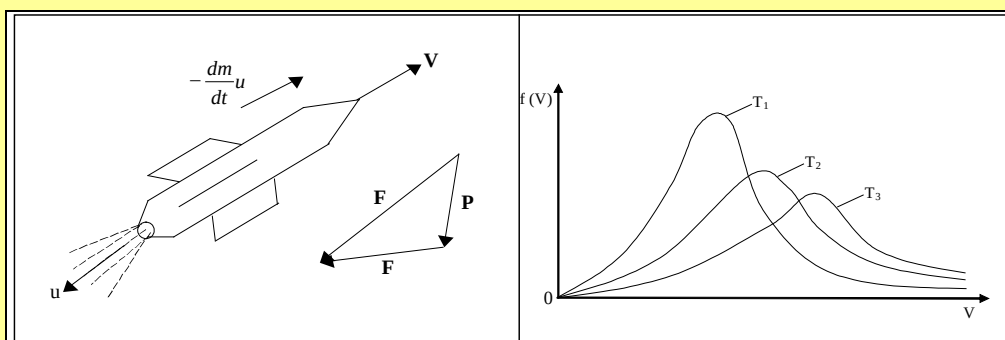


**МУХАММАД АЛ-ХОРАЗМИЙ НОМИДАГИ ТОШКЕНТ АХБОРОТ
ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ ФАРҒОНА ФИЛИАЛИ
“ТАБИИЙ ФАҢЛАР” КАФЕДРАСИ**

ФИЗИКА КУРСИ

**АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ УЧУН
УСЛУБИЙ ҚЎЛЛАМА**

1



Фарғона - 2017

**Мухаммад Ал-Хоразмий номидаги
Тошкент Ахборот Технологиялари Университети
Фарғона филиали**

“Табиий фанлар” кафедраси

ФИЗИКА КУРСИ

***АМАЛИЙ МАШҒУЛОТ УЧУН
УСЛУБИЙ ҚЎЛЛАНМА***

1

**Кафедра услубий
семинарида моҳокама
қилинган баён
№ 1 27.08.2017 йил**

**Филиал кенгаши
томонидан тасдиқланган
баён
№ 1 29.08.2017 йил**

Физика курсининг “Механика”, “Электростатика”, “Электромагнетизм” бўлимидан тузилган ушбу амалиётдан услубий қўланма 2 семестрлик ўқув дастурининг 1-семестрига мослаб тузилган. Ушбу қўланмада моддий нукталар кинематикаси, динамикаси, иш ва энергия, механикада сақланиш қонунлари, Кулон қонуни ва электростатик майдон, электр сиғими, конденсаторлар, потенциал майдон, ўзгармас ток қонунлари, магнит майдони ва бошқа мавзулар ёритилган.

Ушбу услубий қўланма Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазирлигининг ўқув услубий бошқармаси томонидан тасдиқланган “Профессионал олий таълим Давлат Стандарти” га биноан олий техника таълим йўналишлари бўйича бакалаврлар тайёрлаш учун ишлаб чиқилган физикадан 2 семестрлик ўқув дастурининг 1-семестрига мослаб тузилган.

Кафедра услубий семинарида муҳокама қилинган (1-баённома 2017 й.)

Тузувчилар:

доц. .К. Акбаров
доц . М. Мирзажонов
катта ўқ. П.И. Мавлонов
ассистент А.А. Қосимов
ассистент Ж. Розиков

Тақризчи:

ФДУ проф. С. Отажонов

1-МАШҒУЛОТ

ТАЛАБАЛАРНИ МАКТАБДА ОЛГАН БИЛИМЛАРИНИ АНИҚЛАШ УЧУН ТЕСТ СИНОВИНИ ЎТКАЗИШ

1. Бир – бирдан 100м масофадаги ҳар бирининг массаси 10000 т дан бўлган иккита кеманинг ўзаро тортиш кучи катталигининг тартиби қандай бўлади.

- A) 100 Н B) 1 Н C) 667 Н D) 0.667 Н E) 6.67 Н

2. Енгил автомобилнинг массаси 2 т, юк автомобилнинг массаси 8 т. Юк автомобилнинг тортиш кучи енгил автомообилниқига қараганда 2 марта катта бўлса, автомобилларнинг тезланишларини таққосланг.

- A) Юк автомобилнинг тезланиши 2 марта катта
B) Енгил автомобилнинг тезланиши 2 марта катта
C) Енгил автомобилнинг тезланиши 2 марта кичик
D) Юк автомобилнинг тезланиши 2 марта кичик
E) Тенг

3. Кислород $^{17}_8\text{O}$ изотопида нечта нуклон бор.

- A) 8 B) 17 C) 9 D) 25 E) берилганлар етарли эмас.

4. 90 ва 10 нКл зарядлар бир – бирдан 4 см масофада жойлашган. Учинчи заряд мувозанатда туриши учун уни қаерда жойлаштириш керак.

- A) Катта заряддан 3 см, кичигидан 1 см масофада
B) Кичик заряддан 1 см, каттасидан 3 см масофада
C) Катта заряддан 5 см, кичигидан 1 см масофада
D) Кичик заряддан 5 см, каттасидан 1 см масофада
E) Тўғри жавоб йўқ.

5. Чексиз узунликдаги пластинкада заряднинг сирт зичлиги $354 \frac{\text{нКл}}{\text{м}^2}$ бўлса, шу пластинкани майдон кучланганлигини топинг.

- A) $10 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$ B) $20 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$ C) $30 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$ D) $40 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$ E) $50 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$

6. Электр майдон таъсири остида электрон ҳаракатланиб ўз тезлигини 10 дан 30 $\text{М} \frac{\text{м}}{\text{с}}$ гача оширди. Кўчишнинг бошланғич ва охириги нукталари орасидаги потенциаллар фарқини топинг.

- A) 1.5 кВ B) 2.3 кВ C) 1.3 кВ D) 3.3кВ E) 1кВ

7. Суюқ диэлектрикда турган 4 нКл заряддан 3 см масофада майдоннинг кучланганлиги $20 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$ га тенг. Диэлектрикнинг диэлектрик сингдирувчанлиги нимага тенг.

- A) 1 B) 2 C) 3 D) 4 E) 5

8. Ҳар бири 2 нКл га тенг бўлган 2 та нуқтавий бир хил ишорали зарядлар бир – бирдан 1м масофада турибди. Зарядлар орасидаги ўртасидаги нуктада майдон кучланганлиги нимага тенг. ($\frac{\text{В}}{\text{м}}$)

- A) 36 B) 18 C) 4 D) 8 E) 0

9. Нормал шароитда кўлдаги қандай чуқурликда босим $5 \cdot 10^5 \text{ Па}$ бўлади. (м)

- A) 60 B) 50 C) 40 D) 30 E) 25

10. Учиб келаётган ракетадан ҳар секундда 20 кг газ $450 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ тезлик билан отилиб чиқаётган

бўлса, реактив куч нимага тенг(кН).

- A)4.5 B) 6.5 C)9 D)12 E)22.5

11. Сув хавзасида қандай чуқурликда босим нормал атмосфера босимидан 3 марта катта бўлади.

- A) 3 м B) 30м C) 20м D) 2км E) 40м

12. Фотон массаси тинч турган электрон массасига тенг бўлиши учун уни энергияси қанчага тенг бўлиши керак.(МэВ)

- A) 0.81 B) 0.51 C) 0.24 D) 0.61 E) 0.44

13. Агар икки мухит чегарасига тушаётган нурнинг тушиш бурчагини 10^0 га камайтирсак, тушаётган ва қайтаётган нурлар орасидаги бурчак қандай ўзгаради.

- A) 5^0 га камаяди B) 10^0 га камаяди C) 20^0 га камаяди D)ўзгармайди
E) Тўғри жавоб йўқ.

14. α – нурланиш нима?

- A) Электронлар оқими B) Протонлар оқими
C) Гелий атомининг ядроларини оқими D)Нейтронлар оқими
E) Тўғри жавоб йўқ

15. Кузатувчи сирена товушини 5с ўтгач эшитди. Агар сиренанинг частотаси 2 к Гц ва тўлқин узунлиги 15 см бўлса, у кузатувчидан қандай масофада бўлган.(м)

- A) 10000 B)3000 C)2000 D)1500 E)100

16. Уран ядроси ${}_{92}^{238}U$ кўрғошин ядроси ${}_{82}^{206}Pb$ га айланиши учун нечта α ва β емирилишлар юз бериши керак.

- A) 8 ва 6 B) 10 ва 8 C) 10 ва 10 D) 10 ва 9 E) 8 ва 6

17. Интерференциалланувчи икки тўлқиннинг йўллар фарқи $\frac{3\lambda}{4}$ бўлганда, тўлқинларнинг фазалар фарқи қандай бўлади.

- A) $\frac{\pi}{3}$ B) $\frac{2\pi}{3}$ C) $\frac{3\pi}{4}$ D) $\frac{4\pi}{3}$ E) $\frac{3\pi}{2}$

18. Электролиз усули билан қошиқни 0.01 мм қалинликда кумуш билан қоплаш учун қанча вақт керак? Максимал ток зичлиги $0,05 \frac{A}{cm^2}$. Кумуш зичлиги $10500 \frac{kg}{m^3}$,

$$\kappa = 1,12 \cdot 10^{-6} \frac{kg}{Kl}$$

- A) 1 мин B) 2 мин C) 3 мин D) 4мин E) 5 мин

19. Узунлиги 2 м бўлган алюминий симни чўзганимизда 35 МПа механик кучланиш ҳосил бўлган. Нисбий узайишини топинг. $E= 70$ ГПа

- A) 0,0005 B) 0,0002 C) 0,03 D) 0,00004 E) 0

20. Газ карно циклини бажаряпти. Иситкичнинг абсолют ҳарорати совуткичнинг ҳароратидан 4 марта катта. Совуткичга иссиқлик энергиясини қанча қисми берилади.

- A) $\frac{1}{4}$ B) $\frac{3}{4}$ C) $\frac{1}{2}$ D) $\frac{1}{8}$ E) $\frac{1}{16}$

21. Иситкичнинг ҳарорати 500К бўлган иссиқлик машинасининг ФИКи 50%. Совуткичнинг абсолют ҳарорати қанча? (К)

- A) 250 B) 200 C) 240 D) 190 E) 230

22. Иситкичнинг ҳарорати 227^0C , совуткичники эса 27^0C бўлган иссиқлик машинасининг ФИКини топинг.

- A)20% B)30% C) 40% D)60% E)45%

23. Хаво пуфакчасининг ҳажми сув юзасига чиққанда унинг ҳажми 3 марта катталашган бўлса, у қандай чуқурликда бўлган.

- A) 10м B) 20м C) 30м D) 40м E) 50м

24. Буюмдан экрангача бўлган масофа 90 см. Экранда буюмнинг тасвирини хосил қилиш учун фокус масофаси 20 см бўлган линзани буюм билан экрвн орасига қаерга жойлаштириш керак.

- A) Экрандан 30 ва 60 см B) Экрандан 45 ва 45 см
C) Экрандан 40 ва 50 см D) Экрандан 20 ва 70 см E) Тўғри жавоб йўқ.

25. Кўнгдаланг кесим юзи 2 см^2 бўлган ўтказгичда $5 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}$ концентрацияси бор элекиронлар 1 м/с тезлик билан ҳаракатланади. Ток кучини топинг.(мА)

- A) 0.05 B) 1.6 C) 9.1 D) 4.5 E) 3

26. Ер ва ой марказлари орасидаги ўртача масофа 60 ер радиусига тенг, ой массаси эса ер массасидан 81 марта кичик. Ер билан ойни бирлаштирувчи тўғри чизикнинг қайси нуктасида жисм ерга ҳам, ойга ҳам бир хил куч билан тортилади.

- A) $1,5R_{ep}$ B) $3R_{ep}$ C) $4,5R_{ep}$ D) $6R_{ep}$ E) $7,5R_{ep}$

27. Космик кема ер сиртидан қанча масофага узоқлашганда унинг ерга тортилиш кучи ер сиртидагига қараганда 100 марта кичик бўлади.

- A) $3R_{ep}$ B) $5R_{ep}$ C) $7R_{ep}$ D) $9R_{ep}$ E) $11R_{ep}$

28. Бир – биридан 6 см масофада $0,1 \text{ мКл}$ дан бўлган 2 та бир хил мусбат зарядлар жойлашган. Ҳар қайси заряддан 5см узоқда ётган нуктадаги кучланганликни топинг($\frac{\kappa B}{m}$).

- A)288 B)576 C)312 D) 678 E) 0

29. Майдон кучланганлигини бирлигини топинг.

- A) $\frac{H}{Kл}$ B) $A \cdot c$ C) $\frac{B}{m}$ D) A ва C E) A,B,C

30. Конденсатор кучланиши 4 марта ортса, унинг энергияси неча марта ўзгаради.

- A) 4 – марта ортади B) 4 – марта кааяди C) 16 – марта ортади
D) 16 – марта кааяди E) ўзгармайди

31. Трубининг кенг қисмида сувнинг оқиш тезлиги $10 \frac{m}{c}$. Диаметри кенг қисмига

қараганда 4 марта кичик бўлган қисмида сувнинг оқиш тезлиги қандай бўлади($\frac{m}{c}$).

- A) 40 B) 80 C) 120 D) 160 E) 200

32. Ток зичлигини бирлигини топинг.

- A) A B) $\frac{H}{Kл}$ C) $\frac{B}{m}$ D) $\frac{A}{m^2}$ E) $H \cdot m^2$

33.Бир атомли газни хажми 3 марта камайтирилганда ва молекулаларнинг кинетик энергияси 2 марта оширилганда шу газнинг босими неча неча марта ўзгаради.

- A) 3 марта ортади B) 6 марта ортади C) 3 марта кааяди
D) 6 марта кааяди E) ўзгармайди

34. Агар поршен чапга $\frac{1}{3}$ га силжитилса, цилиндрдаги хаво босими неча марта ўзгаради.

- A) 1,5 марта ортади B) 1,5 марта кааяди C) 3 марта ортади
D) 3 марта каади E) ўзгармайди

35. l узинликдаги симни 2 буклаб, эшсак қаршилиги қандай ўзгаради.

- A) 4 – марта ортади B) 4 – марта кааяди C) 2 – марта ортади
D) 2 – марта кааяди E) ўзгармайди

36. Массаси 1 кг бўлган жисмнинг ҳаракат тенгламаси $x = 2t + 15t^2$ (м) кўринишга эга. Жисмга таъсир этувчи кучни аниқланг.(Н)

A) 1

B) 2

C) 30

D) 15

E) 7,5

2-МАШҒУЛОТ

ИЛГАРЛАНМА ҲАРАКАТ КИНЕМАТИКАГА ДОИР МАСАЛАЛАР ЕЧИШ

Асосий формулалар

•Моддий нуктанинг фазодаги урни радиус-вектор $\vec{r}$ билан аникланади:

$$\vec{r} = \vec{i}x + \vec{j}y + kz,$$

бу ерда $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ — йуналишларни курсатувчи бирлик векторлар (ортлар); x, y, z — нуктанинг координаталари.

Ҳаракат кинематик тенгламасининг координата шакли куйида-гича:

$$x = f_1(t), y = f_2(t), z = f_3(t),$$

бу ерда t — вақт.

•Ўртача тезлик

$$\langle \vec{V} \rangle = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t},$$

бу ерда $\Delta \vec{r}$ — моддий нуктанинг Δt вақт оралигидаги кучиши. Ўртача тезлик

$$\langle v \rangle = \frac{\Delta S}{\Delta t},$$

бу ерда ΔS — нуктанинг Δt вақт оралигида утган йули. Оний тезлик

$$\vec{V} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{i}v_x + \vec{j}v_y + \vec{k}v_z,$$

бу ерда $v_x = \frac{dx}{dt}, v_y = \frac{dy}{dt}, v_z = \frac{dz}{dt}$ — тезлик $\vec{V}$ нинг координата ўқларига проекцияси.

Тезлик модули

$$V = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}.$$

Тезланиш

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{i}a_x + \vec{j}a_y + \vec{k}a_z$$

бу ерда $a_x = \frac{dv_x}{dt}; a_y = \frac{dv_y}{dt}; a_z = \frac{dv_z}{dt}$ — тезланиш $\vec{a}$ нинг координата ўқларига проекциялари. Тезланиш модули

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

Масалаларни ечишга доир мисоллар

1-мисол. Моддий нуктанинг турри чизикли (x уки буйлаб) ҳаракати кинематик тенгламасининг қурилиши мана бундай: $x = A + Bt + Ct^3$, бу ерда $A = 4\text{ м}, B = 2\text{ м/с}, C = 0,5\text{ м/с}^2$. Вақтнинг $t = 2\text{ с}$ пайти (момента) учун: 1) нуктанинг координатаси x_1 , 2) оний тезлик v_1 , 3) оний тезланиш a_1 лар аниқлансин.

Е ч и ш. 1. Ҳаракатининг кинематик тенгламаси маълум бўлган нуктанинг координатасини тенгламадаги t урнига вақтнинг берилган қиймати t_1 ни қуйиб топамиз: $x_1 = A + Bt_1 + Ct_1^3$.

Бу ифодада A, B, C, t_1 ларнинг қийматларини қуйиб ҳисоблаймиз:

$$x_1 = (4 + 2 \cdot 2 - 0,5 \cdot 2^3)\text{ м} = 4\text{ м}.$$

2. Координата x ни вақт бўйича дифференциаллаб, вақтнинг исталган қиймати учун оний тезликни топамиз:

$$v = \frac{dx}{dt} = B + 3Ct^2.$$

У ҳолда берилган t_1 пайт (момент) учун оний тезлик $v_1 = B + 3Ct_1^2$.

Бу ифодага B , C , t_1 ларнинг кийматларини куйиб, хисоблаймиз:

$$v_1 = -4 \text{ м/с.}$$

Манфий ишора $t_1=2\text{с}$ пайтда нукта координата укининг манфий йуналиши буйлаб ҳаракат қилишини кўрсатади.

3. Вақтнинг исталган вақт учун оний тезланишни координата x дан вақт буйича иккинчи тартибли ҳосила олиб топамиз:

$$a = \frac{d^2 x}{dt^2} = \frac{dv}{dt} = 6Ct$$

Берилган t_1 пайт учун оний тезланиш $a_1 = 6Ct_1$

C , t_1 ларнинг кийматларини куйиб, хисоблаймиз:

$$a_1 = (-6 \cdot 0,5 \cdot 2) \text{ м/с}^2 = -6 \text{ м/с}^2.$$

Манфий ишора тезланиш векторининг йуналиши координата укининг манфий йуналиши билан мос қилишни кўрсатади. Шунингдек, бу масалада вақтнинг исталган вақт учун бу ҳол уринлидир.

2- мисол. Моддий нуктанинг турри чизикли (x уқи буйлаб) ҳаракат кинематик тенгламасининг қуриниши қуйидагича $x=A+Bt+Ct^2$, бу ерда $A=5 \text{ м}$, $B=4 \text{ м/с}$, $C=-1 \text{ м/с}^2$. 1. Координата x ва йул S нинг вақтга боғлиқлик графиклари чизилсин;

2. $t_1=1\text{с}$ дан $t_2=6\text{с}$ гача вақт оралиғи учун ўртача тезлик $\langle v_x \rangle$ аниқлансин;

3. Вақтнинг шу оралиғи учун ўртача йул тезлиги $\langle v \rangle$ топилсин.

Ечиш. 1. Нукта координаталарининг вақтга боғлиқлик графиксини чизиш учун координатанинг ҳаракатли бошланғич ва максимал кийматларини ҳамда мазкур координаталарга^ мое келувчи вақт моментларини, шунингдек нолга тенг бўлган координатага мое келувчи вақт моментини топамиз.

Бошланғич координата $t=0$ пайтга мое келади. Унинг киймати $x_0=x|_{t=0}=5\text{м}$

Координатанинг максимал кийматига нукта тескари йуналишда ҳаракат қила бошлаган пайтда (тезлик уз ишорасини узгартирганда) эришилади. Бу пайтни координатадан вақт буйича олинган биринчи тартибли ҳосилани нолга тенглаштириб топамиз:

$$v = \frac{dx}{dt} = B + 2Ct = 0, \quad \text{бундан эса}$$

$$t = -\frac{B}{2C} = 2\text{с}$$

Максимал координата $x_{\max}=x|_{t=2}=9\text{м}$.

Координата $x=0$ бўлган t вақт моментини қуйидаги ифодадан топамиз:

$$x=A+Bt+Ct^2=0.$$

Ҳосил бўлган t га нисбатан квадрат тенгламани ечамиз:

$$t = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4ac}}{2c}$$

A , B , C ларнинг кийматларини қуямиз ва хисоблаймиз: $t=(2\pm 3)\text{с}$.

Шундай қилиб, вақтнинг иккита киймати: $t'=5\text{с}$ ва $t''=1\text{с}$ ларни оламиз. Вақтнинг иккинчи кийматини масаланинг шартини ($t \geq 0$) ни қаноатлантирмаганлиги учун ташлаб юборамиз. Нукта координатасининг вақтга боғлиқлик графиксини иккинчи тартибли чизикдан иборат бўлади. Уни тузиш учун бешта нуктани билмоқ керак, чунки иккинчи тартибли чизик тенгламасида бешта коэффициент иштирок этади. Шунинг учун ҳам координатанинг хисобланган учта ҳаракатли киймати дан ташқари яна иккита

$t_1=1\text{с}$ ва $t_2=6\text{с}$ пайтларга мое кийматларини топамиз:

$$x_1=A+Bt_1+Ct_1^2=8\text{М}, \quad x_2=A+Bt_2+Ct_2^2=-7\text{м}.$$

Олинган натижаларни жадвал қуринишида тасвирлаймиз:

Вақт, с	$t_0=0$	$t_1=1$	$t_2=2$	$t'=5$	$t_2=6$
---------	---------	---------	---------	--------	---------

Координата, м	$x_0 = A = 5$	$x_1 = 8$	$x_{\max} = 9$	$x = 0$	$x_2 = -7$
---------------	---------------	-----------	----------------	---------	------------

Жадвалдаги кийматлардан фойдаланиб, координатанинг вақтга боғланиш графигини чизамиз (1.2-расм)

Йул графигини куйидаги мулохазаларга асосланиб тузамиз:

1) тезликнинг ишораси узгаргунча йул ва координата мое келади;

2) кайтиш моменти (t_k дан бошлаб нукта тескари йуналишда Харакат кила бошлайди ва бинобарин, координата камайиб, йул эса координатанинг камайиш конуни буйича усиб боради.

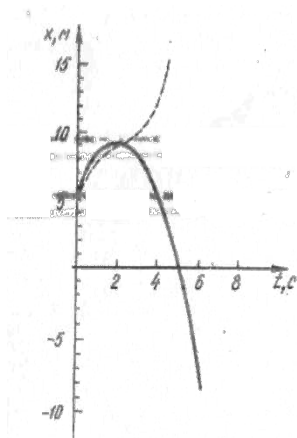
Демак, йул графиги $t_k = 2c$ гача координата графиги билан мое келиб, шу ондан бошлаб координата графигининг кузгудаги тасвиридек бўлади.

2. $t_2 - t_1$ вақт оралиридаги ўртача тезлик $\langle v_x \rangle$ куйидаги ифода ёрдамида аникланади:

$$\langle v_x \rangle = (x_2 - x_1) / (t_2 - t_1).$$

Жадвалдан x_1 , x_2 , t_1 , t_2 ларнинг кийматларини куямиз ва Хисоблаймиз:

$$\langle v_x \rangle = (-7 - 8) / (6 - 1) \text{ м/с} = -3 \text{ м/с}.$$



1.2- расм

3. Ўртача йул тезлиги $\langle v \rangle$ ни куйидаги ифодадан топамиз $\langle v \rangle = s / (t_2 - t_1)$, бу ерда s — вақт оралиги ($t_2 - t_1$) да утилган йул. 1.2- расмдаги графикдан куриниб турибдики, бу йул иккита йул булаги: нукта $t_k - t_1$ вақт оралигида утган

$S_1 = x_{\max} - x_1$ ва $t_2 - t_1$ оралигида утган $S_2 = x_{\max} - |x_2|$ ларнинг йигиндисидан иборат.

Шундай қилиб, йул $S = S_1 + S_2 = (x_{\max} - x_1) + (x_{\max} + |x_2|) = 2x_{\max} + |x_2| - x_1$

Бу ифодага $x_1, x_2, x_{\max}$ ларнинг кийматларини куямиз ва хисоб-лаймиз:

$$\langle S \rangle = (2 \cdot 9 + 7 - 8) \text{ м} = 17 \text{ м}$$

У холда изланган ўртача йул тезлиги

$$\langle v \rangle = 17 / (6 - 1) \text{ м/с} = 3,4 \text{ м/с}.$$

Шуни кайд этмок керакки, ўртача йул тезлиги доимо мусбат бўлади.

Масалалар

Туғри чизикли ҳаракат

1. Иккита туғри йул узаро $\alpha = 60^\circ$ бурчак остида кесишади. Улар буйлаб икки машина чорраҳадан: бири $v_1 = 60$ км/соат, бошқаси $v_2 = 80$ км/соат тезлик билан узоклашмоқда. Машина-ларнинг бир-биридан узоклашиш тезликлари v' ва v'' аниқлансин. Машиналар чорраҳадан бир пайтда утган.

2. Нукта $t_1 = 15$ с давомида $v_1 = 5$ м/с, $t_2 = 10$ с давомида $v_2 = 8$ м/с ва $t_3 = 6$ с давомида $v_3 = 20$ м/с тезлик билан ҳаракатланди. Нуктанинг шу йулдаги ўртача тезлиги $\langle v \rangle$ аниқлансин.

3. Автомобиль уз йулининг туртдан уч қисмини $v_1 = 60$ км/соат тезлик билан, йулнинг қолган қисмини эса $v_2 = 80$ км/соат тезлик билан утди. Автомобилнинг шу йулдаги

ўртача тезлиги $\langle v \rangle$ кандай?

4. Жисм йулнинг биринчи ярмида $v_1=2$ м/с тезлик билан, иккинчисида $v_2=8$ м/с тезлик билан ҳаракатланади. Ўртача тезлик $\langle v \rangle$ аниқлансин.

5. Жисм йулнинг биринчи ярмини $t_1=2$ с давомида, иккинчисини $t_2=8$ с давомида босиб ўтди. Агар йулнинг узунлиги $S = 20$ м бўлса, ўртача тезлик $\langle v \rangle$ аниқлансин.

6. Жисм ҳаракат тезлигининг вақтга боғланиши 1.4- расмда тасвирланган. $t=14$ с вақт учун ўртача тезлик $\langle v \rangle$ аниқлансин.

7. Одам поезд билан ёнма-ён, поезднинг олди калконлари билан бир чизикда турибди. Поезд $a = 0,1$ м/с² тезланиш билан ҳаракат қила бошлаган лаҳзада одам ҳам шу йуналишда $v=1,5$ м/с тезлик билан ҳаракатлана бошлади. Қанча t вақтдан кейин поезд одамга етиб олади? Шу пайтдаги поезднинг тезлиги v_1 ва одамнинг шу вақт ичида ўтган йули аниқлансин.

8. Икки нукта бир жойдан бир хил йуналишда текис тезланувчан ҳаракат қила бошлади, бунда иккинчи нукта ўз ҳаракатини биринчисидан 2с кейин бошлади. Биринчи нукта $V_1 = 1$ м/с бошланғич тезлик ва $a_1=2$ м/с² тезланиш билан, иккинчиси эса $v_2 = 10$ м/с бошланғич тезлик ва $a_2= 1$ м/с² тезланиш билан ҳаракатлана бошлаган бўлса, қанча вақтдан кейин ва бошланғич жойдан қанча масофада иккинчи нукта биринчисига етиб олади?

9. Икки моддий нуктанинг ҳаракатлари қуйидаги тенгламалар орқали ифодаланади:

$x_1=A_1 + B_1t + C_1t^2$, $x_2=A_2 + B_2t + C_2t^2$, бунда $A_1 = 20$ м, $A_2 = 2$ м, $B_2 = B_x = 2$ м/с, $C_1 = -4$ м/с², $C_2 = 0,5$ м/с². Вақт t нинг қайси моментида бу нукталарнинг тезликлари бир хил бўлади? Шу момент учун нукталарнинг тезликлари v_1 ва v_2 ҳамда тезланишлари a_1 ва a_2 аниқлансин.

10. Икки моддий нукта қуйидаги тенгламаларга биноан ҳаракатланмоқда:

$x_1=A_1t + B_1t^2 + C_1t^3$, $x_2=A_2t + B_2t^2 + C_2t^3$ бунда $A_1=4$ м/с, $B_1=8$ м/с², $C_1=-16$ м/с³, $A_2=2$ м/с, $B_2=-4$ м/с², $C_2=1$ м/с³. Вақт t нинг қайси моментида бу нукталарнинг тезланишлари бир хил бўлади? Шу момент учун нукталарнинг тезликлари v_1 ва v_2 аниқлансин.

11. Агар жисм ўз йулининг сунгги метрини $t=0,1$ с вақт давомида ўтган бўлса, у қандай H баландликдан тушган?

12. Тош $h=1200$ м баландликдан тушмоқда. Тош тушиш вақтининг сунги секундида қандай s йулни ўтади?

13. Тош $v_p = 20$ м/с бошланғич тезлик билан юқорига тик отилган. Қанча вақтдан кейин тош $h= 15$ м баландликда бўлади? Шу баландликда тошнинг тезлиги v топилинсин. Ҳавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин. $g=10$ м/с² деб олинсин.

14. Тош $v_0=20$ м/с бошланғич тезлик билан юқорига тик отилган. $t=1$ с дан кейин шундай бошланғич тезлик билан бошқа тош ҳам юқорига тик отилган. Тошлар қандай h баландликда тўқнашишади?

15. Юқорига тик отилган жисм $h=8,6$ м баландликда $\Delta t = 3$ с оралик билан икки марта бўлди. Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олмай, отилган тошнинг бошланғич тезлигини ҳисобланг.

16. Коптокни $v_0 = 5$ м/с бошланғич тезлик билан балкондан юқорига тик отдилар. $t=2$ с дан кейин копток ерга тушди. Балконнинг ердан баландлиги ва коптокнинг ерга урилиш пайтидаги тезлиги аниқлансин.

17. Жисм $v_0=10$ м/с бошланғич тезлик билан балкондан юқорига тик отилди. Балконнинг ер сатҳидан баландлиги $h=12,5$ м. Жисмнинг отилиш пайтидан то ерга тушиш пайтигача ҳаракат тенгламаси ва ўртача тезлиги $\langle v \rangle$ аниқлансин.

18. Нуктанинг турри чизик бўйлаб ҳаракати $x=At + Bt^2$ тенглама билан берилган, бунда $A = 2$ м/с, $B = -0,5$ м/с². $t_1 = 1$ с дан $t_2 = 3$ с гача вақт оралигида нукта ҳаракатининг ўртача тезлиги $\langle v \rangle$ аниқлансин.

19. Нукта $x=At + Bt^3$ тенглама бўйича турри чизик бўйлаб ҳаракатланмоқда, бунда $A = 6$ м/с, $B = -0,125$ м/с³. $t_1 = 2$ с дан $t_2 = 6$ с гача вақт оралиги учун нуктанинг ўртача

тезлиги $\langle v \rangle$ аниқлансин.

Эгри чизикли ҳаракат

20. Моддий нукта текисликда $r = At^3 + jBt^2$ тенглама бўйича ҳаракатланмокда. 1) $V(t)$; 2) $a(t)$ боғланишлар ёзилсин.

21. Моддий нуктанинг ҳаракати $r(t) = A(\cos \omega t + j \sin \omega t)$ тенглама билан берилган, бунда $A = 0,5 \text{ м}$; $\omega = 5 \text{ рад/с}$. Нуктанинг траекторияси чизилсин. Тезлик модули $|V|$ ва нормаль тезланиш модули $|a_n|$ аниқлансин.

22. Моддий нуктанинг ҳаракати $r(t) = i(A + Bt^2) + jCt$ тенглама билан берилган, бунда $A = 10 \text{ м}$, $B = -5 \text{ м/с}^2$, $C = 10 \text{ м/с}$. Нуктанинг траекторияси чизилсин. $V(t)$ ва $a(t)$ ифодалар топилсин. Вақтнинг $t = 1 \text{ с}$ моменти учун: 1) тезлик модули $|V|$; 2) тезланиш модули $|a|$; 3) тангенциал тезланиш модули $|a_t|$; 4) нормал тезланиш модули $|a_n|$ лар ҳисоблансин.

23. Нукта эгри чизик бўйлаб ўзгармас $a_t = 1 \text{ м/с}^2$ тангенциал тезланиш билан ҳаракатланмокда. Эгри чизикнинг эгрилик радиуси $R = 3 \text{ м}$ бўлган қисмида нукта $v = 2 \text{ м/с}$ тезлик билан ҳаракатланса, чизикнинг шу қисмида нуктанинг тула тезланиши a аниқлансин.

24. Нукта радиуси $R = 4 \text{ м}$ бўлган айлана бўйлаб ҳаракатланмокда. Нуктанинг бошланғич тезлиги $v_0 = 2 \text{ м/с}$ тангенциал тезланиши $a_t = 1 \text{ м/с}^2$. Вақтнинг $t = 2 \text{ с}$ пайти учун: 1) нуктанинг утган йули узунлиги S ; 2) кучиш модули $|\Delta l|$; 3) ўртача тезлиги $\langle v \rangle$; 4) ўртача тезлик векторининг модули $|\langle v \rangle|$ аниқлансин.

25. Минорадан горизонтал йуналишда тош отдилар. Тош $t = 2 \text{ с}$ дан кейин минора асосидан $S = 40 \text{ м}$ масофада ерга тушди. Тошнинг бошланғич v_0 ва охириги v тезликлари аниқлансин.

26. Минорадан $v = 30 \text{ м/с}$ тезлик билан горизонтал йуналишда отилган жисм минора баландлиги h дан икки марта катта S масофада (минораасосидан) ерга тушди. Миноранинг баландлиги топилсин.

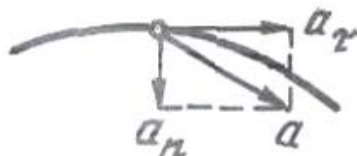
3-МАШҒУЛОТ

АЙЛАНМА ҲАРАКАТ КИНЕМАТИКАСИГА ДОИР МАСАЛАЛАР ЕЧИШ

Асосий формулалар

Эгри чизикли ҳаракатда тезланишни нормал $\vec{a}_n$ ва тангенциал $\vec{a}_t$ тезланишларнинг йиғиндиси сифатида ифодалаш мумкин (1.1-расм):

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_t$$



1.1-расм

Бу тезланишларнинг модуллари

$$a_n = \frac{v^2}{R}; \quad a_t = \frac{dv}{dt}; \quad a = \sqrt{a_n^2 + a_t^2};$$

бу ерда R — траекториянинг муайян нуктаси учун эгрилик радиуси.

• Моддий нуктанинг x уқи бўйлаб текис ҳаракат кинематик тенгламаси

$$x = x_0 + vt,$$

бу ерда x_0 — бошланғич координата; t — **вақт**. Текис ҳаракатда

$$v = \text{const} \text{ ва } a = 0.$$

• x уқи бўйлаб текис ўзгарувчан ҳаракатнинг ($a = \text{const}$) кинематик тенгламаси

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2},$$

бу ерда v_0 —

бошлангич тезлик; t — вақт.

Текис узгарувчан ҳаракатда нуктанинг тезлиги

$$v = v_0 + a \cdot t.$$

• Каттик жисмнинг урни (айланиш уки берилганда) бурилиш бурчаги (ёки бурчак кучиш) φ ёрдамида аникланади.

Айланма ҳаракат кинематик тенгламаси $\varphi = f(t)$

• Ўртача бурчак тезлик

$$\langle v \rangle = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t},$$

бу ерда $\Delta \varphi$ — бурилиш бурчагининг Δt вақт оралиғида узгариши. Оний бурчак тезлик*

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt}.$$

• Бурчак тезланиш*

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}.$$

• Текис айланишнинг кинематик тенгламаси

$$\varphi = \varphi_0 + \omega t,$$

бунда φ_0 — бошлангич бурчак кучиш; t — вақт Текис айланишда

$\omega = \text{const}$ ва $\varepsilon = 0$, Айланиш частотаси

$$n = \frac{N}{t} \quad \text{ёки} \quad n = \frac{1}{T},$$

бу ерда N — жисмнинг t вақтдаги айланишлар сони; T — айланиш даври (бир марта тулик айланиш учун кетган вақт).

• Текис узгарувчан айланишнинг кинематик тенгламаси ($\varepsilon = \text{const}$)

$$\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + \frac{\varepsilon t^2}{2},$$

бу ерда ω_0 —

бошлангич бурчак тезлик; t — вақт.

Текис узгарувчан ҳаракатда бурчак тезлик

$$\omega = \omega_0 + \varepsilon t,$$

• Моддий нуктанинг айланишини характерловчи чизикли ва бурчак катталиклар орасидаги боғланишлар куйидаги формула-лар ёрдамида ифодаланади:

нуктанинг R радиусли айлана ёйи бўйлаб утган йули

$S = \varphi R$ (φ — жисмнинг бурилиш бурчаги);

нуктанинг чизиклиги тезлиги $v = \omega R$; $\vec{v} = [\vec{\omega} \vec{R}]$;

нуктанинг тезланиши: тангенциал тезланиш

$$a_r = \varepsilon R; \quad \vec{a} = [\vec{\varepsilon} \vec{R}];$$

нормал тезланиш $a_n = \omega^2 R$ $\vec{a}_n = -\omega^2 \vec{R}$.

Масалаларни ечишга доир мисоллар

1- мисол. Автомобиль йулнинг эгрилик радиуси $R = 50$ м бўлган бурилиш кисмида адракатланмокда. Автомобилнинг ҳаракат тенгламаси* (t) $= A + Bt + Ct^2$, бу ерда $A = 10$ м, $B = 10$ м/с, $C = -0,5$ м/с². 1) вақтнинг $t = 5$ с пайти учун автомобилнинг тезлиги v , унинг тангенциал a_x , нормал a_n ва тула a тезланиши; 2) ҳаракат бошланган ондан бошлаб $t = 10$ с вақт оралиғи учун йул узунлиги S ва автомобилнинг кучиш модули $|\Delta r|$ топилсин.

Е ч и ш: 1. Ҳаракат тенгламасини билганимиз ҳолда координатадан вақт буйича

биринчи тартибли хосила олиб тезликни топамиз:

$$v = \frac{d\xi}{dt} = B + 2Ct.$$

Бу ифодага B, C, t ларнинг кийматларини куямиз ва хисоблаймиз:

$$v = 5 \text{ м/с.}$$

Тезликдан вақт буйича биринчи тартибли хосила олиб тангенциал тезланишни топамиз:

$$a_t = \frac{dv}{dt} = 2c$$

С нинг кийматини куйиб, куйидагини оламиз: $a_t = -1 \text{ м/с}^2$.

Нормал тезланиш $a_n = v^2/R$ формула буйича аникланади. Унга тезликнинг топилган ва траектория эгрилик радиусининг берилган кийматини куямиз ва хисоблаймиз:

$$a_n = 0,5 \text{ м/с}^2.$$

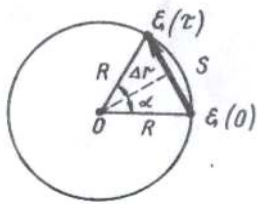
• 1.1-расмдан куриниб турганидек, тулик тезланиш a_t , ва a_n тезланишларнинг геометрик йигиндисига тенг: $\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_n$ тезланиш модули $a = \sqrt{a_r^2 + a_n^2}$. Бу ифодага a_r ва a_n ларнинг топилган кийматларини куйиб куйидагини оламиз: $a = 1,12 \text{ м/с}^2$.

2. Автомобиль утган S йулни аниклаш учун харакат бир йуналишда бўлган холида (мазкур масала шартидагидек) йул узунлиги S эгри чизикли координата | нинг узгаришига тенг, яъни

$$S = g(t) - g(0) \text{ ёки } S = A + Bt + Ct^2 - A = Bt + Ct^2$$

булишини кайд этамиз. Хосил килинган ифодага B, C, t ларнинг кийматларини куямиз ва хисоблаймиз: $S = 50 \text{ м}$

1.3-расмдан куриниб турибдики, силжиш модулит $|\Delta \vec{r}| = 2R \sin(|\alpha|/2)$



1.3- расм

бу ерда α — автомашинанинг траекториядаги бошланрич $g(0)$ ва охири $\xi(t)$ радиус-векторлар орасидаги бурчак. Бу бурчакни (радианларда) йул узунлиги S нинг траекториянинг эгрилик радиуси R га нисбати, яъни $a = S/R$ каби аниклаймиз. Шундай килиб

$$|\Delta \vec{r}| = 2R \sin(S/2R).$$

R, S ларнинг кийматларини бу ерга куямиз ва хисоблаймиз: $|\Delta \vec{r}| = 47,9 \text{ м}$.

2-мисол. $n_0 = 10 \text{ с}^{-1}$ ўзгармас частота билан айланаётган Рилдирак тормозланиш натижасида текис секинланувчан айлана бошлади. Тормозланиш тухтагандан сунг рилдиракнинг айланиши яна бир текис булди, лекин энди у $n = 6 \text{ с}^{-1}$ айланиш частотаси билан айлана бошлади. Агар текис секинланувчан харакат вақтида Рилдирак $N = 50$ марта айланган булса, гилдиракнинг бурчак тезланиши ε ва тормозланиш давом этган вақт t аник-лансин.

Е ч и ш: рилдиракнинг бурчак тезланиши унинг бошланрич ω_0 ва охири ω бурчак тезликлари билан ушбу муносабат оркали борланган $\omega^2 - \omega_0^2 = 2\varepsilon\varphi$, бундан $\varepsilon = (\omega^2 - \omega_0^2)/2\varphi$. Лекин $\varphi = 2\pi N$, $\omega = 2\pi n$ эканлигидан

$$\varepsilon = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\varphi} = \frac{\pi(n^2 - n_0^2)}{N}$$

π, n, n_0, N ларнинг кийматларини куйиб, хисобласак: $\pi = 3,14(6^2 - 10^2)/50 \text{ рад/с}^2 = -4,02 \text{ рад/с}^2$.

Манфий ишора рилдиракнинг секинланувчан айланишини кўрсатади.

Бурилиш бурчаги φ ни айланишнинг ўртача бурчак тезлиги $\langle\omega\rangle$ ва вақт t билан боғловчи $\varphi = \langle\omega\rangle t$ формуладан фойда-ланиб тормозланишнинг давом этиш вақтини топамиз. Шартга кура бурчак тезлик вақт билан чизикли боғланган ва шунинг учун ушбунни ёзиш мумкин: $\langle\omega\rangle = (\omega_0 + \omega)/2$, у ҳолда

$$\varphi = (\omega_0 + \omega) t/2 = \pi(n_0 + n)t, \quad \text{бундан эса}$$

$$t = \frac{\varphi}{\pi(n_0 + n)} = \frac{2N}{n_0 + n}.$$

Сон кийматларини қуйиб ва ҳисоблаб, қуйидагини оламиз

$$t = \frac{2 \cdot 50}{(10 + 6)c^{-1}} = 6.25c$$

Масалалар

Эгри чизикли ҳаракат

1. Жисм уфкка нисбатан бирор α бурчак остида отилган. Агар жисмнинг горизонтал йуналишдаги учиш масофаси траекториясининг максимал баландлиги H дан тўрт маротаба катта бўлса, α бурчак топилсин.
2. Куролдан уфкка нисбатан $\alpha = 30^\circ$ бурчак остида отилган снаряд бир хил h баландликда икки марта, отилганидан $t_1 = 10$ с ва $t_2 = 50$ с вақтлардан кейин бўлди. Бошлангич тезлик v_0 ва баландлик h аниқлансин.
3. Ук уфкка нисбатан $\alpha = 60^\circ$ бурчак остида $v_0 = 200$ м/с бошлангич тезлик билан отилди. Энг баланд кутарилиш баландлиги H , учиш узоклиги S ва траекториянинг энг юкори нуктасидаги эгрилик радиуси R аниқлансин. Хавонинг қаршилиги ҳисобга олинмасин.
4. Тош минорадан $v_0 = 30$ м/с бошлангич тезлик билан уфк йуналишида отилди. Ҳаракат бошланганининг иккинчи секунди охирида тошнинг тезлиги v , тангенциал a_τ ва нормал a_n тезланишлари аниқлансин.
5. Жисм уфкка нисбатан $\varphi = 30^\circ$ бурчак остида отилган. Ҳаракатнинг бошланиш моментидаги тангенциал a_t ва нормаль a_n тезланишлар топилсин.

Жисмнинг қўзғалмас ўқ атрофида айланиши.

6. Айланаётган диск айланаси нукталарининг чизикли тезлиги $v_1 = 3$ м/с. Укка $\Delta R = 10$ см яқинроқ жойлашган нукталарнинг чизикли тезлиги эса $V_2 = 2$ м/с. Дискнинг айланиш частотаси n аниқлансин.
7. Радиуси $r = 10$ см бўлган тинч ҳолатдаги диск ўзгармас $\varepsilon = 0,5$ рад/с² бурчак тезланиш билан айлана бошлади. Ҳаракат бошланганининг иккинчи секунди охирида диск айланасидаги нукталарнинг тангенциал a_τ , нормал a_n ва тула a тезланишлари топилсин.
8. $r = 20$ см радиусли диск $\varphi = A + Bt + Ct^3$ тенгламага биноан айланмокда, бунда $A = 3$ рад, $B = 1$ рад/с, $C = 0,1$ рад/с³. Вақтнинг $t = 10$ с момети учун диск айланасидаги нукталарнинг тангенциал a_τ , нормал a_n ва тула a тезланишлари аниқлансин.
9. Рилдирак текис тезланувчан айлана буйлаб $\Delta t = 10$ с вақт оралиғида $n = 300$ мин⁻¹ айланиш частотасига эришди. Ғилдиракнинг бурчак тезланиши ε ва шу вақт ичидаги айланишлар сони N аниқлансин.
10. Автомашина ғилдираги текис тезланувчан айланмокда. У $N = 50$ марта тула айланиб, айланиш частотасини $n_1 = 4$ с⁻¹ дан $n_2 = 6$ с⁻¹ гача узгартирди. Ғилдиракнинг бурчак тезланиши ε аниқлансин.
11. Диск $\varepsilon = -2$ рад/с² бурчак тезланиш билан айланмокда. Айланиш частотаси $n_1 = 240$ мин⁻¹ дан $n_2 = 90$ мин⁻¹ гача узгарганда диск неча марта N айланади? Бунинг учун кетган вақт Δt топилсин.
12. Аэрочананинг ҳаво винти (парраги) $n = 360$ мин⁻¹ частота билан айланмокда. Аэрочананинг илгариланма v ҳаракат тезлиги 54 км/соатга тенг. Агар винтнинг радиуси 1 м га тенг бўлса, винт учларидан бири қандай u тезлик билан ҳаракат

килади?

13. Токарлик станогиди диаметри $d = 60$ мм бўлган вал йунилмоқда. Кескичнинг бир айланишдаги буйлама силжиши $h = 0.5$ мм. Агар $\Delta t = 1$ мин вақт оралигида валнинг $l = 12$ см узунликдаги қисми йунилса, кесиш тезлиги v қандай?

4-МАШҒУЛОТ

ИЛГАРЛАНМА ҲАРАКАТ ДИНАМИКАСИГА ДОИР МАСАЛАЛАР ЕЧИШ

Асосий формулалар

- Моддий нуктанинг ҳаракат тенгламаси (Ньютоннинг иккинчи қонуни):
вектор шакли

$$\frac{dp}{dt} = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i \quad \text{ёки} \quad m\vec{a} = \sum_{i=1}^N \vec{F}_i$$

бу ерда $\sum_{i=1}^N F_i$ — моддий нуктага таъсир этувчи кучларнинг геометрик йиғиндиси;

m — масса; $\vec{a}$ — тезланиш; $p = mv$ — импульс; N — нуктага таъсир этувчи кучлар сони;
Координата (скаляр) шакли

$$ma_x = \sum F_{xi}, ma_y = \sum F_{yi}, ma_{zi} = \sum F_{zi}$$

ёки

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = \sum F_{xp}, m \frac{d^2 y}{dt^2} = \sum F_{yp}, m \frac{d^2 z}{dt^2} = \sum F_{zp}$$

бунда йиғинди белгиси остида $\vec{F}_i$ кучнинг мос координата ўқларидаги проекциялари турибди.

- Қайишқоқлик (эластиклик) кучи*

$$F_{эл} = -rx,$$

бу ерда k — қайишқоқлик (эластиклик) коэффициент (пружина ҳолида биқирлик); x — абсолютдеформация.

Ўзаро тортишиш кучи*

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}.$$

бу ерда G — тортишиш доимийси; m_1 ва m_2 — моддий нукталар сифатида қаралаётган ўзаро таъсирлашувчи жисимларнинг массалари; r — улар орасидаги масофа.

- Сирпаниш ишқаланиш кучи

$$F_{ишқ} = fN,$$

бу ерда f — сирпаниш ишқаланиш коэффициент; N — тик (нормал) босим кучи.

- Моддий нукталар тизими массалар марказининг координаталари

$$x_c = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i}, y_c = \frac{\sum m_i y_i}{\sum m_i}, z_c = \frac{\sum m_i z_i}{\sum m_i},$$

бу ерда m_i — i - моддий нуктанинг массаси; x_i, y_i, z_i — унинг координаталари.

- Импульснинг сақланиш қонуни

$$\sum_{i=1}^N P_i = \text{const} \quad \text{ёки} \quad \sum_{i=1}^N m_i \vec{v}_i = \text{const},$$

бу ерда N — тизимга кирувчи моддий нукталар (ёки жисимлар) сони.

- Ўзгармас куч таъсирида бажарилган иш

$$\Delta A = F \Delta r \quad \Delta A = F \Delta r \cdot \cos \alpha,$$

бу ерда α — куч F ва кўчиш $\Delta \vec{r}$ векторлари йўналишлари орасидаги бурчак.

- Ўзгарувчан куч таъсирида бажарилган иш

$$A = \int_L F(r) \cos \alpha dr,$$

бу ерда интеграллаш L билан белгиланган траектория бўйлаб бажарилади.

- Δt вақт оралиғи учун ўртача қувват

$$\langle N \rangle = \frac{\Delta A}{\Delta t}.$$

- Оний қувват

$$N = \frac{dA}{dt} \quad \text{ёки} \quad N = Fv \cos \alpha,$$

бу ерда $dA - dt$ вақт оралиғида бажарилган иш.

- Илгариланма ҳаракат қилаётган моддий нукта (ёки жисм) нинг энергияси

$$T = \frac{mv^2}{2} \quad \text{ёки} \quad T = \frac{P^2}{2m}.$$

- Жисмнинг потенциал энергияси ва майдоннинг муайян нуктасида жисмга таъсир этаётган куч ўзаро қуйидаги муносабат орқали боғланган

$$\vec{F} = -\text{grad} n \quad \text{ёки} \quad \vec{F} = -(\vec{i} \frac{\partial n}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial n}{\partial y} + \vec{k} \frac{\partial n}{\partial z}),$$

бу ерда $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ – бирлик векторлар (ортлар). Хусусий ҳолда, куч майдони марказий майдон (мисол учун гравитацион майдон) бўлганда

$$F = -\frac{\partial n}{r},$$

- Қайишқоқ (эластик) деформацияланган жисм (қисилган ёки чўзилган пружина) нинг потенциал энергияси

$$n = \frac{kx^2}{2}.$$

- Массалари ва бўлган бир-биридан жойлашган икки моддий нукта (ёки иккижисим) орасидаги гравитацион ўзаро тортишиш потенциал энергияси

$$\Pi = -G \frac{m_1 m_2}{r}.$$

- Бир жинсли оғирлик кучи майдонидаги жисмнинг потенциал энергияси

$$\Pi = mgh,$$

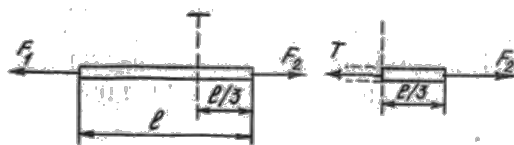
бу ерда h – жисмнинг потенциал энергияси ҳисоблашда бошланғич деб қабул қилинган сатихдан баландлиги. Бу формула $h \ll R$ шарт бажарилганда ўринли бўлади (R – Ернинг радиуси).

- Механикада энергиянинг сақланиш қонуни фақат консерватив кучлар таъсир этадиган ёпиқ тизимдагина бажарилади ва қуйидагича ёзилади.

$$T + \Pi = \text{const}.$$

Масалалар ечишга доир мисоллар

1-мисол. Бир жинсли таёкчаларнинг учларига иккита қарама-карши йўналган кучлар қўйилган: $F_1 = 40$ Н ва $F_2 = 100$ Н (2.1, а- расм). Таёкчани 1:2 нисбатда нккига бўлувчи, кўндаланг кесмига қўйилган T чўзувчи куч аниқлаисин.



2.1- расм

Е ч и ш : агар F_1 ва F_2 кучлар ўзаро тенг бўлганда эди, ундан исталган кўндаланг кесимдаги чўзиш кучи бирхил бўлиб, таёкча ҳаракатсиз турарди. Лекин, таёкчага таъсир этувчи кучлар йиғиндиси нолга тенг бўлмагани туфайли таёкча тезланиш билан ҳаракат қилади. Тезланишнинг катталиги ва йўналиши Ньютоннинг иккинчи қонунига биноан аниқланади:

$\vec{a} = (\vec{F}_1 + \vec{F}_2) / m$, бу ерда m - таёкча массаси. Иккала куч ҳам тўғри чизик бўйлаб таъсир этиши туфайли уларнинг геометрик йиғиндисини алгебраик йиғинди билан алмаштириш мумкин:

$$a = \frac{F_1 - F_2}{m}.$$

Тезланиш билан ҳаракат қилганда турли кўндаланг кесимларда таёкчаничўзиш кучи турлича бўлади. Бу кучларни аниқлаш учун қуйидаги усулни қўллаймиз: таёкчани бизни қизиқтирувчи кўндаланг кесимдан иккига ажратамиз ва бирини, мисол учун чапдаги бўлагини ташлаб юборамиз. Чапдаги бўлакнинг ўнгдагига таъсирини чўзиш кучи T билан алмаштирамиз (2.1,б-расм). Натижада таёкчанинг m_1 массали ўнгдаги қисми $F_2 - T$ кучлар фарқининг таъсири натижасида микдори $a = \frac{F_2 - T}{m_1}$ га тенг ва йўналиши (1) формула

билан ифодаланувчи, олдинги тезланиш билан мос келувчи тезланиш билан ҳаракат қилади. Таёкча бир жинсли бўлганлигидан $m_1 = m/3$ ва бинобарин,

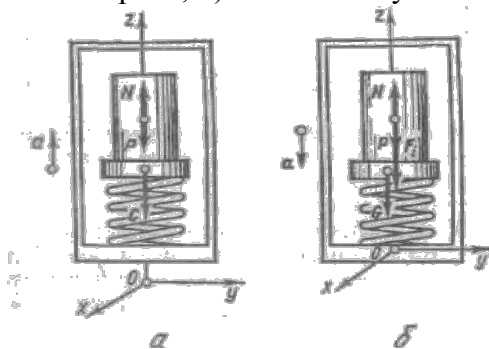
$$a = \frac{F_2 - T}{m/3}.$$

(1) ва (2) тенгликларнинг ўнг томонларини тенглаштариб, топилган натижадан чўзиш кучи T ни аниқлаймиз:

$$T = F_2 - \frac{F_2 - F_1}{3}.$$

F_2 ва F_1 ларнинг қийматларини ўрнига қўйсак: $T = 80$ Н.

2- мисол. Лифт ичидаги пружинали тарозида массаси $m = 10$ кг бўлган жисм турибди (2.2, а-расм). Лифт $a = 2$ м/с² тезланиш билан ҳаракатланмокда. Лифтнинг тезланиши: 1) тик юқорига; 2) тик пастга йўналганда, тарозининг кўрсатишлари аниқлансин.



2.2- расм

Е ч и ш . Тарозининг кўрсатишларини топиш жисмнинг вазни P ни, яъни жисм томонидан пружинага таъсир этувчи кучни топиш демакдир. Лекин бу куч, Ньютоннинг учинчи қонунига биноан, пружина ўзига маҳкамланган тарози палласи воситасида жисмга таъсир этувчи F қайишқок кучга (таянчнинг реакция кучига) микдоран тенг ва йўналиши қарма-қаршидир, яъни $P = -F$ ёки $P = FN$. (1)

Бинобарин, тарозининг кўрсатишини аниқлаш таянчнинг реакцияси N ни аниқлаш масаласига келтирилади.

Масалани инерциал санок тизимида ҳам, ноинерциал санок, тизимида ҳам ечиш мумкин.

Инерциал санок тизимида ечиш. Жисмга иккита куч — оғирлик кучи $\vec{P}$ ва $\vec{N}$ куч таъсир этади. $\vec{Z}$ ўқни тик юқорига йўналтирамиз ва жисмга таъсир этувчи барча кучларни унга проекциялаймиз. Кучлар ва уларнинг проекциялари микдоран мос келганликлари туфайли проекциялардаги z кўрсаткичларини ташлаб юборамиз. Кучларнинг йўналишларини мусбат ёки манфий ишора билан ҳисобга оламиз. Ҳаракат тенгламасини ёзамиз:

$$N - P = ma$$

бундан

$$N = P + m a = m (g + a). \quad (2)$$

(1) ва (2) тенгламалардан

$$P = m(g + a).$$

Тарози курсатишии ҳисоблашда тезланишнинг ишорасини ҳисобга олмоқ керак:

1) тезланиш тик юқорига йўналган ($a > 0$), у ҳолда

$$P_1 = 10(9,81 + 2)H = 118 \text{ Н}.$$

2) тезланиш тик пастга йўналган ($a < 0$), у ҳолда

$$P_2 = 10(9,81 - 2)H = 78 \text{ Н}.$$

Шуни таъкидлаб ўтамизки, лифт тезлигининг модули ҳам, йўналиши ҳам тарозининг кўрсатишига таъсир этмайди. Фақат тезланишнинг катталиги ва йўналиши аҳамиятга эга.

Ноинерциал санок, тизимида, яъни лифт билан биргаликда тезланиш билан ҳаракат қилаётган санок тизимида ечиш. Буидай санок тизимида Ньютон конунлари бажарилмайди. Бирок, Даламбер тамойили (принципи) га асосан, жисмга таъсир этувчи кучларга қўшимча

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

инерция кучи ҳам қўйилса, унда бу куч ҳисобга олинганда Ньютон конунлари ўринли бўлади (бунда $\vec{a}$ — санок тизимининг тезланиши). Бу ҳолда жисмга учта куч таъсир қилади:

огирлик кучи P , кайишқоқлик кучи N ва инерция кучи $\vec{F}_i$ (2,2 б- расм). Бу кучлар таъсирида жисм мазкур ноинерциал санок тизимида тинч туради. Демак, динамика тенгламлари (Ньютон конунлари) ўрнига статика конунларидан фойдаланиш мумкин. Агар жисм кучлар тизими таъсирида ҳаракатсиз турса, демак бу кучларнинг геометрик йиғиндисин нолга тенг. Мазкур ҳолда бу қуйидаги тенгликда ифодаланади:

$$\vec{P} + \vec{N} + \vec{F}_i = 0.$$

Бу кучларни z ўқига проекциялаймиз ва уларнинг проекциялари учун мос тенгликларни ёзамиз (z индексини тушириб қолдирамиз):

$$N - P - ma = 0$$

бундан таянчнинг реакция кучи

$$N = P + m a = m (g + a),$$

(1) ва (3) тенгликдан

$$F = (g + a)m$$

натижа келиб чиқадики, у инерциал санок тизимида олинган натижа билан мос.

3- мисол. $m_1 = 200$ кг массали босқон сандон билан биргаликдаги массаси 2500 кг бўлган m_2 массали болғаланувчига тушмоқда. Босқоннинг зарба пайтидаги v_1 тезлиги 2 м/с га тенг. 1) босқоннинг зарба пайтидаги кинетик энергияси T_2 ; 2) асосга берилган энергия T_2 3) болғаланувчининг шаклнинг ўзгартиришга сарфлаган энергия T ; 4) босқоннинг болғаланувчига зарбасининг фойдали иш коэффициенти (ФИК) η аниқлансин. Босқоннинг болғаланувчига зарбаси ноқайишқоқ деб қаралсин.

Е ч и ш : 1. Босқоннинг зарба пайтидаги кинетик энергиясини $T_2 = \frac{m_1 v_1^2}{2}$

формулага асосан топамиз. m_1 ва v_1 ларнинг кийматларини қўйиб ва ҳисоблаш ўтказиб T_1 ин топамиз $T_1 = 400$ Ж.

2. Асосга берилган энергияни аниқлаш учун беаосита зарбадан сунгги ондаги босқон — болғаланувчи (сандон билан биргаликда) тизимининг тезлигини топамиз. Бунинг учун, икки жисмнинг ноқайишқоқ урилиши ҳолида қуйидаги кўринишга эга бўладиган импульсининг сакланиш конунини қўлаймиз $m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2)u$, бу орда v_2 — болғаланувчининг (сандон билан биргаликда) гчарбадан олдинги тезлиги; u — босқон ва болғаланувчининг (сандон билан биргаликда) бевосита зарбадан кейинги тезлиги. Зарпагача болғаланувчи ва сандон ҳаракатсиз турганликлари учун $v_2 = 0$. Ноқайишқоқ урилишда деформация (шаклнинг ўзгариши) тикланмайди, натижада босқон ва болғаланувчи (сандон билан биргаликда) бир бутуи тизим сифатида, яъни бир хил u тезлик билан ҳаракатланади. (1) формуладан бу тезликни топамиз:

$$u = \frac{m_1}{m_1 + m_2} u_1$$

Асоснинг каршилиги натижасида тезлик u тез сўнади, босқон — болғаланувчи (сандон билан биргаликда) тизимининг кинетик энергияси эса асосга узатилади. Бу энергияни куидаги формула бўйича топамиз

$$T_2 = \frac{m_1 + m_2}{2} u^2.$$

Тезлик u ни (2) ифодаси билан алмаштирамыз; $T_2 = \frac{m_1^2 v_1^2}{2(m_1 + m_2)}$ ёки $T_1 = m_1 v_{1m}^2 / 2$

эканлигини ҳисобга олиб, ёзамиз:

$$T_2 = \frac{m_1}{m_1 + m_2} T_1$$

m_1 , m_2 ва T_1 ларнинг қийматларини (3) тенгламага қўйиб ва ҳисоблаш ўтказиб, T_2 ни топамиз: $T_2 = 29,6$ Ж.

3. Босқоннинг зарбагача бўлган энергияси T_1 , T_2 — асосга берилган энергия. Бинобарин болғаланувчининг шаклини ўзгартириш учун фойдаланилган энергия

$$T = T_1 - T_2$$

Бу ифодага T_1 ва T_2 ларнинг қийматларини қўйиб, T ни топамиз: $T = 370$ Ж.

4. Босқоннинг вазифаси — сандон устида турган болғаланувчига зарба бериш йўли билан унинг шаклини ўзгартиришдир. Демак, T энергияни фойдали энергия деб ҳисоблаш керак. Босқоннинг болғаланувчига зарбасининг ФИК болғаланувчининг шаклини ўзгартиришга сарфланадиган T энергиянинг сарфланган тўла энергия T_1 га нисбатига тенг:

$$\eta = \frac{T}{T_1} \quad \text{ёки} \quad \eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

(3) дан T ни охириги ифодага қўйсак,

$$\eta = m_2 / (m_1 + m_2).$$

m_1 ва m_2 ларнинг қийматларини қўйиб, η ни топамиз

$$\eta = 92,6\%$$

(9-мисолнинг охиридаги эслатмага қarang).

4-мисол. $m_1 = 500$ кг массали козикоёк қоқувчи болғанинг ургичи $m_2 = 100$ кг массали козикоёкка $v_1 = 4$ м/с тезлик билан тушади. 1) Ургичнинг урилиш пайтидаги кинетик энергияси T_1 ; 2) козикоёкни тупрокка киритиш учун сарфланган энергия T_2 3) Кинетик энергиянинг тизимнинг ички энергиясига ўтган қисми T ; 4) ургичнинг козик оёкка урилишининг ФИК η аниқлансин.

Ургичнинг козикоёкка урилишини ноқайишқоқ деб қаралсин.

Е ч и ш: 1. Ургичнинг козикоёкка урилиш пайтидаги кинетик энергиясини $T = m_1 v_1^2 / 2$ формулага биноан топамиз. m_1 ва v_1 ларнинг қийматларини қўйиб ҳисобласак,

$$T_1 = (500 \cdot 4^2) / 2 \text{ Ж} = 4000 \text{ Ж} = 4 \text{ кЖ}.$$

2. Қозикни тупрокка киритишга сарфланган энергияни топиш учун ургич—козикоёк тизимининг бевосита зарбадан кейинги тезлигини топамиз. Бунинг учун ноқайишқоқ урилиш ҳолида қуйидаги қўринишга эга бўладиган импульсининг сақланиш қонунидан фойдаланамиз:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) u,$$

бу ерда v_2 — ургичнинг зарбадан олдинги тезлиги u ургич ва қозикёвқнинг бевосита зарбадан кейинги тезлиги. Қозикёк зарбигача ҳаракатсиз турганлиги учун $v_2 = 0$. Урилиш ноқайишқоқ бўлганлиги туфайли ургич ва қозикёк урилишдан кейин бир бутун тизим сифатида, яъни бирхил тезлик билан ҳаракатланади.

(1) формуладан бу тезликни топамиз:

$$U = \frac{m_1}{m_1 + m_2} v_1.$$

Тупроқнинг қаршилиги натижасида ургич ва қозикаёқнинг урилишдан кейинги тезлиги тезда сўнади. Ургич- қозикаёқ тизимининг кинетик энергияси эса қозикаёқни тупроққа киритишга сарфланади. Бу энергияни $T_2 = \frac{(m_1 + m_2)}{2} u^2$ формулага асосан топамиз. Тезлик u ни (2) ифода билан

алмаштирамиз:

$$T_2 = \frac{m_1^2 v_1^2}{2(m_1 + m_2)}$$

ёки $T_1 = m_1 v_1^2 / 2$ эканлигини ҳисобга олсак,

$$T_2 = \frac{m_1}{m_1 + m_2} T_1. \quad (3)$$

m_1, m_2 ва T_1 ларнинг қийматларини (3) тенгламага қўйиб, ҳисоблашларни ўтказсак,
 $T_2 = [500 / (5004 - 100)] \cdot 4 \cdot 10^3 \text{ Ж} = 3,33 \cdot 10^3 \text{ Ж} = 3,33 \text{ кЖ}$

3. Ургичнинг зарбагача бўлган энергияси T_1 ; T_2 — қозикаёқни тупроққа киритиш учун сарфланган энергия. Демак, энергиянинг қозикаёқнинг ноқайишқок деформацияланиши натижасида ички энергияга айланган қисми

$$T = T_1 - T_2.$$

Бу ифодага T_1 ва T_2 ларнинг қийматларини қўйсак,

$$T = 0,67 \text{ кЖ}.$$

4. Қозикаёқ қоқадиган болға қозикаёқни тупроққа киритишга хизмат қилади; демак T_4 энергияни фойдали энергия деб ҳисоблаш мумкин. Ургичнинг қозикаёққа урилишининг ФИК қозикаёқни тупроққа киритиш учун сарфланган T_2 энергиянинг сарфланган тўла энергия T_2 га нисбати каби ифодаланади:

$$\eta = \frac{T_2}{T_1}.$$

(3) формуладаги T_2 ни охириги ифодага қўйиб, қуйидагини оламиз

$$\eta = m_1 / (m_1 + m_2)$$

m_1 ва m_2 ларнинг қийматларини қўйиб ҳисобласак,

Масалалар

Ньютоннинг иккинчи қонуни

1. Силлик стол устида массаси $m = 4$ кг бўлган тахтача (брусок) турибди. Тахтачага чилвир боғланган бўлиб, чилвирнинг иккинчи учида стол сиртига параллел йўналган $F = 10 \text{ Н}$ куч қўйилган. Тахтачанинг тезланиши a топилсин.

2. Столда $m_1 = 4$ кг массали аравача турибди. Аравачага иккинчи учи чиғир орқали ташланган чилвир боғлаб қўйилган. Агар чилвирнинг иккинчи учига $m_2 = 1$ кг массали тош осилса, аравача қандай a тезланиш билан ҳаракат қилади?

3. Пружинали тарозига чиғир осилган. Чиғир орқали ташланган чилвирнинг учларига массалари $m_1 = 1,5$ кг ва $m_2 = 3$ кг бўлган юкларми боғладилар. Юклар ҳаракатланган пайтда тарозининг кўрсатиши қандай бўлади? Чиғирнинг ва чилвирнинг массалари ҳисобга олинмасин.

4. Массалари $m_1 = 1$ кг ва $m_2 = 4$ кг бўлган, чилвир билан бирлаштирилган иккита тахтача стол устида турибди. Агар улардан бирига горизонталь йўналган $F = 10 \text{ Н}$ куч қўйилса, таёкчалар қандай a тезланиш билан ҳаракатланадилар? Агар 10 Н куч биринчи таёкчага қўйилган бўлса, чилвирнинг таранглик кучи T нимага тенг бўлади? Иккинчи таёкчага қўйилган бўлса-чи? Ишқаланиш ҳисобга олинмасин.

5. Массаси $m = 4$ кг бўлган таёкча силлик стол устида турибди. Таёкчага столнинг қарма-қарши қирраларида ҳаракатсиз қилиб маҳкамланган чиғирлар орқали ошириб ташланган иккита чилвир боғланган. Чилвирларнинг учларига массалари $m_1 = 1$ кг ва $m_2 = 2$ кг бўлган тошлар осилган. Таёкчанинг ҳаракатланиш тезланиши a ва ҳар бир чилвирнинг таранглик кучи T топилсин. Чиғирларнинг массалари ва ишқаланиш ҳисобга олинмасин.

6. $m=4$ т массали босқон $L = 2$ м баландликдан сандонга тушади. Зарбанинг таъсир этиш вақти $t = 0,01$ с. Зарба кучининг ўртача қиймати $\langle F \rangle$ аниқлансин.
7. Муз сирти бўйлаб $v_0=20$ м/с бошланғич тезлик билан ҳаракатлантирилган шайба $t = 40$ с дан кейин тўхтади. Шайбанинг музга ишқаланиш коэффициентини f топилисин.
8. $m=1$ кг массали моддий нукта текис ҳаракатланиб, $t = 2$ с вақт давомида радиуси $r = 1,2$ м бўлган чорак айлана чизади. Нукта импульсининг ўзгариши Δp топилисин.
9. $m = 5$ кг массали жисм уфқ, текислигига нисбатан $\alpha = 30^\circ$ бурчак остида $v_0 = 20$ м/с бошланғич тезлик билан отилган. Ҳавонинг қаршилигини ҳисобга олмай: 1) учиш вақтида жисмга таъсир этувчи куч импульси F ; 2) учиш вақтида жисм импульсининг ўзгариши Δp топилисин.
10. Ер сиртидан тик юқорига қараб учирилган $m = 1$ т массали фазовий кема $a = 2g$ тезланиш билан кўтарилмоқда. Соплодан отилиб чиқаётган газ оқимининг тезлиги $v = 1200$ м/с. Сарфланаётган ёқилғи миқдори Q_m топилисин.
11. Фазо кемасининг массаси $m = 3,5$ т. Маиевр пайтнда унинг двигателидан $v = 800$ м/с тезликда газ оқими отилиб чиқади; ёқилғи сарфи $Q_m = 0,2$ кг/с. Двигателларнинг реактив кучи R ва унинг кемага берадиган тезланиши a топилисин.
12. Паррагининг d диаметри 18 м, массаси $m = 3,5$ т бўлган вертолет ҳавода муаллақ турибди. Паррак ҳаво оқимини қандай тезлик билан тик пастга ҳайдайди? Оқим диаметри паррак диаметрига тенг, деб ҳисоблансин.
13. $m_2 = 5$ кг массали тахтача уфқ текислигида ишқаланишсиз эркин сирпанади. Унинг устида $m_1 = 1$ кг массали бошқа тахтача бор. Тахтачаларнинг ўзаро тегиб турган сиртлари орасидаги ишқаланиш коэффициентини $f = 0,3$. Юқоридаги тахтача сирпана бошлаши учун пастдаги тахтача қуйилиши керак бўлган кучнинг максимал қиймати F_{max} аниқлансин.
14. Сайёра уфқ текислиги йўналишида $a = 20$ м/с² тезланиш билан учмоқда. Сайёрадаги йўловчининг ортикча юқланиши қанча? (Ортикча юқланиш деб йўловчига таъсир этувчи F кучнинг оғирлик кучи P га нисбатига айтилади).
15. Керосин солинган автоцистерна $a = 0,7$ м/с² тезланиш билан ҳаракатланмоқда. Цистернадаги керосин сатҳи уфқ. текислигига нисбатан қандай ϕ бурчак остида жойлашган?
16. Бевосита паровозга тиркалган сув сақланадиган вагон (тендер) дағи идишнинг узунлиги $l = 4$ м. Поезд $a = 0,5$ м/с² тезланиш билан ҳаракатланганда идишнинг ачд ва орқа қисмларидаги сув сатҳларининг фарқи Δl қандай бўлади?
17. Сув оқими оқим йўналишига $\phi = 60^\circ$ бурчак остида қўйилган ҳаракатсиз текисликка урилади. Оқимнинг тезлиги $v = 20$ м/с. Қўндаланг кесимининг юзаси $S = 5$ см². Оқимнинг текисликка босим кучи F аниқлансин.
18. Массаси $m = 2$ т бўлган катер сокин сувда ҳаракатлана бошлаб $t = 10$ с давомида $v = 4$ м/с тезликка эришди. Моторнинг тортиш кучи аниқлансин. У ўзгармас деб ҳисоблансин. Ҳаракатга Қаршилнк кучи F_k тезликка мутаносиб деб олинсин; қаршилиқ коэффициентини $k = 100$ кг/с

5-МАШҒУЛОТ

АЙЛАНМА ҲАРАКАТ ДИНАМИКАСИГА ДОИР МАСАЛАЛАР ЕЧИШ

Асосий формулалар

Жисмга таъсир этаётган P кучнинг айланиш ўқиға нисбатан моменти $M = F L$ бу ерда $F_{\pm} = F$ кучнинг айланиш ўқиға тик текисликдаги проекцияси; L — куч елкаси (айланиш ўқидан кучнинг таъсир чизиғигача бўлган энг қисқа масофа).

•Айланиш ўқиға нисбатан инерция моменти:

- а) моддий нукта учун
$$I = mr^2$$
 бу ерда m — нукта массаси; r — ундан айланиш ўқиғача бўлган масофа;
- б) дискрет қаттиқ жисм учун

$$J = \sum_{i=1}^n \Delta m r_i^2$$

бу ерда Δm — жисм i - элементининг массаси; r_i -шу элементдан айланиш ўқиғача бўлган масофа; n — жисм элементлари сони; в) яхлит каттик жисм учун

$$J = \int r^2 dm$$

Агар жисм бир жинсли, яъни унинг зичлиги ρ бутун ҳажм бўйича бир хил бўлса, у ҳолда

$$dm = \rho dV \quad \text{ва} \quad J = \rho \int r^2 dV$$

бу ерда V — жисмнинг ҳажми.

• **Штейнер теоремаси.** Ихтиёрий ўққа нисбатан жисмнинг инерция моменти

$$J = J_0 + ma^2$$

бу ерда J_0 шу жисмнинг берилган ўққа параллел ва оғирлик марказидан ўтувчи ўққа нисбатан инерция моменти; a — ўқлар орасидаги масофа; m — жисмнинг массаси.

• Айланаётган жисмнинг ўққа нисбатан импульс

$$L = J\omega$$

• Импульс моментининг сақланиш қонуни моменти $\sum_{i=1}^n L_i = \text{const}$

бу ерда L_i тизим таркибига кирувчи i - жисмнинг импульс моменти.

Иккита ўзаро таъсирлашувчи жисмлар учун импульс моменти-нинг сақланиш қонуни

$$J_1 \omega_1 + J_2 \omega_2 = J'_1 \omega'_1 + J'_2 \omega'_2$$

бу ерда $J_1, J_2, \omega_1, \omega_2$ — жисмларнинг ўзаро таъсиргача бўлган инерция моментлари ва бурчак тезликлари; $J'_1, J'_2, \omega'_1, \omega'_2$ ўзаро таъсирдан кейинги ўша катталиклар.

Инерция моменти ўзгарадиган битта жисм учун импульс моментининг сақланиш қонуни

$$J'_1 \omega_1 = J'_2 \omega_2$$

бу ерда J_1 ва J_2 бошланғич ва охириги инерция моментлари; ω_1, ω_2 ва жисмнинг бошланғич ва охириги бурчак тезликлари.

• Қўзғалмас ўққа нисбатан каттик. жисм айланма ҳаракат динамикасининг асосий

қонуни.
$$Mdt = d(J\vec{\omega})$$

бу ерда $M \cdot dt$ вақт давомида жисмга таъсир этувчи куч моменти; J -жисмнинг инерция моменти; ω — бурчак тезлик; $J\omega$ — импульс моменти.

Агар куч моменти ва инерция моменти ўзгармас бўлса, у ҳолда бу

$$M\Delta t = J\Delta\vec{\omega}$$

тенглама куйидаги кўринишда ёзилади

• Айланаётган жисмга таъсир этувчи M ўзгармас кўч моментининг иши

$$A = M\phi$$

бу ерда ϕ — жисмнинг бурилиш бурчаги.

• Жисм айланаётганда эришиладиган оний қувват

$$N = M\omega$$

• Айланаётган жисмнинг кинетик энергияси
$$T = \frac{1}{2} J\omega^2$$

• Текислик бўйлаб сирпанишсиз думалаётган жисмнинг кинетик энергияси

$$T = \frac{1}{2} m \omega^2 + \frac{1}{2} J \omega^2$$

бу ерда $\frac{1}{2} m \vartheta^2$ жисмнинг илгариланма ҳаракат кинетик энергияси; v — жисм инерция марказининг тезлиги, $\frac{1}{2} J \omega^2$ — жисмнинг инерция марказидан ўтувчи ўқ атрофидаги айланма ҳаракат кинетик энергияси.

• Жисм айланишида бажариладиган иш ва унинг кинетик энергиясининг ўзгариши қуйидаги муносабат орқали боғланган

$$A = \frac{1}{2} J \omega_2^2 - \frac{1}{2} J \omega_1^2$$

Масалалар ечишга доир мисоллар

1- мисол. Физик тебрангич (маятник) узунлиги $l = 1$ м ва массаси $m = 1$ кг бўлган учларидан бирига массаси $m = 0,5 \cdot m_1$ ўлган диск маҳкамланган стержендан иборат. Шундай тебрангичнинг таёқчадаги O нуқтадан ўтувчи, чизма текислигига тик бўлган (3.2-расм) Oz ўқиға нисбатан инерция моменти J_z аниқлансин.

Е ч и ш . Тебрангичнинг умумий инерция моменти стерженнинг J_{z_1} ва дискнинг J_{z_2} инерция моментларининг йиғиндисига тенг:

$$J_z = J_{z_1} + J_{z_2}$$

Стерженнинг ва дискнинг масса марказларидан ўтувчи ўққа нисбатан инерция моментлари ва Угларни ҳисоблаш формулалари 53-бетдаги жадвалда берилган. J_{z_1} ва J_{z_2} инерция моментларини аниқлаш учун эса Штейнер теоремасидан фойдаланиш керак:

$$J = J_c + m a^2$$

формулага асосан стерженнинг инерция моментини ифодалаймиз

$$J_{z_1} = \frac{1}{12} m_1 l^2 + m_1 a_1^2$$

Oz ўқ ва унга параллел равишда стерженнинг масса маркази C_1 дан ўтувчи ўқ орасидаги масофа, 3.2- расмдан келиб чиқадиганидек, ушбуга тенг. Буни ҳисобга олиб, қуйидагини ёзамиз

$$J_{z_1} = \frac{1}{2} m_1 l^2 + m_1 \left(\frac{1}{6} l \right)^2 = \frac{1}{9} m_1 l^2 = 0,111 m_1 l^2$$

2) формулага асосан, стержиннинг инерция моменти ифодаламиз

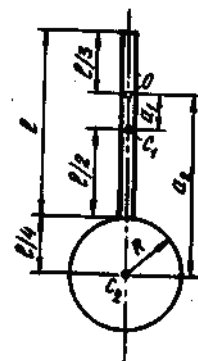
$$J_{z_2} = \frac{1}{2} m_2 R^2 + m_2 a_2^2$$

Oz ўқ ва унга параллел равишда стержиннинг масса марказидан ўтувчи ўқ орасидаги a_1 масофа, 3,2 равишда келиб чиқадиганидек, ушбуга $\frac{1}{2} l - \frac{1}{3} = \frac{1}{6} l$ тенг: 3-2 расм).

Буни ҳисобга олиб қуйидагини ёзамиз

$$J_{z_2} = \frac{1}{2} m_2 \left(\frac{1}{4} l \right)^2 + m_2 \left(\frac{11}{12} l \right)^2 = 0,0312 m_2 l^2 + 0,48 m_2 l^2 = 0,871 m_2 l^2$$

J_{z_1} ва J_{z_2} лар учун ҳосил қилинган ифодаларни (1) формулага



$$J_{z_2} = 0,111m_1l^2 + 0,871m_2l^2 = (0,111m_1l^2 + 0,871m_2l^2)$$

еки $m_2 = 0,5 \cdot m$ эканлигини ҳисобга олсак ,

$$J_z = 0,547m_1l^2$$

Ҳисоблаш ўтказиб, физик тебрангичнинг Oz укига нисбатан инерция моментининг кийматинин олсак,

$$J_z = 0,457 \cdot 1 \cdot \text{кг} \cdot \text{м}^2 = 0,547 \text{кг} \cdot \text{м}^2$$

2- мисол. Массаси $m = 50$ кг ва радиуси $r = 20$ см бўлган диск кўринишидаги ғилдирак $n = 480$ мин⁻¹ частотагача айлантирилган ва сўнгга эркин қўйилган. Ишқаланиш натижасида ғилдирак тўхтади. Ишқаланиш кучининг momenti M ни ўзгармас деб ҳисоблаб, у қуйидаги икки ҳол учун топилсин: 1) ғилдирак $t = 50$ с дан кейин тўхтади; 2) ғилдирак тўла тўхтагунча $N = 200$ марта айланди.

Е ч и ш . 1. Айланма ҳаракат динамикасининг асосий қонунига биноан айланма ҳаракат қилаётган жисм импульс моментининг ўзгариши жисмга таъсир этаётган куч momenti билан шу момент таъсир вақтининг кўпайтмасига тенг:

$$M \cdot \Delta t = J\omega_2 - J\omega_1$$

бу ерда J — ғилдиракнинг инерция momenti; ω_1 ва ω_2 — бошланғич ва охириги бурчак тезликлар. 2) $\omega_2 = 0$ ва $M = T$ бўлганлигидан бундан

$$M = -J \frac{\omega_1}{t}$$

Дискнинг геометрик ўкига нисбатан инерция momenti $I = \frac{1}{2}mr^2$. Бу ифодани (1)

формулага қўйсак,

$$M = -\frac{mr^2\omega_1}{2t}$$

Бурчак тезлик (1) ни айланиш частотаси n_1 орқали ифодалаб,

(2) формулага асосан ҳисоблаш ўтказсак, $M = -1$ Нм

2. Масаланинг шартида ғилдиракнинг тўхтагунча қилган айланишлар сони, яъни унинг бурчак силжиши берилган. Шунинг учун ҳам иш билан кинетик энергия ўзгаришининг ўзаро боғланишини ифодаловчи формулани қўлаймиз:

$$A = J \frac{\omega_2^2}{2} - J \frac{\omega_1^2}{2}$$

еки $\omega_2 = 0$ эканлигини ҳисобга олсак

$$A = -J \frac{\omega_1^2}{2}$$

Айланма ҳаракатда иш $A = M\varphi$ формула ёрдамида аниқланади. Ишнинг ва инерция моментининг ифодаларини (3) формулага қўйсак,

$$M\varphi = -mr^2 \frac{\omega_1^2}{4}$$

бундан ишқаланиш кучининг momenti

$$M\varphi = -mr^2 \frac{\omega_1^2}{4\varphi}$$

Бурилишбурчаги $\varphi = 2\pi N = 2,3,14 \cdot 200$ рад = 1256 рад. (1) формулага асосан ҳисоблашларни ўтказиб қуйидагини оламиз. $M = -1$ Нм

Манфий ишора ишқаланиш кучи momenti тўхтатувчи таъсир кўрсатишини ифодалайди.

3- мисол. Радиуси $R = 1,5$ м ва массаси $m_1 = 180$ кг бўлган диск кўринишидаги

платформа тик ўқи атрофида инерция бўйича

$n = 10 \text{ мин}^{-1}$ частота билан айланади. Платформа марказида

$m_2 = 60 \text{ кг}$ массали одам турибди. Агар одам платформанинг чеккасига ўтса, унда одамнинг бино полига нисбатан чизиқли тезлиги қандай бўлади?

Е ч и ш. Импульс моментининг сақланиш қонунига биноан

$$(J_1 + J_2)\omega' = (J_1 + J_2)\omega'$$

бунда J_1 —платформанинг инерция моменти; J_2 — платформа марказида турган одамнинг инерция моменти; ш — одам маркази-да турган пайтдаги платформанинг бурчактезлиги; J_2 — платфор-манинг чеккасида турган одамнинг инерция моменти; ω — одам чеккасида турган пайтдаги платформанинг бурчак тезлиги.

Платформанинг чеккасида турган одамнинг чизиқли тезлиги бурчак тезлик билан қуйидаги муносабат оркали боғланган

$$g = \omega'R \quad (1)$$

(1) тенгламадан ω ни аниқлаб ва олинган ифодани (2) формулага қўйиб қуйидагини оламиз

$$g = \frac{(J_1 + J_2)\omega R}{J_1 + J_2}$$

Платформанинг инерция моментини дискники каби ҳисоблай-миз, бинобарин

$J_1 = \frac{1}{2}m_1R^2$ Одамнинг инерция моментини эса моддий нуқтаникидек

ҳисоблаймиз. Шунинг учун $J_2=0$. $J_2=m_2R^2$. Одам четига ўтгунча платформанинг бурчак тезлиги $\omega = 2\pi n$.

(3) формуладаги J_1 , J_2 ва ω катталикларни ўз ифодалари билан алмаштириб, қуйидагини оламиз

$$g = \frac{\frac{1}{2}m_1R^2}{\frac{1}{2}m_1R^2} \cdot 2\pi nR = \frac{m_1}{m_1 + 2m_2} \cdot 2\pi nR$$

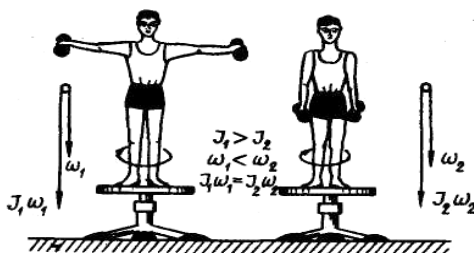
m_1, m_2, n, R ва π ларнинг қийматларини ўрнига қўйиб, одамнинг чизиқли тезлигини

$$\text{топамиз: } g = \frac{180}{180 + 260} \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{10}{60} 1,5 \text{ м/с} = 0,942 \text{ м/с}$$

7- Мисол. Одам Жуковский курсисининг ўртасида турибди ва инерция бўйича у билан биргаликда айланмоқда. Айланиш частотаси $n_1=0,5\text{с}^{-1}$. Одам жисмининг айланиш ўқиға нисбатан инерция моменти $J_0=1,6 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$. Одам ён томонга чўзилган қўлларида ҳар бирининг массаси $m = 2 \text{ кг}$ дан бўлган тошларни тутиб турибди. Тошлар орасидаги масофа $l = 1,6 \text{ м}$. Одам қўлларини туширганда ва тошлар орасидаги масофа $l = 0,4 \text{ м}$ бўлиб қолганда курсининг одам билан биргаликдаги айланиш час-тотаси «2 аниқлансин. Курсининг инерция моменти ҳисобга олин-масин.

Е ч и ш. Тошларни тутиб турган одам (3.5- расм) курси билан биргаликда ёпиқ механик тизимни Ташқил этади*, шунинг учун ҳам бу тизимнинг импульс моменти $J\omega$ ўзгармас қийматга эга бўлиши керак. Бинобарин, мазкур ҳол учун

$$J_1\omega_1 = J_2\omega_2$$



бу ерда J_1 ва ω_1 — одам жисмининг инерция моменти ва курси амда қўллари чўзилган одамнинг бурчак тезлиги; J_2 ва ω_2 — одам сисмининг инерция моменти ва курсининг қўллари тушилган одам илан биргаликдаги бурчак тезлиги. Бундан

$$\omega_2 = \frac{J_1}{J_2} \omega_1$$

Бу тенгламада бурчак тезликлар оя ва сағ ни айланиш частоталари n_1 ва n_2 лар оркали ифодалаб, $\omega = 2\pi n$ ва 2π га қисқартириб, уйидагини оламиз

$$n_2 = \frac{J_1}{J_2} n_1$$

Мазкур масалада қўрилатган тизимнинг инерция моменти одам жисмининг инерция моменти J билан одам қўлидаги тошлар инерция моментининг йиғиндисига тенг. Тошларнинг ўлчамлари глардан айланиш ўқиғача бўлган масофадан кўп марта кичик бўлганлиги туфайли тошнинг инерция моментини моддий нуқтанинг инерция моменти формуласи ёрдамида

аниклаш мумкин: $J = mr^2$. Бинобарин*.

$$J_1 = J_0 + 2m\left(\frac{l_1}{2}\right)^2 \quad J_2 = J_0 + 2m\left(\frac{l_2}{2}\right)^2$$

бу ерда m — ҳар бир тошнинг массаси; l_1 ва l_2 — тошлар орасидаги бошланғич ва

охирги масофалар l_1 ва l_2 ларнинг

$$n_2 = \frac{J_1 + 2m\left(\frac{l_1}{2}\right)^2}{J_0 + 2m\left(\frac{l_2}{2}\right)^2} \cdot n_1$$

ифодаларини (1) формулага қўйсак,

$$n_2 = \frac{J_1}{J_2} n_1$$

(2) формула бўйича ҳисоблашни бажариб қуйидагини топамиз $n_2 = 1,18 \text{ с}^{-1}$

Масалалар

Инерция моменти

1. $m=0,3$ кг массали моддий нуқтанинг нуқтадан $r = 20$ см узоқликдан ўтган ўққа нисбатан инерция моменти J ниқлансин. Ҳар бирининг массаси $m=10$ г дан бўлган иккита кичик шарча узунлиги $l=20$ см бўлган ингичка, вазнсиз таёқча ёрдамида маҳкамланган. Тизимнинг таёқчага тик ва массалар марказидан ўтувчи ўққа нисбатан инерция моменти J аниқлансин.

2. Массалари $m = 10$ г бўлган учта кичкина шарча томонлари $a = 20$ см бўлган тенг томонли учбурчакнинг учларида жойлашган ва ўзаро маҳкамланган. Тизимнинг инерция моменти қуйидаги ўқларга нисбатан аниқлансин: 1) учбурчак текислигига тик равишда унинг ташқи айланасининг марказидан ўтувчи; 2) учбурчак текислигида ўтувчи ва унинг ташқи айланасининг маркази ҳамда учбурчак учларининг биридан ўтувчи. Шарларни туташтирувчи таёқчаларнинг массаси ҳисобга олинмасин.

3. Узунлиги $l = 30$ см ва массаси $m = 100$ г бўлган ингичка бир жинсли таёқчанинг таёқчага тик ва унинг: 1) учларидан; 2) ўртасидан; 3) таёқчанинг учидан

ҳисоблаганда узунлигининг $1/3$ қисмига тенг масофадаги нуктадан ўтувчи ўққа нисбатан инерция моменти J аниқлансин.

4. Узунлиги $l = 60$ см ва массаси $m = 100$ г бўлган ингичка бир жинсли таёкчанинг унга тик ва таёкчанинг учларидан биридан $a = 20$ см масофадаги нуктасидан ўтувчи ўққа нисбатан инерция моменти J аниқлансин.

5. Томонлари $a = 12$ см ва $b = 16$ см бўлган, симдан ясалган тўғри тўртбурчакнинг тўғри тўртбурчак текислигида ётувчи ва кичик томоннинг ўртасидан ўтувчи ўққа нисбатан инерция моменти J ҳисоблансин. Массасим узунлиги бўйлаб $\tau = 0,1$ кг/м чизиқли зичлик билан бир текис тақсимланган.

6. Радиуси $R = 20$ см ва массаси $m = 100$ г бўлган ингичка бир жинсли ҳалқанинг ҳалқа текислигида ётувчи ва унинг марказидан ўтувчи ўққа нисбатан инерция моменти J топилсин.

7. Массаси $m = 50$ г ва радиуси $R = 10$ см бўлган ҳалқанинг ҳалқага уринма бўлган ўққа нисбатан инерция моменти J аниқлансин.

8. Дискнинг диаметри $d = 20$ см, массаси $m = 800$ г. радиусларидан бирининг марказидан диск текислигига тик равишда ўтган ўққа нисбатан инерция моменти J аниқлансин.

9. Массаси $m = 800$ г бўлган ясси бир жинсли тўғри бурчакли пластинанинг томонларидан бири билан мос тушувчи ўққа нисбатан инерция моменти J топилсин. Пластинанинг бошқа томонининг узунлиги $a = 40$ см деб олинсин.

Айланма ҳаракат динамикасининг асосий тенгламаси

10. Ғилдирак ва радиуси $R = 5$ см бўлган енгил шкив горизонтал ўққа ўрнатилган. Шкивга массаси $m = 0,4$ кг бўлган юк боғланган чилвир ўралган. Юк текис тазланувчан ҳаракат қилиб тушишда $t = 3$ с вақтда $S = 1,8$ м йўлни ўтди. Ғилдиракнинг инерция моменти / аниқлансин. Шкивнинг массаси ҳисобга олинмайдиган даражада кичик деб ҳисоблансин.

11. Массаси $m = 100$ кг ва радиуси $R = 5$ см бўлган вал $n = 8$ с⁻¹ частота билан айланаётган эди. Цилиндрик сиртига $F = 40$ Н кучга эга тормоз дастасининг босилиши натижасида $t = 10$ с дан кейин вал тўхтади. Ишқаланиш коэффициенти f аниқлансин.

12. Цилиндрга массаси цилиндр массасига нисбатан ҳисобга олинмайдиган даражада кичик бўлган ингичка қайишқоқ чўзилмас тасма ўралган. Тасманинг эркин учини таянчга маҳкамладилар ва цилиндрга оғирлик кучи таъсирида тушишга имкон бердилар. Агар цилиндр: 1) яхлит; 2) деворлари юпқа ковак бўлса, цилиндр ўқининг чизиқли тезлиги a аниқлансин.

13. Диск шаклидаги чиғир орқали чилвир ташланган. Чилвирнинг учларига массалари $m_1 = 100$ г ва $m_2 = 110$ г бўлган юкчалар боғланган. Агар чиғирнинг массаси $m = 400$ г бўлса, юкчалар қандай a тезланиш билан ҳаракат қилади? Чиғирнинг айланишидаги ишқаланиш аҳамиятсиз даражада кичик.

14. Массаси $m = 0,2$ кг бўлган кўзғалмас чиғир орқали ошириб ташланган чилвирнинг учларига массалари $m_1 = 0,3$ кг ва $m_2 = 0,5$ кг бўлган юклар осилган. Агар чиғирнинг массаси гардиш бўйлаб текис тақсимланган бўлса, юклар ҳаракатланган пайтда чиғирнинг ҳар иккала томонидаги чилвирнинг таранглик кучлари T_1 ва T_2 аниқлансин.

15. Массаси $m = 10$ кг ва радиуси $l = 20$ см бўлган шар ўз марказидан ўтувчи ўқ атрофида айланади. Шарнинг айланиш тенгламаси $\varphi = A + Bt^2 + Ct^3$ кўринишга эга, бунда $B = 4$ рад/с², $C = -1$ рад/с³. Шарга таъсир этаётган куч моментининг ўзгариш қонуни топилсин. Вақтнинг $t = 2$ с ондаги куч моменти M аниқлансин.

6-МАШҒУЛОТ

ИШ ВА ЭНЕРГИЯГА ДОИР МАСАЛАЛАР ЕЧИШ

Асосий формулалар

- Айланаётган жисмга таъсир этувчи M ўзгармас кўч моментининг иши

$$A = M \varphi$$

бу ерда φ — жисмнинг бурилиш бурчаги.

- Жисм айланаётганда эришиладиган оний қувват $N = M\omega$

- Айланаётган жисмнинг кинетик энергияси $T = \frac{1}{2} J\omega^2$

- Текислик бўйлаб сирпанишсиз думалаётган жисмнинг кинетик энергияси

$$T = \frac{1}{2} m\omega^2 + \frac{1}{2} J\omega^2$$

бу ерда $\frac{1}{2} m\omega^2$ жисмнинг илгариланма ҳаракат кинетик энергияси; v — жисм инерция

марказининг тезлиги, $\frac{1}{2} J\omega^2$ — жисмнинг инерция марказидан ўтувчи ўқ атрофидаги айланма ҳаракат кинетик энергияси.

- Жисм айланишида бажариладиган иш ва унинг кинетик энергиясининг ўзгариши куйидаги муносабат орқали боғланган

$$A = \frac{1}{2} J\omega_2^2 - \frac{1}{2} J\omega_1^2$$

Масалалар ечишга доир мисоллар

Масалалар

Импульс моментининг сақланиш қонуни

1. Радиуси $R=2$ м бўлган диск шаклига эга уфқ текислигидаги платформанинг чеккасига $m_1 = 80$ кг массали одам турибди. Платформанинг массаси $m_2=240$ кг. Платформа ўзининг марказидан ўтувчи тик ўқ атроида айлана олади. Агар одам унинг чеккаси бўйлаб платформага исбатан $v=2$ м/с тезлик билан юрса, платформа қандай со бурчак тезлик билан айланиши топилсин. Ишқаланиш ҳисобга олинасин.

2. Диск шаклига эга бўлган платформа тик ўқ атрофида айлана олади. Платформанинг чеккасида $m_1=60$ кг массали одам турибди. Агар одам платформа чеккасидан юриб уни айланиб, дастлабки турган нуктасига қайтиб келса, платформа қандай φ бурчакка бурилади? Платформанинг массаси $m_2=240$ кг. Одаминг инерция моменти ни моддий нуктаникидек деб ҳисоблансин.

3. Радиуси $R=1$ м бўлган диск кўринишидаги платформа инерция бўйича $n_1 = 6$ мин⁻¹ частота билан айланади. Платформанинг чеккасида массаси $m=80$ кг бўлган одам турибди. Агар одам платформанинг марказига ўтса, у қандай n_2 частота билан айланади? Платформанинг инерция моменти $J = 120$ кг·м². Одаминг инерция моменти моддий нуктаникидек деб ҳисоблансин.

4. Жуковский курсисининг марказида узунлиги $l=2,4$ м ва массаси $m = 8$ кг бўлган, курсининг айланиш ўқи бўйлаб тик жойлашган таёқчани қўлида тутган одам турибди. Курси одам билан биргаликда $n_1 = 1$ с⁻¹ частота билан айланмокда. Агар одам таёқчани горизонтал ҳолатга бурса, курси одам билан биргаликда қандай n частота билан айланади? Одам ва курсининг йиғинди инерция моменти $J = 6$ кг·м².

Иш ва энергия

5. Узунлиги $l_1 = 1$ м бўлган ипнинг учига боғланган $m= 100$ г массали шарча уфқ текислигида сирпанганча $n_1=1$ с⁻² частота билан айланмокда. Ип қисқартирилиб, шарча айланиш ўқида $l_2=0,5$ м масофагача яқинлашди. Бунда шарча қандай n_2 частота билан айланади? Ипни қисқартиришда Ташқи куч қандай A иш бажаради? Шарчанинг текисликка ишқаланиши инобатга олинмасин.

6. Ғилдирак $\varphi = A + Bt + Ct^2$ тенглама билан ифодаланувчи қонун бўйича айланмокда. Бунда $A = 2$ рад, $B = 32$ рад/с $C=4$ рад/с². Агар ғилдиракнинг инерция

моменти $J = 100 \text{ кг-м}^2$ бўлса, ғилдиракнинг айланишидан то тўхтагунигача унга таъсир этувчи кучлар эришадиган ўртача қувват $\langle N \rangle$ - топилсин.

7. Ғилдирак $\varphi = A + Bt + Ct^2$ тенглама билан ифодаланувчи қонун бўйича айланмоқда. Бунда $A = 2 \text{ рад}$, $B = 16 \text{ рад/с}$, $C = -2 \text{ рад/с}^2$. Ғилдиракнинг инерция моменти $J = 50 \text{ кг-м}^2$. Айлан-тирувчи момент M ва қувват N нинг ўзгариш қонуни топилсин. Вақтнинг $t = 3 \text{ с}$ онда қувват нимага тенг?

8. Моторнинг якори $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$ частота билан айланмоқда. Агар мотор қувватни $N = 500 \text{ Вт}$ гача ошира олса, айлантирувчи момент M аниқлансин.

9. Моторнинг қувватини анидаш учун унинг $d = 20 \text{ см}$ диаметрли шкивига тасма ташладилар. Тасманинг бир учига динамометр маҳкамланган, бошқасига эса P юк осдилар. Агар мотор $\nu = 24 \text{ с}^{-1}$ частота билан айланаётган, юкнинг массаси $m = 1 \text{ кг}$ ва динамометрнинг кўрсатиши $F = 24 \text{ Н}$ бўлса, моторнинг Қуввати N топилсин.

10. Массаси $m = 80 \text{ кг}$ ва радиуси $R = 30 \text{ см}$ бўлган диск кўринишидаги ғилдирак тинч ҳолатда турибди. Ғилдиракка $n = 10 \text{ с}^{-1}$ частота бериш учун қандай A_1 иш бажариш керак? Агар диск шу массаси билан кичикроқ қалинликка эга бўлиб, радиуси икки марта катта бўлганда, қандай A_2 иш бажариш лозим бўлар эди?

11. Айланаётган ғилдиракнинг кинетик энергияси $T = 1 \text{ кЖ}$. Ўзгармас тормозловчи момент таъсирида ғилдирак текис секинланувчан айлана бошлади ва $N = 80$ марта айланиб тўхтади. Тормозловчи куч моменти M аниқлансин.

12. Инерция моменти $J = 40 \text{ кг-м}^2$ бўлган тинч ҳолатдаги ғилдирак $M = 20 \text{ Н-м}$ куч моменти таъсирида текис тезланувчан айлана бошлади. Айланиш $t = 10 \text{ с}$ давом этди. Ғилдирак олган кинетик энергия T аниқлансин.

13. $m = 10 \text{ г}$ массали ўқ бўйлама ўқ (ўзаги) атрофида $\omega = 3000 \text{ с}^{-1}$ частота билан айланганча, $\omega = 800 \text{ м/с}$ тезлик билан учмоқда. Укни $d = 8 \text{ мм}$ диаметрли цилиндрча деб қабул қилиб, ўқнинг тўла кинетик энергияси T аниқлансин.

14. $m = 4 \text{ кг}$ массали яхлит цилиндр горизонтал сирт бўйлаб сирпанишсиз думаламоқда. Цилиндр ўкининг чизикли тезлиги $v = 1 \text{ м/с}$. Цилиндрнинг тўла кинетик энергияси T аниқлансин.

15. Бир хил $m = 2 \text{ кг}$ массага эга бўлган чамбарак ва яхлит цилиндр бир хил $\omega = 5 \text{ м/с}$ тезлик билан сирпанишсиз думалашмоқда. Бу жисмларнинг кинетик энергиялари T_1 ва T_2 топилсин.

16. Шар горизонтал сирт бўйдаб сирпанишсиз думаламоқда. Шарнинг тўлиқ кинетик энергияси $T = 14 \text{ Ж}$. Шарнинг илгариланма ва айланма ҳаракат кинетик энергиялари T_1 ва T_2 аниқлансин.

17. Баландлиги $h = 1 \text{ м}$ бўлган қия текисликдан сирпанишсиз думалаётган шар марказининг чизикли тезлиги v аниқлансин.

18. Чамбарак узунлиги $l = 2 \text{ м}$ ва баландлиги $h = 10 \text{ см}$ бўлган қия текисликдан қанча t вақт сирпанишсиз думалайди?

7- МАШҒУЛОТ

САҚЛАНИШ ҚОНУНИГА ДОИР МАСАЛАЛАР ЕЧИШ

Асосий формулалар

- Илгариланма ҳаракат қилаётган моддий нуқта (ёки жисм) нинг энергияси

$$T = \frac{mv^2}{2} \quad \text{ёки} \quad T = \frac{P^2}{2m}.$$

- Жисмнинг потенциал энергияси ва майдоннинг муайян нуктасида жисмга таъсир этаётган куч ўзаро қуйидаги муносабат орқали боғланган

$$\vec{F} = -\text{grad}n \quad \text{ёки} \quad \vec{F} = -\left(\vec{i} \frac{\partial n}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial n}{\partial y} + \vec{k} \frac{\partial n}{\partial z}\right),$$

бу ерда $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ – бирлик векторлар (ортлар). Хусусий ҳолда, куч майдони марказий майдон (мисол учун гравитацион майдон) бўлганда

$$F = -\frac{\partial n}{r},$$

• Қайишқоқ (эластик) деформацияланган жксм (қисилган ёки чўзилган пружина) нинг потенциал энергияси $n = \frac{kx^2}{2}$.

• Массалари m_1 ва m_2 бўлган, бир-биридан жойлашган икки моддий нукта (ёки иккижисим) орасидаги гравитацион ўзаро тортитиш потенциал энергияси

$$\Pi = -G \frac{m_1 m_2}{r}.$$

• Бир жинсли оғирлик кучи майдонидаги жисмнинг потенциал энергияси

$$\Pi = mgh,$$

бу ерда h - жисимнинг потенциал энергияси ҳисоблашда бошланғич деб қабул қилинган сатихдан баландлиги. Бу формула $h \ll R$ шарт бажарилганда ўринли бўлади (R - Ернинг радиуси).

• Механикада энергиянинг сақланиш қонуни фақат консерватив кучлар таъсир этадиган ёпиқ тизимдагина бажарилади ва қуйидагича ёзилади.

$$T + \Pi = \text{const}.$$

• Шарларнинг тўғри марказий урилиш ходисасига энергия ва импульснинг сақланиш ўнунларини татбиқ этиб, абсолют ноқайишқоқ (ноэластик) шарларнинг урилишдан кейинги тезлиги учун

$$U = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2},$$

ва абсолют қайишқоқ шарларнинг урилишдан кейинги тезликлари учун

$$U = \frac{v_1(m_1 - m_2) + 2m_2 v_2}{m_1 + m_2},$$

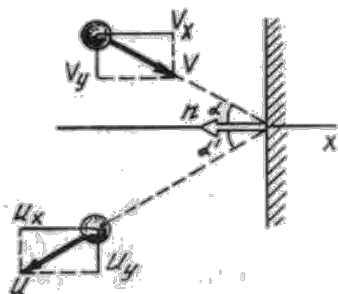
$$U_2 = \frac{v_2(m_2 \pm m_1) + 2m_1 v_1}{m_1 + m_2}$$

формулалрни оламир. Бу ерда m_1 ва m_2 шарларнинг массалари, v_1 ва v_2 уларнинг урилишгача бўлган тезликлари.

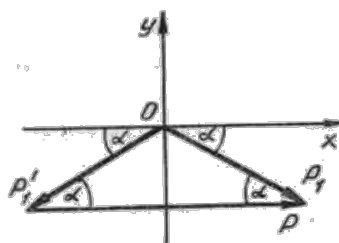
Масалалар ечишга доир мисоллар

1- мисол. $m = 0,3$ кг массали шар $v = 10$ м/с тезлик билан ҳаракат қилиб, тезлик йўналиши урилиш нуктасига ўтказилган нормал билан $\alpha = 30^\circ$ бурчак ҳосил қилган ҳолда қўзғалмас силлиқ деворга қайишқоқ урилади. Девор олган импульс аниқлансин. Е ч и ш . Дастлаб масала шартини таҳлил қилайлик. Девор қўзғалмас, шунинг учун унга бириктирилган санок тизими инерциал бўлади. Деворга урилиш қайишқоқ, демек механик энергиянинг сақланиш қонунидан фойдаланиш мумкин. Бундан эса, агар деворнинг массаси шарнинг массасидан жуда катта эканлигини ҳисобга олсак, урилишгача $|\vec{v}|$ ва урилишдан кейинги $|\vec{u}|$ шар тезликлари модулларининг тенг эканлиги равшан.

Шарнинг девордан қайтиш бурчаги α' шарнинг урилиш бурчаги α га тенглигини кўрсатайлик. $\vec{V}$ ва $\vec{U}$ векторларнинг Ox ва Oy координата ўқларига проекциясини туширамиз (2,4-расм). Девор силлиқ. бўлганлиги туфайли $u_y = v_y$. Бундан ташқарн $|\vec{u}| = |\vec{v}|$ лгини ҳисобга олиб, $u_x = -v_x$ ни ҳосил қиламиз. Бундан эса тушиш ва қайтиш бурчакларининг тенглиги ($\alpha' = \alpha$) келиб чиқади.



2.4- расм



2.5- расм

Девор олган импульсни аниклаш учун импульсининг сақланиш қонунидан фойдаланамиз. Бизнинг ҳол учун бу конунни қуйидагн-ча ёзиш мумкин:

$$\vec{P}_1 = \vec{P}_1' + \vec{P}$$

бундан $\vec{P}_1$ ва $\vec{P}_1'$ шарнинг урилишгача ва урилишдан кейинги импульслари ($|\vec{P}_1| = |\vec{P}_1'|$).

$$\text{Бундан девор олган импульс} \quad \vec{P} = \vec{P}_1 - \vec{P}_1'$$

2.5- расмдаи кўрииб турбдики, p вектор Ox ўқ билан бир томонга йўналган ва унинг модули $P = |P| = 2P_1 \cos \alpha$. Бунга импульсининг ифодаси $P_1 = mv$ ни қўйиб қуйидагини оламиз.

$$P = 2mv \cos \alpha.$$

Ҳисоблаш ўтказамиз:

$$P = 2 \cdot 0.3 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ кг} \cdot \text{м/с} = 5.20 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$$

2- мисол. Иккита $m_1 = 2,5$ кг ва $m_2 = 1,5$ кг массали шар бир-бирига томон $v_1 = 6$ м/с ва $v_2 = 2$ м/с тезликлар билан ҳаракатланмоқда. 1) Шарларнинг урилишдан кейинги тезлиги u ; 2) шарларнинг урилишдан олдинги T_1 ва урилишдан кейинги T_2 кинетик энергиялари; 3) Шарлар кинетик энергиясининг ички энергияга айланган қисми Q аниқлансин. Урилиш тўғри, ноқайишқок деб ҳисоблансин.

Е ч и ш : 1. Ноқайишқок шарлар тўқнашшидан сўнг ўзининг дастлабки шаклини тикламайдилар. Демак, шарларни бир-биридан нтарувчи кучлар вужудга келмайди ва улар урилишдан сўнг биргаликда, бир ҳил u тезлик билан ҳаракат қиладилар. Бу тезликни ҳаракат миқдорининг сақлапиш қонунидан аниқлаймиз. Шарлар бнр тўғри чизққ бўйлаб ҳаракатлангаилиги учун ҳам бу конунни скаляр шаклда ёзиш мумкин:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) u,$$

букдан

$$u = (m_1 v_1 + m_2 v_2) / (m_1 + m_2).$$

Биринчи шар тезлигининг йўналишини муСбат деб қабул қиламиз. Унда, биринчи шарга карама-карши ҳаракатланаётган иккинчи шарнинг тезлигини манфий ишора билан олмоқ керак:

$$u = (2,56 - 1,52) / (2,5 + 1,5) \text{ м/с} = 3 \text{ м/с}.$$

2. Шарларнинг урилишдан олдинги ва урилишдан кейинги кинетик энергияларини қуйидаги формулалардан аниқлаймиз:

$$T_1 = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2}, \quad T_2 = \frac{(m_1 + m_2)}{2} u^2.$$

Шу формулалар бўйича ҳисоблашларин ўтказиб қуйидагиларни оламиз

$$T_1 \left(\frac{2.56^2}{2} + \frac{1.52^2}{2} \right) \text{ Ж} = 48 \text{ Ж}.$$

$$T_2 = \frac{(2.5 + 1.5) \cdot 3^2}{2} \text{ Ж} = 18 \text{ Ж}.$$

3. Шарларнинг урилишдан олдинги ва урилишдан кейинги кинетик энергияларни солиштириш ноқайишқок урилиш натижасида шарларнинг кинетик энергияларининг камайгаклигини ва бунинг қисобига уларнинг ички энергияларининг ортганлигини кўрсатади, Шарлар кинетик энергиясининг уларнинг ички энергиясини орттиришга сарфланган қисмини

куйидаги муносабатдан аннклаймиз:

$$\omega = \frac{T_1 - T_2}{T_1}; \quad \omega = 0,62.$$

3-мисол. Массаси m_1 бўлган, муайян v_1 тезлик билан уфк йўналишида ҳаракатланаётган шар m_2 массали ҳаракатсиз шар билан тўқнашди. Урилиш тўғри, шарлар эса абсолют кайишқоқ. Биринчи шар ўз кинетик энергиясининг канча қисми ω ни иккинчи шарга берди?

Е ч и ш . Биринчи шар энергиясининг канча қисми иккинчи шарга берилганлиги ушбу муносабат орқали ифодаланади:

$$\omega = \frac{T_2'}{T_1} = \frac{m_2 u_2^2}{m_1 v_1^2} = \frac{m_2}{m_1} \left(\frac{u_2}{v_1} \right)^2,$$

бу ерда T_1 — биринчи шарнинг урилишгача бўлган кинетик энергияси; u_2 ва T_2 — иккинчи шарнинг урилишдан кейинги тезлиги ва кинетик энергияси

(1) ифодадан кўриниб турибдики, ω ни аниқлаш учун u_2 ни топиш керак. Абсолют кайишқоқ қисмлар тўқнашганда бир пайтнинг ўзида иккита — ҳаракат микдорининг ва механик энергиянинг сакланиш қонунлари бажарилишидан фойдаланамиз.

Урилишгача иккинчи шар ҳаракатсиз бўлганлигини ҳисобга олиб, ҳаракат мидорининг сакланиш қонундан $m_1 u_1 = m_1 u_1 + m_2 u_2$ ифодани оламиз. Механикада энергиянинг

сакланиш қонундан $\frac{m_1 v_1^2}{2} = \frac{m_1 u_1^2}{2} + \frac{m_2 u_2^2}{2}$. Бу сўнги икки тенгламани биргаликда ечиб, куйидагини топамиз

$$u_2 = 2m_1 v_1 / (m_2 + m_1).$$

U_2 нинг буифодасини (1) тенгликка қўйиб ω ни топамиз

$$\omega = \frac{m_2}{m_1} \left[\frac{2m_1 v_1}{v_1 (m_1 + m_2)} \right]^2 = \frac{4m_1 m_2}{(m_1 + m_2)^2}.$$

Бу муносабатдан кўриниб турибдики; энергиянинг узатиладган қисмининг катталиги тўқнашувчи шарларнинг массаларигагина боғлиқ. Агар шарларнинг ўринлари алмашса ҳам энергиянинг узатиладиган қисми катталиги ўзгармайди.

Импульснинг саклониш қонуни

1. Массаси $m_1 = 10$ кг бўлган, $v_1 = 4$ м/с тезлик билан ҳаракатланаётган шар массаси $m_2 = 4$ кг, тезлиги $v_2 = 12$ м/с бўлган бошқа бир шар билан тўқнашади. Урилиш тўғри нокайишқоқ деб ҳисоблаб, куйидаги икки ҳол учун шарларнинг урилишдан кейинги тезлиги u топилсин: 1) кичик шар шу йўналишда ҳаракатланаётган катта шарни кувиб стади; 2) шарлар бир-бирига томон ҳаракатланади.

2. $m_1 = 240$ кг массали қайикда $m_2 = 60$ кг массали одам турибди. Қайик $v_2 = 2$ м/с тезлик билан сузмोकда. Одам қайикдан горизонтал йўналишда $v = 4$ м/с тезлик билан сакрайди (қайикка нисбатан). Қайикнинг одам сакрагандан кейинги ҳаракат тезлиги u куйидаги икки ҳол учун топилсин: 1) Одам қайик ҳаракатуи йўналиши томонга сакрайди; 2) қайик ҳаракати йўналишига қарама-қарши томонга сакрайди.

3. Енгилгина ғилдираклар билан таъминланган узун тахта кўринишидаги аравача полда турибди. Тахтанинг бир учида одам турибди. Одамнинг массаси $M = 60$ кг, тахтанинг массаси $m = 20$ кг. Агар одам тахта бўйлаб $v = 1$ м/с тезлик билан (тахтага нисбатан) ҳаракатлана бошлаسا, аравача қандай u тезлик билан (полга нисбатан) ҳаракатлана бошлайди? Ғилдиракларнинг массаси ва втулкаларнинг нисқаланиши ҳисобга олинмасин.

4. Олдинги масалада: 1) агар одам тахтанинг иккинчи учига ўтса, тахтанинг силжиши; 2) одамнинг полга нисбатан кўчиши; 3) аравача-одам тизими массалар марказининг тахтага ва полга нисбатан кўчнш масофалар d қандайлигини топилсин. Талтанинг узунлиги $l = 2$ м.

5. Темирйўл платформасига қурол ўрнатилган. Платформанинг қурол билан биргаликдаги массаси $M = 15$ т. Қурол уфққа нисбатан $\varphi = 60^\circ$ бурчаклида юқорига, йўл йўналишида

ўқотади. Агар ўқнинг массаси $m = 20$ кг ва у $u_2 = 600$ м/с тезлик билан учса, тепкн натижасида платформа кандай v_1 тезлик билан орқага юради?

6. $m=10$ кг массали тўп ўқи траекториясининг энг юкори нуктасида $m = 200$ м/с тезликка эга бўлган. Шу нуктада у икки бўлакка бўлиниб кетди. $m_1= 3$ кг массали кичик бўлак дастлабки йўналишда $u_1 = 400$ м/с тезлик олди. Катта иккинчи бўлакнинг бўлинишдан кейинги тезлиги u_2 топилин.

7. Массалари $m_1 = 80$ кг ва $m_2=50$ кг бўлган иккита конькида югурувчи узуи, таранг тортилган чилвирнинг учларидан тутганча муз оетида ҳаракатсиз туришибди. Улардан бири чилвирни $v_1 = 1$ м/с тезлик билан йиғиштириб қисқартира бошлайди. Қонькида югурувчилар муз бўйлаб бир-бирига томон кандай u_1 ва u_2 тезликлар билан ҳаракатланишади? Ишқаланиш эътиборга олинмасин.

8- МАШҒУЛОТ РЕЛЯТИВИСТИК МЕХАНИКА АСОСИЙ ФОРМУЛАЛАР

Махсус нисбийлик назариясида фақат инерциал санок тизимлари қаралади. Барча масалаларда $u, \dot{u}$ ва $z, \dot{z}$ нинг йўналишлари бир хил, K' координата тизимининг K тизимга нисбатан нисбий тезлиги V_0 эса умумий ўқ x x' бўйлаб йўналган деб олинади.

Таёқча узунлигининг релятивистик (Лоренц) қисқариши $l=l_0\sqrt{1-(v/c)^2}$, бу ерда l_0 – таёқчанинг K' координата тизимидаги, яъни таёқча ҳаракатсиз бўлган координата тизимидаги узунлиги (хусусий узунлик). Таёқча x' ўқиға параллел; l – таёқчанинг K тизимидаги, яъни таёқча унга нисбатан V тезлик билан ҳаракатланаётган тизимдаги узунлиги; c –электромагнит нурланишнинг тарқалиш тезлиги.

- Соат юришининг релятивистик секинлашуви

$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1-(v/c)^2}},$$

бу ерда Δt_0 – K' тизимида бир нуктада рўй берган икки ходиса орасидаги тизимнинг соат билан ўлчанган вақт оралиғи (ҳаракатланувчи соатнинг хусусий вақти); Δt – иккиходиса орасидаги K тизимнинг соат билан ўлчанган вақт оралиғи.

- Тезликларни релятивистик қўшиш

$$V = \frac{V' + V_0}{1 + V_0 V' / c^2},$$

бу ерда V' – нисбий тезлик (жисимнинг K' тизимга нисбатан тезлиги); V_0 – қўчма тезлик (K' тизимнинг K га нисбатан тезлиги); V – мутлақ (абсолют) тезлик (жисимнинг K тизимга нисбатан тезлиги).

Нисбийлик назариясида *мутлақ тезлик* деб жисимнинг шартли равишда ҳаракатсиз деб қабул қилинган координата тизимидаги тезлигига айтилади.

- Релятивистик масса

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-(v/c)^2}} \quad \text{ёки} \quad m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\beta^2}},$$

бу ерда m_0 – тинчликдаги масса; β – зарранинг ёруғлик тезлиги улушларида ифодаланган тезлиги ($\beta = v/c$).

- Релятивистик импульс

$$P = mv = \frac{m_0 v}{\sqrt{1-(v/c)^2}} \quad \text{ёки} \quad p = m_0 c \frac{\beta}{\sqrt{1-\beta^2}}.$$

- Релятивистик зарранинг тўлиқ энергияси

$$E = m c^2 = m_0 c^2 + T,$$

Бу ерда T – зарранинг кинетик энергияси; $m_0 c^2 = E_0$ – зарранинг тинчликдаги энергияси.

Агар зарранинг тезлиги ёруғлик тезлигига яқин бўлса, зарра релятивистик, агар $v \ll c$ бўлса, классик дейилади.

- Релятивистик зарранинг тўлиқ энергияси ва импульси орасидаги боғланиш

$$E^2 = p^2 c^2 + m_0^2 c^4$$

- Релятивистик зарранинг кинетик энергияси ва импульси орасидаги боғланиш

$$p^2 c^2 = T \cdot (T + 2m_0 c^2).$$

Масалалар ечишга доир мисоллар

1-мисол. Фазовий кема $v=0.9c$ тезлик билан Ер маркази томон ҳаракатланмоқда. Кема ўзида жойлаштирилган (K' тизим) соат билан ҳисобланган $\Delta t_0 = 1$ с вақт оралиғида Ер билан боғланган (K тизим) ҳисоб тизимида қандай l масофани ўтади? Ернинг суткалик айланиши ва Куёш атрофидаги орбитали ҳаракати ҳисобга олинмасин.

Е ч и ш. Фазовий кеманинг Ер билан боғланган (K' тизим) ҳисоб тизимида ўтган l масофани ушбу формула орқали аниқлаймиз

$$l = v \cdot \Delta t, \quad (1)$$

бу ерда Δt – K санок тизимида ҳисобланган вақт оралиғи. Бу вақт оралиғи K'

тизимида ҳисобланган вақт оралиғи билан
$$\Delta t = \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}$$

муносабат орқали боғланган. Δt нинг ифодасини (1) формулага қўйиб қуйидагини оламиз:

$$l = \frac{v \cdot \Delta t_0}{\sqrt{1 - (v/c)^2}}.$$

Ҳисоблашларни бажарсак,

3-мисол. Электроннинг кинетик энергияси $T = 1$ МэВ. Электроннинг тезлиги аниқлансин.

Е ч и ш. Кинетик энергиянинг релятивистик формуласи

$$T = E_0 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1 \right)$$

β га нисбатан ўзгартиришлар қилиб зарранинг ёруғлик тезлигининг улушларида ($\beta = v/c$)

ифодаланган тезлигини топамиз:
$$\beta = \frac{\sqrt{(2E_0 + T)T}}{E_0 + T},$$

бу ерда E_0 – электроннинг тинчликдаги энергияси (22-жадвалга қ.) Бу формула бўйича ҳисоблашларни энергиянинг исталган бирликларида бажариш мумкин, чунки формуланинг ўнг томонидаги бирликлар қисқариб кетади ва ҳисоблаш натижасида бирликсиз сон олинади.

Е ва T ларнинг сон қийматларини мегаэлектронвольтларда қўйиб, қуйидагини оламиз:

$$\beta = 0.941. \quad v = \beta c \text{ эканлигидан,} \quad v = 2.82 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$$

T кинетик энергияли зарра релятивистикёки классик эканлигини аниқлаш учун зарранинг кинетик энергиясининг унинг тинчликдаги энергияси билан солиштириш

етарли. Агар $\frac{T}{E_0} \ll 1$ бўлса, у ҳолда заррани классик деб ҳисоблаш мумкин. Бу ҳолда (1)

релятивистик формула классикка ўтади: $\beta = \sqrt{2T/E_0}$ ёки $v = \sqrt{2T/m_0}$.

4-мисол. $v=0.9c$ тезлик билан ҳаракатланаётган электроннинг релятивистик импульси p ва кинетик энергияси T аниқлансин (бунда c – ёруғликнинг вакуумдаги тезлиги).

Е ч и ш. Релятивистик импульс

$$p = m_0 c \frac{\beta}{\sqrt{1 - \beta^2}}. \quad (1)$$

(1) формула бўйича ҳисоблаш ўтказиб қуйидагини оламиз

$$P = 5.6 \cdot 10^{-22} \text{ кг} \cdot \text{м/с}.$$

Релятивистик механикада зарранинг кинетик энергияси T_k зарранинг тўлиқ E ва тинчликдаги E_0 энергиялари орасидаги фарқ сифатида аниқланади, яъни

$$T = E - E_0$$

$E = mc^2$ ва $E_0 = m_0c^2$ эканлигидан, массанинг тезликка боғлиқлигини назарда тутиб, қуйидагини оламиз

$$T = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1-\beta^2}} - m_0c^2$$

$$\text{Ўки узил} - \text{кесил равишда} \quad T = m_0c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} - 1 \right) \quad (2)$$

Ҳисоблашларни бажарсак

$$T = 106 \text{ фЖ}.$$

Энергиянинг системага кирмайдиган бирликларида электронинг тинчликдаги энергияси $m_0c^2 = 0.51 \text{ МэВ}$. Бу қийматни (2) формулага қўйсак,

$$T = 0.66 \text{ МэВ}$$

5-мисол. Кинетик энергияси $T = m_0c^2$ бўлган релятивистик зарра (m_0 —зарранинг тинчликдаги массаси) тинчликдаги (лаборатория санок тизимида) худди шундай заррага ноқайишқоқ урилади. Бунда қўшма зарра ҳосил бўлади. 1) ҳаракатланувчи зарранинг релятивистик массаси m ; 2) қўшма зарранинг релятивистик массаси m ва тинчликдаги массаси m_0 ; 3) унинг кинетик энергияси T' аниқлансин.

Е ч и ш. 1. Ҳаракатланаётган зарранинг урилишгача бўлган релятивистик массаси m ни релятивистик зарра кинетик энергиясининг ифодаси $T = (m - m_0)c^2$ дан топамиз. $T = m_0c^2$ эканлигидан $m = 2m_0$.

2. Қўшма зарранинг релятивистик массасини топиш учун зарраларнинг йиғинди релятивистик массаси сақланишидан * фойдаланамиз: $m + m_0 = m'$, бунда $m + m_0$ — зарраларнинг тўқнашишигача бўлган йиғинди релятивистик массаси: m' —қўшма зарранинг релятивистик массаси, $m = 2m_0$ эканлигидан $m' = 3m_0$ қўшма зарранинг тинчликдаги массаси m_0' ни

$$m' = \frac{m_0'}{\sqrt{1-(v'/c)^2}} \quad (1)$$

муносабатдан топамиз. Қўшма зарранинг v' тезлигини (у масса марказининг лаборатория санок тизимидаги тезлиги билан мос келади) импульснинг сақланиш қонуни $p = p'$ дан топиш мумкин (бунда p — релятивистик зарранинг зарранинг тўқнашишигача бўлган импульси; p' — қўшма зарранинг импульси). p ни кинетик энергия T орқали ифодаalayмиз:

$$p = (1/c) \sqrt{(2E_0 + T)T}$$

$$T = E_0 = m_0c^2 \text{ эканлигидан} \quad p = \frac{1}{c} \sqrt{(2m_0c^2 + m_0c^2)m_0c^2} = m_0c^2 \sqrt{3}$$

Релятивистик импульс $p' = m' v'$ $m' = 3m_0$ эканлигидан ҳисобга олиб, импульснинг сақланиш қонунини $m_0c^2 \sqrt{3} = 3 \cdot m_0 v'$ кўринишда ёзиш мумкин. Бундан

$$v' = \frac{c}{\sqrt{3}}$$

v' ва m' ларнинг ифодасини (1) формулага қўйиб, қўшма зарранинг тинчликдаги массасини топамиз: $m'_0 = 3 \cdot m_0 \sqrt{1-(1/\sqrt{3})^2}$ ёки $m'_0 = m_0 \cdot \sqrt{6}$.

3. Қўшма релятивистик зарранинг кинетик энергияси T' ни унинг тўлиқ энергияси $m'c^2$ ва тинчликдаги энергияси m'_0c^2 нинг фарқи сифатида топамиз

$$T' = (m' - m'_0) \cdot c^2.$$

m' ва m'_0 ларнинг ифодаларини ўрнига қўйиб, қуйидагини оламиз

$$T' = (3 \cdot m_0 - \sqrt{6} \cdot m_0) c^2 = (3 - \sqrt{6}) m_0c^2 = 0.55 m_0c^2.$$

Масалалар

Узунлиги ва вқт оралигининг релятивистик ўзгариши

1. Таёқчанинг узунлиги $\Delta l = 0.1$ мкм гача аниқликда ўлчай оламиз деб фараз қилайлик. Иккита инерциал санок тизимининг қандай нисбий v тезлигида хусусий узунлиги $l_0 = 1$ м бўлган таёқча узунлигининг релятивистик қисқаришини аниқлаш мумкин бўлар эди?
2. Фотонли фазовий кема Ерга нисбатан $v = 0.6$ с тезлик билан ҳаракат қилади. Ердаги кузатувчининг нуқтаи назарича кемада вақтнинг ўтиши неча марта секинлашади?
3. Хусусий узунлиги $l_0 = 1$ м бўлган таёқча тизимида ҳаракатсиз турибди. Таёқча x' ўқ билан $\phi_0 = 45^\circ$ бурчак ҳосил қилиб жойлашган. Агар K' тизимининг K га нисбатан тезлиги $v_0 = 0.8$ с бўлса, таёқчанинг тизимидаги узунлиги l ва бурчак ϕ аниқлансин.
4. Лаборатория санок тизимида (K –тизим) пи–мезон пайдо бўлганида то парчалангунигача $l = 75$ м масофани учиб ўтди. Пи–мезоннинг тезлиги $v = 0.995$ с. π –мезоннинг хусусий яшаш вақти t_0 аниқлансин.

Тезликларни релятивистик қўйиши

5. Икки релятивистик зарра лаборатория санок тизимида бир тўғри чизиқ бўйлаб $v_1 = 0.6$ с ва $v_2 = 0.9$ с тезликлар билан ҳаракатланмоқда. Қуйидаги икки ҳол учун уларнинг нисбий тезлиги v_{21} аниқлансин : 1) зарралар бир хил йўналишда ҳаракатланмоқдалар; 2) зарралар қарама–қарши йўналишларда ҳаракатланмоқдалар.
6. Лаборатория санок тизимида иккита зарра бир хил модулли тезликлар билан бир–бирдан узоқлашмоқда. Шу санок тизимининг ўзида уларнинг нисбий тезлиги $v = 0.5$ с. Зарраларнинг тезликлари аниқлансин.
7. Тезлаткичдан учиб чиққан ион ўз ҳаракати йўналишида фотон чиқаради. Агар ионнинг тезлаткичга нисбатан тезлиги $v = 0.8$ с бўлса, фотоннинг тезлаткичга нисбатан тезлиги аниқлансин.
8. Тезлаткич радиоактив ядрога $v_1 = 0.4$ с тезлик берди. Ядро тезлаткичдан учиб чиқиш оқида ўз ҳаракат йўналишида тезлаткичга нисбатан тезлиги $v_2 = 0.75$ с бўлган β заррачани чиқаради. Заррачанинг ядрога нисбатан тезлиги v_{21} топилсин.
9. Иккита тезлаткич қарама–қарши йўналишларда тезликлари $v = 0.9$ с бўлган зарраларни чиқаради. Зарралардан бири билан ҳаракатланаётган санок тизими учун зарралар яқинлашувининг нисбий тезлиги v_{21} аниқлансин.

Релятивистик масса ва релятивистик импульс

10. Зарра $v = 0.5$ с тезлик билан ҳаракатланмоқда. Зарранинг релятивистик массаси тинчликдаги массасидан неча марта катта?
11. Агар зарранинг релятивистик массаси тинчликдаги массасидан уч марта катта бўлса, зарра қандай v тезлик билан ҳаракатланаётган бўлади?
12. $v = 30$ Мм/с тезликда зарранинг релятивистик массаси тинчликдаги массасидан неча фоиз кўп?
13. Электрон $v = 0.6$ с тезлик билан ҳаракатланмоқда. Электроннинг релятивистик импульси p аниқлансин.
14. Релятивистик зарранинг импульси $p = m_0 c (m_0$ –тинчликдаги масса). Зарранинг тезлиги v (ёруғлик тезлиги улушларида) аниқлансин.
15. Лаборатория санок тизимида иккита бир хил зарранинг бири ҳаракатсиз зарра томонга $v = 0.8$ с тезлик билан ҳаракатланмоқда. 1) Ҳаракатланаётган зарранинг лаборатория санок тизимидаги массаси ; 2) зарраларнинг тизимининг инерция маркази билан боғланган санок тизимидаги тезлиги; 3) зарраларнинг инерция маркази билан боғланган санок тизимидаги релятивистик массаси аниқлансин.

Масса ва энергия орасидаги боғланиш *

16. Жисимнинг тўлиқ энергияси $\Delta E = 1$ Ж га ошган . Бунда жисимнинг массаси қанчага ўзгаради?
17. Жисимнинг релятивистик массаси $m = 1$ г га ортиши учун унинг тўлиқ энергияси қанчага ортиши керак?

18. 1) Электроннинг; 2) протоннинг; 3) α -зарранинг тинчликдаги энергияси ҳисоблансин. Жавоб жоулларда ва мега-электронвольтларда ҳисоблансин.
 18. Океандаги сувнинг ҳажми $1.37 \cdot 10^9 \text{ км}^3$ эканлиги маълум. Агар сувнинг ҳарорати $\Delta t = 1^\circ\text{C}$ га кўтарилса, океандаги сувнинг массаси қанчага ортиши аниқлансин. Океандаги сувнинг зичлигини $\rho = 1.03 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ деб қабул қилинсин.

Релятивистик зарранинг кинетик энергияси

19. Электроннинг кинетик энергияси $T = 10 \text{ МэВ}$. Унинг релятивистик массаси тинчликдаги массасидан неча марта катта? Шундай ҳисоб-китоб протон учун ҳам қилинсин.
20. Агарда протон ҳамда электрон бир хил $T = 1 \text{ ГэВ}$ кинетик энергияга эга бўлса, у ҳолда протоннинг релятивистик массаси электроннинг релятивистик массаси электроннинг релятивистик массасидан неча марта катта бўлади?
21. Электрон $v = 0.8c$ тезлик билан учмоқда. Электроннинг кинетик энергияси T (мегаэлектрон вольтларда) аниқлансин.
22. Қандай v тезликда исталган модда заррасининг кинетик энергияси унинг тинчликдаги Энергиясига тенг бўлади?
23. Агар электроннинг кинетик энергияси: 1) $T = 4 \text{ МэВ}$; 2) $T = 1 \text{ КэВ}$ бўлса, унинг тезлиги v аниқлансин.
24. Агар кинетик энергияси 1) $T = 1 \text{ МэВ}$; 2) $T = 1 \text{ ГэВ}$ бўлса, протоннинг тезлиги v топилинсин.
25. $v \ll c$ да кинетик энергиянинг $T = (m - m_0)c^2$ релятивистик ифодаси классик механиканинг мос ифодасига классик механиканинг мос ифодасига ўтиши кўрсатилсин.
26. Релятивистик зарранинг кинетик энергиясини ҳисоблашда $T = (m - m_0)c^2$ релятивистик ифода ўрнига $T = \frac{1}{2} m_0 v^2$ классик ифодадан фойдаланилса қандай нисбий ҳатога йўл қўйилади? Ҳисоблаш қуйидаги икки ҳол учун бажарилсин: 1) $v = 0.2c$; 2) $v = 0.8c$.

Релятивистик зарранинг энергияси ва импульси орасидаги боғланиш

27. Кинетик энергияси тинчликдаги энергиясига тенг балган зарранинг импульси p аниқлансин ($m_0 c^2$ бирликларда).
28. Импульси $p = m_0 c$ бўлган релятивистик зарранинг кинетик энергияси T аниқлансин ($m_0 c^2$ бирликларда).
29. Релятивистик зарранинг кинетик энергияси унинг тинчликдаги энергиясига тенг. Агар зарранинг кинетик энергияси $p = 4$ марта ошса, унинг импульси неча марта ортади?
30. Релятивистик зарранинг импульси $p = m_0 c$. Ташқи куч таъсирида зарра импульси икки марта ортади. Бунда зарранинг: 1) кинетик; 2) тўлиқ энергияси неча марта ортади?
31. $p = m_0 c$ импульсга эга бўлган зарра ҳудди шундай ҳаракатсиз зарра билан ноқайишқоқ тўқнашиши натижасида қўшма зарра ҳосил бўлади. 1) зарранинг тўқнашишидан олдинги тезлиги v (c бирликларда); 2) қўшма зарранинг релятивистик массаси (m_0 бирликларда); 3) қўшма зарранинг тезлиги; 4) қўшма зарранинг тинчликдаги массаси (m_0 бирликларда); 5) зарранинг тўқнашишдан олдинги кинетик энергияси ҳамда қўшма зарранинг кинетик энергияси ($m_0 c^2$ бирликларда) аниқлансин.
32. $T = m_0 c^2$ кинетик энергияли зарра лаборатория санок тизимида ҳаракатсиз бўлган ҳудди шундай бошқа заррага урилади. Зарралар тизимининг инерция маркази билан боғланган санок тизимидаги зарраларнинг йиғинди кинетик энергияси T топилинсин.

9- МАШҒУЛОТ

КУЛОН КОНУНИ. ЗАРЯДЛАНГАН ЖИСМЛАРНИНГ ЎЗАРО ТАЪСИРИГА ДОИР МАСАЛАЛАР ЕЧИШ

Асосий формулалар

$$\text{Кулон конуни } F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2},$$

бу ерда F — иккита нуктавий заряд Q_1 ва Q_2 ларнинг ўзаро таъсир кучи; r — зарядлар орасидаги масофа; ϵ_0 — мухитнинг диэлектрик сингдирувчанлиги; e — электр доимий:

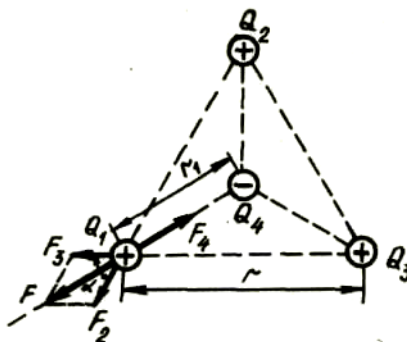
$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^{-12}} \Phi / m = 8.85 \cdot 10^{-12} \Phi / m$$

Заряднинг сакланиш конуни $\sum_{i=1}^n Q = \text{const}$, бу ерда $\sum_{i=1}^n Q_i$ — изоляцияланган тизимга кировчи зарядларнинг алгебраик йириндиси; n — зарядлар сони.

Масалалар ечишга доир мисоллар

1- мисол. Учта бир хил мусбат $Q_1 = Q_2 = Q_3 = 1$ нКл заряд тенг томонли учбурчакнинг учларида жойлашган (13.1-расм). Улар билан тортишиш кучи бу зарядларнинг ўзаро итариш кучларини мувозанатга келтириши учун учбурчакнинг марказига қандай Q_4

манфий заряд жойлаштириш керак?



Е ч и ш: Учбурчакнинг учларида жойлашган ҳар учала заряд ҳам бир хил шароитда турибди. Шунинг учун ҳам масалани ечиш учун ўчта заряддан бирортаси, мисол учун Q_1 , мувозанатда бўлиши учун учбурчакнинг марказида қандай зарядни жойлаштириш кераклигини аниқлаш етарлидир.

Суперпозиция принципига биноан зарядга ҳар бир заряд бошқаларидан мустакил равишда таъсир қилади. Шунинг учун ҳам заряд агар унга таъсир этувчи кучларнинг вектор йириндиси нолга тенг бўлсагина мувозанат ҳолатда бўлади:

$$\vec{F}_2 + F_3 + F_4 = F + F_4 = 0 \quad (1)$$

бунда F_2, F_3, F_4 , - мос равишда Q_1 зарядга Q_2, Q_3 ва Q_4 нинг таъсир кучлари; F — F_2 ва F_3 кучларнинг тенг таъсир этувчиси.

F ва F_4 кучлар бир тугри чизиқ бўйлаб йуналганликлари учун, (1) вектор йигиндини скаляр йигинди билан алмаштириш мумкин: $F - F_4 = 0$ ёки $F_4 = F$

Охириги тенгликдаги F ни F_2 ва F_3 лар орқали ифодалаб ва $F_3 = F_2$ эканлигини ҳисобга олиб, қуйидагини оламиз: $F_4 = F_2 \sqrt{2(1 + \cos \alpha)}$. Кулон конунини қўллаб ва $Q_1 = Q_2 = Q_3$

еканлигини назарда тутиб қуйидагини топамиз: $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 Q_4}{r_1^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1^2}{r^2} \sqrt{2(1 + \cos \alpha)}$

Бундан

$$Q_4 = \frac{Q_1 r_1^2}{r^2} \sqrt{2(1 + \cos \alpha)}$$

Тенг томонли учбурчакнинг геометрик тузилишидан

$$r_1 = \frac{r/2}{\cos 30^\circ} = \frac{r}{2 \cos 30^\circ} = \frac{r}{\sqrt{3}}; \cos \alpha = \cos 60^\circ = \frac{1}{2}$$

келиб чиқади. Бўларни ҳисобга олганда, (2) куйидаги курунишни олади $Q_4 = Q_1 / \sqrt{3}$

Бунга Q_1 нинг кийматини куйсак, $Q_4 = 0,53$ нКл. Зарядлар тизимининг мувозанати турғун бўлмаслигини таъкидлаб утамыз.

2- мисол. Иккита $9Q$ ва $-Q$ зарядлар бир-биридан $l=50$ см масофада маҳкамланган. Учинчи Q_1 заряд фақат шу зарядлар орқали утадиган тугри чизик бўйлаб ҳаракатланиши мумкин. Q_1 заряднинг у мувозанат ҳолатда бўладиган урни аниқлансин. Заряд қандай ишорали бўлганда мувозанат турғун бўлади.

Ечиш. Q_1 заряд, агар унга таъсир этувчи кучларнинг вектор йириндиси нолга тенг бўлса, мувозанат ҳолатда бўлади. Бундан чиқди, Q_1 зарядга модуллари тенг ва йуналишлари қарама-қарши бўлган икки куч таъсир қилиши керак. I, II, III қисмларнинг қайси бирида (13.2- расм) бу шарт бажарилиши мумкинлигини курамыз. Аниқлик учун Q_1 зарядни мусбат деб ҳисоблаймиз**.

I қисмда (13.2 а-расм) Q_1 зарядга иккита қарама-қарши йуналган кучлар: F_1 ва F_2 таъсир этади. $9Q$ заряд томонидан таъсир этаётган F_1 куч шу қисмнинг исталган нуктасида Q заряд томонидан таъсир этаётган F_2 кучдан катта бўлади. Чунки катта (модул жихатдан) бўлган $9Q$ заряд кичик — Q зарядга нисбатан Q_1 зарядга яқинроқ жойлашади. Бинобарин, бу қисмда мувозанат бўлиши мумкин эмас.

II қисмда (13.2, б-расм) ҳар иккала F_1 ва F_2 кучлар ҳам бир томонга, — Q зарядга йуналган. Демак, иккинчи қисмда ҳам мувозанат бўлиши мумкин эмас. III қисмда (13.2, в-расм) F_1 ва F_2 кучлар, худди I қисмдагидек, қарама-қарши томонларга йуналган, лекин ундан фарқли уларок кичик (модул бўйича) ($-Q$) заряд, катта ($9Q$) зарядга нисбатан доимо Q_1 зарядга яқинроқ жойлашган бўлади. Демак, тугри чизикда шундай нуктани топиш мумкинки, унда F_1 ва F_2 кучлар модуллари жихатидан бир хил бўлишади,

$$|\vec{F}_1| = |\vec{F}_2|. \quad (1)$$

Кичик заряддан Q_1 зарядгача бўлган масофа x бўлсин. У ҳолда катта заряддан бўлган масофа $l + x$ бўлади. (1) тенгликда F_1 ва F_2 ларни Кулон қонунига мувофиқ ифодалаб куйидагини оламиз:

$$\frac{9QQ_1}{(l+x)^2} = \frac{QQ_1}{x^2}$$

Тенгликни QQ_1 га қисқартириб ва иккала томонидан ҳам квадрат илдиз чиқариб, $l+x = \pm 3x$ ни топамиз, бундан

$$x_1 = +l/2 \text{ ва } x_2 = -l/4.$$

x_2 илдиз масаланинг физикавий шартини қаноатлантирмайди (бу нуктада F_1 ва F_2 кучлар қарши томонга йуналишган).

Мувозанат турғун бўлиши учун заряднинг ишораси кандай бўлишини аниқлайлик. Куйидаги икки хол учун Q_1 заряднинг силжишини карайлик: 1) заряд мусбат; 2) заряд манфий.

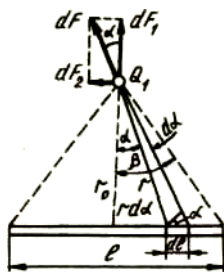
1. Агар Q_1 заряд мусбат бўлса, унинг чапга силжиши билан хар иккала F_1 ва F_2 кучлар хам уса боради, лекин F_1 секин усади ($9Q$ заряд — Q зарядга Караганда доимо узокрокда бўлади). Бинобарин, F_2 (модули буйича) F_1 дан катта бўлади ва Q_1 зарядга хам чап томонга йуналган натижавий куч таъсир этади. Бу куч таъсирида заряд Q_1 мувозанат холатидан четлашади. Q_1 заряд уннга силжиганда хам шу хол руй беради. F_2 куч F_1 дан тезрок камаяди. Бу холда кучларнинг вектор йигиндиси уннга йуналган бўлади. Бу куч таъсирида заряд хам уннг томонга силжииди, яъни мувозанат холатидан четлашади. Шундай килиб, мусбат заряд холида мувозанат турғунмас бўлади.

2. Агар Q_1 заряд манфий бўлса, унинг чапга силжиши F_1 ва F_2 кучларнинг ортишига олиб келади, лекин F_2 куч F_1 га Караганда секинрок усади, яъни $|F_2| > |F_1|$. Натижавий куч уннга йуналган бўлади. Бу куч таъсирида Q_1 заряд мувозанат холатига кайтади. Q_1 уннга силжиганда эса, F_2 куч F_1 га караганда тезрок камаяди, яъни $|F_1| < |F_2|$ - Натижавий куч чапга йуналган ва Q_1 заряд яна мувозанат холатига кайтади. Манфий заряд холида мувозанат турғун бўлади. Q_1 заряднинг микдори эса ахамиятга эга эмас.

Шуни кайд этамизки, электростатикада турғун вазият факат маълум чекланишлар билангина бўлиши мумкин. Бизнинг мисолимизда Q_1 заряд $9Q$ ва $-Q$ зарядлар оркали утувчи тугри чизик буйлабгина силжиши мумкин. Агар бу чекланиш олинса, унда турғун мувозанат бўлмайди. Факат электростатик кучлар таъсирида бўлган зарядлар тизимида турғун мувозанат бўлиши мумкин эмас (Ирншоу теоремаси).

3-мисол. Узунлиги $l=30$ см бўлган ингичка таёкча (13.3- раем) бутун узунлиги буйлаб $\tau=1$ мкКл/м чизикли зичлик билан бир текис тақсимланган зарядга эга. Таёкчадан $r_0=20$ см масофада таёкча учларидан тенг узокликда $Q_1 = 10$ нКл заряд бор. Нуктавий заряднинг зарядланган таёкча билан ўзаро таъсир кучи F аниқлансин.

Е ч и ш. Кулон конуни нуктавий зарядларнинг ўзаро таъсир кучларини хисоблашга имкон беради. Масаланинг шартига кура, зарядлардан бири нуктавий бўлмай, таёкчанинг узунлиги буйича текис тақсимланган заряддан иборатдир. Бирок, агар таёкчадан узунлиги dl бўлган кичик бўлакча ажратилса, ундаги $dQ = \tau dl$ зарядни нуктавий заряд сифатида караш ва унда Кулон конуни * буйича Q_1 ва dQ зарядлар орасидаги ўзаро таъсир кучини аниқлаш



13.3- расм

мумкин:

$$dF = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 \tau dl}{r^2}$$

бу ерда r — ажратилган элементдан Q_1 зарядгача бўлган масофа. Чизмадан (13.3-расм)

$$r = \frac{r_0}{\cos \alpha} \quad \text{ва} \quad dl = \frac{r d\alpha}{\cos \alpha} \quad \text{лар келиб чикади, бунда } r_0 \text{ — } Q_1 \text{ заряддан таёкчагача бўлган}$$

масофа. r ва dl ларнинг бу ифодаларини (1) формулага куйиб, куйидагини оламиз:

* Бу ерда ва бундан кейин агар масалада мухит курсатилмаган бўлса, заряд вакуумда ($\epsilon=1$) деб хисобланади.

$$dF = \frac{Q_1 \tau}{4\pi\epsilon_0 r_0} d\alpha. \quad (2)$$

dF — векторлигини назарда тутмок керак, шунинг учун интеграллашдан олдин уни иккита Ташкил этувчига ажратамиз: таёкчага тик $d\vec{F}_1$ ва унга параллел $d\vec{F}_2$.

13.3- расмдан куришиб турибдики, $dF_1 = dF \cos \alpha$, $dF_2 = dF \sin \alpha$. dF нинг (2) ифодадаги кийматини бу формулаларга куйсак:

$$dF_1 = \frac{Q_1 \tau \cos \alpha}{4\pi \epsilon_0 r_0} d\alpha;$$

$$dF_2 = \frac{Q_1 \tau \sin \alpha}{4\pi \epsilon_0 r_0} d\alpha$$

Бу ифодаларни $-\beta$ дан $+\beta$ гача чегараларда интеграллаб, куйидагини оламиз:

$$F_1 = \int_{-\beta}^{+\beta} \frac{Q_1 \tau \cos \alpha}{4\pi \epsilon_0 r_0} d\alpha = \frac{Q_1 \tau}{4\pi \epsilon_0 r_0} \int_{-\beta}^{+\beta} \cos \alpha d\alpha = \frac{Q_1 \tau}{4\pi \epsilon_0 r_0} |\sin \alpha|_{-\beta}^{+\beta} = \frac{Q_1 \tau}{4\pi \epsilon_0 r_0} |\sin \beta - \sin(-\beta)| = \frac{Q_1 \tau}{4\pi \epsilon_0 r_0} 2 \sin \beta;$$

$$F_1 = \frac{Q_1 \tau}{4\pi \epsilon_0 r_0} \sin \beta.$$

Q_1 заряднинг таёқчага нисбатан симметрик жоилашганлигидан иккинчи ифоданинг интегралли нолни

беради: $F_2 = \int_{-\beta}^{+\beta} \frac{Q_1 \tau}{4\pi \epsilon_0 r_0} \sin \alpha d\alpha = -\frac{Q_1 \tau}{4\pi \epsilon_0 r_0} |\cos \alpha|_{-\beta}^{+\beta} = -\frac{Q_1 \tau}{4\pi \epsilon_0 r_0} |\cos \beta - \cos \beta| = 0.$

Шундай килиб, Q_1 зарядга таъсир этувчи куч

$$F = F_1 = \frac{Q_1 \tau}{2\pi \epsilon_0 r_0} \sin \beta$$

13.3 – расмдан $\sin \beta = \frac{l/2}{\sqrt{r_0^2 + l^2/4}} = \frac{l}{\sqrt{4r_0^2 + l^2}} \cdot \sin \beta$ нинг бу ифодасини (3) формулага куйсак,

$$F = \frac{Q_1 \tau}{2\pi \epsilon_0 r_0} - \frac{l}{\sqrt{4r_0^2 + l^2}}$$

(4) формула буйича хисоблашларни бажарамиз:

$$F = \frac{10 \cdot 10^{-9} \cdot 1 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 3.14 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 0.2} \cdot \frac{0.3}{\sqrt{4 \cdot 0.2^2 + 0.3^2}} H = 5.4 \cdot 10^{-4} H = 0.54 mH.$$

Масалалар

Нуктавий зарядларнинг ўзаро таъсири

1. Вакуумда бир-биридан $r=1$ м масофада бўлган иккита $Q_1=Q_2=1$ Кл нуктавий заряднинг ўзаро таъсир кучи аниқлансин.

2. Хар бирининг массаси $m = 0,1$ г дан бўлган иккита шарча узунликлари $l=20$ см дан бўлган иплар ёрдамида бир нуктада осилган. Шарчалар бир хил зарядлангач, шундай ажралишдики, иплар ўзаро $\alpha = 60^\circ$ бурчак хосил қилишди. Хар бир шарчанинг заряди топилинсин.

3. Иккита бир хил зарядланган шарча узунликлари бир хил бўлган иплар билан бир нуктада осилган. Бунда иплар a бурчакка ажралишган. Шарчаларни зичлиги $\rho = 800 \frac{\text{Кг}}{\text{м}^3}$ бўлган ёғга ботирдилар. Агар шарчалар ёғга ботирилгандан кейин ҳам ипларнинг ажралиш бурчаги ўзгармай қолса, ёғнинг Диэлектрик сингдирувчанлиги ε аниқлансин. Шарчалар материалининг зичлиги $\rho = 1600 \frac{\text{Кг}}{\text{м}^3}$.

4. Хар бирининг массаси $m=1\text{г}$ дан бўлган иккита шарча берилган. Зарядларининг ўзаро итаришиш кучи шарчаларнинг Ньютон конуни бўйича ўзаро тортишиш кучи билан мувозанатлашиши учун хар бир шарчага кандай Q заряд берилиши керак? Шарчалар моддий нукталар сифатида қаралсин.

5. Водород атомининг элементар назариясида электрон ядро атрофида доиравий орбита бўйлаб айланади, деб қабул қилинади. Агар орбита радиуси $r = 53 \text{ пм}$ бўлса, электроннинг v тезлиги ҳамда электроннинг айланиш частотаси n аниқлансин.

6. Иккита $Q_1=1 \text{ мкКл}$ ва $Q_2=-Q_1$ нуктавий зарядлар орасидаги масофа 10 см га тенг. Биринчи заряддан $r_1=6 \text{ см}$ ва иккинчисидан $r_2 = 8 \text{ см}$ масофада бўлган $Q = 0,1 \text{ мкКл}$ нуктавий зарядга таъсир этувчи F куч аниқлансин.

7. Томони $a = 10 \text{ см}$ бўлган турри олтибурчакнинг учларида $Q, 2Q, 3Q, 4Q, 5Q, 6Q$ ($Q = 0,1 \text{ мкКл}$) нуктавий зарядлар жойлашган. Олтибурчак текислигида ётувчи ва унинг учларидан тенг узокликда жойлашган Q нуктавий зарядга таъсир этувчи F куч топилсин.

8. Бир хил утказувчанликли, зарядланган иккита шар бир-биридан $r = 60 \text{ см}$ масофада турибди. Шарларнинг итаришиш кучи $F_1=70 \text{ мкН}$. Шарлар бир-бирига теккизилиб, сунгра олдинги масофага узоклаштирилгач итаришиш кучи ортди ва $F_2=160 \text{ мкН}$ бўлди. Бир-бирларига теккизилгунча шарларда бўлган Q_1 ва Q_2 зарядлар ҳисоблансин. Шарларнинг диаметрлари улар орасидаги масофадан куп марта кичик деб ҳисоблансин.

9. Бир хил утказувчанликли, зарядланган иккита шар бир-биридан $r=30 \text{ см}$ масофада турибди. Шарларнинг тортишиш кучлари $F_1=90 \text{ мкН}$. Шарлар бир-бирига теккизилиб, олдинги масофага узоклаштирилгандан кейин улар $F_2=160 \text{ мкН}$ куч билан итаришиша бошлашди. Бир-бирларига теккизилгунча шарларда бўлган Q_1 ва Q_2 зарядлар аниқлансин. Шарларнинг диаметрлари улар орасидаги масофадан куп марта кичик деб ҳисоблансин.

10. Иккита мусбат Q ва $4Q$ нуктавий зарядлар бир-биридан $l = 60 \text{ см}$ масофада маҳкамланган. Мувозанат вазиятида бўлиши учун учинчи Q_1 зарядни берилган зарядлар орқали утувчи тугри чизикнинг қайси нуктасида урнатиш керак? Агар заряд фақат маҳкамланган зарядлар орқали утувчи тугри чизик бўйлаб ҳаракатлана олса, мувозанат туррун бўлиши учун заряд кандай ишорали бўлиши кераклиги курсатилсин.

11. Эркин $Q_1=180 \text{ нКл}$ ва $Q_2=720 \text{ нКл}$ зарядлар орасидаги масофа $l = 60 \text{ см}$. Зарядлар тизими мувозанатда бўлиши учун, учинчи Q_1 зарядни урнатиш лозим бўлган зарядлар орқали утувчи тугри чизикдаги нукта аниқлансин. Заряднинг катталиги ва ишораси аниқлансин. Мувозанат турғун бўладими ёки турғунмас ми?

12. Хар бири $Q=1 \text{ нКл}$ дан бўлган учта заряд тенг томонли учбурчакнинг учларида жойлашган. Тортишиш зарядларнинг итариш кучларини мувозанатга келтириши учун учбурчакнинг марказига кандай Q_1 манфий заряд урнатиш керак? Бу мувозанат турғун бўладими?

13. Квадратнинг учларида x , ар бири $Q=0,3 \text{ нКл}$ дан бўлган бир хил зарядлар бор. Мусбат зарядларнинг ўзаро итаришиш кучлари манфий заряднинг тортишиш кучи билан мувозанатга келтирилиши учун квадратнинг марказига кандай Q_1 манфий заряд урнатиш керак?

Нуктавий заряднинг текис тақсимланган зарядбилан ўзаро таъсири

14. Узунлиги $L=10 \text{ см}$ бўлган ингичка таёқча бир текис зарядланган. Заряднинг чизикли

зичлиги $\tau=1$ мкКл/м. Таёқча укининг давомида, яқин учидан $a = 20$ см масофада $Q = 100$ нКл ли нуктавий заряд турибди. Зарядланган таёқча ва нуктавий заряднинг ўзаро таъсир кучи F аниқлансин.

15. Узун ингичка таёқча $\tau = 10$ мкКл/м чизиқли заряд зичлиги билан бир текис зарядланган. Таёқча укининг давомида, яқин учидан $a = 20$ см масофада $Q = 10$ нКл нуктавий заряд турибди. Зарядланган таёқча ва нуктавий заряднинг таъсир кучи F аниқлансин.

16. Ингичка жуда узун таёқча $\tau = 10$ мкКл/м чизиқли заряд зичлиги билан бир текис зарядланган. Учидан таёқча укига утказилган тикликда (перпендикуляр)да $Q=10$ нКл нуктавий заряд турибди. Таёқча учидан зарядгача бўлган масофа $a = 20$ см. Зарядланган таёқча ва нуктавий заряднинг таъсир кучи F топилсин.

17. Узунлиги $l=20$ см бўлган ингичка тола $\tau=10$ нКл/м чизиқли зичлик билан зарядланган. Уртасидан утган тикликда, толадан $a=10$ см масофада $Q=1$ нКл нуктавий заряд турибди. Шу зарядга зарядланган тола томонидан таъсир этувчи F куч ҳисоблансин.

18. Узун ингичка таёқча $\tau=10$ мкКл/м чизиқли зичлик билан бир текис зарядланган. Унинг уртасига яқин жойдан $a=20$ см масофада жойлашган $Q = 10$ нКл нуктавий зарядга таъсир этаётган F куч қандай бўлади?

19. Ингичка чексиз узун тола 90° бурчак остида эгилган. Толада $\tau=1$ мкКл/м чизиқли зичлик билан текис тақсимланган заряд бор. Томонларидан бирининг давомида бурчакдан $a = 50$ см узокликда жойлашган, $Q = 0,1$ мкКл нуктавий зарядга таъсир этаётган F куч аниқлансин.

20. Радиуси $R=10$ см бўлган ингичка халқада текис тақсимланган $Q = 0,1$ мкКл заряд бор. Халқанинг уртасидан унинг текислигига утказилган тикликда $Q_1=10$ нКл нуктавий заряд турибди. Агар Q_1 нуктавий заряд халқа марказидан: 1) $t=20$ см; 2) $t/2=2$ м узокликда бўлса, зарядланган халқа томонидан унга таъсир этаётган F куч аниқлансин.

21. Радиуси $R= 10$ см бўлган ингичка ярим халқада $\tau= 1$ мкКл/м чизиқли зичлик билан текис тақсимланган заряд бор. Ярим халқа эгрилигининг марказида $Q = 20$ нКл заряд турибди. Нуктавий заряд ва зарядланган яримхалқанинг ўзаро таъсир кучи F аниқлансин.

22. Радиуси $R=10$ см бўлган ингичка халқада заряд $\tau = 1$ нКл/м чизиқли зичлик билан текис тақсимланган. Халқанинг марказида $Q = 0,4$ мкКл заряд бор. Халқани чузиб кенгайтирувчи F куч аниқлансин. Халқадаги зарядларнинг ўзаро таъсири инобатга олинмасин.

10- МАШҒУЛОТ

ЭЛЕКТР СИҒИМ. КОНДЕНСАТОР

АСОСИЙ ФОРМУЛАЛАР.

- Яккаланган ўтказгич ёки конденсаторнинг электр сиғими

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta \varphi}$$

Бунда Q – ўтказгичга (конденсаторга) берилган заряд; $\Delta \varphi$ – шу заряд вужудга келтирган потенциалнинг ўзгариши.

- ϵ диэлектрик сингдирувчанликли чексиз муҳитда жойлашган R радиусли яккаланган ўтказувчи сферанинг электр сиғими

$$C = \frac{4\pi\epsilon_0\epsilon}{R}$$

Агар сфера ковак ва диэлектрик билан тўлдирилган бўлса, бунинг натижасида унинг электр сиғими ўзгармайди.

- Ясси конденсаторнинг электр сиғими

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}$$

Бунда S – қопламалар (ҳар бир қопламанинг) юзаси; d – улар орасидаги масофа; ε – қопламалар орасидаги бўшлиқни тўлдириб турувчи диэлектрикнинг диэлектрик сингдирувчанлиги.

Ҳар бирининг диэлектрик сингдирувчанлиги ε_i ва қалинлиги d_i бўлган n та диэлектрик қатлами билан тўлдирилган ясси конденсатор (қатламли конденсатор)нинг электр сиғими

$$C = \frac{\varepsilon_0 S'}{\frac{d_1}{\varepsilon_1} + \frac{d_2}{\varepsilon_2} + \dots + \frac{d_n}{\varepsilon_n}}$$

Сферик конденсаторнинг электр сиғими (2 та R_1 ва R_2 радиусли консентрик сфералар орасидаги бўшлиқ E диэлектрик сингдирувчанликли диэлектрик билан тўлдирилган)

$$C = 4\pi\varepsilon_0\varepsilon R_1 R_2 / (R_2 - R_1)$$

• Цилиндрик конденсаторнинг электр сиғими (узушликлари l ва радиуслари R_1 ва R_2 бўлган 2 та коаксиал цилиндрнинг орасидаги бўшлиқ диэлектрик сингдирувчанлиги ε бўлган диэлектрик билан тўлдирилган)

$$C = \frac{2\pi\varepsilon_0\varepsilon l}{\ln(R_2/R_1)}$$

• Кетма-кет уланган конденсаторларнинг электр сиғими C ; умумий ҳолда $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$, бунда n конденсаторлар сони;

2 та конденсаторлар ҳолида $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$; ҳар бирининг сиғими C_1 бўлган n та бир

хил бўлган конденсаторлар ҳолида $C = \frac{C_1}{n}$.

• Параллел уланган конденсаторларнинг электр сиғими;

Умумий ҳолда $C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$;

2 та конденсатор ҳолида $C = C_1 + C_2$

Ҳар бирининг сиғими C_1 бўлган n та бир хил бўлган конденсаторлар ҳолида $C = nC_1$

МАСАЛАЛАР ЕЧИШГА ДОИР МИСОЛЛАР.

1-мисол. Агар қопламаларининг юзаси $S = 100 \text{ см}^2$ бўлса, 2 та диэлектрик қатлами қалинлиги $d_1 = 2 \text{ мм}$ бўлган чинни ва қалинлиги $d_2 = 1.5 \text{ мм}$ бўлган эбонит ясси конденсаторнинг электр сиғими C аниқлансин.

Ечиш: Таърифга кўра конденсаторнинг сиғими $C = \frac{Q}{U}$, бунда Q – конденсатор қопламалари орасидаги заряд; U – қопламалар потенциаллар фарқи. Бу тенгликда конденсатордаги умумий потенциаллар фарқи U ни диэлектрик қатламларидаги кучланишлар йиғиндиси $U_1 + U_2$ билан алмаштириб қуйидагини оламиз

$$C = Q / (U_1 + U_2) \quad (1)$$

$$Q = \sigma S, U_1 = E_1 d_1 = \frac{D}{\varepsilon_0 \varepsilon_1} d_1 \text{ ва } U_2 = E_2 d_2 = \frac{D}{\varepsilon_1 \varepsilon_2} d_2 \quad \text{эканлигини ҳисобга олиб,} \quad (1)$$

тенгламани

$$C = \frac{\sigma S}{\frac{D}{\varepsilon_0 \varepsilon_1} d_1 + \frac{D}{\varepsilon_1 \varepsilon_2} d_2} \quad (2)$$

кўринишда ёзиш мумкин. Бунда σ – копламалардаги заряднинг сирт зичлиги; E_1 ва E_2 мос равишда диэлектрикларнинг 1- ва 2-қатламларидаги майдон кучланганликлари; D – диэлектриклардаги майдоннинг электр силжиши.

(2) тенгликнинг сурат ҳамда махражини ε_0 га кўпайтириб ва $D = \sigma$ эканлигини ҳисобга олсак:

$$C = \frac{\varepsilon_0 S}{\frac{d_1}{\varepsilon_1} + \frac{d_2}{\varepsilon_2}}$$

Охирги формула бўйича ҳисоблаш ўтказиб, натижани топамиз:

$$C = \frac{8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 100 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10^{-3} / 5 + 1.5 \cdot 10^{-3} / 3} \Phi = 9.83 \cdot 10^{-11} \Phi = 98.3 \text{ пФ}$$

2-мисол. 2та бир ҳил $C_1 = C_2 = C$ электр сиғимли ясси конденсатордан кетма-кет улаш усули билан батарея ҳосил қилинган ва ЭЮКи ε бўлган ток манбаига уланган. Агар ток манбаини узмасдан туриб 2-конденсатор копламалари орасидаги бўшлиқ диэлектрик сингдирувчанлиги $\varepsilon = 7$ бўлган диэлектрик билан тўлдирилса, 1-конденсатор копламаларидаги потенциаллар фарқи U_1 қандай ўзгаради?

Ечиш: 2-конденсатор диэлектрик билан тўлдирилгунсха ҳар иккала конденсатор копламаларидаги потенциаллар фарқи бир хил $U_1 = U_2 = \frac{\varepsilon}{2}$ бўлган. Тўлдирилгандан кейин 2- конденсаторнинг электр сиғими ε марта ошади:

$$U_1 = \frac{Q}{C'_1} = \frac{Q}{C_1} \quad (3)$$

бунда Q – конденсатор копламаларидаги заряд. Конденсаторлар кетма-кет уланганида ҳар бир копламадаги ва бутун батареядаги заряд бир хил бўлганлиги учун:

$$Q = C'_{bat} \cdot \varepsilon$$

Бунда

$$C'_{bat} = \frac{C'_1 C'_2}{C'_1 + C'_2} = \frac{C \varepsilon C}{C + \varepsilon C} = \frac{\varepsilon C}{1 + \varepsilon}$$

Шундай қилиб

$$Q_1 = \frac{\varepsilon C}{1 + \varepsilon} \xi.$$

Заряднинг бу ифодасини (3) формулага қўйиб қуйидагини топамиз:

$$U'_1 = \frac{Q}{C} = \frac{\varepsilon C \xi}{1 + \varepsilon C} = \frac{\varepsilon}{1 + \varepsilon} \xi$$

1-конденсатор копламаларидаги потенциаллар фарқи қандай ўзгарганлигини тописх учун:

$$\frac{U'_1}{U_1} = \frac{\varepsilon \xi 2}{(1 + \varepsilon) \xi} = \frac{2\varepsilon}{1 + \varepsilon} \xi$$

Нисбатини ҳисоблаймиз. ξ йматини ўрнига қўйсак:

$$U'_1/U = 1,75$$

Бинобарин, 2-конденсатор диэлектрик билан тўлдирилгандан кейин 1-конденсатор қопламаларидаги потенциаллар фарқи 1,75 марта ошган.

МАСАЛАЛАР.

Ўзгарувсхан сферанинг электр сизими

1. $R = 1 \text{ sm}$ радиусли яккаланган металл шар.нинг электр сизими C топилсин. Жавоб ($1,11 \text{ пФ}$)
2. Сувга ботирилган $R = 2 \text{ sm}$ радиусли металл сферанинг электр сизими C аниқлансин. Жавоб (180 пФ)
3. Ерни $R = 6400 \text{ km}$ радиусли шар. деб қабул қилиб, унинг электр сизими C ҳисоблансин. Жавоб (712 мКл)
4. Радиуслари $R_1 = 2 \text{ sm}$ ва $R_2 = 6 \text{ sm}$ бўлган 2 та металл шар. сизимини инобатга олмаслик мумкин бўлган ўтказгич билан туташтирилган. Шарларга $Q = 1 \text{ нКл}$ заряд берилган. Шарлардаги заряднинг сирт зичлиги σ топилсин. Жавоб ($49,8 \text{ нКл/м}^2$)
5. $R_1 = 6 \text{ sm}$ радиусли шар $\varphi_1 = 300 \text{ В}$ потенциалгача, $R_2 = 54 \text{ sm}$ радиусли шар эса $\varphi_2 = 500 \text{ В}$ потенциалгача зарядланган. Шарларнинг металл ўтказгич билан улангандан кейинги потенциали φ аниқлансин. Уловчи ўтказгичнинг сизими инобатга олинмасин. Жавоб (380 В)

Ясси конденсаторнинг электр сизими

6. Қопламаларининг юзаси $S = 100 \text{ см}^2$, улар орасидаги масофа $0,1 \text{ мм}$ бўлган слюдали ясси конденсаторнинг электр сизими C аниқлансин. Жавоб ($6,2 \text{ нФ}$)
7. $U = 600 \text{ В}$ потенциаллар фарқигача зарядланган ясси конденсатор қопламалари орасида 2 та диэлектрик қатлами бор: қалинлиги $d_1 = 7 \text{ мм}$ бўлган шиша ва қалинлиги $d_2 = 3 \text{ мм}$ бўлган эбонит. Конденсатор ҳар бир қопламасининг юзаси $S = 200 \text{ см}^2$. 1) конденсаторнинг сизими C ; 2) ҳар бир қатламдаги майдон силжиши D , кучланганлиги E ва потенциал тушиши $\Delta\varphi$ топилсин. Жавоб [1) $88,5 \text{ пФ}$; 2) $D_1 = D_2 = 2,66 \text{ мкКл/м}^2$; $E_1 = 42,8 \text{ кВ/м}$; $E_2 = 100 \text{ кВ/м}$; $\Delta\varphi_1 = \Delta\varphi_2 = 300 \text{ В}$]
8. Ясси конденсатор қопламалари орасидаги масофа $d = 1,33 \text{ м}$ қопламаларининг юзаси $S = 20 \text{ см}^2$. Конденсатор қопламалари орасидаги бўшлиқда диэлектрикларнинг 2 та қатлами бор: қалинлиги $d_1 = 0,7 \text{ мм}$ ли слюда ва қалинлиги $d_2 = 0,3 \text{ мм}$ ли эбонит. Конденсаторнинг электр сизими C аниқлансин.
9. Ясси конденсатор қопламаларида заряд $\tau = 0,2 \text{ мкКл/м}^2$ сирт зичлиги билан бир текис тақсимланган. Қопламалар орасидаги d масофа 1 мм га тенг. Қопламалар орасидаги масофа 3 мм гача орттирилганда қопламалардаги потенциаллар фарқи қанчага ўзгаради? Жавоб ($22,6 \text{ В}$)
10. Ясси конденсаторга, унинг қопламаларига жипслашиб турадиган қилиб қалинлиги $d = 1 \text{ см}$ бўлган парафин тахточани киритдилар. Дастлабки сизимни ҳосил қилиш учун қопламалар орасидаги масофани қанчага орттириш керак? Жавоб ($0,5 \text{ см}$)
11. Ясси конденсаторнинг электр сизими $1,5 \text{ мкФ}$ га тенг. Қопламалари орасидаги масофа $d = 5 \text{ мм}$. Агар пастдаги қопламага $d_1 = 3 \text{ мм}$ қалинликдаги эбонит тахточаси қўйилса, конденсаторнинг электр сизими C қандай бўлади? Жавоб ($2,5 \text{ мкФ}$)
12. Ясси конденсатор қопламалари орасида зич ёпишиб турган шиша тахточа бор. Конденсатор $U_1 = 100 \text{ В}$ потенциаллар фарқигача зарядланган. Агар шиша тахточа конденсатордан чиқариб олинса, потенциаллар фарқи U_2 қандай бўлади? Жавоб (700 В)

Сферик конденсаторнинг электр сизими.

13. Радиуслари $R_1 = 2 \text{ см}$ ва $R_2 = 2,1 \text{ см}$ бўлган 2 та консентрик металл сфера сферик

конденсаторни ҳосил қилади. Агар сфералар орасидаги бўшлиқ парафин билан тўлдирилган бўлса, конденсаторнинг электр сиғими C аниқлансин.

14. Конденсатор 2 та консентрик сферадан ташкил топган. Ички сферанинг радиуси $R_1 = 10 \text{ см}$, ташқисиники $R_2 = 10,2 \text{ см}$. Сфералар орасидаги соҳа парафин билан тўлдирилган. Ички сферага $Q = 5 \text{ мкКл}$ заряд берилган. Сфералар орасидаги потенциаллар фарқи U аниқлансин. Жавоб (4,41 кВ)

Конденсаторларни улаш.

15. $U = 600 \text{ В}$ потенциаллар фарқигача зарядланиб, кучланиш манбаидан узилган ҳаво конденсаторига параллел равишда шундай ўлчамли ва шаклли, лекин диэлектрикли (чинни) зарядланмаган 2-конденсатор уланди. Агар 2-конденсатор улангандан кейин потенциаллар фарқи $U_1 = 100 \text{ В}$ гача камайган бўлса, чиннининг диэлектрик сингдирувчанлиги ε аниқлансин. Жавоб (5)

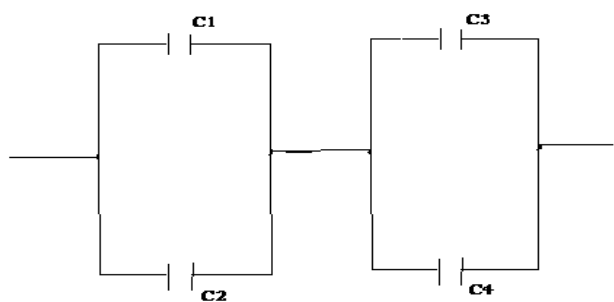
16. $C_1 = 3 \text{ мкФ}$ ва $C_2 = 6 \text{ мкФ}$ сиғимли конденсаторлар ўзаро уланган ва $\varepsilon = 120 \text{ В}$ ЭЮКли батареяга бириктирилган. Агар конденсаторлар: 1) параллел; 2) кема-кет уланган бўлса, конденсаторлардаги Q_1 ва Q_2 зарядлар ва уларнинг қопламалари орасидаги U_1 ва U_2 потенциаллар фарқи аниқлансин. Жавоб [1) 360 мкКл; 720 мкКл; 120В; 2) 240мкКл; 80 В; 40В]

17. $C_1 = 0,2 \text{ мкФ}$ электр сиғимли конденсатор $U_1 = 320 \text{ В}$ потенциаллар фарқигача зарядланган. Уни $U_2 = 450 \text{ В}$ потенциаллар фарқигача зарядланган 2-конденсатор билан параллел уланганларидан кейин ундаги кучланиш 400 В гача ўзгарди. 2-конденсаторнинг сиғими C_2 ҳисоблансин.

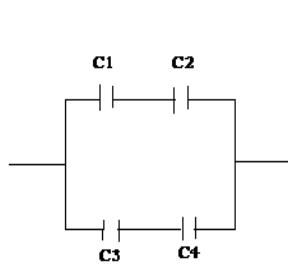
18. $C_1 = 0,6 \text{ мкФ}$ электр сиғимли конденсатор $U_1 = 300 \text{ В}$ потенциаллар фарқигача зарядланган ва сиғими $C_2 = 0,4 \text{ мкФ}$ бўлган $U_2 = 150 \text{ В}$ потенциаллар фарқигача зарядланган 2-конденсатор билан уланган. 1-конденсатор қопламасидан 2-синикига оқиб ўтадиган ΔQ заряд топилсин.

19. 3 та бир хил ясси конденсатор кетма-кет уланган. Бундай конденсаторлар батареясининг электр сиғими $C = 89 \text{ пФ}$. Ҳар бир қопламанинг юзаси $S = 100 \text{ см}^2$. Диэлектрик –сҳисҳа. Сҳисҳанинг қалинлиги қандай? Жавоб (2,32 мм)

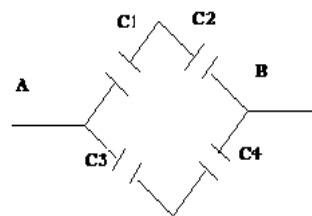
20. Конденсаторлар 1-расмда кўрсатилгандек қилиб уланган. Конденсаторларнинг электр сиғимлари $C_1 = 0,2 \text{ мкФ}$; $C_2 = 0,1 \text{ мкФ}$; $C_3 = 0,3 \text{ мкФ}$; $C_4 = 0,4 \text{ мкФ}$. конденсаторлар батареясининг электр сиғими C аниқлансин. Жавоб (0,21 мкФ)



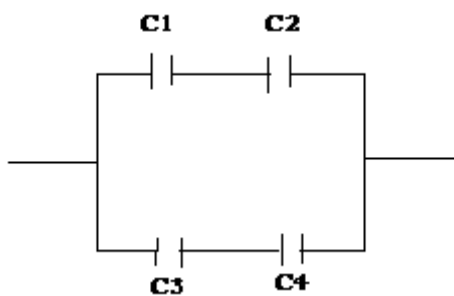
2-расм



3-расм



4-расм



21.

Электр сиғимлари

$$C_1 = 0,2 \text{ mkF} ; C_2 = 0,6 \text{ mkF} ;$$

$C_3 = 0,3 \text{ mkF} ; C_4 = 0,4 \text{ mkF}$ бўлган конденсаторлар 2-расмда кўрсатилгандек қилиб уланган. А ва Б нукталар орасидаги потенциаллар фарқи $U = 320 \text{ В}$. Ҳар бир конденсатор қопламаларидаги потенциаллар фарқи U_i ва заряди Q_i аниқлансин ($i=1,2,3,4$).

Жавоб

$$(U_1 = 240 \text{ В}; U_2 = 80 \text{ В}; U_3 = 120 \text{ В}; U_4 = 200 \text{ В} \quad Q_1 = Q_2 = 48 \text{ мкКл}; Q_3 = Q_4 = 60 \text{ мкКл})$$

22. Электр сиғимлари $C_1 = 10 \text{ нФ}; C_2 = 40 \text{ нФ}; C_3 = 2 \text{ нФ}; C_4 = 30 \text{ нФ}$ бўлган конденсаторлар 3-расмда кўрсатилганидек қилиб уланган. Конденсаторлар бирикмасининг электр сиғими C аниқлансин. Жавоб (20 мкФ)

23. Электр сиғимлари $C_1 = 2 \text{ мкФ}; C_2 = 2 \text{ мкФ}; C_3 = 3 \text{ мкФ}; C_4 = 1 \text{ мкФ}$ бўлган конденсаторлар 4-расмда кўрсатилганидек қилиб уланган. 4-конденсатор қопламаларидаги потенциаллар фарқи $U_4 = 100 \text{ В}$. Ҳар бир конденсатор қопламаларидаги зарядлар ва потенциаллар фарқлари ҳамда конденсаторлар батареясининг умумий заряди ва потенциаллар фарқи топилсин. Жавоб (20 мкКл; 120 мкКл; 100 мкКл; 110 В; 60 В; 40 В; 220 мкКл; 210 В)

11- МАШҒУЛОТ

ПОТЕНЦИАЛ. ЭЛЕКТР ЗАРЯДЛАРИ ТИЗИМИНИНГ ЭНЕРГИЯСИ. ЗАРЯДНИ МАЙДОНДА КЎЧИРИШДА БАЖАРИЛГАН ИШ

Асосий формулалар

●Электр майдоннинг потенциали майдоннинг шу нуктасида ўрнатилган нуктавий мусбат заряд потенциал энергиясининг шу заряд микдорига нисбатига тенгдир:

$$\varphi = \Pi / Q$$

ёки электр майдоннинг потенциали нуктавий мусбат зарядни майдоннинг шу нуктасидан чексизликка кўчиришда майдон кучлари бажарган ишнинг шу заряд микдорига нисбатига тенгдир:

$$\varphi = A / Q$$

Чексизликда электр майдоннинг потенциали шартли равишда нолга тенг деб қабул қилинган.

Зарядни электр майдонда кўчиришда Ташки кучларнинг иши $A_{\text{ТК}}$ модули бўйича майдон кучларининг иши $A_{\text{МК}}$ га тенг ва ишораси карама-қарши эканлигини таъкидлаб ўтамиз:

$$A_{\text{ТК}} = - A_{\text{МК}}$$

●Нуктавий заряд Q нинг заряддан r масофада ҳосил қиладиган электр майдонининг потенциали

$$\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r}$$

● Q зарядга эга бўлган R радиусли металл сефранинг сфера марказидан r масофада ҳосил қиладиган электр майдоннинг потенциали:

$$\text{сферанинг ичида } (r < R) \quad \varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R}$$

$$\text{сферанинг сиртида } (r = R) \quad \varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R}$$

$$\text{сферадан ташқарида } (r>R) \quad \varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R}$$

Зарядланган сферанинг потенциали учун келтирилган барча формулаларда ϵ сферани ўраб турган бир жинсли чексиз диэлектрикнинг синдирувчанлигидир.

•Берилган нуктада n та нуктавий зарядлар тизими ҳосил қилган электр майдоннинг потенциали, электр майдон суперпозицияси принципига асосан, ҳар бир нуктавий заряд $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ алоҳида ҳосил қилган потенциал $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n$ ларнинг

алгебраик йиғиндисига тенг:

$$\varphi = \sum_{i=1}^m \varphi_i$$

• $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$ нуктавий зарядлар тизимининг ўзаро таъсир энергияси W шу зарядлар тизими уларни бир-биридан чексизликка узоқлаштирганда бажарадиган иш билан аниқланади ва

$$W = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^m Q_i \varphi_i$$

формула билан ифодаланади; бу ерда φ_i - Q_i заряд турган нуктада қолган $n-1$ та зарядлар (i -дан ташқари) ҳосил қилган майдон потенциали.

•Потенциал электр майдон кучланганлиги билан куйидаги муносабат орқали боғланган

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

Бу муносабат сферик симметриклик хусусиятига эга бўлган электр майдон учун куйидагича ифодаланади

$$\vec{E} = -\frac{d\varphi}{dr} \vec{r}$$

ёки скаляр шаклда

$$\vec{E} = -\frac{d\varphi}{dr}$$

бир жинсли, яъни ҳар бир нуктасидаги кучланганлик ҳам модули, ҳам йўналиши бўйича бир хил бўлган майдон ҳолида эса

$$E(\varphi_1 - \varphi_2) / d$$

бунда φ_1 ва φ_2 — иккита эквипотенциал сирт нукталаридаги потенциаллар; d — электр куч чизиғи йўналишида бу сиртлар орасидаги масофа.

• Q нуктавий зарядни майдоннинг φ_1 потенциалга эга бир нуктасидан φ_2 потенциалга эга бошқа нуктасига кўчиришда электр майдон бажарадиган иш

$$A = Q(\varphi_1 - \varphi_2) \quad \text{ёки} \quad A = Q \int_L E_i dl$$

бу ерда E_i — кучланганлик вектори E нинг кўчиш йўналишига

$$A = QEl \cos \alpha$$

проекцияси; dl —кўчиш.

Бир жинсли майдон ҳолида охириги формула кўринишни олади, бу ерда l — кўчиш; α - E векторнинг йўналиши ва l кўчиш орасидаги бурчак.

Масалалар ечишга доир мисоллар

1- мисол. $Q_1 = 3$ мкКл ва $Q_2 = 20$ нКл мусбат зарядлар вакуум-да бир-биридан $r_1 = 1,5$ м масофада турибди. Зарядларни $r_2=1$ м масофагача яқинлаштириш учун бажариш керак бўлган A' иш аниқлансин.

Е ч и ш : Биринчи заряд Q ҳаракатсиз, иккинчи заряд Q_2 эса ташқи кучлар таъсирида Q_1 заряд ҳосил қилган майдонда кўчиб, унга $r_1 = 1,5$ м масофадан $r_2=1$ м масофагача яқинлашади деб фараз қиламиз. Ташқи кучларнинг Q зарядни майдоннинг φ_1 потенциалли нуктасидан потенциалли φ_2 бўлган бошқа нуктасига кўчиришдаги A' иши зарядни шу нукталар орасида кўчиришдаги майдоннинг иши A га модули бўйича тенг, ишораси эса қарама-карши $A' = -A$

A зарядни кўчиришда майдон кучларининг иши $A = Q(\varphi_1 - \varphi_2)$. Унда ташқи кучларнинг иши A' куйидаги кўринишда ёзилиши мумкин

$$A' = -Q(\varphi_1 - \varphi_2) = Q(\varphi_2 - \varphi_1) \quad (1)$$

Йўлнинг бошланғич ва охириги нукталаридаги потенциаллар

$$\varphi_1 = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 r_1} \quad \varphi_2 = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 r_2}$$

формулалар ёрдамида ифодаланлади.

φ_1 ва φ_2 ларнинг ифодаларини (1) формулага кўйиб ва мазкур ҳолда кўчирилаётган заряд $Q = Q_2$ эканлигини ҳисобга олиб, Куйидагини топамиз

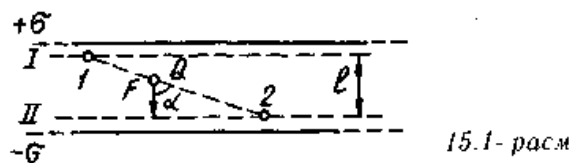
$$A' = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$$

Агар $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9$ м/Ф эканлигини ҳисобга олсак, катталикларнинг

қийматларини (2) формулага кўйгандан кейин натижани ҳисоблаб топамиз:

$$A' = 180 \text{ мкЖ.}$$

2- мисол. Ораларидаги масофа $l = 3$ см бўлган $\sigma = 0,4$ мкКл/м² сирт зичлиги билан ва ҳар хил исмли зарядлар билан зарядланган иккита чексиз параллел текислик орасида турган $Q = 10$ нКл зарядни 1 нуктадан 2 нуктага (15.1- расм) кўчиришда майдон бажарган A иш топилсин.



Е ч и ш : Масалани икки хил усулда ечиш мумкин.

1- усул. Q зарядни φ_1 потенциалли 1 нуктадан φ_2 потенциалли 2 нуктага кўчиришдаги майдон кучларининг иши A ни

$$A = Q(\varphi_2 - \varphi_1) \quad (1)$$

формуладан топамиз.

1 ва 2 нукталардаги потенциалларни аниқлаш учун шу нукталар орқали I ва II эквипотенциал сиртларни ўтказамиз. Бу сиртлар текисликлардан иборат бўлади, чунки иккита бир текис зарядланган чексиз параллел текислик орасидати майдонгина бир жинслидир. Бундай майдон учун куйидаги муносабат ўринли

$$\varphi_2 - \varphi_1 = El \quad (2)$$

бу ерда E — майдон кучланганлиги; — эквипотенциал сиртлар

орасидаги масофа.

Турли хил ишора билан зарядланган параллел чексиз текисликлар орасидаги майдон кучланганлиги $E = \sigma / \epsilon_0$. E нинг бу ифодасини (2) формулага қўйиб ва сўнгра ($\varphi_2 - \varphi_1$) нинг ифодасини (1) формулага қўйиб, қуйидагини оламиз:

$$A = Q(\sigma / \epsilon_0)l$$

2- усул. Майдон бир жинсли бўлганлигида 0 зяралнинг кўчишида унга таъсир этаётган куч ўзгармасдир. уяинг учун ҳам заряднинг / нуқтадан 2 нуқтага кўчишидаги ишни

$$A = F \Delta r \cos \alpha$$

формула ёрдамида ҳисоблаш мумкин; бунда F - зарядга таъсир этаётган куч; Δr – Q заряднинг 1 нуқтадан 2 нуқтага кўчиш модули; α — кўчиш ва куч йўналишлари орасидаги бурчак. Аммо,

$$F = QE = Q \frac{\sigma}{\epsilon_0} \quad F \text{ нинг бу ифодасини (3) тенгликка қўйиб ва}$$

$\Delta r \cos \alpha = l$ эканлигини ҳисобга олиб қуйидагини топамиз

$$A = Q(\sigma / \epsilon_0)l \quad (4)$$

Шундай қилиб, ҳар иккала ечим ҳам битта натижага олиб келди. Q , σ , ϵ_0 ва l катталикларнинг қийматларини (4) ифодага қўйиб, натижани оламиз

$$A = 13,6 \text{ мкЖ.}$$

3-мисол. Электрон майдон кучланганлиги векторига карама-қарши йўналишда $v = 1,13 \cdot 10^6$ м/с тезлик билан бир жинсли электр майдонга учиб кирди. $E_1 = 13,6$ эВ* энергияга эга бўлиши учун электрон қандай U потенциаллар фарқини ўтиши керак?(Шундай энергияга эга бўлган электрон водород атоми билан тўқнашганда уни ионлантириши мумкин. 13,6 эВ энергия водороднинг ионланиш энергияси дейилади).

Е ч и ш . Электрон шундай U потенциаллар фарқини ўтиши керакки, бунда у олган W энергия билан майдонга кириш олдида эга бўлган T кинетик энергиясининг йиғиндисини ионланиш энергияси E_i га тенг бўлиши керак, яъни $W + T = E_i$ Бу формулада

$$W = eU \text{ ва } T = mv^2/2 \text{ ифодалардан фойдалансак, } eU + \frac{mv^2}{2} = E_i \quad \text{ифодани оламиз.}$$

Бундан

$$U = \frac{2E_i - mv^2}{2e}$$

СИ бирликлар тизими (системаси) да ҳисоблашни бажарсак, $U = 4,15$ В.

4-мисол. Бир-биридан етарли даражада узоқ масофада турган протонларнинг яқинлашиши мумкин бўлган энг кичик масофаси $r_{\min} = 10^{-11}$ см бўлса, уларнинг яқинлашишдаги бошланғич тезлиги v_0 аниқлансин.

Е ч и ш : Иккита протон орасида итарилиш кучлари таъсир этганлиги учун протонларнинг ҳаракати секинланувчан бўлади. Шунинг учун масалани ҳам инерциал (иккита протоннинг массалари марказига боғланган) санок тизимида, ҳам ноинерциал (тезланиш) билан ҳаракатланаётган протонларнинг бирортасига боғланган санок тизимида ечиш мумкин. Иккинчи ҳолда Ньютон қонунлари бажарилмайди. Даламбер принципини қўллаш эса, тизимнинг тезланиши ўзгарувчан бўлганлиги туфайли, анча қийин. Шунинг учун ҳам масалани инерциал ҳисоб

тизимда караш кулай.

Координата бошини иккита протоннинг массалар марказида жойлаштирамиз. Модомики биз бир хил зарралар билан иш кўрар эканмиз, масса маркази зарраларни туташтирувчи кесмани тенг иккига бўлувчи нуктада бўлади. Вактнинг исталган пайтида масса марказига нисбатан заррача тезлигининг модули бир хил бўлади. Зарралар бир-биридан етарли даражада узок масофада бўлгани-дан, ҳар бир зарранинг v_1 тезлиги v_0 нинг ярмига тенг бўлади, яъни $v_1 = v_0/2$.

Масалани ечиш учун энергиянинг сақланиш қонунини қўллаймиз. Унга мувофиқ ажратилган тизимнинг тўлиқ механик энергияси E ўзгармас, яъни

$$E = T + \Pi,$$

бу ерда T — ҳар иккала протоннинг массалар марказига нисбатан кинетик энергияларининг йиғиндиси; Π — зарядлар тизимининг потенциал энергияси.

Ҳаракатнинг бошланғич ва охири моментларидаги потенциал энергияларни Π_1 ва Π_2 лар билан ифодалаймиз.

Масаланинг шартига кўра, бошланғич моментда протонлар бир-биридан узок масофада туради, шунинг учун потенциал энергияни ҳисобга олмаслик мумкин ($\Pi_1 = 0$). Бинобарин, бошланғич моментда тўлиқ энергия протонларнинг кинетик энергияси T_1 га тенг бўлади, яъни

$$E = T_1 \quad (1)$$

Протонлар бир-бирига максимал яқинлашган охири моментда уларнинг тезликлари ва кинетик энергиялари нолга тенг, тўла энергия эса Π_2 потенциал энергияга тенг бўлади, яъни $E = \Pi_2$ (2)

(1) ва (2) тенгликларнинг ўнг томонларини тенглаштирсак

$$T_1 = \Pi_2. \quad (3)$$

Кинетик энергия протонлар кинетик энергияларининг йиғинди-сига тенг:

$$T_1 = \frac{m v_1^2}{2} + \frac{m v_1^2}{2} = m v_1^2 = \frac{m v_0^2}{4}$$

Бўшлиқда турган Q_1 ва Q_2 зарядлар тизимининг потенциал энергияси $\Pi = Q_1 Q_2 / (4\pi\epsilon_0 r)$ формула билан аниқланади, бунда r — зарядлар орасидаги масофа. Бу формуладан фойдаланиб қуйидагини оламиз

$$\Pi_2 = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_{\min}} \quad (5)$$

(4) ва (5) тенгликларни инобатга олганда (3) формула қуйидаги кўринишни олади:

Олинган формула асосида ҳисоблаш ўтказиб, натижани топамиз $v_0 = 2,35$ Мм/с.

Масалалар

Нуктавий зарядларнинг потенциал энергияси ва майдон потенциали

15.1. Майдоннинг муайян нуктасида турган $Q=10$ нКл нуктавий заряд $\Pi=10$ мкЖ потенциал энергияга эга. Майдоннинг шу нуктасидаги потенциал ϕ топилсин.

15.2. $Q=20$ нКл зарядни майдоннинг икки нуктаси орасида кўчиришда ташқи кучлар томонидан $A=4$ мкЖ иш бажарилган. Майдон кучларининг иши A_1 ва

майдоннинг шу нуқталари орасидаги потенциаллар фарқи $\Delta\varphi$ аниқлансин.

15.6. $Q_1 = -0,2$ мкКл ва $Q_2 = 0,5$ мкКл зарядлардан мос равишда $r_1 = 15$ см ва $r_2 = 25$ см узоқликдаги электр майдон потенциали аниқлансин. Ечим мавжуд бўлиши учун зарядлар орасидаги минимал ва максимал масофалар қандай бўлиши лозимлиги ҳам аниқлансин.

15.7. $Q_1 = 1$ мкКл ва $Q_2 = -1$ мкКл зарядлар бир-биридан $d = 10$ см масофада турибди. Биринчи заряддан $r = 10$ см узоқликдаги Q_1 дан Q_2 йўналишига тик ва биринчи заряддан ўтадиган тўғри чизикда ётувчи нуқтадаги майдон потенциали φ ва кучланганлик E аниқлансин.

15.8. Бир-биридан $d = 10$ см масофада турган иккита $Q_1 = 100$ нКл ва $Q_2 = 10$ нКл нуқтавий зарядлар тизимининг потенциал энергияси W ҳисоблансин.

15.9. Томонларининг узунлиги $a = 10$ см дан бўлган тенг томонли учбурчакнинг учларида жойлашган учта $Q_1 = 10$ нКл, $Q_2 = 20$ нКл ва $Q_3 = -30$ нКл нуқтавий зарядлар тизимининг потенциал энергияси W топилинсин.

15.10. Томонларининг узунлиги $a = 10$ см дан бўлган квадратнинг учларида жойлашган тўртта бир хил $Q = 10$ нКл нуқтавий зарядлар тизимининг потенциал энергияси W қандай бўлади?

15.11. Томонларининг узунлиги $a = 10$ см дан бўлган квадратнинг учларида жойлашган тўртта нуқтавий зарядлар тизимининг потенциал энергияси аниқлансин. Зарядларнинг модуллари бир хил $Q = 10$ нКл, лекин уларнинг икkitаси манфий. Зарядлар жойлашишнинг иккита мумкин бўлган ҳоли қаралсин.

15.12. Майдонни бир-биридан $d = 12$ см масофада турган иккита $+2Q$ ва $-Q$ нуқтавий заряд ҳосил қилган. Текисликда потенциали нолга тенг бўлган нуқталарнинг геометрик ўрни аниқлансин (потенциали нол бўлган чизикнинг тенгламаси ёзилсин).

Чизикли тақсимланган зарядлар майдонининг потенциали

15.14. Заряд $R = 10$ см радиусли ингичка ҳалқада $\tau = 10$ нКл/м чизикли зичлик билан бир текис тақсимланган. Ҳалқа ўқида ётувчи ва марказидан $a = 5$ см масофада жойлашган нуқтадаги потенциал φ аниқлансин.

15.15. Заряд ингичка тўғри ўтказгич кесмасида $\tau = 10$ нКл/м чизикли зичлик билан бир текис тақсимланган. Шу заряднинг ўтказгич ўқида ва кесманинг яқин учидан унинг узунлигига тенг масофада жойлашган нуқтада ҳосил қиладиган потейциали φ ҳисоблансин.

15.16. Узунлиги $l = 10$ см бўлган ингичка таёқчада текис тақсимланган $Q = 1$ нКл заряд бор. Таёқча ўқида ётувчи ва унинг яқин учидан $a = 20$ см масофада жойлашган нуқтадаги электр майдон потенциали φ аниқлансин.

15.17. Ингичка таёқчалар томонининг узунлиги a бўлган квадрат ҳосил қиладилар. Таёқчалар $\tau = 1,33$ нКл/м чизикли зичлик билан зарядланишган. Квадратнинг марказидаги потенциал φ топилинсин.

15.18. Чексиз узун ингичка тўғри толада $\tau = 0,01$ мкКл/м чизикли зичлик билан тола узунлиги бўйлаб бир текис тақсимланган заряд бор. Толадан $r_1 = 2$ см ва $r_0 = 4$ см масофаларда жойлашган майдоннинг икки нуқтаси орасидаги потенциаллар фарқи $\Delta\varphi$ аниқлансин.

Сирт бўйлаб тақсимланган зарядлар майдонининг потенциали

15.19. Юпқа айлана шаклидаги пластина текислик бўйлаб бир текис тақсимланган $Q = 1$ нКл зарядга эга. Пластинанинг радиуси $R = 5$ см. Икки нуқтадаги электр майдоннинг потенциали φ аниқлансин: 1) пластина марказида; 2) пластина текислигига тик ўқда ётувчи ва пластина марказидан $a = 5$ см узоқда жойлашган нуқтада.

15.20. Радиуслари $R_1 = 3$ см ва $R_2 = 6$ см бўлган иккита концентрик металл

сфера бор. Сфералар орасидаги бўшлиқ парафин билан тўлдирилган. Ички сферанинг заряди $Q_1 = -1$ нКл, Ташқисиники $Q_2 = 2$ нКл. Сфералар марказидан: 1) $r_1 = 1$ см; 2) $r_2 = 5$ см; 3) $r_3 = 9$ см масофадаги электр майдон потенциали ϕ топилсин.

15.21. $R = 5$ см радиусли металл шарда $Q = 1$ нКл заряд бор. Шар $d = 2$ см қалинликдаги эбонит катлами билан ўралган. Шарнинг марказидан: 1) $r_1 = 3$ см; 2) $r_2 = 6$ см; 3) $r_3 = 9$ см масофадаги электр майдон потенциали ϕ ҳисоблансин. $\phi(r)$ боғланишнинг графиги тузилсин.

15.22. Радиуси $R = 10$ см бўлган металл шар $\phi_1 = 300$ В потенциалгача зарядланган. Қуйидаги икки ҳол учун бу шарнинг потенциали аниқлансин: 1) уни $R_2 = 15$ см радиусли ўтказувчан улангандан сферик қобик билан ўраб ва қисқа пайт у билан ўтказгич орқали кейин; 2) агар уни $R_2 = 15$ см радиусли ерга уланган ўтказувчан сферик қобик билан ўралса.

15.23. Заряд чексиз текисликда $\sigma = 10$ нКл/м² сирт зичлиги билан бир текис тақсимланган. Майдоннинг бири текисликда жойлашган, бошқаси эса текисликдан $d = 10$ см узоқликда бўлган икки нуқтаси орасидаги потенциаллар фарқи $\Delta\phi$ аниқлансин.

15.24. Агар ҳавонинг тешилиши рўй берадиган майдон куч-ланганлиги $E = 3$ МВ/м бўлса, $R = 10$ см радиусли яқкаланган металл шарни қандай ϕ потенциалгача зарядлаш мумкинлиги аниқлансин. Шунингдек, тешилиш олдида электр зарядларининг максимал сирт зичлиги σ топилсин.

15.25. Иккита чексиз параллел текислик бир-биридан $d = 0,5$ см масофада турибди. Текисликларда заряд $\sigma_1 = 0,2$ мКл/м² ва $\sigma_2 = -0,3$ мКл/м² сирт зичликлари билан бир текисликда тақсимланган. Текисликлар орасидаги потенциаллар фарқи U аниқлансин.

15.26. Иккита чексиз параллел текислик бир-биридан $d = 1$ см масофада турибди. Текисликларда $\sigma = 0,2$ мКл/м² ва $\sigma_2 = 0,5$ мКл/м² зичликлар билан текислик бўйлаб бир текис тақсимланган зарядлар бор. Текисликлар орасидаги потенциаллар фарқи U топилсин.

15.27. Диаметри $d = 2$ см бўлган металл шарча $\phi = 150$ В потенциалгача манфий зарядланган. Шарча сиртида нечта электрон бор?

15.28. $\phi = 20$ В потенциалгача зарядланган юзта бир хил симоб томчиси қўшилиб битта катта томчи ҳосил қилди. Ҳосил бўлган томчининг потенциали ϕ_1 қандай?

15.29. Ҳар бирининг радиуси $R = 10$ см дан бўлган икки юмалоқ металл пластина турли исмли зарядланган, бир-бирининг қаршисида параллел жойлашган ва $F = 2$ мН куч билан ўзаро тортишишади. Пластиналар орасидаги масофа $d = 1$ см. Пластиналар орасидаги потенциаллар фарқи U аниқлансин.

Зарядни майдонда кўчиришда бажарилган иш

15.41. $Q_1 = 1$ мКл ва $Q_2 = 0,1$ мКл нуқтавий зарядлар бир-биридан $r_1 = 10$ см масофада туришибди. Агар иккинчи заряд биринчисидан итарилиб ундан: 1) $r_2 = 10$ м; 2) $r_3 = \infty$ масофага узоқлашса, бунда майдон кучлари қандай A ишни бажаради?

15.44. Ингичка таёқча ярим ҳалқа шаклида қайирилган. Таёқча $\tau = 133$ нКл/м чизикли зичлик билан зарядланган. $Q = 6,7$ нКл зарядни ярим ҳалқанинг марказидан чексизликка кўчириш учун қандай A иш бажариш керак?

15.47. Ингичка таёқча $R = 10$ см радиусли ҳалқа шаклида қайирилган. У $\tau = 300$ нКл/м чизикли зичлик билан зарядланган. $a = 5$ нКл зарядни ҳалқанинг марказидан ҳалқа ўқида ётувчи ва марказдан $l = 20$ см масофада жойлашган нуқтага кўчиришда қандай A иш бажариш керак?

15.51. Электрон кучланганлиги $E = 200$ кВ/м бўлган бир жинсли электр майдонда турибди. Агар унинг бошланғич тезлиги нолга тенг бўлса $t = 1$ нс вақтда электрон қандай йўлни ўтади? Шу вақт

оралиғининг охирида электрон қандай тезликка эга бўлади?

15.52 1) Электронга; 2) Протонга $v=30$ Мм/с тезлик бериш учун қандай U тезлаштирувчи потенциаллар фарқи керак бўлади?

15.53 Электрон лампанинг катода ва аноди орасидаги потенциаллар фарқи $U=90$ В, масофа $r=1$ мм. Электрон катоддан анодга томон қандай а тезланиш билан ҳаракат қилади? Анодга урилган пайтда электроннинг тезлиги v қандай бўлади? Электрон катоддан анодгача бўлган масофани қандай t вақтда учиб ўтади? Майдон бир жинсли деб ҳисоблансин.

15.54. Бешта электрони бор $m=1$ пг массали зарра бўшлиқда $U=3$ МВ тезлаштирувчи потенциаллар фарқидан ўтади. Зарранинг кинетик энергияси T қандай? Зарра қандай v тезликка эга бўлади?

15.59. Протон бир жинсли электр майдон куч чизиқлари бўйлаб ҳаракатланмоқда. Майдоннинг ϕ_1 потенциалли нуқтасида протон $v_1 = 0,1$ Мм/с тезликка эга эди. Протоннинг тезлиги $n = 2$ марта ортадиган нуқтадаги майдон потенциали ϕ_2 аниқлансин. Протон зарядининг массасига нисбати $e/m = 96$ мКл/кг.

15.60. Кучланганлиги $E=1$ кВ/м бўлган бир жинсли электр майдонга куч чизиғи йўналиши бўйлаб $v_0=1$ Мм/с тезликка эга бўлган электрон учиб киради. Тезлиги v_1 бошланғич тезлигининг ярмига тенг бўладиган нуқтагача электрон ўтган масофа l аниқлансин.

12- МАШҒУЛОТ

Ўзгармас токнинг асосий қонунлари Асосий формулалар

- Ўзгармас токнинг кучи

$$I = \frac{Q}{t}$$

Бунда Q – ўтказгичнинг кўндаланг кесимидан t вақтда ўтадиган электр миқдори.

- Электр токнинг зичлиги вектор катталиқ бўлиб, ток кучининг ўтказгич кўндаланг кесимининг юзаси S га нисбатига тенгдир:

$$\vec{j} = \frac{I}{S} \vec{k},$$

Бунда $\vec{k}$ - йўналиши мубат заряд ташувчиларнинг ҳаракат йўналиши билан мос келувчи бирлик вектор.

- Бир жинсли ўтказгичнинг қаршилиги

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Бунда ρ - ўтказгич моддасининг солиштира қаршилиги; l – унинг узунлиги.

- Ўтказгичнинг ўтказувчанлиги G ва модданинг солиштира ўтказувчанлиги γ

$$G = \frac{1}{R}, \gamma = \frac{1}{\rho}.$$

- Солиштира қаршилиқнинг ҳароратга боғлиқлиги

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t),$$

Бунда ρ ва ρ_0 - мос равишда t ва 0^0 даги солиштира қаршилиқлар; t – ҳарорат (Цельсий шкаласида); α - қаршилиқнинг ҳарорат коэффициенти.

Ўтказгичлар бирикмасининг қаршилиги:

Кетма – кет уланганда
$$R = \sum_{i=1}^n R_i,$$

Параллел уланганда
$$\frac{1}{R} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i}$$

Бунда R_i - i ўтказгичнинг қаршилиги; i – ўтказгичлар сони.

- Ом қонуни:

Занжирнинг бир жинслимас бўлган қисми учун

$$I = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2) \pm \varphi_{12}}{R} = \frac{U}{R}$$

Занжирнинг бир жинсли қисми учун $I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R} = \frac{U}{R}$;

Ёпиқ занжир учун ($\varphi_1 = \varphi_2$) $I = \frac{\varphi}{R}$

Бунда ($\varphi_1 = \varphi_2$) – занжир қисмининг учларидаги потенциаллар фарқи; φ_{12} - қисмга кирувчи ток манбаларининг ЭЮК; U – занжир қисмидаги кучланиш; R – занжирнинг (занжир қисмининг) қаршилиги; φ - занжирдаги барча ток манбаларининг ЭЮК

- Крхгоф қоидалари. Биринчи қоида: тугунда қўшилувчи ток кучларининг

алгебраик йиғиндиси нолга тенг, яъни $\sum_{i=1}^n I_i = 0$

Бунда n – тугунда қўшилувчи тоқлар сони;

Иккинчи қоида: ёпиқ контурда контурнинг барча қисмларидаги кучланишларнинг алгебраик йиғиндиси электр юритувчи кучларнинг алгебраик йиғиндисига тенг, яъни

$$\sum_{i=1}^n I_i R_i = \sum_{i=1}^k \varphi_i$$

Бунда I_i – i - қисмдаги ток кучи; R_i -и – қисмдаги фаол қаршилик; φ_i – i қисмдаги ток манбаларининг ЭЮК; i – фаол қаршилиги бўлган қисмлар сони;

Ўзгармас ток занжирининг қисмида t вақтда электростатик майдон ва чет кучлар бажарадиган иш

$$A = IU t.$$

- Токнинг қуввати

$$P = IU$$

- Жоул-Ленц қонуни

$$Q = I^2 R t,$$

Бунда Q – t вақтда занжирнинг қисмида ажраладиган иссиқлик миқдори. Жоул-ленц қонуни занжирнинг қисми ҳаракатсиз ва унда кимёвий реакциялар содир бўлмагандагина ўринли бўлади.

Масалалар ечишга доир мисоллар.

1-мисол. Қаршилиги $R=30$ м бўлган ўтказгич учларидаги кучланишнинг $t=20$ с давомида $U_0=2$ В дан $U=4$ В гача бир текис ўсишда ўтказгичдан ўтган Q заряд миқдори аниқлансин.

Ечиш: Ўтказгичдаги ток кучи ўзгарувчан баландлиги туфайли зарядни ҳисоблашда $Q=It$ формуладан фойдаланиш мумкин эмас. Шунинг учун заряднинг дифференциали $dQ=Idt$ ни оламиз ва интеграллаймиз.

$$Q = \int_0^t Idt. \quad (1)$$

Ток кучини Ом қонуни ёрдамида ифодалаб, қуйидагини оламиз

$$Q = \int_0^t \frac{U}{R} dt.$$

Мазкур холда кучланиш U ўзгарувчан. Бир текис ўсишини назарда тўтганда у қуйидагича ифодаланиши мумкин:

$$U = U_0 + kt,$$

Бунда k – пропорционаллик коэффициенти. U нинг бу ифодасини (2) формулага қўйиб, қуйидагини топамиз:

$$Q = \int_0^t \left(\frac{U_0}{R} + \frac{kt}{R} \right) dt = \frac{U_0}{R} \int_0^t dt + \frac{k}{R} \int_0^t t dt$$

Буни интегралласак

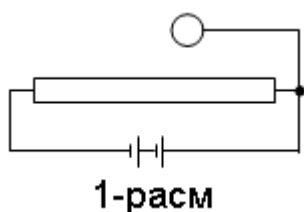
$$Q = \frac{U_0 t}{R} + \frac{kt^2}{2R} = \frac{t}{2R} (2U_0 + kt).$$

Агар $t=20$ с да $U=4$ В бўлишини назарда туцак пропорционаллик коэффициенти k нинг қийматини (3) формуладан топамиз.

$$K = (U - U_0) / t = 0,1 \text{ В/с}$$

Катталикларнинг қийматларини (4) формулага қўйиб, натижани топамиз: $Q = 20$ Кл

2-мисол. Қаршилиги $R=100$ Ом бўлган потенциометр ЭЮК $\xi=150$ В ва ички қаршилиги $r=50$ Ом бўлган ток манбаига уланган. (1 – расм) Сим ёрдамида потенциометри қисқичларидан бири ва потенциометр ўрамининг ўртасига қўзғалувчан туташтирувчи орқали уланган $R_b = 500$ Ом қаршиликли вольтметрнинг кўрсатиши аниқлансин.



Вольтметр ажратилганда шу нукталар орасидаги потенциаллар фарқи қандай бўлади?

Эчиш: А ва В нукталарга уланган U_1 вольтметрнинг кўрсатиши (1-расм) $U = I_1 R_1$ (1)

Формула билан аниқланади. Бунда I_1 – занжирнинг тармоқланмаган қисмидаги ток кучи, R_1 – параллел уланган вольтметр ва потенциометр ярмининг қаршилиги.

Ток кучи I ни тўла занжир учун Ом қонунидан топамиз:

$$J_1 = \xi / (R + r),$$

Бунда R – ташқи занжирнинг қаршилиги.

Ташқи қаршилик R иккита қаршиликнинг йиғиндисига тенг:

$$R = R/2 + R_1$$

Параллел уланган R_1 қаршилик $\frac{1}{R_1} = \frac{1}{R_b} + \frac{1}{R/2}$ формуладан топилиши мумкин. Бундан

$$R_1 R \cdot R_b / (R + 2R_b)$$

Бу формулага катталикларнинг сон қийматларини қўйиб ва ҳисоблаш ўтказиб натижани топамиз: $R = 45,0 \text{ Ом}$

(2) ифодага (3) тенгликнинг ўнг қисмини қўйиб, ток кучини аниқлаймиз:

$$I_1 = \frac{\xi}{R/2 + R_1 + r} = 1,03 \text{ А}$$

Агар I_1 ва R_1 ларнинг қийматларини (1) формулага қўйсак вольтметрнинг кўрсатишини топамиз: $U_1 = 46,9 \text{ В}$

Вольтметр ажратилганда А ва В нукталар орасидаги потенциаллар фарқи U_2 ток кучининг потенциометр қаршилигининг ярмига кўпайтмасига тенг, яъни $U_2 = I_2 (R/2)$ ёки

$$U_2 = \frac{\xi}{R + r} \cdot \frac{R}{2}$$

Бунга ξ , R ва r катталикларнинг қийматларини қўйиб, натижани оламиз $U_2 = 50 \text{ В}$

3-мисол Электр юритувчи кучлари ξ_1 ва ξ_2 бўлган ток манбалари занжирга 19.2-расмда

кўрсатилгандек уланган. Агар $\xi_1 = 10$ В ва $\xi_2 = 4$ В ҳамда $R_1 = R_4 = 2$ ом ва $R_2 = R_3 = 4$ ом бўлса, R_2 ва R_3 қаршиликлардан оқаётган ток кучлари аниқлансин. Ток манбаларининг қаршиликлари инобатга олинмасин.

Ечиш: Тармоқланган занжирдаги ток кучлари Кирхгоф қоидалари ёрдамида аниқланади. Ток кучининг тўртта қийматни топиш учун тўртта тенглама тузиш керак.

Кўрсатма: Кирхгоф қоидаларига биноан тенгламалар тузишдан олдин, биринчидек қаршиликлардан оқадиган тоklarнинг ихтиёрий йўналишларини танлаб чизмада уларни стрелкалар билан кўрсатиш ва иккинчидан, контурнинг айланиш йўналишини танлаш (охиргиси фақатгина Кирхгофнинг иккимчи қоидасига биноан тенглама тузиш учун) керак.

Токларнинг йўналишларини 2-расмда кўрсатилгандек танлаймиз ва контурни соат мили ҳаракати йўналишида айланишга келишамиз.

Масалада курилатган схема иккита: А ва Б тугунга эга. Лекин, Кирхгофнинг биринчи қоидасига биноан тенгламани фақат битта тугун учун тузмоқ, керак чунки иккинчи тугун учун тузилган тенглама биринчисининг натижаси бўлади.

Кирхгофнинг биринчи қоидасига биноан тенглама тузилганда ишоралар ҳақидаги қоидага амал қилмоқ керак: тугунга кирувчи ток тенгламага мусбат ишора билан, тугундан чикувчиси эса манфий ишора билан катнашади.

Кирхгофнинг биринчи қоидасига биноан В тугун учун қуйидагини оламыз:

$$I_1 + I_2 + I_3 - I_4 = 0$$

Етишмаётган учта тенгламани эса Кирхгофнинг иккинчи қоидасига биноан оламыз. Кирхгофнинг иккинчи қоидасига биноан тузилиши мумкин бўлган ўзаро боғлиқ бўлмаган тенгламалар сони ҳам контурлар сонидан кам (бизнинг ҳолимизда контурлар олпига > ўзаро боқш- бўлмаган тенгламалар сони эса учта). Зарур бўлган эрки тенгламалар сонини топиш учун қуйидаги қоидага амал қилмоқ керак: контурларни шундай танлаш керакки ҳар бир янги контурга ҳеч бўлмаганда олдин фойдаланилган контурларнинг бирортасида ҳам катнашмаган бирорта тармоқ кирсин.

Кирхгофнинг иккинчи қоидасига биноан тенгламалар тузишда қуйидаги ишоралар қоидасига амал қилмоқ керак:

а) агар токнинг йўналиши контурни айланиб утиш йўналиши билан мос келса, мос IR купайтма тенгламага мусбат ишора билан киради, тескари ҳолда IR купайтма тенгламага манфий ишора билан киради.

б) агар ЭЮК контурни айланиб утиш йўналишида потенциални ортгирса, яъни агар контурни айланиб утишда манба ичида манфийдан мусбатга қараб юришга турри келса, унда мос ЭЮК тенгламага мусбат ишора билан киради, тескари ҳолда — манфий ишора билан. Кирхгофнинг иккинчи қоидасига биноан мос равишда AP_1BP_2A , AP_5B_3A , AP_3BP_4A контурлар учун:

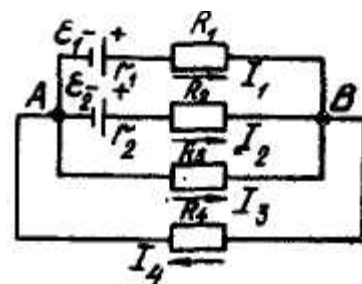
$$I_1R_1 - I_2R_2 = \xi_1 - \xi_2 \quad (1)$$

$$I_1R_1 - I_3R_3 = \xi_1 \quad (2)$$

$$I_3R_4 - I_4R_4 = 0 \quad (3)$$

(1) — (3) тенгликларга қаршиликларнинг ва ЭЮК ларнинг қийматларини қуйиб, қуйидаги тенгламалар тизимини оламыз:

$$I_1 + I_2 + I_3 - I_4 = 0_1$$



2-расм

$$2I_1 - 4I_2 = 6$$

$$4I_3 + 2I_4 = 0$$

Иккита токни топиш керак бўлганлиги туфайли аниқловчилар (детерминантлар) усулидан фойдаланиш кулайдир. Шу мақсадда тенгламаларни яна бир карра қуйидаги курунишда ёзамиз:

$$I_1 + I_2 + I_3 - I_4 = 0$$

$$2I_1 - 4I_2 + 0 - 0 = 6$$

$$2I_1 - 4I_4 + 0 + 0 = 10$$

$$0 + 0 + 4I_3 + 2I_4 = 0$$

Тукларнинг изланаётган қийматлари ва

$$I_2 = \frac{\Delta I_2}{\Delta}$$

$$I_3 = \frac{\Delta I_3}{\Delta}$$

ифодалардан топамиз. Бунда Δ — тенгламалар тизимининг аниқловчиси; Δ_{I_1} ва Δ_{I_2} — Δ аниқловчининг мос устунларини жўрида келтирилган туртта тенгламаларнинг озод хадларидан тузилган устун билан алмаштириб ҳосил килинган аниқловчилар.

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & -1 \\ 2 & -4 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & -4 & 0 \\ 0 & 0 & 4 & 2 \end{vmatrix} = 96;$$

$$\Delta_{I_2} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 1 & 1 \\ 2 & 6 & 0 & 0 \\ 2 & 10 & -4 & 0 \\ 0 & 0 & 4 & 2 \end{vmatrix} = 0; \quad \Delta_{I_3} = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 & -1 \\ 2 & -4 & 6 & 0 \\ 2 & 0 & 10 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{vmatrix} = -96.$$

Бундан қуйидагини оламиз:

I_3 ток кучининг қиймати олдидаги манфий ишора суратда кўрсатилган ток кучининг йўналишини ихтиёрий танлаганимизда I_3 токнинг йўналиши унинг ҳақиқий йўналишига қарама-қарши кўрсатилганлигидандир. Аслида I_3 ток B тугундан A тугунга қараб оқади.

4- мисол: Қаршилиги $R = 20$ Ом бўлган ўтказгичдаги ток кучи $\Delta t = 2$ с вақт давомида чизикли конунга биноан $I_0 = 0$ дан $I_{\max} = 6$ А гача ўсади (19.3-расм). Бу ўтказгичда биринчи ва иккинчи секундларда ажралган Q_1 ва Q_2 иссиқлик миқдорлари ҳамда бу иссиқлик миқдорларининг нисбати Q_2/Q_1 аниқлансин.

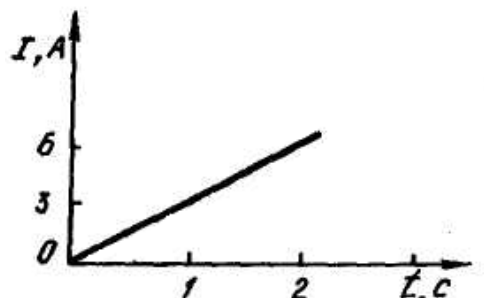
Ечиш: $Q = I^2 R t$ Жоул-Ленц кону ни узгармас ток ($I = \text{сонст}$) ҳолида кулланилиши мумкин. Агар ўтказгичдаги ток кучи узгарувчан бўлса, кўрсатилган конун фақат вақтнинг чексиз кичик оралиги учунгина уринли ва

$$dQ = I^2 R dt$$

курунишда ёзилади.

Бу ерда ток кучи / вақтнинг қандайдир функцияси бўлади. Бизнинг ҳолим из да

$$I = \kappa t,$$



(2)

бунда κ — пропорционаллик коэффициента бўлиб, ток кучи орттирмасининг бу ортиш руй берган вақт оралигига нисбатига тенгдир:

$$k = \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

(2) тенгликни ҳисобга олганда (1) тенглама

$$\partial Q = \kappa^2 P m^2 \partial m \quad (3)$$

қуринишни олади.

Чекли Δm вақт оралигида ажралган иссиқлик миқдорини аниқлаш учун (3) ифодани m_1 дан то m_2 гача ораликда интеграллаш керак:

$$Q = k^2 R \int_{t_1}^{t_2} t^2 dt = \frac{1}{3} k^2 R (t_2^2 - t_1^2)$$

Биринчи секундда ажралиб чиккан иссиқлик миқдорини аниқлашда интеграллаш чегаралари $t_1=0$, $t_2=1$ с бўлади ва натижада

$$Q=60 \text{ Ж},$$

иккинчи секундда эса интеграллаш чегаралари $t_1=1$ с, $t_2=2$ с ва бу ҳолда

$$Q_2=420 \text{ Ж}.$$

Бинобарин

$$Q_2/Q_1 = 7,$$

яъни иккинчи секундда биринчи секунддагига нисбатан 7 марта куп иссиқлик миқдори ажралади.

Масалалар

Занжирнинг бир қисми учун Ом қонуни

1. Ўтказгичдаги ток кучи $t_1=10$ с вақт давомида $I_0=0$ дан $I=3$ А гача бир текисда ўсади. Ўтказгичдан ўтган заряд Q аниқлансин.

2. Агар сим $U=6$ В кучланиш остида турган бўлса, узунлиги $l=10$ м бўлган темир ўтказгичдаги ток зичлиги j аниқлансин. Темирни солиштирма қаршилиги

$$\rho = 7,8 \frac{\text{Ом} \cdot \text{см}}{\text{см}^3}$$

3. Электростанция шиналаридаги кучланиш $U=6,6$ кВ. Истеъмолчи $L=10$ км масофада турибди. Агар йўналишдаги ток кучи $I=20$ А ва симлардаги кучланишнинг юқолиши 3 % дан ошмаслиги лозим бўлса, қўш симли узатиш линиясини яшаш учун ишлатиш керак бўладиган мис симнинг кесим юзаси аниқлансин.

4. Баландлиги $h=20$ см ва асосларининг радиуслари $r_1=12$ мм ва $r_2=8$ мм бўлган, турри кесик конус қуринишида ясалган графит ўтказгичнинг қаршилиги R ҳисоблансин. Ўтказгичнинг ҳарорати $t=20^\circ\text{C}$.

5. Қаршилиги $R_0=10$ Ом (0°C да) бўлган цилиндр шаклидаги мис ўтказгичнинг бир учида $t_1=20^\circ\text{C}$, бошқасида $t_2=400^\circ\text{C}$ ҳарорат сақланади. Ҳарорат градиенти ўтказгич уки буйлаб узгармас деб ҳисоблаб, ўтказгичнинг қаршилиги топилсин.

6. Ғалтак ва амперметр кетма-кет уланиб ток манбаига қўшилган. Ғалтак кескичларига қаршилиги $R_B=1$ кОм бўлган вольтметр бирлаштирилган. Амперметрнинг кўрсатиши $I=0,5$ А ва вольтметрники $U=100$ В. Ғалтакнинг қаршилиги R аниқлансин. Агар вольтметрнинг қаршилиги ҳисобга олинмаса, хатолик ғалтак қаршилиги аниқ қийматининг неча фоизини ташқил қилади?

7. Шунтланган амперметр $I=10$ А гача ток кучини ўлчайди. Агар амперметрнинг қаршилиги $R_a=0,02$ Ом ва шунтнинг қаршилиги $R_{ш}=5$ мОм бўлса, бу амперметр

шунциз қандай энг катта ток кучини улчаши мумкин?

Тўлиқ занжир учун Ом қонуни

8. Аккумуляторлар батареясининг ички қаршилиги $r=3$ Ом. Агар батарея қисқичларидаги потенциаллар фарқини $R_B=200$ Ом қаршиликли вольтметр билан улчаб уни ЭЮК сифатида қабул қилинса, хатолик ЭЮК нинг ҳақиқий қийматининг неча фоизини ташкил қилади?

9. ЭЮК $\xi=1,5$ В бўлган ток манбаига $R=0,1$ Ом қаршиликли ғалтакни уладилар. Амперметр $I_1=0,5$ А ток кучини кўрсатди. Ток манбаига худди шундай ЭЮК ли яна битта ток манбаини кетма-кет улаганларида ўша ғалтакдаги ток кучи $I=0,4$ А бўлди. Биринчи ва иккинчи ток манбаларининг ички қаршиликлари r_1 ва r_2 лар аниқлансин.

10. Хар бири учтадан кетма-кет уланган элементлардан иборат бўлган икки гуруҳ элементлар параллел уланган. Хар бир элементнинг ЭЮК $\xi=1,2$ В, ички қаршилиги $r=0,2$ Ом. Ҳосил бўлган батарея $R=1,5$ Ом ташқи қаршилиқ катта ёпилган. Ташқи занжирдаги ток кучи I топилсин.

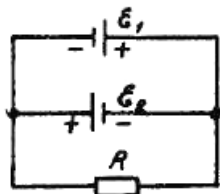
11. Хар бирининг ЭЮК ξ ва ички қаршилиги r бўлган N та бир хил гальваник элемент бор. Шу элементлардан n та кетма-кет уланган элементлардан иборат бўлган бир нечта параллел уланган гуруҳлардан ташкил топган батарея тузиш талаб қилинади. P нинг қандай қийматида P қаршиликли ташқи занжирдаги ток кучи I максимал бўлади? P нинг шу қийматида батареянинг ички қаршилиги $P_{и}$ нимага тенг бўлади?

12. ЭЮК $\xi=1,5$ В ва ички қаршилиги $r=0,4$ Ом бўлган 12та элемент берилган. Улардан тузилган батареядан қаршилиги $R=0,3$ Ом бўлган ташқи занжирда энг катта ток кучини олиш учун бу элементлар қандай уланиши керак? Максимал ток кучи I_{max} аниқлансин.

13. Иккита элемент $\mathcal{E}_1=1,2$ В, $r_1=0,1$ Ом; $\mathcal{E}_2=0,9$ В, $r_2=0,3$ Ом) бир хил исмли кутблари билан уланган. Туташтирувчи симларнинг қаршилиги $R=0,2$ Ом. Занжирдаги ток кучи I аниқлансин.

Кирхгоф қоидалари

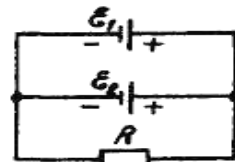
14. Иккита аккумуляторлар батареяси ($\xi_1 = 10$ В, $r_1 = 1$ Ом, $\xi_2=8$ В, $r_2=2$ Ом ва реостат($R=10$ Ом) 1-расмда кўрсатилгандек қилиб уланган. Батареялардаги ва даги ток кучи топилсин.



1-расм

15. Иккита ток манбаи ($\mathcal{E}_1=8$ В, $r_1=2$ Ом; $\mathcal{E}_2=6$ В; $r_2=1,5$ Ом) ва реостат ($R=10$ Ом; 2-расмда кўрсатилгандек қилиб уланган. Реостат оркали оқувчи ток кучи I ҳисоблансин.

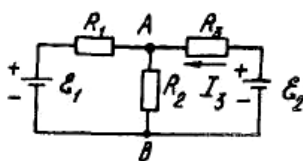
16. Агар $\mathcal{E}_1=4$ В, $\mathcal{E}_2=3$ В, $R_1=6$ Ом, $R_3=1$ Ом (3- расм) бўлса, R_2 қаршиликли резистордаги I_3 ток кучи ва резистор учларидаги кучланиш $\mathcal{E}_3$ аниқлансин. Ток манбаларининг ички қаршиликлари



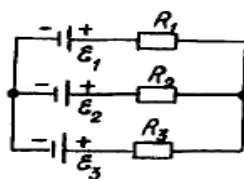
2 -расм

ҳисобга олинмасин.

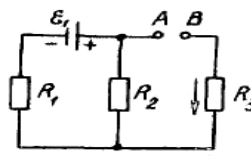
17. ЭЮК лари $\mathcal{E}_1 = 12$ В, $\mathcal{E}_2 = 5$ В, $\mathcal{E}_3 = 10$ В ва $r=1$ Ом бир хил ички қаршиликли учта батарея бир хил исмли кутблари билан ўзаро уланган. Туташтирувчи симларнинг қаршиликлари жуда кичик. Хар бир батареядан оқаётган ток кучи I аниқлансин.



3- расм



4- расм



5- расм

18.ЭЮК лари $\mathcal{E}_1=11\text{ В}$, $\mathcal{E}_2=4\text{ В}$ ва $\mathcal{E}_3=6\text{ В}$ бўлган учта ток манбаи ва $R_1=5\text{ Ом}$, $R_2=11\text{ Ом}$ ва $R_3=2\text{ Ом}$ қаршиликли учта реостат 4- расмда кўрсатилгандек қилиб уланган. Реостатлардаги ток кучлари I аниқлансин. Ток манбаларининг ички қаршиликлари ҳисобга олмайдиган даражада кичик.

19. $R_1=5\text{ Ом}$, $R_2=1\text{ Ом}$ ва $R_3=3\text{ Ом}$ ли учта қаршилик ҳамда $\xi_1=1,4\text{ В}$ ЭЮК ли ток манбаи 5-расмда курса тилгандек қилиб уланган. R_3 қаршиликдан мил (стрелка) билан кўрсатилган йўналишда $I=1\text{ А}$ ток оқиши учун занжирнинг A ва B нукталари орасига уланиши керак бўлган ток манбаининг ЭЮК ξ аниқлансин. Ток манбаининг қаршилиги инобатга олинмасин.

Токнинг иши ва қуввати

20. Кетма-кет уланган лампочка ва реостат ток манбаига туташтирилган. Лампочка қисқичларидаги кучланиш $U=40\text{ В}$, реостатнинг қаршилиги $R=10\text{ Ом}$. Ташқи занжир $P=120\text{ Вт}$ қувват истеъмол қилади. Занжирдаги ток кучи I топилсин.

21. Аккумуляторлар батареясининг ЭЮК $\xi=12\text{ В}$, қисқа туташувнинг ток кучи $I=5\text{ А}$. Шундай батареяга уланган ташқи занжирда қандай энг катта қувват $P_{\max}$ олиш мумкин?

22. ЭЮК $\xi=2\text{ В}$ ва ички қаршилиги $r=0,5\text{ Ом}$ бўлган аккумуляторлар батареясига ўтказгич уладилар. 1) Унда ажраладиган қувват максимал бўлиши учун лозим бўладиган ўтказгичнинг R қаршилиги, 2) бу ҳолда ўтказгичда ажраладиган қувват P аниқлансин.

23. Батареянинг ЭЮК $\xi=20\text{ В}$. Ташқи занжирнинг қаршилиги $R=2\text{ Ом}$, ток кучи $I=4\text{ А}$. Батареянинг ФИК топилсин. Ташқи қаршилик R нинг қандай қийматида ФИК 99 % га тенг бўлади?

24. Аккумуляторлар батареясининг қисқичларига иситгич уланган. Батареянинг ЭЮК $\xi=24\text{ В}$, ички қаршилиги $r=1\text{ Ом}$. Занжирга уланган иситгич $R=80\text{ Вт}$ қувват истеъмол қилади. Занжирдаги ток кучи I ва иситгичнинг ФИК ҳисоблансин.

25. Электр қайнатгичнинг урами икки бўлимга эга. Агар факат биринчи бўлим уланса, унда сув $t_1=15\text{ мин}$ да қайнайди. Факат иккинчиси уланганда эса $t_2=30\text{ мин}$ да қайнайди. Агар иккала бўлим ҳам кетма-кет; параллел уланса сув неча минутдан кейин қайнайди?

26. $I_1=3\text{ А}$ ток кучида аккумуляторлар батареясининг ташқи занжирида $P_1=18\text{ Вт}$ қувват ажралади. $I_2=1\text{ А}$ ток кучида эса мос равишда $P_2=10\text{ Вт}$. Батареянинг ЭЮК ξ ва ички қаршилиги r аниқлансин.

27. Қаршилиги $r=100\text{ Ом}$ бўлган ўтказгичдаги ток кучи $\tau=30\text{ с}$ давомида $I_0=0$ дан $I_{\max}=10\text{ А}$ гача бир текисда ўсади. Шу вақт давомида ўтказгичда ажралган иссиқлик миқдори Q аниқлансин.

28. Қаршилиги $R=12\text{ Ом}$ бўлган ўтказгичдаги ток кучи $\tau=10\text{ с}$ давомида $I_0=5\text{ А}$ дан $I=0$ гача бир текисда камаяди. Кўрсатилган вақт давомида шу ўтказгичда канча иссиқлик миқдори Q ажралади?

29. $R=3\text{ Ом}$ қаршиликли ўтказгичдан кучи ортиб бораётган ток оқмоқда. $\tau=8\text{ с}$ вақт давомида ўтказгичда ажралган иссиқлик миқдори $Q=200\text{ Ж}$. Шу вақт давомида ўтказгичдан оқиб ўтган заряд миқдори аниқлансин. Бошлангич деб қабул қилинган вақт онда ўтказгичдаги ток кучи нолга тенг.

30. $R=15\text{ Ом}$ қаршиликли ўтказгичдаги ток кучи $\tau=5\text{ с}$ вақт давомида $I_0=0$ дан муайян максимал қийматгача бир текисда ўсади. Бу вақтда ўтказгичда $Q=10\text{ кЖ}$ иссиқлик миқдори ажралди. Шу вақт оралиги учун ўтказгичдаги ток кучининг урта қиймати $\langle I \rangle$ топилсин.

31. Ўтказгичдаги ток кучи $\tau=10\text{ с}$ вақт давомида $I_0=0$ дан бирор максимал қийматгача бир текисда ортади. Бу вақт ичида ўтказгичда $Q=1\text{ кЖ}$ иссиқлик миқдори ажралди. Агар ўтказгичнинг қаршилиги $R=3\text{ Ом}$ бўлса, ундаги токнинг

усиш тезлиги аниқлансин.

13- МАШҒУЛОТ
МАГНИТ МАЙДОННИ ХИСОБЛАШГА ВА ЭЛЕКТРОМАГНИТ
ИНДУКЦИЯСИГА ДОИР МАСАЛАЛАР ЕЧИШ
Асосий формулалар

• Био — Савар — Лаплас қонуни

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \left[d\vec{l} \times \vec{r} \right] \frac{I}{r^3}$$

бунда $d\vec{B}$ — токли ўтказгич элементи ҳосил қиладиган магнит майдон индукцияси; μ — магнит сингдирувчанлик; μ_0 — магнит доимийси ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м); $d\vec{l}$ — модули бўйича ўтказгич узунлиги dl га тенг ва йўналиши бўйича ток билан мос келувчи вектор (ўтказгич элементи); I — ток кучи; $\vec{r}$ — ўтказгич элементининг марказидан магнит индукцияси аниқланадиган нуқтага ўтказилган радиус-вектор. $\vec{r}$ $d\vec{B}$ векторнинг модули

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \cdot \frac{I \cdot \sin \alpha}{r^2} dl$$

формула билан ифодаланади, бунда α — $d\vec{l}$ ва $\vec{r}$ векторлар орасидаги бурчак

• Магнит индукцияси B магнит майдон кучланганлиги H билан (бир жинсли изотроп муҳит ҳолида)

$$\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}$$

муносабат орқали боғланган; вакуумда эса

$$\vec{B}_0 = \mu_0 \vec{H}$$

• Токли айланма ўтказгич марказидаги магнит индукцияси.

$$B = \frac{\mu_0 \mu}{2} \cdot \frac{I}{R}$$

R — ўтказгичнинг эгрилик радиуси.

• Токли чексиз узун тўғри ўтказгич ҳосил қиладиган магнит майдон индукцияси

$$B = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \cdot \frac{I}{R_0}$$

бунда r — ўтказгичнинг ўқигача бўлган масофа

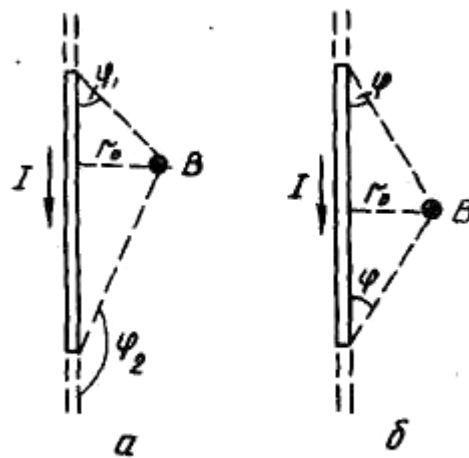
Ўтказгичнинг бир бўлаги ҳосил қиладиган магнит майдон индукцияси

$$B = \frac{\mu_0 \mu}{2} \cdot \frac{I}{r_0} (\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2)$$

Белгилашлар 21.1, а-расмдан кўриниб турибди. Индукция вектори B чизма текислигига тик, биз томонга йўналган ва шунинг учун нуқта билан тасвирланган.

Ўтказгич учлари магнит индукцияси аникланаётган нуқта-га нисбатан симметрик жойлашганда (21.1, б-расм) — $\cos \varphi_2 = \cos \varphi_1 = \cos \varphi$ ва натижада

$$B = \frac{\mu_0 \mu}{2\pi} \cdot \frac{I}{r_0} \cos \varphi$$



• Соленоиднинг қисмида (ёки ўқида) ҳосил қилган индукцияси

ўзининг ўрта тороиднинг ўз магнит майдон

1-рasm

$$\vec{B} = \mu_0 \mu n I$$

бунда n — соленоиднинг бирлик узунлигига тўғри келувчи ўрамлар сони; I — бир ўрамдаг ток кучи.

•Магнит майдонларининг суперпозиция принципи: натижавий майдоннинг магнит индукцияси S кўшилувчи майдонлар магнит индукциялари ларнинг вектор йиғиндисига тенг, яъни

$$\vec{B} = \sum_{i=1}^n \vec{B}_i$$

Хусусий ҳолда, икки майдон устма-уст тушганда

$$B = B_1 + B_2.$$

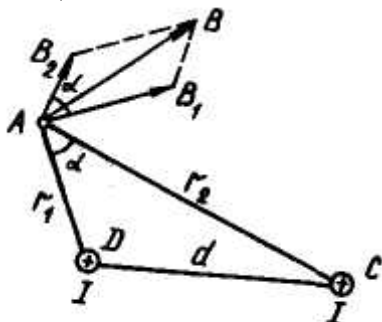
Йиғинди майдон индукциясининг модули эса

$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2 + 2B_1B_2 \cos \alpha}$$

бунда α - B_1 ва B_2 векторлар орасидаги бурчак.

Масалалар ечишга доир мисоллар

1-мисол. Бир хил йўналишда $I = 60$ А дан ток оқаётган иккита чексиз узун параллел сим бир-биридан $d=10$ см масофада жойлашган. Ўтказгичлардан биридан $r_1=5$ см ва бошқасидан $r_2=12$ см масофада турган нуктадаги магнит индукция B аниқлансин.



2-рasm

Е ч и ш. Кўрсатилган A нуктадаги (21.2-рasm) магнит индукцияни то-пиш учун ҳар бир ўтказгич алоҳида ҳосил қилган майдонлар индукция век-торлари B_1 на B_2 ларнинг йўналишларини аниқлаймиз ва уларни геометрик кўшамиз, яъни $B = B_1 + B_2$. индукция модулини косинуслар теоремасидан

топамиз

$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2 + 2B_1B_2\cos\alpha} \quad (1)$$

B_1 ва B_2 индукцияларнинг қийматлари мос равишда ток кучи I ва симдан нуктагача бўлган масофалар r_1 ва r_2 орқали ифодаланади. Биз ҳисоблаётган индукциялар:

$$B_2 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r_2} \quad B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r_1}$$

B_1 ва B_2 ларни (1) формулага қўйиб, $\frac{\mu_0 I}{2\pi}$ ни илдиз белгисидан ташкарига чиқарсак,

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{r_1^2} + \frac{1}{r_2^2} + \frac{2}{r_1 r_2} \cos\alpha}$$

Бу тенгликнинг ўнг томони магнит индукциясининг бирлиги (Тл) ни беришига ишонч ҳосил қиламиз:

$$\frac{\mu_0 I}{[r^2]^{1/2}} = \frac{1\text{Гн}/\text{м} \cdot 1\text{А}}{1\text{м}} = \frac{1\text{Гн}(1\text{А})^2}{1\text{А} \cdot (1\text{м})^2} = \frac{1\text{Ж}}{1\text{Н}(1\text{м})^2} = \frac{1\text{Н}}{1\text{А} \cdot 1\text{м}} = 1\text{Тл}$$

Бу ерда биз магнит индукциясини аниқловчи формула (В) дан фойдаландик. Ундан

$$1\text{Тл} = \frac{1\text{Н} \cdot 1\text{м}}{1\text{А} \cdot (1\text{м})^2} = \frac{1\text{Н}}{1\text{А} \cdot 1\text{м}}$$

келиб чиқади.

$\cos\alpha$ ни ҳисоблаймиз. $\alpha = \angle DAC$ эканлигини қайд этамиз. Шунинг учун косинуслар теоремасига асосан $d^2 = r_1^2 + r_2^2 + 2r_1 r_2 \cos\alpha$ ни ёзамиз, бунда d - симлар орасидаги масофа. Бундан

$$\cos\alpha = \frac{r_1^2 + r_2^2 - d^2}{2r_1 r_2}$$

Берилганларни қўйиб, косинуснинг қийматини ҳисоблаймиз: $\cos\alpha = 0,576$.

(2) формулага μ_0 , I , r_1 , r_2 , $\cos\alpha$ ларнинг қийматларини қўйиб натижани топамиз:

$B = 286 \text{ мкТл}$.

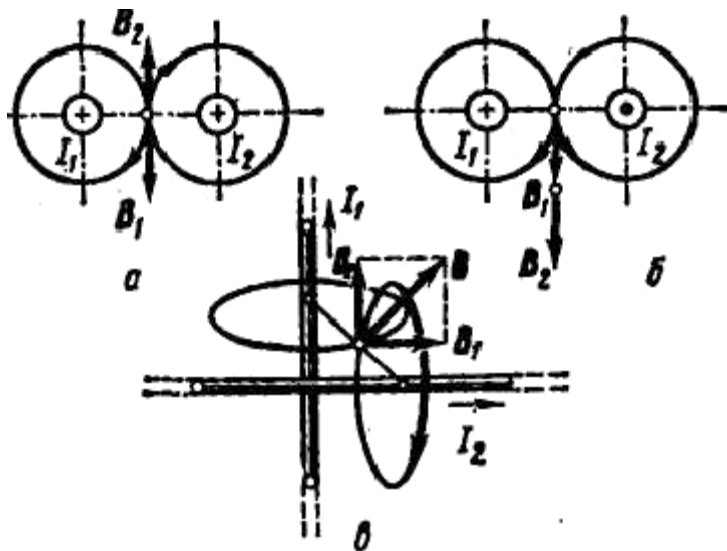
2- мисол. Ҳавода, бир биридан $r=5 \text{ см}$ масофада турган иккита тўғри узун симнинг ҳар биридан $I=10 \text{ А}$ дан ток оқмоқда. Қуйидаги ҳоллар учун симлар орасидаги масофанинг ўртасидаги нуктада тоқлар ҳосил қиладиган майдоннинг магнит индукцияси B аниқлансин: 1) Симлар параллел, тоқлар бир хил йўналишда оқмоқда (21.3, а-расм); 2) симлар параллел, тоқлар қарама-қарши йўналишларда оқмоқда (21.3, б-расм); 3) симлар ўзаро тик, тоқларнинг йўналишлари

Е ч и ш: Магнит майдоннинг натижавий индукцияси вектор йиғиндига тенг:

$\mathbf{B} = \mathbf{B}_1 + \mathbf{B}_2$, бунда $B_1 - I_1$ ток ҳосил қиладиган майдон индукцияси; $B_2 - I_2$ ток ҳосил қиладиган майдон индукцияси.

Агар B_1 ва B_2 лар бир тўғри чизик бўйлаб йўналган бўлса, вектор йиғинди алгебраик йиғинди билан алмаштирилиши мумкин:

$$\mathbf{B} = \mathbf{B}_1 + \mathbf{B}_2. \quad (1)$$



Бунда B_1 ва B_2 ишоралари керак. ҳар уччала модулли нукта тенг симлардан танланган.

3-расм

$$B = \mu_0 I / (2\pi r) \quad (2)$$

формула буйича ҳисоблаймиз.

Катталикларнинг қийматларини (2) формулага қўйиб, B_1 ва B_2 ларнинг модулларини топамиз:

$$B_1 = B_2 = 80 \text{ мкТл.}$$

1- ҳол. B_1 ва B_2 векторлар бир тўғри чизик бўйлаб бир томонга йўналган (3, а-расм); бинобарин натижавий индукция B (1) формулага биноан аниқланади. Юқорига йўналишни мусбат деб, пастга йўналишни эса манфий деб қабул қилиб, ёзамиз: $B_1 = -80 \text{ мкТл}$, $B_2 = 80 \text{ мкТл}$.

B_1 ва B_2 ларнинг бу қийматларини (1) формулага қўйсак,

$$B = B_1 + B_2 = 0.$$

2- ҳол. B_1 ва B_2 векторлар бир тўғри чизик бўйлаб бир томонга йўналган (3, б-расм). Шунинг учун қуйидагини ёзишимиз мумкин:

$$B_1 = B_2 = -80 \text{ мкТл.}$$

B_1 ва B_2 ларнинг қийматларини (1) формулага қўйсак,

$$B = B_1 + B_2 = -160 \text{ мкТл.}$$

3- ҳол. Токларнинг симлар орасидаги масофанинг ўртасида жойлашган нуктадаги магнит майдон индукция векторлари ўзаро тик йўналган (3, в-расм). Натижавий индукция модули ва йўналиши бўйича томонлари B_1 ва B_2 векторлардан иборат бўлган квадратнинг диагонаlidir. Пифагор теоремасига биноан:

$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2}$$

B_1 ва B_2 ларнинг қийматларини (3) формулага қўйиб, ҳисобласак,

$$B = 113 \text{ мкТл.}$$

3- мисол. Чексиз узун тўғри сим бўлагининг бўлак учларидан бир хил узоқликда ва унинг ўртасидан $r_0=20$ см масофада турган нуктада ҳосил қилган майдоннинг магнит индукцияси B аниқлансин (4-расм). Симдан оқаётган ток кучи $I= 30$ А, бўлакнинг узунлиги $l=30$ см.

Е ч и ш. Сим бўлаги ҳосил қиладиган майдон магнит индукция-сини аниқлаш учун Био — Савар — Лаплас формуласидан фойдаланамиз:

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I \cdot \sin\alpha}{r^2} dl$$

(1) ифодани интеграллашдан олдин уни а бурчак бўйича интеграллаш мумкин бўладиган қилиб ўзгартирамиз. Утказгич элементининг узунлиги dl ни $d\alpha$ орқали ифодаalayмиз.

4-расмга биноан $dl = \frac{rd\alpha}{\sin\alpha}$ ни ёзамиз. dl нинг

бу ифодасини (1) формулага қўйсак:

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I \cdot \sin\alpha}{r^2 \sin\alpha} d\alpha = \frac{\mu_0 d\alpha}{4\pi r}$$

Лекин r катталиқ α га боғлиқ бўлган ўзгарув-

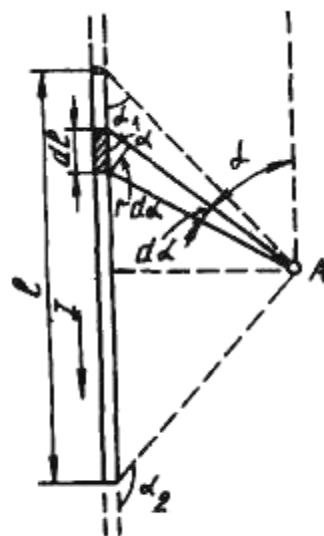
чан катталиқ ва $r = \frac{r_0}{\sin\alpha}$ ни олдинги форму-

лага

қўйиб,қуйидагинит

опамиз

$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi r_0} \sin\alpha d\alpha \quad (2)$$



4-расм

Ўтказгич бўлаги ҳосил қиладиган магнит майдон индукциясини аниқлаш учун (2) ифодани α_1 дан α_2 гача чегараларда интеграллаймиз:

$$dB = \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \frac{\mu_0 I}{4\pi r_0} \sin\alpha d\alpha = \frac{\mu_0 I}{4\pi r_0} \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \sin\alpha d\alpha$$

ёки

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r_0} (\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2) \quad (3)$$

А нукта сим бўлагига нисбатан симметрик жойлашганда $\cos\alpha_2 = -\cos\alpha_1$ бўлишини қайд этамиз. Бу формулани ҳисобга олганда (3) формула

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r_0} \cos\alpha_1 \quad (4)$$

қўринишни олади.

21.4-расмдан $\cos \alpha_1 = \frac{l/r}{\sqrt{l^2/4 + r^2}} = \frac{l}{\sqrt{4r^2 + l^2}}$ келиб чиқади.

C05a1 нинг ифодасини (4) формулага қўйсак,

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r_0} \cdot \frac{l}{\sqrt{4r_0^2 + l^2}}$$

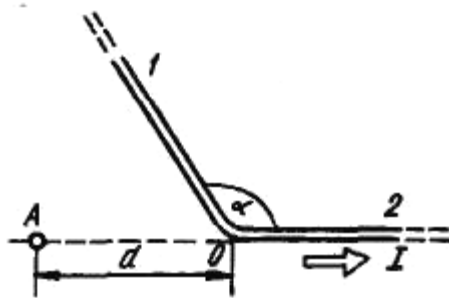
Сон қийматларни (5) формулага қўямиз ва ҳисоблаймиз:

$$B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 30}{2\pi \cdot 0.2} = \frac{0.6}{\sqrt{4 \cdot (0.2)^2 + (0.6)^2}} Tл = 2.49 \cdot 10^{-5} Tл = 24.9 \mu Tл$$

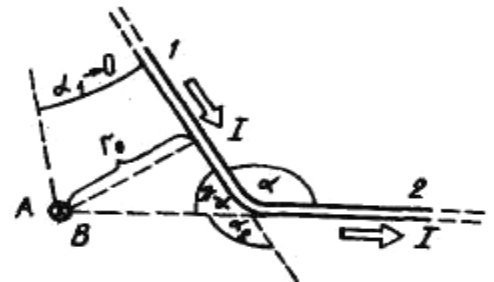
4-мисол. $I=50$ А токли узун сим $\alpha = \frac{2\pi}{3}$ бурчак остида қайирилган A нуктадаги

магнит индукция **B** аниқлансин (5-расм). Масофа $d=5$ см.

Е ч и ш: Қайирилган симни учлари O нуктада бириктирилган иккита узун сим сифатида қараш мумкин. Магнит майдоннинг суперпозиция принципига биноан A нуктадаги магнит индукция.



5- расм



6- расм

B узун симнинг 1 ва 2 бўлаклари ҳосил қилган магнит майдон индукциялари B_1 ва B_2 ларнинг йиғиндисига тенг, яъни $B=B_1+B_2$. B_2 магнит индукция нолга тенг. Бу Био — Савар — Лаплас қонунидан чиқади, унга биноан ўтказгич ўқида ётувчи нукталар учун.

B_1 магнит индукцияни эса 3- мисолда ҳосил қилинган (3) формуладан фойдаланиб топамиз:

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r_0} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)$$

бунда r_0 масофа 1 ўтказгичдан A нуктагача бўлган энг қисқа масофа (6- расм).

Бизнинг ҳолимизда $\alpha_1 \rightarrow 0$ (ўтказгич узун), $\alpha_2 = a = (\cos \alpha_2 = \cos(2\pi/3))$ У ҳолда магнит индукция.

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi d} \frac{\sqrt{3}}{2} \left(1 + \frac{1}{2}\right)$$

$B=B_1$ ($B_2=0$) эканидан

$$B = \frac{\sqrt{3}\mu_0 I}{4\pi d}$$

B ва B_1 векторлар бир хил йўналишга эга ва уларнинг йўналиши ўнг винт қоидасига биноан аниқланади. 6- расмда бу йўналиш X белги билан ажратилган (биздан чизма

текислигига тик йўналган).

Бирликни текшириш 1-мисолда бажарилгандагига ўхшаш.

Ҳисоблаш ўтказамиз:

$$B = \frac{\sqrt{3} \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 50}{4\pi \cdot 5 \cdot 10^{-3}} Tл = 3,46 \cdot 10^{-5} Tл = 34,6 \text{ мкТл}$$

5-мисол. Радиуси $R=10$ см бўлган ингичка ўтказувчан ҳалқадан $I = 80$ А ток оқмоқда. Ҳалқанинг барча нукталаридан бир хил $l=20$ см узокликда жойлашган A нуктадаги магнит индукция B топилсин.

Е ч и ш: Масалани ечиш учун Био — Савар — Лаплас конуни-дан фойдаланамиз:

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I [d\vec{l} \times \vec{r}]}{r^3}$$

бунда $dB \cdot dl$ Гток элементининг r радиус-вектор билан аниқланувчи нуктада

ҳосил қилган майдонининг магнит индукцияси.

Ҳалқада dl Гэлементни ажратамиз ва ундан A нуктага r радиус-вектор ўтказамиз (7-расм). dB векторни парма коидасига биноан йўналтирамиз.

Магнит майдоннинг суперпозиция принципига биноан A нуктадаги магнит индукция

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{J}{r^2} \cos \beta \int_0^{2\pi R} dl = \frac{\mu_0 J \cdot \cos \beta \cdot 2\pi R}{4\pi r^2}$$

интеграл билан аниқланади. Бунда интеграллаш ҳалқанинг барча dl элементлари бўйлаб бажарилади.

dB векторни иккита ташкил этувчига ажратамиз: $dB_{\perp}$ — ҳалқа текислигига тик ва $dB_{\parallel}$ — ҳалқа текислигига параллел, яъни $dB = dB_{\perp} + dB_{\parallel}$

У ҳолда

$$\vec{B} = \int_{\alpha} d\vec{B}_{\parallel} + \int_{\alpha} d\vec{B}_{\perp}$$

Симметриклик мулоҳазаларига асосан $\int_{\alpha} d\vec{B}_{\parallel} = 0$ ва dl турли $\int_{\alpha} d\vec{B}_{\perp}$ элементларнинг

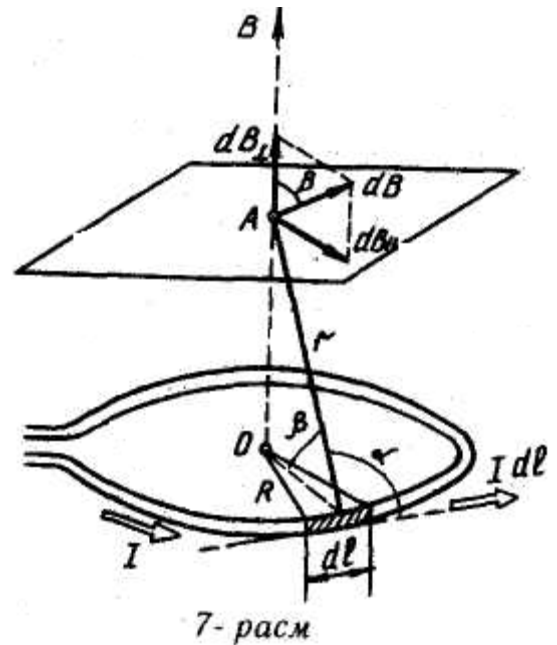
векторлари бир хил йўналганлигини ҳисобга олиб,

вектор йиғиндини (интеграллашни) скаляр йиғинди билан алмаштирамиз:

$$\vec{B} = \int_{\alpha} d\vec{B}_{\perp} \quad \text{бунда}$$

$$dB_{\perp} = dB \cdot \cos \alpha \quad \text{ва} \quad dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{J \cdot dl}{r^2} \quad (\text{чунки } dl \text{ элемент } r \text{ га тик ва демак } \sin \alpha = 1).$$

Шундай қилиб,



$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{J}{r^2} \cos\beta \int_0^{2\pi R} dl = \frac{\mu_0 J \cdot \cos\beta \cdot 2\pi R}{4\pi r^2}$$

2π га қисқартиргандан ва $\cos\beta$ ни R/r (21.7- расм) билан алмаштиргандан кейин куйидагини оламиз:

$$B = \frac{\mu_0 J R^2}{2r^3}$$

Барча катталикларни СИ бирликларда ифодалаймиз ва ҳисоблаймиз:

$$B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 80 \cdot (0,1)^2}{2 \cdot (0,2)^3} \text{ Тл} = 6,28 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$$

ёки $B=62,8$ мкТл.

Парма коидасига биноан вектор B ҳалқа ўқи бўйлаб йўналган (7-расмдаги пунктирли стрелка).

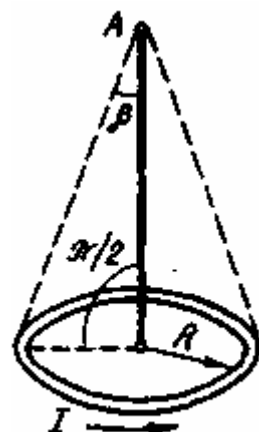
Масалалар

Вакуумда магнит майдон индукцияси ва кучланганлиги орасидаги боғланиш

1. Магнит майдоннинг кучланганлиги $H=79,6$ кА/м, Вакуумда шу майдоннинг магнит индукцияси B аниқлансин.
2. Майдоннинг вакуумдаги магнит индукцияси $B=10$ мТл Магнит майдоннинг кучланганлиги H аниқлансин.
3. Агар магнит майдоннинг вакуумдаги индукцияси $S_0=0,05$ Тл бўлса, унинг кучланганлиги H ҳисоблансин.

Айланма токнинг ва соленоиднинг майдони

4. $I=10$ А ток оқаётган ингичка ҳалқа марказидаги магнит индукция топилсин. Ҳалқанинг радиуси $r = 5$ см.
5. Радиуси $r=16$ см бўлган жуда калта ғалтак чулғамидан $I=5$ А ток оқади. Агар ғалтак марказидаги магнит майдоннинг кучланганлиги $H=800$ А/м бўлса, ғалтакдаги ўрамлар сони қанча?
6. Радиуси $r = 8$ см бўлган айланма ўрам марказидаги магнит майдон кучланганлиги $H= 30$ А/м. H_1 кучланганлик аниқлансин.
7. $R=0,2$ м радиусли ингичка ўтказувчан ҳалқадан оқаётган ток кучи I нинг қандай қийматида ҳалқанинг барча нукталаридан тенг $r= 0,3$ м масофада жойлашган нуктадаги магнит индукция $S=20$ мкТл бўлади?
8. $R = 10$ см радиусли ингичка ҳалқа кўринишидаги ўтказгичдан ток оқмоқда. Майдоннинг нуктадаги магнит индукцияси $S=1$ мкТл бўлса, кучи/нимагатеги (8- расм)? Бурчак $\beta=10^\circ$.
9. Узунлиги $l = 20$ см бўлган ғалтак $H = 100$ ўрамдан иборат. Ғалтак чулғамидан $I=5$ А ток оқмоқда. Ғалтакнинг диаметри $d= 20$ см. Ғалтак учидан $a=10$ см масофада ва унинг ўқида ётувчи нуктадаги магнит индукция B аниқлансин.
10. Узун тўғри соленоид ўрамлари бирига зич жипслашиб турадиган қилиб, диаметри $d=0,5$ мм бўлган симдан ўралган ток кучи $I = 4$ А бўлганда соленоид ичидаги магнит майдон кучланганлиги H қандай



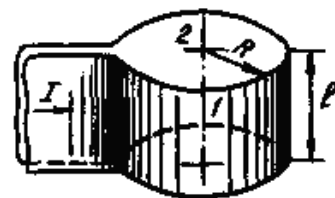
8- расм

бўлади?

11. Диаметри $d=10$ см бўлган ғалтак чулғами зич жипслашиб турган ингичка сим ўрамларидан иборат. Уртасидаги магнит индукцияси узунлик бирлигида шунча ўрамга эга бўлган чексиз соленоид магнит индукциясидан $0,5\%$ дан кўпга фарк қилмаслиги учун ғалтакнинг минимал узунлиги $l_{\min}$ қандай бўлиши лозим? Чулғамлардан оқаётган ток кучлари ҳар иккала ҳолда ҳам бир хил.

12. Соленоид чулғами ингичка симдан бирбирига зич жипслашиб турадиган ўрамлардан иборат қилиб ясалган. Ғалтакнинг уаунлиги $l=1$ м, унинг диаметри $d=2$ см. Чулғамдан ток оқмоқда. Магнит индукцияси чексиз узун соленоиднинг формуласи бўйича $0,1\%$ дан ошмайдиган хатолик билан ҳисобланиши мумкин бўлган, ўқ чизигидаги қисм участканинг ўлчамлари аниқлансин.

13. Кенглиги $l=40$ см бўлган ингичка тасма радиуси $R=30$ см бўлган ўрамадек бураб қўйилган. Тасмадан кенглиги бўйлаб бир текис тақсимланган $I=200$ А ток оқмоқда (9-расм). Қуйидаги икки ҳол учун ўрама ўқидаги магнит индукция B аниқлансин: 1) ўрта нуқтасида; 2) ўрама қирраси билан мос келувчи нуқтада.



9-расм

Тўғри токнинг майдони

14. Тўғри чексиз узун ўтказгичдан $I=50$ А ток оқмоқда. Ўтказгичдан $r=5$ см узоқликда турган нуқтадаги магнит индукция B аниқлансин.

15. Иккита узун параллел сим бир-биридан $r=5$ см масофада турибди. Симларнинг ҳар биридан қарама-қарши йўналишларда $I=10$ А дан ток оқмоқда. Симларнинг биридан $r_1=2$ см ва бошқасидан $r_2=3$ см масофада турган нуқтадаги магнит майдон кучланганлиги H топилсин.

16. Иккита узун параллел сим орасидаги масофа $d=5$ см. Симларнинг ҳар биридан бир хил йўналишда бир хил $I=30$ А ток оқмоқда. Симларнинг биридан $r_1=4$ см ва бошқасидан $r_2=3$ см масофада турган нуқтадаги магнит майдон кучланганлиги H топилсин..

17. Иккита чексиз узун тўғрипараллел симлардан қарама-қарши йўналишларда $I_1=50$ А ва $I_2=100$ А тоқлар оқмоқда. Симлар орасидаги масофа $d=20$ см. Биринчи симдан $r_1=25$ см ва иккинчисидан $r_2=40$ см узоқликда турган нуқтадаги магнит индукция B аниқлансин.

18. Иккита чексиз узун тўғри параллел симлардан бир хил йўналишда $I_1=20$ А ва $I_2=30$ А тоқлар оқмоқда. Симлар орасидаги масофа $d=10$ см. Ҳар иккала симдан ҳам бир хил $r=10$ см узоқликда жойлашган нуқтадаги магнит индукция B ҳисоблансин.

19. Чексиз узун тўғри сим тўғри бурчак остида букилган. Симдан $I=100$ А ток оқмоқда. Буручак биссектрисасида ётувчи ва бурчак учидан $a=10$ см узоқликда жойлашган нуқталардаги магнит индукция B ҳисоблансин.

20. $\alpha=120^\circ$ бурчак остида букилган чексиз узун тўғри симдан $I=50$ А ток оқади. Буручак биссектрисасида ётувчи ва унинг учларидан $a=5$ см узоқликда жойлашган нуқталардаги магнит индукция B топилсин.

21. Тенг томонли учбурчак кўринишдаги контурдан $I=40$ А ток оқмоқда. Учбурчак томонининг узунлиги $a=30$ см. Баландликлар кесишадиган нуқтадаги магнит индукция B аниқлансин.

22. Квадрат кўринишдаги контур бўйлаб $I=50$ А ток оқмоқда. Квадрат томонининг узунлиги $a=20$ см. Диагоналлар кесишган нуқтадаги магнит индукция B аниқлансин.

23. Тўғри тўртбурчак кўринишида қайрилган ингичка симдан $I=60$ А ток оқмоқда. Тўғри тўртбурчак томонларининг узунликлари $a=30$ см ва $b=40$ см. Диагоналлар

кесишган нуқтадаги магнит индукция B аниқлансин.

24. Ингичка сим тўғри олтибурчак кўринишида букилган. Олтибурчак томонининг узунлиги $d=10$ см. Агар симдан $I=25$ А ток оқаётган бўлса, олтибурчак марказидаги магнит индукция B аниқлансин.

25. Ингичка сим ҳалқадан ток оқмоқда. Ўтказгичдаги ток кучини ўзгартирмасдан унга квадрат шаклини бердилар. Контур марказидаги магнит индукция неча мартага ўзгаради?

Ҳаракатланувчи заряднинг майдони

26. Ғалаёнланмаган водород атомидаги электрон ядро атрофида $r = 53$ пм радиусли айлана бўйлаб ҳаракатланмоқда. Эквивалент айланма ток кучи I ва айлана марказидаги майдон кучланганлиги H ҳисоблансин.

27. $v = 10$ мм/с тезлик билан тўғри чизиқли ҳаракат қилаётган электроннинг траекториядан $d=1$ нм масофада турган нуқтада ҳосил қиладиган майдонининг максимал магнит индукцияси B_{max} аниқлансин.

28. Тўғри чизиқли ҳаракат қилаётган электроннинг траекториясидан $I=10$ нм масофада магнит индукциянинг максимал қиймати $B_{max}=160$ мкТл. Электроннинг тезлиги V аниқлансин.

14-МАШҒУЛОТ

ЎЗГАРУВЧАН ТОК. ЭЛЕКТРОМАГНИТ ТЕБРАНИШЛАР ВА ТЎЛҚИНЛАР

Ўзгарувчан ток кучининг ва ўзгарувчан кучланишнинг эффектив қийматлари:

$$I_{\text{эф}}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt; \quad U_{\text{эф}}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T u^2 dt;$$

бу ерда T — токнинг даври, i ва u — ток кучи ва кучланишнинг оний қийматлари. Синусоидал ток учун:

$$I_{\text{эф}}^2 = \frac{I^2}{2} \quad U_{\text{эф}}^2 = \frac{U^2}{2}$$

бу ерда I_m ва U_m — ток кучи ва кучланиш амплитудаси.

Элементлари кетма-кет уланган занжирнинг ўзгарувчан токка бўлган тўла қаршилиги:

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

бу ерда R , L ва C — занжирнинг актив қаршилиги, индуктивлиги ва сиғими, ω — доиравий частота. Ўзгарувчан токнинг қуввати:

$$N = I_{\text{эф}} U_{\text{эф}} \cos \varphi$$

бу ерда φ — ток билан кучланиш орасидаги фазасилжиши. Тебраниш контурвидаги эркин сўнувчи тебранишлар даври:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L} \right)^2}}$$

Сўнишнинг логарифмик декременти:

$$\Theta = \frac{R}{2L} T$$

Электромагнит тебранишларнинг диэлектрик сингдирувчанлиги ϵ ва магнит сингдирувчанлиги μ бўлган изотроп муҳитда тарқалиш тезлиги:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}}$$

бу ерда $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0\mu_0}}$ электромагнит тебранишларнинг вакуумда тарқалиш тезлиги.

Масалалар

1. Ярим давр мобайнидаги ўртача қиймати 2,0 бўлган синусоидал токнинг эффектив қийматини топинг.
2. Даври давом этиш вақтидан 4 марта ортиқ, максимал қиймати 0,80 А бўлган тўғри бурчакли импульслардан иборат токнинг эффектив ва ўртача қийматларини топинг.
3. Томони $a = 8,0$ см бўлган квадрат шаклидаги берк контур индукцияси $B = 3,0 \cdot 10^{-2}$ Тл бўлган бир жинсли магнит майдонида $\omega = 105$ рад/с бурчак тезлик билан бир текис айланмоқда. Айланиш ўқи рамка маркази орқали ўтган бўлиб, магнит индукцияси чизиқларига перпендикуляр йўналган. Контурдаги ЭЮК нинг амплитуда ва таъсир қийматларини топинг.
4. Частотаси 50 Гц бўлган ўзгарувчан ток занжирида 100 Ом ли актив қаршилик билан бир хил қаршилик кўрсатадиган конденсаторнинг сиғимини топинг.
5. Дросселнинг индуктивлигини аниқлаш учун уни дастлаб ўзгармас ток занжирига, сўнгра частотаси $\nu = 50$ Гц бўлган ўзгарувчан ток занжирига уланди. Дросселга электродинamik вольтметр параллел уланган. Дроссел орқали $I_1 = 3,0$ А ўзгармас ток ўтганда вольтметр $U_1 = 1,5$ В ни, $U_2 = 2,0$ А ўзгарувчан ток ўтганда эса $U_2 = 120$ В ни кўрсатган бўлса, дросселнинг индуктивлигини аниқланг.
6. Кучланиши 220 В бўлган ўзгарувчан ток тармоғига кетма-кет равишда индуктивлиги 0,16 Гн бўлган ғалтак, 2,0 Ом қаршиликли ўтказгич ва 64 мкФ сиғимли конденсатор уланган. Агар токнинг частотаси 200 Гц бўлса, занжирдаги ток кучини топинг. Частота қанча бўлганда кучланишлар резонанси юз беради? Бу ҳолда ток кучи ва ғалтак ҳамда конденсатор қисқичларидаги кучланиш қанча бўлади?
7. Петров ёйи эффектив кучланиш 127 В бўлган саноат частотаси ток билан таъминланади. Ёнаётган ёйнинг қаршилиги 2,0 Ом бўлганда ток кучи 20 А бўлиши учун ёйга кетма-кет уланадиган актив қаршилиги 1,0 Ом бўлган дросселнинг индуктивлиги қанча бўлиши керак?
8. 84 В кучланишда ёниб ўчадиган неон лампаси эффектив кучланиши 120 В бўлган саноат частотали ўзгарувчан ток занжирига уланган. Лампа чакнашлари орасидаги вақтни ва чакнаш давомлилигини топинг.
9. ПРК-2 типидagi симобли кварц лампа 180 В ишчи кучланишига ва 4,0 А эффектив ток кучига мўлжалланган дроссел орқали 50 Гц частотали ўзгарувчан кучланиш манбаига уланди. Агар дросселнинг индуктивлиги 0,10 Гн бўлса, унинг актив қаршилигини топинг.
10. Сиғими 5 мкФ бўлган конденсатор ва қаршилиги 150 Ом бўлган ўтказгич кучланиши 120 В E_a частотаси 50 Гц бўлган ўзгарувчан ток занжирига кетма-кет уланди. Ток кучининг максимал ва эффектив қийматларини, ток билан кучланиш орасидаги фаза силжишини ҳамда эффектив қувватни топинг.
11. Қаршилиги 150 Ом бўлган ўтказгич ва сиғими 5,0 мкФ бўлган конденсатор кучланиши 120 В ва частотаси 50 Гц бўлган ўзгарувчан ток занжирига параллел равишда уланган бўлса, ток кучининг эффектив қийматини, эффектив қувватни ҳамда ток билан кучланиш орасидаги фаза силжишини топинг.

12. Эффе́ктив кучланиши 220 В бўлган ўзгарувчан ток занжирига индуктивлиги 0,50 Гн ва актив қаршилиги 10 Ом бўлган ғалтак ҳамда сиғими 0,50 мкФ бўлган конденсатор кетма-кет уланган. Ток кучининг эффе́ктив қийматини ва эффе́ктив қувватни топинг.
13. Кетма-кет уланган конденсатор ва индуктив ғалтакдан иборат тебраниш контурининг резонанс частотаси $\gamma_0 = 4$ кГц. Ғалтакнинг актив қаршилиги $R = 10$ Ом, контурнинг частотаси $\gamma = 1$ кГц бўлган гарувчан токка кўрсатаётган тўла қаршилиги $Z = 1$ кОм бўлса, ғалтакнинг индуктивлигини топинг.
14. Сиғими 0,05 мкФ бўлган зарядланган конденсатор индуктивлиги 5,0 мГн бўлган ғалтакка уланди. Ғалтак улангандан қанча вақт ўтгач конденсатордаги электр майдонининг энергияси ғалтак магнит майдонининг энергиясига тенг бўлиб қолади?
15. Конденсатор ва индуктивлиги 5,0 мГн бўлган ғалтакдан иборат тебраниш контурида электромагнит тебранишлар юзага келганда контурдаги максимал ток кучи 10 мА бўлган. Агар конденсатор қопламаларидаги потенциаллар айирмаси 50 В га етса, унинг сиғимини топинг. Ғалтакнинг актив қаршилигини ҳисобга олманг.
16. Индуктивлиги 10 мГн бўлган ғалтак ва сиғими 4,0 мкФ бўлган конденсатордан иборат тебраниш контурида электр-магнит тебранишлари вужудга кела олиши учун контур қанча қаршиликка эга бўлиши керак?
17. Тебраниш контури 2,0 мкФ сиғимли конденсатордан ва узунлиги $l = 0,10$ м, радиуси $R = 1,0$ см бўлган $N = 500$ ўрамли ғалтакдан иборат. Агар ғалтакни тўлдириб турган муҳитнинг магнит сингдирувчанлиги $\mu = 1$ бўлса, контур тебранишларининг хусусий частотасини аниқланг. Ғалтак қаршилигини ҳисобга олманг.
18. Индуктивлиги $L = 1,0$ Гн бўлган тебраниш контуридаги конденсатор қопламаларида потенциаллар айирмасининг амплитуда қиймати $t = 0,10$ с вақтдан сўнг $n = 4$ марта камайган бўлса, контурнинг актив қаршилигини топинг.
19. Сиғими $C = 0,50$ мкФ бўлган конденсаторни ўз ичига олган тебраниш контуридаги хусусий тебранишлар частотасини топинг. Конденсатор қопламаларидаги максимал потенциаллар айирмаси $U_m = 100$ В ғалтакдаги максимал ток кучи эса $I_m = 50$ мА. Ғалтакнинг актив қаршилигини ҳисобга олманг.
20. Сўнишининг логарифмик декременти $\Theta = 0,03$ бўлган тебраниш контури $C = 0,050$ мкФ сиғимли конденоатордан ва индуктивлиги $L = 2,0$ мГн бўлган ғалтакдан иборат. Агар ғалтакдаги максимал ток кучи $I_m = 5,0$ мА га етса, контурдаги сўнувчи тебранишларни $t=1$ соат мобайнида қувватлаб туриш учун унга қанча энергия бериш керак? Ғалтакнинг актив қаршилигини ҳисобга олманг.
21. Радиоприёмникнинг қабул қилиш контури 1,5 мГн индуктивликка ва 450 пФ сиғимга эга бўлса, у қандай узунликдаги тўлқин созланган?
22. Агар шиша учун $\epsilon = 7$ ва $\mu = 1$ бўлса, электромагнит тебранишларнинг унда тарқалиш тезлигини топинг.
23. Икки симли линия электромагнит тебранишлар генератори билан индуктив равишда уланган бўлиб, спиртга солиб қўйилган. Агар турғун тўлқин дўнгликлари орасидаги масофа 0,50 м бўлиб спирт учун $\epsilon = 26$ ва $\mu = 1$ бўлса, генераторнинг частотасини аниқланг.

15-машғулот

ГЕОМЕТРИК ОПТИКА

Асосий формулалар

- Сферик кўзгунинг фокус масофаси

$$f = R / 2$$

бунда R — кўзгунинг эгрилик радиуси.

Сферик кўзгунинг оптик кучи

$$\Phi=1/f$$

Сферик кўзгу формуласи

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$$

бунда a ва b — мос равишда кўзгунинг қутбидан нарса ва тасвиргача бўлган масофалар.

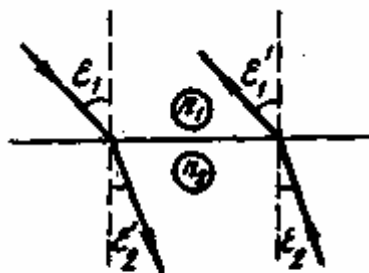
Агар нарсанинг тасвири мавҳум бўлса, унда b катталиқ манфий ишора билан олинади.

Агар сферик кўзгунинг фокуси мавҳум (кўзгу қавариқ) бўлса, у ҳолда f катталиқ манфий ишора билан олинади.

- Еруғликнинг синиш қонуни

$$\frac{\sin \varepsilon_1}{\sin \varepsilon_2} = n_{21}$$

бунда ε_1 —тушиш бурчаги; ε_2 — синиш бурчаги; $n_{21} = n_2/n_1$ — иккинчи муҳитнинг биринчи муҳитга нисбатан нисбий синдириш кўрсаткичи; n_1 ва n_2 — мос равишда биринчи ва иккинчи муҳитларнинг абсолют синдириш кўрсаткичлари.



1-расм

Бурчакларни белгилашдаги қуйи кўрсаткичлар нур қайси муҳитда (биринчи ёки иккинчи)

тарқалаётганлигини кўрсатади. Агар нур бўлиниш сиртига $\varepsilon_1 = \varepsilon_2$ бурчак остида тушиб иккинчи муҳитдан биринчисига ўтса, унда ёруғлик нурларининг қайтиш принциpigа асосан ε_1 синиш бурчаги 81 бурчакка тенг бўлади (1-расм).

- Еруғликнинг оптик зичроқ муҳитдан оптик зичлиги камроқ бўлган муҳитга ўтишидаги тўла қайтишнинг чегаравий бурчаги

$$\varepsilon_{\omega} = \arcsin(n_2 / n_1) \quad (n_2 < n_1)$$

- Юпқа линзанинг оптик кучи

$$\Phi = \frac{1}{f} = \left(\frac{n_{\text{л}}}{n_{\text{м}}} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

бунда f — линзанинг фокус масофаси; $n_{\text{л}}$ —линза моддасининг абсолют синдириш кўрсаткичи; $n_{\text{м}}$ —ўраб турган муҳитнинг (линзанинг ҳар иккала томонидан ҳам бир хил) абсолют синдириш кўрсаткичи.

Келтирилган формулада қавариқ сиртларнинг радиуслари (R_1 ва R_2) мусбат ишора билан, ботиқлариники эса манфий ишора билан олинади.

- Бир-бирига ёпиштириб қўйилган иккита юпқа линзанинг оптик кучи

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2.$$

- Юпқа линза формуласи

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$$

бунда a — линзанинг оптик марказидан нарсагача бўлган масофа; b — линзанинг оптик марказидан тасвиргача бўлган масофа.

Агар фокус мавҳум бўлса (сочувчи линза), у ҳолда f манфий катталиқ бўлади. Агар тасвир мавҳум бўлса, b — манфий катталиқ бўлади.

- Лупанинг бурчак катталаштириши

$$\Gamma = D/f$$

бунда D — энг яхши кўриш масофаси ($D=25$ см). •Телескопнинг бурчак катталаштириши

$$\Gamma = f_{об}/f_{ок}$$

бунда $f_{об}$ ва $f_{ок}$ — мос равишда объективнинг ва окулярнинг фокус масофалари. Телескопнинг объективдан то окуляригача бўлган масофа

$$L = f_{об} + f_{ок}$$

Бу формулаларни телескопдан жуда узоқдаги нарсаларни кузатгандагина қўллаш мумкин.

• Микроскопнинг бурчак катталаштириши

$$\Gamma = \delta D / (f_{об}/f_{ок})$$

бунда δ - объективнинг орқа фокуси билан окулярнинг олд фокуси орасидаги масофа. Микроскопнинг объективдан окуляригача бўлган масофа

$$L = f_{об} + \delta + f_{ок}$$

Масалалар ечишга доир мисоллар

1-мисол. $\Theta = 50^\circ$ синдириш бурчагига эга бўлган шиша . призмага $e = 30^\circ$ бурчак остида ёруғлик нури тушмокда. Агар шишанинг синдириш кўрсаткичи $n=1,56$ бўлса, нурнинг призма-дан оғиш бурчаги аниқлансин.

Е ч и ш . Бу масалани одатдагидек умумий кўринишда эмас, балки барча оралиқ ҳисоблашларни бажара бориб ечиш мақсадга мувофиқдир. Бу ҳолда биз ҳисоблаш аниқлиги бўйича бир оз ютқизсак ҳам, лекин ҳисоблашларнинг яққоллиги ва соддалигидан ютамыз. 28.2-расмдан кўриниб турибдики, оғиш бурчаги

$$\sigma = \gamma + \gamma' \quad (1)$$

γ ва γ' бурчаклар эса $\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon'_1, \epsilon'_2$ бурчаклар орқали соддагина ифодаланади ва буларни кетма-кет ҳисоблаймиз:

1) Синиш қонуни зте^зтег дан қуйидагини оламиз:

$$i_2 = \arcsin\left(\frac{\sin \epsilon_1}{n}\right) = 18,7^\circ$$

2) 2- расмдан кўриниб турибдики, призманинг иккинчи қиррасига тушиш бурчаги

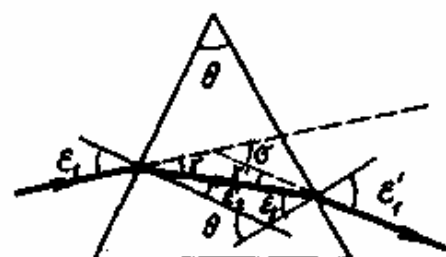
$$\epsilon_2 = \Theta - \epsilon'_2 = 31,3^\circ$$

$$\epsilon_2 \text{ бурчак чегаравий бурчакдан кичик } \epsilon_2 = \arcsin\left(\frac{1}{n}\right) = 39,9^\circ$$

• Шунинг учун ҳам нур иккинчи қиррада синади ва призмадан чиқади;

$$3) \frac{\sin \epsilon_2}{\sin \epsilon'_1} = \frac{1}{n} \text{ эканлигидан } \epsilon'_1 = \arcsin(n \sin \epsilon_2) = 54,1^\circ.$$

Энди γ ва γ' бурчакларни топамиз:



2- расм

$$\gamma = \varepsilon_1 - \varepsilon'_1 = 11,3^\circ \text{ ва } \gamma' = \varepsilon'_1 - \varepsilon_2 = 22,8^\circ$$

$$(1) \text{ формулага биноан: } \sigma = \gamma + \gamma' = 34,1^\circ$$

2- **мисол.** Оптик тизим қавариқ сирти кумушланган юпка яссиқаварик шиша линзадан иборат. Агар линзанинг сферик сиртининг радиуси $R=60\text{см}$ бўлса, бундай тизимнинг бош фокус масофаси f аниқлансин.

Е ч и ш . Линзага унинг бош оптик ўқи MN га параллел бўлган параксиалг KL нур тушаётган бўлсин (3-расм). KL , нур линзанинг ясси сиртига тик бўлганлиги туфайли ундан синмасдан ўтади. Нур кумушланган қавариқ сиртга L нуктада ε_1 бурчак остида тушади ва ундан $\varepsilon'_1 = \varepsilon$ бурчак остида қайтади. Қайтган нур линзанинг ясси сиртининг чегарасига $2\varepsilon_1$ бурчак остида тушади ва линзадан чиқиши билан F нуктада бош оптик ўқни ўқ билан ε_2 бурчак ҳосил қилиб кесади. Бунда ҳосил бўлган FP кесманинг узунлиги кўрилатган оптик тизимнинг изланаётган фокус масофасига тенг. Агар KL нурнинг параксиаллигини ҳисобга олсак, ε_1 ва ε_1 бурчаклар кичик, уларнинг синус ва тангенслари эса амалда радианларда ифодаланган бурчакларнинг ўзига тенг, у ҳолда 3-

расмдан

$$f = \frac{h}{\varepsilon_2} = \frac{R \cdot \varepsilon_1}{\varepsilon_2} = R \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}$$

(1) формулага кирувчи бурчаклар нисбати $\varepsilon_1/\varepsilon_2$ ни бизнинг ҳолимизда ушбу кўринишда ёзиладиган ёруғликнинг синиш қонунидан фойдаланиб топамиз $2 \varepsilon_1/\varepsilon_2 = 1/n$, бундан

$$\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{1}{2n}$$

Бурчакларнинг бу нисбатини (1) формулага қўйиб, қуйидагини топамиз

$$f = R / (2n)$$

Шундай натижани расмий мулоҳазалар асосида ҳам олиш мумкин. KL нур кетма-кет равишда линзадан ўтиши, қавариқ кўзгудан қайтиши ва яна бир марта линзадан ўтиши туфайли мазкур оптик тизимни бири-бирига жипслашган иккита ясси қавариқ линза ва юмалоқ кўзгудан ташкил топган марказлашган тизим сифатида қараш мумкин. Оптик тизимнинг фокус масофаси қуйидаги формулага биноан топилиши мумкин

$$f = 1/\Phi,$$

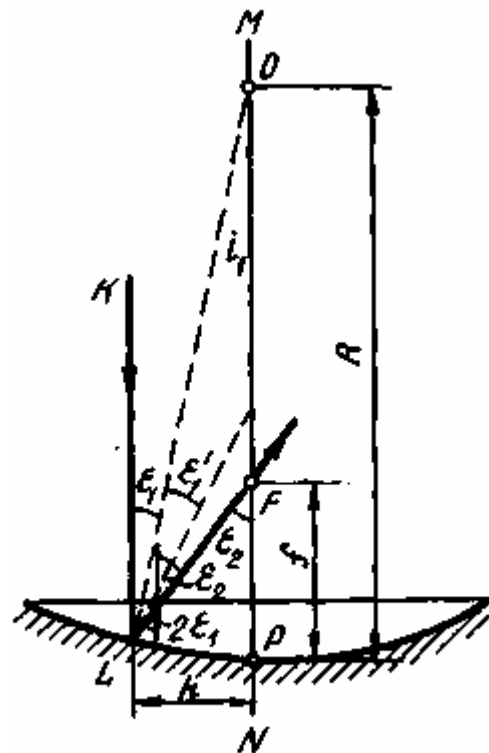
бунда Φ — тизимнинг оптик кучи.

Маълумки тизимнинг оптик кучи тизимни ташкил этувчилар

оптик кучларининг алгебраик йиғиндисига тенг. Бизнинг ҳолимизда

$$\Phi = (n-1) \frac{1}{R} + \frac{2}{R} + (n-1) \frac{1}{R} = \frac{2n}{R} \quad \text{яъни}$$

$$f = 1/\Phi = R/(2n)$$



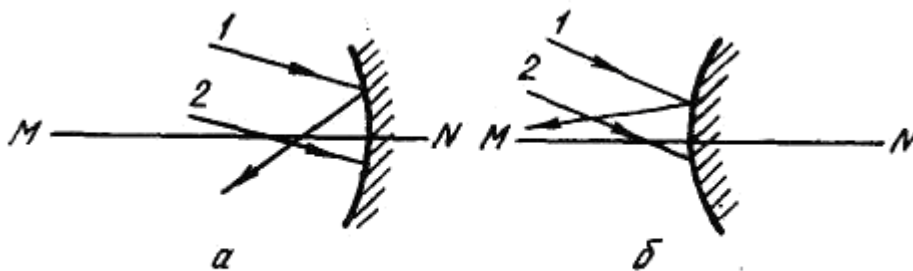
3- расм

бу эса (2) формулада ифодаланган натижага мос келади.

Масалалар

Ёруғликнинг қайтиши ва синиши

1. Иккита ясси тўғри тўртбурчакли кўзгу икки қиррали $\Phi=170^\circ$ бурчак ҳоеил килади. Кўзгуларнинг тегиб туриш чизиғи-дан $f=10$ см масофада ва ҳар бир кўзгудан бир хил масофада нуқтавий ёруғлик манбаи турибди. Манбанинг кўзгулардаги мавҳум тасвирлари орасидаги y масофа аниқлансин.
2. Ботик юмалок кўзгу экранда нарса тасвирини $\Gamma=4$ марта катталаштириб беради. Нарсадан кўзгугача бўлган масофа $a=25$ см. Кўзгунинг эгрилик радиуси R аниқлансин.
3. Ботик кўзгунинг фокус масофаси $f=15$ см. Кўзгу нарсанинг ҳақиқий тасвирини уч марта кичрайтириб беради. Нарсадан кўзгугача бўлган a масофа аниқлансин.
4. Ботик кўзгу экранда қуёшнинг тасвирини $d=28$ мм ли доира кўринишида беради. Осмондаги Қуёшнинг диаметри бурчак ўлчагичда $\beta=32'$. Кўзгунинг эгрилик радиуси d аниқлансин.
5. Қавариқ кўзгунинг эгрилик радиуси $d=50$ см. Баландлиги $h=15$ см бўлган жисм кўзгудан $a=1$ м масофада турибди. Кўзгудан тасвиргача бўлган масофа b ва унинг баландлиги H аниқлансин.
6. 4, а, б- расмларда юмалок кўзгунинг бош оптик ўқи ММнинг ўрни ва l нурнинг йўли кўрсатилган. Кўзгудан қайтган 2 нурнинг йўли тузилсин.



4- расм

7. Нур $d=30$ мм қалинликдаги шиша пластинкага $\varepsilon=60^\circ$ бурчак остида тушади. Пластинкадан чиққандан кейин нурнинг ён томонга силжиши аниқлансин.
8. Параллел нурлар дастаси $\varepsilon=60^\circ$ бурчак остида қалин шиша пластинага тушади ва синиб шишага ўтади. Дастанинг ҳаводаги кенглиги $a=10$ см. Дастанинг ишадаги кенглиги b аниқлансин.
9. Ёруғлик нури синдириш кўрсаткичи n_1 бўлган муҳитдан синдириш кўрсаткичи n_2 бўлган муҳитга ўтади. Агар қайтган ва синган нурлар орасидаги бурчак $\pi/2$ га тенг бўлса, (ε_1 — тушиш бурчаги) шарт бажарилиши кўрсатилсин.
10. Ёруғлик нури синдириш кўрсаткичи n бўлган призма қиррасига кичик бурчак остида тушади. Агар призманинг синдириш бурчаги α кичик бўлса, у ҳолда нурларнинг оғиш бурчаги θ тушиш бурчагига боғлиқ бўлмаслиги ва эканлиги кўрсатилсин.
11. $\Theta=60^\circ$ синдириш бурчагига эга бўлган шиша призмага ёруғлик нури тушади. Агар нур призма ичида симметрик юрганда оғиш бурчаги $\sigma=40^\circ$ бўлса, шишанинг синдириш- кўрсаткичи n аниқлансин.
12. Шиша призманинг синдириш бурчаги $\Theta=30^\circ$. Ёруғлик нури призма қиррасига унинг сиртига тик равишда тушади ва дастлабки йўналишдан $\sigma=20^\circ$ бурчакка оғган ҳолда, бошқа қиррасидан ҳавога чиқади. Шишанинг синдириш кўрсаткичи

n аниқлансин.

13. Еруғлик нури шиша призма қиррасига унинг сиртига тик равишда тушади ва дастлабки йўналишидан $\alpha=25^\circ$ бурчакка оғган ҳолда қарама-қарши қиррасидан чиқади. Призманинг синдириш бурчаги β аниқлансин.

14. Синдириш бурчаги $\Theta = 60^\circ$ бўлган шиша призманинг қиррасига $\varepsilon_1=45^\circ$ бурчак остида ёруғлик нури тушади. Нурнинг призмадан чиқишдаги синиш бурчаги ε_2 ва нурнинг дастлабки йўналишидан оғиш бурчаги α топилсин.

15. Призманинг синдириш бурчаги $\Theta = 60^\circ$. Нурнинг дастлабки йўналишидан энг кам оғиш бурчаги $\sigma = 30^\circ$. Призма ясалган шишанинг синдириш кўрсаткичи n аниқлансин.

16. Ўткир учли пона шаклидаги призманинг синдириш бурчаги $\Theta = 2^\circ$. Агар призма шишасининг синдириш кўрсаткичи $n=1,6$ бўлса, нурнинг призма орқали ўтишдаги энг кам оғиш бурчаги аниқлансин.

Оптик тизимлар

17. Лампочка ва экраннинг ўртасида оптик курсида жойлаштирилган линза экранда лампочканинг кескин катталашган тасвирини беради. Лампочканинг экранга $\Delta l=40$ см га яқинлаштирилганларида экранда лампочканинг кескин кичрайтирилган тасвири пайдо бўлди. Агар лампочкадан экрангача бўлган масофа $l=80$ см бўлса, линзанинг фокус масофаси f аниқлансин.

18. Нарса ва унинг бош фокус масофаси $f=12$ см бўлган йиғувчи линза ҳосил қиладиган ҳақиқий тасвири орасидаги мумкин бўлган энг кичик масофа l қандай бўлади?

19. Одам фотоаппарат объективининг бош оптик ўқи бўйлаб $v=5$ м/с тезлик билан ҳаракатланмоқда. Ундаги одам тасвири доимо ёрқин бўлиб қолиши учун фотоаппаратнинг хира ойнасини қандай u тезлик билан силжитиш керак? Объективнинг бош фокус масофаси $f=20$ см. Ҳисоблашлар одам фотоаппаратдан $a=10$ м масофада турган ҳол учун бажарилсин.

20. Шишадан оптик кучи $\Phi=5$ дптр бўлган ясси қавариқ линза тайёрлаш талаб қилинади. Линзанинг қавариқ сиртининг эгрилик радиуси R аниқлансин.

21. Икки ёқлама қавариқ линза сиртларининг эгрилик радиуслари бир хил. Линза сиртларининг эгрилик радиуси R нинг қандай қийматида унинг бош фокус масофаси $f=20$ см бўлади?

22. Линза сиртларининг эгрилик радиусларининг нисбати $k=2$. Қавариқ сиртининг эгрилик радиуси R нинг қандай қийматида линзанинг оптик кучи $\Phi=10$ дптр бўлади?

23. Агар линза сиртларининг эгрилик радиусларининг нисбати $K=3$, унинг оптик кучи $\Phi=-8$ дптр бўлса, линза қавариқ сиртининг эгрилик радиуси R аниқлансин.

24. Линза синдириш кўрсаткичи қизил нур учун $n_K=1,50$, бинафша нуручун $n_0=1,52$ бўлган шишадан тайёрланган. Линзанинг ҳар иккала сиртининг ҳам эгрилик радиуслари бир хил ва $R=1$ м. Линзанинг қизил ва бинафша нурлар учун фокуслари орасидаги Δf масофа аниқлансин.

25. Диаметри $d=10$ см бўлган ясси қавариқ линзанинг бош фокус масофаси f аниқлансин. Линзанинг марказидаги қалинлиги $n=1$ см, чеккаларидаги қалинлигини нолга тенг деб қабул қилиш мумкин.

26. Агар менискнинг қавариқ ва ботик сиртларининг эгрилик радиуслари мос равишда $R_1=1$ м ва $R_2=40$ см бўлса, унинг оптик кучи Φ аниқлансин.

27. Ҳавода йиғувчи линзанинг бош фокус масофаси $f=10$ см. У: 1) сувда; 2) долчин мойида нимага тенглиги аниқлансин.

28. Ҳавода турган линзанинг фокус масофаси $f_1=5$ см, шакар эритмасига ботирилганини эса $f_2=35$ см. Эритманинг синдириш кўрсаткичи n аниқлансин.

29. Ҳаводаги юпка линза $\Phi_1=5$ дптр оптик кучга, муайян суюқликка жойлаштирилганда эса $\Phi_2=-0,48$ дптр оптик кучга эга. Агар линза ясалган шишанинг синдириш кўрсаткичи $n_1=1,52$ бўлса, суюқликнинг синдириш кўрсаткичи n_2

аниқлансин.

30. Одам ўз олдида $a=12,5$ см масофада жойлаштирилган китобни кўзойнаксиз ўқимокда. У оптик кучи Φ қандай бўлган кўз ойнак тақиши керак?

31. Яқинни кўрувчи киши кўзининг кўз ойнаксиз кўришга мослашув чегаралари $a_1 = 16$ см ва $a_2 = 80$ см оралиғида ётади. Кўзойнак билан у узоқдаги нарсаларни яхши кўради. Кўзойнак тақиб ўқиганда у китобни қандай энг кичик масофада тутиб d туриши керак?

32. Икки ёқлама қавариқ линзадан иборат лупа синдириш кўрсаткичи $n = 1,6$ бўлган шишадан тайёрланган. Линзалар сиртларининг эгрилик радиуслари бир хил ва $R = 12$ см. Лупанинг катталаштириши Γ аниқлансин.

33. Лупа $\Gamma=2$ марта катталаштириб беради. Унга зич қилиб оптик кучи $\Phi_1 = 20$ дптр бўлган йиғувчи линзани қўйдилар. Бундай қўшма лупа қандай катталаштириш Γ_2 ни беради?

34. Телескоп объективининг оптик кучи $\Phi = 0,5$ дптр. Окуляр, $\Gamma_1 = 10$ катталаштириш берадиган лупадек ишлайди. Телескоп қандай Γ_2 катталаштириш беради?

35. Фокус масофаси $f = 50$ см бўлган окулярда телескоп $\Gamma_1=60$ бурчак катталаштириш беради. Агар окуляр олиниб ва оддий кўз билан энг яхши кўриш масофасидан объектив ҳосил қилган ҳақиқий тасвир қаралса, объективнинг ўзи қандай Γ_2 бурчак катталаштиришни беради?

36. Телескоп объективининг фокус масофаси $f_1 = 1$ м. Телескопда $a=1$ км масофада турган бинони кўрмоқдалар. Қуйидаги икки ҳолда аниқ тасвирни олиш учун окулярни, қайси йўналишда ва қанча силжитиш керак: 1) агар бинодан кейин ой қаралса; 2) агар ойнинг ўрнига $a=100$ м масофада турган яқинроқ нарсалар қаралса?

37. Микроскоп объективининг фокус масофаси $f_1=8$ мм, окуляриники $f_2=4$ см. Нарса объективдан бош фокусга нисбатан $-0,5$ мм узоқликда турибди. Микроскопнинг катталаштириши Γ аниқлансин.

38. Микроскоп объективининг фокус масофаси $f_1 = 1$ см, окуляриники $f_2 = 2$ см. Объективдан окулярغاча бўлган масофа $L = 23$ см. Микроскоп қандай Γ катталаштириш беради? Нарса объективдан қандай a масофада турибди?

39. Микроскоп ичида объектив ва окуляр фокуслари орасидаги b масофа 16 см га тенг. Объективнинг фокус масофаси $f_1 = 1$ мм. $\Gamma = 500$ катталаштириш олиш учун қандай f_2 фокус масофали окуляр олиш керак?

16-машғулот

ЁРУҒЛИК ДИСПЕРСИЯСИ ВА ҚУТБЛАНИШИГА ДОИР МАСАЛАЛАР

Асосий формулалар

- Ёруғликнинг муҳитдаги тезлиги $v = c/n$

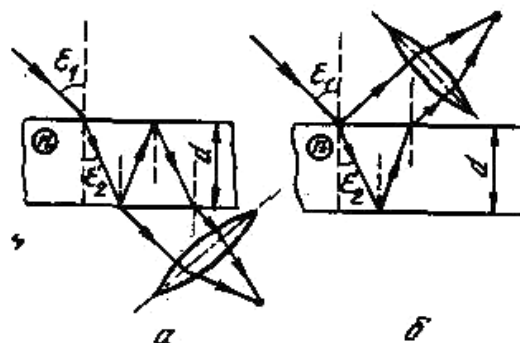
бунда c — ёруғликнинг вакуумдаги тезлиги; n — муҳитнинг абсолют синдириш кўрсаткичи.

- Ёруғлик тўлқини оптик йўлининг узунлиги $L = nl$,

бунда l — ёруғлик тўлқинининг синдириш кўрсаткичи n бўлган муҳитдаги геометрик йўлининг узунлиги.

- Иккита ёруғлик тўлқинининг оптик йўл фарқи $\Delta L_1 - L_2$

• Ҳавода турган юпқа ясси параллел пластинка ёки юпқа парданинг юкори ва куйи сиртларидан кайтган ёруғлик тўлқинларининг оптик йўли фарқи (1, а-расм)



1- расм

$$\Delta = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 \varepsilon_1} + \lambda/2 \quad \text{ёки} \quad \Delta = 2d n \cos \varepsilon_2 + \lambda/2$$

бунда d — пластинканинг (юпка парданинг) қалинлиги; ε_1 — тушиш бурчаги; ε_2 — синуш бурчаги.

Бу формулалардаги иккинчи йиғинди ёруғлик тўлқинининг оптик зичроқ муҳитдан қайтишда унинг оптик йўлининг узунлиги $\lambda/2$ га ўзгаришини ҳисобга олади.

Ўтувчи ёруғликда (1, б- расм) ёруғлик тўлқинининг қайтиши оптик зичлиги камроқ бўлган муҳитдан амалга ошади ва ёруғлик нурларининг қўшимча йўл фарқи вужудга келмайди.

- Тебранишларнинг йўл фарқи $\Delta\varphi$ нинг тўлқинларнинг оптик йўл фарқи билан боғланиши

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi\Delta}{\lambda}$$

- Интерференцияда ёруғлик интенсивлигининг максимумлар шarti $\Delta = \pm k\lambda$ ($k=0,1,2,3,\dots$).

- Интерференцияда ёруғлик интенсивлигининг минимумлар шarti

$$\Delta = \pm(2k+1)\frac{\lambda}{2}$$

- Қайтган ёруғлик учун Ньютоннинг ёруғ (ёки ўтгани учун қоронғу) ҳалқаларининг радиуслари

$$r_k = \sqrt{(2k-1)R\frac{\lambda}{2}}$$

бунда k — ҳалқа тартиб рақами ($k=1, 2, 3, \dots$); R — ясси параллел шиша пластинкага тегиб турувчи линза сиртининг эгрилик радиуси.

Қайтган ёруғлик учун қоронғу (ёки ўтгани учун ёруғ) ҳалқаларнинг радиуслари

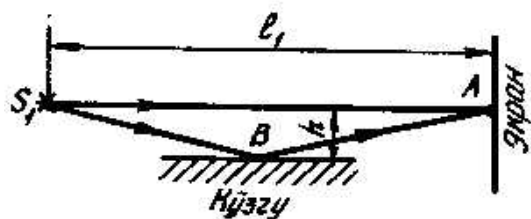
$$r_k = \sqrt{kR\lambda}$$

Масалалар ечишга доир мисоллар

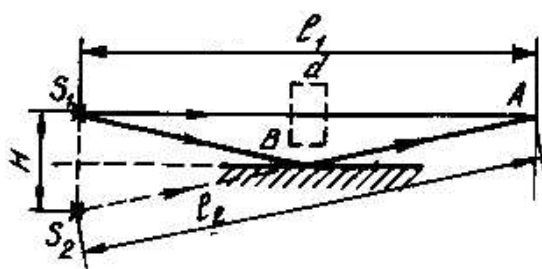
1- мисол: Экраннинг A нуқтасига тўлқин узунлиги $\lambda=0,5$ мкм бўлган монохроматик

ёруғликнинг S_1 манбаидан иккита нур келади: бевосита манбадан экранга тик йўналишда S_1A нур ва S_2A нурга параллел жойлашган кўзгунинг B нуқтасидан қайтган S_1BA нур (30.2- расм). Манбадан экрангача бўлган масофа $l = 1$ м, S_1A нурдан кўзгу текислигигача бўлган масофа $h = 2$ мм. Қуйидагилар аниқлансин: 1) экраннинг A нуқтасида нима кузатилади — интенсивликнинг кучайишими ёки сусайишими; 2) агар S_1A нурнинг йўлига унга тик равишда калинлиги $d = 6$ мкм бўлган ясси параллел шиша ($n=1,55$) пластинка жойлаштирилса, A нуқтадаги интенсивлик қандай ўзгаради?

Е ч и ш : S_1 манбанинг кўзгудаги мавҳум тасвири S_2 ни ясаймиз (30.3- расм). S_1 ва S_2 манбалар когерент бўлади, шунинг учун бу манбалардан экранга келадиган тўлқинларнинг қўшилишида



2- расм



3- расм

интерференцион манзара вужудга келади. Экраннинг у ёки бу нуқтасида интенсивликнинг ортиши ёки камайиши интерференцияга киришувчи нурларнинг оптик йўлларининг фарқи Δ га, бошқача айтганда оптик йўл фарқида жойлашадиган ярим тўлқинлар сони m га боғлиқ бўлади:

Агар m — бутун жуфт сон бўлса, интенсивлик максимал, агар m — бутун тоқ сон бўлса, интенсивлик минимал бўлади. m каср сон бўлганда ё қисман кучайиш (агар m жуфт сонга яқин бўлса) ё қисман сусайиш (агар m тоқ сонга яқин бўлса) рўй беради.

1. Оптик йўл фарқи Δ_1 геометрик фарқ $l_2 - l_1$ (иккала нур ҳам ҳавода юради) билан тебраниш фазасининг оптик зичроқ муҳитдан қайтишида вужудга келадиган λ га ўзгаришига боғлиқ бўлган қўшимча йўл фарқи $\lambda/2$ нинг қўшилишидан ҳосил бўлади. Шундай қилиб

$$\Delta_1 = l_2 - l_1 + \lambda/2. \quad (2)$$

$l_2 = \sqrt{l_1^2 + h^2}$ эканлигидан (30.3- расм)

$$l_2 - l_1 = \sqrt{1 + (h/l_1)^2} - l_1 = l_1 \left[\sqrt{1 + (h/l_1)^2} - 1 \right]$$

$h/l_1 \ll 1$, шунинг учун илдизни ҳисоблашда тахминий формуладан фойдаланиш мумкин (3-жадвалга қarang): $a \ll 1$ ва

$$\sqrt{1+a} \approx 1 + \frac{1}{2}a. \text{ Уни қўллаб, қуйидагини оламиз}$$

$$l_2 - l_1 \approx l_1 \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{h}{l_1} \right)^2 - 1 \right] = \frac{h^2}{2l_1}.$$

$l_2 - l_1$ нинг олинган ифодасини (2) формулага қўйсак,

$$\Delta_1 = \frac{h^2}{2l_1} + \frac{\lambda}{2}.$$

Δ_1 ни билган ҳолда (1) формулага биноан m_1 ни топамиз:

$$m_1 = \frac{H^2 / (2l_1) + \lambda / 2}{\lambda / 2} = \frac{H^2}{l_1 \lambda} + 1.$$

$H=2h$ эканлигидан, узил-кесил равишда қуйидагини оламиз

$$m_1 = 4 \frac{h^2}{l_1 \lambda} + 1$$

Ҳисоблашни бажарсак, $m_1 = 33$.

Йўл фаркига тоқ сондаги яримтўлқинлар жойлашганлигидан A нуқтада интенсивликнинг минимуми кузатилади.

2. S_1A нурнинг йўлига қўйилган A қалинликдаги шиша пластина оптик йўл узунлигини ўзгартиради (3-расм). Энди оптик йўл узунлиги L геометрик йўл узунлиги l_1-d ва нурнинг пластинанинг ўзидаги оптик йўлининг узунлиги nd лар йиғиндисидан иборат бўлади, яъни

$$L = (l_1 - d) + nd = l_1 + (n-1)d.$$

Нурларнинг оптик йўл фарки

$$\Delta_2 = l_2 - L + \lambda/2 = l_2 - [l_1 + (n-1)d] + \lambda/2$$

ёки

$$\Delta_2 = \Delta_1 - (n-1)d.$$

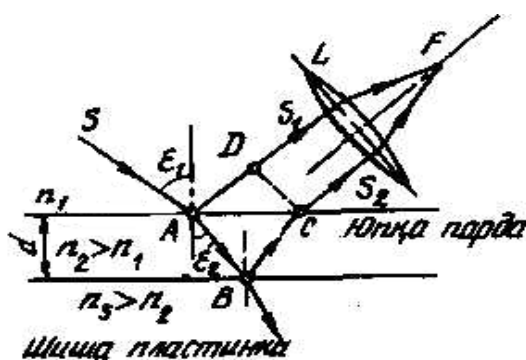
(1) формуладан фойдаланиб, қуйидагини топамиз m_2

$$= \frac{\Delta_2}{\lambda/2} = \frac{\Delta_1 - (n-1)d}{\lambda/2} = m_1 - 2 \frac{d(n-1)}{\lambda}.$$

Ҳисоблашларни бажарсак, $m_2 = 19,8$.

Яримтўлқинлар сони каср бўлиб чикди. 19,8 сони бутун тоқ 19 сонидан кўра бутун жуфт 20 сонига яқин бўлганлиги учун A нуқтада қисман кучайиш бўлади.

2- мисол. Синдириш кўрсаткичи $n=1,4$ бўлган моддадан жуда юпка парда қопланган қалий шиша пластинкага монохроматик ёруғликнинг ($\lambda=0,6$ мкм) параллел дастаси нормал тушади. Қайтаётган ёруғлик интерференция натижасида максимал сусайган. Юпка парданинг калинлиги d аниқлансин.



4- расм

Е ч и ш . Юпка пардага тушадиган ёруғлик тўлкинидан ингичка SA дастани ажратамиз. Тушиш бурчаги $\epsilon_1 \neq 0$ бўлган ҳол учун бу нурнинг йўли 4- расмда кўрсатилган. A ва B нуқталарга тушаётган даста қисман қайтади ва қисман синади. Ёруғликнинг қайтган AS_1 ва BCS_2 дасталари йиғувчи L линзага тушади, унинг F фокусиди кесишишади ва ўзаро интерференцияга киришади.

Хавонинг синдириш кўрсаткичи ($n=1,00029$) юпка парда моддасининг синдириш кўрсаткичи ($n_2=1,4$) дан кичик, у эса ўз навбатида шишанинг синдириш кўрсаткичи ($n_3=1,5$) дан кичик бўлганлигидан, ҳар иккала ҳолда ҳам қайтиш тушаётган тўлқин

юраётган муҳитдан кўра оптик жиҳатдан зичроқ муҳитдан рўй беради. Шунинг учун ҳам AS_1 ёруғлик дастасининг тебраниш фазаси A нуқтадан қайтганида π радианга ўзгаради ва худди шунингдек, BCS_2 ёруғлик дастасининг тебраниш фазаси ҳам B нуқтадан қайтишида π радианга ўзгаради. Натижада бу ёруғлик дасталарининг линзанинг F фокусида кесишишидаги интерференция натижаси худди на у ва на бу дастанинг тебраниш фазаларида ҳеч қандай ўзгариш бўлмаганидек рўй беради.

Маълумки, юпқа пардалардаги интерференцияда ёруғликнинг максимал сусайиш шarti интерференцияга кирувчи тўлқинларнинг оптик йўл фарқи тоқ сондаги ярим тўлқинларга тенг бўлиши кераклигидан иборатдир:

$$\Delta = (2k+1) \frac{\lambda}{2}.$$

4- расмдан кўриниб турибдики, оптик йўл фарқи

$$\Delta = l_2 n_2 - l_1 n_1 = (|AB| + |BC|)n_2 - |AD|n_1$$

Бинобарин, ёруғлик интенсивлигининг минимумлик шarti куйидаги кўринишни олади

$$(|AB| + |BC|)n_2 - |AD|n_1 = (2k+1) \frac{\lambda}{2}$$

Агар ϵ_1 бурчак нолга интилган ҳолда камайиб борса, унда $AD \rightarrow 0$ ва $|AB| + |BC| \rightarrow 2d$, бунда d — юпқа парданинг қалинлиги $\epsilon_1 = 0$ чегарада куйидагига эга бўламиз:

$$\Delta = 2dn_2 = (2k+1) \frac{\lambda}{2},$$

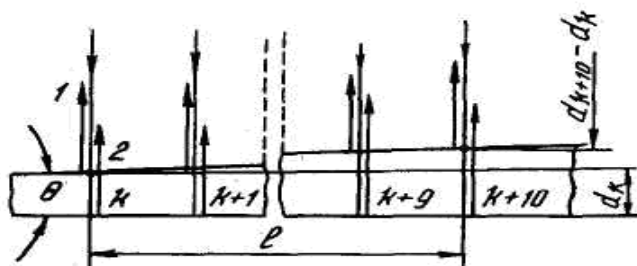
бундан қидириладиган юпқа парданинг қалинлиги

$$d = \frac{(2k+1)\lambda}{4n}$$

$k = 0, 1, 2, 3, \dots$ деб олиб, юпқа парда қалинлигининг мумкин бўлган қатор қийматларини оламиз:

$$d_0 = \frac{\lambda}{4n_0} = 0,111 \text{ мкм}; \quad d_2 = \frac{3\lambda}{4n_0} = 3d_0 = 0,33 \text{ мкм}$$

3- мисол. Шиша понага, унинг қиррасига нормал равишда тўлқин узунлиги $\lambda = 0,6$ мкм бўлган монохроматик ёруғлик тушади. Бунда вужудга келадиган интерференцион манзаранинг 1 см ли кесмасида 10 та соҳа кўринади. Понанинг синдириш бурчаги θ аниқлансин.



5-расм

Е ч и ш. Пона қиррасига тушаётган ёруғликнинг параллел дастаси юқори қиррадан ҳам пастки қиррадан ҳам қайтади. Бу дасталар когерент ва шунинг учун барқарор интерференция манзараси кузатилади. Интерференция соҳалари понанинг кичик бурчакларида кузатилиши туфайли ёруғликнинг қайтган 1 ва 2 дасталари

амалда параллел бўлади (5-расм).

Қоронғу соҳалар йўл фарқи ток сонли ярим тўлқин узунлигига каррали бўлган жойлардагина кўринади: $\Delta = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$, бунда $k = 0, 1, 2, \dots$ (1)

Иккита тўлқиннинг йўл фарқи бу тўлқинларнинг оптик йўллари узунликларининг фарқи ($2d_k \cos \varepsilon_2$) ва ярим тўлқин узунлиги ($\lambda/2$) нинг йиғиндисидан иборат. ($\lambda/2$) катталикти тўлқиннинг оптик зичроқ муҳитдан қайтиши натижасида вужудга келадиган қўшимча йўл фарқини кўрсатади. Йўл фарқи Δ нинг қийматини (1) формулага қўйиб куйидагини оламиз $2d_k \cos \varepsilon_2 + \lambda/2 = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$, (2)

бунда n — шишанинг синдириш коэффиценти ($n=1, 5$); d_k — понанинг k - ракамга мос келувчи қора йўл кўринадиган жойдаги қалинлиги; — синиш бурчаги.

Шартга кўра тушиш бурчаги нолга тенг, демак синиш бурчаги ҳам нолга тенг ҳамда $\cos \varepsilon_2 = 1$. (2) тенгликнинг ўнг томонидаги қавсни очиб, қисқартиришдан кейин куйидагини оламиз

$$2d_k n = k\lambda. \quad (3)$$

Айталик k — ракамли ихтиёрий қоронғу йўлга понанинг шу жойдаги маълум d_k қалинлиги мос келсин, $k+10$ ракамли қоронғу йўлга эса понанинг d_{k+10} қалинлиги мос келсин. Масаланинг шартига кўра $l=1$ см кесмага 10 та соҳа жойлашади. У ҳолда қидириладиган бурчак (30.5- расм) куйидагига тенг бўлади

$$\theta = (d_{k+10} - d_k), \quad (4)$$

бу ерда синдирувчи бурчак θ нинг кичиклигидан $\sin \theta \approx \theta$ (θ бурчак радианларда ифодаланган).

(3) формуладан d_k ва d_{k+10} ларни ҳисоблаб, уларни (4) формулага қўйиб ва алмаштириш ўтказиб, ушбуни топамиз

$$\theta = 5\lambda / (nl)$$

Ҳисоблашни бажарамиз: $\theta = 2 \cdot 10^{-4}$ рад

θ ни градусларда ифодалаймиз. Бунинг учун радиан ва секунд орасидаги муносабатдан фойдаланамиз (6-жадвалга қ): $1 \text{ рад} = 2,06'' \cdot 10^5$, яъни

$$\theta = 2 \cdot 10^{-4} \cdot 2,06'' \cdot 10^5 = 41,2''$$

ёки радиандан градусга ўтишнинг умумий қоидаига мувофиқ

$$\theta_{\text{град}} = \frac{180}{\pi} \theta \text{ рад}, 0 = \frac{180}{3.14} 2 \cdot 10^{-4} = 1,15 \cdot 10^{-2} = 0,688' = 41,2''.$$

Қидириладиган бурчак $41,2''$ га тенг.

Масалалар

Икки когерент манба тўлқинларининг интерференцияси

1. Узунлиги $l=1,2$ мм бўлган йўлга тебраниш частотаси $\nu = 5 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$ бўлган монохроматик ёруғликнинг нечта тўлқин узунлиги жойлашади: 1) вакуумда; 2) шишада?
2. Сувда $l_2 = 3$ мм кесмада канча тўлқин узунлиги жойлашса, вакуумда шунча тўлқин узунлиги жойлашиши учун лозим бўлган кесманинг узунлиги аниқлансин.
3. Монохроматик ёруғликнинг тўлқин fronti сувда узунлиги $l_2=1$ м бўлган йўлни ўтган вақтга тенг вақт давомида вакуумда кандай n йўлни босиб ўтади?
4. Ҳавода ҳаракатланаётган ёруғлик тўлқинининг йўлига қалинлиги $h=1$ мм бўлган

шиша пластинка қўйдилар. Агар тўлқин пластинкага: 1) нормал; 2) $\epsilon = 30^\circ$ бурчак остида тушса, оптик йўл узунлиги қанчага ўзгаради?

5. Тўлқин узунлиги $\lambda = 0,6$ мкм бўлган монохроматик ёруғликнинг йўлида калинлиги $d = 0,1$ мм бўлган ясси параллел шиша пластинка турибди. Ёруғлик пластинкага нормал тушади. F оптик йўл узунлиги $\lambda/2$ га ўзгариши учун пластинкани қандай ϕ бурчакка буриш керак?

6. Монохроматик ёруғликнинг интерференцияланувчи иккита тўлқинлари орасидаги оптик йўл фарки $\Delta = 0,3\lambda$; фазалар фарки $\Delta\phi$ аниқлансин.

7. Интерференцияланувчи тўлқин-ларнинг оптик йўл фарки $\Delta = 1,8$ мкм бўлганда кўзга кўринувчи ёруғликнинг (0,76 дан 0,38 мкм гача): 1) максимал кучайган; 2) максимал сусайган барча тўлқин узунликлари топилсин.

8. Иккита когерент ёруғлик ($A_1 = 0,5$ мкм) манбалари орасидаги масофа $d = 0,1$ мм. Интерференция манзарасининг ўрта қисмида экрандаги интерференция йўллари орасидаги масофа $b = 1$ см. Манбалардан экрангача бўлган масофа аниқлансин.

9. Юнг тажрибасида иккита тиркиш орасидаги масофа $d = 1$ мм, тиркишлардан экрангача бўлган масофа $l = 3$ м. Агар экранда интерференцион йўлларнинг кенглиги $b = 1,5$ мм бўлса, монохроматик ёруғлик манбаи чиқараётган тўлқиннинг узунлиги λ аниқлансин.

10. Юнг тажрибасида тиркишлар орасидаги масофа ($d = 0,8$ мм. Интерференцион йўлларнинг кенглиги $b = 2$ мм бўлиши учун экранни тиркишдан қандай l масофада жойлаштириш керак?

11. Кўзгулари билан ўтказилган Френел тажрибасида ёруғлик манбаининг мавҳум тасвирлари орасидаги d масофа 0,5 мм га, улардан экрангача бўлган l масофа эса 3 м га тенг. Тўлқиннинг узунлиги $\lambda = 0,6$ мкм. Экрандаги интерференцион йўлларнинг кенглиги d аниқлансин.

Юпқа пардаларда ёруғлик интерференцияси

12. Монохроматик ёруғлик тўлқинлари дастаси $\lambda = 0,6$ мкм ҳавода турган совун пардаси ($n = 1,3$) га $\epsilon_1 = 30^\circ$ бурчак остида тушади. Парданинг қандай энг кичик калинлигида интерференция натижасида қайтган ёруғлик тўлқинлари: а) максимал сусайган; б) максимал кучайган бўлади?

13. Юпқа шиша понага ($n = 1,55$) монохроматик ёруғлик нормал тушади. Пона сиртлари орасидаги икки қиррали бурчак $\alpha = 2'$. Агар қайтган ёруғлик учун қўшни интерференцион максимумлар орасидаги масофа $b = 0,3$ мм бўлса, ёруғлик тўлқинининг узунлиги λ аниқлансин.

14. Шиша понанинг сиртлари ўзаро $\theta = 0,2^\circ$ бурчак ташкил қилади. Понага унинг сиртига норйал равишда тўлқин узунлиги $\lambda = 0,55$ мкм бўлган монохроматик ёруғлик нурлари дастаси тушади. Интерференцион йўл (полоса) нинг кенглиги b аниқлансин.

15. Юпқа шиша понага унинг сиртига нормал йўналишида монохроматик ёруғлик ($\lambda = 600$ нм) тушади. Агар қайтган ёруғлик учун қўшни интерференцион минимумлар орасидаги масофа $b = 4$ мм бўлса, пона сиртлари орасидаги бурчак θ аниқлансин.

16. Қайтган ёруғликдаги Нгютоннинг иккинчи ва биринчи қора ҳалқалари орасидаги $\Delta r_{2,1}$ масофа 1 мм га тенг. Ўнинчи ва тўққизинчи ҳалқалар орасидаги $\Delta r_{0,9}$ масофа аниқлансин. 17. Ясси қаварик линза қавариқ томони билан шиша пластинка устида ётибди. Қайтган ёруғликда ($\lambda = 0,6$ мкм) биринчи ёруғ Нгютон ҳалқаси кўринган жойдаги ҳаво қатламининг калинлиги d аниқлансин.

18. Қайтган ёруғликда ($\lambda = 0,6$ мкм) кузатиладиган Нгютоннинг иккинчи ёруғ ҳалқасининг диаметри $d_2 = 1,2$ мм. Тажриба учун олинган ясси қаварик линзанинг оптик кучи D аниқлансин.

19. Оптик кучи $\Phi = 2$ дптр бўлган ясси қавариқ линза ясси томони билан шиша

пластинкада ётибди. Ўтаётган ёруғликда Нфютоннинг тўртинчи қоронғу ҳалқасининг радиуси $r_4 = 0,7$ мм. Ёруғлик тўлқинининг узунлиги аниқлансин.

20. Нфютоннинг иккита ёруғ ҳалқаларининг диаметрлари мос равишда $d_1=4,0$ ва $d_2=4,8$ мм. Ҳалқаларнинг тартиб рақамлари аниқланмаган, лекин иккита ўлчанган ҳалқалар орасида яна учта ёруғ ҳалқа жойлашганлиги маълум. Ҳалқалар қайтган ёруғликда кузатилган ($\lambda = 500$ нм). Тажриба учун олинган ясси каварик линзанинг эгрилик радиуси топилин.

21. Шиша пластинка ва унинг устида ётган ясси каварик шиша линза орасига синдириш кўрсаткичи шишанинг синдириш кўрсаткичидан кичик бўлган суюқлик кўйилган. Қайтган ёруғликда ($\lambda = 700$ нм) кузатилаётган Нфютоннинг саккизинчи қора ҳалқасининг радиуси $r_8=2$ мм. Линзанинг каварик сиртининг эгрилик радиуси $R=1$ м. Суюқликнинг синдириш кўрсаткичи n топилин.

22. Нфютон ҳалқаларини кузатувчи қурилмада қайтган ёруғликдаги учинчи қоронғу ҳалқанинг ($k = 3$) радиуси ўлчанди. Ясси параллел пластина ва линза орасидаги бўшлиқни суюқлик билан тўлдирганларида шу радиусга тартиб рақами биттага катта бўлган ҳалқа эга бўлди. Суюқликнинг синдириш кўрсаткичи n аниқлансин.

23. Нфютон ҳалқаларини кузатиш учун мўлжалланган қурилмада эгрилик радиуси $R_2 = 2$ м бўлган ясси ботик линзанинг ботик сиртига каварик томони билан кўйилган $R_1 = 1$ м эгрилик радиусли ясси каварик линзага тўлқин узунлиги $\lambda = 0,5$ мкм бўлган ёруғлик нормал равишда тушади. Қайтаётган ёруғликда кузатилаётган Нфютоннинг учинчи қора ҳалқасининг радиуси r_3 аниқлансин.

Интерференцияга оид қурилмалар

24. Агар интерференция манзараси $n = 100$ та йўлга силжиган бўлса, МайкелҒсон интерферометридаги кўзгунинг кўчиши аниқлансин. Тажриба тўлқин узунлиги $\lambda = 546$ нм бўлган ёруғлик билан ўтказилган.

25. Аргоннинг синдириш кўрсаткичини ўлчаш учун МайкелҒсон интерферометрининг елкаларидан бирига узунлиги $l=12$ см бўлган кўндаланг кесими ясси параллел сиртлардан иборат бўш шиша трубкани жойлаштирдилар. Трубка аргон билан тўлдирилганда (нормал шароитда) интерференция манзараси $m=106$ та йўлга силжиди. Агар ёруғликнинг тўлқин узунлиги $\lambda = 639$ нм бўлса, аргоннинг синдириш кўрсаткичи n аниқлансин.

26. Икки қогорент ёруғлик манбалари ($\lambda = 0,5$ мкм) орасидаги масофа $0,1$ мм. Интерференцион манзаранинг ўрта қисмида интерференцион максимумлар орасидаги масофа 1 см га тенг бўлган. Манбалардан экрангача бўлган масофани топинг.

27. ФренелҒ бипризмасига манбадан ёруғлик ($\lambda = 0,5$ нм) тушмоқда. Агар манбадан призмагача бўлган масофа 1 м, призмадан экрангача бўлган масофа эса 4 м бўлса, интерференция натижасида экранда ҳосил бўлган қўшни интерференцион максимумлар орасидаги масофани топинг. Призманинг синдириш бурчаги $2 \cdot 10^{-3}$ рад, унинг синдириш кўрсаткичи $n=1,5$.

28. Агар манбадан тушаётган ёруғликнинг тўлқин узунлиги λ бўлса, синдириш кўрсаткичи n ва синдириш бурчаги φ бўлган бипризма ҳосил қилган нтерференцион йўллар сони N ни топинг. Ёруғлик манбаидан бипризмагача бўлган масофа a , бипризмадан экрангача эса b .

29. Экрандати интерференция максимумлари орасидаги масофа $x = 1$ мм, кўзгулар кесишиш чизигидан экрангача бўлган масофа 1 м, манбагача эса $r = 10$ см бўлса, ФренелҒ кўзгулари орасидаги α бурчакни топинг. Монохроматик ёруғлик тўлқин узунлигини $\lambda = 0,486$ мкм. Интерференцияланунчи нурлар экранга нормал тушади.

30. Бир – биридан $d = 2,5$ мм масофада иккита энсиз тирқиш жойлашган диафрагмага монохроматик ёруғлик нормал тушади. Интерференцион манзара диафрагмадан $l=100$ см масофада жойлашган экранда ҳосил бўлади. Агар тирқишлардан бирини синдириш кўрсаткичи $n = 1,5$ бўлган, $h = 1$ мкм қалинликдаги шиша пластинка билан тўсилса,

интерференцион йўллар қайси томонга ва қандай масофага силжийди?

31. Икки когерент ёруғлик ($\lambda = 480$ нм) экранда интерференцион манзара ҳосил қилади. Нурлардан бирининг йўлига юпка кварц пластинкаси ($n = 1,16$) жойлаштирилганда интерференцион манзара $m = 69$ йўлга силжийди. Пластинка қалинлиги d ни топинг.

32. Синдириш кўрсаткичи $n = 1,5$ бўлган юпка парда тўлқин узунлиги $\lambda = 600$ нм бўлган тарқоқ ёруғлик билан ёритилади. Парданинг минимал қаланлиги қандай бўлганда интерференцион йўллар йўқолади?

33. Ясси шаффоф шиша ($n_1 = 5$) сирти устидан $0,396$ мкм қалинликдаги юпка шаффоф парда ($n_2 = 1,4$) ҳосил қилинган. Пардага 30° бурчак остида оқ ёруғлик туширилса, у қандай рангда кўринади?

34. Шиша пластинкага ($n_1 = 1,5$) шаффоф парда ($n_2 = 1,4$) суртилган. Парда сиртига перпендикуляр йўналишда монохроматик ёруғлик туширилади. Кайтган нурлар интерференция натижасида максимал сусайган бўлса, парданинг энг кичик қалинлиги қанча бўлган?

35. Сиртга ўтказилган нормалга нисбатан 60° бурчак остида кузатганда кайтган ёруғлик спектрида тўлқин узунлиги $\lambda = 0,589$ мкм бўлган анча кучайган сариқ чизик кўринса, сув юзасидаги мой қатламининг қалинлиги қанчага тенг бўлади?

36. Тўлқин узунлиги $\lambda = 500$ нм бўлган ёруғлик учун 10- тартибли интерференцион максимумни кузатиш учун синдириш кўрсаткичи $n = 1,6$ бўлган пластинканинг қалинлиги қандай ораликда ўзгариши мумкин?

37. Тўлқин узунлиги 450 нм бўлган нур перпендикуляр тушганда кайтган ёруғликда юпка понасимон пластинкада бир- биридан $1,5$ мм масофада бўлган қоронғи интерференцион йўллар кузатилди. Агар пластинканинг синдириш кўрсаткичи $1,5$ бўлса, пластинка ёқлари орасидаги бурчагини топинг.

38. Нўютон ҳалқалари кузатиладиган қурилмага монохроматик ёруғлик ($\lambda = 0,5$ мкм) нормал тушади. Кайтган нурда бешинчи ёруғ ҳалта кузатилаётган жойдаги ҳаво қатламининг қалинлигини топинг.

39. Ясси-каварик линзанинг ($n = 1,5$) оптик кучи $0,5$ дптр. Линза қаварик томони билан шиша пластинка устида ётибди. Ўтган ($\lambda = 0,5$ мкм) ёруғликдаги еттинчи қоронғи Нўютон ҳалқасининг радиусини топиш.

40. Икки томони носимметрик қаварик бўлган линза битта сирти билан ясси параллел пластинка устида ётибди. Кайтган ёруғликда ($\lambda = 589$ нм) Нўютон ҳалқалари кузатилганда йигирманчи қоронғи ҳалқа радиуси $r_1 = 2$ мм бўлган. Линза пластинкага бошқа сирти билан қўйилганда, ўша ҳаланинг радиуси $r_2 = 4$ мм бўлиб қолди. Агар линза материалининг синдириш кўрсаткичи $1,5$ бўлса, линзанинг фокус масофасини топинг.

41. Кузатиш қайтган ёруғликда олиб борилганда иккинчи ва учинчи ёруғ Нўютон ҳалқалари орасидаги масофа 1 мм бўлса, йигирманчи ва йигирма биринчи ёруғ ҳалқалар максимумлари орасидаги масофани топинг.

42. Шиша пластинка билан унинг устида ётган ясси- қаварик линза оралиғида суюқлик бор. Агар кайтган ёруғликда ($\lambda = 600$ нм) кузатилган ўнинчи қоронғи Нўютон радиуси $2,1$ мм бўлса, суюқликнинг синдириш кўрсаткичини топинг. Линзанинг эгрилик радиуси 1 м.

16-машғулот

ИССИҚЛИК НУРЛАНИШИ ҚОНУНЛАРИ

Асосий формулалар

- Стефан — Болцман қонуни $M_e = \sigma T^4$

бунда M_e — қора жисмнинг энергетик ёритувчанлиги; T — термодинамик ҳарорат; σ — Стефан — Болцман доимийси ($\sigma = 6,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/м²К²),

- Кулранг жисмнинг энергетик ёритувчанлиги

$$M_e = \sigma \varepsilon T^4$$

бунда ε — кулранг жисмнинг иссиқлик нурланиш коэффициентини (коралик даражаси).

• Виннинг силжиш қонуни $\lambda_m = b/T$

бунда λ_m — максимал нурланиш энергиясига тўғри келувчи тўлқин узунлиги, b — Вин силжиш қонунининг доимийси ($b = 2,90 \cdot 10^{-3}$ м · К).

• Планк формуласи $M = 2 \pi h c^2 / \lambda^5 \cdot 1 / l^{hc/kT \lambda}$

Бунда $M_{\lambda T}$, $M_{\omega T}$ — қора жисм энергетик Н 2 ёритувчанлигининг спектрал зичлиги; λ — тўлқин узунлиги; ω — доиравий частота; c — ёруғликнинг вакуумдаги тезлиги; k — Болтцман доимийси;

T — термодинамик ҳарорат; h — Планк доимийси; $\hbar = h/(2\pi)$ — 2л га бўлинган Планк доимийси *.

• Энергетик ёритувчанлик спектрал зичлиги максимумининг ҳароратга боғлиқлиги $(M_{\lambda T})_{\max} = CT^5$

бунда C — доимийлик ($C = 1,30 \cdot 10^{-5}$ Вт/(м³К⁵)).

Масалалар ечишга доир мисоллар

1-мисол. Қуёшнинг нурланиш спектрини текшириш энергетик

ёритувчанлик спектрал зичлигининг максимуми $\lambda = 500$ нм тўлқин узунлигига тўғри келишини кўрсатади. Қуёшни қора жисм сифатида қабул қилиб: 1) қуёшнинг энергетик ёритувчанлиги M_e ; 2) қуёш сочадиган энергия оқими Φ_e ; 3) қуёш 1 с да сочадиган электромагнит тўлқинларнинг (ҳамма узунликлардаги) массаси m аниқлансин.

Е ч и ш: 1. Қора жисмнинг энергетик ёритувчанлиги M_e Стефан — 2

$$M_e = \sigma T^4 \quad (1)$$

Нур сочаётган сиртнинг ҳарорати Виннинг силжиш қонунидан аниқланиши мумкин: $\lambda_m = b/T$. Бундан ҳарорат T ни ифодалаб ва уни (1) формулага қўйиб, қуйидагини оламиз

$$M_e = \sigma (b/\lambda_m)^4 \quad (2)$$

формула бўйича ҳисоблаймиз:

$$M_e = 64 \text{ МВт/м}^2$$

2. Қуёш сочадиган энергия оқими Φ_e Қуёшнинг энергетик ёритувчанлигининг унинг сирти S га кўпайтмасига тенг:

$$\Phi_e = M_e S \text{ ёки } \Phi_e = 4\pi r^2 M_e$$

бунда r — Қуёш радиуси (3) формулага r, π ва M_e ларнинг қийматларини қўйиб ҳисобласак.

$$\Phi_e = 3,9 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$$

3. $t = 1$ с да Қуёш сочаётган электромагнит тўлқинларнинг (ҳамма узунликлардаги) массасини масса ва энергиянинг пропорционаллик қонуни $E = mc^2$ ни қўллаб аниқлаймиз. t вақт давомида сочиладиган электромагнит тўлқинларнинг энергияси энергия оқими Φ (нур сочиш қуввати) нинг вақтга кўпайтмасига тенг: $E = \Phi \cdot t$. Бинобарин, $\Phi_e = mc^2$, бундан

$$m = \Phi / c^2$$

Шу формула бўйича ҳисоблаб, m ни топамиз:

$$m = 4,3 \cdot 10^9 \text{ кг}$$

2 мисол. Қора жисм нурланиш спектрининг максимал энергия-сига тўғри келувчи тўлқин узунлиги $\lambda_{\max} = 0,58$ мкм. λ тўлқин узунликларининг

$\lambda = 1$ нм интервали учун ҳисобланган энергетик ёритувчанликнинг максимал спектрал зичлиги $(M_{\lambda T})_{\max}$ аниқлансин.

Е ч и ш : Энергетик ёритувчанликнинг максимал спектрал зичлиги Келввин ҳароратининг бешинчи даражасига пропорционал бўлиб,

$$(M_{\lambda T})_{\max} = CT^2$$

формула билан ифодаланади.

Ҳароратни Виннинг силжиш қонуни $\lambda_m = b/T$ ифодалаймиз ундан

$T = b/\lambda_m$. Ҳароратнинг олинган ифодасини (1) формулага қўйиб, ушбуни топамиз

$$(M_{\lambda T})_{\max} = C(b/\lambda_m)^5 \quad (2)$$

24- жадвалда C нинг қиймати СИ бирликларида, яъни тўлқин узунликларининг бирлик оралиғи $\Delta\lambda = 1$ м бўлган ҳол учун берилган. Масаланинг шартига кўра эса тўлқин узунликларининг 1 нм оралиғи учун ҳисобланган энергетик ёритувчанликнинг спектрал зичлигини ҳисоблаш талаб қилинган, шунинг учун C нинг СИ бирликларидаги қийматини ёзамиз ва уни тўлқин узунликлари-**нинг** берилган оралиғи учун қайта ҳисоблаймиз

$$C = 1,30 \cdot 10^{-5} \text{ Вт}/(\text{м}^3 \text{К}^5) = 1,30 \cdot 10^{-5} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^5 \cdot \text{м}) = 1,30810^{-14} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{нм} \cdot \text{К}^5)$$

(2) формула бўйича ҳисоблаш қуйидагини беради:

$$(M_{\lambda T})_{\max} = 40,6 \text{ кВт}/(\text{м}^2 \cdot \text{нм})$$

Масалалар

Стефан — Болцман қонуни

1. Қора жисмнинг энергетик ёритувчанлиги $M_e = 10 \text{ кВт}/\text{м}^2$ бўладиган ҳарорат T аниқлансин.
2. Эритиш печининг кўриш туйнугидан сочиладиган энергия оқими $\Phi_e = 34 \text{ Вт}$. Агар туйиукнинг юзаси $S = 6 \text{ см}^2$ бўлса, печнинг ҳарорати T аниқлансин.
3. Агар печнинг ҳарорати $T = 1,2 \text{ К}$ бўлса, юзаси $S = 8 \text{ см}^2$ бўлган эритиш печининг туйнугидан $t = 1$ мин вақтда сочиладиган W энергия аниқлансин.
4. Сириус юлдузининг юқори қатламларидаги ҳарорат $T = 10 \text{ К}$ - Шу юлдузнинг $S = 1 \text{ км}^2$ юзали сиртидан сочиладиган энергия оқими Φ_e аниқлансин.
6. Қора жисмнинг ҳарорати 1% га ортганда унинг энергетик ёритувчанлигининг нисбий ортиши $\Delta M_e/M_e$ аниқлансин
7. Қора жисмнинг энергетик ёритувчанлиги M_e икки марта ўсиши учун унинг термодинамик ҳарорати неча марта орттириш керак?
8. $T = 600 \text{ К}$ ҳароратда кўмирнинг иссиқлик нурланиш коэффициентини $\varepsilon = 0,8$ деб қабул қилиб: 1) кўмирнинг энергетик ёритувчанлиги M_e ; 2) $t = 10$ мин вақт давомида кўмирнинг $S = 5 \text{ см}^2$ юзали сиртида сочиладиган W энергия аниқлансин.
9. $T = 400 \text{ К}$ ҳароратда $t = 5$ мин вақт давомида қорақуянинг $S = 2 \text{ см}^2$ юзали сиртидан $W = 83 \text{ Ж}$ энергия сочилади. Қорақуянинг иссиқлик нурланиш коэффициенти ε аниқлансин.
10. Муффелг печи $P = 1 \text{ кВт}$ қувват истеъмол қилади. $\varepsilon = 25 \text{ см}^2$ юзали очик тиркишда унинг ички сиртининг ҳарорати $T = 1,2 \text{ К}$. Печнинг тиркиши қора жисмдек нурланади деб ҳисоблаб, қувватнинг қандай қисми деворлар сочилиши аниқлансин.
11. Шартли равишда Ернинг $T = 280 \text{ К}$ ҳароратда нур сочаётган кулранг жисм сифатида қабул қилиш мумкин. Агар Ер сиртининг энергетик ёритувчанлиги $M_e = 325 \text{ кж}/(\text{м}^2 \cdot \text{соат})$ бўлса, Ернинг иссиқлик нурланиш энергияси ε аниқлансин.
12. Муайян ўзгармас T ҳароратда $R = 10 \text{ см}$ радиусли шарнинг нурланиш қуввати $P = 1 \text{ кВт}$. Шарни иссиқлик нурланиш коэффициенти $\varepsilon = 0,25$ бўлган кулранг жисм деб

хисоблаб, мазкур ҳарорат T топилсин.

Винн қонуни. Планк формуласи

14. $t = 0^\circ \text{C}$ ҳароратда қора жисм энергетик ёритувчанлиги спектрал зичлигининг максимуми $(M_{\lambda, T})_{\text{тах}}$ қандай тўлқин узунлигига мос келади?

15. Қуёшнинг юқори қатламларининг ҳарорати $5,3 \text{ кК}$ га тенг. Қуёшни қора жисм сифатида қабул қилиб, Қуёш энергетик ёркинлиги спектрал зичлигининг максимуми $(M_{\lambda, T})_{\text{тах}}$ га мос келувчи тўлқин узунлиги λ_T аниқлансин.

16. Энергетик ёркинлик спектрал зичлигининг максимуми $(M_{\lambda, T})_{\text{тах}}$ кўриш спектрининг ω кизил чегарасига ($\lambda = 750 \text{ нм}$); б) бинафша чегарасига ($\lambda_2 = 380 \text{ нм}$) тўғри келганда, қора жисмнинг ҳарорати T қандай бўлади?

17. Арктур ёркин юлдузи энергетик ёритувчанлиги спектрал зичлигининг максимуми $(M_{\lambda, T})_{\text{тах}}$ $\lambda_m = 580 \text{ нм}$ тўлқин узунлигига тўғри келади. Юлдуз қора жисмдек нур сочади деб қабул қилиб, унинг сиртининг ҳарорати T аниқлансин.

18. Қора жисм ҳароратининг ўзгариши натижасида спектрал зичликнинг $(M_{\lambda, T})_{\text{тах}}$ максимуми $\lambda_1 = 2,4 \text{ мкм}$ дан $\lambda_2 = 0,8 \text{ мкм}$ га силжиди. Жисмнинг энергетик ёритувчанлиги M_e ва энергетик ёритувчанлик спектрал зичлигининг максимуми қандай ва неча марта ўзгарган?

19. Қора жисмнинг термодинамик ҳарорати T икки марта ортганида энергетик ёритувчанлик спектрал зичлигининг максимумига тўғри келувчи λ_T тўлқин узунлиги $\Delta\lambda = 400 \text{ нм}$ га камайди. Бошланғич ва охириги ҳарорат T_1 ва T_2 лар аниқлансин.

20. Қора жисм энергетик ёритувчанлиги спектрал зичлигининг максимуми $(M_{\lambda, T})_{\text{тах}} = 4,16 \cdot 10^{11} \text{ (Вт/м}^2\text{)/м}$. У қандай λ_m тўлқин узунлигига тўғри келади?

17-машғулот

Ёруғликнинг электромагнит табиати

Асосий формулалар

Тебраниш контурдаги эркин сўнувчи тебранишлар даври:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}}$$

Сўнишнинг логарифмик декременти:

$$\Theta = \frac{R}{2L} T$$

Электромагнит тебранишларнинг диэлектрик сингдирувчанлиги ϵ ва магнит сингдирувчанлиги μ бўлган изотроп муҳитда тарқалиш тезлиги:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}}$$

бу ерда $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0\mu_0}}$ электромагнит тебранишларнинг вакуумда тарқалиш тезлиги.

Масалалар

1. Ярим давр мобайнидаги ўртача қиймати $2,0$ бўлган синусоидал токнинг эффектив қийматини топинг.

2. Даври давом этиш вақтидан 4 марта ортиқ, максимал қиймати $0,80 \text{ А}$ бўлган тўғри бурчакли импульслардан иборат токнинг эффектив ва ўртача қийматларини топинг.

3. Томони $a = 8,0$ см бўлган квадрат шаклидаги берк контур индукцияси $B = 3,0 \cdot 10^{-2}$ Тл бўлган бир жинсли магнит майдонида $\omega = 105$ рад/с бурчак тезлик билан бир текис айланмоқда. Айланиш ўқи рамка маркази орқали ўтган бўлиб, магнит индукцияси чизиқларига перпендикуляр йўналган. Контурдаги ЭЮК нинг амплитуда ва таъсир қийматларини топинг.
4. Частотаси 50 Гц бўлган ўзгарувчан ток занжирида 100 Ом ли актив қаршилик билан бир хил қаршилик кўрсатадиган конденсаторнинг сиғимини топинг.
5. Дросселнинг индуктивлигини аниқлаш учун уни дастлаб ўзгармас ток занжирига, сўнгра частотаси $\nu = 50$ Гц бўлган ўзгарувчан ток занжирига уланди. Дросселга электродинamik вольтметр параллел уланган. Дросселг орқали $I_1 = 3,0$ А ўзгармас ток ўтганда вольтметр $U_1 = 1,5$ В ни, $U_2 = 2,0$ А ўзгарувчан ток ўтганда эса $U_2 = 120$ В ни кўрсатган бўлса, дросселнинг индуктивлигини аниқланг.
6. Кучланиши 220 В бўлган ўзгарувчан ток тармоғига кетма-кет равишда индуктивлиги 0,16 Гн бўлган ғалтак, 2,0 Ом қаршиликли ўтказгич ва 64 мкФ сиғимли конденсатор уланган. Агар токнинг частотаси 200 Гц бўлса, занжирдаги ток кучини топинг. Частота қанча бўлганда кучланишлар резонанси юз беради? Бу ҳолда ток кучи ва ғалтак ҳамда конденсатор қисқичларидаги кучланиш қанча бўлади?
7. Петров ёйи эффектив кучланиш 127 В бўлган саноат частотаси ток билан таъминланади. Ёнаётган ёйнинг қаршилиги 2,0 Ом бўлганда ток кучи 20 А бўлиши учун ёйга кетма-кет уланадиган актив қаршилиги 1,0 Ом бўлган дросселнинг индуктивлиги қанча бўлиши керак?
8. 84 В кучланишда ёниб ўчадиган неон лампаси эффектив кучланиши 120 В бўлган саноат частотали ўзгарувчан ток занжирига уланган. Лампа чакнашлари орасидаги вақтни ва чакнаш давомлилигини топинг.
9. ПРК-2 типидagi симобли кварц лампа 180 В ишчи кучланишига ва 4,0 А эффектив ток кучига мўлжалланган дросселг орқали 50 Гц частотали ўзгарувчан кучланиш манбаига уланди. Агар дросселнинг индуктивлиги 0,10 Гн бўлса, унинг актив қаршилигини топинг.
10. Сиғими 5 мкФ бўлган конденсатор ва қаршилиги 150 Ом бўлган ўтказгич кучланиши 120 В E_a частотаси 50 Гц бўлган ўзгарувчан ток занжирига кетма-кет уланди. Ток кучининг максимал ва эффектив қийматларини, ток билан кучланиш орасидаги фаза силжишини ҳамда эффектив қувватни топинг.
11. Қаршилиги 150 Ом бўлган ўтказгич ва сиғими 5,0 мкФ бўлган конденсатор кучланиши 120 В ва частотаси 50 Гц бўлган ўзгарувчан ток занжирига параллел равишда уланган бўлса, ток кучининг эффектив қийматини, эффектив қувватни ҳамда ток билан кучланиш орасидаги фаза силжишини топинг.
12. Эффектив кучланиши 220 В бўлган ўзгарувчан ток занжирига индуктивлиги 0,50 Гн ва актив қаршилиги 10 Ом бўлган ғалтак ҳамда сиғими 0,50 мкФ бўлган конденсатор кетма-кет уланган. Ток кучининг эффектив қийматини ва эффектив қувватни топинг.
13. Кетма-кет уланган конденсатор ва индуктив ғалтакдан иборат тебраниш контурининг резонанс частотаси $\gamma_0 = 4$ кГц. Ғалтакнинг актив қаршилиги $R = 10$ Ом, контурнинг частотаси $\gamma = 1$ кГц бўлган гарувчан токка кўрсатаётган тўла қаршилиги $Z = 1$ кОм бўлса, ғалтакнинг индуктивлигини топинг.
14. Сиғими 0,05 мкФ бўлган зарядланган конденсатор индуктивлиги 5,0 мГн бўлган ғалтакка уланди. Ғалтак улангандан қанча вақт ўтгач конденсатордаги электр майдонининг энергияси ғалтак магнит майдонининг энергиясига тенг бўлиб қолади?
15. Конденсатор ва индуктивлиги 5,0 мГн бўлган ғалтакдан иборат тебраниш контурида электромагнит тебранишлар юзага келганда контурдаги максимал ток кучи 10 мА бўлган. Агар конденсатор қопламаларидаги потенциаллар айирмаси 50

В га етса, унинг сиғимини топинг. Ғалтакнинг актив қаршилигини ҳисобга олманг.
16. Индуктивлиги 10 мГн бўлган ғалтак ва сиғими 4,0 мкФ бўлган конденсатордан иборат тебраниш контурида электр-магнит тебранишлари вужудга кела олиши учун контур қанча қаршиликка эга бўлиши керак?

17. Тебраниш контури 2,0 мкФ сиғимли конденсатордан ва узунлиги $l = 0,10$ м, радиуси $R = 1,0$ см бўлган $N = 500$ ўрамли ғалтакдан иборат. Агар ғалтакни тўлдириб турган муҳитнинг магнит сингдирувчанлиги $\mu = 1$ бўлса, контур тебранишларининг хусусий частотасини аниқланг. Ғалтак қаршилигини ҳисобга олманг.

18. Индуктивлиги $L = 1,0$ Гн бўлган тебраниш контуридаги конденсатор қопламаларида потенциаллар айирмасининг амплитуда қиймати $t = 0,10$ с вақтдан сўнг $n = 4$ марта камайган бўлса, контурнинг актив қаршилигини топинг.

19. Сиғими $C = 0,50$ мкФ бўлган конденсаторни ўз ичига олган тебраниш контуридаги хусусий тебранишлар частотасини топинг. Конденсатор қопламаларидаги максимал потенциаллар айирмаси $U_m = 100$ В ғалтакдаги максимал ток кучи эса $I_m = 50$ мА. Ғалтакнинг актив қаршилигини ҳисобга олманг.

20. Сўнишининг логарифмик декременти $\Theta = 0,03$ бўлган тебраниш контури $C = 0,050$ мкФ сиғимли конденоатордан ва индуктивлиги $L = 2,0$ мГн бўлган ғалтакдан иборат. Агар ғалтакдаги максимал ток кучи $I_m = 5,0$ мА га етса, контурдаги сўнувчи тебранишларни $t=1$ соат мобайнида қувватлаб туриш учун унга қанча энергия бериш керак? Ғалтакнинг актив қаршилигини ҳисобга олманг.

21. Радиоприёмникнинг қабул қилиш контури 1,5 мГн индуктивликка ва 450 пФ сиғимга эга бўлса, у қандай узунликдаги тўлқин созланган?

22. Агар шиша учун $\epsilon = 7$ ва $\mu = 1$ бўлса, электромагнит тебранишларнинг унда тарқалиш тезлигини топинг.

23. Икки симли линия электромагнит тебранишлар генератори билан индуктив равишда уланган бўлиб, спиртга солиб қўйилган. Агар турғун тўлқин дўнгликлари орасидаги масофа 0,50 м бўлиб спирт учун $\epsilon = 26$ ва $\mu = 1$ бўлса, генераторнинг частотасини аниқланг.

18-МАШҒУЛОТ

НАЗОРАТ ИШИ

1. Нуктавий заряд нима?

- А) Атрофидаги жисмларгача булган масофага нисбатан жуда кичик улчамли зарядланган жисм
- В) улчамлари жуда ҳам кичик булган зарядланган жисм
- С) заряди жуда кичик хажмда мужасамланган жисим
- Д) чексиз кичик улчамли зарядланган жисм
- Е) Тугри жавоб йук.

2. Кулон конунини формуласини топинг?

- А) $F_{12} = k (q_1 \cdot q_2) / \epsilon r^2$
- В) $F_{12} = k (q \cdot q) / \epsilon_0 r^2$
- С) $F_{12} = k (q_1 \cdot q_2) \cdot r_{12} / \epsilon r^3$
- Д) $F_{12} = (q_1 \cdot q_2) \cdot r_{12} / \epsilon r^3$
- Е) Ҳаммаси тугри.

3. Нуктавий заряд майдонинг кучланганлиги топинг?

- А) $E = q / \epsilon r^2$
- В) $E = k \cdot q / r^2$
- С) $\vec{E} = kq / \epsilon r^2 \cdot \vec{r} / r$
- Д) $\vec{E} = q / \epsilon r^2 \cdot \vec{r} / r$
- Е) Тугри жавоб йук.

4. Бир жинсли майдонда диполь

- А) айлантирувчи момент таъсир қилиб у майдон бўйлаб жойлашиб қолади
- В) куч таъсир қилиб у майдон бўйлаб кучади
- С) куч таъсир қилиб у майдонга карама-қарши иуналишда кучади
- Д) айлантирувчи момент таъсир қилиб у майдонга карама-қарши жойлашиб қолади
- Е) айлантирувчи момент ҳамда куч таъсир қилиб, у майдон бўйлаб жойлаша боради ҳамда майдон кучсиз булган сохага томон кучади.

5. Бир жинсли булмаган майдонга диполга

- A) айлантирувчи момент ҳамда куч таъсир килиб у майдон буйлаб жойлаша боради ҳамда майдон буйлаб кучади
B) айлантирувчи момент ҳамда куч таъсир килиб, у майдон буйлаб жойлаша боради майдонга карама-карши йуналишда кучаяди.
C) айлантирувчи момент ҳамда куч таъсир килиб, у майдон бойлаб жойлаша боради ҳамда майдон кучли булган сохага томон кучади.
D) айлантирувчи момент ҳамда куч таъсир килиб, у майдон буйлаб жойлаша боради ҳамда майдон кучсиз булган сохага томон кучади.
E) тугри жавоб йук.

6. Остроградский-Гаусс теоремаси

- A) $\oint_s \text{EndS} = 1/\epsilon_0 \sum q_i$ B) $\int_s \text{EndS} = 1/\epsilon_0 \sum q_i$ C) $\oint_s \text{EndS} = \sum q_i$
D) $\int_s \text{EndS} = \sum q_i$ E) $E = q/4\pi\epsilon_0 r^2$

7. Зарядланган сферик сирт ташкарисидаги майдон кучланганлиги

- A) $E = q/4\pi\epsilon_0 r^2$ B) $E = 0$ C) $E = \sigma/2\epsilon_0$ D) $E = \sigma/\epsilon_0$ E) $E = \tau/2 \pi\epsilon_0 r$

8. Зарядланган сферик сирт ичидаги майдон кучланганлиги

- A) $E = q/4\pi\epsilon_0 r^2$ B) $E = 0$ C) $E = \sigma/2\epsilon_0$ D) $E = \sigma/\epsilon_0$ E) $E = \tau/2 \pi\epsilon_0 r$

9. Зарядланган ингичка цилиндр майдони кучланганлиги

- A) $E = q/4\pi\epsilon_0 r^2$ B) $E = 0$ C) $E = \sigma/2\epsilon_0$ D) $E = \sigma/\epsilon_0$ E) $E = \tau/2 \pi\epsilon_0 r$

10. Зарядланган чексиз текислик майдони кучланганлигини формуласи кайси?

- A) $E = q/4\pi\epsilon_0 r^2$ B) $E = 0$ C) $E = \tau/2 \pi\epsilon_0 r$ D) $E = \sigma/2\epsilon_0$ E) $E = \sigma/\epsilon_0$

11. Зарядланган икки чексиз текислик орасидаги майдон кучланганлиги

- A) $E = q/4\pi\epsilon_0 r^2$ B) $E = 0$ C) $E = \sigma/2\epsilon_0$ D) $E = \sigma/\epsilon_0$ E) $\varphi = -\tau/2\pi\epsilon_0 \cdot \ln r + \varphi_0$

12. Зарядланган шар ташкарисидаги майдон потенциали

- A) $\varphi = q/4\pi\epsilon_0 r$ B) $\varphi = -\sigma/\epsilon_0 \cdot x + \varphi_1$ C) $\varphi = -\sigma/2\epsilon_0 \cdot x + \varphi_1$ D) $\varphi = -\tau/2\pi\epsilon_0 \cdot \ln r + \varphi_0$
E) $\varphi = 0$

13. Ихтиёрый утказгичдаги ортикча заряд

- A) унинг хажми буйлаб текис таксимланади
B) унинг хажми буйлаб нотекис таксимланади
C) унинг сирти буйлаб текис таксимланади
D) унинг сирти буйлаб нотекис таксимланади E) Тугри жавоб йук

14. Зарядланган сирти якинидаги майдон кучланганлиги

- A) заряднинг сирт зичлигига тугри пропорционал булади
B) заряднинг сирт зичлигига тескари пропорционал булади
C) заряднинг сирт зичлигига боглик булмайди
D) утказгич сиртидаги тула зарядга боглик булмайди
E) A ва C жавоб тугри

15. Электр майдонига киритилган утказгич ичидаги майдон кучланганлиги

- A) ташки майдон кучланганлигига тугри пропорционал булади
B) нолга тенг булади
C) утказгичнинг шалига ва катталигига боглик булади
D) утказгичнинг ташки майдонга нисбатан жойлашувига боглик булади
E) B ва D жавоб тугри

16) Ясси конденсатор сигими

- A) $C = q/\varphi_1 - \varphi_2$ B) $C = \epsilon_0 \epsilon S/d$ C) $C = 4\pi\epsilon_0 \epsilon R_1 R_2 / (R_2 - R_1)$ D) $C = 2\epsilon_0 \epsilon L / \ln(R_1/R_2)$
E) тугри жавоб йук

17. Сферик конденсатор сигими

- A) $C = q/\varphi_1 - \varphi_2$ B) $C = \epsilon_0 \epsilon S/d$ C) $C = 4\pi\epsilon_0 \epsilon R_1 R_2 / (R_2 - R_1)$ D) $C = 2\epsilon_0 \epsilon L / \ln(R_2/R_1)$
E) $\varphi = q/4\pi\epsilon_0 r$

18. Цилиндрик конденсатор сигими

- A) $C = q / (\varphi_1 - \varphi_2)$ B) $C = \epsilon_0 \epsilon S / d$ C) $C = 4\pi \epsilon_0 \epsilon R_1 R_2 / (R_2 - R_1)$ Д) $C = 2\pi \epsilon_0 \epsilon L / \ln(R_2 / R_1)$
 E) $\varphi = q / 4\pi \epsilon_0 r$

19. Электр майдонига киритилган диэлектрик ичидаги майдон кучланганлиги

- A) ташки майдон кучланганлиги ϵ марта кичик булиб, у билан бир хил йуналишга эга булади
 B) ташки майдон кучланганлиги ϵ марта кичик булиб, карама-карши йуналган булади
 C) ташки майдон кучланганлигига боглик булмайди
 Д) диэлектр материалигагина боглик болади
 E) тугри жавоб йук

20. Электр токи вужудга келиши учун

- A) эркин харакатлана оладиган зарядли заррачалар мавжуд булиб потенциаллар аиирмаси булиши зарур
 B) зарядли заррачала хамда электр майдони мавжуд булиши зарур
 C) эркин харакатлана оладиган зарядли заррачалар мавжуд булиши зарур
 Д) потенциаллар аиирмаси хосил килиниши зарур
 E) Тугри жавоб йук