ko'zga ko'rinmas qismi bo'lgan infraqizil nurlar spektri ***Pashen seriyasi*** deyiladi va shu qismdagi spektrial chiziqlarning (chastotaning) taqsimoti quyidagicha: $\nu = R\cdot(\frac{1}{3^2}-\frac{1}{n^2})$, $n = 4,\ 5,\ 6,\ .....$

Vodorod spektri uchun balmerning umumlashgan formulasi: $\nu = R\cdot(\frac{1}{m^2}-\frac{1}{n^2})$.

Bu erda m har bir seriya uchun o'zgarmas $m = 1,\ 2,\ 3,\ .....$ qiymatlarni qabul qilib, chiziqlar guruhi qanday seriyani hosil qilishini ko'rsatsa, n

butun qiymatlarni ($m+1$ dan boshlab) qabul qilib, seriyadagi chiziqlarni ko'rsatadi.

- n- orbitadagi elektronning aylanish radiusi: $r_n = \frac{nh}{2\pi m_e \vartheta}$
- Atomning eng kichik (minimal) energiyali holati uning *asosiy holati* deyiladi. Asosiy holat, bosh kvant soni $n = 1$ ga mos keladi va u quyidagiga teng: $E_1 = -13{,}6eV$
- Elektronning n-orbitadagi energiyasi: $E = \frac{E_1}{n^2}$
- Vodorod atomini ionlash, ya'ni undan elektronni yulib olish uchun unga $13{,}6eV$ energiya berish kerak. Bu energiya ionizatsiya energiyasi deyiladi.
- Birinchi Bor orbitasining radiusi: $r_1 = 5{,}29\cdot10^{-11}m$
- Elektronning n-orbitadagi radiusi: $r_n = r_1\cdot n^2$
- Uzunlik birliklaridan biri: $1Angstrem = 10^{-10}\ metr$; $1A = 10^{-10}\ m = 0{,}1nm$

153-§. Atom va uning yadrosining tarkibi

- Atomning markazida musbat zaryadlangan yadro joylashgan bo'lib, u zaryadsiz zarralar neytronlar va musbat zaryadli zarralar protonlardan tashkil topgan. Yadro atrofida manfiy zaryadli zarralar elektronlar mavjud bo'lib, u aylanma harakat qiladi.
- Neytronning massasi 1836,6 elektron massasiga teng bo'lib, proton massasidan salgina katta. Neytron beqaror zarra, ozod neytron 15 minutga yaqin vaqt ichida proton, elektron va neytrinoga(tinchlik massaga ega bo'lmagan zarraga) parchalanadi.
- Elektr jihatidan neytral bo'lgan, atom yadrosidagi protonlar soni doim uning atrofida mavjud bo'luvchi elektronlar soniga teng bo'lib, bu son o'z navbatida kimyoviy elementning (Mendeliyev) davriy jadvaldagi tartib raqamiga teng.
- **Yadro zaryadi**. Atom yadrolarining elektr zaryadini 1913 yilda ingliz fizigi Genri Mozli aniq o'lchagan. Mozli atom yadrosining elektr zaryadi elementar elektr zaryadi (e)ning kimyoviy elementning Mendeliyev jadvalidagi Z tartib nomeriga ko'paytmasiga teng (q=e·Z) ekanligini aniqladi. Kimyoviy elementning Mendeliyev davriy jadvalidagi tartib nomeri istagan kimyoviy element atomi yadrosidagi musbat elementar zaryadlar soni bilan yoki neytral atom qobig'idagi elektronlar soni bilan aniqlanadi.
- Atom yadrolari tarkibidagi musbat elementar zaryadga ega bo'lgan zarrachaga proton deb ataladi, u atomlardan eng yengilining – vodorod atomining yadrosidir. Protonning massasi $m_p = 1{,}6726\cdot10^{-27}$ kg ga teng. Atom yadrolari tarkibida faqat protonlar bo'lmasdan, elektr zaryadi neytral bo'lgan va massasi taxminan proton massasiga teng bo'lgan zarrachalar ham mavjud bo'lib ular neytronlar deyiladi. Yadro zarrachalari, protonlar va

neytronlar - ***nuklonlar*** deb ataladi. Yadrodagi Z protonlar va N neytronlar sonining yig'indisi ***massa soni*** (yoki nuklonlar soni) deb ataladi va A harfi bilan belgilanadi: A=Z + N.

- **Yadro kuchlari**. Yadro juda barqaror, binobarin, proton va neytronlar juda katta kuchlar bilan tutib turiladi. Proton-proton, proton-neytron, va neytron-neytron orasida alohida ta'sir kuchlari mavjud bo'lib bu kuchlarga *yadro kuchlari* deyiladi. Yadro kuchlari elektromagnit ta'sir kuchlaridan 100 marta katta. Bu kuchlar tabiatdagi eng qudratli kuchdir. Shuning uchun yadro zarralarining o'zaro ta'sirini ko'pincha *kuchli o'zaro ta'sir* deb ataladi. Bunday kuchlar faqat yadro tarkibidagi proton va neytronlargagina xos bo'lmasdan, balki ko'plab elementar zarrachalarga xos bo'lgan kuchlardir.
- Nuklonlar orasida mavjud bo'lgan yadro kuchlarining ta'sir radiusiga, *yadro radiusi* deyiladi. Zamonaviy dalillar bo'yicha yadrolarning o'lchamlari $10^{-15}-10^{-14}$ m tartibida ekan.
- Yadro kuchlari nuklonlarning zaryadiga bog'liq bo'lmagan kuchlardir, ya'ni ular proton-proton, proton-neytron, neytron-neytornlar orasida bir xilda ta'sir etadi. Bundan yadro kuchlarining elektromagnit tabiatga ega emasligi kelib chiqadi.
- Yadro kuchlari to'yinish xarakteriga ega, uni har bir nuklon yadroning barcha nuklonlari bilan emas, o'ziga yaqin turgan chegaralangan sondagi nuklonlar bilan ta'sirlashadi.
- Yadro kuchlari markaziy bo'lmagan kuchlardir, ular gravitatsion va kulon kuchlaridan farqli o'laroq, nuklonlar orasidagi masofaga bog'liq bo'lmaydi.
- Yadro kuchlarining muhim bir xususiyati – ularning juda qisqa masofada ta'sir qilishidir.
- Yadro kuchlari yaqindan ta'sirlashuv kuchlari bo'lib, 10^{-15} *м* masofadagina mavjud bo'ladi

154-§. Zaryadlangan zarralarni tajribada qayd qilish va kuzatish usullari

- Atom *yadrodan* va *elektronlardan* iborat. Atom yadrosi esa elementar zarralardan iboratdir. ***Elementar zarralarni qayd qiluvchi asbob*** – beqaror holatda tura oladigan biror darajadagi murakkab mikroskopik sistemadir. Uchib o'tayotgan zarralar tomonidan berilgan ozgina ta'sir natijasida sistemaning yangi, barqarorroq holatga o'tish jarayoni boshlanadi. Ana shu jarayon zarrani qayd qilishga imkon beradi.
- Muhit orqali o'tgan zarralar energiyasini ularni o'lchash va qayd qilish uchun qulay bo'lgan boshqa turdagi energiyaga aylantirib beruvchi qurilmalarga *ionlashgan nurlanish detektorlari* deyiladi.
- **Ionizatsion detektorlar,** bularning ishlash prinsipida asosan zarralarning muhit bilan ta'sirlashishi tufayli hosil bo'lgan ionlanish jarayonidan

foydalaniladi. Ularga ionizatsion kameralar, gaz razriyadiga asoslangan sanagichlar, Vilson va pufakli kameralar, fotoemulsiya va boshqalar kiradi.

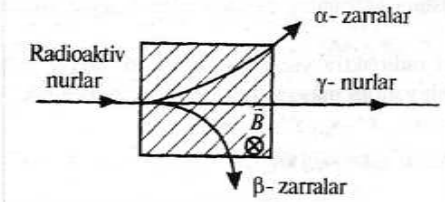
- **Tsinstilyattsion sanagichlar.** Ba'zi shaffaof moddalar atomlarining uyg'ongan elektronlarini asosiy holatga qaytarishda yuzaga keladigan elektromagnit nurlanish to'lqin uzunligi ko'rinuvchi yoki ultrabinavsha soxada yotadi. Shunday moddalarga zarra kelib tushgan vaqtida ularda kuchsiz yorug'lik chaqnashi tsinstilyatsiya yuzaga keladi. Kuchsiz yorug'lik chaqnashi-tsintstilyatsiyaga asoslanib zarralarni qayd qiladigan qurilmalarga *tsinstilyatsion sanagichlar* deyiladi.
- Har qanday tsinstilyattsion sanagich *tsintilyator* va *fotoelektron kuchaytirgichdan* iborat bo'ladi. O'ziga tushgan zarra energiyasini yorug'lik energiyasiga aylantirib beradigan moddaga *tsintilyator* deyiladi.
- **Geygerning gaz razryad hisoblagichi**. Geyger hisoblagichi – zarralarni avtomatik ravishda sanaydigan asbobdir. Hisoblagichning ishlashi ***zarb ta'sirida ionlashishga*** asoslangan. Geyger hisoblagichi asosan ***elektronlar*** va ***γ-kvantlarni*** qayd qilish uchun ishlatiladi. γ-kvantlarni qayd qilish uchun nayning ichki devori maxsus material bilan qoplanadi. γ-kvantlar bu materialdan elektronlarni urib chiqaradi va bu elektronlar gaz atomlarini ionlashtiradi. Hisoblagich unga tushayotgan elektronlarni deyarli hammasini qayd qiladi, γ-kvantlarni esa har yuztasidan bittasini qayd qiladi.
- **Vilson kamerasi**. Vilson kamerasida tez harakatlanayotgan zaryadli zarra iz qoldiradi, bu izga ***«trek»*** deyiladi. Vilson kamerasining ishlashi ***ionlarda o'ta tuyingan bug'ning suv tomchilari hosil qilib kondensatsiyalanishiga*** asoslangan. Bunday ionlarni harakatdagi zaryadlangan zarracha o'z traektoriyasi bo'ylab hosil qiladi. Trekning uzunligiga qarab zarraning energiyasini aniqlash, trekning uzunlik birligidagi tomchilar soniga qarab zarraning tezligini baholash mumkin. Zarraning izi qanchalik uzun bo'lsa, energiyasi shuncha ko'p bo'ladi. Izning uzunlik birligida qancha ko'p suv tomchilari hosil bo'lsa, tezligi shunchalik kichik bo'ladi. Zaryadi katta bo'lgan zarralar yo'g'on iz qoldiradi.
- Bundan tashqari, yuqori energiyali tez zarralarni pufakli kamera, qalin qatlamli fotoemulsiya usullarida qayd qilish mumkin.

155-§. Radioaktiv aylanishlar

- Kimyoviy elementlarning o'z-o'zidan nurlanish hodisasiga *radioaktivlik* deb ataladi. Mendeliyev jadvalidagi tartib nomeri 83 dan yuqori bo'lgan barcha kimyoviy elementlar radioaktiv elementlardir. Radioaktivlik hodisasini 1896 yili Bekkerel kashf qilgan. Radioaktiv elementlarga misol: uran, toriy, poloniy
- Yadroning o'z-o'zidan bir yoki bir necha zarralar chiqarish hodisasiga *radioaktivlik* deyiladi. Shunday hodisaga duchor bo'lgan yadrolarni *radioaktiv yadrolar*, duchor bo'lmaganlari esa *turg'un yadrolar* deyiladi.

- Radioaktiv yadrolarning o'zidan biror bir turdagi zarralarni chiqarib, boshqa yangi yadroga aylanish jarayoni *radioaktiv yemirilish* deyiladi. Radioaktiv yemirilish jarayonida yadroning zaryadi va massa soni o'zgarishi mumkin.
- Radioaktivlikka duchor bo'layotgan yadrolarni *birlamchi* yoki *ona yadro*, yemirilishi natijasida hosil bo'lgan yadrolarni *ikkilamchi* yoki *qiz yadro* deyiladi.
- Radioaktivlik ikki xil bo'ladi: 1. Tabiiy radioaktivlik. 2. Sun'iy radioaktivlik. Tabiatda mavjud bo'lgan yadrolarning radioaktivligi *tabiiy radioaktivlik* deyiladi. Radioaktiv yadrolar biror-bir turg'un yadrolarni zarralar yoki yadrolar bilan bombardimon qilish natijasida hosil bo'lgan yadrolarning radioaktivligi *sun'iy radioaktivlik* deyiladi.
- Tabiatda asosan 5 xil radiokativlik turi uchraydi: α – yemirilish, β – yemirilish, γ – yemirilish, ρ – yemirilish va sponton bo'linish. Birinchi uchta radioaktivlik turi eng ko'p uchraydi.
- Radioaktiv yadrolarning o'z-o'zidan protonlarni chiqarish hodisasi yadroning *proton yemirilishi* deyiladi.
- Tashqi ta'sirsiz atom yadrosining o'z-o'zidan bo'linib, boshqa yadrolarning hosil bo'lish jarayoni *spontan bo'linish* deyiladi.
- Nurlanishning musbat zaryadli komponentasi ***alfa*** (α) nurlar, manfiy zaryadli komponentasi ***betta*** (β) nurlar, neytral komponentasi ***gamma*** (γ) nurlar deb ataladi. α-nurlarning moddaga kiruvchanligi ancha pastdir. β-nurlar modda orqali o'tganda ancha kam yutiladi. γ-nurlarning kiruvchanlik qobiliyati eng kattadir.
- **Gamma nurlar**. γ-nurlarning xossalari rentgen nurlarining xossalariga juda o'xshab ketadi, lekin ularning moddaga kiruvchanlik qobiliyati ancha katta. γ-nurlar elektromagnit to'lqinlardir, ularning to'lqin uzunligi juda qisqa bo'lib 10^{-8} sm dan 10^{-11} sm oralig'ida bo'ladi. Elektromagnit to'lqinlar shkalasida γ-nurlar bevosita rentgen nurlaridan keyin joylashadi.
- γ – **nurlanish**. Yadroning o'z-o'zidan γ – kvantlarini chiqarish jarayoni γ – *nurlanish deyiladi*. Yadroda γ – nurlanish undagi nuklonning bir enegetik holatdan past energetik holatga o'tishi tufayli sodir bo'ladi. Yadro uyg'ongan holatdan asosiy holatiga bir yoki bir necha γ – kvant chiqarib o'tishi mumkin.
- Birlik vaqt ichida, birlik yuzadan o'tgan γ – kvantlar soni γ – *nurlanishning intensivligi* deyiladi.
- **Betta nurlar**. β-nurlarning elektr va magnit maydonlarida og'ishlarini tekshirishda ular yorug'lik tezligiga yaqin tezliklar bilan harakatlanuvchi elektronlar oqimi ekanligi 1899 yili A. Bekkerel tomonidan aniqlandi. Ayni bir radioaktiv element chiqargan β-zarrachalarining tezliklari bir xil emas.
- β – **yemirilish.** Yadrolarning o'z-o'zidan β^+ – yoki β^- – zarralarni chiqarish jarayoni β – yemirilish deyiladi. β – radioaktiv yadrolarning yarim yemirilish davri $10^{-2}s$ dan $2\cdot10^{15}$ yil orlig'ida o'zgarsa, uning energiyasi $18\,keV$ dan $1{,}66\,MeV$ oralig'ida o'zgaradi.

- β – yemirilish uch xil bo'ladi: β^+ – yemirilish, β^- – yemirilish va elektron qamrash.
- β^- – **yemirilish** deb yadrolarning o'z-o'zidan elektronlarni, ya'ni β^- – zarralarni chiqarish jarayoniga aytiladi. Bu yemirilish uchun sijish qoidasi quyidagicha yoziladi: ${}^{A}_{Z}X \xrightarrow{\beta^-} {}^{A}_{Z+1}Y + e^- + \tilde{\nu}_e$ Bu yerda $\tilde{\nu}_e$ – zarra elektron antineytrinosi deyiladi.
- Yadrolarning o'z-o'zidan β^+ – zarralarni, ya'ni pozitronlarni chiqarish jarayoni β^+ – yemirilish deyiladi. U uchun siljish qoidasini quyidagicha yozish mumkin: ${}^{A}_{Z}X \xrightarrow{\beta^+} {}^{A}_{Z+1}Y + e^+ + \tilde{\nu}_e$ Bu yerda e^+ – pozitron, $\tilde{\nu}_e$ – elektron neytirinosi.
- Agar yadrodagi protonlar soni ortiqcha bo'lsa, shu yadroning β^+ – yemirilishi kuzatiladi. Buning natijasida protonlardan biri o'zidan pozitron chiqarib, neytronga aylanadi: $p \longrightarrow n + e^+ + \tilde{\nu}_e$
- Yadrolardan pozitron chiqishi natijasida unda turg'un proton-neytron kompleksi yuzaga keladi. Protonning neytronga aylanishi yadro o'ziga yaqin turgan qobiqdagi elektronni tortib olishi tufayli sodir bo'lsa, bu xodisa *elektron qamrash* deyiladi.
- **Alfa zarralar**. Rezerford Geyger hisoblagichi yordamida α-zarrachalarining zaryadini aniqladi. Bitta α-zarrachasining zaryadi ikkita musbat elementar zaryadga va to'rt atom massa birligiga to'g'ri keladi, ya'ni α-zarra geliy atomining yadrosidir.
- Yadrolarning α – zarralarning o'zidan chiqarish jarayoni kvant mexanikasi effekti bo'lib, u tunnel effektining o'zidir, De-Broyl to'lqiniga ega bo'lgan α – zarralarning yadro potensiali to'sig'ini suzib o'tish effekti *tunnel effekti* deyiladi.
- [illegible]rilish faqat og'ir (ya'ni $Z > 83$) yadrolarda kuzatiladi.
- Radioaktiv yemirilishda ***α-nurlar*** (geliy atomining yadrosi), ***β-nurlar*** (elektronlar) va ***γ-nurlar*** (qisqa to'lqinli elektromagnit nurlanishlar) hosil bo'ladi.



Rasm 132. Magnit maydondan o'tkazilgan radioaktiv nurlar yo'nalishi

- **Radioaktivlikda muhim xossalar**:

1. Uran, toriy, radiy singari radioaktiv elementlarning nurlanish intensivligi oylar va yillar davomida sezilarli o'zgarmaydi. Bu nurlanishning

doimiyligiga odatdagi ta'sirlar qizdirish, bosimni orttirish hech qanday ta'sir ko'rsatmaydi. Radioaktiv moddalar kirishadigan reaksiyalar ham nurlanish intensivligiga ta'sir ko'rsatmaydi.

2. Radioaktiv nurlanishda energiya ajralib chiqadi. Radioaktiv yemirilishda moddada odatdagi kimyoviy o'zgarishlardan mutlaqo farq qiluvchi chuqur o'zgarishlar yuz beradi, ya'ni atomlarning o'zi o'zgaradi. Radioaktiv nurlanish natijasida radioaktiv elementnig atomi boshqa turdagi atomga aylanadi. Atomning boshqa atomga aylanishi natijasida dastlabki moddadan fizik va ximik xossalari jihatidan batamom farq qiluvchi mutlaqo yangi modda hosil bo'ladi. Biroq bu yangi modda ham barqaror emas va o'ziga xos radioaktiv nurlar chiqarib o'zi ham o'zgaradi. Radioaktiv nurlanishda chiqayotgan zarralar yadro tarkibidan chiqadi, shuning uchun ham yadro yangi turdagi yadroga aylanadi (yadro tarkibidan elektron ajralib chiqqanda yadroning musbat zaryadi bittaga ortadi).

- **Siljish qoidasi**. Bir yadroning boshqa yadrolarga aylanishi siljish qoidasiga bo'ysinadi. Bu qoidani birinchi bo'lib Soddi ta'riflagan:

  α-yemirilishda yadro 2e musbat zaryad yuqotadi va uning massasi taxminan to'rt atom massa birligiga kamayadi. Natijada davriy sistemaning boshiga qarab ikki katakka siljiydi:

$$^{A}_{Z}X \rightarrow ^{A-4}_{Z-2}Y + ^{4}_{2}He$$

  Bunda A-elementning nisbiy atom massasi, Z-element yadrosining zaryadi.

- β-yemirilishda yadrodan elektron uchib chiqadi. Natijada *yadroning zaryadi bir birlikka ortadi, massasi esa deyarli o'zgarishsiz qoladi*:

$$^{A}_{Z}X \rightarrow ^{A}_{Z+1}Y + ^{0}_{-1}e$$

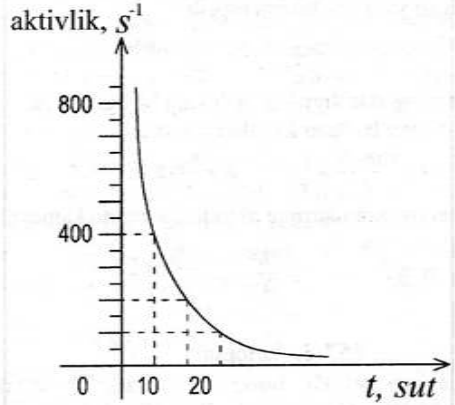
  bu erda $^{0}_{-1}e$ elektronni bildiradi, yuqoridagi «0» indeks elektronning massasi massaning atom birligiga nisbatan juda kichik ekanligini bildiradi. β-yemirilishdan keyin element davriy sistemaning oxiriga qarab bitta katakka siljiydi.

- Gamma nurlanishda yadroning zaryadi o'zgarmaydi, massasi esa nihoyatda kam o'zgaradi.
- Siljish qoidalari radioaktiv yemirilishda elektr zaryadining saqlanishini va yadrolarning nisbiy atom massasi taxminan saqlanishini ko'rsatadi.
- Alfa siljish qonuni: $_{z}X^{A} \rightarrow _{z-2}Y^{A-4} + _{2}He^{4}$
- Betta siljish qonuni: $_{z}X^{A} \rightarrow _{z+1}Y^{A} + ^{0}_{-1}e$

156-§. Radioaktiv emirilish qonuni

- **Radioaktiv yemirilish qonuni**. Radioaktiv yemirilish statistik qonunga bo'ysinadi. Radioaktiv moddalarning aktivligi vaqt o'tishi bilan susayib boradi, masalan radonning aktivligi 1 minutdan so'ng ikki marta kamayadi. Uran, radiy va toriy kabi radioaktiv moddalarning aktivligi ancha sekin

kamayadi. Radioaktiv element uchun aktivligi ikki marta kamayishi uchun ketgan vaqtga yarim yemirilish davri deyiladi va T harfi bilan belgilanadi. T vaqtda radioaktiv atomlar miqdorining yarimi yemiriladi.



Rasm 133. Aktivlikning vaqtga bog'liqligi

$$N = N_0 \cdot \frac{1}{2^n} \qquad N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$$

- **Yarim yemirilish davri** – radioaktiv yemirilish tezligini aniqlovchi asosiy kattalikdir. Yarim yemirilish davri qanchalik kichik bo'lsa atomlar shuncha kam vaqt yashaydi, yemirilish shunchalik tez bo'ladi. Turli radioaktiv moddalarning yarim yemirilish davri turlicha, masalan $^{238}_{92}U$ uran uchun T≈4,5 milliard yil. Shuning uchun uranning aktivligi bir necha yil ichida sezilarli o'zgarmaydi. Radiyning yarim yemirilish davri 1600 yilga teng. Shuning uchun radiyning aktivligi uranning aktivligidan katta. Radioaktiv moddalarni vaqt o'tishi bilan yemirilish tezligi o'zgarmaydi. Radioaktiv atomlar «keksaymaydi».
- **Radioaktiv oilalar** 4 ta: 1) Uran-radiy, 2) Antinouran, 3) Toriy, 4)Neptuniy.
- Parchalanishdagi atomlar soni: $\Delta N = -\lambda \cdot N_o \Delta t$; $\Delta N = N_0 - N = N_0\left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right)$

  ΔN-parchalanishdagi atomlar soni, N_o-dastlabki atomlar soni, λ-parchalanish doimiysi.

  $N = N_o \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$ N- qolgan atomlar, T - yarim yemirilish davri, t -vaqt
- Radiaktiv moddaning yarim yemirilish davri: $T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$
- Radiaktiv moddaning o'rtacha yashash vaqti: $\tau = 1/\lambda$; $\tau = 1.44 \cdot T$
- Radioaktivlik yemirilish qonuni: $N = N_0 2^{-\frac{t}{T}}$
- t vaqt ichida necha foiz yadrolar yemirilganligini topish:

$$\frac{\Delta N}{N_0}\cdot 100\% = \left(1-\frac{1}{2^{\frac{t}{T}}}\right)\cdot 100\%$$

- t vaqtdan so'ng qolgan yadrolar foizini topish:

$$\frac{N}{N_0}\cdot 100\% = \frac{1}{2^{\frac{t}{T}}}\cdot 100\%$$

- Radioaktiv yadrolarning aktivligi – A deb vaqt birligi ichida yemirilishlar soniga teng bo'lgan kattalikka aytiladi:

$$A=\frac{\Delta N}{\Delta t};\quad A=\lambda N=\frac{0.69\cdot N}{T}=\frac{N}{\tau};\qquad A=\frac{N_0}{\tau}\cdot 2^{-\frac{t}{T}};$$

- Δt vaqt ichida radioaktiv yadrolarning aktivligi n marta kamaygan bo'lsa:

$$n=2^{\frac{\Delta t}{T}};\quad n=\frac{A_2}{A_1};\qquad \frac{A_2}{A_1}=2^{\frac{\Delta t}{T}}$$

157-§. Izotoplar

- **Izotoplar.** Atom zaryadi bir xil, biroq atom massalari va radioaktivligi turlicha bo'lgan moddalarga *izotoplar* deyiladi. Izotoplarda protonlar (yoki elektronlar)ning qiymatlari aynan bir xil ammo massa sonlari turlicha, ya'ni izotoplar neytronlar soni turlicha bo'lgan yadrolardir.
  Izotop moddalar yadrolari radioaktiv bo'lishi ham, stabil bo'lishi ham mumkin. Izotoplar davriy jadvalning bitta katagida joylashadi. Shuning uchun ham ularning kimyoviy xossalari bir xil bo'ladi. Barcha kimyoviy elementlarning izotoplari mavjud.
- Vodorod atomining uchta izotopi mavjud (nisbiy atom massalari 1, 2, 3 ga teng bo'lgan). Vodorodning nisbiy atom massasi 2 ga teng bo'lgan izotopi *deyteriy* deyiladi. U stabil – radioaktiv emas. Deyteriyning kislorod bilan birikishidan og'ir suv hosil bo'ladi. Vodorodning nisbiy atom massasi 3 ga teng bo'lgan izotopi *tritiy* deyiladi. U β-radioaktiv bo'lib yarim yemirilish davri 12 yilga teng.
- Tuzilishida deytriy bo'lgan suv *og'ir suv* deyiladi.
- Nisbiy atom massalari bir xil, lekin proton va neytronlar soni bilan farq qiluvchi atomlar yadrolariga *izobarlar* deyiladi. Izobar atomlar yadrolarida nuklonlar soni bir xil bo'ladi.
- Neytronlar soni bir xil, biroq atom massalari va radioaktivligi turlicha bo'lgan moddalarga *izotonlar* deyiladi.ammo atom zar
- Massa sonlari A_1 va A_2 bo'lgan izotoplar aralashmasidan tashkil topgan qotishmaning massa soni A, tarkibiy qismlarining massa ulushlari η_1 va η_2:

$$A=\eta_1 A_1+\eta_2 A_2;\qquad \eta_1=\frac{A-A_2}{A_1-A_2};\qquad \eta_2=\frac{A_1-A}{A_1-A_2};$$

158-§. Atom yadrolarining bog'lanish energiyasi

- **Bog'lanish energiyasi** yadrolarning turg'unligini tushuntiradi va qanday jarayonlar yadro energiyasining ajralishiga olib kelishini ko'rsatadi.
- Nuklonlar yadroda yadro kuchlari tufayli mustahkam ushlab turiladi. Nuklonni yadrodan uzib olish uchun katta ish bajarish, ya'ni yadroga katta energiya berish kerak bo'ladi. Yadroni alohida nuklonlarga batamom parchalab yuborish uchun zarur bo'lgan energiya yadroning *bog'lanish energiyasi* deyiladi.
- Energiyaning saqlanish qonuniga asosan, bog'lanish energiyasi alohida zarralardan yadro hosil bo'lishida chiqadigan energiyaga teng. Atom yadrolarining bog'lanish energiyasi juda katta.
- Yadroning tinchlikdagi M_{ya} massasi uni tashkil etuvchi protonlar bilan neytronlarning tinchlikdagi massalari yig'indisidan hamisha kichik bo'ladi:

$$M_{ya} < Z\cdot m_p + N\cdot m_n$$

- Massa defekti: $\Delta M = Z\cdot m_p + N\cdot m_n - M_{ya}$.
- Nuklonlardan yadro hosil bo'lib massaning kamayishida bu zarralar sistemasining energiyasi, ya'ni bog'lanish energiyasi ($E_{bog'}$) miqdorida kamayishini bildiradi: $E_{bog'}=\Delta Mc^2=(Zm_p+Nm_n-M_{ya})\cdot c^2$.
- Zarralardan yadro hosil bo'lishida, zarralar yadro kuchlarining qisqa masofalarda ta'sir qilishi hisobiga bir-biriga qarab nihoyatda katta tezlanish bilan harakatlanadi. Bunda nurlanadigan γ-kvantlar $E_{bog'}$ energiyaga va $\Delta M = E_{bog}/c^2$ massaga egadir.
- **Solishtirma bog'lanish energiyasi** – bu yadroning bitta nukloniga to'g'ri keladigan bog'lanish energiyasidir. U tajriba orqali aniqlanadi. Eng yengil yadrolarni hisobga olmaganda, solishtirma bog'lanish energiyasi taxminan doimiy va 8 MeV/nuklon ga teng. Massa sonlari 50 dan 60 gacha bo'lgan elementlar, ya'ni temir va tartib nomeri unga yaqin elementlar maksimal solishtirma bog'lanish energiyasiga ega. Bu elementlarning yadrolari eng barqaror yadrolardir. Og'ir yadrolarda solishtirma bog'lanish energiyasi, protonlar orasidagi Kulon itarishish energiyasining ortishi hisobiga Z ortishi bilan kamayadi. Kulon kuchlari yadroni parchalab yuborishga intiladi.
  Yadrodagi proton va neytronlarning alohida massalari va energiyalari orasidagi munosabat:

$$M_{ya} < M_p + M_N;\quad m_{ya} < m_p + m_N;\quad E_{ya} < E_p + E_N;\quad W_a < W_p + W_N$$

- Yadroning solishtirma bog'lanish energiyasi:

$$\varepsilon=\frac{(Zm_p+(A-Z)m_n-M_{ya})\cdot c^2}{A};\qquad \varepsilon=\frac{\Delta W}{A}$$

- Og'ir yadrolarning bo'linishida katta miqdorda energiya ajralib chiqadi.
- Erkin neytron va protonlar birlashib, og'ir yadrolar hosil bo'lsa, energiya ajraladi.

159-§. Yadroviy va termoyadroviy reaksiyalar

- **Yadro reaksiyalari.** Atom yadrolari o'zaro ta'sirlarda biri ikkinchisiga aylanadi. Bunday aylanishlarda biridan ikkinchisiga aylanayotgan zarralar kinetik energiyalari ko'payishi yoki kamayishi mumkin. *Atom yadrolarining elementar zarralar bilan yoki bir-birlari bilan o'zaro ta'sirida o'zgarishlari yadro reaksiyalari* deb ataladi.
- Ikki yadro yoki yadro elementar zarra bir-biriga 10^{-15} m masofagacha yaqin kelganda yadro kuchlari hisobiga bir-biri bilan o'zaro intensiv ta'sirlashib, yadrolar tarkibining o'zgarish jarayoni *yadro reksiyalari* deyiladi. Yadro reksiyalri vaqtida yadrolarning energiya va impulslari qayta taqsimlanadi.
- Yadro reksiyalari ro'y beradigan barcha yo'llar *yadro reksiyalarining kanallari* deyiladi. Reaksiyaning boshlang'ich bosqichi kirish kanali, oxirgi bosqichi chiqish kanali deyiladi.
- Yadro reaksiyalari zarralar yadrolarga taqalib yaqinlashganida va yadroviy kuchlarning ta'sir doirasiga tushganida ro'y beradi. Ayni bir xil zaryadli zarralar bir-biridan itariladi. Shuning uchun musbat zaryadli zarralarning yadrolar bilan yaqinlashishi bu zarralarga katta kinetik energiya berilgandagina mumkindir. Bunday energiya protonlar, deytronlar, α-zarralar va boshqa yanada og'irroq yadrolarga elementar zarralar va ionlarning tezlatgichlari yordamida beriladi.
- Neytronlarning zaryadi bo'lmagani uchun ular atom yadrolariga qarshiliksiz kira oladi va ularda o'zgarishlar yuzaga keltiradi. Masalan:

$$^{27}_{13}Al + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{24}_{11}Na + ^{4}_{2}He$$

- Yadrolarning bo'linish reaksiyasi asosan neytronlar hisobiga amalga oshadi.
- Yadro reaksiyasi <u>zaryadning saqlanish qonuni va massaning saqlanish qonuniga</u> bo'ysinadi. Bunda reaksiyaga qadar element va zarralar massalarining yig'indisi reaksiyadan keyin hosil bo'lgan elementlar va zarralar massalari yig'indisiga teng bo'ladi. Xuddi shuningdek, reaksiyaga qadar element va zarralar zaryadlarining yig'indisi reaksiyadan keyin hosil bo'lgan elementlar va zarralar zaryadlarining yig'indisiga teng bo'ladi, ya'ni: $^{A_1}_{Z_1}X + ^{A_2}_{Z_2}Y \rightarrow ^{A_3}_{Z_3}F + ^{A_4}_{Z_4}W$

  Bu erda X, Y, F, W qandaydir elementlar va zarralar,

$$A_1 + A_2 = A_3 + A_4$$
$$Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$$

- **Nuklonlar sonining saqlanish qonuni.** Reksiyaga kirayotgan yadro zarralarining umumiy nuklonlar soni reaksiyadan keyin hosil bo'ladigan yadro zarralarining umumiy nuklonlar soniga teng.
- **Yadro reksiyalari uchun elektr zaryadining saqlanish qonuni.** Reksiyaga kirayotgan yadro va zarralarning yig'indi elektr zaryadi reksiyadan so'ng hosil bo'lgan yadro va zarralarning yig'indi elektr zaryadiga teng.
- Yadrolar qo'shilishi uchun 10^{-15} m masofaga yaqinlashishlari, ya'ni yadro kuchlarining ta'sir doirasiga tushishlari shart.

<u>Elementar zarralar</u>

- **Elektron.** Birinchi kashf qilingan elementar zarra elektron hisoblanadi. Buni birinchi marta tajribada J. Tomson 1897 yil 29 aprelda aniqlagan. Shu sana birinchi elementar zarra kashf qilingan kun hisoblanadi.
- **Proton.** 1919 yilda E. Rezerford tajribalarida, azotning alfa zarralar bilan bombardimon qilishi narijasida, vodorod atomining yadrosi proton kashf qilingan.
- **Neytronning kashf etilishi.** 1932 yili ingliz fizigi D.Chedvik neytronni kashf etdi. Berilliyni α-zarralar bilan bombardimon qilganda protonlar paydo bo'lmadi. Biroq qalinligi 10-20 sm bo'lgan qo'rg'oshin plastinkadan iborat to'siqdan o'ta oladigan kuchli kiruvchan qandaydir nurlanish bor ekanligi aniqlandi. Bu nurlanish (zarralar oqimi) ta'sirida u bilan to'qnashayotgan atom juda katta energiya olar edi. Bu zarralarning kiruvchanlik qobiliyati katta bo'lgani va gazni bevosita ionlashtirmagani uchun ular elektr jihatidan neytraldir. Yangi zarra neytron deb ataldi. α-zarralar berilliy yadrosiga tekkanda quyidagi reaksiya sodir bo'ladi:

$$^{9}_{4}Be + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{12}_{6}C + ^{1}_{0}n$$

  bu erda $^{1}_{0}n$ neytronning belgisi, uning zaryadi nolga teng, nisbiy massasi esa taxminan birga teng. Neytronning massasi 1836,6 elektron massasiga teng bo'lib, proton massasidan salgina katta. Neytron beqaror zarra, ozod neytron 15 minutga yaqin vaqt ichida proton, elektron va neytrinoga(tinchlik massaga ega bo'lmagan zarraga) parchalanadi.

<u>Antizarralar</u>

- Har bir zarra uchun o'zining antizarrasi, ya'ni massasi va spini teng, zaryadi esa qarama-qarshi bo'lgan zarrasi mavjud.
- Zarra o'zining antizarrasidan zaryadining ishorasi bilan farq qiladi.
- Elektron va protonlarning antizarralari zaryadining ishorasi bilan farq qilsa, neytron va antineytron xususiy magnit momentlarining ishorasi bilan farq qiladi.
- **Pozitron.** 1928 yilda P. Dirak mavjudligini bashorat qilgan va K. Anderson tomonidan kosmik nurlar tarkibida kashf qilingan. Uning tinchlikdagi massasi elektronning tinchlikdagi massasi bilan teng bo'lsa-da, zaryadi protonning zaryadiga teng. Pozitron elektronning antizarrasi.
- **Neytrino.** 1956 yilda K. Kouen tomonidan yadro reaktorida kashf etilgan. Uning tinchlikdagi massasi nolga teng.
- **Annigilyatsiya** deb elektron va pozitronning o'zaro ta'sirlashganda zaryadlari yuqolib 2 ta γ kvant hosil qilish jarayoniga aytiladi. Bu jarayonda energiya ajraladi:

$$e^- + e^+ \rightarrow 2\gamma$$

- β – yemirilish uch xil bo'ladi: β^+ – yemirilish, β^- – yemirilish va elektron qamrash.

- β^- – **yemirilish** deb yadrolarning o'z-o'zidan elektronlarni, ya'ni β^- – zarralarni chiqarish jarayoniga aytiladi. Bu yemirilish uchun sijish qoidasi quyidagicha yoziladi: ${}^{A}_{Z}X \xrightarrow{\beta^-} {}^{A}_{Z+1}Y + e^- + \tilde{\nu}_e$ Bu yerda $\tilde{\nu}_e$ – zarra elektron antineytrinosi deyiladi.
- Yadrolarning o'z-o'zidan β^+ – zarralarni, ya'ni pozitronlarni chiqarish jarayoni β^+ – yemirilish deyiladi. U uchun siljish qoidasini quyidagicha yozish mumkin: ${}^{A}_{Z}X \xrightarrow{\beta^+} {}^{A}_{Z+1}Y + e^+ + \tilde{\nu}_e$ Bu yerda e^+ – pozitron, $\tilde{\nu}_e$ – elektron neytirinosi.
- Agar yadrodagi protonlar soni ortiqcha bo'lsa, shu yadroning β^+ – yemirilishi kuzatiladi. Buning natijasida protonlardan biri o'zidan pozitron chiqarib, neytronga aylanadi: $p \longrightarrow n + e^+ + \tilde{\nu}_e$
- Yadrolardan pozitron chiqishi natijasida unda turg'un proton-neytron kompleksi yuzaga keladi. Protonning neytronga aylanishi yadro o'ziga yaqin turgan qobiqdagi elektronni tortib olishi tufayli sodir bo'lsa, bu xodisa *elektron qamrash* deyiladi.

Og'ir yadrolarning bo'linishi. Uzluksiz zanjir reaksiyasi

- Neytronlar yordamida uyg'otilgan holatga o'tkazilgan og'ir yadrolar bo'linish mahsulotlarining taxminan 2 ta bir xil qismga ajralishi *og'ir yadrolarning bo'linishi* deyiladi.
- Og'ir yadroni bo'laklarga bo'lish uchun kerak bo'ladigan minimal energiya *aktivatsiya energiyasi* yoki *bo'linish bo'sag'asi* deyiladi.
- Og'ir yadrolarning bo'linishida katta miqdorda energiya ajralib chiqadi.
- **Uran yadrosining bo'linishi**: Og'ir yadrolarning neytron yutish yo'li bilan ikki bo'lakka ajraladigan yadro reaksiyasiga *yadroning bo'linishi* deyiladi. 1939-yilda Gann, Shtrassman Meytner birinchi bor uran 235 ni neytronlar bilan bombardimon qilib og'ir yadrolarni bo'linishini amalga oshirgan.

$$ {}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{145}_{56}Ba + {}^{88}_{36}Kr + 3{}^{1}_{0}n $$

- O'zini-o'zi davom ettiruvchi og'ir yadrolarining bo'linish reaksiyalariga *zanjir yadro reaksiyalari* deyiladi.
- Yadroning bo'linishida ajralib chiqqan ikki-uchta neytron boshqa yadroning bo'linish reksiyasini amalga oshirishga imkon beradi. Natijada bo'linayotgan yadrolar soni keskin ortib ketib, o'zini o'zi bavom ettiuvchi reaksiya yuzaga keladi. Ushbu reksiyaga *zanjir yadro reksiyasi* deyiladi.

Yadro reaktori. Zanjir reaksiyani boshqarish

- Yadrolarning bo'linishini boshqaradigan reaksiyani amalga oshiriladigan qurilmaga *yadro reaktori (atom reaktori)* deyiladi.
- Og'ir yadrolarning bo'linish zanjir reaksiyasini amalga oshirish va boshqarish imkoniyatini beradigan qurilma *yadro reaktori* deyiladi.
- Birinchi yadro reaktori 1942 yilda E. Fermi rahbarligida Chikago universiteti qoshida qurilgan.

- Yadro reaktorlarida boshqariladigan zanjirli parchalanish yadro reaksiyasi amalga oshadi.
- **Yadro reaktorida Yadro yoqilg'isi:** uran izotoplari va plutoniy.
- **Yadro reaktorida neytronlarni sekinlatgich**: suv, og'ir suv, grafit.
- Tuzilishida deytriy bo'lgan suv *og'ir suv* deyiladi.
- **Yadro reaktorida issiqlikni tashuvchi jism**: suv, suyuq natriy.
- **Yadro reaktorida yadro bo'linish reaksiyasini boshqaruvchi modda** – neytronlarni yutuvchi: bor, kadmiy.
- Reaktorda ishlovchi va ularga xizmat qiluvchi insonlar organizmini γ nurlanish hamda neytronlar oqimi ta'siridan himoya qilish maqsadida reaktor tashqi tomondan γ kvant va neytronlarni ushlab qoluvchi himoya qobig'i bilan o'ralgan.
- **Yadro reaktori himoya vositasi**: beton, qo'rg'oshin, temir qobiq.
- **Yadro reaktorining turlari:**
  - yonilg'i yadrosining bo'linishini vujudga keltiradigan neytronlarning energiyasiga qarab: *issiq neytronlar reaktori va tez neytronlar reaktori*;
  - yonilg'ining turiga qarab: *tabiiy uranda, boyitilgan uranda, sof yonilg'ida ishlaydigan reaktorlar;*
  - vazifasiga qarab: *ilmiy tadqiqotlar uchun, plutoniy ishlab chiqarish uchun, elektr energiya ishlab chiqarish uchun mo'ljallangan reaktorlar;*
- Energiyasi 0,005-0,5 eV oralig'ida bo'lgan neytronlar *issiq neytronlar* deyiladi.
- Energiyasi 1 MeV dan katta bo'lgan neytronlar *tez neytronlar* deyiladi.
- Atom bombasini boshqarilmaydigan zanjir reaksiyasi ro'y beradigan reaktor sifatida qarash mumkin.
- Atom bombasining portlashi- yadrolar parchalanishining boshqarilmaydigan zanjirli reaksiyasidan iborat
- Atom bombasi portlashi natijasida gamma nurlanish va neytronlar chiqadi.

Termoyadro reaksiyalari

- Yuqori temperaturada $(10^7 - 10^9 K)$ yengil yadrolarning qo'shilib og'irroq yadrolar hosil bo'lish reaksiyasiga *termoyadro reaksiyasi* deyiladi.
- Termoyadro reaksiyalari, *sintez reaksiyalar* deb ataladi.
- Yengil yadrolarning qo'shilib og'irroq yadro hosil qilishiga *termoyadro sintezi* deyiladi.
- Yengil yadrolarning qo'shilishi natijasida katta miqdorda energiya ajralib chiqadi. Chunki hosil bo'lgan yangi yadrolarning solishtirma bog'lanish energiyasi katta bo'ladi.
- Vodorod bombasining asosida deytriy va tritiyning qo'shilish reaksiyasi yotadi. Bunday bombada dastlab atom bombasi portlab, $10^7 K$ temperaturani vujudga keltiradi, so'ngra boshqarilmaydigan termoyadro reaksiyasi ro'y beradi.
- Deytriy va tritiyning qo'shilish reaksiyasi: ${}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$

160-§. Radioaktiv nurlanishning biologik ta'siri

- Jismning ionlanish darajasini va jism yutgan energiyani xarakterlash uchun quyidagi kattaliklardan foydalaniladi:

1. **Ionlovchi nurlanishning yutilgan dozasi** — nurlantirilayotgan jismning birlik massasi tomonidan yutilgan ionlovchi nurlanish energiyasi. Uning SI dagi o'lchov birligi — grey (Gr). Nurlantirilayotgan jismning 1 kg massasiga ionlovchi nurlanishning 1 J energiyasi berilganda, yutilgan doza 1 Gr bo'ladi, ya'ni $1Gr = 1\frac{J}{kg}$

2. **Kerma** — bilvosita ionlovchi nurlanish tufayli birlik massali jismda vujudga kelgan zaryadli zarralar kinetik energiyalarining yig'indisi. Kerma inglizcha Kinetic Energy Released in Material so'zlarning bosh harflaridan olingan. Kerma ham grey (Gr) larda o'lchanadi. Lekin kerma va yutilgan doza bir-biridan farq qiluvchi fizik kattaliklardir. Bu farqning mohiyati quyidagicha: yutilgan doza tushunchasi bevosita ionlovchi nurlanishlar (masalan zaryadli zarralar) ga nisbatan qo'llaniladi, Kerma tushunchasi esa bevosita emas, balki bilvosita ionlovchi nurlanishni xarakterlaydi. Masalan, γ- kvantlar yoki neytronlar jismga tushganida ularning o'zlari to'g'ridan-to'g'ri jism atomlarini ionlashtirmaydi. Ularning atom yoki atom yadrosi bilan ta'sirlanishi tufayli zaryadli zarralar hosil bo'ladi. Bu zarralar esa jism atomlarini ionlashtiradi. Boshqacha qilib aytganda, γ- nurlar yoki neytronlar jismga tushganda jism atomlarini bilvosita ionlashtiradi.

3. **Rentgen va gamma nurlanishning ekspozitsion dozasi**— nurlanishning havodagi ionlovchi ta'sirini xarakterlovchi kattalik bo'lib, u quruq atmosfera havosining birlik massasida rentgen va γ- nurlanish vujudga keltiradigan bir xil ishorali ionlarning umumiy zaryad miqdori bilan aniqlanadi. SI da $\frac{C}{kg}$(kulon taqsim kilogramm) larda o'lchanadi.

4. **Nurlanishning ekvivalent dozasi**—tirik organizm, to'qima yoki organda nurlanish ta'sirida vujudga keladigan yomon (salbiy) oqibatlar o'lchovidir. Birligi — zivert (ZV): $1ZV = 1\frac{J}{kg}$

Ilgari chop etilgan adabiyotlarda uchraydigan birliklar va SI birliklari orasida quyidagi munosabatlar o'rinli:

1 rad=10^{-2} Gr; $1R(rentgen) = 2.58 \cdot 10^{-4}\frac{C}{kg}$; 1ber=10 ZV;

Ilova №1

Grek alfaviti

Bosma harflar	Nomi	Bosma harflar	Nomi
Aα	alfa	$N\nu$	nyu
$B\beta$	beta	$\Xi\xi$	ksi
$\Gamma\gamma$	gamma	Oo	omikron
$\Delta\delta$	del'ta	$\Pi\pi$	pi
Eε	epsilon	Pρ	ro
Zζ	dzeta	$\Sigma\sigma$	sigma
Hη	eta	Tτ	tau
$\Theta\theta$	teta	Yυ	ipsilon
Ii	yota	$\Phi\phi$	fi
Kæ	kappa	Xχ	xi
$\Lambda\lambda$	lambda	$\Psi\psi$	psi
Mμ	myu	$\Omega\omega$	omega

Ilova №2

Miqdor ulushlari va karrali kattaliklar

№	Nomlanishi	Belgilanishi		Ko'paytma
		Kiril	Xalqaro	
		Karrali		
1	Eksa	Э	E	10^{18}
2	Peta	П	P	10^{15}
3	Tera	T	T	10^{12}
4	Giga	Г	G	10^{9}
5	Mega	M	M	10^{6}
6	Kilo	K	K	10^{3}
7	Gekto	Г	G	10^{2}
8	deka	да	da	10
		Ulushlari		
1	Detsi	д	d	10^{-1}
2	Santi	c	s	10^{-2}
3	Milli	м	m	10^{-3}
4	Mikro	мк	μ	10^{-6}
5	Nano	н	n	10^{-9}
6	Piko	п	p	10^{-12}
7	Femto	ф	f	10^{-15}
8	atto	a	a	10^{-18}

Ilova №3

Doimiy fizik kattaliklar

№	Nomi	Belgi-lanishi	Son qiymati va birligi	Son qiymati va birligi
1	Yorug'lik tezligi	s	$2.99792458 \cdot 10^{8} m/s$	$3 \cdot 10^{8} м/с$
2	Elektron zaryadi	e	$1.6021892 \cdot 10^{-19} C$	$1.6 \cdot 10^{-19} Кл$
3	Plank doimiysi	h	$6.626176 \cdot 10^{-34} J \cdot s$	$6.62 \cdot 10^{-34} Ж \cdot с$
4	Avagadro soni (doimiysi)	N_A	$6.022045 \cdot 10^{23} mol^{-1}$	$6.02 \cdot 10^{23} \frac{1}{моль}$
5	Atom massa birligi	a.m.b.	$1.6605655 \cdot 10^{-27} kg$	$1.66 \cdot 10^{-27} кг$
6	Elektronning massasi	m_e	$9.109534 \cdot 10^{-31} kg$ $5.4858026 \cdot 10^{-4} a.m.b$	$9.1 \cdot 10^{-31} кг$ $5.49 \cdot 10^{-4} а.м.б$
7	Protonning tinch holatdagi massasi	m_p	$1.6726485 \cdot 10^{-27} kg$ $1.00727647 a.m.b$	$1.67 \cdot 10^{-27} кг$ $1 а.м.б$
8	Neytronning tinch holatdagi massasi	m_n	$1.6749543 \cdot 10^{-27} kg$ $1.00866501 a.m.b.$	$1.675 \cdot 10^{-27} кг$ $1 а.м.б.$
9	Elektron zaryadining massasiga nisbati	$\frac{e}{m_e}$	$1.7588047 \cdot 10^{11} \frac{C}{kg}$	$1.76 \cdot 10^{11} \frac{Кл}{кг}$
10	Faradey doimiysi (soni)	F	$9.648456 \cdot 10^{4} C \cdot mol^{-1}$	$9.65 \cdot 10^{4} \frac{Кл}{моль}$
11	Ridberg doimiysi	R_∞	$1.097373 \cdot 10^{7} m^{-1}$	$1.1 \cdot 10^{7} \frac{1}{м}$
12	Bor radiusi	a_0	$5.291771 \cdot 10^{-11} m$	$5.3 \cdot 10^{-11} м$
13	Universal gaz doimiysi	R	$8.31441 J \cdot mol^{-1} \cdot k^{-1}$	$8.31 \frac{Ж}{К \cdot моль}$
14	Boltsman doimiysi	k	$1.380662 \cdot 10^{-23} J \cdot K^{-1}$	$1.38 \cdot 10^{-23} \frac{Ж}{К}$
15	Loshmidt doimiysi (soni)	n_0, N_L, L_0	$2.68719 \cdot 10^{25} m^{-3}$	$2.69 \cdot 10^{25} \frac{1}{м^3}$
16	Gravitatsion doimiysi	G	$6.6720 \cdot 10^{-11} N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}$	$6.67 \cdot 10^{-11} \frac{Н \cdot м^2}{кг^2}$
17	Erkin tushish tezlanishi	g	$9.80665 m \cdot c^{-2}$	$9.81 \frac{м}{с^2}$

Ilova №3

Doimiy fizik kattaliklar

№	Nomi	Belgi-lanishi	Son qiymati va birligi	Son qiymati va birli
18	Suvning maksimal zichligi ($t = 3.98^{\circ}C$ va $p = 101325 Па$)	ρ_{H_2O}	$999.973 kg \cdot m^{-3}$	$1000 \frac{кг}{м^3}$
19	Normal atmosfera bosimi	p_{atm}	$101325 Pa$	$10^5 Па$
20	Normal sharoitda havoda tovushning tarqalish tezligi	ϑ	$331.46 m \cdot c^{-1}$	$331.5 \frac{м}{с}$
21	Quyi eshitish chegarasi (bosimning nolinchi sathi)	P_0	$0.00002 Pa$	$0.00002 Па$
22	Normal sharoitda quruq havoning zichligi	ρ_{havo}	$1.293 kg \cdot m^{-3}$	$1.29 \frac{кг}{м^3}$
23	Normal sharoitda bir mol ideal gaz hajmi	V_m	$22.41383 \cdot 10^{-3} m^3 \cdot mol^{-1}$	$22.4 \cdot 10^{-3} \frac{м^3}{моль} = 22.4 \frac{}{м}$
24	Magnit doimiysi	μ_0	$12.566371 \cdot 10^{-7} H \cdot m^{-1}$	$12.56 \cdot 10^{-7} \frac{Гн}{м} = 4\pi \cdot 10^{-7}$
25	Elektr doimiysi	ε_0	$8.854188 \cdot 10^{-12} F \cdot m^{-1}$	$8.85 \cdot 10^{-12} \frac{Ф}{м}$

Ilova №4

Xalqaro birliklar sistemasi (SI)dagi asosiy birliklar

№	Kattalik nomi	Birliklar			
		Nomi	Belgilanishi		Ta'rifi
			kiril	xalqaro	
1	Uzunlik	Metr	м	m	Kripton–86 atomining vakuumda $2p_{10}$ va $5d_5$ sathlari oralig'ida o'tish bo'lganda nurlanishga mos kelgan 1650763.73 to'lqin uzunligiga teng.
2	Massa	Kilogramm	кг	kg	Xalqaro etalon massasiga teng.
3	Vaqt	Sekund	c	s	Asosiy holatda bo'lgan seziy-133 atomining ikkita juda yupqa sathlari oralig'ida o'tish bo'lganda 9192631770 nurlanish davriga teng.
4	Elektr toki kuchi	amper	A	A	Vakuumda bir-biridan 1 m uzoqlikda joylashgan, ko'ndalang kesimi hisobga olinmas darajada kichik bo'lgan cheksiz uzun o'tkazgichdan tok o'tganda o'tkazgichlarning har bir metriga o'zaro ta'sir kuchi $2\cdot10^{-7}N$ ga teng bo'ladigan holatda, o'tkazgichlardan o'tadigan tok kuchi.
5	Termodinamik temperatura	Kelvin	K	K	Suvning uchlangan nuqtasiga mos kelgan termodinamik temperaturaning 1/273.16 qismiga teng.
6	Moda miqdori	Mol	Моль	mol	Massasi 0.012 kg bo'lgan ugleroddagi modda miqdori.
7	Yorug'lik kuchi	Kandela	кд	cd	Yuzasi 1/600000 m^2, temperaturasi platinaning qotish temperaturasiga teng, tashqi bosim 101325 Pa bo'lgan holda, to'liq nurlantirgichdan perpendikulyar yo'nalishda chiqayotgan yorug'lik kuchi.

Ilova №5

Qo'shimcha birliklar (SI)

№	Kattalik nomi	Birliklar			
		Nomi	Belgilanishi		Ta'rifi
			kiril	xalqaro	
1	Yassi burchak	Radian	рад	rad	O'z radiusi uzunligiga teng bo'lgan yoy qarshisidagi burchak
2	Fazoviy burchak	steradian	ср	sr	Sfera yuzasidan tomoni sfera radiusiga teng bo'lgan kvadrat yuzasiga teng bo'lgan soha hosil qiladigan, bir uchi sfera markazida bo'lgan markaziy burchak.

Ilova №6

Hosilaviy birliklar (SI)

№	Fizik kattaliklar nomi	formulasi	Birligi	
			kiril	xalqaro
1	Zichlik	$\rho=\frac{m}{V}$	$кг/м^3$	kg/m^3
2	Kuch	$F=ma$	Н	N
3	Solishtirma og'irlik	$d=\frac{F}{V}$	$Н/м^3$	N/m^3
4	Tezlik	$\vartheta=\frac{S}{t}$	$м/с$	m/s
5	Tezlanish	$a=\frac{\vartheta-\vartheta_0}{t}$	$м/с^2$	m/s^2
6	Kuch impulsi	$F\cdot t$	$Н\cdot с$	$N\cdot s$
7	Impuls	$\Delta(m\vartheta)$	$кг\cdot м/с$	$kg\cdot m/s$
8	Kuch momenti	$M=F\cdot l$	$Н\cdot м$	$N\cdot m$
9	Mexanik ish	$A=F\cdot l$	Ж	J
10	Mexanik quvvat	$N=\frac{A}{t}$	Вт	W
11	Potensial energiya	$E_p=mgh$	Ж	J
12	Kinetik energiya	$E_к=\frac{m\vartheta^2}{2}$	Ж	J
13	Bikrlik	$k=\frac{F}{\Delta l}$	Н/м	N/m
14	Foydali ish koeffitsiyenti (FIK)	$\eta=\frac{A_f}{A_ш}=\frac{A_f}{Q}$		
15	Burchak tezlik	$\omega=\frac{\alpha}{t}$	$\frac{рад}{с}$	$\frac{rad}{s}$
16	Burchak tezlanish	$\varepsilon=\frac{\Delta\omega}{t}$	$\frac{рад}{с^2}$	$\frac{rad}{s^2}$
17	Bosim	$p=\frac{F}{S}$	Па	Ra
18	Sirt taranglik koeffitsiyenti	$\sigma=\frac{F}{l}$	Н/м	N/m
19	Tovush intensivligi		Белл	Bell
20	Tovush chastotasi	$\nu=\frac{1}{T}$	Гц	Hz
21	Tebranish davri	$T=t/N$	с	S
22	Issiqlik miqdori	$Q=c\cdot m\cdot\Delta T$	Ж	J

Hosilaviy birliklar

№	Fizik kattaliklar nomi	formulasi	Birligi	
			kiril	xalqaro
23	Solishtirma issiqlik sig'imi	$c=\frac{Q}{m\cdot\Delta T}$	$\frac{Ж}{кг\cdot K}$	$\frac{J}{kg\cdot K}$
24	Solishtirma yonish issiqligi	$q=\frac{Q}{m}$	$\frac{Ж}{кг}$	$\frac{J}{kg}$
25	Solishtirma erish issiqligi	$\lambda=\frac{Q}{m}$	$\frac{Ж}{кг}$	$\frac{J}{kg}$
26	Solishtirma bug'lanish issiqligi	$r=\frac{Q}{m}$	$\frac{Ж}{кг}$	$\frac{J}{kg}$
27	Nisbiy namlik	$\varphi=\frac{p}{p_t}\cdot 100\%$	–	–
28	Mexanik kuchlanish	$\sigma=\frac{F}{S}$	$\frac{H}{м^2}$	$\frac{N}{m^2}$
29	Termodinamik ish	$A=p(V_2-V_1)$	Ж	J
30	Bosimning temperatura koeffitsiyenti	$\beta=\frac{\Delta p}{P_0\Delta T}$	K^{-1}	K^{-1}
31	Chiziqli kengayish temperatura koeffitsiyenti	$\alpha=\frac{\Delta l}{l_0\cdot\Delta T}$	K^{-1}	K^{-1}
32	Hajmiy kengayishning temperatura koeffitsiyenti	$\beta=\frac{\Delta V}{V_0\cdot\Delta T}$	K^{-1}	K^{-1}
33	Zaryad miqdori	$q=I\cdot t$	Кл	S
34	Zaryadlarning sirt zichligi	$\sigma=\frac{q}{S}$	$\frac{Кл}{м^2}$	$\frac{C}{m^2}$
35	Elektr maydonidagi nuqtaning potensiali	$\varphi=\frac{A}{q_0}$	В	V
36	Elektr kuchlanish	$U=\varphi_2-\varphi_1$	В	V
37	Tok kuchi	$I=\frac{q}{t}$	A	A
38	Elektr toki zichligi	$j=\frac{I}{S}$	$\frac{A}{м^2}$	$\frac{A}{m^2}$
39	Elektr maydon kuchlanganligi	$E=\frac{F}{q_0}$	$\frac{B}{м}$	$\frac{V}{m}$
40	Elektr sig'imi	$C=\frac{q}{\varphi}$	Ф	F
41	Elektr maydon energiyasi	$W_e=\frac{q\cdot u}{2}$	Ж	J
42	Elektr qarshiligi	$R=\rho\cdot l/s$	Ом	Ω

Hosilaviy birliklar

№	Fizik kattaliklar nomi	formulasi	Birligi	
			kiril	xalqaro
43	Solishtirma qarshilik	$\rho=R\frac{s}{l}$	$Ом\cdot м$	$\Omega\cdot m$
44	Elektr o'tkazuvchanlik	$g=\frac{1}{R}$	$1/Ом$	$1/\Omega$
45	Solishtirma elektr o'tkazuvchanlik	$\sigma=\frac{1}{\rho}$	$\frac{1}{Ом\cdot м}$	$\frac{1}{\Omega\cdot m}$
46	Elektr tokining ishi	$A=I\cdot U\cdot t$	Ж	J
47	Elektr tokining quvvati	$P=I\cdot U$	Вт	W
48	Magnit oqimi	$\Phi=BS\cos\varphi$	Вб	Wb
49	Magnit induksiyasi	$B=\frac{F}{I\cdot l\sin\alpha}$	T	T
50	Magnit maydon kuchlanganligi	$H=\frac{B}{\mu\cdot\mu_0}$	$\frac{A}{м}$	$\frac{A}{m}$
51	Induktivlik	$L=\frac{\Phi}{I}$	Г	H
52	Magnit maydon energiyasi	$W_m=\frac{LI^2}{2}$	Ж	J
53	Tebranish konturi davri	$T=2\pi\sqrt{LC}$	с	s
54	Induktiv qarshilik	$x_L=\omega L$	Ом	Ω
55	Sig'im qarshilik	$x_C=\frac{1}{\omega c}$	Ом	Ω
56	Reaktiv qarshilik	x_L-x_c	Ом	Ω
57	Aktiv quvvat	$P=J\cdot U\cos\varphi$	Вт	W
58	Reaktiv quvvat	$Q=J\cdot U\sin\varphi$	BA_p	VA_r
59	Yorug'lik oqimi	$\Phi=J\omega$	лм	Lm
60	Yoritilganlik	$E=\frac{F}{S}$	лк	Lx
61	Ravshanlik	$B=\frac{J}{S}$	$\frac{кг}{м^2}$	$\frac{kg}{m^2}$
62	Linzaning optik kuchi	$D=\frac{1}{F}$	дптр	Dptr
63	Yutilgan nurlanish dozasi	$D=\frac{E}{m}$	Гр	Gr
64	Nurlanish intensivligi	$I=\frac{W}{st}$	$\frac{Вт}{м^2\cdot с}$	$\frac{W}{m^2\cdot s}$

Ilova №7

Qattiq moddalarning zichligi

Modda nomi	$\left(\frac{gramm}{sm^3}, \frac{kg}{dm^3}\right)$	$\left(\frac{kg}{m^3}\right)$	Modda nomi	$\left(\frac{gramm}{sm^3}, \frac{kg}{dm^3}\right)$	$\left(\frac{kg}{m^3}\right)$
Alyuminiy	2.7	2700	Parafin	0.9	900
Quruq qayin	0.7	700	Qum (quruq)	1.5	1500
Beton	2.2	2200	Platina	21.5	21500
Granit (harsang tosh)	2.6	2600	Probka (po'kak)	0.2	200
Quruq qarag'ay	0.5	500	Osh tuzi	2.1	2100
Quruq eman (dub)	0.8	800	Qurg'oshin	11.3	11300
Quruq archa	0.6	600	Kumush	10.5	10500
Temir	7.9	7900	Butilka shishasi	2.7	2700
Po'lat	7.8	7800	Deraza oynasi	2.5	2500
Oltin	19.3	19300	Chinni	2.3	2300
G'isht	1.8	1800	Sement	1.4	1400
Jez	8.5	8500	Rux	7.1	7100
Muz $(0^\circ C)$	0.9	900	Cho'yan	7.0	7000
Mis	8.9	8900	Ebonit	1.2	1200
Marmar	2.7	2700	Kapron	1.14	11400
Bo'r	2.4	2400	Polietilen	0.94	940
Nikel	8.9	8900	Porolon	0.2	200
Qalay	7.3	7300			

Ilova №8

Suyuqliklarning zichligi

Modda nomi	$\left(\frac{gramm}{sm^3}, \frac{kg}{dm^3}\right)$	$\left(\frac{kg}{m^3}\right)$	Modda nomi	$\left(\frac{gramm}{sm^3}, \frac{kg}{dm^3}\right)$	$\left(\frac{kg}{m^3}\right)$
Suv $(4^\circ C)$	1.00	1000	Kerosin	0.80	800
Suv (dengiz suvi)	1.03	1030	Mazut	0.90	900
Zaytun yog'i	0.92	920	Simob $(0^\circ C)$	13.60	13600
Sut	1.03	1030	Sulfat kislota	1.84	1840
Asal	1.42	1420	Skipidar	0.86	860
Neft	0.76-0.8	760-800	Spirt	0.80	800
Mis kuporo eritmasi (to'yingan)	1.15	1150	Efir	0.72	720
Benzin	0.70	700	O'simlik moyi (paxta)	0.90	900

Ilova №9

Gazlarning zichliklari
(0°S va 760 mm sim. ust. bosimida)

Modda nomi	$\left(\frac{gramm}{sm^3}, \frac{kg}{dm^3}\right)$	$\left(\frac{kg}{m^3}\right)$	Modda nomi	$\left(\frac{gramm}{sm^3}, \frac{kg}{dm^3}\right)$	$\left(\frac{kg}{m^3}\right)$
Azot	0.00125	1.250	Neon	0.00090	0.900
Ammiak	0.00077	0.770	Karbonat angidrid	0.00198	1.980
Havo	0.00129	1.290	Xlor	0.00321	3.210
Vodorod	0.00009	0.090	Yonuvchi gaz	0.0005	0.500
Geliy	0.00018	0.180	Suv bug'i (100°S da)	0.0006	0.600
Kislorod	0.00143	1.430			

Ilova №10

Yoqilg'ining yonish issiqligi $\left(\frac{J}{kg}\partial a\right)$

Antratsit	$3.4\cdot10^7$	Toshko'mir	$2.9\cdot10^7$
Benzin	$4.6\cdot10^7$	Kerosin	$4.6\cdot10^7$
Qo'ng'ir ko'mir	$1.7\cdot10^7$	Neft	$4.6\cdot10^7$
Vodorod	$1.4\cdot10^7$	Porox	$0.3\cdot10^7$
O'tin (quruq qayin)	$1.3\cdot10^7$	Spirt	$2.9\cdot10^7$
O'tin (quruq qarag'ay)	$1.3\cdot10^7$	Torf	$1.5\cdot10^7$
Pista ko'mir	$3.4\cdot10^7$	Tabiiy gaz	$3.7\cdot10^7$

Ilova №11

Qattiq va suyuq jismlarning solishtirma issiqlik sig'imlari $\left(\frac{J}{kg\cdot grad}\right)$

Alyuminiy	880	Platina	130
Beton	880	Simob	130
Suv	4200	Qo'rg'oshin	130
Havo	1008	Kumush	210
Temir	460	Spirt	2500
Kerosin	2100	Po'lat	460
Jez	380	Shisha	800
G'isht	756	Rux	380
Muz	2100	Cho'yan	550
Nikel	460	Efir	2352
Qalay	210	Mis	380
Qum	966	Yog'och	1680

Ilova №12

Gazlarning solishtirma issiqlik sig'imi

Modda	Solishtirma issiqlik sig'imi $\frac{kJ}{(kg\cdot K)}$	Kondensatsiya temperaturasi °C
Azot	1.0	-196
Vodorod	1.4	-253
Havo	1.0	-
Kislorod	0.92	-183

Ilova №13

Moddalarning erish va qotish temperaturasi (°C va 760 mm sim. ust. bosimda)

Alyuminiy	660	Qo'rg'oshin	327
Toza suv	0	Kumush	960
Volfram	3380	Spirt	-117
Temir	1535	Po'lat	1400
Oltin	1064	Rux	420
Muz	0	Efir	-116
Mis	1083	Azot	210
Naftalin	80	Po'lat	1300-1500
Qalay	232	Cho'yan	100-1200
Platina	1764	Osmiy	5500
Simob	-39		

Ilova №14

Moddalarning solishtirma erish issiqligi $\left(\frac{J}{kg}\right)$

Alyuminiy	$3.9\cdot10^5$	Platina	$1.13\cdot10^5$
Temir	$2.7\cdot10^5$	Simob	$1.17\cdot10^5$
Oltin	$0.67\cdot10^5$	Qo'rg'oshin	$0.21\cdot10^5$
Muz	$3.4\cdot10^5$	Kumush	$0.88\cdot10^5$
Mis	$1.8\cdot10^5$	Rux	$1.17\cdot10^5$
Naftalin	$1.5\cdot10^5$	Oq cho'yan	$1.38\cdot10^5$
Qalay	$0.58\cdot10^5$	Kulrang cho'yan	$0.96\cdot10^5$

Ilova №15

Moddalarning qaynash temperaturasi (760 mm sim. ust. bosimda)

Moddalar	°C	Moddalar	°C
Alyuminiy	2330	Mis	2582
Suv	100	Naftalin	218
Vodorod	-253	Qalay	2337
Suyuq havo	-193	Simob	357
Azot	-195.81	Qo'rg'oshin	1750
Geliy	-269	Spirt	78
Temir	2840	Rux	907
Oltin	2600	Efir	35
Kislorod	-183	Platina	1774

Ilova №16

Qaynash temperaturasining bosimga bog'liq bo'lishi

Suv bug'ining bosimi (texnik atmosferada)	Suvning qaynash temperaturasi
1	100
3	132.9
15.341	150
84.7-885	200
217.72	374

Ilova №17

Solishtirma bug'lanish issiqligi $\left(\frac{J}{kg}\right)$

(normal sharoitda va qaynash temperaturasida)

Suv	$2.3 \cdot 10^6$	Efir	$0.4 \cdot 10^6$
Simob	$0.3 \cdot 10^6$	Ammiak (suyuq holda)	$1.4 \cdot 10^6$
Spirt	$0.9 \cdot 10^6$		

Ilova №18

Solishtirma qarshilik $\left(\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}\right)$

Alyuminiy	0.028	Po'lat	0.1200
Volfram	0.055	Rux	0.060
Temir	0.12	Konstantan	0.48
Mis	0.017	Nikelin	0.4200
Platina	0.100	Nixrom	1.00
Simob	0.958	10% sulfat kislota eritmasi	2.60
Qo'rg'oshin	0.21	Oltin	0.018
Kumush	0.016		

Ilova №19

Mustahkamlik chegarasi $\sigma_м$ va Yung (elastiklik) moduli E

Modda	$\sigma_м$ MPa	E, GPa
Alyuminiy	100	70
Mis	400	120
Qalay	20	50
Qo'rg'oshin	15	15
Kumush	140	30
Po'lat	500	200

Ilova №20

Suyuqliklarning sirt taranglik koeffitsiyenti

mN/m. (20°C)

Suv	73	Neft	30
Kerosin	24	Simob	510
Sovun eritmasi	40	Spirt	22

Ilova №21

To'yingan bug' bosimi P va zichligi ρ ning temperatura t ga bog'liqligi

$t, ^\circ C$	P, kPa	$\rho, g/m^3$	$t, ^\circ C$	P, kPa	$\rho, g/m^3$
+5	0.40	3.2	10	1.23	9.4
0	0.61	4.8	11	1.33	10.0
1	0.65	5.2	12	1.40	10.7
2	0.71	5.6	13	1.49	11.4
3	0.76	6.0	14	1.60	12.1
4	0.81	6.4	15	1.71	12.8
5	0.88	6.8	16	1.81	13.6
6	0.93	7.3	17	1.93	14.5
7	1.0	7.8	18	2.07	15.4
8	1.06	8.3	19	2.20	16.3
9	1.14	8.8	20	2.33	17.3

Ilova №22

Psixometrik jadval

Quruq termometrning ko'rsatishi, °C	Quruq va nam termometrlarning ko'rsatishlarining farqi, °C										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	100	81	63	45	28	11	-	-	-	-	-
2	100	84	68	51	35	20	-	-	-	-	-
4	100	85	70	56	42	28	14	-	-	-	-
6	100	86	73	60	47	35	23	10	-	-	-
8	100	87	75	63	51	40	28	18	7	-	-
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	5	-
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	-
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30	22	15
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
26	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40	34
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39

Ilova №23

Moddalarning dielektrik sindiruvchanligi

Suv	81	Parafin	2.1
Kerosin	2.1	Slyuda	6
Moy	2.5	Shisha	7

Ilova №24

Metallar va qotishmalarning solishtirma qarshiligi (20°C da) va qarshiliklarning temperatura koeffitsiyenti

moda	$R_1 \cdot 10^{-2}$ $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$	b, K^{-1}	Modda	$R_1 \cdot 10^{-2}$ $\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$	b, K^{-1}
Alyuminiy	2.8	0.0042	Nixrom	110	0.0001
Volfram	5.5	0.0048	Qo'rg'oshin	21	0.0037
Jez	7.1	0.001	Kumush	1.6	0.004
Mis	1.7	0.0043	Po'lat	12	0.006
Nikelin	42	0.0001			

Ilova №25

Elektrokimyoviy ekvivalentlar,

mg/C yoki $(10^{-6} kg/C)$

Alyuminiy (Al^{3+})	0.093	Nikel (Ni^{2+})	0.30
Vodorod (H^{+})	0.0104	Kumush (Ag^{+})	$1.12 \cdot 10^{-6}$
Kislorod (O^{2-})	0.083	Xrom (Cr^{3+})	0.18
Mis (Cu^{2+})	0.33	Rux (Zn^{2+})	0.34
Qalay (Sn^{2+})	0.62		

Ilova №26

Elektronlarning chiqish ishi, eV (elektron volt)

$1eV = 1.67 \cdot 10^{-19} J$

Volfram	4.5	Platina	5.3
Qalay	2.2	Kumush	4.3
Litiy	2.4	Rux	4.2
Bariy oksid	1.0		

Ilova №27

Sindirish ko'rsatkichi
(ko'rinadigan nurlar uchun o'rtacha)

Olmos	2.4	Uglerod	1.63
Suv	1.3	Etil spirti	1.36
Havo	1.00029	Shisha	1.6

Ilova №28

Elementar zarralar jadvali

№	Zarra nomi	Belgilar	Eslatma
1	Proton	${}^{1}_{1}P$	
2	Elektron	${}^{0}_{-1}e$	
3	Neytron	${}^{1}_{0}n$	
4	Pozitron	${}^{0}_{1}P^{1}$	
5	α -zarra	${}^{4}_{2}He$	A-4 Z-2
6	β-zarra	${}^{0}_{-1}E$	Z+1
7	Vodorod	${}^{1}_{1}H$	
8	γ-nurlanish (zarra)	${}^{0}_{0}n$	
9	Deytriy	${}^{2}_{1}H$	
10	Tritiy	${}^{3}_{1}H$	

Ilova №29

Quyosh, Yer va Oy to'g'risidagi ma'lumotlar

Quyosh radiusi, m	$6.96\cdot10^{8}$
Quyosh massasi, kg	$1.99\cdot10^{30}$
Yerning o'rtacha radiusi, m	$6.371\cdot10^{6}$
Yer massasi, kg	$5.976\cdot10^{24}$
Yerning o'z o'qi atrofida to'la aylanish vaqti	23 soat 50 minut 4.09 sekund
Erkin tushish tezlanishi (Parij kengligida, dengiz sathida), m/c^2	9.80665
Normal atmosfera bosimi, Pa	101325
Havoning mollyar massasi, kg/mol	0.029
Yerdan quyoshgacha o'rtacha masofa, m	$1.496\cdot10^{11}$
Oy radiusi, m	$1.737\cdot10^{6}$
Oy massasi, kg	$7.35\cdot10^{22}$
Oyning yer atrofida aylanish davri	27 sutka 7 soat 43 minut
Oy sirtida erkin tushish tezlanishi, m/s^2	1.623
Oydan Yergacha o'rtacha masofa, m	$3.844\cdot10^{6}$

0-90° burchaklar uchun sinuslar, kosinuslar, tangens va kotangenslar qiymatlari jadvali

Graduslar	Sinuslar	Kosinuslar	Tangenslar	Kotangenslar
0	0	1	0	-
1	0,0175	0,9998	0,0175	57,29
2	0,0349	0,9994	0,0349	28,636
3	0,0523	0,9986	0,0524	19,081
4	0,0698	0,9976	0,0699	14,301
5	0,0872	0,9962	0,0875	11,43
6	0,1045	0,9945	0,1051	9,5144
7	0,1219	0,9925	0,1228	8,1443
8	0,1392	0,9903	0,1405	7,1154
9	0,1564	0,9877	0,1584	6,3138
10	0,1736	0,9848	0,1763	5,6713
11	0,1908	0,9816	0,1944	5,1446
12	0,2079	0,9781	0,2126	4,7046
13	0,225	0,9744	0,2309	4,3315
14	0,2419	0,9703	0,2493	4,0108
15	0,2588	0,9659	0,2679	3,7321
16	0,2756	0,9613	0,2867	3,4874
17	0,2924	0,9563	0,3057	3,2709
18	0,309	0,9511	0,3249	3,0777
19	0,3256	0,9455	0,3443	2,9042
20	0,342	0,9397	0,364	2,7475
21	0,3584	0,9336	0,3839	2,6051
22	0,3746	0,9272	0,404	2,4751
23	0,3907	0,9205	0,4245	2,3559
24	0,4067	0,9135	0,4452	2,246
25	0,4226	0,9063	0,4663	2,1445
26	0,4384	0,8988	0,4877	2,0503
27	0,454	0,891	0,5095	1,9626
28	0,4695	0,8829	0,5317	1,8807
29	0,4848	0,8746	0,5543	1,804
30	0,5	0,866	0,5774	1,7321
31	0,515	0,8572	0,6009	1,6643
32	0,5299	0,848	0,6249	1,6003
33	0,5446	0,8387	0,6494	1,5399
34	0,5592	0,829	0,6745	1,4826
35	0,5736	0,8192	0,7002	1,4281
36	0,5878	0,809	0,7265	1,3764
37	0,6016	0,7988	0,753	1,3279
38	0,6154	0,7882	0,7807	1,2808
39	0,6291	0,7774	0,8092	1,2358
40	0,6425	0,7663	0,8385	1,1926
41	0,6558	0,7549	0,8687	1,1512
42	0,6689	0,7434	0,8997	1,1114
43	0,6817	0,7316	0,9318	1,0732

Graduslar	Sinuslar	Kosinuslar	Tangenslar	Kotangenslar
44	0,6944	0,7196	0,9649	1,0363
45	0,7068	0,7074	0,9992	1,0008
46	0,7191	0,695	1,0347	0,9665
47	0,7311	0,6823	1,0715	0,9333
48	0,7429	0,6694	1,1097	0,9012
49	0,7544	0,6564	1,1494	0,87
50	0,7658	0,6431	1,1907	0,8399
51	0,7769	0,6297	1,2338	0,8105
52	0,7877	0,616	1,2787	0,782
53	0,7984	0,6022	1,3258	0,7543
54	0,8087	0,5882	1,375	0,7273
55	0,8189	0,574	1,4267	0,7009
56	0,8288	0,5596	1,481	0,6752
57	0,8384	0,5451	1,5382	0,6501
58	0,8478	0,5304	1,5985	0,6256
59	0,8569	0,5155	1,6623	0,6016
60	0,8658	0,5005	1,7299	0,5781
61	0,8744	0,4853	1,8018	0,555
62	0,8827	0,47	1,8782	0,5324
63	0,8908	0,4545	1,9599	0,5102
64	0,8985	0,4389	2,0474	0,4884
65	0,9061	0,4231	2,1413	0,467
66	0,9133	0,4073	2,2425	0,4459
67	0,9203	0,3913	2,352	0,4252
68	0,927	0,3752	2,4708	0,4047
69	0,9334	0,3589	2,6003	0,3846
70	0,9395	0,3426	2,7422	0,3647
71	0,9453	0,3262	2,8983	0,345
72	0,9509	0,3096	3,071	0,3256
73	0,9561	0,293	3,2633	0,3064
74	0,9611	0,2763	3,4788	0,2875
75	0,9658	0,2595	3,7222	0,2687
76	0,9701	0,2426	3,9993	0,25
77	0,9742	0,2256	4,3181	0,2316
78	0,978	0,2086	4,6887	0,2133
79	0,9815	0,1915	5,1254	0,1951
80	0,9847	0,1743	5,6479	0,1771
81	0,9876	0,1571	6,2846	0,1591
82	0,9902	0,1399	7,0781	0,1413
83	0,9925	0,1226	8,0952	0,1235
84	0,9944	0,1053	9,4468	0,1059
85	0,9961	0,0879	11,332	0,0882
86	0,9975	0,0705	14,146	0,0707
87	0,9986	0,0531	18,804	0,0532
88	0,9994	0,0357	28,011	0,0357
89	0,9998	0,0182	54,816	0,0182
90	1	0,0008	-	0,0008

D. I. MENDELEEVNING KIMYOVIY

Davrlar	I	II	III	IV	V
1	{H}				
2	3 **Li** 6.941 Litiy	4 **Be** 9.0122 Berilliy	5 **B** 10.811 Bor	6 **C** 12.01115 Uglerod	7 **N** 14.0067 Azot
3	11 **Na** 22.9898 Natriy	12 **Mg** 24.305 Magniy	13 **Al** 26.9815 Alyuminiy	14 **Si** 28.088 Kremniy	15 **P** 30.9738 Fosfor
4	19 **K** 39.0983 Kaliy	20 **Ca** 40.08 Kaltsiy	21 **Sc** 44.956 Skandiy	22 **Ti** 47.88 Titan	23 **V** 50.942 Vannadiy
	29 63.546 **Cu** Mis	30 65.39 **Zn** Rux	31 69.72 **Ga** Galliy	32 72.59 **Ge** Germaniy	33 74.9216 **As** Mishyak
5	37 **Rb** 85.47 Rubidiy	38 **Sr** 87.62 Strontsiy	39 **Y** 88.905 Ittriy	40 **Zr** 91.22 Tsirkoniy	41 **Nb** 92.906 Niobiy
	47 107.868 **Ag** Kumush	48 112.41 **Cd** Kadmiy	49 114.82 **In** Indiy	50 116.710 **Sn** Qalay	51 121.75 **Sb** Surma
6	55 **Cs** 132.905 Tseziy	56 **Ba** 137.33 Bariy	57 **La** 138.91 Lantan	72 **Hf** 178.49 Gafniy	73 **Ta** 180.946 Tantal
	79 196.967 **Au** Oltin	80 200.59 **Hg** Simob	81 204.383 **Tl** Talliy	82 207.19 **Pb** Qo'rg'oshin	83 208.890 **Bi** Vismut
7	87 **Fr** [223] Frantsiy	88 **Ra** [226] Radiy	89 **As**** [227] Aktiniy	104 **Ku** [261] Kurqatoviy	105 **(Ns)** (Nilsboriy)

*Lantanoidlar

58 **Ce** 140.12 Tseriy	59 **Pr** 140.907 Prazeodim	60 **Nd** 144.24 Neodim	61 **Pm** [145] Prometiy	62 **Sm** 150.36 Samariy	63 **Eu** 151.98 Evropiy	64 **Gd** 157.25 Gadoliniy
65 **Tb** 158.92 Terbiy	66 **Dy** 162.50 Disproziy	67 **Ho** 164.930 Golmiy	68 **Er** 167.28 Erbiy	69 **Tm** 108.934 Tuliy	70 **Yb** 173.04 Itterbiy	71 **Lu** 174,97 Lyutetsiy

ELEMENTLAR DAVRIY SISTEMASI

VI	VII	VIII		
	1 1.797 **H** Vodorod	2 4.26 **He** Geliy		
8 15.9994 **O** Kislorod	9 18.9984 **F** Ftor	10 20.179 **Ne** Neon		
16 32.66 **S** Oltingugurt	17 35.453 **Cl** Xlor	18 39.946 **Ar** Argon		
24 **Cr** 51.996 Xrom	25 **Mn** 54.938 Marganets	26 **Fe** 55.847 Temir	27 **Co** 58.9332 Kobalt	28 **Ni** 58.71 Nikel
34 78.96 **Se** Selen	35 79.904 **Br** Brom	36 83.80 **Kr** Kripton		
42 **Mo** 95.94 Molibden	43 **Tc** [98]* Texnitsey	44 **Ru** 101.07 Ruteniy	45 **Rh** 102.905 Rodiy	46 **Pd** 106.4 Palladiy
52 127.60 **Te** Tellur	53 126.9044 **I** Yod	54 131.29 **Xe** Ksenon		
74 **W** 183.85 Volfram	75 **Re** 186.2 Reniy	76 **Os** 190.2 Osmiy	77 **Ir** 192.2 Iridiy	78 **Pt** 195.08 Platina
84 [209] **Po** Poloniy	85 [210] **At** Astat	86 [222] **Rn** Radon	O'rta qavslarda eng barqaror yoki yaxshi o'rganilgan izotoplar massa sonlari berilgan; yaxshi o'rganilgan izotoplar [ ]* belgi bilan berilgan.	

Elementning belgisi — Atom nomeri — Atom massasi

3
Li 6.941
Litiy

**Aktinoidlar

90 **Th** 232.038 Toriy	91 **Pa** [231] Protaktiniy	92 **U** 238.03 Uran	93 **Np** [237] Neptuniy	94 **Pu** [244] Plutoniy	95 **Am** [243] Ameritsiy	96 **Cm** [247] Kyuriy
97 **Bk** [247] Berkliy	98 **Cf** [251] Kaliforniy	99 **Es** [252] Enshteyniy	100 **Fm** [257] Fermiy	101 **Md** [258] Mendeleeviy	102 **(No)** [259] (Nobeliy)	103 **(Lr)** [263] (Lourensiy)

1. Kinematikaga doir savollar

1-§. Kirish. Moddiy nuqtaning harakati. Vektorlar

1. Fizika qismlari
2. Mexanika
3. Kinematika
4. Dinamika
5. Statika
6. Mexanik harakat
7. Moddiy nuqta
8. Ilgarillanma harakat
9. Sanoq jismi
10. Sanoq sistemasi
11. Koordinatalar sistemasi va turlari
12. Traektoriya
13. Yo'l
14. Ko'chish
15. Kesma nima?
16. Vektor nima?
17. Vektorlarni qo'shish qoidalari
18. Bir xil yo'nalishli vektorlar qanday qo'shiladi?
19. Qarama-qarshi yo'nalishli vektorlar qanday qo'shiladi?
20. Vektorni songa ko'paytirish
21. Vektor va skalyar kattaliklar
22. Tekislikda Dekart koordinatalar sistemasida ikki nuqta orasidagi masofa qanday topiladi?
23. Jismning mexanik harakatini o'rganishda koordinatalar sistemasi nima maqsadda beriladi?
24. Sanoq sistemasi nima uchun kerak?

2-§. To'g'ri chiziqli tekis harakat

1. Traektoriya shakliga qarab harakatlar qanday turlarga bo'linadi?
2. Qanday harakat turida ko'chish yo'lga teng?
3. Egri chiziqli harakatda ko'chishning miqdori kattami yoki bosib o'tilgan yo'l uzunligimi?
4. To'g'ri chiziqli tekis harakat.
5. Tezlik ta'rifi formulasi va birligi
6. To'g'ri chiziqli tekis harakatda yo'l va vaqt formulalari
7. To'g'ri chiziqli tekis harakatda tezlik moduli va yo'nalishi qanday o'zgaradi?
8. Spidometr nima?
9. Tezlik qanday kattalik?
10. Harakat qonuni nima?

3-§. To'g'ri chiziqli tekis harakatni grafik usulda tasvirlash

1. Umumiy holda harakat tenglamasi

2. To'g'ri chiziqli tekis harakat tenglamasi
3. To'g'ri chiziqli tekis harakatda tezlikning vaqtga bog'liqlik grafigi
4. To'g'ri chiziqli tekis harakatda yo'lning vaqtga bog'liqlik grafigi
5. Tezlikning vaqtga bog'liqligidan hosil bo'lgan yuza son jihatidan qanday kattalikka teng?
6. To'g'ri chiziqli tekis harakatning yo'l grafigi qanday chiziq?
7. Tezliklari turlicha bo'lgan to'g'ri chiziqli tekis harakatda yo'l grafiklari qaysi biri tikroq bo'ladi?
8. To'g'ri chiziqli tekis harakat tezlik grafigidan moddiy nuqta bosib o'tgan yo'li qanday aniqlanadi?

4-§. Harakat nisbiyligi. Tezliklarni qo'shish

1. Harakat nisbiyligi
2. Turli hollar uchun tezliklar qo'shilishi
3. Ikkitadan ortiq tezliklar qanday qo'shiladi?
4. Bir-biriga tik yo'nalgan tezliklar qanday qo'shiladi?
5. Vektorlarni kosinuslar teoremasi bo'yicha qo'shish?
6. Gayka boltga gayka kaliti yordamida burab kirgizilmoqda, gayka belgilangan nuqtaning gayka kalitiga nisbatan harakat traektoriyasi qanday bo'ladi?

5-§. To'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan bo'lmagan notekis harakat.

1. Notekis harakat va turlari
2. O'rtacha tezlik va oniy tezlik ta'rifi va formulasi.
3. Jism yo'lning turli qismlarida turli tezliklar bilan harakatlanganda, o'rtacha tezlik qanday topiladi?
4. Jism vaqtning turli qismlarida turli tezliklar bilan harakatlanganda, o'rtacha tezlik qanday topiladi?

6-§. To'g'ri chiziqli tekis o'zgaruvchan harakat

1. Tekis tezlanuvchan harakat.
2. Tekis sekinlanuvchan harakat
3. Tezlanish ta'rifi va formulasi.
4. Tekis o'zgaruvchan harakat
5. Tekis tezlanuvchan harakatda oniy tezlik formulasi
6. Tekis tezlanuvchan harakatda yo'l formulasi
7. Tekis sekinlanuvchan harakatda oniy tezlik formulasi
8. Tekis sekinlanuvchan harakatda yo'l formulasi
9. Tekis o'zgaruvchan harakatda yo'l formulasi
10. Tekis o'zgaruvchan harakatda o'rtacha tezlik formulasi
11. Qaysi harakat turida tezlanish noldan katta bo'ladi?
12. Qaysi harakat turida tezlanish noldan kichik bo'ladi?
13. Qaysi harakat turida tezlanish nolga teng bo'ladi?
14. Musbat va manfiy tezlanishlar qaysi harakat turlarida qo'llaniladi?
15. To'g'ri chiziqli tekis tezlanuvchan harakatda tezlik moduli va yo'nalishi
16. To'g'ri chiziqli tekis sekinlanuvchan harakatda tezlik moduli va yo'nalishi

17. To'g'ri chiziqli tekis tezlanuvchan harakatda tezlanish moduli va yo'nalishi
18. To'g'ri chiziqli tekis sekinlanuvchan harakatda tezlanish moduli va yo'nalishi

7-§. Notekis harakatni grafik usulda tasvirlash

1. Tekis tezlanuvchan harakatda tezlikning vaqtga bog'liqlik grafigi
2. Tekis tezlanuvchan harakatda yo'lning vaqtga bog'liqlik grafigi
3. Tekis tezlanuvchan harakatda tezlanishning vaqtga bog'liqlik grafigi
4. Tekis sekinlanuvchan harakatda yo'lning vaqtga bog'liqlik grafigi
5. Tekis sekinlanuvchan harakatda tezlikning vaqtga bog'liqlik grafigi
6. Tekis sekinlanuvchan harakatda tezlanishning vaqtga bog'liqlik grafigi
7. Tekis tezlanuvchan harakat tenglamasi
8. Tekis sekinlanuvchan harakat tenglamasi

8-§. Jismlarning erkin tushishi

1. Erkin tushish
2. Erkin tushish tezlanishi va uning qiymatlari
3. Boshlang'ich tezliksiz erkin tushayotgan jismning oniy tezligi
4. Boshlang'ich tezlik bilan erkin tushayotgan jismning oniy tezligi
5. Boshlang'ich tezliksiz erkin tushayotgan jismning tushish balandligi
6. Boshlang'ich tezliksiz erkin tushayotgan jismning tushish vaqti
7. Boshlang'ich tezlik bilan erkin tushayotgan jismning tushish vaqti
8. Tekis o'zgaruvchan harakatda n-sekundda bosib o'tgan yo'l formulasi
9. Yuqoriga tik otilgan jismning oniy tezligi
10. Yuqoriga tik otilgan jismning maksimal ko'tarilish balandligi
11. Yuqoriga tik otilgan jismning ixtiyoriy vaqtdagi ko'tarilish balandligi
12. Yuqoriga tik otilgan jismning ko'tarilish vaqti
13. Yuqoriga tik otilgan jismning uchish vaqti
14. Erkin tushayotgan jism oxirgi sekunddagi yo'lini topish formulasi
15. Erkin tushayotgan jism qanday harakatlanadi?
16. Erkin tushayotgan jism tezlanishi qanday yo'nalgan? Tezligichi?
17. Yuqoriga tik otilgan jism tezlanishi qanday yo'nalgan? Tezligichi?
18. Erkin tushish tezlanishining qiymati nimalarga bog'liq?
19. Yuqoriga tik otilgan jismning eng yuqori balandlikdagi tezligi nimaga teng?
20. Yuqoriga tik otilgan jismning eng yuqori balandlikdagi tezlanishi nimaga teng?

9-§. Aylana bo'ylab tekis harakat.

1. Aylana bo'ylab tekis harakat
2. Davr ta'rifi va formulasi.
3. Chastota ta'rifi va formulasi
4. Burchak tezlik ta'rifi va formulasi
5. Burchak tezlikning aylanish davriga bog'liqlik formulasi
6. Burchak tezlikning aylanish chastotasiga bog'liqlik formulasi
7. Davr va chastota orasidagi bog'liqlik formulasi

8. Chiziqli tezlik ta'rifi va formulasi
9. Chiziqli tezlikning aylanish davriga bog'liqlik formulasi
10. Chiziqli tezlikning aylanish chastotasiga bog'liqlik formulasi
11. Chiziqli tezlik va burchak tezlik orasidagi bog'liqlik formulasi
12. Aylana uzunligini topish formulasi.
13. Aylana bo'ylab tekis harakatlanayotgan jismning chiziqli tezligini qiymati o'zgaradimi? Yo'nalishi-chi?
14. Aylana bo'ylab tekis harakatlanayotgan jismning burchak tezligining qiymati o'zgaradimi? Yo'nalishi-chi?
15. Aylana bo'ylab tekis harakatlanayotgan jismning markazga intilma tezlanishi (normal tezlanish) qiymati o'zgaradimi? Yo'nalishi-chi?
16. Chiziqli tezlik qaerga yo'nalgan?
17. Markazga intilma tezlanishining (normal tezlanish) aylanish chastotasiga bog'liqlik formulasi
18. Markazga intilma tezlanish (normal tezlanish) va burchak tezlik orasidagi bog'liqlik formulasi
19. Markazga intilma tezlanish (normal tezlanish) va chiziqli tezlik orasidagi bog'liqlik formulasi
20. Markazga intilma tezlanish (normal tezlanish) ta'rifi
21. Markazga intilma tezlanishining (normal tezlanish) aylanish davriga bog'liqlik formulasi

10-§. Aylana bo'ylab tekis harakatni uzatish

1. Tasmali uzatma nima?
2. Harakat tasmali uzatma yordamida bir shkivdan ikkinchisiga uzatilayotganda shkivlarning aylanish davrlari, chastotalari va chiziqli tezliklari qanday munosabatda bo'ladi?
3. Zanjirli uzatma nima?
4. Harakat zanjirli uzatma yordamida bir shkivdan ikkinchisiga uzatilayotganda shkivlarning aylanish davrlari, chastotalari va chiziqli tezliklari qanday munosabatda bo'ladi?
5. Ikkita shkiv bitta o'qga mahkamlanganda, shkivlarning aylanish davrlari, chastotalari va chiziqli tezliklari qanday munosabatda bo'ladi?
6. Friktsion bog'lanish nima?
7. Friktsion bog'langan ikki shkivning chiziqli tezliklari va burchak tezliklari qanday munosabatda bo'ladi?

11-§. Aylana bo'ylab notekis harakat

1. Markazga intilma tezlanish (normal tezlanish) qaerga yo'nalgan?
2. Urinma tezlanish (tangentsial tezlanish) ta'rifi va formulasi
3. Aylana bo'ylab harakatda umumiy tezlanish nimaga teng?
4. Aylana bo'ylab tekis harakatlanayotgan jismning urinma tezlanish (tangentsial tezlanish) qiymati o'zgaradimi? Yo'nalishi-chi?
5. Burchak tezlanish nima?

6. Aylana bo'ylab notekis harakatda ixtiyoriy vaqt momentida burilish burchagi qanday topiladi?
7. Oniy burchak tezlik nima?

12-§. Gorizontal otilgan jism harakati

1. Gorizontal otilgan jism traektoriyasi
2. Gorizontal otilgan jism uchish vaqtini topish formulasi
3. Gorizontal otilgan jism uchish uzog'ligini topish formulasi
4. Gorizontal otilgan jism ixtiyoriy vaqtdagi gorizont bilan tashkil etgan burchagini topish formulasi
5. Gorizontal otilgan jism vertikal tezligini topish formulasi
6. Gorizontal otilgan jism gorizontal tezligini topish formulasi
7. Gorizontal otilgan jism natijaviy tezligini topish formulasi
8. Gorizontal otilgan jism tangensial tezlanishini topish formulasi
9. Gorizontal otilgan jism normal tezlanishini topish formulasi
10. Gorizontal otilgan jism natijaviy tezlanishini yo'nalishi va son qiymati

13-§. Gorizontga qiya otilgan jism harakati

1. Gorizontga qiya otilgan jism traektoriyasi
2. Gorizontga qiya otilgan jism vertikal tezligini topish formulasi
3. Gorizontga qiya otilgan jism gorizontal tezligini topish formulasi
4. Gorizontga qiya otilgan jism ko'tarilish balandligini topish formulasi
5. Gorizontga qiya otilgan jism uchish uzoqligini topish formulasi
6. Gorizontga qiya otilgan jism uchish vaqtini topish formulasi
7. Gorizontga qiya otilgan jism ko'tarilish vaqtini topish formulasi
8. Gorizontga qiya otilgan jism ixtiyoriy vaqt momentidagi gorizont bilan tashkil qilgan burchagini topish formulasi
9. Gorizontga qiya otilgan jism umumiy tezligini topish formulasi
10. Gorizontga qiya otilgan jism traektoriyasining egrilik radiusini topish formulasi
11. Gorizontga qiya otilgan jism minimal va maksimal tezliklari nimaga teng?
12. Gorizontga qiya otilgan jismda $\sqrt{2h/R}$ qanday kattalik?
13. Gorizontga qiya otilgan jism tezlanishi nimaga teng va qaerga yo'nalgan?
14. Gorizontga nisbatan burchak ostida otilgan jismning harakati davomida qaysi kattalik doimiy emas?

2. Dinamikaga doir savollar

14-§. Zichlik va massa. Nyutonning birinchi va ikkinchi qonuni

1. Massa
2. Inertlik
3. Kuch
4. Zichlik
5. Dinamometr
6. Gravitatsion massa
7. Inert massa

8. Bir Nyuton ta'rifi
9. Areometr
10. Galileyning nisbiylik printsipi
11. Inertsial sanoq sistemasi
12. $1 g/sm^3$ necha kg/m^3 ?
13. Solishtirma hajm nima?
14. Nyutonning birinchi qonuni
15. Nyutonning ikkinchi qonuni
16. Kuch qanday kattalik?
17. Kuch yo'nalishi qanday aniqlanadi?
18. Kuchlar qanday qo'shiladi?
19. Teng ta'sir etuvchi kuch nima?
20. Kuch birligini XBS dagi asosiy birliklar orqali ifodalang.
21. To'g'ri chiziqli tekis harakat qilayotgan jismga ta'sir etuvchi natijaviy kuch qanday yo'nalgan?
22. To'g'ri chiziqli tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan jismga ta'sir etuvchi natijaviy kuch qanday yo'nalgan?

15-§. Nyutonning uchinchi qonuni

1. Nyuton uchinchi qonuni
2. Nyuton 2- va 3-qonunlari birlashmasi
3. Nyutonning uchta qonuni doimo o'rinlimi?

16-§. Markazga intilma va markazdan qochma kuchlar

1. Markazga intilma va markazdan qochma kuchlari formulalari va ta'riflari?
2. Aylana bo'ylab tekis harakatda markazdan qochma kuch aylanish davriga qanday bog'liq?
3. Aylana bo'ylab tekis harakatda markazdan qochma kuch chiziqli tezlikka qanday bog'liq?
4. Aylana bo'ylab tekis harakatda markazdan qochma kuch burchak tezlikka qanday bog'liq?

17-§. Butun olam tortishish qonuni

1. Butun olam tortishish qonuni
2. Gravitatsion doimiysi ta'rifi va qiymati
3. Gravitatsion doimiysi birligi
4. Erkin tushish tezlanishini topish formulasi
5. Erkin tushish tezlanishi qiymati Yerning turli qismlarida nima uchun har xil?
6. Yerdan biror balandlikdagi erkin tushish tezlanishi nimaga teng?
7. Oydagi erkin tushish tezlanishi nimaga teng?
8. Planetadagi erkin tushish tezlanishi berilgan holda zichligini topish formulasi

18-§. Og'irlik va og'irlik kuchi

1. Og'irlik kuchi ta'rifi va formulasi
2. Og'irlik va og'irlik kuchi farqi
3. Vaznsizlik nima?
4. Yuklanish nima?

5. Yuklanishni topish formulasi
6. O'lik sirtmoq yoki botiq ko'prikda jism og'irligini topish formulalari
7. Qavariq ko'prikda jism og'irligini topish formulalari
8. Qavariq ko'prikda harakatlanayotgan jism qachon vaznsizlik holatida bo'ladi?
9. Yuqoriga tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan jismning og'irligi qanday o'zgaradi?
10. Yuqoriga tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan jismning og'irligini topish formulasi?
11. Yuqoriga tekis sekinlanuvchan harakat qilayotgan jismning og'irligi qanday o'zgaradi?
12. Yuqoriga tekis sekinlanuvchan harakat qilayotgan jismning og'irligini topish formulasi?
13. Pastga tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan jismning og'irligi qanday o'zgaradi?
14. Pastga tekis tezlanuvchan harakat qilayotgan jismning og'irligini topish formulasi?
15. Pastga tekis sekinlanuvchan harakat qilayotgan jismning og'irligi qanday o'zgaradi?
16. Pastga tekis sekinlanuvchan harakat qilayotgan jismning og'irligini topish formulasi?
17. Pastga tekis harakat qilayotgan jismning og'irligi qanday o'zgaradi?
18. Pastga tekis harakat qilayotgan jismning og'irligini topish formulasi?
19. Yuqoriga tekis harakat qilayotgan jismning og'irligi qanday o'zgaradi?
20. Yuqoriga tekis harakat qilayotgan jismning og'irligini topish formulasi?
21. Nesterov sirtmog'i nima?
22. Massasi ma'lum bo'lgan shar havoda muallaq turgan bo'lsa, uning vazni qanday topiladi?
23. Agar jismni chuqur shaxtaning ichiga joylashtirilsa uning vazni qanday o'zgaradi?
24. Zargar o'z tillasini pallali torozi yordamida Yerning qaysi nuqtasida sotsa ko'proq foyda ko'radi? (Tillaning narxi hamma joyda bir xil)

19-§. Kosmik tezliklar

1. *I, II, III* – kosmik tezliklar ta'riflari va son qiymatlari
2. Birinchi kosmik tezlikni topish formulasi
3. Yerdan biror balandlikdagi birinchi kosmik tezlikni topish formulasi
4. Sun'iy yo'ldoshning aylanish davrini topish formulasi
5. Ikkinchi kosmik tezlikni topish formulasini keltirib chiqaring?
6. Sun'iy yo'ldosh qanday tezlikda harakatlanganda uning traektoriyasi giperboladan iborat bo'ladi?
7. Sun'iy yo'ldosh qanday tezlikda harakatlanganda uning traektoriyasi paraboladan iborat bo'ladi?

8. Sun'iy yo'ldosh qanday tezlikda harakatlanganda uning traektoriyasi ellipsdan iborat bo'ladi?
9. Oy-Yerning yo'ldoshi. Agar Yer bilan Oy o'rtasidagi o'zaro tortishish kuchi birdan yuqolsa, Oyning keyingi harakati qanday bo'ladi?

20-§. Elastiklik kuchi. Guk qonuni

1. Reaksiya kuchi nima?
2. Deformatsiya
3. Absolyut deformatsiya
4. Nisbiy deformatsiya
5. Elastik deformatsiya
6. Plastik deformatsiya
7. Siljish deformatsiyasi
8. Buralish deformatsiyasi
9. Elastilik kuchi va uning yo'nalishi
10. Guk qonuni ta'rifi va formulasi
11. Guk qonunidagi «-» ishora ma'nosi
12. Bikrlik nima, ta'rifi va formulasi
13. Elastiklik kuchining absolyut uzayishga bog'liqlik grafigi
14. Elastiklik kuchining absolyut uzayishga bog'liqlik grafigidan bikrlik qanday topiladi?

21-§. Prujinalarni ketma-ket va parallel ulash

1. Prujinalar ketma-ket ulanganda umumiy bikrlik qanday topiladi?
2. Prujinalar parallel (yonma-yon) ulanganda umumiy bikrlik qanday topiladi?
3. Bikrligi bir xil bo'lgan n ta prujinalar parallel (yonma-yon) ulanganda umumiy bikrlik qanday topiladi?
4. Bikrligi bir xil bo'lgan n ta prujinalar ketma-ket ulanganda umumiy bikrlik qanday topiladi?

22-§. Ishqalanish kuchlari

1. Ishqalanish kuchlari nima?
2. Ishqalanish kuchlarining vujudga kelishiga asosiy sabablar
3. Ishqalanish kuchining yo'nalishi
4. Tashqi ishqalanish nima?
5. Ichki ishqalanish nima?
6. Ishqalanish kuchi qanday topiladi?
7. Ishqalanish koeffitsienti nima va qanday topiladi?
8. Ishqalanish koeffitsienti birligi
9. Sirpanish ishqalanish kuchi nima?
10. Ishqalanish koeffitsienti bir-biriga tegib turgan jismlar sirtining kattaligiga bog'liqmi?

11. Gorizontal sirtda odam ketmoqda. Odam chap oyog'i bilan sirtdan itarilayotganda sirt tomonidan odamga ta'sir etuvchi ishqalanish kuchi qaysi tomonga yo'nalgan?
12. Avtomobil oldinga haraktlanmoqda, uning g'ildiragi va sirt orasidagi ishqalanish kuchi qaerga yo'nalgan?
13. Vertikal sirtga magnit yopishib turibdi. Magnit va sirt orasidagi ishqalanish kuchi qanday topiladi?
14. To'g'ri chiziqli tekis tezlanuvchan harakatlanayotgan avtombil kuzovidagi yashikka pol tomonidan ta'sir etuvchi ishqalanish kuchining yo'nalishi qanday?
15. To'g'ri chiziqli tekis sekinlanuvchan harakatlanayotgan avtombil kuzovidagi yashikka pol tomonidan ta'sir etuvchi ishqalanish kuchining yo'nalishi qanday?
16. To'g'ri chiziqli tekis harakatlanayotgan avtombil kuzovidagi yashikka pol tomonidan ta'sir etuvchi ishqalanish kuchining yo'nalishi qanday?

23-§. Qiya tekislikda ishqalanish kuchi ta'siridagi harakat

Mavzuga doir nazariy savollar

1. Qiya tekislikda ishqalanish kuchi qanday topiladi?
2. Pastga harakatlantiruvchi kuch nima va qanday topiladi?
3. Qiya tekislikda normal bosim kuchi qanday topiladi?
4. Qiya tekislikda reaksiya kuchi qanday topiladi?
5. Qiya tekislikda ishqalanish koeffitsienti berilgan holda tezlanish qanday topiladi?
6. Qiya tekislikda jism tinch turishi uchun qanday shart bajarilishi kerak?
7. Qiya tekislikda jism tekis sekinlanuvchan harakat qilishi uchun qanday shart bajarilishi kerak?
8. Qiya tekislikda jism tekis tezlanuvchan harakat qilishi uchun qanday shart bajarilishi kerak?

24-§. Gorizontal va vertikal tekislikda bir necha kuch ta'siridagi harakat

1. Gorizontal tekislikda jism tinch turishi uchun qanday shart bajarilishi kerak?
2. Gorizontal tekislikda jism tekis sekinlanuvchan harakat qilishi uchun qanday shart bajarilishi kerak?
3. Gorizontal tekislikda jism tekis tezlanuvchan harakat qilishi uchun qanday shart bajarilishi kerak?
4. Gorizontal tekislikda faqat ishqalanish kuchi ta'siridagi harakatda tezlanish qanday topiladi?
5. Harakatning dinamik tenglamasi
6. Gorizontal tekislikda bir necha kuch ta'siridagi harakatda tezlanish qanday topiladi?
7. Vertikal tekislikda jism tinch turishi uchun qanday shart bajarilishi kerak?
8. Vertikal tekislikda jism tekis sekinlanuvchan harakat qilishi uchun qanday shart bajarilishi kerak?
9. Vertikal tekislikda jism tekis tezlanuvchan harakat qilishi uchun qanday shart bajarilishi kerak?

10. Vertikal tekislikda faqat ishqalanish kuchi ta'siridagi harakatda tezlanish qanday topiladi?
11. Vertikal tekislikda bir necha kuch ta'siridagi harakatda tezlanish qanday topiladi?
12. Shamol havo sharini sharqqa olib ketiyapti. Sharning yuqori nuqtasiga o'rnatilgan bayroq qaysi tomonga hilpillaydi?

25-§. Qiya tekislikda bir necha kuch ta'siridagi harakat

1. Qiya tekislikda bir necha kuch ta'siridagi harakatda tezlanish qanday topiladi?
2. Qiya tekislikda jismni qiyalik bo'ylab tekis tortish uchun qanday kuch kerak bo'ladi?
3. Qiya tekislikda jismni qiyalik bo'ylab tezlanish bilan tortish uchun qanday kuch kerak bo'ladi?
4. Qiya tekislikda sirpanib tushayotgan jismning tezlanishi qanday topiladi?

26-§. Ko'chmas blok

1. Qo'zg'almas blokda tezlanish qanday topiladi?
2. Qo'zg'almas blokda ipning taranglik kuchi qanday topiladi?
3. Silliq stoldan arqon sirpanib tushmoqda (ishqalanish yo'q), arqon harakatining xarakteri qanday?

27-§. Jism va kuch impulsi

1. Jism impulsi ta'rifi, formulasi va birligi
2. Kuch impulsi ta'rifi, formulasi va birligi
3. Jism va kuch impulsi orasidagi bog'liqlik formulasini keltirib chiqaring

28-§. Impulsning saqlanish qonuni

1. Jismlar sistemasi nima?
2. Yopiq sistema nima?
3. Ichki kuchlar nima?
4. Tashqi kuchlar nima?
5. Impulsning saqlanish qonuni ta'rifi va formulasi
6. Reaktiv harakat nima?
7. Raketa tezligi qanday topiladi?
8. To'qnashishlar necha turga bo'linadi?
9. To'qnashishlar qanday parametrlarga qarab bo'linadi?
10. Mutlaq elastik to'qnashish nima?
11. Mutlaq noelastik to'qnashish nima?
12. Mutlaq noelastik to'qnashishda sistemaning tezligi qanday aniqlanadi?
13. Bir-biriga qarab harakatlanayotgan jismlar noelastik to'qnashgandan keyingi tezligi qanday topiladi?
14. Bir tomonga qarab harakatlanayotgan jismlar noelastik to'qnashgandan keyingi tezligi qanday topiladi?
15. Ikki jism qanday to'qnashgandan keyin yagona bitta jism sifatida harakatlanadi?

29-§. Mexanik ish

1. Mexanik ish nima?
2. Mexanik ish formulasi va birligi
3. Mexanik ish qachon musbat bo'ladi?
4. Mexanik ish qachon manfiy bo'ladi?
5. Mexanik ish qachon nolga teng bo'ladi?
6. Kuchning ko'chishga bog'liqlik grafigidan hosil bo'lgan yuza son jihatidan nimaga teng?
7. O'zgarmas kuchning bajargan ishi nimaga teng?
8. Mexanik ish birligini XBS dagi asosiy birliklar orqali ifodalang.

30-§. Energiya

1. Energiya
2. Kinetik energiya
3. Potensial energiya
4. Potensial energiya nima sababdan vujudga keladi?
5. Deformatsiyalangan jismning potensial energiyasi?
6. Energiya birligi nima?
7. Kaloriya nimani birligi?
8. Energiya birligini XBS dagi asosiy birliklar orqali ifodalang.
9. Kinetik energiyaning tezlikka bog'liqlik grafigi qanday?

31-§. Energiya va mexanik ish orasidagi bog'liqlik

1. Kinetik energiya bilan mexanik ish orasida qanday bog'liqlik mavjud?
2. Potensial energiya bilan mexanik ish orasida qanday bog'liqlik mavjud?
3. Og'irlik kuchining bajargan ishi nimaga teng?
4. Qiya tekislikda og'irlik kuchining bajargan ishi nimaga teng?
5. Og'irlik kuchining bajargan ishi traektoriyaning shakliga qanday bog'liq?
6. Konservativ kuch nima?
7. Potensial maydon nima?
8. Nokonservativ kuch nima?
9. Og'irlik kuchi, ishqalanish kuchi, elastik kuchi, elektrostatik va havoning qarshilik kuchlaridan qaysilari konservativ?
10. Konservativ kuchlarning yopiq traektoriya bo'ylab bajargan ishi nimaga teng?
11. Nokonservativ kuchlarning yopiq traektoriya bo'ylab bajargan ishi nimaga teng?
12. Elastiklik kuchining bajargan ishi nimaga teng?
13. Ishqalanish kuchining bajargan ishi nimaga teng?
14. Kuchning siljishga bog'liqlik grafigidan hosil bo'lgan yuza son jihatidan nimaga teng?

32-§. Energiyaning saqlanish qonuni

1. To'liq mexanik energiya
2. Mexanik energiyaning saqlanish qonuni

3. Og'irlik kuchi ta'siri ostida harakatlanayotgan jism uchun to'liq mexanik energiyani topish formulasi
4. Elastiklik kuchi ta'siri ostida harakatlanayotgan jism uchun to'liq mexanik energiyani topish formulasi
5. Absolyut elastiklik to'qnashish nima?
6. Absolyut elastiklik to'qnashishda kinetik energiya o'zgaradimi?
7. Noelastiklik to'qnashishda kinetik energiya o'zgaradimi?
8. Havo qarshiligini engishga sarflanadigan energiya miqdori nimaga teng?
9. Saqlanish qonunlari nima?
10. Fazoning bir jinsliligi nima?
11. Fazoning izotopligi nima?
12. Vaqtning bir jinsliligi nima?
13. Turli shakldagi harakatlar va o'zaro ta'sirlarning univertsal o'lchoviga nima deyiladi?
14. Havoning qarshiligini hisobga olganda, vertikal yuqoriga tepilgan koptokni to'liq mexanik energiyasi qanday o'zgaradi?
15. Jism va jismlar sistemasining energiyasi deb nimaga aytiladi?
16. Havoning qarshiligini hisobga olganda, gorizontga burchak ostida otilgan jismning to'liq mexanik energiyasi traektoriyaning qaysi nuqtasida maksimal bo'ladi?
17. Havoning qarshiligini hisobga olmaganda, gorizontga burchak ostida otilgan jismning to'liq mexanik energiyasi traektoriyaning qaysi nuqtasida minimal bo'ladi?

33-§. Quvvat va FIK

1. Quvvat ta'rifi, formulasi va birligi
2. Bir vatt ta'rifi
3. Bir ot kuchi nima?
4. To'g'ri chiziqli tekis harakatda quvvat qanday aniqlanadi?
5. 1 Kvt ·soat nimaga teng?
6. FIK nima?
7. Qiya tekislikning FIKi qanday topiladi?
8. Quvvat birligini XBS dagi asosiy birliklar orqali ifodalang.

3. Statikaga doir savollar

34-§. Kuch momenti. Richag

1. Muvozanat nima?
2. Jism muvozanat holatini saqlashi uchun qanday shartlar bajarilishi kerak?
3. Jism ilgarilanma harakat qilishi uchun qanday shartlar bajarilishi kerak?
4. Teng ta'sir etuvchi kuch nima?
5. Qarama-qarshi yo'nalgan kuchlarning teng ta'sir etuvchisi qanday topiladi?
6. Bir xil yo'nalgan kuchlarning teng ta'sir etuvchisi qanday topiladi?
7. O'zaro tik yo'nalgan kuchlarning teng ta'sir etuvchisi qanday topiladi?

8. O'zaro burchak ostida yo'nalgan kuchlarning teng ta'sir etuvchisi qanday topiladi?
9. Kuch momenti nima?
10. Kuch elkasi nima?
11. Kuch momenti qanday kattalik?
12. Momentlar qoidasi
13. Aylanish o'qiga ega bo'lgan jism muvozanatda bo'lishi uchun qanday shart bajarilishi kerak?
14. Richag nima?
15. Richagning muvozanat sharti
16. Mexanikaning oltin qoidasi
17. Turg'un muvozanat nima?
18. Farqsiz muvozanat nima?
19. Noturg'un muvozanat nima?
20. Massa markazi nima?
21. Massasi M va uzunligi l bo'lgan richagning elkalariga F_1 va F_2 kuchlar qo'yilganda muvozanat sharti
22. Agar M massali richagning faqat bir tomoniga F kuch qo'yilgan bo'lsa muvozanat sharti
23. Massasi M va uzunligi l bo'lgan richagning elkalariga m_1 va m_2 massali yuklar osilgan holdagi muvozanat sharti
24. Agar M massali richagning faqat bir tomoniga yuk osilgan bo'lsa muvozanat sharti
25. Yerda yotgan m massali xodaning bir uchidan bir oz ko'tarish uchun kerak bo'ladigan kuch qanday topiladi?
26. Ko'ndalang kesim yuzalar bir xil bo'lgan har xil jismlar tutashgan joyida tayanchga o'rnatilganda muvozanat sharti
27. Ikki tayanchga o'rnatilgan jismni tayanchga berayotgan bosim kuchlari yoki tayanchlarning reaksiya kuchlari qanday topiladi?
28. Bir jinsli sterjenning massa markazini Δx ga surish uchun uning bir uchidan qanday uzunlikdagi qismini kesib tashlash kerak?
29. Qachon kuch jismni buradi?
30. To'rtburchak shaklidagi jismning massa markazi uning qaerida joylashgan?
31. Doira shaklidagi jismning massa markazi uning qaerida joylashgan?
32. Shar shaklidagi jismning massa markazi uning qaerida joylashgan?
33. Aylana shaklidagi jismning massa markazi uning qaerida joylashgan?
34. Uchburchak shaklidagi jismning massa markazi uning qaerida joylashgan?
35. Jismlar sistemasining massa markazi qanday topiladi?
36. Qavarik sirtda turgan jism muvozanatda bo'lish sharti
37. Botiq sirtda turgan jismning muvozanatda bo'lish sharti
38. Jism doimo turg'un muvozanatda bo'lishi uchun u qanday shaklda yoki holatda bo'lishi kerak?
39. Kuch momenti birligini XBS dagi asosiy birliklar orqali ifodalang.

40. Aylanma harakat dinamikasining formulasi qanday?
41. Mutlaq silliq gorizontal tekislik ustida jism tinch turibdi. Agar jismga boshlang'ich tezlik berilsa, u qanday muvozanatda bo'ladi?

4. Suyuqlik va gazlar mexanikasiga doir savollar

35-§. Bosim va uning o'lchov birligi.

1. Bosim nima?
2. Bosim birligi va formulasi
3. Bosim qanday kattalik?
4. Qattiq jismlarda bosim qanday yo'nalishda uzatiladi?
5. Bosim birligini XBS dagi asosiy birliklar orqali ifodalang.

36-§. Suyuqlik va gazlar uchun Paskal qonuni. Gidravlik press.

1. Suyuqlik va gazlarda bosimning uzatilish mexanizmini qaysi qonun xarakterlaydi?
2. Paskal qonuni ta'rifi
3. Gidravlik press nima?
4. Gidravlik press formulasi
5. Gidravlik press ishlash printsipi qaysi qonunga asoslangan?
6. Porshenlarning siljish masofasi nisbati ularning yuzalari nisbatiga qanday bog'liq?
7. Porshenlarning siljish masofasi nisbati ularning kuchlar nisbatiga qanday bog'liq?
8. Real gidravlik pressning ideal gidravlik pressdan farqi

37-§. Suyuqlikning idish devorlari va tubiga bosimi

1. Gidrostatik bosim nima?
2. Gidrostatik bosim idish shakliga bog'liqmi?
3. Gidrostatik bosim qanday kattaliklarga bog'liq?
4. Gidrostatik bosim formulasi
5. Suyuqlikning idish tubiga ta'sir etadigan bosim kuchi idish shakliga bog'liqmi?
6. Gidrostatik paradoks nima?
7. Idish qanday shaklda bo'lganda suyuqlikning idish tubiga ta'sir etadigan bosim kuchi shu idishdagi suyuqlikning og'irligiga teng bo'ladi?
8. Idish qanday shaklda bo'lganda suyuqlikning idish tubiga ta'sir etadigan bosim kuchi shu idishdagi suyuqlikning og'irligidan katta bo'ladi?
9. Idish qanday shaklda bo'lganda suyuqlikning idish tubiga ta'sir etadigan bosim kuchi shu idishdagi suyuqlikning og'irligidan kichik bo'ladi?
10. Manometr nima?
11. Tutash idish nima?
12. Tutash idishlar qonuni va formulasi?

38-§. Atmosfera bosimi

1. Atmosfera nima?
2. Atmosfera tarkibining qancha qismini kislorod tashkil qiladi?

3. Nima sababdan atmosfera bosimi yuzaga keladi?
4. Atmosfera bosimining mavjudligini kim aniqlagan?
5. Torrichelli tajribasini tushuntirib bering?
6. Torrichelli tajribasi qaysi qonunga asoslangan?
7. Normal atmosfera bosimi nima?
8. 1mm.sim.ust. necha Pa?
9. 1atm. nima?
10. Dengiz sathidan har 12 m balandlikda atmosfera bosimi o'rtacha qanchaga kamayadi?
11. 760 mm.sim.ust. nima?
12. Barometr nima?
13. Aneroid nima?
14. Altmetr nima?
15. Suyuqlik quyilgan idishning usti ochiq bo'lsa idish tubiga beradigan bosimi qanday topiladi?
16. 1kg/sm^2 necha Pa?
17. 130mm.sim.ust. necha Pa?
18. Atmosfera bosimining balandlikka bog'liqlik grafigi qanday?

39-§. Arximed kuchi

1. Arximed kuchi
2. Arximed qonuni
3. Jismning cho'kish sharti
4. Jismning qalqib chiqish sharti
5. Jismning to'la botgan holda suzish sharti
6. Ko'taruvchi kuch nima?
7. Ko'taruvchi kuch qachon manfiy bo'ladi?
8. Ko'taruvchi kuch qachon musbat bo'ladi?
9. Ko'taruvchi kuch qachon nolga teng bo'ladi?
10. Jismning suyuqlikka botgan qismini topish formulasi?
11. Suyuqlikda Arximed va og'irlik kuchi ta'sirida harakatlanayotgan jismning tezlanishi qanday topiladi?
12. Kemalarning vater chizig'i nima?
13. Areometr nima?
14. Kema daryodan dengizga chiqqanda uning suvga botishi qanday o'zgaradi?
15. Suv sirtida suzayotgan yog'och bo'lakchasi suvga botirilsa yog'och va suvning potensial energiyasi qanday o'zgaradi?
16. Suv sirtida suzayotgan yog'och bo'lakchasi suvga botirilsa yog'och-Yer tizimining potensial energiyasi qanday o'zgaradi?

40-§. Suyuqlikning trubalardagi harakati

1. Suyuqlik oqimining uzluksizlik tenglamasi
2. Suyuqlikning naydagi harakat qonunini kim kashf etgan?
3. Bernulli qonuni formulasi va ta'rifi?
4. Gorizontal bo'lmagan quvur uchun Bernulli tenglamasi?

5. Nayning qaysi qismida bosim katta bo'ladi?
6. Torrichelli tenglamasi?
7. Quvurdan oqib chiqqan suyuqlik hajmi va massasini topish formulalari?
8. XBS-dagi asosiy birliklar
9. Samalyotning uchishi qaysi qonunga asoslangan?
10. Yerdan ko'tarilishda samalyotning shamol yo'nalishi bo'yicha uchishi afzalroqmi yoki unga qarshimi?

5. Molekulyar fizika va termodinamikaga doir savollar

41-§. Molekulyar kinetik nazariya asoslari

1. Molekulyar kinetik nazariyaning asosiy uch qoidasi
2. Massaning atom birligi
3. Modda miqdori
4. Avogadro soni
5. Molyar massa
6. Bitta molekula massasi
7. Molekulalar sonini topish formulalari
8. Modda miqdorini topish formulalari
9. Molekula o'lchami qanday topiladi?
10. Molekulalar kontsentratsiyasi
11. Gazlarni ideal deb hisoblash uchun nimalarni hisobga olmaslik kerak?

42-§. Gazlar, suyuqliklar va qattiq jismlarda molekulalar harakati. Diffuziya hodisasi.

1. Gazlarda molekulalar o'zaro ta'sir potensial va kinetik energiyasi qanday munosabatda bo'ladi?
2. Suyuqliklarda molekulalar o'zaro ta'sir potensial va kinetik energiyasi qanday munosabatda bo'ladi?
3. Qattiq jismlarda molekulalar o'zaro ta'sir potensial va kinetik energiyasi qanday munosabatda bo'ladi?
4. Gaz molekulari orasidagi masofa qanday topiladi?
5. Broun harakati temperaturaga qanday bog'liq?
6. Broun harakati
7. Diffuziya hodisasi
8. Gazlarda diffuziya
9. Suyuqliklarda diffuziya
10. Qattiq jismlarda diffuziya
11. Erkin yugurishning o'rtacha masofasi.
12. Nima uchun temperatura ko'tarilishi bilan broun harakatining jadalligi ortadi?
13. Nima uchun ancha mayda zarralarda broun harakati juda tez, yirik zarralarda esa zo'rg'a seziladi?

43-§. Molekulyar kinetik nazariyaning asosiy tenglamasi

1. Ideal gaz bosimi uchun molekulyar kinetik nazariyaning asosiy tenglamasi.
2. Dalton qonuni
3. Partsial bosim
4. Ideal gaz zichligini topish formulalari
5. Molyar hajm
6. Agar gazli idish ichidagi molekulalarning o'zaro tortishish kuchi birdan yuqolsa, idishdagi bosim qanday o'zgargan bo'lar edi?

44-§. Temperatura. Gazlarda temperatura va tezlik orasidagi bog'liqlik.

1. Temperatura
2. Temperaturaning Selsiy shkalasi
3. Temperaturaning Kelvin shkalasi
4. Termodinamik muvozanat nima?
5. Absolyut nol temperatura
6. Temperatura va molekulalarning o'rtacha kinetik energiyasi o'zaro bog'liqligi
7. Gaz molekulalarining o'rtacha kvadratik tezligi formulasi
8. Gaz molekulalari o'rtacha kvadratik tezligining temperaturaga bog'liqlik grafigi qanday?

45-§. Klapeyron tenglamasi

1. Klapeyron tenglamasi
2. Boltsman doimiysi

46-§. Boyl-Mariot qonuni

1. Boyl-Mariot qonuni
2. Izotermik jarayon va izoterma
3. Izotermik jarayonda bosimning zichlikka bog'liqligi

47-§. Gey-Lyussak qonuni

1. Gey-Lyussak qonuni
2. Izobarik jarayon va izobara
3. Termik koeffitsient bosim uchun

48-§. SHarl qonuni.

1. Sharl qonuni
2. Izoxorik jarayon va izoxora
3. Termik koeffitsient, hajm uchun

49-§. Ideal gaz holat tenglamasi

1. Mendeleyev-Klapeyron tenglamasi
2. Universal gaz doimiysi
3. Universal gaz doimiysi birligini XBS dagi asosiy birliklar orqali ifodalang.
4. Ideal gaz holat tenglamasi
5. Gazning asosiy parametrlari
6. Normal sharoitda bosim va temperatura
7. Avagadro qonuni
8. Ideal gaz holat tenglamasidan zichlik qanday topiladi?

9. Ideal gaz holat tenglamasidan modda miqdori qanday topiladi?
10. Bir xil bosim va temperaturada quruq havoning zichligi kattami yoki nam havonikimi?

50-§. Jismlarning ichki energiyasi

1. Termodinamik sistema nima?
2. Termodinamik jarayon nima?
3. Molekulalarning erkinlik darajasi nima?
4. Bir atomli gazlarning erkinlik darajasi
5. Ikki atomli gazlarning erkinlik darajasi
6. Uch atomli gazlarning erkinlik darajasi
7. Ichki energiya va birligi
8. Ichki energiya o'zgarishi

51-§. Issiqlik miqdori

1. Quyoshdan Yerga qanday yo'l bilan energiya uzatiladi?
2. Konveksiya nima?
3. Issiqlik o'tkazuvchanlik nima?
4. Issiqlik uzatish yoki almashinish
5. Issiqlik miqdori
6. Solishtirma issiqlik sig'imi va birligi
7. Solishtirma issiqlik sig'imi birligini XBS dagi asosiy birliklar orqali ifodalang.
8. Kalorometrning vazifasi

52-§. Yoqilg'ining yonish issiqligi

1. Yoqilg'i vositasida ishlovchi dvigatelning FIKi qanday topiladi?
2. Yoqilg'ining yonishi natijasida ajralib chiqqan issiqlik miqdori
3. Yoqilg'ining solishtirma yonish issiqligi nima?
4. Yoqilg'ining solishtirma yonish issiqligi birligini XBS dagi asosiy birliklar orqali ifodalang.

53-§. Issiqlik balansi tenglamasi

1. Issiqlik balansi tenglamasi nima?
2. Suyuqlik aralashmasining temperaturasi
3. Issiqlik balansi tenglamasi qaysi qonunga asoslangan?

54-§. Termodinamikada ish tushunchasi

1. Gaz hajmining o'zgarishida bajarilgan ish
2. Mendelieev-Klapeyron tenglamasi yordamida bajarilgan ish
3. Universal gaz doimiysining ta'rifi

55-§. Termodinamikaning birinchi qonuni

1. Yopiq sistema nima?
2. Termodinamikaning birinchi qonuni
3. Termodinamikaning birinchi qonuni qaysi qonunga asoslangan?
4. Birinchi tur abadiy dvigatel nima?

56-§. Izotermik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni

1. Izotermik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni

57-§. Izobarik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni.

1. Engil harakatlanadigan porshendagi ish va ichki energiya
2. Izobarik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni
3. Izobarik jarayonda sistemaga berilgan issiqlik miqdorining qancha qismi ichki energiyaning o'zgarishiga sarf bo'ladi?

58-§. Izoxorik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni

1. Izoxorik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni

59-§. Adiabatik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni

1. Adiabatik jarayon
2. Adiabatik jarayon uchun termodinamikaning birinchi qonuni
3. Puasson tenglamasi yoki adiabata tenglamasi
4. O'zgarmas hajmdagi solishtirma issiqlik sig'imi nima uchun o'zgarmas bosimdagi solishtirma issiqlik sig'imidan kichik?
5. Gaz adiabatik siqilganda temperaturasi qanday o'zgaradi?
6. Agar ideal gaz tez siqilsa uning temperaturasi nima sababdan ortadi?
7. Adiabatik jarayon qaysi idishlarda amalga oshiriladi kolbadami, kallorometr-dami?
8. Gaz $PV^2 = const$ tenglamaga muvofiq siqilmoqda uning temperaturasi qanday o'zgaradi?
9. Gaz $P\sqrt{V} = const$ tenglamaga muvofiq siqilmoqda uning temperaturasi qanday o'zgaradi?
10. Gaz $\frac{\sqrt{V}}{T} = const$ tenglamaga muvofiq siqilmoqda uning bosimi qanday o'zgaradi?
11. Gaz $P/\sqrt{V} = const$ tenglamaga muvofiq siqilmoqda uning temperaturasi qanday o'zgaradi?
12. Gaz $V/T^2 = const$ tenglamaga muvofiq sovitilmoqda uning bosimi qanday o'zgaradi?
13. Gaz $V/\sqrt{T} = const$ tenglamaga muvofiq isitilmoqda uning bosimi qanday o'zgaradi?
14. Gazning bosimi $\frac{\sqrt{P}}{T} = const$ tenglamaga muvofiq pasaymoqda. Bunda uning hajmi qanday o'zgaradi?

60-§. Issiqlik dvigatellari va ularning FIKi

1. Qaytar va qaytmas jarayonlar
2. Issiq jismdan sovuq jismga issiqlik uzatilishi bilan ro'y beradigan jarayon qanday jarayonga kiradi?
3. Issiqlik mashina yoki issiklik dvigateli
4. Issiqlik dvigatelining asosiy qismlari
5. Real issiqlik mashinasining foydali ish koeffitsienti
6. Ideal issiqlik mashinasining foydali ish koeffitsienti

7. Karno formulasi
8. Karno sikli grafigi qanday?
9. Real issiqlik mashinasining maksimal foydali ish koeffitsienti
10. Issiqlik mashinasining ishlash printsipi

61-§. Qaynash. Qaynash temperaturasining bosimga bog'liqligi

1. Qaynash
2. Qaynash temperaturasi va qaynash nuqtasi
3. Qaynashning sodir bo'lishiga sabab nima?
4. Qaynash bosim bilan qanday bog'langan?

62-§. Bug'lanish va qondentsatsiya

1. Bug' hosil bo'lish va bug'lanish
2. Kondensatsiya va sublimatsiya
3. Solishtirma bug'lanish issiqligi
4. Bug'lanish intensivligi (tezligi) nimaga bog'liq?
5. Uzun va tor bo'g'izli sferik kolbaga to'ldirib issiq suv qo'yilgan. Suv soviganda uning kolba tubiga bosimi qanday o'zgaradi?

63-§. To'yingan va to'yinmagan bug'lar.

1. To'yingan bug' nima?
2. To'yinmagan bug' nima?
3. Dinamik muvozanat nima?
4. To'yingan bug' Mendeleev-Klapeyron tenglamasiga bo'ysinadimi?
5. Kritik temperatura
6. Gazlarni qachon suyuqlikka aylantirish mumkin?
7. Silindrda porshen ostida o'z suyuqligi bilan muvozanatda turgan to'yingan bug'ni siqsak qanday hodisa ro'y beradi?
8. Moddaga tegishli bo'lgan kritik temperaturadan yuqori temperaturada u qanday agregat holatida bo'ladi?
9. O'zgarmas temperaturada to'yingan bug'ning bosimi hajmga qanday bog'liq?

64-§. Havoning namligi. Absolyut va nisbiy namlik

1. Namlik
2. Absolyut namlik va uning birligi
3. Nisbiy namlik va uning birligi
4. Shudring nuqtasi
5. Lambrext gigrometri va uning ishlash printsipi
6. Inson o'zini yaxshi xis etadigan nisbiy namlik
7. Psixrometr va uning ishlash printsipi
8. Psixrometrda quruq va nam termometrlar ko'rsatishlari farqi ortsa nisbiy namlik qanday o'zgaradi
9. Temperatura ortishi bilan havoning absolyut va nisbiy namligi qanday o'zgaradi?

65-§. Suyuqliklarda sirt taranglik

1. Sirt taranglik kuchi
2. Sirt taranglik koeffitsientining ikki ta'rifi va ikki birligi
3. Tomchilar soni qanday topiladi?

66-§. Xo'llash

1. Xo'llash
2. Xo'llamaslik
3. Xo'llash burchagi.

67-§. Kapillyar hodisalar.

1. Kapillyar hodisalar
2. Laplas formulasi
3. Qo'shimcha bosim qachon manfiy bo'ladi?
4. Kapillyarlarda suyuqlikning ko'tarilish balandligi
5. Kapillyarlik hodisasining qo'llanilish sohasi
6. Ikki paralell plastinkada suyuqlikning ko'tarilish balandligi

68-§. Kristall va amorf jismlar

1. Qattiq jismlarning qanday turlari mavjud?
2. Kristall jismlarning xususiyati
3. Polikristall jismlar
4. Amorf jismlar xususiyati
5. Kristallarning ikki turi
6. Qattiq holatdan suyuq holatga o'tishi jarayonida amorf jismning temperaturasi qanday o'zgaradi?
7. Suyuq holatdan qattiq holatga o'tishi jarayonida amorf jismning temperaturasi qanday o'zgaradi?

69-§. Qattiq jismlar erishi va qotishi.

1. Erish
2. Solishtirma erish issiqligi
3. Modda eriganda hajmi o'zgaradimi?
4. Erish temperaturasining bosimga bog'liqligi
5. Modda qattiq holatdan suyuq holatga o'tmoqda bunda uning ichki energiyasi va temperaturasi qanday o'zgaradi?
6. Modda suyuq holatdan qattiq holatga o'tmoqda bunda uning ichki energiyasi va temperaturasi qanday o'zgaradi?
7. Suv temperaturasi $0^{\circ}C$ dan $4^{\circ}C$ gacha isitilsa, uning hajmi va zichligi qanday o'zgaradi?
8. Suv muzlashi davomida energiya yutiladimi yoki ajraladimi?

70-§. Qattiq jismlarning mexanik xossalari va deformatsiyasi

1. Reaksiya kuchi nima?
2. Deformatsiya
3. Absolyut deformatsiya
4. Nisbiy deformatsiya
5. Elastik deformatsiya

6. Plastik deformatsiya
7. Siljish deformatsiyasi
8. Buralish deformatsiyasi
9. Mexanik kuchlanish
10. Yung moduli
11. Oquvchanlik chegarasi
12. Proportsionallik chegarasi
13. Elastik deformatsiyaning chegarasi
14. Namunaning uzilishi
15. Mo'rt jismlar
16. Elastiklik kuchi va uning yo'nalishi
17. Guk qonuni ta'rifi va formulasi
18. Guk qonunidagi «-» ishora ma'nosi
19. Bikrlik nima, ta'rifi va formulasi
20. Yung moduli orqali bikrlikni topish formulasi
21. Elastiklik kuchining absolyut uzayishga bog'liqlik grafigi
22. Elastiklik kuchining absolyut uzayishga bog'liqlik grafigidan bikrlik qanday topiladi?
23. Yung moduli birligini XBS dagi asosiy birliklar orqali ifodalang.
24. Bikrlik birligini XBS dagi asosiy birliklar orqali ifodalang.

71-§. Jismlarning issiqlikdan kengayishi

1. Qattiq jismlarning chiziqli kengayish koeffitsienti nima?
2. Suyuqliklarning hajmiy kengayish koeffitsienti nima?
3. Tirqishi bor metall halqa isitilmoqda, bunda tirqish kengligi qanday o'zgaradi?

6. Mexanik tebranish va to'lqinlarga doir savollar

72-§. Mexanik tebranishlar

1. Tebranish nima?
2. Tebranish davri nima?
3. Tebranish chastotasi nima?
4. Davr va chastota bog'liqligi?
5. Siklik chastota nima?
6. $1Hz$ ta'rifi?
7. Tebranish amplitudasi nima?
8. Siljish nima?
9. Garmonik tebranishlar nima?
10. Matematik mayatnik nima?
11. Prujinali mayatnik nima?
12. Bir davr ichidagi yo'l nima deyiladi?

73-§. Matematik mayatnik

1. Matematik mayatnik nima?
2. Matematik mayatnikda to'la tebranish nima?

3. Matematik mayatnik qanday kuch ta'sirida tebranadi?
4. Matematik mayatnik davri, chastotasi va siklik chastotasi formulalari. Ular nimalarga bog'liq?
5. Siljish nima?
6. Amplituda nima?
7. Mayatnik to'la energiyasi nimalarga bog'liq?
8. Vaznsizlik holatida mayatnik davri, chastotasi, siklik chastotasi, qanday bo'ladi?
9. Vaznsizlik nima?
10. Erkin tushish tezlanishi qanday topiladi?
11. l, m, A berilgan holatda tezlik amplituda qiymati, tezlanish amplituda qiymati, maksimal kinetik energiyalari qanday topiladi.
12. Matematik mayatnikda og'irlik kuchining tashkil etuvchilari?
13. Agar matematik mayatnik ekvatordan janubiy qutbga ko'chirilsa uning tebranish davri qanday o'zgaradi?
14. Agar matematik mayatnik Oydan Yerga ko'chirilsa uning tebranish davri qanday o'zgaradi?

74-§. Prujinali mayatnik

1. Siljish nima?
2. Amplituda nima?
3. Prujinali mayatnik nima?
4. Prujinali mayatnikda to'la tebranish nima?
5. Prujinali mayatnik qaysi kuch yordamida tebranadi?
6. Prujinali mayatnik davri va chastotasi qanday kattaliklarga bog'liq?
7. Prujinali mayatnik to'la energiyasi qanday topiladi?
8. Guk qonuni ta'rifi va formulasi?
9. Bikrlik nima?
10. Parallel va ketma-ket ulangan prujina bikrliklari qanday topiladi?
11. Yung moduli nima?
12. Bikrlik Yung moduliga qanday bog'liq?
13. Prujinali mayatnikda potensial va kinetik energiya qanday topiladi?
14. Prujinali mayatnik qachon W_k max ga ega bo'ladi?
15. Potensial energiya qachon eng katta qiymatni qabul qiladi?
16. Vazinsizlik holatida qumli soatdan foydalanib bo'ladimi?
17. Vaznsizlik holatida prujinali soatdan foydalanib bo'ladimi?
18. Vaznsizlik holatida mayatnikli soatdan foydalanib bo'ladimi?

75-§. Garmonik tebranishlar

1. Siljish nima?
2. Amplituda nima?
3. Garmonik tebranishlar nima?
4. Garmonik tebranish tenglamasini yozing?
5. Boshlang'ich faza nima?
6. Tebranish fazasi nima?

7. Gormonik tebranishlarda tezlik qanday topiladi, tezlikning amplituda qiymati nimaga teng?
8. Garmonik tebranishlarda tezlanish qanday topiladi, uning maksimal qiymati nimaga teng?
9. Tebranuvchi jismning xususiy xossasi nima?
10. Garmonik tebranishda nuqta tezligi qaysi qonun asosida o'zgaradi?
11. Matematik mayatnikda tezlanish o'zgarish qonunini $\left(a=-\frac{g}{l}\cdot x\right)$ keltirib chiqaring?
12. Nyutonning ikkinchi qonuni?
13. $a=\frac{k}{m}x=-\omega_0^2 x$ ni keltirib chiqaring va bu formulani tushuntiring?
14. Jismni tebranma harakatga keltiruvchi kuch moduli va yo'nalish qanday o'zgaradi?
15. Tebranayotgan jismning kinetik energiyasi qachon eng katta qiymatga erishadi?
16. Garmonik tebranishlarda to'la mexanik energiya qanday topiladi?
17. Jism garmonik tebraniyapti uning tezlanishi qanday o'zgaradi?
18. Jism garmonik tebraniyapti uning kinetik energiyasi qanday o'zgaradi?
19. Tebranayotgan jismning potensial energiyasi qanday vaziyatda eng katta bo'ladi?
20. Tebranayotgan jismning kinetik energiyasi qanday vaziyatda eng katta bo'ladi?

76-§. Erkin va majburiy tebranishlar

1. Erkin tebranishlar nima?
2. Erkin tebranishlar garmonik tebranish qonunlariga bo'ysunadimi?
3. Majburiy tebranish nima?
4. Rezonans nima?
5. Rezonans chiziqlari nima?
6. Rezonans ishqalanishga qanday bog'liq?
7. Rezonansni texnikada qo'llanishiga 4 ta misol keltiring
8. Chastota ortishi bilan oldin ortadi maksimumga etadi, keyin kamayadi" gap qaysi kattaliklarni bir-biri bilan bog'liqligi haqida?
9. Ichki va tashqi kuchlar nima?
10. Ideal tebranish sistemasi nima?
11. Jism qiya tekislikdan sirpanib tushayotganda tezlanish massaga qanday bog'liq?

77-§. To'lqinlar. Bo'ylama va ko'ndalang to'lqinlar

1. To'lqinlar nima?
2. Bo'ylama to'lqin nima?
3. Bo'ylama to'lqinlarga misollar keltiring?
4. Ko'ndalang to'lqin nima?
5. Ko'ndalang to'lqinga misollar keltiring?

6. Bir davr ichidagi yo'l nima deyiladi?
7. To'lqin uzunligi uning davriga qanday bog'liq?
8. To'lqin tezligini topish formulasi?
9. Bir-biridan har xil masofada tebranayotgan to'lqinlarning fazalar farqi qanday topiladi?
10. Qattiq jismlarda qanday mexanik to'lqinlar tarqaladi?
11. Ko'ndalang mexanik to'lqinlar qanday muhitlar ichida tarqala oladi?
12. Musiqa asboblari torlarida hosil bo'ladigan to'lqinlar bo'ylamami yoki ko'ndalang?
13. Suv sirtidagi to'lqinlar bo'ylamami yoki ko'ndalang?

78-§. Tovush to'lqinlari

1. Tovush to'lqinlariga misol keltiring?
2. Akustika fizikaning qanday bo'limi?
3. Tovush to'lqinlari chastotasi qanday oraliqda?
4. Tovush nimadan paydo bo'ladi?
5. Gazlardan qanday to'lqinlar tarqaladi?
6. Havodagi tovush to'lqinlari qanday to'lqin?
7. Tovush to'lqinlarining tezligi qanday moddalarda eng katta?
8. Tovush intensivligi yoki tovush kuchi nima?
9. Tovush bosimi nima?
10. Tovush bosimi o'rta hisobda necha Pa?
11. Tovush qattiqligi nimaga bog'liq?
12. Aks sado nima?
13. Tovush lokatsiyasi nima?
14. Tovush tembri nima?
15. Dopler effekti nima?
16. Radiolokatordan ob'ektgacha masofa qanday aniqlanadi?
17. Tovush bir muhitdan ikkinchisiga o'tganda qaysi kattalik o'zgarmaydi?
18. Tovush balandligi nimaga bog'liq?
19. Vakuumda tovush yuzaga keladimi?
20. Tovushni yuzaga keltirib uni sezishni qanday shartlari mavjud?
21. Gazlarda tovush tezligi temperaturaga qanday bog'liq, suyuqliklardachi?
22. G'ovak jismlarda tovush qanday tarqaladi?
23. Musiqiy ton nima?
24. Tovushning asosiy toni nima?
25. Oberton nima?
26. Shovqin nima?
27. Tovush energiyasi amplituda va chastotaga qanday bog'liq?
28. Tovush balandligi nima?
29. Tovush intensivligi birligi nima?
30. Inson qulog'i seza oladigan intensivlik qancha?
31. Intensivlik masofaga qanday bog'liq?
32. Ultratovush to'lqinlari diapazoni qanday?

33. Infratovush to'lqinlari diapazoni qanday?
34. Suyuqliklardagi ultratovush to'lqinlari bo'ylamami yoki ko'ndalang?
35. Gazlardagi ultratovush to'lqinlari bo'ylamami yoki ko'ndalang?
36. Erdan 100 000 km uzoqlikdagi su'niy yo'ldosh portladi. Uning ovozi Erga eshtiladimi.
37. Marsda portlash sodir bo'ldi. Uning ovozi Erga eshtiladimi.

7. Elektrostatikaga doir savollar

79-§. Elektr zaryadi. Zaryadning saqlanish qonuni

1. Elektrostatika nimani o'rganadi?
2. Junga ishqalangan qaxrabo tayoqchasi qanday zaryadlanadi?
3. Junga ishqalangan shisha tayoqchasi qanday zaryadlanadi?
4. Shisha tayoqchani shoyiga ishqalaganda, shoyi qanday zaryadlanadi?
5. Elektromagnit o'zaro ta'sir nima?
6. Bir xil ishorali zaryadlar bir-biriga qanday ta'sir qiladi?
7. Atom qanday zarralardan tashkil topgan?
8. Atom yadrosi tarkibi
9. Elektron zaryadi nimaga teng?
10. Proton zaryadi nimaga teng?
11. Neytron zaryadi nimaga teng?
12. Proton massasi nimaga teng?
13. Elektron massasi nimaga teng?
14. Neytron massasi nimaga teng?
15. Zaryadni karraliylik qonuni?
16. Yopiq sistema nima?
17. Zaryadni saqlanish qonuni?
18. Ebonit tayoqchasi musbat zaryadlandi. Bunda uning massasi qanday o'zgargan?
19. Shisha tayoqcha manfiy zaryadlandi. Bunda uning massasi qanday o'zgargan?

80-§. Kulon qonuni. Zaryad sirt zichligi

1. Kulon qonuni
2. Kulon qonunidagi koeffitsient qiymati va birligi
3. Elektr doimiysi nimaga teng?
4. Bir kulon ta'rifi
5. Elektrostatik maydon nima?
6. Elektromagnit maydon nima?
7. Zaryad sirt zichligi ta'rifi, formulasi va birligi
8. Zaryad sirt zichligi birligini XBS dagi asosiy birliklar orqali ifodalang.
9. Elektr doimiysi birligini XBS dagi asosiy birliklar orqali ifodalang.
10. Kulon qonunidagi koeffitsient birligini XBS dagi asosiy birliklar orqali ifodalang.

81-§. Elektr maydon va uning kuchlanganligi

1. Elektr maydon kuchlanganligi
2. Nuqtaviy zaryad elektr maydon kuchlanganligi
3. Kuchlanganlik chiziqlari
4. Musbat nuqtaviy zaryadning kuchlanganlik chiziqlari
5. Manfiy nuqtaviy zaryadning kuchlanganlik chiziqlari
6. Kuchlanganlik chiziqlari kesishadimi?
7. Maydon kuchlanganligi birligi
8. Maydon superpozitsiya printsipi
9. Maydon kuchlanganliklari qanday qo'shiladi?
10. Ikkita bir xil ishorali nuqtaviy zaryadlar orasidagi maydon kuchlanganligi nolga teng bo'lgan nuqta
11. Elektr maydon kuchlanganligi birligini XBS dagi asosiy birliklar orqali ifodalang.

82-§. Cheksiz tekislikning elektr maydoni

1. Zaryadlangan parallel plastinka orasidagi kuchlanganlik chiziqlari
2. Cheksiz tekislikning elektr maydon kuchlanganligi
3. Tekisliklar orasidagi elektr maydon kuchlanganligi
4. Bir jinsli maydon nima?
5. Vertikal yo'nalishdagi elektr maydonida zaryadning harakat tenglamasi

83-§. Shar va sferaning elektr maydoni

1. Zaryadlangan shar sirtidagi elektr maydon kuchlanganligi
2. Zaryadlangan shar ichidagi elektr maydon kuchlanganligi
3. Zaryadlangan shardan H masofa uzoqlikdagi maydon kuchlanganligi
4. Musbat zaryad maydoniga musbat zaryad kiritsak maydon qanday o'zgaradi?

84-§. Elektr maydonda o'tkazgichlar

1. Bir jinsli elektr maydoniga kiritilgan o'tkazgichning ichida elektr maydon kuchlanganligi qanday topiladi?
2. Elektr zaryadlari o'tkazgich bo'ylab qanday taqsimlanadi?
3. Elektrostatik induktsiya hodisasi nima?
4. Oval shaklidagi bir butun metall jismga zaryad berilagan. Bu zaryad qaerda va qanday taqsimlanadi?
5. Kub shaklidagi bir butun metall jismga zaryad berilagan. Bu zaryad qaerda va qanday taqsimlanadi?
6. Shar shaklidagi bir butun metall jismga zaryad berilagan. Bu zaryad qaerda va qanday teqsimlanadi?
7. Silindr shaklidagi bir butun metall jismga zaryad berilgan. Bu zaryad qaerda va qanday taqsimlanadi?

85-§. Elektr maydonda dielektriklar

1. Dielektrik nima?
2. Dielektrik singdiruvchanlik nima?
3. Qutblanish nima?
4. Qutbli dielektrik nima?

5. Qutbsiz dielektrik nima?
6. Elektr dipoli nima?
7. Dipol momenti nima?
8. Debay qanday kattalik birligi?
9. Polietilen qanday dielektrik turiga kiradi?
10. Osh tuzi qanday dielektrik turiga kiradi?
11. Distillangan suv qanday dielektrik turiga kiradi?

86-§. Potensial va potensiallar ayirmasi

1. Elektr maydonida nuqtaviy zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish
2. Elektrostatik maydonda zaryadni yopiq kontur bo'ylab ko'chirishda bajarilgan ish qanday topiladi?
3. Konservativ kuch nima?
4. Ikki nuqtaviy zaryad potensial energiyasi
5. Potensial energiya va ish orasidagi bog'liqlik
6. Potensial
7. Potensiallar ayirmasi
8. Potensial va potensiallar ayirmasining birligi
9. Potensial qanday kattalik?
10. Qaysi kattalik elektr maydonni energiya tomonidan xarakterlaydi?
11. Nuqtaviy zaryad potensiali
12. Ikkita har xil ishorali nuqtaviy zaryadlar orasidagi maydon potensiali nolga teng bo'lgan nuqta
13. Potensiallar qanday qo'shiladi?
14. Maydon superpozitsiya printsipi natijasi
15. Potensiallar ayirmasi birligini XBS dagi asosiy birliklar orqali ifodalang.

87-§. Sharning potensiali

1. Zaryadlangan shar ichidagi potensial
2. Zaryadlangan shar sirtidagi potensial
3. Zaryadlangan shar tashqarisidagi potensial
4. Qaysi shart bajarilganda sharlardan zaryad bir-biriga o'tadi?
5. Zaryadlangan sharlar tutashtirilganda biridan ikkinchisiga o'tgan zaryad miqdori qanday topiladi?
6. Ikki zaryadlangan sharlar bir-biriga tekkizilgandagi qaror topgan potensial qanday topiladi?
7. Bir xil potensialga ega bo'lgan bir nechta shar qo'shilishidan hosil bo'lgan katta sharni potensiali qanday topiladi?

88-§. Potensiallar ayirmasi va kuchlanganlik

1. Potensiallar ayirmasi va maydon kuchlanganligi orasidagi bog'liqlik
2. Ekvipotensial sirt nima?
3. Ekvipotensial sirt bo'ylab zaryadni ko'chirishda bajarilgan ish qanday topiladi?
4. Kuchlanganlik chiziqlari ekvipotensial sirt bilan qanday burchak tashkil qiladi?

5. Nuqtaviy zaryadning ekvipotensial sirti
6. Zaryadlangan tekislikning ekvipotensial sirti

89-§. O'tkazgichning elektr sig'imi

1. Elektr sig'imi va uning birligi
2. Yakkalangan o'tkazgich
3. Shar elektr sig'imi
4. Elektr sig'imi birligini XBS dagi asosiy birliklar orqali ifodalang.

90-§. Kondensatorning elektr sig'imi

1. Kondensator
2. Yassi kondensator elektr sig'imi
3. Silindrik kondensator elektr sig'imi
4. Sferik kondensator elektr sig'imi
5. Yassi kondensator qoplamalari orasidagi potensiallar farqi
6. Yassi kondensator qoplamalari orasidagi elektr maydon kuchlanganligi
7. Yassi kondensatorning plastinkalariga doimiy kuchlanish berilganda shu plastinkalar orasidan uchib o'tayotgan elektron qanday traektoriya chizadi?

91-§. Kondensatorlarni ketma-ket va parallel ulash

1. Kondensatorlarni parallel ulash umumiy sxemasi
2. Kondensatorlar parallel ulanganda umumiy sig'im
3. Kondensatorlar parallel ulanganda umumiy kuchlanish
4. Kondensatorlar parallel ulanganda umumiy zaryad
5. Kondensatorlarni ketma-ket ulash umumiy sxemasi
6. Kondensatorlar ketma-ket ulanganda umumiy sig'im
7. Kondensatorlar ketma-ket ulanganda umumiy kuchlanish
8. Kondensatorlar ketma-ket ulanganda umumiy zaryad
9. Ikki zaryadlangan kondensator bir-biri bilan tutashtirilganda umumiy kuchlanish qanday topiladi?
10. Kondensatorlarni teskari qutblari bilan ulaganda natijaviy zaryad qanday o'zgaradi?
11. Sig'imlari va kuchlanishlari berilgan kondensatorlar, teskari qutblari bilan ulansa natijaviy kuchlanish qanday topiladi?

92-§. Kondensatorni elektr maydon energiyasi

1. Kondensatorning asosiy xossalari
2. Kondensator elektr maydon energiyasi
3. Kondensator elektr maydon energiya zichligi
4. Kondensatorning elektr maydoni uning qaerida joylashadi?
5. Sig'imlari va kuchlanishlari berilgan kondensatorlar teskari qutblari bilan ulansa umumiy energiyasining o'zgarishi qanday topiladi?
6. Sig'imlari va kuchlanishlari berilgan kondensatorlar to'g'ri qutblari bilan ulansa umumiy energiyasining o'zgarishi qanday topiladi?
7. Sig'imlari va zaryadlari berilgan kondensatorlar teskari qutblari bilan ulansa umumiy energiyasining o'zgarishi qanday topiladi?

8. O'zgarmas elektr tokiga doir savollar

93-§. O'zgarmas elektr toki. Tok kuchi va tok zichligi

1. Elektrodinamika
2. O'zgarmas tok nima?
3. Tok kuchi
4. Tok zichligi
5. Elektr toki ta'sirlari
6. Elektr tokini mavjud bo'lish shartlari
7. Tok kuchi qanday kattalik?
8. Tok zichligi qanday kattalik?
9. Zaryad kontsentratsiyasi berilgan holda tok kuchini topish formulasi
10. Zaryad kontsentratsiyasi berilgan holda tok zichligini topish formulasi
11. Metall o'tkazgich ko'ndalang kesim yuzidan o'tgan elektronlar sonini topish formulasi?
12. Metallarda zaryadning tartibli harakat tezligini topish formulasi

94-§. Zanjirning bir qismi uchun Om qonuni

1. Tok kuchining kuchlanishga bog'liqlik grafigidan qarshilik qanday topiladi?
2. Zanjirning bir qismi uchun Om qonuni
3. Elektr qarshilik birligini XBS dagi asosiy birliklar orqali ifodalang.

95-§. Qarshilik

1. Bir Om ta'rifi
2. O'ta-o'tkazuvchanlik hodisasi
3. Qarshilik termometrlari
4. Elektr qarshilik nima sababdan vujudga keladi?
5. Elektr qarshilik qaysi kattaliklarga bog'liq?
6. Solishtirma qarshilik nima?
7. Reostat nima?
8. Rezistor nima?
9. $1\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$ necha $\Omega \cdot m$ ga teng?
10. Solishtirma qarshilik birligini XBS dagi asosiy birliklar orqali ifodalang.

96-§. O'tkazgichlarni ketma-ket va parallel ulash

1. O'tkazgichlarni ketma-ket ulash sxemasi
2. O'tkazgichlar ketma-ket ulanganda umumiy tok kuchi nimaga teng?
3. O'tkazgichlar ketma-ket ulanganda umumiy qarshilik nimaga teng?
4. O'tkazgichlar ketma-ket ulanganda umumiy kuchlanish nimaga teng?
5. O'tkazgichlar ketma-ket ulanganda umumiy zaryad nimaga teng?
6. O'tkazgichlarni parallel ulash sxemasi
7. O'tkazgichlar parallel ulanganda umumiy tok kuchi nimaga teng?
8. O'tkazgichlar parallel ulanganda umumiy qarshilik nimaga teng?
9. O'tkazgichlar parallel ulanganda umumiy kuchlanish nimaga teng?
10. O'tkazgichlar parallel ulanganda umumiy zaryad nimaga teng?
11. Simni cho'zib uzaytirsak qarshiligi qanday o'zgaradi?

97-§. Ampermetrga shunt va volt-metrga qo'shimcha qarshilik ulash.

1. Ampermetr zanjirga qanday ulanadi?
2. Voltmetr nima va zanjirga qanday ulanadi?
3. Ommetr nima va zanjirga qanday ulanadi?
4. Vattmetr nima va zanjirga qanday ulanadi?
5. Ampermetrga shunt nima maqsadda va qanday ulanadi?
6. Voltmetrga shunt nima maqsadda va qanday ulanadi?
7. Shunt nima?

98-§. Tokning ishi va quvvati. Joul-Lents qonuni

1. Joul-Lents qonuni
2. O'zgarmas tokning ishi (zanjirning bir qismi uchun) qanday topiladi?
3. O'zgarmas tokning quvvati (zanjirni bir qismi uchun) qanday topiladi?

99-§. O'tkazgichlar ketma-ket va parallel ulangandagi quvvat va ish

1. O'tkazgichlar ketma-ket ulanganda qaysi birida ko'p issiqlik ajraladi?
2. O'tkazgichlar parallel ulanganda qaysi birida ko'p issiqlik ajraladi?
3. Spirallar ketma-ket ulanganda suvni qaynash vaqtini topish formulasi (har bir spiralning suvni alohida qaynatish vaqti berilgan holda)
4. Spirallar parallel ulanganda suvni qaynash vaqtini topish formulasi (har bir spiralning suvni alohida qaynatish vaqti berilgan holda)
5. n ta bir xil cho'lg'am ketma-ket ulanganda suvning qaynash vaqti, ular parallel ulangandagisidan necha marta farq qiladi?
6. Ketma-ket ulangan iste'molchilarning umumiy quvvati qanday topiladi?
7. Parallel ulangan iste'molchilarning umumiy quvvati qanday topiladi?
8. Quvvatlari P_1 va P_2 bo'lgan lampalar manbaga ketma-ket ulanganda ularni alohida quvvatlari qanday topiladi?
9. Quvvatlari P_1 va P_2 bo'lgan lampalar manbaga parallel ulanganda ularni alohida quvvatlari qanday topiladi?

100-§. Butun zanjir uchun Om qonuni

1. Elektr yurituvchi kuch nima?
2. Berk zanjir uchun Om qonuni?
3. Qisqa tutashuv nima?

101-§. Tok manbalarini ketma-ket va parallel ulash.

1. Manbalarni ketma-ket ulash sxemasi
2. Manbalarni parallel ulash sxemasi
3. Elementlar ketma-ket ulanganda berk zanjir uchun Om qonuni
4. Elementlar parallel ulanganda berk zanjir uchun Om qonuni
5. Akkumulyatorni zaryadlashdagi kuchlanish
6. Akkumulyatorni razryadlashdagi kuchlanish
7. Tok manbaining FIKi qanday topiladi?
8. Kirxgof birinchi qoidasi
9. Kirxgof ikkinchi qoidasi
10. Tarmoqlanish tugunida uchrashuvchi toklarning algebraik yig'indisi qanday topiladi?

102-§. Butun zanjir uchun Joul-Lents qonuni

1. O'zgarmas tokning ishi (butun zanjir uchun) qanday topiladi?
2. O'zgarmas tokning quvvati (butun zanjir uchun) qanday topiladi?
3. Tok manbaining samarasiz quvvati qanday topiladi?
4. Tok manbaining foydali quvvati qanday topiladi?
5. Tok manbaining FIKini topish formulasini keltirib chiqaring.
6. Tok manbaining FIKi qarshiliklar orqali qanday topiladi?
7. Tok manbaining FIKi kuchlanish orqali qanday topiladi?
8. Qarshiliklari $R_1 \approx R_2 >> r$ bo'lgan ikki rezistor manbaga avval ketma-ket, so'ng parallel ulandi. Qaysi holda manbaning FIKi kattaroq bo'ladi?
9. Qarshiliklari $R_1 \approx R_2$, $r = 0$ bo'lgan ikki rezistor manbaga avval ketma-ket, so'ng parallel ulandi. Qaysi holda manbaning FIKi kattaroq bo'ladi?

9. Turli muhitlarda elektr tokiga doir savollar

103-§. Metallarning elektr o'tkazuvchanligi. O'tkazgich qarshiligining temperaturaga bog'liqligi

1. Metallarda asosiy tok tashuvchilar nima?
2. Metallarda qarshilikning temperaturaga bog'liqligi
3. O'ta-o'tkazuvchanlik nima?
4. Volt-amper xarakteristika nima?
5. Qarshilikning termik koeffitsienti nima?
6. Metallarda elektr tokining tarqalish tezligi nima bilan aniqlanadi?
7. Metallarda volt-amper xarakteristkasi qanday?

104-§. Elektrolitlarda elektr toki

1. Elektroliz nima?
2. Reykombinatsiya nima?
3. Elektrolitlar nima?
4. Dissotsiatsiya nima?
5. Dissotsiatsiyalanish darajasi nima?
6. Dissotsiatsiyalanish darajasining eng katta qiymati nimaga teng?
7. Elektrolitlarda dissotsiatsiya darajasi temperatura ortishi bilan qanday o'zgaradi?
8. Faradeyning 1-qonuni
9. Elektroximiyaviy ekvivalent nima?
10. Faradeyning 2-qonuni?
11. Faradey doimiysi
12. Faradeyning birlashgan qonuni
13. Elektrolitlarda ionlar qanday vujudga keladi?
14. Qanday o'tkazgichlar ionli o'tkazuvchanlikka ega?
15. Elektrolitlarda elektr toki qanday hosil qilinadi?
16. Temperatura ortishi bilan elektrolitning o'tkazuvchanligi qanday o'zgaradi?
17. Elektroliz hodisasining texnikada qo'llanilishi.

18. Elektrolitlarda kuchlanishni o'zgartirmasdan vanna elektrodlari orasidagi masofa o'zgarsa tok kuchi qanday o'zgaradi?
19. Elektrolit orqali tok o'tganda ko'chishi mumkin bo'lgan eng kichik zaryad qiymati nimaga teng?
20. Anion nima?
21. Kation nima?
22. Ion nima?
23. Qanday moddalarda qarshilikning termik koeffitsienti musbat bo'ladi?
24. Qanday moddalarda qarshilikning termik koeffitsienti manfiy bo'ladi?
25. Elektrolitdan o'tayotgan umumiy tok qanday topiladi?
26. Ximiyaviy ekvivalent nima?
27. Elektroximiyaviy ekvivalent birligini XBS dagi asosiy birliklar orqali ifodalang.
28. Sulfat kislotasi eritilgan suvda elektr tokining qanday ta'siri mavjud bo'ladi?
29. Elektrolitlarning volt-amper xarakteristkasi qanday?
30. Elektrolitlar uchun Om qonuni o'rinlimi?

105-§. Gazlarda elektr toki

1. Gaz razryadi nima?
2. Gazlarda asosiy tok tashuvchilar nima?
3. Mustaqil razryad nima?
4. Nomustaqil razryad nima?
5. Toj razryad nima?
6. Uchqunli razryad nima?
7. Yoy razryad nima?
8. Yolqin razryad nima?
9. Plazma nima?
10. Qanday o'tkazgichlar ionli va elektronli o'tkazuvchanlikka ega?
11. Elektr yoyi yongan daqiqada elektrodlar orasidagi kuchlanish qanday o'zgaradi?
12. Elektr yoyi hosil qilgan elektrodlar orasidagi gaz bosimi oshirilsa harorat qanday o'zgaradi?
13. Gazlarda qarshilikning temperaturaga bog'liqligi
14. Gazlarning volt-amper xarakteristkasi qanday?
15. Gazlarda elektr tokining o'tishi Om qonuniga bo'ysinadimi?
16. Gaz razryadida anod kuchlanishi kamaytirilsa uning o'tkazuvchanligi qanday o'zgaradi?

106-§. Vakuumda elektr toki

1. Termoelektron emissiya nima?
2. Diod nima?
3. To'yinish toki nima?
4. Vakuumda asosiy tok tashuvchilar nima?
5. Triod nima ?

6. Elektron nur trubka nima?
7. Chiqish ishini topish formulasida ($A = e \cdot \Delta\varphi$) $\Delta\varphi$ – nima?
8. Qanday shart bajarilganda elektron metallni tark etadi?
9. Vakuumli diod uchun Om qonuni bajariladimi?
10. Vakuumda tok kuchi temperaturaga qanday bog'liq?
11. Triodda to'r qaerga qo'yiladi?
12. Qanday shart bajarilganda triod diod vazifasini bajaradi?
13. Trioddan o'tadigan tok to'r potensialiga qanday bog'liq?
14. Triodda yopish kuchlanish deb nimaga aytiladi?
15. Qanday muhitlarda elektr tokining issiqlik ta'siri kuzatilmaydi?
16. Katod nurlari nima?
17. Anod potensiali ta'sirida elektron olgan tezlanish qanday topiladi?
18. Diodning volt-amper xarakteristkasi qanday?
19. Volframli, molibdenli va oksidli uch katod bir xil temperaturagacha qizdirilgan. Qaysi katod eng ko'p elektron chiqaradi?

107-§. Yarim o'tkazgichlarda elektr toki

1. Yarim o'tkazgichlarda asosiy tok tashuvchilar nima?
2. Yarim o'tkazgichlar nima?
3. Donor aralashmali yarim o'tkazgichlar nima?
4. Aktseptor aralashmali yarim o'tkazgichlar nima?
5. Tranzistorning vazifasi nima?
6. Tranzistorning asosiy qismlari
7. Yarim o'tkazgichlarda qarshilikning temperaturaga bog'liqligi
8. Temperatura ortishi bilan yarim o'tkazgichning solishtirma qarshiligi qanday o'zgaradi?
9. O'ta-o'tkazuvchanlik hodisasini birinchi bo'lib kim aniqlagan?
10. Davriy jadvalning uchinchi guruh elementlari qanday o'tkazuvchanlik beradi?
11. Davriy jadvalning beshinchi guruh elementlari qanday o'tkazuvchanlik beradi?
12. Fotorezistor nima?
13. Fotoelement nima?
14. Termistorlar nima?
15. Kovaklar qanday zaryadga ega?
16. Yarim o'tkazgichlar kristalmi yoki amorfmi?
17. Bolometr yordamida qaysi kattalik o'lchanadi?
18. Yarim o'tkazgichlarda elektron va kovak uchrashganda energiya ajraladimi yoki yutiladimi?
19. Teng miqdorda teshikli va elektronli o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan yarim o'tkazgichlar mavjudmi?
20. Qo'shilmasiz, yaxshi tozalangan yarim o'tkazgichlardagi elektr toki qaysi zarralar hisobiga hosil bo'ladi?

21. O'ta toza kremniyga aktseptor qo'shilma (million kremniy atomiga bitta qo'shilma atomi hisobida) kiritilsa, yarim o'tkazgichning o'tkazuvchanligi qanday o'zgaradi?

10. Elektromagnit hodisalarga doir savollar

108-§. Magnit maydon. Toklarning magnit maydoni

1. Doimiy magnit nima?
2. Magnit qutblari nima?
3. Yerning magnit maydoni qanday yo'nalgan?
4. Kompas nima?
5. Har xil magnit qutblari bir-biriga qanday ta'sir ko'rsatadi?
6. Qanday magnit qutblari bir-biridan qochadi?
7. Elektr toki atrofida qanday maydon mavjud?
8. Magnit maydon mavjudligini kim birinchi bo'lib aniqlagan?
9. Qachon parallel toklar bir-biridan qochadi va qachon bir-biriga tortiladi?
10. Amper tajribasini tushuntiring
11. Sinov konturi nima?
12. Parma qoidasi nima?
13. Magnit momenti nima?
14. Magnit maydon induktsiyasi nima?
15. Tokli ramkaga ta'sir etuvchi kuch momenti qanday topiladi
16. $M = BIS \cdot \sin\alpha$ formuladagi α burchak nima?
17. Induktsiya chiziqlari nima?
18. Induktsiya chiziqlari yopiqmi yoki ochiqmi?
19. Magnit maydon kuchlanganligi nima?
20. Magnit maydon kuchlanganligi birligi va formulasi
21. Magnit maydon kuchlanganligi va induktsiya orasida qanday bog'liqlik mavjud?
22. Tabiatda magnit zaryadlari mavjudmi?
23. Konturning magnit momenti nimani ko'rsatadi?
24. Konturning magnit momentining yo'nalishi qanday aniqlanadi?
25. Harakatsiz zaryad atrofida magnit maydon hosil bo'ladimi?
26. Magnit induktsiya chiziqlari magnit ichida qanday yo'nalishga ega?
27. Magnit induktsiya chiziqlari magnit tashqarisida qanday yo'nalishga ega?
28. Quyosh shamoli nima?
29. Qutb yog'dusi qanday vujudga keladi?
30. Magnitosfera deb nimaga aytiladi?
31. Parallel toklarning o'zaro ta'sir kuchi formulasi
32. Parallel toklarning o'zaro ta'sir kuchi nimalarga bog'liq
33. Magnit doimiysi nima?
34. Nisbiy magnit singdiruvchanlik nima?
35. 1 Amper ta'rifi
36. Ersted tajribada nimani aniqlagan?

37. Magnit doimiysi birligini XBS dagi asosiy birliklar orqali ifodalang.
38. Magnit maydon induktsiya birligini XBS dagi asosiy birliklar orqali ifodalang.
39. Magnit maydon kuchlanganligi birligini XBS dagi asosiy birliklar orqali ifodalang.
40. Magnit maydonning elektr maydoni bilan bog'liqligini tajribada birinchi bo'lib kim aniqlagan?
41. Gorizontal o'q atrofida erkin aylana oladigan magnit strelka deyarli tik turib qoldi, bunda uning shimoliy uchi tepada joylashdi. Strelka Yerning qaysi joyida joylashgan?
42. Kompasning magnit strelkasining o'qi magnit meridianiga tik ravishda gorizontal o'rnatildi. Bunda strelka aniq gorizontal vaziyatni oldi. Kompas qaerda joylashgan?

109-§. Magnit maydonda tokli o'tkazgichga ta'sir etuvchi kuch

1. Amper kuchi nima?
2. Amper qonuni ta'rifi
3. Amper kuchi formulasi
4. Amper kuchi yo'nalishi
5. Chap qo'l qoidasi
6. Agar o'tkazgich magnit induktsiya chiziqlari bo'ylab joylashgan bo'lsa, ta'sir kuchi nimaga teng bo'ladi?

110-§. Bio-Savar-Laplas qonuni

1. Bio-Savar-Laplas qonuni
2. Bio-Savar-Laplas qonunida induktsiya yo'nalishi qanday aniqlanadi?
3. Ikkita bir xil kuchli (tok kuchlari bir xil), o'zaro parallel va sirtdan tik chiquvchi (bizga yo'nalgan) to'g'ri chiziqli toklarning o'rtasidagi nuqtada hosil bo'lgan magnit maydon induktsiyasi qanday yo'nalgan?
4. Ikkita bir xil kuchli (tok kuchlari bir xil), o'zaro parallel va sirtga tik kiruvchi (bizdan yo'nalgan) to'g'ri chiziqli toklarning o'rtasidagi nuqtada hosil bo'lgan magnit maydon induktsiyasi qanday yo'nalgan?
5. Ikkita bir xil kuchli (tok kuchlari bir xil), o'zaro parallel, bizdan chap tomondagisi sirtga tik kiruvchi (bizdan yo'nalgan) va bizdan o'ng tomondagisi sirtdan tik chiquvchi (bizga yo'nalgan) to'g'ri chiziqli toklarning o'rtasidagi nuqtada hosil bo'lgan magnit maydon induktsiyasi qanday yo'nalgan?
6. Ikkita bir xil kuchli (tok kuchlari bir xil), o'zaro parallel, bizdan chap tomondagisi sirtdan tik chiquvchi (bizga yo'nalgan) va bizdan o'ng tomondagisi sirtga tik kiruvchi (bizdan yo'nalgan) to'g'ri chiziqli toklarning o'rtasidagi nuqtada hosil bo'lgan magnit maydon induktsiyasi qanday yo'nalgan?
7. Cheksiz to'g'ri tokning magnit maydon induktsiyasi
8. Aylanma tokning magnit maydon induktsiyasi
9. Tokli selenoid o'zagidagi magnit maydon induktsiyasi
10. Tokli toroid magnit maydon induktsiyasi

11. Magnit maydon uchun superpozitsiya printsipi
12. Ikkita tokli to'g'ri va juda uzun o'tkazgichlar o'zaro tik joylashgan. Ular qanday ta'sirlashadi?

111-§. Lorens kuchi

1. Lorens kuchi ta'rifi
2. Lorens qonuni
3. Lorens kuchi yo'nalishi qanday aniqlanadi?
4. Lorens kuchi bajargan ishi qanday topiladi?
5. Lorens kuchi ta'sirida zarra qanday harakat qiladi?
6. Lorens kuchi ta'sirida harakatlanayotgan zaryadli zarra traektoriya radiusi formulasi
7. Lorens kuchi ta'sirida harakatlanayotgan zaryadli zarra aylanish davri qanday topiladi?
8. Lorens kuchi ta'sirida harakatlanayotgan zaryadli zarra harakat tezligi qanday topiladi?
9. Zaryadlangan zarra magnit maydonga o'tkir burchak ostida kirsa qanday traektoriya bo'ylab harakatlanadi?
10. Zaryadlangan zarra magnit maydonga to'g'ri burchak ostida kirsa qanday traektoriya bo'ylab harakatlanadi?
11. Zaryadlangan zarra magnit maydonga maydon yo'nalishida kirsa qanday traektoriya bo'ylab harakatlanadi?
12. Elektr tokini hosil qilgan va faqat harakatlanuvchi zaryadlarga ta'sir etuvchi maydon qanday nomlanadi?

112-§. Magnit oqimi

1. Magnit oqimi ta'rifi va birligi
2. Yopiq sirt orqali magnit oqimi nimaga teng?
3. Magnit oqimi vektor kattalikmi?
4. Bir jinsli magnit maydonda joylashgan ramkaning normali bilan induktsiya chiziqlari orasidagi burchak ortsa, magnit oqimi qanday o'zgaradi?

113-§. Muhitning magnit singdiruvchanligi

1. Nisbiy magnit sindiruvchanlik nima?
2. Diamagnitlar
3. Paramagnitlar
4. Ferromagnitlar
5. Diamagnetiklar xususiyati temperaturaga qanday bog'liq?
6. Paramagnetiklar xususiyati temperaturaga qanday bog'liq?
7. Magnit lentalari va disklariga axborot yozish nimaga asoslangan?
8. Magnit lentalari va disklari qanday tuzilgan?
9. Oltin va kumush magnit maydonni zaiflashtiradimi yoki kuchaytiradimi?
10. Alyuminiy va qalay magnit maydonni zaiflashtiradimi yoki kuchaytiradimi?
11. Kobalt va nikel magnit maydonni zaiflashtiradimi yoki kuchaytiradimi?
12. Kyuri temperaturasi nima?

13. Ferromagnit moddalar Kyuri temperaturasidan past temperaturada qanday moddaga aylanadi?
14. Ferromagnit moddalar Kyuri temperaturasidan yuqori temperaturada qanday moddaga aylanadi?
15. Temir uchun Kyuri nuqtasi nimaga teng?

114-§. Elektromagnit induktsiya qonuni

1. Induktsion tok nima?
2. Elektromagnit induktsiya hodisasi
3. Elektr o'lchov asboblarining ishlash prinsipi nimaga asoslangan?
4. Elektromagnit induktsiya qonuni
5. Induktsion EYUK
6. Uyurmaviy maydon
7. Fuko toki nima?
8. $\varepsilon_i = \upsilon Bl \sin\alpha$ formulani tushuntiring
9. $\varepsilon_i = \omega NBS \sin(\omega \cdot t)$ formulani tushuntiring
10. Tokli o'tkazgichni magnit maydonda ko'chirishda bajarilgan ish qanday topiladi?

115-§. Lens qoidasi. O'zinduktsiya hodisasi

1. Lens qoidasi
2. Magnitning janubiy qutbi berk konturga yaqinlashtirilsa berk kontur qanday harakatlanadi?
3. Magnitning janubiy qutbi berk konturdan uzoqlashtirilsa berk kontur qanday harakatlanadi?
4. Magnitning shimoliy qutbi berk konturga yaqinlashtirilsa berk kontur qanday harakatlanadi?
5. Magnitning shimoliy qutbi berk konturdan uzoqlashtirilsa berk kontur qanday harakatlanadi?
6. O'zinduktsiya hodisasi
7. O'zaro induktsiya hodisasi
8. O'zinduktsiya EYUK qanday topiladi?
9. Lens qoidasi qanday saqlanish qonuni bilan bog'liq?

116-§. Induktivlik. G'altaklarni ketma-ket va parallel ulash

1. Induktivlik
2. Bir genri ta'rifi
3. Solenoid induktivligi qanday parametrlarga bog'liq?
4. L_1 va L_2 induktiv g'altaklari ketma-ket ulansa, umumiy induktivlik nimaga teng?
5. L_1 va L_2 induktiv g'altaklari parallel ulansa, umumiy induktivlik nimaga teng?
6. $\Delta I / \Delta t$ – qanday kattalik?
7. Magnit oqimining o'zgarish tezligi berilgan holda g'altakning o'ramlar sonini topish formulasi.

8. Induktivlik tok kuchiga qanday bog'liq?
9. Induktivlik birligini XBS dagi asosiy birliklar orqali ifodalang.

117-§. Magnit maydon energiyasi

1. Magnit maydon energiyasini topish formulalari
2. Magnit maydon energiya zichligi nima va qanday topiladi?

11. Elektromagnit tebranish va to'lqinlarga doir savollar

118-§. Tebranish konturida tebranish davri, chastotasi va siklik chastota

1. Elektromagnit tebranishlar nima?
2. Tebranish konturi nima?
3. Tebranish konturi vazifasi?
4. Tomson formulasi?
5. Tebranish konturida kondensator sig'imi ortsa chastota qanday o'zgaradi?
6. Siklik chastota nima?

119-§. Tebranish konturida energiyaning saqlanish qonuni

1. Elektromagnit tebranishlarda qanday energiyalar bir-biriga aylanadi?
2. Elektromagnit tebranishlar uchun energiyaning saqlanish qonuni?
3. Tebranish konturida kondensator maksimal zaryadi qanday topiladi?
4. Tebranish konturida g'altakdagi maksimal tok qanday topiladi?
5. Tebranish konturida kondensatordagi maksimal kuchlanish qanday topiladi?
6. Aktiv qarshiligi bo'lgan tebranish konturida qanday tebranishlar vujudga keladi?
7. Tebranish konturining aktiv qarshiligi ortsa uning xususiy tebranishlari qanday o'zgaradi?
8. Tebranish konturining aktiv qarshiligi kamaysa uning xususiy tebranishlari qanday o'zgaradi?

120-§. O'zgaruvchan elektr toki

1. O'zgaruvchan tok nima?
2. O'zgaruvchan tok fazasi qanday topiladi?
3. Tokninig effektiv yoki ta'sir etuvchi qiymati
4. Kuchlanishning effektiv yoki ta'sir etuvchi qiymati
5. Induksion generatori nima?
6. Generator qanday qismlardan tashkil topgan?
7. Rotor nima?
8. O'zbekistonda qanday chastotali o'zgaruvchan tokdan foydalaniladi?
9. Generator rotorining aylanish chastotasi o'zgaruvchan tok chastotasiga bog'liqmi?

121-§. Aktiv qarshilik

1. Aktiv qarshilik
2. Aktiv qarshilikda o'zgaruvchan tok quvvati
3. Aktiv qarshilikda tok kuchi va kuchlanish orasidagi fazalar farqi nimaga teng?
4. Aktiv qarshilikda o'zgaruvchan tokning bajargan ishi qanday topiladi?

5. Aktiv qarshilikda ajralgan issiqlik miqdori qanday topiladi?
6. Aktiv nagruzka nima?
6. Aktiv qarshilikning chastotaga bog'liqlik grafigini chizing.

122-§. Induktiv qarshilik

1. Induktiv qarshilik
2. Induktiv qarshilikda o'zgaruvchan tok quvvati
3. Induktiv qarshilikda tok kuchi va kuchlanish orasidagi fazalar farqi nimaga teng?
4. Induktiv qarshilikda o'zgaruvchan tokning bajargan ishi qanday topiladi?
5. Induktiv qarshilikda ajralgan issiqlik miqdori qanday topiladi?
6. Induktiv qarshilikning chastotaga bog'liqlik grafigini chizing.
7. Induktiv qarshilikning davrga bog'liqlik grafigini chizing.

123-§. Sig'im qarshilik

1. Sig'im qarshilik
2. Sig'im qarshilikda o'zgaruvchan tok quvvati
3. Sig'im qarshilikda tok kuchi va kuchlanish orasidagi fazalar farqi nimaga teng?
4. Sig'im qarshilikda o'zgaruvchan tokning bajargan ishi qanday topiladi?
5. Sig'im qarshilikda ajralgan issiqlik miqdori qanday topiladi?
6. Sig'im qarshilikning chastotaga bog'liqlik grafigini chizing.
7. Sig'im qarshilikning davrga bog'liqlik grafigini chizing.

124-§. O'zgaruvchan tokda umumiy qarshilik

1. O'zgaruvchan tokda to'la qarshilik qanday topiladi?
2. Quvvat koeffitsienti qarshiliklar berilgan holda qanday topiladi?
3. Quvvat koeffitsienti nima?
4. Induktiv g'altagi, kondensator va aktiv qarshilik o'zgaruvchan tok zanjiriga ketma-ket ulangan. Rezonans yuz berishi uchun qanday shart bajarilishi kerak?
5. Induktiv g'altagi, kondensator va aktiv qarshilik o'zgaruvchan tok zanjiriga ketma-ket ulangan. Rezonans yuz berganda bu zanjirdagi tok va kuchlanish orasidagi fazalar farqi qanday bo'ladi?

125-§. Quvvat koeffitsienti

1. O'zgaruvchan tokda to'la qarshilik qanday topiladi?
2. Quvvat koeffitsienti qarshiliklar berilgan holda qanday topiladi?
3. Quvvat koeffitsienti nima?
4. O'zgaruvchan tok zanjirida to'la quvvat nimaga teng?
5. O'zgaruvchan tok generatori nima?
6. Elektrodvigatellar nima?
7. Kondensator o'zgarmas tokka qanday qarshilik ko'rsatadi?
8. Induktiv g'altak o'zgarmas tokka qanday qarshilik ko'rsatadi?
9. Induktiv g'altak va kondensatorning quvvat koeffitsientiga ta'siri qanday?

126-§. Transformatorlar

1. Transformator nima?
2. Transformator vazifasi?

3. Transformatsiya koeffitsienti nima?
4. Pasaytiruvchi transformatorlar nima?
5. Kuchaytiruvchi transformatorlar nima?
6. Transformatorning ishlash printsipi qaysi hodisaga asoslangan?
7. Transformatorning FIKi qanday topiladi?
8. Transformator o'zgaruvchan tok chastotasini qanday o'zgartiradi?
9. Transformatorda birlamchi va ikkilamchi g'altaklar nima?
10. Transformator g'altaklari simi ko'ndalang kesimining uning FIK iga ta'siri qanday?
11. O'zgaruvchan tokda kuchlanish nima maqsadda transformator yordamida oshiriladi?
12. Transformatorning ikkinchi cho'lg'amidan o'tayotgan tok oshishi bilan birinchi cho'lg'amga ketma-ket ulangan ampermetr ko'rsatkichi qanday o'zgaradi?
13. Pasaytiruvchi transformatorda qaysi cho'lg'amdagi simning kesimi katta bo'lishi kerak?
14. Kuchaytiruvchi transformatorda qaysi cho'lg'amdagi simning kesimi katta bo'lishi kerak?
15. Nima uchun transformator ishlaganda g'ing'illagan tovush chiqadi?

127-§. Elektromagnit to'lqinlar

1. Elektromagnit to'lqin nima?
2. Zaryad qanday harakatlanganda elektromagnit to'lqin nurlantiradi?
3. Elektromagnit to'lqin tezligi vakuumda nimaga teng?
4. $n=\sqrt{\varepsilon\mu}$ nima va elektromagnit to'lqin tezligiga ta'siri?
5. Elektromagnit to'lqin qanday to'lqin?
6. Elektromagnit to'lqin bir muhitdan boshqa muhitga o'tganda qaysi parametri o'zgarmaydi?
7. To'lqin fronti nima?
8. Ikki to'lqinni yo'llar farqi qanday topiladi?
9. To'lqin uzunligi nima?
10. To'lqin uzunligi qanday topiladi?
11. Elektromagnit to'lqin uzunligi kondensator sig'imi va g'altak induktivligiga qanday bog'liq?
12. Radiouzatgich nima va qanday qismlardan tashkil topgan?
13. Radiopriyomnik nima va qanday qismlardan tashkil topgan?
14. Detektor va modulyator qanday vazifalarni bajaradi?
15. Elektromagnit to'lqinlarning tarqalish yo'nalishi qanday aniqlanadi?
16. Elektromagnit to'lqinlar oqimi yo'liga alyuminiy, mis, shisha va plsatmassa plastinalar joylashtirilgan. Ularning qaysi birlari orqali elektromagnit to'lqinlar o'tadi?
17. Radiouzatkachda qanday jarayonlar yuz beradi?
18. Radiopriyomnikda qanday jarayonlar yuz beradi?

19. Ultraqisqa to'lqinli uzatgich antenasi vertikal joylashgan. Nurlanayotgan elektromagnit to'lqinlarning intensivligi qaysi yo'nalishda eng kichik bo'ladi?

12. Geometrik optikaga doir savollar

128-§. Yorug'likning to'g'ri chiziq bo'ylab tarqalishi

1. Yorug'lik nuri nima?
2. Inson ko'ra oladigan yorug'liq nuri diapazoni.
3. Yorug'likning vakuumdagi tezligi.
4. Yorug'likning tarqalish tezligi muhitga bog'liqmi?
5. Bir jinsli muhit nima?
6. Qaysi yo'nalishda energiya ko'chadi?
7. Shaffof bo'lmagan buyum orqasida soyaning hosil bo'lishini qaysi qonun orqali tushuntiriladi?
8. Yorug'lik tezligini aniqlashning Fizo usulida nurning dastlabki ko'rinmay qolgan holati uchun yorug'lik tezligini topish formulasi qanday?
9. Yorug'lik tezligini aniqlashning Fizo usulida nurning dastlabki ko'ringan holati uchun yorug'lik tezligini topish formulasi qanday?

129-§. Yorug'lik xarakteristkalari. Fotometriya elementlari

1. Fotometriya nima?
2. Yorug'lik oqimi nima?
3. Yorug'lik oqimining birligi nima?
4. Yorug'lik kuchi birligi nima?
5. Ravshanlik birligi nima?
6. Steradian nima?
7. Sfera uchun fazoviy burchak nimaga teng?
8. Yorug'lik kuchi nima?
9. Yoritilganlik nima?
10. Yorqinlik nima?
11. Ravshanlik nima?
12. Yoritilganlikning ikkinchi qonuni
13. Yoritilganlikning ikkala qonunini birlashtirishdan qanday xulosa kelib chiqadi?
14. Ravshanlik birligini XBS dagi asosiy birliklar orqali ifodalang.
15. Yoritilganlik birligini XBS dagi asosiy birliklar orqali ifodalang.
16. Nuqtaviy manba elektromagnit nurlanishning oqim zichligi nima?
17. Nuqtaviy manba elektromagnit nurlanishning oqim zichligi manbadan bo'lgan masofaga qanday bog'liq?
18. Elektromagnit nurlanish oqim zichligi elektromagnit energiya zichligi bilan qanday bog'langan?

130-§. Yorug'likning qaytish qonuni

1. Yorug'likning qaytishi nima?
2. Ko'zgusimon sirt nima?
3. Ko'zgu nima?

4. Tekis qaytish nima?
5. Tarqoq qaytish nima?
6. Biz nima uchun buyumlarni ko'ramiz?
7. Yorug'likning tushish burchagi nima?
8. Yorug'likning qaytish burchagi nima?
9. Yorug'likning qaytish qonuni.
10. Qaysi qonunga binoan ko'zguda tasvir hosil bo'ladi?
11. Haqiqiy tasvir nima?
12. Mavhum tasvir nima?
13. Yassi ko'zguda qanday tasvir hosil bo'ladi?
14. Agar yassi ko'zgu α burchakka burilsa ko'zgudan qaytgan nur necha gradusga buriladi?
15. Agar bola yassi ko'zguga ϑ tezlik bilan yaqinlashsa, uning tasviri qanday tezlik bilan bolaga yaqinlashadi?
16. Agar bola yassi ko'zguga l masofa yaqinlashsa, uning tasviri qancha yaqinlashadi?
17. Yassi ko'zguda tasvir ko'zgudan m masofada bo'lsa buyum bilan tasvir orasidagi masofa qancha bo'ladi?

131-§. Yorug'likning sinish qonuni

1. Yorug'likning sinishi nima?
2. Yorug'likning sinishiga sabab nima?
3. Tushuvchi nur nima?
4. Singan nur nima?
5. Sinish burchagi nima?
6. Yorug'likning sinish qonuni?
7. Nisbiy sindirish ko'rsatkichi nima?
8. Absolyut sindirish ko'rsatkichi nima?
9. Vakuum uchun absolyut sindirish ko'rsatkichi nimaga teng?
10. Yorug'likning muhitdagi tezligi qanday topiladi?
11. Yorug'likning vakuumdagi to'lqin uzunligi qanday topiladi?
12. Yorug'likning muhitdagi to'lqin uzunligi qanday topiladi?
13. Yorug'lik sinish qonunining tezlikka bog'liqlik formulasi
14. Optik zichlik sindirish ko'rsatkichiga qanday bog'liq?
15. Qachon tushish burchagi sinish burchagidan katta bo'ladi?
16. Tushish burchagi kattalashsa sinish burchagi qanday o'zgaradi?

132-§. Yorug'likning to'la ichki qaytishi

1. To'la ichki qaytish nima?
2. To'la ichki qaytish hodisasi qachon sodir bo'ladi?
3. To'la ichki qaytishning chegaraviy burchagi qanday topiladi?
4. To'la ichki qaytish hodisasidan foydalanish sohasi?

133-§. Nurlarning prizmadagi yo'li

1. Uchburchakli prizmaning sindiruvchi qirralari nima?
2. Uchburchakli prizmaning sindiruvchi burchagi nima?

3. Uchburchakli prizmada og'ish burchagi nima?
4. Qanday sababga ko'ra prizmadan o'tgan yorug'lik nurining yo'nalishi o'zgaradi?
5. Prizmadan o'tishda yorug'lik nurining dastlabki yo'nalishga nisbatan og'ishi qanday kattaliklarga bog'liq?

134-§. Linzalar va ularning optik kuchi

1. Yupqa linzalar nima?
2. Linzaning optik kuchi?
3. Linzaning optik kuchi va fokus masofasi orasidagi bog'liqlik.
4. Linzaning optik kuchi birligi ta'rifi?
5. Sindirish ko'rsatkichi orqali linzaning optik kuchi va fokus masofasini topish formulalari.
6. Fokus masofa bilan nur sindirish qobiliyati orasida qanday bog'lanish mavjud?
7. Linzaning egrilik radiuslari berilgan holda optik kuchini topish formulasi?
8. Agar linzani suvga tushirilsa, uning fokus masofasi qanday o'zgaradi?

135-§. Linzalarda tasvir yasash

1. Yordamchi optik o'qlar nima?
2. Linzaning optik markazi?
3. Linzaning bosh fokusi nima?
4. Linzaning fokus mosofasi nima?
5. Fokal tekislik nima?
6. Mavhum va manfiy fokus masofa nima?
7. Linzaning simvolik sxemasi?
8. Linzada tasvir yasashda tanlanadigan nurlar?
9. Qaysi nur linzadan o'tgach, o'z yo'nalishini o'zgartirmaydi?
10. Linzaga tushguncha uning fokusidan o'tadigan nur linzadan o'tgach, qanday yo'nalishda ketadi?
11. Yig'uvchi linzada qanday tasvir hosil bo'ladi?
12. Sochuvchi linzada qanday tasvir hosil bo'ladi?
13. Yig'uvchi linzada mavhum tasvir hosil qilish mumkinmi?
14. Qanday tasvir haqiqiy tasvir hisoblanadi?
15. Sochuvchi linzalarda teskari tasvir hosil bo'ladimi?
16. Ikki yoqlama botiq shisha linzada qanday qilib haqiqiy tasvir yasash mumkin?

136-§. Linza formulasi

1. Sochuvchi va yig'uvchi linza formulalari?
2. Linza formulasi nimani ifodalaydi?
3. Qachon d va F manfiy bo'ladi?
4. Linzaning kattalashtirishi nima?
5. Sochuvchi linzaning kattalashtirishi qanday topiladi?
6. Yig'uvchi linzaning kattalashtirishi qanday topiladi?
7. Sochuvchi linzada haqiqiy tasvir hosil bo'ladimi?

8. Linza formulasida qanday kattaliklar qatnashgan?
9. Linza kattalashtirishining birligi
10. Qachon tasvir nuqtasimon bo'lib linza fokusda joylashadi? (Linza formulasi orqali tushuntiring)
11. Qachon tasvir fokus va ikkilangan fokus orasida bo'ladi? (Linza formulasi orqali tushuntiring)
12. Qachon buyum kattalik jihatidan tasvirga teng bo'ladi? (Linza formulasi orqali tushuntiring)
13. Qachon tasvir ikkilangan fokusdan uzoqda joylashadi? (Linza formulasi orqali tushuntiring)
14. Yig'uvchi linzada qachon tasvir mavhum bo'ladi? (Linza formulasi orqali tushuntiring)
15. Yig'uvchi linzada $d=\infty$ qanday tasvir hosil bo'ladi? (Linza formulasi orqali tushuntiring)
16. $d>2F$ da tasvir qanaqa va qaerda joylashadi? (Linza formulasi orqali tushuntiring)
17. Buyum yig'uvchi linzadan $2F$ masofada joylashsa tasvir qaerda va qanday bo'ladi? (Linza formulasi orqali tushuntiring)
18. Buyum fokus va ikkilangan fokus masofasida joylashsa tasvir qanday bo'ladi? (Linza formulasi orqali tushuntiring)
19. Buyum linza bilan fokus orasida joylashsa tasvir qanaqa va qaerda joylashadi? (Linza formulasi orqali tushuntiring)
20. Sochuvchi (tarqatuvchi) linzalarda tasvir qachon kattalashgan bo'ladi? (Linza formulasi orqali tushuntiring)
21. Sochuvchi linzada tasvir qachon $0<f<F$ da joylashadi? (Linza formulasi orqali tushuntiring)

137-§. Optik asboblar

1. Proektsion apparat va fotoapparat qanday asboblar turiga kiradi?
2. Mikroskop va teleskoplar qanday asboblar turiga kiradi?
3. Qanday shart bajarilganda proektsion apparatda kattalashgan teskari haqiqiy tasvir hosil bo'ladi?
4. Proektsion apparatda qanday tasvir hosil bo'ladi?
5. Reflektor nima?
6. Fotoapparat nima?
7. Fotoapparatda buyum qaerda joylashadi?
8. Fotoapparatda qanday tasvir hosil bo'ladi?
9. Lupa nima?
10. Lupaning fokus masofasi qanday oraliqda yotadi?
11. Sog'lom ko'z uchun eng yaxshi ko'rish masofasi qancha?
12. $tg\alpha=\frac{l}{d_0}$ ni tushuntiring?
13. Lupa qo'yilganda ko'rish burchagi kattalashadimi yoki kichrayadimi?
14. Lupaning kattalashtirishi nimaga teng?

15. Eng yaxshi ko'rish masofasi nima?
16. Qanday odamlar yaqindan ko'ruvchi odamlar deyiladi?
17. Qanday odamlarga sochuvchi linzali ko'zoynaklar taqish tavsiya etiladi?
18. Uzoqdan ko'ruvchi odamlar qanday linza taqishi kerak?
19. Ko'zoynakning optik kuchini topish formulasi?
20. Buyumning tasviri ko'zning qaerida hosil bo'ladi?
21. Odam ko'zining to'r pardasida ko'rilayotgan buyumning qanday tasviri hosil bo'ladi?
22. Odam ko'zining gavhari qanday linzadan iborat?
23. Akkomodatsiya nima?
24. Ko'zning eng yaxshi ko'rish masofasi nima?
25. Yaqindan ko'rarlik nima?
26. Uzoqdan ko'rarlik nima?
27. Ko'rish burchagi nima?
28. Lupaning vazifasi?
29. Botiq sferik ko'zgu formulasi
30. Qavariq sferik ko'zgu formulasi
31. Sferik ko'zguning radiusi berilgan bo'lsa, uning optik kuchi qanday topiladi?

13. To'lqin optikasiga doir savollar

138-§. Yorug'likning to'lqin tabiati

1. Yorug'likning tarqalish tezligi muhitga bog'liqmi?
2. Bir jinsli muhit nima?
3. Nisbiy sindirish ko'rsatkichi nima?
4. Absolyut sindirish ko'rsatkichi nima?
5. Vakuum uchun absolyut sindirish ko'rsatkichi nimaga teng?
6. Yorug'likning muhitdagi tezligi qanday topiladi?
7. Yorug'likning vakuumdagi to'lqin uzunligi qanday topiladi?
8. Yorug'likning muhitdagi to'lqin uzunligi qanday topiladi?
9. Nyuton nazariyasi bo'yicha yorug'lik nuri nima?
10. Gyugens nazariyasi bo'yicha yorug'lik nuri nima?
11. Yorug'lik nuri nima?
12. Elektromagnit to'lqinlarning tezligi qanday aniqlanadi?
13. $\varepsilon_0, \mu_0, \varepsilon, \mu$ lar nima ε_0 va μ_0 ni qiymatlarini yozing?
14. $\sqrt{\varepsilon\mu}$ - nima?
15. $\vartheta=\frac{c}{n}$ - nima?
16. Bir rangli to'lqin nima?
17. Elektromagnit to'lqin bir muhitdan ikkinchisiga o'tganda qaysi kattalik o'zgarmaydi?
18. Elektromagnit to'lqin bir muhitdan ikkinchi muhitga o'tganda uning to'lqin uzunligi o'zgaradimi?

139-§. Yorug'lik interferentsiyasi

1. Kogerent to'lqinlar nima?
2. Kogerent manbalar qanday usulda hosil qilinadi?
3. Yorug'lik intenferentsiyasining asosiy shartlari?
4. Yorug'lik intenferentsiyasi nima?
5. Yo'llar farqi nima?
6. Nima uchun bir-biriga bog'liq bo'lmagan ikkita yorug'lik manbaida yorug'lik interferentsiyasi kuzatilmaydi?
7. Ikkita elektr lampochkasi bilan yoritilayotgan stolning ustida interferentsion manzara hosil bo'ladimi?
8. Mikrointerferometr nima?
9. Interferentsion refraktometr nima?
10. Yorug'lik intensivligining maksimumlik sharti?
11. Yorug'lik intensivligining minimumlik sharti?

140-§. Yorug'lik dispersiyasi

1. Yorug'lik dispersiyasini birinchi bo'lib kim kuzatgan?
2. Shaffof prizmadan qanday rang o'tkazilganda, u sinib etti xil rangga ajraladi?
3. Shaffof prizmadan sinib o'tgandagi etti xil rangni sanang?
4. Shaffof prizmadan o'tganda katta to'lqin uzunlikdagi nurlar katta burchakka og'adimi?
5. Yorug'lik dispersiyasi nima?
6. Sindirish ko'rsatkichining to'lqin uzunligiga bog'liqlik grafigini chizing?
7. Sindirish ko'rsatkichining chastotaga bog'liqlik grafigini chizing
8. Binafsha nurining to'lqin uzunligi kattami yoki qizilnikimi?
9. Normal dispersiya nima?
10. Normal dispersiya hodisasi qanday to'lqinlarda kuzatiladi?
11. Anomal dispersiya nima?
12. Anomal dispersiyada chastota ortishi bilan sindirish ko'rsatkichi qanday o'zgaradi?
13. Kamalak qanday vujudga keladi?
14. Osmonda kamalakning hosil bo'lishi qaysi hodisaga asoslangan?
15. Nima uchun ko'k shisha orqali qizil qog'ozga qaralsa, u qora rangda ko'rinadi?
16. Zangori rangli buyum qorong'uda qizil yorug'lik bilan yoritilsa, u qanday rangda ko'rinadi?
17. Oq fondagi qizil yozuv zangori yorug'lik filtri orqali qaralganda qanday ko'rinadi?
18. Oq fondagi qizil yozuv sariq yorug'lik filtri orqali qaralganda qanday ko'rinadi?

141-§. Yorug'lik difraktsiyasi

1. Difraktsiya nima?
2. Difraktsiya qachon kuzatiladi?
3. Monoxromatik to'lqin nima?

4. Qachon ekranda xalqalar almashinib boruvchi yorug' va qorong'u aylanalar ko'rinishda bo'ladi?
5. Nomonoxromatik to'lqin nima?
6. Kamalak rangidagi difraktsion manzara qachon kuzatiladi?
7. Ikki va undan ortiq tirqishli asboblardan nima maqsadda foydalaniladi?
8. Difraktsion panjara nima?
9. Difraktsion panjara davri nima?
10. Difraktsion panjara doimiysi nima?
11. Difraktsiya burchagi nima?
12. Qachon qorong'u va yorug' yo'llar hosil bo'ladi?
13. $dSin\varphi = k\lambda$ formula nomini ayting?
14. Difraktsiya minimum sharti formulasini yozing?
15. Difraktsiya teoriyasini kim ilk bor ishlab chiqqan?
16. Ko'zga ko'rinuvchi yorug'lik difraktsiyalanish xossasiga egami?

142-§. Yorug'lik qutblanishi

1. Lampalar qanday nurlar chiqaradi?
2. Radioto'lqinlarni qanday manbalar hosil qiladi?
3. Tabiiy yorug'lik nima?
4. Tebranish tekisligi nima?
5. Qutblanish tekisligi nima?
6. Polyarizatorlar nima?
7. Qutblagichdan o'tgan yorug'lik intensivligi qanday o'zgaradi?
8. Yorug'likning qutblanishi nima?
9. Tabiiy yorug'lik manbaidan chiqayotgan nur qutblanganmi?
10. Malyus qonuni
11. Qaysi qurilma elektromagnit to'lqinlarning qutblanishini o'rganishda qo'llaniladi?
12. Qaysi eksperimental dalildan yorug'likning ko'ndalang to'lqin ekanligi kelib chiqadi?
13. Yorug'lik nuri bo'ylamami yoki ko'ndalang?
14. Yashil rangli yorug'lik nuri bo'ylamami yoki ko'ndalang?
15. Sariq rangli yorug'lik nuri bo'ylamami yoki ko'ndalang?
16. Radioto'lqinlar difraktsiyalanish xossasiga egami?
17. Radioto'lqinlar qutblanish xossasiga egami?
18. Radioto'lqinlar interferentsiyalanish xossasiga egami?
19. Tovush to'lqinlari difraktsiyalanish xossasiga egami?
20. Ultratovushlar qutblanish xossasiga egami?
21. Infratovushlar interferentsiyalanish xossasiga egami?

143-§. Infraqizil va ultrabinafsha nurlar

1. Infraqizil nurlar nima?
2. Ultrabinafsha nurlari nima?
3. Tungi fotografiyada qaysi nurlardan foydalaniladi?
4. Infraqizil nurlar tirik organizmga qanday ta'sir o'tkazadi?

5. Ultrabinafsha nurlarining qo'llanilish sohasi
6. Ultrabinafsha nurlari ko'ndalangmi yoki bo'ylama?
7. Infraqizil nurlari ko'ndalangmi yoki bo'ylama?
8. Ultrabinafsha nurlari difraktsiyalanish xossasiga egami?
9. Infraqizil nurlari difraktsiyalanish xossasiga egami?

144-§. Nurlanish va yutilish spektorlari. Spektrial analiz

1. Ko'zga ko'rinuvchi yorug'lik nurlarini chastotalari ortib borish tartibida yozing?
2. Muhitda qaysi rangdagi nurning tezligi katta?
3. Muhitning absolyut sindirish ko'rsatkichi qaysi rangdagi nur uchun kichik?
4. Spektrial apparatlar
5. Spektr nima?
6. Bolometr nima?
7. Nurlanish spektri nima?
8. Polosasimon spektr nima?
9. Chiziqli spektr nima?
10. Suyuqlik va qattiq jismlar qanday spektrga ega?
11. Molekulyar holdagi gazlar qanday spektrga ega?
12. Atomar holdagi gazlar qanday spektrga ega?
13. Yutilish spektri nima?
14. Spektral analiz nima?
15. Issiqlik nurlanishi nima?
16. Nurlanish qobiliyati nima?
17. Yutish qobiliyati nima?
18. Qanday jism uchun yutish qobiliyati birga teng?
19. Ideal ko'zguda yutish qobiliyati nimaga teng?
20. Absolyut qora jismning nurlanish qobiliyati nimaga teng?
21. Stefan-Boltsman doimiysi nimaga teng?
22. Gamma nurlar nima?
23. Gamma nurlar qanday hosil bo'ladi?
24. Elektromagnit to'lqinlar shkalasini to'lqin uzunligining kamayib borish tartibida yozing
25. Radioto'lqinlar uzunligi kattami yoki qizilnikimi?
26. Osh tuzi bug'ining yutilish spektri qanaqa?
27. Toza kremniy moddasining yutilish spektri qanaqa?
28. Argon gazining nurlanish spekteri qanday?
29. Geliy gazining nurlanish spektri qanday?
30. Natriy moddasi bug'ining nurlanish spektri qanday?

145-§. Rentgen nurlari

1. Rentgen nurlari nima?
2. Rentgen nurlari qachon paydo bo'ladi?
3. Elektromagnit maydon rentgen nurlariga qanday ta'sir qiladi?
4. Rentgen trubkasida elektron tezligi qanday topiladi?

5. Rentgen trubkasida anod kuchlanishini topish formulasi?
6. Rentgen nurlari ko'ndalangmi yoki bo'ylama?
7. Gamma nurlari ko'ndalangmi yoki bo'ylama?
8. Kristalldan qanday nurlar uchun difraksion panjara sifatida foydalanish mumkin?
9. Yorug'likning to'lqin nazariyasi asosida tushuntiriladigan hodisalarni ayting.
10. Rentgen nurlari difraktsiyalanish xossasiga egami?
11. Rentgen nurlari qutblanish xossasiga egami?
12. Rentgan nurlari interferentsiyalanish xossasiga egami?

14. Nisbiylik nazariyasiga doir savollar

146-§. Eynshteyn postulatlari va tezliklarni qo'shish

1. Maxsus nisbiylik nazariyasi nima?
2. Nisbiylik printsipi
3. Yorug'lik tezligining doimiylik printsipi
4. Nisbiylik nazariyasidagi tezliklarni qo'shishning realistik qonuni
5. Uzunlikning tezlikka bog'liqlik qonuni
6. Vaqtning tezlikka bog'liqlik qonuni
7. Hajmning tezlikka bog'liqlik qonuni
8. Uzunlikning tezlikka bog'liqlik qonuni grafigi
9. Vaqtning tezlikka bog'liqlik qonuni grafigi
10. Hajmning tezlikka bog'liqlik qonuni grafigi
11. Harakat yo'nalishlari bir xil bo'lganda nisbiy tezlik
12. Harakat yo'nalishlari qarama-qarshi bo'lganda nisbiy tezlik
13. "Yorug'lik yili" qanday kattalik?
14. Yorug'lik tezligiga yaqin tezlikda vaqtning o'tishi tezlashadimi yoki sekinlashadimi?
15. Yorug'lik tezligiga yaqin tezlikda harakatlanayotgan shar qo'zg'almas kuzatuvchi uchun qanday shaklga ega?
15. Yorug'lik tezligiga yaqin tezlikda harakatlanayotgan kosmik kemadagi shar undagi kuzatuvchi uchun qanday shaklga ega?
15. Yorug'lik tezligiga yaqin tezlikda harakatlanayotgan kub qo'zg'almas kuzatuvchi uchun qanday shaklga ega?

147-§. Massa va energiya

1. Massaning tezlikka bog'liqlik qonuni
2. Zichlikning tezlikka bog'liqlik qonuni
3. Impulsning tezlikka bog'liqlik qonuni
4. Massaning tezlikka bog'liqlik qonuni grafigi
5. Zichlikning tezlikka bog'liqlik qonuni grafigi
6. Impulsning tezlikka bog'liqlik qonuni grafigi
7. Tinchlikdagi energiya
8. Massa defekti
9. Energiya va massaning bog'liqlik qonuni

10. Nisbiylik nazariyasida kinetik energiya
11. Nisbiylik nazariyasida to'liq energiya
12. h balandlikka ko'tarilgan m massali jism massasining ortishi (Δm)
13. Jismga Q issiqlik miqdori berilganda jism massasining ortishi
14. Temperaturasi ΔT ga ortganda jism massasining ortishi
15. Deformatsiyalangan prujina massasining ortishi (Δm)

15. Yorug'lik kvantiga doir savollar

148-§. Fotoeffekt. Fotonlar

1. Fotoelektr effekt (fotoeffekt) nima?
2. Fototok nima?
3. Fotoelektronlar nima?
4. Fotoeffektning birinchi qonuni
5. Tashqi fotoeffekt nima?
6. Ichki fotoeffekt nima?
7. Foton nima?
8. Foton energiyasi qanday topiladi?
9. Foton massasi
10. Foton impulsi
11. Yutilish va nurlanish chastotalari qanday topiladi?
12. Elektron-volt nima?
13. Rentgen trubkasida nurlangan fotonlar soni?
14. Fotodiod nima?
15. Tashqi fotoeffekt nima?
16. Ichki fotoeffekt nima?

149-§. Fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasi

1. Tashqi fotoeffekt qonunlari
2. Fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasi
3. Fotoeffektning qizil chegarasi
4. Fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasi nimani bildiradi?
5. Foton yutishi bilan bog'liq bo'lgan kvant o'tishi natijasida vadorod atomidagi elektronning tezligi qanday o'zgaradi?
6. Foton chiqarishi bilan bog'liq bo'lgan kvant o'tishi natijasida vadorod atomidagi elektronning tezligi qanday o'zgaradi?

150-§. Yorug'lik bosimi

1. Yorug'lik bosimi qanday topiladi?
2. Yorug'likning qanday ta'sirlari mavjud?
3. Quyosh doimiysi nima?
4. To'la qaytaruvchi sirtga tik tushayotgan yorug'likning bosimi qanday topiladi?
4. To'la yutuvchi sirtga tik tushayotgan yorug'likning bosimi qanday topiladi?

151-§. Yorug'likning kimyoviy ta'siri

1. Fotokimyoviy reaksiyalar nima?
2. Fotosintez nima?
3. Lyuminessensiya nima?
4. Fluoressensiya nima?
5. Fototranzistor nima?
6. Fosforossensiya nima?
7. Yorug'likning kvant nazariyasi asosida tushuntiriladigan hodisalarni ayting.

16. Atom va yadro fizikasiga doir savollar

152-§. Rezerford tajribasi. Atomning planetar modeli

1. Alfa zarralar nima?
2. Alfa zarra zaryadi va massasi nimaga teng?
3. Alfa zarralar nima bilan ta'sirlashganda sochiladi?
4. Rezerford alfa zarralar bilan nimani bombardimon qilgan?
5. Alfa zarraning tezligi nimaga teng?
6. Atomning Tomson modeli
7. Atomning planetar modeli
8. Atomning planetar modeli kamchiligi nimada?
9. Atom nimalardan tashkil topgan?
10. Atom barqaror va uyg'otilmagan holatda qancha yashaydi?
11. Borning birinchi postulati
12. Borning ikkinchi postulati
13. Kvantlash qoidasi nima?
14. Balmer seriyasi nima?
15. Pashen seriyasi nima?
16. Layman seriyasi nima?
17. Mazer nima?
18. Lazerlar qanday yorug'lik dastasi hosil qiladi?
19. Borning chastotalar sharti nima?
20. Chastotalar haqidagi postulatga ko'ra qachon eng katta chastotali foton nurlanadi?
21. Chastotalar haqidagi postulatga ko'ra qachon eng kichik chastotali foton nurlanadi?
22. Chastotalar haqidagi postulatga ko'ra qachon eng katta chastotali foton yutiladi?
23. Chastotalar haqidagi postulatga ko'ra qachon eng kichik chastotali foton yutiladi?
24. Lazer nima?
25. Lazer qurilmasida qanday hodisa yuz beradi?
26. Metastabil holat nima?
27. Indutstirlangan nurlanish nima?
28. Bor nazariyasiga ko'ra atomlar qanday holatda energiya chiqaradi?

153-§. Atom va uning tarkibi

1. Atom yadrosi qanday zarralardan tashkil topgan?
2. Yadro kuchlari nima?
3. Yadro radiusi nima?
4. Yadro kuchlari elektromagnit tabiatga egami?
5. Yadro kuchlari nuklonlar zaryadiga bog'liqmi?
6. Yadro kuchlari qanday masofada ta'sirlashadi?
7. Yadro kuchlari nuklonlar orasidagi masofaga bog'liqmi?
8. Yadro kuchlari qanday xarakterga ega?
9. Yadro kuchlari qaysi zarralar orasida mavjud?
10. Yadro zaryadi nima?
11. Nuklonlar nima?
12. Massa soni nima?

154-§. Zaryadlangan zarralarni tajribada qayd qilish

1. Elementar zarralarni qayd qiluvchi asbob
2. Ionlashgan nurlanish detektorlari nima?
3. Tsintilyatsion sanagichlar nima?
4. Tsintilyator nima?
5. Geyger hisoblagichining ishlash printsipi nimaga asoslangan?
6. Geyger hisoblagichi nima?
7. Vilson kamerasi nima?
8. Vilson kamerasining ishlash printsipi nimaga asoslangan?
9. Trek nima?
10. Qaysi o'lchov qurilmasidan zaryadlangan zarra o'tganda qurilmada qisqa muddatli elektr toki hosil bo'ladi?
11. Yadro nurlanishini qayd qiluvchi asboblarning qaysi biridan tez harkatlanuvchi zaryadlangan zarra o'tganda gazda elektr tokining impulsi paydo bo'ladi?
12. Geyger hisoblagichlari o'zidan o'tgan elektronlarning qancha qismini aniqlaydi?
13. Geyger hisoblagichlari o'zidan o'tgan gamma nurlarning qancha qismini aniqlaydi?
14. Geyger hisoblagichlari o'zidan o'tgan alfa nurlarning qancha qismini aniqlaydi?
15. Vilson kamerasida betta nurlar qanday iz qoldiradi?
16. Vilson kamerasida alfa nurlar qanday iz qoldiradi?
17. Alfa nurlari birinchi marta qaysi qurilmada aniqlangan?

155-§. Radioaktiv aylanishlar

1. Radioaktivlik nima?
2. Mendeleev jadvalidagi qaysi moddalar radioaktiv?
3. Nurlanishning musbat komponentasi nima?
4. Nurlanishning manfiy komponentasi nima?
5. Nurlanishning neytral komponentasi nima?

6. Qaysi nurning kiruvchanlik qobiliyati katta?
7. Qaysi nurning kiruvchanlik qobiliyati kichik?
8. Beta nurlar nima?
9. Alfa zarraning zaryadi qanday aniqlangan?
10. Radioaktiv nurlanishda qanday zarralar hosil bo'ladi?
11. Siljish qoidasi nima?
12. Alfa emirilish nima?
13. Beta emirilish nima?
14. Gamma emirilish nima?
15. Radioaktiv oilalar
16. Radioaktiv nuqtai nazardan yadrolar necha xil bo'ladi?
17. Birlamchi yoki ona yadro nima?
18. Ikkilamchi yoki qiz yadro nima?
19. Tabiiy radioaktivlik nima?
20. Sun'iy radioaktivlik nima?
21. Tabiatda asosan necha xil radioaktivlik turi uchraydi?
22. Sponton bo'linish nima?
23. Proton emirilish nima?
24. α – emirilish qanday yadrolarda kuzatiladi?
25. β – emirilish necha xil bo'ladi?
26. β^+ – emirilish nima?
27. β^- – emirilish nima?
28. Elektron qamrash nima?
29. Elektron antineytrinosi nima?
30. Elektron neytrinosi nima?
31. β^+ – emirilish siljish qoidasi
32. β^- – emirilish siljish qoidasi
33. β^+ – emirilishi qachon kuzatiladi?
34. γ – nurlanish qanday sodir bo'ladi?
35. γ – nurlanishning intensivligi nima?
36. α, β, γ – nurlardan qaysi biriga magnit maydon ta'sir qilmaydi?

156-§. Radioaktiv emirilish qonuni

1. Yarim emirilish davri nima?
2. Radioaktiv moddaning o'rtacha yashash vaqti qanday topiladi?
3. Radioaktiv emirilish qonuni formulasi
4. Radioaktivlikda parchalangan atomlar soni qanday topiladi?
5. Radioaktivlikda qolgan atomlar soni qanday topiladi?
6. β – radioaktiv yadrolarning yarim emirilish davri qanday oraliqda o'zgaradi?
7. β – radioaktiv yadrolarning energiyasi qanday oraliqda o'zgaradi?

157-§. Izotoplar

1. Izotoplar nima?
2. Deytriy nima?
3. Tritiy nima?
4. Izobarlar nima?
5. Izotonlar nima?

158-§. Atom yadrosining bog'lanish energiyasi

1. Yadroning bog'lanish energiyasi nima?
2. Solishtirma bog'lanish energiyasi nima?
3. Yadroning solishtirma bog'lanish energiyasi qanday topiladi?
4. Aktivatsiya energiyasi nima?
5. Og'ir yadrolar bo'linganda energiya ajraladimi yoki yutiladimi?
6. Erkin proton va neytronlar birlashib, og'ir yadrolar hosil bo'lsa energiya ajraladimi yoki yutiladi?

159-§. Yadroviy va termoyadroviy reaksiyalar

1. Yadro reaksiyalari nima?
2. Nuklonlar sonining saqlanish qonuni
3. Yadro reaksiyalari uchun elektr zaryadining saqlanish qonuni.
4. Yadro reaksiyasining kanallari nima?
5. Kirish kanali nima (yadro reaksiyasi)?
6. Chiqish kanali nima (yadro reaksiyasi)?
7. Yadro reaksiyasi qaysi qonunlarga bo'ysunadi?
8. Og'ir yadrolarning bo'linishi nima?
9. Zanjir yadro reaksiyalari nima?
10. Yadro reaktori nima?
11. Yadro yoqilg'isi
12. Neytronlarni sekinlashtirgich
13. Yadro reaktorida issiqlikni tashuvchi modda
14. Yadro bo'linish reaksiyasini boshqaruvchi modda
15. Yadro reaktori nima?
16. Yadro reaktorida qanday reaksiya amalga oshadi?
17. Yadro reaktorida plutoniy nima maqsadda ishlatiladi?
18. Yadro reaktorida uran nima maqsadda ishlatiladi?
19. Yadro reaktorida grafit nima maqsadda ishlatiladi?
20. Yadro reaktorida bor nima maqsadda ishlatiladi?
21. Yadro reaktorida kadmiy nima maqsadda ishlatiladi?
22. Yadro reaktorida suv nima maqsadda ishlatiladi?
23. Yadro reaktorida og'ir suv nima maqsadda ishlatiladi?
24. Og'ir suv nima?
25. Atom bombasi nima?
26. Atom bombasi portlashida qanday reaksiya amalga oshadi?
27. Yadro reaktorida himoya vositasi
28. Termoyadro reaksiyasi

29. Sintez reaksiyalar nima?
30. Uran yadrosining bo'linishi
31. Berriliyni alfa zarralar bilan bombardimon qilganda qanday zarra hosil bo'ladi?
32. Ozod neytronni yashash vaqti nimaga teng?
33. Yadroning bo'linish reaksiyasi qanday zarra hisobiga amalga oshiriladi?
34. Neytronni kim kashf etgan?
35. Protonni kim kashf etgan?
36. Elektronni kim kashf etgan?
37. Pozitronni kim kashf etgan?
38. Neytrinoni kim kashf etgan?
39. Neytron bilan bombardimon qilingan uran yadrosi ikki bo'lakka bo'linishini amalda tajriba orqali kim aniqlagan?
40. Antizarralar nima?
41. Pozitron nima?
42. Protonning antizarrasini nomi?
43. Neytronning antizarrasini nomi nima?
44. Kvarklar nima?
45. Anigilyatsiya qanday jarayon?
46. Yadro reaksiyalari jarayonida energiya ajraladimi yoki yutiladimi?
47. Termoyadro reaksiyasi qanday temperaturada amalga oshiriladi?

160-§. Radioaktiv nurlanishning biologik ta'siri

1. Neytrino nima?
2. Ionlovchi nurlanishning yutilgan dozasi
3. Grey nimani birligi
4. Kerma nima?
5. Rentgen va gamma nurlanishning ekspozitsion dozasi
6. Nurlanishning ekvivalent dozasi
7. Zivert nimani birligi?
8. Bir rentgen nimaga teng?
9. Greyni XBS dagi asosiy birliklar orqali ifodalang.