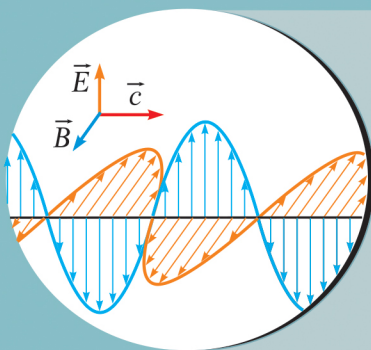


Դ. Հ. ԲԱՂԴԱՍԱՐՅԱՆ

ՖԻԶԻԿԱՅԻ
ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԴԱՍԸՆԹԱՅ
ԽՆԴԻՐՆԵՐ, ԽԱՐԳԵՐ և պնդումներ



Մաս III

ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ
ԵՎ ՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

ԴԱՎԻԹ ՀԱԿՈԲԻ ԲԱՂԴԱՍԱՐՅԱՆ

ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

(Խնդիրներ, հարցեր, պնդումներ)

Ձեռնարկը նախատեսված է բուհերի ուսանողների, բարձր
դասարանի աշակերտների և դիմորդների համար:

ԵՐԵՎԱՆ 2025

Հեղինակի կողմից

Ֆիզիկայի ընդհանուր դասընթացն ընդգրկող 5 մասից կազմված ձեռնարկներից III մասի բովանդակության գրեթե 90% հրատարակվել է իմ հեղինակած [1,2,3] աշխատանքներում, ընդ որում [2,3]-ը ՌԴ և ՀՀ կրթության և գիտության նախարարությունների կողմից հաստատված են եղել որպես ուսումնական ձեռնարկ բուհերի ուսանողների համար: Ի տարբերություն դրանց, այս գրքում էապես ավելացվել է տեսական տեղեկատվությունը և առաջին անգամ ընդհանուր ֆիզիկայի այս բաժինը, ԲՈՒՀ-ական ծրագրերի մակարդակով, ընդգրկվել է «պնդումներ»-ի փնջերով:

Այսպիսով, ներկայացվող գրքի համար որպես կարևոր առանձնահատկություններ կարելի է համարել այն, որ՝

1. Գրքի բոլոր բաժիններն ըդգրկում են դպրոցական և ԲՈՒՀ-ական ծրագրերին համապատասխանող տեսական լայն տեղեկատվություն;
2. Դպրոցական և ԲՈՒՀ-ական ծրագրերին համապատասխանող մատչելի և միջին բարդության խնդիրներից բացի, պարունակում է տվյալ դասընթացն ընդգրկող հարցաշար;
3. Ձեռնարկում առաջին անգամ ընդհանուր ֆիզիկայի դասընթացը ներկայացված է ճիշտ ու սխալ պնդումներով «փնջերի» տեսքով:

Բերված հարցերի և պնդումների գերակշիռ մասի (շուրջ 90%) ճիշտ պատասխանը կարելի տալ՝ օգտվելով միայն ձեռնարկում ընդգրկված տեսական նյութից:

Բուհական ծրագրերին համապատասխանող խնդիրներն ու հարցերը նշված են ● նշանով (պարզ խնդիր կամ հարց) և ■ նշանով (համեմատաբար բարդ խնդիր կամ հարց): Դպրոցական ծրագրերին համապատասխանող խնդիրներն ու հարցերը նշված են ○ նշանով՝ պարզերը և □ նշանով՝ համեմատաբար բարդերը:

Խնդիրների, հարցերի և պնդումների բազմազանությունը հնարավորություն է տալիս այս ձեռնարկն օգտագործել ֆիզիկա առարկան ուսումնասիրող բոլոր մասնագիտությունների ուսանողների կողմից: Ձեռնարկը հաջողությամբ կարող է օգտագործվել նաև ավագ դպրոցի ուսուցիչների և աշակերտների կողմից:

ԲՈՎԱՆԴԱԿՈՒԹՅՈՒՆ

§1. Էլեկտրաստատիկ դաշտը վակուումում	
Հիմնական հասկացություններն բանաձևեր.....	4-12
Խնդիրներ և հարցեր.....	12-31
Պնդումներ.....	31-44
§2. Էլեկտրաստատիկ դաշտը միջավայրի առկայության դեպքում	
Հիմնական հասկացություններ և բանաձևեր.....	45-56
Խնդիրներ և հարցեր.....	57-79
Պնդումներ.....	80-91
§3. Հաստատուն էլեկտրական հոսանք	
Հիմնական հասկացություններ և բանաձևեր.....	92-100
Խնդիրներ և հարցեր.....	101-119
Պնդումներ.....	120-131
§4. Հաստատուն հոսանքի մագնիսական դաշտը	
Հիմնական հասկացություններ և բանաձևեր.....	132-148
Խնդիրներ և հարցեր.....	149-174
Պնդումներ.....	175-187
§5. Փոփոխական էլեկտրամագնիսական դաշտեր և հոսանքներ	
Հիմնական հասկացություններ և բանաձևեր.....	188-203
Խնդիրներ և հարցեր.....	204-231
Պնդումներ.....	232-242
Խնդիրների պատասխանները.....	243-267
Գրականություն.....	268
Հավելված.....	269-280

§1. Էլեկտրաստատիկ դաշտը վակուումում

Հիմնական հասկացություններ և բանաձևեր

1. Կուլոնի օրենքը և կետային լիցքի դաշտի լարվածությունը

Էլեկտրամագնիսական փոխազդեցության մեջ մտնելու հատկությամբ օժտված մասնիկներին (մարմիններին) անվանում էլեկտրականապես լիցքավորված մասնիկներ (մարմիններ), իսկ էլեկտրական լիցքով օժտված նյութական կետին՝ կետային լիցք:

• Կուլոնի օրենքը.

Կուլոնի օրենքը վերաբերվում է երկու անշարժ կետային լիցքերի փոխազդեցության ուժի որոշմանը՝

$$|\vec{F}| = k \frac{|Q||q|}{r^2}; \quad \vec{F} = k \frac{Qq}{r^3} \vec{r}, \quad (1.1)$$

որտեղ $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Ն} \cdot \text{մ}^2 / \text{Կլ}^2$: ϵ_0 -ին անվանում են էլեկտրական

հաստատուն և $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 10^9} \approx 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ֆ/մ}$:

Միավորների գաուսյան համակարգում (ԳՀ) վերցվում է $k = 1$ և $|\vec{F}| = \frac{|Q||q|}{r^2}$ օրենքով սահմանվում է լիցքի միավորն այդ համակարգում: Լիցքի այդ միավորին անվանում են լիցքի բացարձակ էլեկտրաստատիկ միավոր և կրճատ գրում են $1CGSE_q$: Սա վակուումում գտնվող այն անշարժ կետային լիցքն է, որն իր նման լիցքի հետ 1սմ հեռավորության վրա փոխազդում է 1դին ուժով: Միավորների միջազգային համակարգում էլեկտրական լիցքի միավորը 1կուլոնն է՝ դա այն լիցքի քանակությունն է, որն անցնում է հոսանքակիր հաղորդալարի լայնական հատույթով 1վ-ում, երբ նրանում հաստատուն հոսանքի ուժը 1Ա է՝

$$1\text{Կլ} = 1\text{Ա} \cdot \text{վ}: \quad 1\text{Կլ} = 3 \cdot 10^9 CGSE_q:$$

Էլեկտրական դաշտ

Իրարից հեռու գտնվող մարմինների փոխազդեցությունը բացատրում են ուժային դաշտի միջոցով: Համարվում է, որ փոխազդող մարմիններից մեկն իր շուրջը ստեղծում է ուժային դաշտ և երբ այդտեղ տեղադր-

վում է մեկ այլ մարմին՝ դաշտի կողմից դրա վրա ազդում է ուժ, որն այդ երկու մարմինների փոխազդեցության ուժն է:

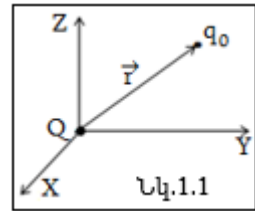
Անշարժ լիցքի կողմից ստեղծաց դաշտին անվանում են էլեկտրաստատատիկ դաշտ: Դրա ուժային բնութագիրը տրվում է մի ֆիզիկական մեծությամբ, որին անվանում են էլեկտրական դաշտի լարվածություն: Այն վեկտորական մեծություն է և նշանակվում է $\vec{E}$ -ով:

• **Էլեկտրական դաշտի լարվածությունը.**

Միավոր դրական կետային լիցքի վրա, էլեկտրական դաշտի կողմից ազդող ուժը, կոչվում է էլեկտրական դաշտի լարվածություն՝

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}, \quad (1.2)$$

որտեղ q_0 -ն Q լիցքի ստեղծած էլեկտրական դաշտում տեղադրված փորձնական կետային լիցքն է, իսկ $\vec{F}$ -ը՝ դաշտի կողմից դրա վրա ազդող ուժը (Նկ.1.1): q_0 -ն պետք է այնքան մեծ չլինի, որ կարողանա դաշտը ստեղծող մարմնի ներսում լիցքի վերաբաշխում կատարել, դրանով իսկ փոխել եղած դաշտը: Միավորների ՄՀ համակարգում էլեկտրական դաշտի լարվածության միավորը կլինի 1Ն/Կլ : Միավորների ԳՀ-ում՝ 1դին/CGSE_q , որին անվանում են լարվածության բացարձակ էլեկտրաստատիկ միավոր և կրճատ գրում 1CGSE_E :



Միավորների ՄՀ համակարգում էլեկտրական դաշտի լարվածության միավորը կլինի 1Ն/Կլ : Միավորների ԳՀ-ում՝ 1դին/CGSE_q , որին անվանում են լարվածության բացարձակ էլեկտրաստատիկ միավոր և կրճատ գրում 1CGSE_E :

$$1 \frac{\text{Ն}}{\text{Կլ}} = 1 \frac{\text{Գ}}{\text{մ}} = \frac{1}{3 \cdot 10^4} \text{CGSE}_E:$$

• **Կետային Q լիցքի դաշտի լարվածությունը.**

$$|\vec{E}| = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|Q|}{r^2}; \quad \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^3} \vec{r}: \quad (1.3)$$

Միավորների ԳՀ-ում՝ $\vec{E} = \frac{Q}{r^3} \vec{r}$:

2. Էլեկտրական լիցքերի բաշխվածությունները

• Լիցքի պահպանման օրենքը.

$$\sum_i Q_i = \text{const}, \quad (1.4)$$

որտեղ $Q_1, Q_2, \dots$ -ն էլեկտրականապես մեկուսացած համակարգ կազմող մասնիկների լիցքերն են:

- Ծավալով, մակերևութով և գծով հավասարաչափ բաշխված լիցքերի խտությունը.

$$\rho = \frac{q}{V}; \quad \sigma = \frac{q}{S}; \quad \tau = \frac{q}{l}, \quad (1.5)$$

որտեղ ρ -ն՝ ծավալային, σ -ն՝ մակերևութային, τ -ն՝ գծային լիցքերի խտություններն են: q -ն լիցքն է, V -ն՝ ծավալը, S -ը՝ մակերեսը, l -ը՝ երկարությունը:

- Լիցքերի խտություններն անհավասարաչափ բաշխվածությունների դեպքում.

$$\rho(x, y, z) = \frac{dq}{dV}; \quad \sigma(x, y, z) = \frac{dq}{dS}; \quad \tau(x, y, z) = \frac{dq}{dl}: \quad (1.6)$$

3. Վերադրման սկզբունքն էլեկտրական դաշտերի համար

$$\vec{E} = \sum_i \vec{E}_i, \quad (1.7)$$

որտեղ $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \dots$ -ն՝ առանձին լիցքերի ստեղծած դաշտի լարվածությունն է տարածության տվյալ կետում, $\vec{E}$ -ն՝ լիցքերի համակարգի ստեղծած արդյունարար դաշտի լարվածությունը:

4. Ուրոշ էլեկտրական դաշտերի լարվածությունները

- Հավասարաչափ լիցքավորված անվերջ հարթության դաշտը.

$$E = \frac{|\sigma|}{2\varepsilon_0}. \quad (1.8)$$

- Հավասարաչափ լիցքավորված R շառավղով գնդային մակերևութի դաշտը.

$$E = 0, \text{ երբ } r < R; \quad E = \frac{R^2|\sigma|}{\varepsilon_0 r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{|q|}{r^2}, \text{ երբ } r \geq R: \quad (1.9)$$

- Հավասարաչափ լիցքավորված վերջավոր երկարության լարի դաշտը (Նկ.1.2).

$$E_x = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{|\tau|}{r} (\sin\theta_1 + \sin\theta_2): \quad (1.10)$$

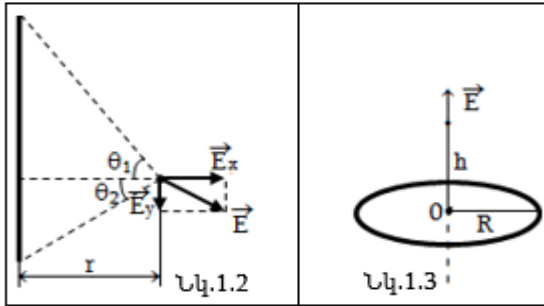
$$E_y = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{|\tau|}{r} (\cos\theta_1 - \cos\theta_2): \quad (1.11)$$

- Հավասարաչափ լիցքավորված անվերջ երկար լարի դաշտը.

$$E = \frac{1}{2\pi\varepsilon_0} \frac{|\tau|}{r}: \quad (1.12)$$

- Հավասարաչափ լիցքավորված R շառավիղով օղակի դաշտը առանց-

քի կետերում(Նկ.1.3).



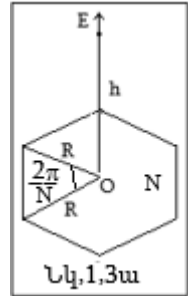
$$E = \frac{|q|}{4\pi\epsilon_0} \frac{h}{(R^2 + h^2)^{3/2}} \quad (1.13)$$

• R շառավղով շրջանագծին ներգծված է q լիցքով հավասարապես լիցքավորված կանոնավոր N-անկյուն բազմանկյան դաշտը առանցքի վրա.

$$E = \frac{|q|}{4\pi\epsilon_0} \frac{h}{\sqrt{R^2 + h^2}} \frac{1}{R^2 \cos^2 \frac{\pi}{N} + h^2}, \quad N \geq 3: \quad (1.13a)$$

• Կանոնավոր N-անկյուն բազմանկյամբ եզրագծված, հավասարաչափ լիցքավորված թիթեղի դաշտի լարվածությունը նրա առանցքի կետերում (Նկ. 1.3ա).

$$E = \frac{q}{\pi\epsilon_0 R^2 \sin \frac{2\pi}{N}} \left[\arctg \left(\sqrt{1 + \frac{R^2}{h^2}} \operatorname{ctg} \frac{\pi}{N} \right) - \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{N} \right]: \quad (1.13p)$$



• Հավասարաչափ լիցքավորված, անվերջ երկար, R շառավղով գլանաձևի մակերևույթի դաշտը.

$$E = 0, \text{ երբ } r < R; \quad E = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{R|\sigma|}{r} = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{|\tau|}{r}, \text{ երբ } r \geq R: \quad (1.14)$$

• Ծավալով հավասարաչափ լիցքավորված գնդի դաշտը.

$$E = \frac{|\rho|r}{3\epsilon_0}, \text{ երբ } r \leq R; \quad E = \frac{R^3|\rho|}{3\epsilon_0 r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q|}{r^2}, \text{ երբ } r \geq R: \quad (1.15)$$

որտեղ r - ը դիտարկվող կետի հեռավորությունն է գնդի կենտրոնից:

• Ծավալով հավասարաչափ լիցքավորված անվերջ երկար գլանի դաշտը.

$$E = \frac{|\rho|}{2\epsilon_0}, \text{ երբ } r \leq R; \quad E = \frac{|\rho|R^2}{2\epsilon_0 r} = \frac{|\tau|}{2\pi\epsilon_0 r}, \text{ երբ } r \geq R: \quad (1.16)$$

որտեղ r -ը դիտարկվող կետի հեռավորությունն է գլանի առանցքից:

Վերևում բերված բոլոր արտահայտություններում ε_0 էլեկտրական հաստատունը փոխարինելով $\frac{1}{4\pi}$ -ով, կստանանք դրանց տեսքը միավորների գաուսյան համակարգում:

5. Էլեկտրաստատիկայի հիմնական հավասարումների ինտեգրալ և դիֆերենցիալ տեսքերը

• Գաուսի թեորեմը.

$$\oint_S \vec{E} d\vec{S} = \frac{\sum_i q_i}{\varepsilon_0} = \frac{q}{\varepsilon_0}; \quad \operatorname{div} \vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}, \quad (1.17)$$

որտեղ $\oint_S \vec{E} d\vec{S}$ -ն էլեկտրական դաշտի լարվածության վեկտորի հոսքն է կամայական փակ S մակերևույթով, q -ն՝ այդ մակերևույթի ներսի դաշտ ստեղծող գումարային լիցքը, ρ -ն՝ լիցքերի ծավալային խտությունը, $\operatorname{div} \vec{E}$ -ն՝ $\vec{E}$ վեկտորի դիվերգենցիան: (1.17) բանաձևը ճիշտ է կամայական էլեկտրական դաշտերի համար և հանդիսանում է էլեկտրադինամիկայի հիմնարար օրենքներից մեկը:

• Շրջապատույթի թեորեմն էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածության համար.

$$\oint_l \vec{E} d\vec{l} = 0; \quad \operatorname{rot} \vec{E} = 0, \quad (1.18)$$

որտեղ $\oint_l \vec{E} d\vec{l}$ -ը էլեկտրական դաշտի լարվածության վեկտորի շրջապատույթն է կամայական փակ l կոնտուրով, $\operatorname{rot} \vec{E}$ -ն՝ $\vec{E}$ վեկտորի ռոտորը (մրրիկը): (1.18) բանաձևը ճիշտ է միայն էլեկտրաստատիկ դաշտի համար և նշանակում է, որ էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածության գծերը փակ լինել չեն կարող, իսկ էլեկտրաստատիկ ուժերի աշխատանքը փակ հետագծով հավասար է զրոյի:

6. Էլեկտրական դիպոլ (երկբևեռ, Նկ.1.4), դրա դաշտը

• Իրար հավասար երկու տարանուն կետային լիցքերի էլեկտրական (դիպոլային) մոմենտը. $\vec{p} = q\vec{l}$, (1.19)

որտեղ $\vec{l}$ -ը դիպոլի բազուկն է (բացասական լիցքը դրականին միացնող

վեկտորը): Միավորների ՄՀ-ում էլեկտրական մոմենտի միավորը 1 Կլ·մ -ն է, իսկ միավորների ԳՀ-ում՝ 1 CGSE_q·սմ: 1 Կլ·մ = 3 · 10¹¹ CGSE_q·սմ:

- **Կետային լիցքերի համակարգի դիպոլային մոմենտը.**

$$\vec{p} = \sum_i q_i \vec{r}_i: \quad (1.20)$$

- **Կետային դիպոլի (այսինքն՝ $r \gg l$) դաշտի լարվածությունը.**

$$E = \frac{p}{4\pi\epsilon_0 r^3} \sqrt{1 + 3\cos^2\theta}, \quad (1.21)$$

որտեղ θ -ն $\vec{r}$ և $\vec{p}$ վեկտորների կազմած անկյունն է (Նկ.1.4):

- **Դիպոլի վրա ազդող ուժն էլեկտրական դաշտում.**

$$\vec{F} = \vec{i}F_x + \vec{j}F_y + \vec{k}F_z,$$

$$F_x = p \frac{\partial E_x}{\partial l}; \quad F_y = p \frac{\partial E_y}{\partial l}; \quad F_z = p \frac{\partial E_z}{\partial l}, \quad (1.22)$$

որտեղ E_x -ը լարվածության պրոեկցիան է OX առանցքի վրա, $\frac{\partial E_x}{\partial l}$ -ը E_x -ի ածանցյալն է $\vec{p}$ դիպոլի էլեկտրական մոմենտի ուղղությամբ, p -ն՝ դիպոլային մոմենտի մոդուլը: Համասեռ դաշտի կողմից դիպոլի վրա ազդող ուժը հավասար է զրոյի՝ $\vec{F} = 0$:

- **$\vec{E}$ լարվածությամբ էլեկտրական դաշտում կետային դիպոլի վրա ազդող ուժի մոմենտը.**

$$\vec{M} = \vec{p} \times \vec{E}; \quad M = pE \sin\alpha: \quad (1.23)$$

Այս բանաձևերը կամայական դիպոլի համար կիրառելի կլինեն, եթե դիպոլի բազուկի սահմաններում էլեկտրական դաշտի անհամասեռությունը կարելի լինի անտեսել:

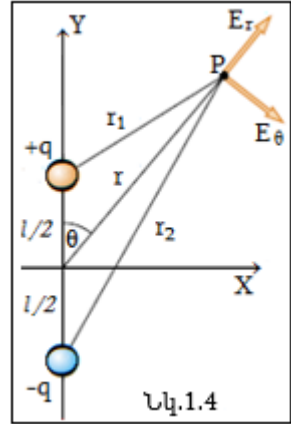
7. Էլեկտրաստատիկ դաշտի պոտենցիալը

Էլեկտրական դաշտի պոտենցիալը նկարագրում է դաշտի էներգիական բնութագիրը: Դաշտի որևէ կետի պոտենցիալը՝ այդ կետում տեղադրված միավոր լիցքի պոտենցիալ էներգիան է:

- **Էլեկտրաստատիկ դաշտի տվյալ կետի պոտենցիալը.**

$$\varphi = \frac{W_{uy}}{q_0}, \quad (1.24)$$

որտեղ W_{uy} -ն տվյալ կետում տեղադրված q_0 փորձնական կետային լիցքի



պոտենցիալ էներգիան է: Միավորների ՄՀ-ում էլեկտրական դաշտի պոտենցիալի միավորն է 1Ջ/Կլ , որին անվանում են 1վոլտ՝ $1\text{Վ}=1\text{Ջ/Կլ}$: Միավորների ԳՀ-ում պոտենցիալի միավորը կլինի 1էրգ/CGSEq , որին անվանում են պոտենցիալի բացարձակ էլեկտրաստատիկ միավոր և կրճատ գրում 1CGSE_φ :

$$1 \frac{\text{Ջ}}{\text{Կլ}} = 1 \frac{10^7 \text{ էրգ}}{3 \cdot 10^9 \text{ CGSE}_q} = \frac{1}{300} \text{CGSE}_\varphi = 1\text{Վ}:$$

- **q կետային լիցքի դաշտի պոտենցիալը.**

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}, \quad (1.25)$$

որտեղ r -ը դիտարկվող կետի հեռավորությունն է q լիցքից:

Միավորների ԳՀ-ում՝ $\varphi = \frac{q}{r}$:

- **Կետային դիպոլի դաշտի պոտենցիալը.**

$$\varphi = \frac{\vec{p} \cdot \vec{r}}{4\pi\epsilon_0 r^3} = \frac{pcos\theta}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \quad (1.26)$$

որտեղ p -ն՝ դիպոլի մոմենտի մոդուլն է, θ -ն՝ դիտարկվող կետի $\vec{r}$ շառավիղ-վեկտորով և դիպոլային մոմենտով կազմած անկյունը (Նկ.1.4):

8. Էլեկտրական դաշտերի վերադրման սկզբունքը պոտենցիալի համար

$$\varphi = \sum_i \varphi_i, \quad (1.27)$$

որտեղ $\varphi_1, \varphi_2, \dots$ - ն առանձին լիցքերի ստեղծած դաշտերի պոտենցիալներն է տարածության դիտարկվող կետում, φ -ն՝ լիցքերի համակարգի ստեղծած արդյունարար դաշտի պոտենցիալը:

9. Էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածության և պոտենցիալի կապը

- **Ինտեգրալ կապը.**

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_1^2 \vec{E} d\vec{l} \text{ կամ } \varphi = - \int \vec{E} d\vec{l} + C, \quad (1.28)$$

որտեղ ինտեգրումը կատարվում է 1 և 2 կետերը միացնող կամայական գծով, իսկ C -ն՝ անորոշ հաստատուն է:

- **Համասեռ դաշտի դեպքում.**

$$\varphi_1 - \varphi_2 = El, \quad (1.29)$$

որտեղ l -ը միևնույն լարվածության գծի վրա գտնվող 1 և 2 կետերի միջև եղած հեռավորությունն է:

- **Դիֆերենցիալ տեսքը.**

$$\vec{E} = -grad \left(i \frac{\partial \varphi}{\partial x} + j \frac{\partial \varphi}{\partial y} + k \frac{\partial \varphi}{\partial z} \right) : \quad (1.30)$$

10. Պուասոնի հավասարումը

Եթե հայտնի է լիցքերի բաշխման $\rho(x,y,z)$ ծավալային խտությունը, ապա դրանց դաշտի պոտենցիալը պետք է որոշել հետևյալ հավասարումից, որին անվանում են Պուասոնի հավասարում,

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = -\frac{\rho}{\epsilon_0}, \quad (1.31)$$

որտեղ ρ -ն լիցքերի ծավալային խտությունն է:

11. Էլեկտրաստատիկ դաշտի կատարած աշխատանքը

$$A = q_0 \int_1^2 \vec{E} d\vec{l} = q_0 (\varphi_1 - \varphi_2), \quad (1.32)$$

որտեղ q_0 -ն φ_1 պոտենցիալով կետից φ_2 պոտենցիալով կետը տեղափոխելու փորձնական լիցքն է: Այդ աշխատանքը կախված չէ հետագծի ձևից և փակ հետագծով հավասար է զրոյի: Այսինքն էլեկտրաստատիկ դաշտը՝ պոտենցիալային դաշտ է և այդ աշխատանքը հավասար է փորձնական լիցքի պոտենցիալ էներգիայի փոփոխությանը հակառակ նշանով՝

$$A = (q_0 \varphi_1 - q_0 \varphi_2) = -(W_{2\text{պ}} - W_{1\text{պ}}): \quad (1.32\text{ա})$$

Համասեռ դաշտի աշխատանքը կլինի՝ $A = q_0 El$, որտեղ l -ը ուժագծի երկայնքով q_0 լիցքի տեղափոխությունն է:

12. Լիցքերի փոխազդեցության էներգիան և էլեկտրաստատիկ դաշտի էներգիան

- Անշարժ կետային լիցքերի համակարգի փոխազդեցության էներգիան.

$$W = \frac{1}{2} \sum_{i,k} \frac{q_i q_k}{4\pi \epsilon_0 r_{ik}} = \frac{1}{2} \sum_i q_i \varphi_i, \quad (1.33)$$

որտեղ r_{ik} -ն q_i և q_k լիցքերի միջև եղած հեռավորությունն է, իսկ φ_i -ն այն կետի պոտենցիալն է, որտեղ գտնվում է q_i լիցքը՝

$$\varphi_i = \sum_k \frac{q_k}{4\pi \epsilon_0 r_{ik}}:$$

- Բաշխվածությամբ օժտված լիցքերի համակարգի փոխազդեցության էներգիան.

$$W = \frac{1}{2} \int_V \rho \varphi dV + \frac{1}{2} \int_S \sigma \varphi dS, \quad (1.34)$$

որտեղ ρ -ն լիցքերի ծավալային, իսկ σ -ն մակերևութային խտությունն է:

- Էլեկտրական դաշտի էներգիան.

$$W = \frac{1}{2} \int_V \epsilon_0 E^2 dV; \quad w = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2, \quad (1.35)$$

որտեղ w -ն էլեկտրական դաշտի էներգիայի խտությունն է:

- **Հավասարաչափ լիցքավորված R շառավղով գնդային մակերևույթի էլեկտրաստատիկ դաշտի էներգիան.**

$$W = \frac{q^2}{8\pi\epsilon_0 R}: \quad (1.36)$$

- **Ծավալով հավասարաչափ լիցքավորված R շառավղով գնդի էլեկտրաստատիկ դաշտի էներգիան.**

$$W = \frac{3q^2}{20\pi\epsilon_0 R}: \quad (1.37)$$

- **Արտաքին էլեկտրական դաշտի հետ կետային դիպոլի փոխազդեցության էներգիան.**

$$W = -\vec{p} \cdot \vec{E} = -pE \cos \alpha: \quad (1.38)$$

Էներգիայի այս արտահայտությունը համընկնում է դիպոլի մեխանիկական պոտենցիալ էներգիայի հետ և դիպոլի վրա աղդող ուժը՝

$$\vec{F} = -\text{grad}W = \text{grad}(\vec{p} \cdot \vec{E}):$$

Խնդիրներ

Կուլոնի օրենքը

○1.1. Քանի՞ անգամ մեծացնենք երկու կետային լիցքերի հեռավորությունը միմյանցից, լիցքերից մեկը 9 անգամ մեծացնելուց հետո, որ փոխազդեցության ուժը մնա նույնը:

○1.2. Մետաղե միատեսակ երկու գնդիկ ունեն նույն նշանի լիցք, բայց մեկի լիցքը մյուսից $n=5$ անգամ մեծ է: Գնդիկները հպեցին իրար և նորից դրեցին իրենց տեղերը: Քանի՞ անգամ մեծացավ փոխազդեցության ուժի մոդուլը:

○1.3. $q_1 = 10^{-7}\text{Կլ}$ և $q_2 = 4 \cdot 10^{-7}\text{Կլ}$ երկու ամրացրած լիցք իրարից 0,12մ են հեռու: q_1 լիցքից ինչքա՞ն հեռու դնենք երրորդ լիցքը, որ անշարժ մնա:

○1.4. q և $-4q$ կետային լիցքերի միջև հեռավորությունը a է: Ինչքա՞ն պետք է լինի երրորդ Q լիցքը և որտե՞ղ այն տեղադրվի, որ ամբողջ համակարգը հավասարակշռված լինի: Կայո՞ւն է այդ հավասարակշռությունը:

○1.5. q_1 և q_2 կետային լիցքերի հեռավորությունը r է: Երբ դրանց հեռավորությունը փոքրանում է $\Delta r = 0,5\text{մ}$ -ով, փոխազդեցության ուժի մոդուլը մեծանում է $k=4$ անգամ: Որոշե՞ք լիցքերի r հեռավորությունը:

- 1.6. Քառակուսու յուրաքանչյուր գագաթում կա $q = -1\text{նՎ}$ կետային լիցք: Ի՞նչ q_0 լիցք տեղադրենք անկյունագծերի հատման կետում, որ ամբողջ համակարգը անշարժ մնա:
- 1.7. Հավասարակողմ եռանկյան յուրաքանչյուր գագաթում կա $q=6 \cdot 10^{-9}\text{Կլ}$ լիցք: Յուրաքանչյուր լիցքի վրա ազդող ուժը $F=\sqrt{3} \cdot 10^{-3}\text{Ն}$: Որոշեք եռանկյան կողմի երկարությունը:
- 1.8. Միատեսակ կետային երեք լիցք, յուրաքանչյուրը $q = 9 \cdot 10^{-9}\text{Կլ}$, դրված են հավասարակողմ եռանկյան գագաթներում: Ի՞նչ q_0 լիցք դրվի եռանկյան կենտրոնում, որ համակարգը հավասարակշռվի:
- 1.9. Ջրածնի ատոմի դասական տեսությունում ընդունվում է, որ կուլոնյան ուժի ազդեցությամբ էլեկտրոնը պտտվում է պրոտոնի շուրջ $r=52,9$ պմ շառավիղով շրջանագծով: Որոշեք էլեկտրոնի շարժման v գծային արագությունը և պտույտի n հաճախությունը:
- 1.10. m զանգվածով երեք միատեսակ գնդիկ l երկարությամբ թելերով կախված են մի կետից: Երբ գնդիկներին հաղորդեցին նույն նշանի հավասար լիցք, թելերն ուղղաձիգի հետ կազմեցին α անկյուն: Որոշեք՝ ա) գնդիկների լիցքերը; բ) այդ լիցքերի կողմից թելերի կախման կետում տեղադրված նույնպիսի լիցքի վրա ազդող ուժը:
- 1.11. m զանգվածով, q լիցքով գնդիկը l երկարությամբ թելից կախված՝ պտտվում է հորիզոնական շրջանագծով: Այդ շրջանի կենտրոնում ամրացրած է նույն լիցքով մեկ այլ գնդիկ: Թելն ուղղաձիգի հետ կազմում է α անկյուն: Որոշեք գնդիկի հավասարաչափ պտույտի անկյունային արագությունը:

Էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածությունը

- 1.12. Ջրածնի ատոմում որոշեք էլեկտրական դաշտի լարվածությունն այն կետում, որտեղ գտնվում է էլեկտրոնը: (տե՞ս 1.9. խնդ.):
- 1.13. $q_1 = 6,4$ մկԿլ և $q_2 = -6,4$ մկԿլ լիցքերի հեռավորությունը $r=12$ սմ: Որոշեք լարվածությունն այն կետում, որն երկու լիցքերից էլ $a = 8$ սմ է հեռու:
- 1.14. $a=0,03$ մ կողմով քառակուսու երեք գագաթում այնպիսի միատեսակ q լիցքեր կան, որոնք չորրորդ գագաթում ստեղծում են $E=955\text{Վ/մ}$ լարվածությամբ դաշտ: Որոշեք մեկ լիցքի մեծությունը:
- 1.15. $d=0,04$ մ տրամագծով գնդի լիցքը $q = 3 \cdot 10^{-10}\text{Կլ}$ է: Դրա մակերե-

վույթից h ՝նչ հեռավորության վրա դաշտի լարվածությունը կլինի $E=3\frac{h^2}{u}$:

○**1.16.** q և $-4q$ կետային լիցքերի միջև հեռավորությունը $r=4$ սմ է: Առաջին լիցքից h ՝նչ հեռավորության վրա է դաշտի լարվածությունը գրո:

□**1.17.** Խնդիր 1.10-ում որոշեք թելերի կախման կետում գնդիկներին հաղորդաց լիցքերի ստեղծաց դաշտի լարվածությունը:

■**1.18.** Դուրս բերեք (1.13) բանաձևը: Օղակի կենտրոնից h ՝նչ h հեռավորության վրա է առանցքի այն կետը, որտեղ էլեկտրական դաշտի լարվածությունն առավելագույնն է: h ՝նչ արտահայտություն է ստացվում E -ի համար, երբ $h \gg R$ -ից:

■**1.19.** Դուրս բերեք (1.13ա) բանաձևը: Բազմանկյան կենտրոնից h ՝նչ h հեռավորության վրա է առանցքի այն կետը, որտեղ էլեկտրական դաշտի լարվածությունն առավելագույնն է: h ՝նչ արտահայտություն կստացվի E -ի համար, երբ $h \gg R$ -ից:

■**1.20.** Որոշեք R շառավղով և q լիցքով հավասարապես լիցքավորված սկավառակի դաշտի լարվածությունը դրան ուղղահայաց առանցքի այն կետում, որի հեռավորությունը սկավառակից h է: Արդյունքը քննարկեք, երբ՝ **ա)** $h \gg R$; **բ)** $h \ll R$:

■**1.21.** l երկարությամբ բարակ ձողը հավասարաչափ լիցքավորված է լիցքի τ զտային խտությամբ: Որոշեք դաշտի լարվածությունը ձողի առանցքի այն կետում, որը նրա մոտակա ծայրից գտնվում է r հեռավորության վրա:

■**1.22.** L իցքի τ լիցքի խտությամբ կիսաանվերջ, ուղիղ լարն իր մի ծայրով հենված է R շառավղով ու q լիցքով օղակի կենտրոնին և ուղղահայաց է դրա հարթությանը: Որոշեք լարի վրա ազդող ուժը:

■**1.23.** Որոշեք a և b կողմերով ու q լիցքով հավասարաչափ լիցքավորված ուղղանկյուն թիթեղի դաշտի լարվածությունը՝ դրան ուղղահայաց առանցքի այն կետում, որի հեռավորությունը թիթեղից h է: Արդյունքը քննարկեք, երբ՝ **ա)** $h \gg a, b$; **բ)** $h \ll a, b$:

■**1.23*.** q լիցքով հավասարապես լիցքավորված կանոնավոր N -անկյուն բազմանկյուն հարթ թիթեղին արտագծաց շրջանագծի շառավիղը R է: Որոշեք այդ թիթեղի դաշտի լարվածությունը նրա մակերեսին ուղղահայաց առանցքի այն կետում, որի հեռավորությունը թիթեղից h է: Արդյունքը քննարկեք, երբ՝ **ա)** $h \gg R$; **բ)** $h \ll R$:

Մասնիկի շարժումն էլեկտրաստատիկ դաշտում

- 1.24.** $v_0 = 4 \cdot 10^6$ մ/վ արագությամբ էլեկտրոնը մտնում է $E=2000$ Վ/մ լարվածությամբ համասեռ դաշտը: Էլեկտրոնի սկզբնական շարժման ուղղությունը հորիզոնական է, դաշտն ուղղաձիգ: Հորիզոնական ուղղությամբ $d=8$ սմ անցնելով՝ ի՞նչ արագություն կունենա էլեկտրոնը:
- 1.25.** α -մասնիկը մտնում է $d=0,05$ մ երկարությամբ հարթ կոնդենսատորը՝ շրջադրի նկատմամբ $\varphi = 45^\circ$ անկյան տակ և դուրս է գալիս դրանից շրջադրին զուգահեռ: Որոշեք α -մասնիկի սկզբնական արագությունը, եթե կոնդենսատորի դաշտի լարվածությունը $E=6000$ Վ/մ:
- 1.26.** Էլեկտրոնը մտնում է $d=0,05$ մ երկարությամբ հարթ կոնդենսատորը՝ շրջադրի նկատմամբ $\alpha_1 = 60^\circ$ անկյան տակ և դուրս է գալիս $\alpha_2=30^\circ$ անկյան տակ: Որոշեք էլեկտրոնի սկզբնական արագությունը, եթե կոնդենսատորի դաշտի լարվածությունը $E=300$ Վ/մ:
- 1.27.** $v_0 = 2 \cdot 10^5$ մ/վ արագությամբ պրոտոնը մտնում է $d=0,1$ մ երկարությամբ հարթ կոնդենսատորի մեջ, շրջադրին զուգահեռ: Պրոտոնի արագությունը կոնդենսատորից դուրս գալիս քանի՞ անգամ մեծ կլինի դրա սկզբնական արագությունից, եթե կոնդենսատորի դաշտի լարվածությունը $E=3000$ Վ/մ:

Էլեկտրական դաշտի լարվածության հոսք:

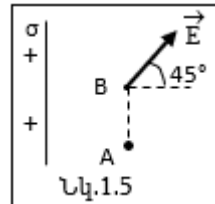
Գաուսի թեորեմը

- **1.28.** Խորանարդի կենտրոնում տեղադրված է $q=10$ նԿլ կետային լիցք: Որոշեք այդ լիցքի դաշտի լարվածության վեկտորի հոսքը՝ **ա)** խորանարդի ամբողջ կողմնային մակերևույթով; **բ)** խորանարդի մեկ նիստով:
- **1.29.** q կետային լիցքը h բարձրությամբ և R շառավղով գլանի կենտրոնում է: Որոշեք դաշտի լարվածության վեկտորի հոսքը գլանի կողմնային մակերևույթով:
- **1.30.** Կոնի հիմքը հավասարաչափ լիցքավորված է լիցքի σ մակերևույթային խտությամբ: Կոնի առանցքի վրա կա այնպիսի q լիցք, որի դաշտը կոնի կողմնային մակերևույթով ստեղծում է $\frac{3q}{4\pi\epsilon_0}$ լարվածության հոսք: Որոշեք q լիցքի կողմից կոնի հիմքի վրա ազդող ուժը:
- **1.31.** Գաուսի թեորեմով որոշեք լիցքի σ խտությամբ անվերջ հարթության դաշտի լարվածությունը և կառուցեք $E(x)$ գրաֆիկը, եթե OX առանցքն ուղղահայաց է հարթությանը, իսկ O կետը հարթության վրա է:
- **1.32.** Իրար զուգահեռ երկու անվերջ հարթություն ունեն $\sigma_1=4,42 \cdot 10^{-10}$ Կլ/մ² և $\sigma_2 = -8,84 \cdot 10^{-10}$ Կլ/մ² խտությամբ լիցք: Որոշեք դրանց դաշտի

լարվածությունը:

○1.33. Մեկուսիչ թելից կախված $q = 6,7 \cdot 10^{-10}$ Կլ լիցքով գնդիկն ունի $m = 4 \cdot 10^{-5}$ կգ զանգված և գտնվում է ուղղաձիգ անվերջ հարթության էլեկտրական դաշտում: Որոշեք հարթության լիցքերի մակերևութային խտությունը, եթե թելի ձգման ուժը $F = 4,9 \cdot 10^{-4}$ Ն :

□1.34. Էլեկտրական դաշտը ստեղծված է $\sigma = 1$ նԿ/մ² լիցքի խտությամբ հավասարաչափ լիցքավորված անվերջ հարթության և A կետում տեղադրված q կետային լիցքի կողմից: B կետում դաշտի լարվածությունը ունի նկարում բերած ուղղությունը: Որոշեք q լիցքի մեծությունը, եթե $AB = a = 10$ սմ (Նկ.1.5):



●1.35. Գաուսի թեորեմով որոշեք լիցքի τ խտությամբ ուղիղ, անվերջ լարի դաշտի լարվածությունն r կետում և կառուցեք $E(r)$ գրաֆիկը, որ-տեղ r -ը կետի հեռավորությունն է լարից:

○1.36. Որոշեք $q = 10^{-9}$ Կլ կետային լիցքի վրա ազդող ուժը, եթե դա դրված է՝ ա) $\tau = 2 \cdot 10^{-7}$ Կլ/մ լիցքի խտությամբ ուղիղ, շատ երկար լարից $r = 2$ սմ հեռու; բ) $\sigma = 2 \cdot 10^{-5}$ Կլ/մ² լիցքի խտությամբ հարթության դաշտում:

●1.37. R շառավղով գլանային անվերջ մակերևույթի լիցքի σ -ն տրված է: Գաուսի թեորեմով գտեք դրա դաշտի լարվածությունն r կետում և գծեք $E(r)$ գրաֆիկը: r -ը կետի հեռավորությունն է գլանի առանցքից:

■1.38. q լիցքը հավասարաչափ բաշխված է R շառավղով գնդի ծավալում: Որոշեք գնդի դաշտի լարվածությունը r կետում և կառուցեք $E(r)$ գրաֆիկը: r -ը՝ կետի հեռավորությունն է գնդի կենտրոնից:

●1.39. Լիցքի ρ խտությամբ գնդի ներսում կա գնդային խոռոչ, որտեղ լիցք չկա: Գնդի և խոռոչի կենտրոնները միացնող վեկտորը $\vec{a}$ է: Որոշեք դաշտի լարվածությունը խոռոչում:

■1.40. R շառավղով երկար գլանի լիցքի ρ խտությունը տրված է: Որոշեք գլանի դաշտի լարվածությունը: Կառուցեք դրա կախվածությունը գլանի առանցքի r հեռավորությունից:

●1.41. Լիցքի ρ խտությամբ անվերջ գլանի ներսում կա գլանային խոռոչ, որտեղ լիցք չկա: Գլանների առանցքների հեռավորությունը a է: Որոշեք դաշտի լարվածությունը խոռոչում:

●1.42. Որոշեք էլեկտրական դաշտի $\vec{E}$ լարվածությունը հավասարաչափ լիցքավորված երկու գնդերի հատման տիրույթում: Գնդերից մեկի լիցքի ծավալային խտությունը ρ է, մյուսինը՝ $-\rho$, իսկ գնդերի կենտրոն-

ների հեռավորությունը որոշվում է $\vec{a}$ -ով:

• **1.43.** Որոշեք էլեկտրական դաշտի $\vec{E}$ արվածությունը հավասարաչափ լիցքավորված երկու գլանների հատման տիրություն: Գլաններից մեկի լիցքի ծավալային խտությունը ρ է, մյուսինը՝ $-\rho$, իսկ գլանների առանցքների հեռավորությունը որոշվում է $\vec{a}$ -ով:

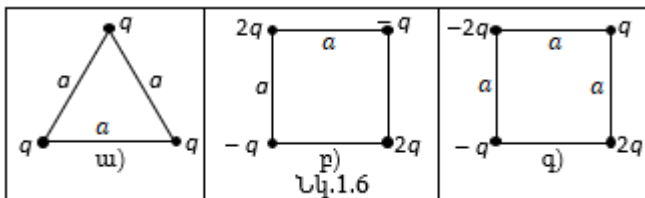
■ **1.44.** Շատ բարակ սկավառակն ունի լիցքի $\sigma > 0$ խտություն: Որոշեք դաշտի E լարվածությունը առանցքի այն կետում, որտեղից սկավառակը դիտվում Ω մարմնային անկյան տակ:

■ **1.45.** Նկատի ունենալով, որ հավասարաչափ լիցքավորված կամայական հարթ մակերևույթի դաշտի լարվածության նորմալ բաղադրիչը որոշվում է $E_{\perp} = \frac{\sigma \cdot \Omega}{4\pi\epsilon_0}$ առնչությամբ, որտեղ Ω -ն այն մարմնային անկյունն է, որի տակ դիտարկման կետից երևում է այդ մակերևույթը: Որոշեք՝ **ա)** դաշտի արվածությունն այն խորանարդի կենտրոնում, որի հինգ նիստերը լիցքավորված են լիցքի σ խտությամբ; **բ)** այնպիսի կանոնավոր քառանիստի կենտրոնում, որի երեք նիստերը լիցքավորված են լիցքի σ_1 , իսկ չորրորդը՝ σ_2 խտությամբ:

■ **1.46.** $\tau = 3$ մվ/Վ/մ լիցքի գծային խտությամբ երկու ուղիղ, անվերջ լար միմյանցից $r=2$ սմ են հեռու: Որոշեք դրանցից յուրաքանչյուրի $l = 1$ մ երկարության վրա ազդող ուժը: $\vec{r}$ ՝ նշ աշխատանք է պետք կատարել (միավոր երկարության հաշվարկով), որպեսզի լարերը միմյանց մոտեցվեն $r_1 = 1$ սմ-ի վրա:

Էլեկտրական դիպոլ (երկրենտ)

• **1.47.** Որոշեք Նկ.1.6-ի կետային լիցքերի համակարգի դիպոլային մոմենտը բազմանկյան՝ **ա)** գազաթի նկատմամբ; **բ)** կենտրոնի նկատմամբ; **գ)** կողմի միջնակետի նկատմամբ:



• **1.48.** $q=10^{-8}$ Կլ կետային լիցքը $p=2 \cdot 10^{-6}$ Կլ-մ մոմենտով դիպոլի դաշտում է: Որոշեք կետային լիցքի վրա ազդող ուժը, եթե դրա հեռավորությունը դիպոլից՝ $r=3$ սմ, իսկ $\vec{r}$ և $\vec{p}$ վեկտորների կազմած անկյունն՝ $\theta=60^\circ$:

• **1.49.** Որոշեք այն դիպոլի մոմենտը, որի դաշտում, դրա առանցքի նկատմամբ՝ $\vartheta = 30^\circ$ անկյան տակ և դիպոլից $r=5$ սմ ով հեռու կետում տեղադրված $q = 10^{-8}$ Կլ կետային լիցքի վրա ազդող ուժը՝ $F = 10^{-2}$ Ն :

■ **1.50.** $\vec{p}_1$ և $\vec{p}_2$ մոմենտներով երկու կետային դիպոլ իրարից r -ով են հեռու: Որոշեք դրանց փոխազդեցության ուժը, եթե $\vec{p}_1$ և $\vec{p}_2$ վեկտորները դիպոլները միացնող ուղղի վրա են: Դիպոլները Δq -ով են իրար, թե՞ վանում:

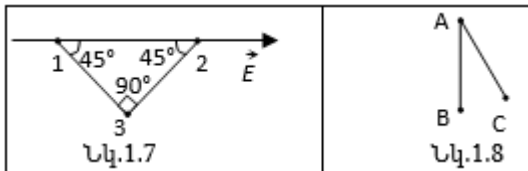
■ **1.51.** $\vec{p}$ մոմենտով դիպոլը լիցքի τ լիցքի խտությամբ երկար լարից r -ով է հեռու: Որոշեք դիպոլի վրա ազդող ուժը և ուժի մոմենտը, եթե $\vec{p}$ վեկտորը՝ **ա)** լարին զուգահեռ է; **բ)** լարով անցնող հարթության մեջ՝ լարին ուղղահայաց է; **գ)** ուղղահայաց է լարով անցնող հարթությանը:

■ **1.52.** R շառավղով բարակ օղակի լիցքը q է: Օղակին ուղղահայաց առանցքի վրա, դրա կենտրոնից x -ով հեռու կետում դրված է $\vec{p}$ մոմենտով դիպոլը: Որոշեք դիպոլի վրա ազդող ուժը, եթե դա ուղղված է օղակի առանցքի երկայնքով: Ինչքա՞ն լինի x/R հարաբերությունը, որ այդ ուժը լինի զրո:

Էլեկտրաստատիկ դաշտի պետենցիալը

○ **1.53.** $q=5$ նԿլ լիցքը տեղափոխել են $E=60$ կՎ/մ լարվածությամբ դաշտում: Տեղափոխության վեկտորը, որի մոդուլը՝ $s=0,2$ մ, դաշտի ուժագծի հետ կազմում է $\alpha = 60^\circ$ անկյուն: Որոշեք դաշտի կատարած աշխատանքը և տեղափոխության սկզբնական և վերջնական կետերի լարումը:

○ **1.54.** Համասեռ էլեկտրական դաշտում 1 և 2 կետերի միջև պոտենցիալների տարբերությունը՝ $\varphi_1 - \varphi_2 = 10$ Վ: Ինչքա՞ն է այն 1 և 3 կետերի միջև (Նկ.1.7):



□1.55. Որոշեք համասեղ էլեկտրական դաշտի լարվածության մոդուլը, եթե հայտնի է, որ $\varphi_A - \varphi_B = 0$, $\varphi_A - \varphi_C = 3\text{Վ}$, $AB = AC = l = 1\text{մ}$, իսկ անկյուն $BAC = \alpha = 30^\circ$ (Նկ.1.8):

○1.56. $q = 4 \cdot 10^{-7}\text{Կլ}$ լիցքն անվերջությունից մինչև դաշտի տվյալ կետը տեղափոխելիս՝ էլեկտրական դաշտի ուժերի դեմ կատարած աշխատանքը՝ $A = 2 \cdot 10^{-4}\text{Ջ}$: Որոշեք դաշտի այդ կետի պոտենցիալը:

○1.57. Ի՞նչ աշխատանք կկատարվի $q = 8 \cdot 10^{-2}\text{լիցքը}$ $\varphi_1 = 24\text{Վ}$ պոտենցիալով կետից $\varphi_2 = -8\text{Վ}$ պոտենցիալով կետը տեղափոխելիս:

○1.58. $R = 0,05\text{մ}$ շառավղով գնդի պոտենցիալը՝ $\varphi_0 = 600\text{Վ}$: Որոշեք գնդի մակերևույթից $h = 0,25\text{մ}$ հեռու կետում դաշտի պոտենցիալը:

○1.59. $R = 0,1\text{մ}$ շառավղով հավասարաչափ լիցքավորված գնդային մակերևույթի կենտրոնից $r = 20\text{սմ}$ հեռավորության վրա դաշտի պոտենցիալը $\varphi = 30\text{Վ}$ է: Որոշեք ա) գնդի կենտրոնի պոտենցիալը: բ) լիցքի σ մակերևույթային խտությունը:

○1.60. Կետային լիցքի դաշտի A և B կետերի պոտենցիալներն են՝ $\varphi_A = 20\text{Վ}$ և $\varphi_B = 10\text{Վ}$: Որոշեք A և B կետերը միացնող հատվածի միջնակետի պոտենցիալը, եթե դաշտ ստեղծող լիցքը և այդ կետերը նույն ուղղի վրա են:

○1.61. $R = 0,3\text{մ}$ շառավղով գնդային մակերևույթն ունի լիցքի $\sigma = 3 \cdot 10^{-5}\text{Կլ/մ}^2$ խտություն: Որոշեք այն կետերի լարումը, որոնցից մեկը գնդի կենտրոնից հեռու է $r_1 = 0,1\text{մ}$ -ով, իսկ մյուսը՝ $r_2 = 0,45\text{մ}$ -ով:

• 1.62. $q_1 = q$ և $q_2 = -2q$ կետային լիցքերը իրարից հեռու են d -ով: Որոշեք այն կետերի երկրաչափական տեղը, որոնց պոտենցիալը զրո է:

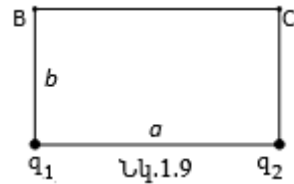
□1.63. Յուրաքանչյուրը մինչև $\varphi_0 = 100\text{Վ}$ պոտենցիալով նույնանուն լիցքերով լիցքավորված սնդիկի միատեսակ $N = 8$ փոքր կաթիլ, ձուլվելով, դառնում են մեկ մեծ կաթիլ: Որոշեք մեծ կաթիլի պոտենցիալը: Կաթիլները համարեք գունդ:

○1.64. $q_1 = -3\text{նԿլ}$ և $q_2 = 12\text{նԿլ}$ կետային լիցքերն իրարից $r = 0,6\text{մ}$ հեռավորության վրա են: ա) Որոշեք այն կետի պոտենցիալը, որտեղ դաշտի լարվածությունը զրո է: բ) Առաջին լիցքից ինչքա՞ն է հեռու այն կետը, որի պոտենցիալը զրո է:

○1.65. Կետային լիցքից a -ով և b -ով հեռու կետերի լարումը U_0 է: Որոշեք այն կետի պոտենցիալը, որը q լիցքից հեռու է c -ով:

• 1.66. Որոշեք լիցքի $\tau = 10^{-5}\text{Կլ/մ}$ խտությամբ ուղիղ, անվերջ լարից $r_1 = 0,1\text{մ}$ և $r_2 = 0,2\text{մ}$ հեռու գտնվող կետերի լարումը:

◦1.67. Էլեկտրաստատիկ դաշտը ստեղծված է $q_1 = 6\text{նԿլ}$ և $q_2 = -6\text{նԿլ}$ անշարժ կետային լիցքերի կողմից, որոնք տեղադրված են $a=8$ սմ և $b=6$ սմ կողմերով ուղղանկյան հարևան գագաթներում (Նկ.1.9): Որոշեք՝ ա) B կետում տեղադրված $q_0 = 1\text{նԿլ}$ կետային լիցքի պոտենցիալ էներգիան; բ) էլեկտրական դաշտի աշխատանքն այդ լիցքը B-ից C կետը տեղափոխելուց:



◦1.68. Լիցքավորված մասնիկը հանգստի վիճակից անցնելով $U=600\text{Վ}$ պոտենցիալների տարբերություն ձեռք բերեց $v = 5,4 \cdot 10^6\text{մ/վ}$ արագություն: Որոշեք այդ մասնիկի տեսակարար լիցքը (լիցքի հարաբերությունը զանգվածին):

◦1.69. Դաշտի մի կետից մեկ ուրիշ կետի հասնելիս էլեկտրոնի արագությունը մեծանում է $v_1 = 10^6\text{մ/վ}$ -ից մինչև $v_2 = 3 \cdot 10^6\text{մ/վ}$: Որոշեք այդ կետերի պոտենցիալների տարբերությունը:

◦1.70. Էլեկտրոնը $\varphi_1 = 50\text{Վ}$ պոտենցիալով կետում ունի $v_1 = 1,6 \cdot 10^6\text{մ/վ}$ արագություն: Ի՞նչ արագություն կունենա էլեկտրոնը $\varphi_2 = 55\text{Վ}$ պոտենցիալով կետում:

◻1.71. Վակուումում հորիզոնական տեղավորված թիթեղների մեջտեղում՝ կախված վիճակում գտնվում է սնդիկի մի լիցքավորված կաթիլ: Թիթեղների միջև եղած հեռավորությունը՝ $d=1\text{սմ}$, իսկ պոտենցիալների տարբերությունը՝ $U_1 = 1000\text{Վ}$: Պոտենցիալների տարբերությունն ակընթարթորեն ընկնում է մինչև $U_2 = 995\text{Վ}$: Որքա՞ն ժամանակ հետո կաթիլը կհասնի ներքևի թիթեղին:

◻1.72. Վակուումում հորիզոնական տեղավորված թիթեղների միջև կախված վիճակում գտնվում է լիցքավորված փոշեհատիկ: Պոտենցիալների տարբերությունը թիթեղների միջև կտրուկ ընկնում է $n=2$ անգամ: Որքա՞ն ժամանակ հետո փոշեհատիկը կհասնի ներքևի թիթեղին, եթե այն սկզբում դրանից գտնվում էր $h=5\text{սմ}$ -ի վրա:

◻1.73. $U_0 = 100\text{Վ}$ լարումով արագացած էլեկտրոնը մտնում է հարթ կոնդենսատոր՝ դրա թիթեղներին զուգահեռ: Մուտքի կետը հավասար չափով է հեռու թիթեղներից: Կոնդենսատորն ի՞նչ նվազագույն լարում ունենա, որ էլեկտրոնը դուրս չգա կոնդենսատորից: Թիթեղների հեռավորությունը $d=0,01\text{մ}$, իսկ թիթեղների երկարությունը՝ $l = 0,1\text{մ}$:

◻1.74. Պրոտոնը և α -մասնիկը, արագանալով նույն լարումով, մտնում են հարթ կոնդենսատոր, դրա թիթեղներին զուգահեռ: Պրոտոնի շեղու-

մը քանի՞ անգամ մեծ կլինի α -մասնիկի շեղումից: Մասնիկների ծանրության ուժը հաշվի մի առեք և դրանց սկզբնական արագությունները համարեք զրո:

Պոտենցիալի և լարվածության կապը

- **1.75.** Դաշտի լարվածության վեկտորն ունի $\vec{E} = 2ix - 3\hat{k}z$ տեսքը: Որոշեք պոտենցիալի կախվածությունը կոորդինատներից:
- **1.76.** Դաշտի լարվածությունն ունի $\vec{E} = 2(ix + jy + \hat{k}z)$ տեսքը: Որոշեք այդ դաշտի պոտենցիալի կախվածությունը կոորդինատներից:
- **1.77.** Դաշտի պոտենցիալը տրվում է $\varphi = b(x^2 - y^2) + az^2$ տեսքով, որտեղ a -ն և b -ն հաստատուն են: Որոշեք դաշտի լարվածության վեկտորի մոդուլը:
- **1.78.** Դաշտի պոտենցիալի տեսքն է՝ $\varphi = b(x^2 - y^2)$, որտեղ a -ն հաստատուն է: Որոշեք դաշտի լարվածության վեկտորը:
- **1.79.** Իրար զուգահեռ երկու անվերջ հարթությունների հեռավորությունը՝ $d=1$ սմ: Դրանք հավասարաչափ լիցքավորված են $\sigma_1 = 2$ մկԿլ/մ² և $\sigma_2 = 5$ մկԿլ/մ² մակերևութային խտությամբ: Որոշեք հարթությունների պոտենցիալների տարբերությունը:
- **1.80.** X առանցքին ուղղահայաց երեք անվերջ հարթություններ հավասարաչափ լիցքավորված են $\sigma = 1$ մկԿլ/մ² մակերևութային խտությամբ և ունեն $x_1 = -10$ սմ, $x_2 = 0$ և $x_3 = 10$ սմ կոորդինատը: Որոշեք առաջին (φ_1) և երրորդ (φ_3) հարթությունների պոտենցիալը, ընդունելով $\varphi_2 = 0$:
- **1.81.** Չլիցքը բաշխված է R շառավղով օղակով: Որոշեք օղակի առանցքի կետերի φ պոտենցիալի կախվածությունը օղակի կենտրոնի x հեռավորությունից: Պոտենցիալի արտահայտությամբ որոշեք դաշտի լարվածությունն օղակի առանցքի կետերում:
- **1.82.** Չլիցքը հավասարաչափ բաշխված է R շառավղով անվերջ բարակ սկավառակով: Որոշեք սկավառակի առանցքի կետերի φ պոտենցիալի կախվածությունը սկավառակի կենտրոնի x հեռավորությունից: Պոտենցիալի արտահայտությամբ որոշեք դաշտի լարվածությունը:
- **1.83.** Բարակ լարից R շառավղով երկու օղակ ուղղահայաց են իրենց կենտրոններով անցնող ուղղին: Օղակների լիցքերն են՝ $+q$ և $-q$: Որոշեք օղակների կենտրոնների պոտենցիալների տարբերությունը, ինչպես նաև դաշտի լարվածության մոդուլը յուրաքանչյուր օղակի կենտրոնում: Օղակների կենտրոնների հեռավորությունը x է:

■**1.84.** l երկարությամբ բարակ ձողը հավասարաչափ լիցքավորված է լիցքի τ խտությամբ: Որոշեք դաշտի պոտենցիալը՝ **ա)** ձողի առանցքի այն կետում, որը ձողի մոտակա ծայրից գտնվում է r հեռավորության վրա; **բ)** ձողի միջննուղղահանցի այն կետում, որը ձողից գտնվում է r հեռավորության վրա: Երկու դեպքում էլ պոտենցիալի արտահայտությամբ որոշեք դաշտի լարվածությունն այդ կետում:

●**1.85.** Ուղիղ, շատ բարակ, անվերջ լարն ունի լիցքի τ խտություն: Դրա լարվածության բանաձևով որոշեք պոտենցիալը լարից r -ով հեռու կետում:

●**1.86.** Անվերջ հարթության լիցքի σ խտությունը տրված է: Դրա լարվածության բանաձևով որոշեք պոտենցիալը հարթությունից x -ով հեռու կետում:

■**1.87.** R շառավղով գլանային անվերջ մակերևույթի լիցքի σ խտությունը տրված է: Դրա լարվածության բանաձևով որոշեք դաշտի պոտենցիալի կախվածությունը գլանի առանցքի r հեռավորությունից և կառուցեք այդ կախվածության գրաֆիկը:

■**1.88.** R շառավղով գնդային մակերևույթն ունի լիցքի σ խտություն: Դրա լարվածության բանաձևով որոշեք պոտենցիալի կախվածությունը գնդի կենտրոնի r հեռավորությունից և կառուցեք այդ կախվածության գրաֆիկը:

□**1.89.** $R_1 = 5$ սմ և $R_2 = 10$ սմ շառավղով համակենտրոն գնդային մակերևույթներն ունեն $q_1 = 1$ նԿլ և $q_2 = -2$ նԿլ լիցք: Որոշեք այս համակարգի ստեղծած դաշտի լարվածությունը և պոտենցիալը գնդերի կենտրոնից՝ **ա)** $r=3$ սմ; **բ)** $r=6$ սմ; **գ)** $r=15$ սմ հեռավորության վրա գտնվող կետերում:

●**1.90.** Որոշեք $R=2$ սմ շառավղով, լիցքի $\sigma = 10^{-5}$ Կլ/մ² խտությամբ գնդի դաշտի էներգիայի խտությունը դրա մակերևույթից $l = 3$ սմ հեռու կետում:

●**1.91.** R շառավղով գնդային մակերևույթն ունի լիցքի σ խտություն: Որոշեք այդ գնդի դաշտի էներգիան:

■**1.92.** R շառավղով գունդն ունի լիցքի ρ խտություն: Գնդի լարվածության բանաձևով (տես 1.15 բանաձևը), որոշեք պոտենցիալի կախվածությունը գնդի կենտրոնի r հեռավորությունից և կառուցեք այդ կախվածության գրաֆիկը:

■**1.93.** R շառավղով անվերջ գլանն ունի լիցքի ρ ծավալային խտություն: Գլանի լարվածության բանաձևով (տես 1.16 բանաձևը) որոշեք պոտեն-

ցիալի կախվածությունը գլանի առանցքի հեռավորությունից: Կառուցեք այդ կախվածության գրաֆիկը:

● **1.94.** R շառավղով գնդային մակերևույթը կիսված է հարթությամբ: Որոշեք մի կեսի ստեղծած պոտենցիալը գնդի կենտրոնում, եթե մակերևույթի լիցքի σ խտությունը հայտնի է:

Լիցքերի փոխազդեցության էներգիան: Էլեկտրաստատիկ դաշտի էներգիան

○ **1.95.** q լիցքով և m զանգվածով երկու մասնիկի էլեկտրաստատիկ փոխազդեցության էներգիան քանի՞ անգամ է մեծ դրանց գրավիտացիոն փոխազդեցության էներգիայից: Թվային հաշվարկը կատարեք՝ ա) երկու էլեկտրոնի համար; բ) երկու պրոտոնի համար:

○ **1.96.** $m=1q$ զանգվածով և $q_1 = 0,15$ մկԿլ լիցքով գնդիկը հեռվից $v_0 = 1$ մ/վ արագությամբ նետում են $q_2 = 0,3$ մկԿլ լիցքով գնդային մակերեկվույթի վրա: Գնդի շառավիղն ի՞նչ ամենափոքր արժեք ունենա, որ զընդիկը հասնի դրա մակերևույթին:

○ **1.97.** Յուրաքանչյուրը $q=5$ նԿլ երկու կետային լիցք իրարից $r_1 = 1$ մ են հեռու: Ի՞նչ աշխատանք կկատարեն արտաքին ուժերը՝ դրանք մինչև $r_2 = 0,1$ մ հեռավորություն մոտեցնելու համար:

○ **1.98.** Ինչքանո՞վ կփոխվի $q_1 = 25$ նԿլ և $q_2 = -4$ նԿլ կետային լիցքերի փոխազդեցության պոտենցիալ էներգիան՝ դրանց հեռավորությունը $r_1 = 0,1$ մ-ից մինչև $r_2 = 0,2$ մ-ը փոխելիս:

○ **1.99.** a կողմով հավասարակողմ եռանկյան գագաթներում դրված են q , $-2q$, $3q$ կետային լիցքերը: Որոշեք այդ համակարգի պոտենցիալ էներգիան:

○ **1.100.** Ընդառաջ շարժվող երկու էլեկտրոն մինչև ի՞նչ հեռավորություն կմոտենան, եթե զան անվերջ հեռվից $v=10^3$ մ/վ սկզբնական արագությամբ:

□ **1.101.** Նույն ուղղի երկայնքով, իրարից $2r=1$ մ-ով հեռու, դրված են $q = 10^{-7}$ Կլ չորս լիցք: Ինչքա՞ն աշխատանք պետք է կատարվի այդ լիցքերն $2r$ կողմով կանոնավոր քառանիստի գագաթներին դնելու համար:

■ **1.102.** m_1 զանգվածով և q_1 լիցքով մասնիկն օղակին ուղղահայաց առանցքով մոտենում է օղակին: Օղակի շառավիղն R է: Ի՞նչ նվազագույն արագություն ունենա մասնիկն օղակից շատ հեռու, որ անցնի օղակի կենտրոնով: Օղակն ամրացրած չէ, ունի m_2 զանգված և q_2 լիցք:

Ծանրության ուժն անտեսեք:

■1.103. q լիցքը հավասարաչափ բաշխված է R շառավղով գնդի ծավալով: Որոշեք գնդի էներգիան:

•1.104. $q = 10^{-10}$ Կլ լիցքը հավասարաչափ բաշխված էր $R=1$ սմ շառավղով գնդի ծավալով: Այնուհետև, վանդոդության հետևանքով լիցքերը բաշխվում են գնդի մակերևույթի վրա: Ի՞նչ A աշխատանք են կատարում էլեկտրական ուժերը:

■1.105. R շառավղով հեղուկի կաթիլն ունի լիցքի ρ խտություն: Քանի՞ անգամ կփոխվի փոխազդեցության էներգիան, եթե դա բաժանվի երկու հավասար կաթիլի և իրարից շատ հեռացվեն:

■1.106. R շառավղով բարակ օղակն ունի q լիցք: Օղակի կենտրոնում m զանգվածով և q_0 լիցքով մասնիկ կա: Ի՞նչ նվազագույն արագություն ունենա մասնիկը, որ օղակից անվերջ հեռանա:

■1.107. Տրված են համաառանցք երկու գլանային անվերջ երկար մակերևույթներ, որոնցից ներքինի շառավիղը $R_1 = 1,5$ սմ է, իսկ արտաքինինը՝ $R_2 = 4$ սմ: Գլանների միջև պոտենցիալների տարբերությունը՝ $U = 2,3$ կՎ: Ինչքա՞ն կդառնա էլեկտրոնի արագությունը, եթե դա գլանի առանցքից $r_1 = 2,5$ սմ հեռու կետից հասնի $r_2 = 2$ սմ կետը: Էլեկտրոնի սկզբնական արագությունը զրո է:

■1.108. Գնդային կոնդենսատորի ներքին շրջադրի շառավիղը՝ $R_1 = 1$ սմ, իսկ արտաքինինը՝ $R_2 = 4$ սմ: Գնդերի միջև պոտենցիալների տարբերությունը՝ $U = 3000$ Վ: Ինչքա՞ն կդառնա սկզբում անշարժ էլեկտրոնի արագությունը, եթե դա գնդի կենտրոնից $r_1 = 3$ սմ հեռավորությունից մոտենա մինչև $r_2 = 2$ սմ:

•1.109. Որքա՞ն աշխատանք կատարվի, որ արտաքին դաշտի լարվածության հետ համընկնող p մոմենտով դիպոլը պտտվի 180° -ով:

•1.110. Որոշեք $q = 10^{-6}$ Կլ կետային լիցքի պոտենցիալ էներգիան, երբ դա $p = 2 \cdot 10^{-12}$ Կլ-մ մոմենտով դիպոլի դաշտի այն կետում է, որը դիպոլի առանցքի վրա է ու նրանից հեռու է $r = 0,1$ մ-ով:

•1.111. $q = 10^{-6}$ Կլ կետային լիցքը $p = 10^{-12}$ Կլ-մ մոմենտով դիպոլի առանցքի վրա է՝ դիպոլից $r = 0,15$ մ հեռու կետում: Որքա՞ն աշխատանք

են կատարում էլեկտրական ուժերն այդ լիցքը դիպոլի հակադիր կողմի նույն կետը տեղափոխելիս:

■1.112. Որոշեք իրարից r -ով հեռու $\vec{p}_1$ և $\vec{p}_2$ մոմենտներով դիպոլների փոխազդեցության էներգիան, եթե $\vec{p}_1$ -ը դիպոլները միացնող ուղղի հետ կազմում է θ_1 անկյուն, իսկ $\vec{p}_2$ -ը՝ θ_2 անկյուն: θ_1 -ի և θ_2 -ի ի՞նչ արժեքներին դեպքում այդ էներգիան կընդունի իր մեծագույն և փոքրագույն արժեքները:

■1.113. $R=0,5$ մ շառավղով օղակն ունի $q=10$ մկԿլ լիցք: Օղակի հարթությանն ուղղահայց առանցքի վրա, օղակի կենտրոնից անվերջ հեռու կետում կա մոլեկուլ, որն ունի $m = 5 \cdot 10^{-26}$ կգ զանգված և $p = 5 \cdot 10^{-30}$ Կլ·մ սեփական դիպոլային մոմենտ ($\vec{p}$ -ն ուղղված է օղակի դաշտի լարվածության ուղղությամբ): Մոլեկուլը զրոյին մոտ արագությամբ մոտենում է օղակին: Որոշեք դրա ձեռք բերած արագության առավելագույն արժեքը: Այդ մոլեկուլը կհասնի՞ օղակի կենտրոնին:

■1.114. Դուրս բերեք (1.13բ) բանաձևը:

■1.115. Օգտվելով (1.13բ) բանաձևից, ցույց տվեք, որ՝ **ա)** $h \ll R$ և մեծ N -երի համար $E = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 R^2} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$; **բ)** $h \gg R$ և մեծ N -երի համար $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 h^2}$:

■1.115. Ցույց տվեք, որ 1.13բ բանաձևը կարելի է ներկայացնել հետևյալ

$$\text{տեսքով՝ } E = \frac{q}{\pi\epsilon_0 R^2 \sin \frac{2\pi}{N}} \left[\arcsin \left(\frac{\sqrt{1 + \frac{R^2}{h^2} \cos \frac{\pi}{N}}}{\sqrt{1 + \frac{R^2}{h^2} \cos^2 \frac{\pi}{N}}} \right) - \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{N} \right]:$$

Հարցեր

- 1. Ի՞նչ է էլեկտրական լիցքը: Թվարկեք էլեկտրական լիցքի հիմնական հատկությունները (նշեք առնվազն երեք հատկություն):
- 2. Ո՞ր լիցքն են անվանում տարրական: Ի՞նչ արժեքներ կարող է ընդունել մարմնի լիցքի և տարրական լիցքի հարաբերությունը:
- 3. Չեզոք ապակին շփեցին մետաքսով: Ինչի՞ հավասար ապակու և մետաքսի լիցքերի հարաբերությունը:
- 4. Ձևակերպեք էլեկտրական լիցքի պահպանման օրենքը: Այդ օրենքը պարզաբանեք որևէ օրինակով:

- 5. Երկու մարմիններ իրար հետ շփելուց լիցքավորվում են: Ինչպե՞ս է փոխվում դրանց զանգվածը:
- 6. Հնարավո՞ր է, որ փակ համակարգի դրական լիցքը փոխվի:
- 7. Ձևակերպեք Կուլոնի օրենքը:
- 8. Գրեք Կուլոնի օրենքը վեկտորական տեսքով՝ միավորների ՄՀ-ում և Գաուսի համակարգում:
- 9. Սահմանեք լիցքի միավորը ՄՀ-ում:
- 10. Սահմանեք լիցքի միավորը Գաուսի համակարգում և գրեք դրա կապը ՄՀ-ի նույն մեծության միավորի հետ:
- 11. Նեոնային լամպի բալոնը թողթով շփելուց լամպը սկսում է լուսարձակել: Բացատրեք այդ երևույթը:
- 12. Ի՞նչ ֆիզիկական իմաստ ունի համեմատականության գործակիցը Կուլոնի օրենքում:
- 13. Որո՞նք են տիեզերական ձգողության և Կուլոնի օրենքի նմանություններն ու տարբերությունները:
- 14. Ձևակերպեք վերադրման սկզբունքը լիցքերի փոխազդեցության ուժերի համար:
- 15. Ինչպե՞ս է իրականանում երկու լիցքի փոխազդեցությունը՝ ըստ մերձազդեցության տեսության:
- 16. Ի՞նչ է էլեկտրաստատիկ դաշտը: Թվարկեք էլեկտրաստատիկ դաշտի գոնե երեք հատկություն:
- 17. Սահմանեք էլեկտրական դաշտի լարվածությունը: Ո՞րն է էլեկտրական դաշտի լարվածության միավորը ՄՀ-ում:
- 18. Սահմանեք էլեկտրական դաշտի լարվածության միավորը Գաուսի համակարգում և գրեք դրա կապը ՄՀ-ի նույն մեծության միավորի հետ:
- 19. Ձևակերպեք վերադրման սկզբունքը էլեկտրական դաշտի լարվածության համար:
- 20. Սահմանեք լիցքերի մակերևութային, գծային և ծավալային խտությունները:
- 21. Գրեք կետային լիցքի էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածության բանաձևը միավորների ՄՀ-ում:
- 22. Օգտվելով վերադրման սկզբունքից, գրեք անընդհատ բաշխվածությամբ (գծային, մակերևութային, ծավալային) անշարժ լիցքերի դաշտի լարվածության արտահայտությունները:

- 23. Սահմանեք էլեկտրական դաշտի ուժագծերի գաղափարը: Պատկերեք անշարժ կետային լիցքի դաշտի և համասեռ էլեկտրական դաշտի ուժագծերը:
- 24. Էլեկտրական դաշտի ուժագծերի երկայնքով ինչպե՞ս է փոխվում լարվածության մոդուլը:
- 25. Ճի՞շտ է այն պնդումը, որ էլեկտրաստատիկ դաշտում ազատ դրական կետային լիցքը շարժվում է ուժագծի երկայքով:
- 26. q և 2q կետային լիցքերը նույն արագությամբ մտնում են համասեռ էլեկտրական դաշտ՝ ուժագծերին ուղղահայաց ուղղությամբ: Այդ մասնիկներից ո՞րը դաշտից շուտ դուրս կգա: Պատասխանը հիմնավորեք:
- 27. Սահմանեք էլեկտրական դաշտի լարվածության վեկտորի հոսքը:
- 28. Ձևակերպեք Գաուսի թեորեմն էլեկտրական դաշտի համար: Գրեք Գաուսի թեորեմն արտահայտող բանաձևը՝ միավորների ՄՀ-ում և Գաուսի համակարգում:
- 29. Գրեք Գաուսի թեորեմն արտահայտող բանաձևը դիֆերենցիալ տեսքով:
- 30. q լիցքը R շառավղով գնդային մակերևույթի կենտրոնում է: Ինչպե՞ս կփոխվի լիցքի լարվածության հոսքն այդ գնդային մակերևույթով, եթե դրա շառավիղը կրկնապատկվի:
- 31. q լիցքն R շառավղով գնդային մակերևույթի ներսում է: Քանի՞ անգամ կփոխվի լարվածության հոսքը գնդային մակերևույթով, եթե այդ մակերևույթից դուրս դրվի 3q լիցք:
- 32. Հնարավո՞ր է, որ լիցքերի ստատիկ համակարգը լինի կայուն հավասարակշռության վիճակում: Իսկ անկայո՞ւն: Պատասխանը հիմնավորեք:
- 33. Ինչպե՞ս որոշենք էլեկտրաստատիկ դաշտում դրված հավասարաչափ լիցքավորված հարթ մակերևույթի վրա ազդող ուժը, եթե հայտնի է դրանով անցնող լարվածության հոսքը:
- 34. Գրեք լիցքի խտությամբ ուղիղ, անվերջ լարի դաշտի լարվածության մոդուլի կախվածությունը լարի հեռավորությունից:
- 35. Գրեք լիցքի խտությամբ հարթ, անվերջ մակերևույթի լարվածության բանաձևը:
- 36. Գրեք լիցքի խտությամբ և շառավղով անվերջ գլանային մակերևույթի դաշտի լարվածության բանաձևը:
- 37. Գրեք լիցքի խտությամբ և շառավղով գնդային մակերևույթի

դաշտի լարվածության բանաձևը:

- 38. Ենթադրենք՝ լիցքի խտությամբ անվերջ հարթության մի կողմում լարվածությունը հավասար է զրոյի: Ինչի՞ հավասար կլինի լարվածությունը հարթության մյուս կողմում:
- 39. Գրեք լիցքի σ խտությամբ և R շառավղով գնդի դաշտի լարվածության բանաձևը:
- 40. Ինչի՞ է հավասար էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածության շրջապատյուր և ռոտորը (մրրիկը):
- 41. Ո՞ր դաշտերն են կոչվում պոտենցիալային:
- 42. Էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածության գծերը կարո՞ղ են փակ լինել:
- 43. Ապացուցեք, որ էլեկտրաստատիկ դաշտի ուժագծերը չեն կարող լինել միմյանց զուգահեռ ուղիղ գծեր, որոնց միջև հեռավորությունը կարող է անընդհատ նվազել կամ աճել:
- 44. Ի՞նչ է էլեկտրական դիպոլը: Սահմանեք դիպոլի էլեկտրական մոմենտը:
- 45. Գրեք կետային լիցքերի համակարգի դիպոլային մոմենտի արտահայտությունը:
- 46. Ի՞նչ հատկությամբ է օժտված լիցքերի լիցքաչեզոք համակարգի դիպոլային մոմենտը:
- 47. Գրեք կետային դիպոլի լարվածության բանաձևը:
- 48. Գրեք էլեկտրական դաշտում դիպոլի վրա ազդող ուժի բանաձևը:
- 49. Հնարավո՞ր է արդյոք կետային լիցքի հավասարաչափ շարժումը շրջանագծով՝ անշարժ էլեկտրական դիպոլի շուրջը (օգտվեք դիպոլի դաշտի ուժագծերի մոտավոր տեսքից):
- 50. Գրեք էլեկտրական դաշտում դիպոլի վրա ազդող ուժի մոմենտի բանաձևը:
- 51. Կետային երկու դիպոլի էլեկտրական մոմենտների վեկտորները մի ուղղի վրա են: Դիպոլները ինչպե՞ս դասավորվեն, որ դրանք իրար՝ **ա**) ձգեն; **բ**) վանեն:
- 52. Էլեկտրական դաշտում կետային դիպոլի վրա ուժ կազդի՞, եթե այդ կետում դաշտի լարվածությունը զրո է:
- 53. Հավասարաչափ լիցքավորված օղակի կենտրոնում կա ազատ կետային դիպոլ: Դրա վրա ուժ կազդի՞:
- 54. Հավասարաչափ լիցքավորված օղակի հարթությանն ուղղահայաց առանցքի վրա կա ազատ կետային դիպոլ: Օղակը դրան կձգի՞, թե՞

կվանի:

- **55.** Հավասարաչափ լիցքավորված սկավառակի հարթությանն ուղղահայաց առանցքի վրա կա ազատ կետային դիպուլ: Սկավառակը դրան կձգի՞, թե՞ կվանի:
- **56.** Հավասարաչափ լիցքավորված անվերջ հարթության դաշտում կա ազատ կետային դիպուլ: Հարթությունը դրան կձգի՞, թե՞ կվանի:
- **57.** Հավասարաչափ լիցքավորված ուղիղ, անվերջ լարի դաշտում կա ազատ կետային դիպուլ: Լարը դրան կձգի՞, թե՞ կվանի:
- **58.** Սահմանեք պոտենցիալը և դրա միջազգային համակարգի միավորը:
- **59.** Սահմանեք պոտենցիալի միավորը Գաուսի համակարգում և գրեք դրա կապը ՄՀ-ի նույն մեծության միավորի հետ:
- **60.** Գրեք համասեռ դաշտի աշխատանքի բանաձևը, երբ q կետային լիցքն ուժագծերի ուղղությամբ տեղափոխվում է d -ով:
- **61.** Գրեք անհամասեռ դաշտի աշխատանքի բանաձևը, երբ q կետային լիցքը մի կետից անցնում է մյուսը:
- **62.** Էլեկտրաստատիկ դաշտի աշխատանքն ինչպե՞ս է կապված լիցքի պոտենցիալ էներգիայի փոփոխության հետ:
- **63.** Ինչի՞ է հավասար դաշտի երկու կետերի լարումը, եթե հայտնի է այն աշխատանքը, որը պետք է լիցքը մի կետից մյուսը տեղափոխելու համար:
- **64.** Գրեք էլեկտրաստատիկ դաշտի պոտենցիալության պայմանը:
- **65.** Դաշտի պոտենցիալն ինչպե՞ս են նորմավորում: Դաշտի պոտենցիալի նորմավորումը մի՞շտ է հնարավոր: Ինչո՞ւ:
- **66.** Գրեք կետային լիցքի դաշտի պոտենցիալի բանաձևը ՄՀ-ում:
- **67.** Գրեք կետային լիցքերի համակարգի պոտենցիալի բանաձևը:
- **68.** Օգտվելով վերադրման սկզբունքից, գրեք անընդհատ բաշխվածությամբ լիցքերի պոտենցիալի բանաձևերը:
- **69.** Հնարավո՞ր է, որ պոտենցիալը խզվի:
- **70.** Ո՞ր մակերևույթներն են կոչվում համապոտենցիալ:
- **71.** Հավասարաչափ լիցքավորված անվերջ հարթության համապոտենցիալ մակերևույթներն ի՞նչ են:
- **72. ա)** Կետային լիցքի, **բ)** հավասարաչափ լիցքավորված գնդի համապոտենցիալ մակերևույթներն ի՞նչ են:
- **73. ա)** Հավասարաչափ լիցքավորված անվերջ, ուղիղ լարի, **բ)** անվերջ գլանային մակերևույթի համապոտենցիալ մակերևույթներն ի՞նչ

են:

- 74. Ցույց տվեք, որ էլեկտրաստատիկ դաշտի ուժագծերն ուղղահայաց են համապոտենցիալ մակերևույթներին:
- 75. Ինչպե՞ս են որոշում դաշտի լարվածության վեկտորը, եթե հայտնի է էլեկտրաստատիկ դաշտի $\varphi(x, y, z)$ պոտենցիալը:
- 76. Ինչպե՞ս որոշենք դաշտի պոտենցիալը, եթե հայտնի է էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածությունը:
- 77. Ի՞նչ է լարումը: Համասեռ դաշտի համար գրեք լարման և լարվածության կապը:
- 78. Գրեք հավասարաչափ լիցքավորված անվերջ հարթության դաշտի պոտենցիալը հարթությունից x -ով հեռու կետում:
- 79. Գրեք հավասարաչափ լիցքավորված գնդային մակերևույթի դաշտի պոտենցիալի կախվածությունը գնդի կենտրոնի r հեռավորությունից:
- 80. q_0 փորձնական լիցքը հավասարաչափ լիցքավորված գնդային մակերևույթի կենտրոնում ունի v արագություն: Ինչպե՞ս է փոխվում դրա արագության մոդուլը, երբ դա մոտենում է գնդի պատին: Էլեկտրաստատիկ մակածման երևույթն անտեսեք:
- 81. Գրեք հավասարաչափ լիցքավորված անվերջ, ուղիղ լարի պոտենցիալի կախվածությունը լարի r հեռավորությունից:
- 82. Գրեք հավասարաչափ լիցքավորված R շառավղով անվերջ գլանային մակերևույթի պոտենցիալի կախվածությունը գլանի առանցքի r հեռավորությունից:
- 83. Գրեք $\vec{p}$ մոմենտով դիպոլի պոտենցիալի բանաձևը:
- 84. Գրեք երկու կետային լիցքի փոխազդեցության էներգիայի բանաձևը:
- 85. Գրեք կետային լիցքերի համակարգի էներգիայի բանաձևը:
- 86. Գրեք անընդհատ բաշխվածությամբ լիցքերի էներգիայի բանաձևերը:
- 87. Գրեք էլեկտրական դաշտի էներգիայի բանաձևը:
- 88. Գրեք էլեկտրական դաշտի էներգիայի ծավալային խտության բանաձևը:
- 89. Արտաքին էլեկտրաստատիկ դաշտում կա $\vec{p}$ մոմենտով դիպոլ: Գրեք դրա փոխազդեցության էներգիայի բանաձևը:
- 90. Գրեք q_0 կետային լիցքի փոխազդեցության էներգիան $\vec{p}$ մոմենտով

կետային դիպուկի հետ:

- **91.** Գրեք կետային լիցքերի համակարգի պոտենցիալի բանաձևը՝ դիպուկային մոտավորությամբ:
- **92.** Գրեք լիցքաչեզոք կետային լիցքերի համակարգի դաշտի պոտենցիալի բանաձևը՝ դիպուկային մոտավորությամբ:
- **93.** Հիմնավորեք, թե պոտենցիալիության պայմանն ինչո՞ւ կխախտվի, եթե էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածության գծերը փակ լինեն:
- **94.** Ի՞նչ աշխատանք կատարվի, որ արտաքին դաշտի լարվածության հետ համընկնող $\vec{p}$ մոմենտով դիպուկը պտտվի 90° -ով:
- **95.** Ի՞նչ աշխատանք կատարվի, որ արտաքին համասեռ լարվածությամբ դաշտում $\vec{p}$ մոմենտով դիպուկը հավասարաչափ տեղափոխվի 0,3 մ-ով:
- **96.** Երկու կետային դիպուկների փոխազդեցության էներգիան ինչպե՞ս է կախված նրանց միջև եղած հեռավորությունից:

Հիմնավորեք պնդումների ճիշտ և սխալ լինելը

1.1. ա) Էլեկտրամագնիսական փոխազդեցությունը բնության մեջ գոյություն ունեցող հիմնարար փոխազդեցություններից է; **բ)** Էլեկտրամագնիսական փոխազդեցության մեջ մտնելու հատկությամբ օժտված մարմիններին (մասնիկներին) անվանում են էլեկտրականապես լիցքավորված մարմիններ (մասնիկներ); **գ)** Էլեկտրամագնիսական փոխազդեցության ուժերի գործողության շառավիղը մի քանի տասնյակ կիլոմետր է; **դ)** Զանգվածով օժտված ոչ բոլոր մասնիկներն ունեն էլեկտրական լիցք:

1.2. ա) Էլեկտրական լիցքը հաշվարկման ինտեգրալ և ոչ ինտեգրալ համակարգերի նկատմամբ ունի տարբեր արժեք; **բ)** Երբ երկու կետային դիպուկների էլեկտրական մոմենտները գտնվում են մի գծի վրա և ունեն իրար հակառակ ուղղություն, ապա դրանք իրար վանում են; **գ)** Նույն նշանի լիցքերն իրար ձգում են, իսկ հակառակ նշանի լիցքերն՝ իրար վանում; **դ)** Պայմանականորեն ընդունված է պրոտոնի լիցքը համարել դրական, իսկ էլեկտրոնինը՝ բացասական:

1.3. ա) Էլեկտրականապես մեկուսացած մասնիկների համակարգի լիցքերի հանրահաշվական գումարը ժամանակի ընթացքում չի փոխվում, այդ համակարգի ներսում ընթացող կամայական պրոցեսների ընթացքում; **բ)** Մասնիկների համակարգը համարվում է էլեկտրականապես մեկուսացած, եթե նրա մեջ արտաքինից չեն մտնում և նրանից դուրս չեն գալիս լիցքավորված մասնիկներ; **գ)** Էլեկտրաչեզոք մարմնում պրոտոնների և էլեկտրոնների թիվն իրար հավասար է; **դ)** Երկու մեծությամբ հավասար, նույն նշանի անշարժ կետային լիցքերի դաշտի լարվածության վեկտորը, լիցքերը միացնող հատվածի միջնուղղահայացի բոլոր կետերում ուղղված է այդ գծի երկայնքով:

1.4. ա) Գոյություն ունի լիցքի նվազագույն քանակություն, որը չի բաժանվում ավելի փոքր մասերի, դրան անվանում են տարրական լիցք: Տարրական լիցքը նշանակում են e -ով և $e \approx 1,6 \cdot 10^{-19}$ Կլ; **բ)** Էլեկտրական դաշտի լարվածության $\vec{E} = \vec{F}/q$ սահմանումից հետևում է, որ այն ուղիղ համեմատական է q փորձնական լիցքի վրա ազդող ուժին և հակադարձ համեմատական է այդ լիցքի մեծությանը; **գ)** Ցանկացած մարմնի լիցքը տրվում է $q = (N_p - N_e)e$ արտահայտությամբ, որտեղ N_p -ը մարմնում պարունակվող պրոտոնների թիվն է, իսկ N_e -ն էլեկտրոնների թիվը; **դ)** Նեյտրոնը կազմված է մեկ պրոտոնից և մեկ էլեկտրոնից, որի հետևանքով այն լիցքաչեզոք է:

1.5. ա) Անշարժ կետային լիցքերի համակարգի էլեկտրական դաշտի լարվածությունը՝ $\vec{E} = \sum_i \vec{E}_i = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_i \frac{Q_i}{r_i^3} \vec{r}_i$, որտեղ $\vec{r}_i$ -ն Q_i լիցքից դիտարկվող կետին տարված շառավիղ-վեկտորն է; **բ)** Երկու անշարժ կետային լիցքերի փոխազդեցության ուժը դատարկությունում և համասեռ միջավայրում միշտ գտնվում է այդ լիցքերը միացնող գծի վրա, իսկ անհամասեռ իզոտրոպ միջավայրում՝ ոչ; **գ)** Էլեկտրական դաշտի լարվածության վեկտորի հոսքը կամայական մակերևույթով հավասար է այդ մակերևույթի լիցքը՝ բաժանած էլեկտրական հաստատունին՝ $\Phi_e = \iint_S \vec{E} d\vec{S} = \frac{q}{\epsilon_0}$; **դ)** Լիցքերի ծավալային խտություն անվանում են մարմնի միավոր ծավալին բաժին ընկնող լիցքին՝ $\rho(x, y, z) = \frac{dQ}{dV}$:

1.6. ա) Լիցքերի մակերևութային խտությունն անվանում են միավոր մակերեսին բաժին ընկնող լիցքին՝ $\sigma(x, y, z) = \frac{dQ}{ds}$; **բ)** Էլեկտրական լիցքն ինվարիանտ մեծություն է, այսինքն հաշվարկման բոլոր համակարգերի նկատմամբ այն ունի նույն արժեքը; **գ)** Էլեկտրական լիցք ունեցող նյութական կետին անվանում են կետային լիցք; **դ)** Երբ $+3e$ լիցք ունեցող սնդիկի կաթիլից անջատեցին $-5e$ լիցք ունեցող կաթիլ, մնացած կաթիլի լիցքը դարձավ $-2e$:

1.7. ա) Կուլոնի օրենքը պնդում է, որ դատարկությունում գտնվող երկու անշարժ կետային լիցքերի փոխազդեցության ուժի մոդուլն ուղիղ համեմատական է այդ լիցքերի մոդուլների արտադրյալին և հակադարձ համեմատական է դրանց միջև եղած հեռավորության քառակուսուն՝ $|\vec{F}| = k \frac{|Q||q|}{r^2}$, որտեղ r -ը Q և q կետային լիցքերի միջև եղած հեռավորությունն է; **բ)** Լիցքավորված մետաղական գնդիկը նույն չափսի անլիցք մետաղական գնդիկին հպելիս, լիցքը բաժանվում է հավասար մասերի; **գ)** Երկու լիցքաչեզոք մարմիններն իրար հպելիս մի մարմնից մյուսին անցնում է որոշ քանակությամբ էլեկտրոն, որի արդյունքում մարմինները լիցքավորվում են մեծությամբ հավասար տարանուն լիցքերով և դրանց լիցքերի հարաբերությունը հավասար է -1 -ի; **դ)** Լիցքերի գծային խտությունն անվանում են լիցքավորված լարի(զլանի) միավոր երկարությանը բաժին ընկնող լիցքին՝ $\tau(x, y, z) = \frac{dQ}{dl}$:

1.8. ա) Էլեկտրական լիցքի $1CGSE_q$ միավորն արտահայտված CGS-ի հիմնական միավորներով՝ $[1CGSEq] = 1q^{1/2} \text{սմ}^{3/2} \text{վ}^{-1}$; **բ)** Երբ մի լիցքի դաշտում տեղադրվում է մեկ այլ լիցք, ապա առաջին լիցքի ստեղծած էլեկտրաստատիկ դաշտի կողմից երկրորդ լիցքի վրա ազդում է ուժ, որն այդ լիցքերի փոխազդեցության ուժն է; **գ)** Կամայական էլեկտրական լիցքի ստեղծած դաշտին անվանում են էլեկտրաստատիկ դաշտ; **դ)** Եթե $\vec{r}$ -ը Q անշարժ կետային լիցքը q անշարժ կետային լիցքին միացնող վեկտորն է, ապա Q լիցքի կողմից q -ի վրա ազդող ուժը կլինի՝ $\vec{F} = k \frac{Qq}{r^3} \vec{r}$ (Կուլոնի օրենքի վեկտորական տեսքը):

1.9. ա) Երբ երկու կետային լիցքերի միջև հեռավորությունը մեծացրին n

անգամ, դրանց միջև փոխազդեցության ուժը փոքրացավ նույնքան անգամ; **բ)** էլեկտրական դաշտի լարվածությունը հանդիսանում է դաշտը բնութագրող հիմնական ֆիզիկական մեծությունը և այն հավասար է դաշտում տեղադրված փորձնական լիցքի վրա ազդող ուժի և այդ լիցքի հարաբերությանը՝ $\vec{E} = \vec{F}/q$; **գ)** Ինչպես էլեկտրական դաշտի ուժագծերը, այնպես էլ էլեկտրական դաշտը՝ լիցքերի փոխազդեցությունը նկարագրելու համար հարմար միջոց են և իրականում դրանք գոյություն չունեն; **դ)** Q անշարժ կետային լիցքի էլեկտրական դաշտի լարվածությունը՝ $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^3} \vec{r}$, որտեղ $\vec{r}$ -ը Q լիցքից դիտարկվող կետին տարված շառավիղ-վեկտորն է:

1.10. ա) Համասեռ էլեկտրական դաշտի $\vec{E}$ լարվածության հոսքը հարթ մակերեսով տրվում է $\Phi_e = ES \sin \alpha$ արտահայտությամբ, որտեղ α -ն հարթության դրական նորմալի և էլեկտրական դաշտի լարվածության վեկտորի կազմած անկյունն է; **բ)** էլեկտրական դաշտի լարվածության միավորն արտահայտված միավորների ՄՀ-ի հիմնական միավորներով՝ $[E] = 1 \text{ կգ.մ}/(\text{Ա.վ})$; **գ)** Տարածության տվյալ կետում կետային լիցքերի համակարգի ստեղծած արդյունաբար դաշտի լարվածությունը հավասար է առանձին լիցքերի ստեղծած դաշտերի լարվածությունների վեկտորական գումարին՝ $\vec{E} = \sum_i \vec{E}_i$; **դ)** էլեկտրական դաշտի ուսումնասիրումը կատարում են փորձնական լիցքի օգնությամբ: Դա այնպիսի դրական կետային լիցք է, որը չի կարող աղավաղել ուսումնասիրվող դաշտի տեսքը:

1.11. ա) էլեկտրաստատիկ դաշտի ուժագծերն ունեն սկիզբ և վերջ, դրանք սկսվում են դրական լիցքերից (կամ անվերջությունից) և վերջանում բացասական լիցքերի վրա (կամ անվերջությունում); **բ)** Իրար մոտ գտնվող $+q$ և $-q$ անշարժ կետային լիցքերի դաշտի լարվածությունը միայն անվերջ հեռու կետում է հավասար զրոյի; **գ)** էլեկտրական դաշտի ուժագծեր կոչվում են այն անընդհատ գծերը, որոնց ցանկացած կետում տարված շոշափողը համընկնում է այդ կետում դաշտի լարվածության վեկտորի ուղղության հետ; **դ)** Ծավալով բաշխված լիցքի դաշ-

տի լարվածությունը՝ $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{\rho dV}{r^3} \vec{r}$, որտեղ $\vec{r}$ -ը $dQ=\rho dV$ լիցքից դիտարկվող կետին տարված շառավիղ-վեկտորն է:

1.12. ա) Նույն մեծություն և նշան ունեցող երկու ամրացված կետային լիցքերը միացնող հատվածի միջնակետում տեղադրված կամայական կետային լիցք կգտնվի հավասարակշռության վիճակում; **բ)** Էլեկտրական դաշտի այն կետերը, որտեղ $\text{div}\vec{E}>0$ օժտված են դրական լիցքով;

գ) Համասեռ Էլեկտրական դաշտի լարվածությունը դաշտի բոլոր կետերում ունի նույն մեծությունն ու ուղղությունը; **դ)** Երբ երկու կետային դիպոլների էլեկտրական մոմենտները գտնվում են մի գծի վրա և ունեն հակադիր ուղղություն, ապա դրանք իրար կձգվեն;

1.13. ա) Գծային բաշխվածությամբ լիցքի դաշտի լարվածությունը՝ $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_l \frac{\tau dl}{r^3} \vec{r}$, որտեղ $\vec{r}$ -ը $dQ=\tau dl$ լիցքից դիտարկվող կետին տարված շառավիղ-վեկտորն է; **բ)** Տարածության այն տիրույթներում, որտեղ էլեկտրական դաշտի լարվածությունը մեծ է՝ ուժագծերը խիտ են; **գ)** 1Կլ համարվում է այն լիցքը, որն անցնում է հաղորդալարով 1Ա հոսանքի ուժի դեպքում; **դ)** Հարթության դրական նորմալ հանդիսանում է հարթությանն ուղղահայաց այն միավոր վեկտորը, որը հարթության եզրագրծի շրջանցման ուղղության հետ կապված է աջ պտուտակի կանոնով:

1.14. ա) Էլեկտրաստատիկ դաշտի պոտենցիալ կոչվում է էլեկտրական դաշտի էներգիայի հարաբերությունը փորձնական լիցքին; **բ)** Համասեռ էլեկտրական դաշտի $\vec{E}$ լարվածության հոսքը հարթ մակերեսով՝ $\Phi_e = \vec{E}\vec{S}$, որտեղ $\vec{S}$ -ը հարթության դրական նորմալով ուղղված վեկտոր է, որի մոդուլը հավասար է հարթակի մակերեսին՝ $|\vec{S}| = S$; **գ)** Էլեկտրական դաշտի լարվածության միավորը ՄՀ-ում հանդիսանում է 1Վ/մ; **դ)** Քանի որ լարվածության վեկտորը տարածության տվյալ կետում ունի որոշակի ուղղություն, ուստի ուժագծերը դաշտի ոչ մի կետում իրար հետ չեն հատվում:

1.15. ա) Էլեկտրական դաշտի ուժագծերն իրականում գոյություն չունեն, նրանք ուղղակի հարմար միջոց են դաշտը պատկերելու համար; **բ)** Անհամասեռ էլեկտրական դաշտի լարվածության հոսքը կամայական

S մակերևույթով՝ $\Phi_e = \iint_S \vec{E} d\vec{S}$; **գ)** Էլեկտրաստատիկ դաշտի պոտենցիալ է կոչվում դաշտում տեղադրված փորձական լիցքի պոտենցիալ էներգիայի և այդ լիցքի հարաբերությունը՝ $\varphi = \frac{W}{q}$; **դ)** 1V (կուլոն) այն լիցքն է, որը 1վ -ում անցնում է հաղորդալարի լայնական հատույթով, երբ նրանում հաստատուն հոսանքի ուժը 1Ա է, $1\text{V} = 3.10^\circ\text{CGSEq}$:

1.16. ա) Էլեկտրական դաշտի լարվածության վեկտորի հոսքը կամայական փակ S մակերևույթով հավասար է այդ մակերևույթի ներսում եղած լիցքերի հանրահաշվական q գումարը բաժանած էլեկտրական հաստատունին՝ $\oint_S \vec{E} d\vec{S} = \frac{\sum q_i}{\epsilon_0} = \frac{q}{\epsilon_0}$; **բ)** Իրար հավասար երկու տարանուն կետային լիցքերի $\vec{p}$ էլեկտրական (դիպոլային) մոմենտը հավասար է բացասական լիցքից դրականին տարված $\vec{l}$ վեկտորի և դրական լիցքի արտադրյալին՝ $\vec{p} = q\vec{l}$: $\vec{l}$ վեկտորին անվանում են դիպոլի բազուկ: **գ)** Q անշարժ կետային լիցքի էլեկտրական դաշտի պոտենցիալը՝ $\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$, որտեղ r -ը Q լիցքից մինչև դիտարկվող կետն եղած հեռավորությունն է; **դ)** Անշարժ դրական կետային լիցքն ազատ էլեկտրական դիպոլին միշտ վանում է:

1.17. ա) Բացասական կետային լիցքի դաշտի ուժագծերն ուղիղ գծեր են, որոնք սկիզբ են առնում անվերջությունից և վերջանում այդ լիցքի վրա; **բ)** Էլեկտրական դիպոլը (երկբևեռը) համարվում է կետային, եթե դիտարկվող կետի հեռավորությունը դիպոլից շատ անգամ մեծ է նրա բազուկից; **գ)** σ մակերևութային խտությամբ լիցքավորված անվերջ հարթության դաշտի լարվածությունը՝ $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$; **դ)** Էլեկտրական դաշտի այն կետերում, որտեղ լիցքեր չկան $\text{div}\vec{E} < 0$:

1.18. ա) Էլեկտրական դաշտում գտնվող կետային դիպոլի վրա ազդող ուժի մոմենտը՝ $M = pE \cos \alpha$, որտեղ α -ն $\vec{p}$ և $\vec{E}$ վեկտորների կազմած անկյունն է; **բ)** Երբ երկու կետային դիպոլների էլեկտրական մոմենտները գտնվում են մի գծի վրա և ունեն նույն ուղղությունը, ապա դրանք իրար կձգեն; **գ)** Էլեկտրաստատիկ դաշտի աշխատանքը, երբ q կետային լիցքն անհամասեռ դաշտի մի կետից անցնում է մյուսը՝ $A = \int_1^2 \vec{E} d\vec{l}$; **դ)** Գաուսի

թեորեմի ինտեգրալ տեսքը՝ $\oint_S \vec{E} d\vec{S} = \frac{\sum_i q_i}{\epsilon_0} = \frac{q}{\epsilon_0}$: Այն կապ է հաստատում

փակ մակերևույթի կետերի $\vec{E}$ -ն այդ մակերևույթի դրսում կամ ներսում տեղակայված դաշտ ստեղծող լիցքերի հետ:

1.19. ա) Համասեռ էլեկտրական դաշտում գտնվող լիցքավորված մասնիկի վրա դաշտի բոլոր կետերում ազդում է նույն ուժը; **բ)** Էլեկտրական լիցքի պահպանման օրենքից հետևում է, որ էլեկտրականապես մեկուսացած համակարգի դրական լիցքը չի կարող մեծանալ; **գ)** Համապոտենցիալ մակերևույթի կետերի էլեկտրական դաշտի լարվածությունը միշտ ուղղահայաց է այդ մակերևույթին; **դ)** Էլեկտրական դաշտի լարվածության դիվերգենցիա կոչվում է $\frac{1}{\Delta V} \oint_{\Delta S} \vec{E} d\vec{S}$ հարաբերության

սահմանը, երբ $\Delta V \rightarrow 0$ ՝ $\text{div} \vec{E} = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\oint_{\Delta S} \vec{E} d\vec{S}}{\Delta V}$, հրտեղ ΔV -ն ΔS փակ մակերևույթի ընդգրկած ծավալն է:

1.20. ա) Գաուսի թեորեմի դիֆերենցիալ տեսքը կապ է ստեղծում դաշտի տվյալ կետում լիցքերի ρ ծավալային խտության և այդ կետի շրջակայքում $\vec{E}$ լարվածության փոփոխության միջև՝ $\text{div} \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$; **բ)** Էլեկտրաստատիկ դաշտում լիցքի տեղափոխման աշխատանքը կախված չէ հետագծի ձևից, այլ կախված է տեղափոխվող լիցքի սկզբնական և վերջնական դիրքերից; **գ)** Էլեկտրական լիցքի պահպանման օրենքից հետևում է, որ էլեկտրականապես մեկուսացած համակարգի բացասական լիցքի մոդուլը չի կարող մեծանալ; **դ)** Քանի որ էլեկտրաստատիկ դաշտի ուժերը պոտենցիալային են, ուստի այդ ուժերի աշխատանքը հավասար է լիցքի պոտենցիալ էներգիայի փոփոխությանը մինուս նշանով՝ $A_{12} = -(W_{2\text{պ}} - W_{1\text{պ}})$:

1.21. ա) Գաուսի թեորեմի դիֆերենցիալ տեսքը՝ $\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$, որտեղ $\vec{\nabla}$ -նաբլա վեկտորական օպերատորը դեկարտյան կոորդինատական համակարգում հետևյալն է՝ $\vec{\nabla} = \hat{i} \frac{\partial}{\partial x} + \hat{j} \frac{\partial}{\partial y} + \hat{k} \frac{\partial}{\partial z}$; **բ)** Անշարժ կետային լիցքի և կետային էլեկտրական դիպոլի փոխազդեցության ուժը հակադարձ համեմատական է նրանց միջև եղած հեռավորության խորանարդին՝ $F \sim 1/r^3$; **գ)** Էլեկտրական դաշտի ազդեցությամբ լիցքավորված մասնի-

կի ձեռք բերած արագացումը միշտ ունի դաշտի լարվածության ուղղությունը; **դ)** Քանի որ լիցքի տեղափոխման աշխատանքն էլեկտրաստատիկ դաշտում կախված չէ հետագծի ձևից, ուստի էլեկտրաստատիկ դաշտը պոտենցիալային է, իսկ էլեկտրաստատիկ ուժերը՝ պոտենցիալային ուժեր:

1.22. ա) էլեկտրաստատիկ դաշտի պոտենցիալի արժեքը դաշտի տվյալ կետում հարաբերական մեծություն է և կախված է զրոյական մակարդակի ընտրությունից; **բ)** Երկու կետային էլեկտրական դիպոլների փոխազդեցության ուժի մոդուլը հակադարձ համեմատական է նրանց միջև եղած հեռավորության խորանարդին՝ $F \sim 1/r^3$; **գ)** էլեկտրաստատիկ դաշտի աշխատանքը, երբ q կետային լիցքն անհամասեռ դաշտի ուժազրծերի ուղղությամբ տեղափոխվում է վերջավոր d -ով՝ $A=qEd$; **դ)** Կամայական էլեկտրական դաշտի լարվածության շրջապտույտը հավասար է զրոյի՝ $\oint \vec{E} d\vec{l} = 0$:

1.23. ա) Երբ էլեկտրական դաշտ ստեղծող լիցքերն ունեն վերջավոր զծային չափեր, ապա անվերջ հեռու կետի պոտենցիալը կարելի է վերցրնել հավասար զրոյի և ազատվել պոտենցիալի անորոշ հաստատունից; **գ)** էլեկտրական դաշտի լարվածության վեկտորի հոսքը կամայական փակ մակերևույթով հավասար է այդ մակերևույթի ներսում եղած լիցքերի հանրահաշվական գումարը բազմապատկած 4π -ով՝ $\oint_S \vec{E} d\vec{S} = 4\pi q$: Սա Գաուսի թեորեմի տեսքն է միավորների ԳՀ-ում; **դ)** էլեկտրական դաշտի լարվածության միավորն՝ արտահայտված ՄՀ-ի հիմնական միավորներով՝ $[E]=կգմ/(Ավ^3)$:

1.24. ա) Եթե կետային լիցքերի համակարգի համար $\sum_i q_i > 0$, ապա այդ համակարգի $\vec{p} = \sum_i q_i \vec{r}_i$ դիպոլային մոմենտը կախված չի լինի հաշվարկման համակարգի սկզբնակետի դիրքի ընտրությունից; **բ)** էլեկտրաստատիկ դաշտի աշխատանքը, երբ q կետային լիցքը φ_1 պոտենցիալով կետից տեղափոխվում է φ_2 պոտենցիալով կետը՝ $A = q(\varphi_2 - \varphi_1)$; **գ)** Երկու կետային էլեկտրական դիպոլների փոխազդեցության ուժի մոդուլը հակադարձ համեմատական է նրանց միջև եղած հեռավորության չորրորդ աստիճանին՝ $F \sim 1/r^4$; **դ)** $\varphi(x, y, z)$ ֆունկցիայի գրադիենտը վեկ-

տոր է, որն ուղղված է այդ ֆունկցիայի առավելագույն աճի ուղղությամբ, իսկ դրա մոդուլը հավասար է այդ ուղղությամբ $\varphi(x, y, z)$ ֆունկցիայի ածանցյալի մոդուլին:

1.25. ա) Անշարժ կետային լիցքերի համակարգի էլեկտրաստատիկ դաշտի պոտենցիալը՝ $\varphi = \sum_{i=1}^N \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0 r_i}$, որտեղ r_i -ն q_i լիցքից միջև դիտարկվող

կետը եղած հեռավորությունն է; **բ)** Անշարժ բացասական կետային լիցքըն ազատ էլեկտրական դիպոլին միշտ վանում է; **գ)** $+\sigma$ և $-\sigma$ հաստատուն մակերևութային լիցքերի խտությամբ լիցքավորված, իրար զուգահեռ երկու անվերջ հարթությունների դաշտի լարվածությունն այն կետերում, որոնք գտնվում են այդ հարթությունների միջև եղած տարածությունում տրվում է $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$ առնչությամբ; **դ)** Էլեկտրաստատիկ դաշտի

լարվածության ու $\varphi(x, y, z)$ պոտենցիալի դիֆերենցիալ կապը դեկարտյան կոորդինատական համակարգում՝ $\vec{E} = -\left(\hat{i}\frac{\partial\varphi}{\partial x} + \hat{j}\frac{\partial\varphi}{\partial y} + \hat{k}\frac{\partial\varphi}{\partial z}\right)$:

1.26. ա) Ծավալային բաշխվածությամբ լիցքի դաշտի պոտենցիալը՝ $\varphi_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_V \frac{\rho dV}{r} + C$, որտեղ r -ը $dQ=\rho dV$ լիցքից միջև դիտարկվող կետը եղած հեռավորությունն է, իսկ C -ն՝ անորոշ հաստատուն; **բ)** $\vec{p}$ էլեկտրական մոմենտով կետային դիպոլի համընթաց տեղափոխման աշխատանքը լարվածությամբ համասեռ էլեկտրաստատիկ դաշտում հավասար է $-\vec{p} \cdot \vec{E}$; **գ)** Էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածության վեկտորն ուղղված է $\varphi(x, y, z)$ պոտենցիալի գրադիենտի վեկտորի հակառակ ուղղությամբ՝ $\vec{E} = -grad\varphi$; **դ)** Եթե կետային լիցքերի համակարգի համար $\sum_i q_i = 0$, ապա այդ համակարգի $\vec{p} = \sum_i q_i \vec{r}_i$ դիպոլային մոմենտը կախված չի լինի հաշվարկման համակարգի սկզբնակետի դիրքի ընտրությունից:

1.27. ա) Մակերևութային բաշխվածությամբ լիցքի դաշտի պոտենցիալը՝ $\varphi_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{\sigma dS}{r} + C$, որտեղ r -ը $dQ = \sigma dS$ լիցքից միջև դիտարկվող կետը եղած հեռավորությունն է, իսկ C -ն՝ անորոշ հաստատուն; **բ)** 1Վ-ը էլեկտրական դաշտի այն կետի պոտենցիալն է, որտեղ 1Կլ լիցքն անվերջությունից տեղափոխելիս անհրաժեշտ է կատարել 1 Ջոուլ աշխատանք:

տանք՝ $1\text{Վ}=1\text{ Ջ/Կլ}$; **զ)** Էլեկտրաստատիկ դաշտի $\varphi(x,y,z)$ պոտենցիալը լարվածության գծի երկայնքով ունի փոփոխման առավելագույն արագություն; **դ)** Կետային լիցքերի համակարգի դիպոլային մոմենտը տրվում է $\vec{p} = \sum_i q_i \vec{r}_i$ առնչությամբ, որտեղ $\vec{r}_i$ -ն q_i կետային լիցքի շառավիղ-վեկտորն է:

1.28. ա) Գծային բաշխվածությամբ լիցքի դաշտի պոտենցիալը՝ $\varphi_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_l \frac{\tau dl}{r} + C$, որտեղ r -ը $dQ = \tau dl$ լիցքից միջև դիտարկվող կետը եղած հեռավորությունն է, իսկ C -ն՝ անորոշ հաստատուն; **բ)** $+\sigma$ և $-\sigma$ հաստատուն մակերևութային լիցքերի խտությամբ լիցքավորված, իրար գուգահեռ երկու անվերջ հարթությունների դաշտի լարվածությունն այն կետերում, որոնք չեն գտնվում այդ հարթությունների միջև եղած տարածությունում, հավասար է զրոյի; **գ)** Էլեկտրաստատիկ դաշտի պոտենցիալ կոչվում է էլեկտրական դաշտի էներգիայի հարաբերությունը փորձնական լիցքին՝ $\varphi = W/q$; **դ)** Կետային դիպոլի դաշտի լարվածությունը տրվում է $E = \frac{p}{4\pi\epsilon_0 r^3} \sqrt{1 + 3\cos^2\theta}$ արտահայտությամբ, որտեղ θ -ն $\vec{r}$ և $\vec{p}$ վեկտորների կազմած անկյունն է:

1.29. ա) Էլեկտրաստատիկ դաշտի մի կետից մյուսը փորձնական լիցքի տեղափոխելու աշխատանքի հարաբերությունն այդ լիցքին, կոչվում է լարում՝ $\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A_{12}}{q_0} = \frac{W_1 - W_2}{q_0}$; **բ)** Գաուսի թեորեմի դիֆերենցիալ տեսքը (միավորների գաուսյան համակարգում) $\text{div}\vec{E} = 4\pi\rho$; **գ)** Էլեկտրական հաստատունի չափողականությունն արտահայտված ՄՀ-ի հիմնական միավորներով $(\text{Մ}^2\text{վ}^2)/(\text{կգ}\cdot\text{մ}^2)$; **դ)** Երբ որոշ հեռավորության վրա գտնվող տարբեր նշանի լիցք ունեցող մետաղե միատեսակ գնդիկները հպեցին իրար և տեղադրեցին նախկին հեռավորության վրա, դրանց փոխազդեցության ուժը դարձավ ավելի մեծ, քան դրանք մինչ իրար հըպելը:

1.30. ա) Էլեկտրաստատիկ դաշտի պոտենցիալը թվապես հավասար է այն աշխատանքին, որը կատարում են էլեկտրական ուժերը միավոր դրական կետային լիցքը դաշտի տվյալ կետից մինչև դաշտից դուրս կետ տեղափոխելիս; **բ)** q_1 և q_2 երկու անշարժ կետային լիցքերի փոխազդե-

ցության էներգիան տրվում է $W = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r}$ արտահայտությամբ, որտեղ r -ը այդ լցքերի միջև եղած հեռավորությունն է; **զ)** $Q_1, Q_2 \dots Q_N$ անշարժ կետային լիցքերի համակարգի կողմից q կետային լիցքի վրա ազդող ուժը՝ $\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_i \frac{Q_i q}{r_i^2} \vec{r}_i$, որտեղ $\vec{r}_i$ -ն Q_i լիցքից q -ին տարված շառավիղ-վեկտորն է; **դ)** Էլեկտրական դաշտի պոտենցիալի միավորն արտահայտած միավորների ՄՀ-ի հիմնական միավորներով՝ $[\varphi] = \text{կգ}\cdot\text{մ}^2/(\text{Ա}\cdot\text{վ}^3)$:

1.31. ա) Քառակուսու գագաթներում գտնվող բացասական q կետային լիցքերի միջև եղած վանողական ուժերը դրանց իրարից անվերջ հեռացնում են: Եթե այդ քառասուսու կենտրոնում որոշակի դրական լիցք տեղադրվի ու բաց թողնվի, ապա ամբողջ համակարգը կգտնվի կայուն հավասարակշռության վիճակում; **բ)** Կուլոնի օրենքն արտահայտող բանաձևը (միավորների գաուսյան համակարգում)՝ $\vec{F} = \frac{Qq}{r^3} \vec{r}$; **գ)** Իրար հավասար երկու տարանուն կետային լիցքերի էլեկտրական (դիպոլային) մոմենտը՝ $\vec{p} = q\vec{l}$ որտեղ $\vec{l}$ -ը դիպոլի բազուկն է (բացասական լիցքից դրականին տարված վեկտորը); **դ)** Էլեկտրական դաշտի էներգիան՝ $W = \frac{1}{2} \int_V \epsilon_0 E^2 dV$, որտեղ $\vec{E}$ -ն էլեկտրական դաշտի լարվածությունն է dV ծավալի կենտրոնում:

1.32. ա) Q անշարժ կետային լիցքի էլեկտրական դաշտի լարվածությունը (միավորների գաուսյան համակարգում)՝ $\vec{E} = \frac{Q}{r^3} \vec{r}$; **բ)** $\vec{p}$ էլեկտրական մոմենտ ունեցող կետային դիպոլի էլեկտրաստատիկ դաշտի պոտենցիալը տրվում է $\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\vec{p} \cdot \vec{r}}{r^3}$ արտահայտությամբ, որտեղ $\vec{r}$ -ը դիպոլը դիտարկվող կետին միացնող շառավիղ-վեկտորն է; **գ)** Մակերևութային բաշխվածություն ունեցող լիցքերի դաշտի լարվածությունը կարելի է որոշել հետևյալ բանաձևով՝ $\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{\sigma dS}{r^3} \vec{r}$, որտեղ σ -ն լիցքի մակերևութային խտությունն է մակերեսի dS տարրի վրա, իսկ $\vec{r}$ -ը դիտարկվող կետի շառավիղ-վեկտորն է այդ տարրից հաշված; **դ)** Անշարժ կետային լիցքերի փոխազդեցության էներգիան՝ $W = \frac{1}{2} \sum_{ik} \frac{q_i q_k}{4\pi\epsilon_0 r_{ik}}$, որտեղ r_{ik} -ն այդ q_i և q_k լիցքերի միջև եղած հեռավորությունն է:

1.33. ա) Q անշարժ կետային լիցքի էլեկտրական դաշտի պոտենցիալը (միավորների գաուսյան համակարգում)՝ $\varphi = \frac{Q}{r}$, որտեղ r -ը Q լիցքից մինչև դիտարկվող կետն եղած հեռավորությունն է; **բ)** $\vec{p}$ էլեկտրական մոմենտ ունեցող կետային դիպոլի էլեկտրաստատիկ դաշտի պոտենցի-

ալի մոդուլը (բացառությամբ այն կետերի, որտեղ այն հավասար է զրոյի) ուղիղ համեմատական է $\vec{r}$ -ի մոդուլին և հակադարձ համեմատական է դրանից ունեցած r հեռավորության քառակուսուն՝ $\varphi \sim \frac{1}{r^2}$; **գ)** Էլեկտրական դաշտի լարվածության վեկտորը միշտ ունի դաշտի տվյալ կետում տեղադրված դրական կետային լիցքի վրա ազդող ուժի ուղղությունը; **դ)** Էլեկտրական դաշտի էներգիայի ծավալային խտությունը՝ $w = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2}$, որտեղ $\vec{E}$ -ն էլեկտրական դաշտի լարվածությունն է, իսկ ε_0 -ն՝ էլեկտրական հաստատունը:

1.34. ա) Էլեկտրական դաշտի լարվածության վեկտորն ունի դաշտի տվյալ կետում տեղադրված դրական կետային լիցքի վրա ազդող ուժի ուղղությունը միայն էլեկտրաստատիկ դաշտի դեպքում; **բ)** Եթե անվերջությունում կա լիցք և էլեկտրական դաշտ, ապա այդ կետի պոտենցիալը չի կարելի համարել զրո; **գ)** $\vec{p}$ էլեկտրական մոմենտ ունեցող կետային դիպոլի էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածության մոդուլն ուղիղ համեմատական է $\vec{p}$ -ի մոդուլին և հակադարձ համեմատական է դրանից ունեցած r հեռավորության խորանարդին՝ $E \sim \frac{p}{r^3}$; **դ)** Համասեռ էլեկտրաստատիկ դաշտում տեղադրված ուղղանկյուն հարթակով էլեկտրական դաշտի լարվածության հոսքի փոփոխությունը հավասար է զրոյի, եթե այդ ուղղանկյունն իր կողմերից մեկի շուրջը պտտվի 180° -ով:

1.35. ա) V ծավալով բաշխված լիցքի փոխազդեցության էներգիան՝ $W = \frac{1}{2} \int_V \rho \varphi dV$, որտեղ ρ -ն լիցքի ծավալային խտությունն է, իսկ φ -ն այն կետի պոտենցիալն է, որտեղ գտնվում է ρdV լիցքը; **բ)** Հավասարաչափ լիցքավորված R շառավղով գնդային մակերևույթի նեսում էլեկտրական դաշտը բացակայում է՝ $r \leq R$ կետում $E=0$, որտեղ r -ը դիտարկվող կետի հեռավորությունն է գնդի կենտրոնից; **գ)** Երբ համակարգի եզրով լիցքերի ներհոսք և արտահոսք չկա, ապա այդ համակարգի ընդհանուր լիցքն աճում է, երբ համակարգում ծնվում են դրական լիցքավորված մասնիկներ և նվազում է, երբ ծնվում են բացասական լիցքավորված մասնիկներ; **դ)** Կամայական էլեկտրական դաշտի լարվածության շրջապտույտը՝ $\oint \vec{E} d\vec{l} = 0$:

1.36. ա) R շառավղով անվերջ երկար գլանային մակերևույթի ներսում էլեկտրական դաշտը բացակայում է՝ $r \leq R$ կետերում $E=0$, որտեղ r -ը դիտարկվող կետի հեռավորությունն է գլանի առանցքից; **բ)** Երբ էլեկտրական դաշտում վերցրած փակ մակերևույթից դուրս գտնվող լիցքը երկու անգամ մեծացրին, նույնքան անգամ մեծացավ էլեկտրական դաշտի լարվածության հոսքն այդ փակ մակերևույթով; **գ)** Պուասոնի հավասարումը՝ $\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = -\frac{\rho}{\epsilon_0}$, որտեղ ρ -ն էլեկտրական դաշտ ստեղծող լիցքերի ծավալային խտությունն է (x,y,z) կետում, իսկ φ -ն՝ դաշտի պոտենցիալն այդ կետում; **դ)** Մակերևույթով բաշխված լիցքի փոխադրեցության էներգիան՝ $W = \frac{1}{2} \int_S \sigma \varphi dS$, որտեղ σ -ն լիցքի մակերևույթային խտությունն է, իսկ φ -ն այն կետի պոտենցիալն է, որտեղ գտնվում է σdS լիցքը:

1.37. ա) Էլեկտրական դաշտի V ծավալի էներգիան (միավորների Գաուսյան համակարգում)՝ $W = \frac{1}{8\pi} \int_V E^2 dV$, որտեղ $\vec{E}$ -ն էլեկտրական դաշտի լարվածությունն է $\vec{E}$ ծավալի կենտրոնում: **բ)** Էլեկտրական դաշտում գտնվող էլեկտրական մոմենտով դիպոլի վրա ազդող ուժը՝ $\vec{F} = p \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$, որտեղ $\frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$ -ը $\vec{E}$ -ի ածանցյալն է դիպոլի $\vec{p}$ մոմենտի ուղղությամբ, p -ն՝ դիպոլային մոմենտի մոդուլը; **գ)** Q լիցքով հավասարաչափ լիցքավորված R շառավղով գնդային մակերևույթի դաշտի պոտենցիալը գնդի ներսի բոլոր կետերում նույնն է և որոշվում է $\varphi(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R}$ արտահայտությամբ; **դ)** Կամայական էլեկտրաստատիկ դաշտում լիցքավորված մասնիկի շարժման հետագիծը համընկնում է դաշտի ուժագծի հետ, եթե մասնիկի սկզբնական արագությունը հավասար է զրոյի:

1.38. ա) Նույն նշանի երկու կետային լիցքերի էլեկտրաստատիկ դաշտի համապոտենցիալ մակերևույթներից մեկը գնդաձև է; **բ)** Իրարից 1 սմ հեռավորության վրա գտնվող մեկական CGSE_q լիցք ունեցող երկու անշարժ կետային լիցքեր դատարկությունում իրար հետ փոխազդում են մեկ դին ուժով; **գ)** Էլեկտրաստատիկ դաշտում լիցքավորված մասնիկի շարժման հետագիծը դաշտի ուժագծի հետ երբեք չի համընկնի, եթե

ուժագծերը կոր գծեր են: Կոր գծով շարժվող մասնիկի արագացումն ունի նորմալ և տանգենցիալ բաղադրիչներ, մինչդեռ ուժագծով շարժվելիս մասնիկի վրա ազդող ուժն ունի միայն տանգենցիալ (շոշափող) բաղադրիչ: **դ)** Համասեռ էլեկտրական դաշտում գտնվող դիպոլի վրա ազդող ուժ զրոյից տարբեր է՝ $\vec{F} \neq 0$ և ուղղված է դաշտի ուղղությամբ:

1.39. ա) Անշարժ լիցքերի համակարգի ստեղծած արդյունարար դաշտի պոտենցիալը հավասար է առանձին լիցքերի ստեղծած դաշտի $\varphi_1, \varphi_2 \dots \varphi_N$ պոտենցիալների հանրահաշվական գումարին՝ $\varphi = \sum_i \varphi_i$; **բ)** Ծավալով հավասարաչափ լիցքավորված գնդի ներսում էլեկտրական դաշտի լարվածությունը հավասար է զրոյի; **գ)** q փորձնական լիցքի տեղափոխման աշխատանքը Q անշարժ կետային լիցքի էլեկտրական դաշտում՝ $A_{12} = \left(\frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 r_1} - \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 r_2} \right)$ որտեղ r_1 և r_2 -ը q լիցքի սկզբնական և վերջնական դիրքերի հեռավորությունն է Q լիցքից; **դ)** էլեկտրաստատիկ դաշտի 1 և 2 կետերի պոտենցիալների տարբերությունը՝ $\varphi_1 - \varphi_2 = \int_1^2 \vec{E} d\vec{l}$, որտեղ ինտեգրումը կատարվում է 1 և 2 կետերը միացնող կամայական գծով:

1.40. ա) Միայն էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածության վեկտորն ունի դաշտի տվյալ կետում տեղադրված բացասական կետային լիցքի վրա ազդող ուժի հակառակ ուղղությունը; **բ)** Q անշարժ կետային լիցքի էլեկտրական դաշտում գտնվող փորձնական լիցքի պոտենցիալ էներգիան՝ $W = \frac{Qq}{4\pi\epsilon_0 r} + C$; **գ)** Արտաքին $\vec{E}$ լարվածությամբ դաշտի հետ $\vec{p}$ էլեկտրական մոմենտով կետային դիպոլի փոխազդեցության էներգիան՝ $W = -\vec{p} \cdot \vec{E} = -pE \cos \alpha$; **դ)** էլեկտրական դաշտի պոտենցիալների տարբերության $\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A_{12}}{q}$ սահմանումից հետևում է, որ այն ուղիղ համեմատական է փորձնական լիցքը 1 կետից 2 կետը տեղափոխելու աշխատանքին և հակադարձ համեմատական է տեղափոխվող q փորձնական լիցքի մեծությանը:

§2. Էլեկտրական դաշտը միջավայրի առկայության դեպքում

Հիմնական հասկացություններ և բանաձևեր

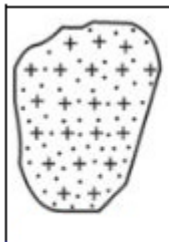
Երբ արտաքին $\vec{E}_0$ էլեկտրական դաշտում միջավայր է տեղադրվում, նրանում մակաձվում են ազատ մակերևութային (հաղորդիչների դեպքում) կամ կապված մակերևութային ու ծավալային լիցքեր (դիէլեկտրիկների դեպքում) և ամենուրեք էլեկտրական դաշտի $\vec{E}$ լարվածությունը հավասար կլինի $\vec{E}_0$ և մակաձված լիցքերի ստեղծած $\vec{E}'$ դաշտերի վեկտորական գումարը՝

$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}'$$

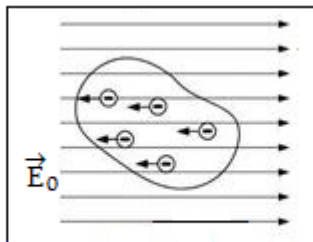
Միջավայրի ներսում $\vec{E}'$ -ը միշտ $\vec{E}_0$ -ին հակառակ է ուղղված: Հաղորդիչների ներսում $\vec{E}' = -\vec{E}_0$, դիէլեկտրիկներում $|\vec{E}'| < |\vec{E}_0|$:

1. Էլեկտրաստատիկ դաշտը հաղորդիչների առկայության դեպքում

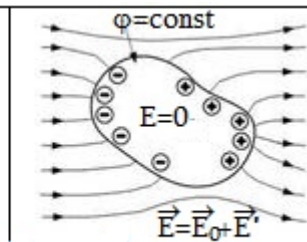
Մետաղներում ատոմների վալենտական (արժեքական) էլեկտրոնները միջուկի հետ թույլ են կապված, հեշտությամբ պոկվում են ատոմներից և ընդունակ են ազատ տեղաշարժվել մետաղի ամբողջ ծավալով (Նկ. 2.1): Այդպիսի էլեկտրոնները կոչվում են հաղորդականության կամ ազատ էլեկտրոններ: Դրանց կոնցենտրացիան հավասար է ատոմների կոնցենտրացիային և կազմում է $\sim 10^{28} \text{մ}^{-3}$: Իրենց արժեքական էլեկտրոնները կորցրած ատոմները վերածվում են դրական իոնների, որոնք ամրացված են տարածական ցանցի հանգույցներում և էլեկտրական դաշտի ազդեցության տակ իրենց տեղից գրեթե չեն տեղաշարժվում:



Նկ.2.1



ա)



Նկ.2.2

բ)

Երբ արտաքին $\vec{E}_0$ էլեկտրական դաշտում տեղադրվում է մետաղական հաղորդիչ (Նկ.2.2ա): Այս դեպքում մետաղի ազատ էլեկտրոնների և դրական իոնների վրա կազդի էլեկտրական ուժ, արդյունքում բոլոր ազատ էլեկտրոնները կսկսեն տեղաշարժվել դաշտի հակառակ ուղղությամբ այնքան ժամանակ և կվերաբաշխվեն այնպես, որ ստեղծվի նոր հավասարակշռված վիճակ: Քանի որ արդեն մետաղների ներսի էլեկտրոնները հավասարակշռված են, նշանակում է մետաղի ներսում արդյունաբար դաշտի լարվածությունը զրո է: Այսպիսով, հավասարակշռության դեպքում մետաղի ներսում էլեկտրական դաշտի լարվածությունը հավասար է զրոյի՝ $\vec{E} = 0$: Գաուսի թեորեմից ունենք, որ $\text{div} \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} = 0$, ուրեմն՝ $\rho = 0$: Բայց մետաղի ներսում $\rho = 0$ նաև մինչև նրան արտաքին դաշտ մտցնելը: Սա նշանակում է, որ մետաղի ներսի ազատ էլեկտրոնները կարծես թե չեն էլ տեղափոխվել: Սակայն ավելցուկ լիցքեր առաջանում են միայն մետաղի մակերևույթին (այդ լիցքավորված շերտի հաստությունը կազմում է մեկ-երկու միջատոմական հեռավորություն), որոնց մակերևույթային σ խտությունն ընդհանուր դեպքում, մակերևույթի տարբեր կետերում տարբեր է (Նկ.2.2բ): Քանի որ հաղորդչի ներսում $\vec{E} = 0$, ուստի հաղորդչի ներսի բոլոր կետերում մակածված լիցքերի $\vec{E}'$ դաշտը մեծությամբ հավասար է արտաքին $\vec{E}_0$ դաշտին և ուղղված է դրան հակառակ՝ $\vec{E}' = -\vec{E}_0$:

- **Էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածությունը հաղորդչի մակերևույթի վրա.**

$$E_n = \frac{\sigma}{\epsilon_0}, \quad (2.1)$$

որտեղ E_n -ը լարվածության նորմալ բաղադրիչն է, լարվածության տանգենցիալ (շոշափողով) բաղադրիչը հավասար է զրոյի, իսկ $\vec{n}$ -ը՝ հաղորդչի մակերևույթի արտաքին նորմալն է:

- **Հաղորդչի ներսի պոտենցիալը, դաշտի լարվածությունը և ավելցուկ լիցքերի ծավալային խտությունը.**

$$\varphi = \text{const}; \quad \vec{E} = 0; \quad \rho = 0: \quad (2.2)$$

Հավասարակշռության դեպքում հաղորդչի լիցքը բաշխվում է միայն դրա մակերևույթով այնպես, որ հաղորդչի ներսի կետերն ունենան նույն պոտենցիալը: Հաղորդչի ներսում էլեկտրաստատիկ դաշտը բացակայում է:

- **Լիցքավորված հաղորդչի մակերևույթին ազդող էլեկտրաստատիկ**

Ճնշումը.

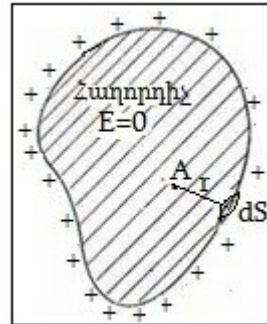
$$p = \frac{|\sigma|E}{2} = \frac{\sigma^2}{2\varepsilon_0} = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} = w: \quad (2.3)$$

Էլեկտրաստատիկ ճնշումը հավասար է դաշտի էներգիայի ծավալային խտությանը մակերևույթի մոտ կետերում:

2. Հաղորդիչների և կոնդենսատորների էլեկտրադինամիկությունը

• Առանձնակի(մեկուսի) հաղորդչի էլեկտրադինամիկությունը.

Հաղորդչին հաղորդած լիցքը բաշխվում է նրա մակերևույթով (Նկ.2.3): Եթե դրա շրջապատում այլ հաղորդիչներ չկան, ապա լիցքի մակերևութային խտության բաշխվածությունը կախված կլինի միայն այդ հաղորդչի ձևից և չափերից: Այս դեպքում քանի անգամ մեծացնենք հաղորդչի q լիցքը, նույնքան անգամ կմեծանա հաղորդչի φ պոտենցիալը, հետևաբար լիցքի հարաբերությունը պոտենցիալին կմնա հաստատուն: Այդ հաստատունը կախված է հաղորդչի ձևից ու չափերից, որին անվանում են առանձնակի հաղորդչի էլեկտրադինամիկություն և նշանակում են C տառով.



Նկ.2.3

$$C = \frac{q}{\varphi} \text{ կամ } C = \frac{\Delta q}{\Delta \varphi}, \quad (2.4)$$

որտեղ q -ն հաղորդչի լիցքն է, φ -ն՝ դրա պոտենցիալը: Միավորների ՄՀ համակարգում էլեկտրադինամիկության միավորը կլինի 1Կլ/Վ, որին անվանում են 1ֆարադ՝ $1\text{Ֆ} = \frac{1\text{Կլ}}{1\text{Վ}}$: Միավորների ԳՀ-ում էլեկտրադինամիկության միավորը կլինի՝ $1 \frac{\text{CGSE}_q}{\text{CGSE}_\varphi} = 1$ սմ: $1\text{Ֆ} = 9 \cdot 10^{11}$ սմ: 1սմ ունակությունը, դա վակուումում գտնվող 1սմ շառավղով մետաղական գնդի ունակությունն է:

• R շառավղով հաղորդիչ գնդի էլեկտրադինամիկությունը վակուումում և միջավայրում.

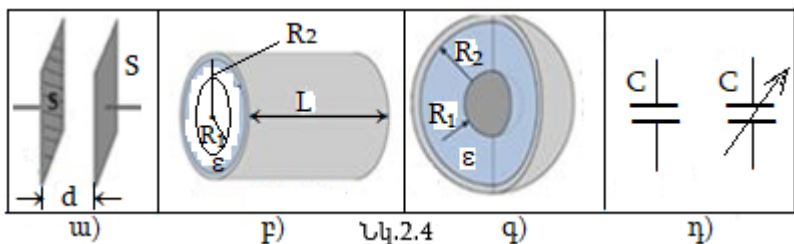
$$C_0 = 4\pi\varepsilon_0 R; \quad C = 4\pi\varepsilon_0 \varepsilon R, \quad (2.5)$$

որտեղ ε -ը միջավայրի հարաբերական դիէլեկտրական թափանցելիությունն է: Միավորների ԳՀ-ում՝ $C_0 = R$:

Կոնդենսատոր, դրա էլեկտրաունակությունը

Կոնդենսատոր կոչվում է իրար մոտ գտնվող երկու հաղորդիչների այնպիսի համակարգը, որոնց եթե հաղորդենք մեծությամբ հավասար, հակադիր նշանով լիցքեր, ապա էլեկտրական դաշտ կառաջանա միայն դրանց միջև եղած տարածությունում:

Սովորաբար այդ թիթեղները, որոնց անվանում են կոնդենսատորի շրջադիրներ, իրարից բաժանված են լինում մեկուսիչ շերտով: Ըստ շրջադիրների ձևի՝ լինում են երեք տիպի՝ պարզ կոնդենսատորներ՝ հարթ, գլանային և գնդային: Հարթ կոնդենսատորի շրջադիրներն իրար մոտ գտնվող և իրար զուգահեռ հարթ մետաղական թիթեղներ են, գլանային կոնդենսատորի շրջադիրները՝ համառանցք, տարբեր շառավիղներով, բայց նույն բարձրությամբ գլանային թիթեղներ են, իսկ գնդայինը՝ տարբեր շառավիղներով համակենտրոն գնդային թիթեղներ: Նկ.2.4-ում բերված է դրանց տեսքը: Սակայն էլեկտրական շղթաներում բոլորի նշանակումը նույնն է: Նկ.2.4դ-ում բերված է հաստատուն և փոփոխական ունակությամբ կոնդենսատորների նշանակումները:



- Դատարկ և համասեռ դիէլեկտրիկով լցված կոնդենսատորի էլեկտրաունակությունը.

$$C_0 = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} = \frac{q}{U}; \quad C = \varepsilon C_0, \quad (2.6)$$

որտեղ q -ն դրական լիցքավորված շրջադիր լիցքն է, իսկ U -ն՝ շրջադիրների պոտենցիալների տարբերությունը ($U > 0$), ε -ը դիէլեկտրիկի դիէլեկտրական թափանցելիությունը:

- Հարթ կոնդենսատորի էլեկտրաունակությունը.

$$C_0 = \frac{\varepsilon_0 S}{d}; \quad C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}, \quad (2.7)$$

որտեղ S -ը մեկ շրջադրի մակերեսն է, d -ն՝ դրանց միջև եղած հեռավորությունը:

• **Հարթ կոնդենսատորի տարանուն լիցքեր ունեցող շրջադիրների ձգողության ուժը.**

$$|\vec{F}| = \frac{q^2}{2\varepsilon_0 \varepsilon S} = \frac{\sigma^2 S}{2\varepsilon_0 \varepsilon} = \frac{1}{2} \varepsilon_0 \varepsilon E^2 S: \quad (2.8)$$

• **Գլանային կոնդենսատորի էլեկտրատունակությունը.**

$$C_0 = \frac{2\pi\varepsilon_0 H}{\ln \frac{R}{r}}; \quad C = \frac{2\pi\varepsilon_0 \varepsilon H}{\ln \frac{R}{r}}, \quad (2.9)$$

որտեղ H -ը շրջադիրների բարձրությունն է, r և R -ը՝ դրանց շառավիղները:

• **Գնդային կոնդենսատորի էլեկտրատունակությունը.**

$$C_0 = \frac{4\pi\varepsilon_0 Rr}{R-r}; \quad C_0 = \frac{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon Rr}{R-r}, \quad (2.10)$$

որտեղ r և R -ը շրջադիրների շառավիղներն են:

• **Կոնդենսատորների միացման համարժեք էլեկտրատունակությունը, լիցքը և պոտենցիալների տարբերությունը**

ա) Հաջորդական միացման դեպքում.

$$\frac{1}{C} = \sum_i \frac{1}{C_i}; \quad q = q_i; \quad U = \sum_i U_i: \quad (2.11)$$

բ) Զուգահեռ միացման դեպքում.

$$C = \sum_i C_i; \quad q = \sum_i q_i; \quad U = U_i: \quad (2.12)$$

3. Մի քանի հաղորդիչների լիցքերի ու պոտենցիալների կապը

• Հաղորդիչների համակարգի յուրաքանչյուր հաղորդչի պոտենցիալը կախված է ոչ միայն իր լիցքից, այլև մյուս հաղորդիչների լիցքերից և դրանց փոխադարձ դասավորությունից.

$$\varphi_i = \sum_{k=1}^n \alpha_{ik} q_k, \quad (2.13)$$

որտեղ α_{ik} գործակիցները կախված են հաղորդիչների ձևից, չափերից ու նրանց փոխադարձ դասավորությունից և կոչվում են պոտենցիալային գործակիցներ: Պոտենցիալային գործակիցները դրական են և $\alpha_{ik} = \alpha_{ki}$:

• Համակարգի յուրաքանչյուր հաղորդչի լիցքը կախված է թե՛ իր պոտենցիալից, թե՛ մյուս հաղորդիչների պոտենցիալներից և հաղորդիչների փոխադարձ դիրքից.

$$q_i = \sum_{k=1}^n C_{ik} \varphi_k, \quad (2.14)$$

որտեղ C_{ik} գործակիցները կոչվում են ունակային գործակիցներ ($C_{ik} = C_{ki}$): Երբ $i \neq k$, $C_{ik} < 0$; $i = k$, $C_{ii} > 0$:

• **Լիցքավորված հաղորդիչների համակարգի էներգիան.**

$$W = \frac{1}{2} \sum_{i,k=1}^n C_{ik} \varphi_i \varphi_k: \quad (2.15)$$

• **Փոխադարձության թեորեմը հաղորդիչների համակարգի համար.**

$$\sum_i q_i \varphi'_i = \sum_i q'_i \varphi_i: \quad (2.16)$$

Օրինակ՝ երկու հաղորդչի համար $q_1 \varphi'_1 + q_2 \varphi'_2 = q'_1 \varphi_1 + q'_2 \varphi_2$, որտեղ q_1 , q_2 և φ_1 , φ_2 հաղորդիչների սկզբնական լիցքերն ու պոտենցիալներն են, իսկ q'_1 , q'_2 և φ'_1 , φ'_2 -ը՝ նույն հաղորդիչների (անփոփոխ դիրքերի և դասավորության համար) փոխված լիցքերն ու պոտենցիալները:

• **Առանձնացված հաղորդչի էներգիան.**

$$W = \frac{q\varphi}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{C\varphi^2}{2}: \quad (2.17)$$

• **Լիցքավորված կոնդենսատորի էներգիան.**

$$W = \frac{qU}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}: \quad (2.18)$$

4. Էլեկտրաստատիկ դաշտը դիէլեկտրիկների առկայության դեպքում

Այն միջավայրերը, որոնցում չկան ազատ լիցքավորված մասնիկներ, կոչվում են դիէլեկտրիկներ: Կա երկու տեսակի դիէլեկտրիկ՝ բևեռային և ոչ բևեռային: Բևեռային դիէլեկտրիկի մոլեկուլներն արտաքին դաշտի բացակայության դեպքում ունեն $\sim 10^{-29}$ Գլ-մ կարգի սեփական դիպոլային մոմենտ, իսկ ոչ բևեռային դիէլեկտրիկների մոլեկուլները՝ չունեն դիպոլային մոմենտ:

• **Կուլոնի օրենքը.**

$$|\vec{F}| = k \frac{|Q||q|}{\varepsilon r^2}; \quad \vec{F} = k \frac{Qq}{\varepsilon r^3} \vec{r}: \quad (2.19)$$

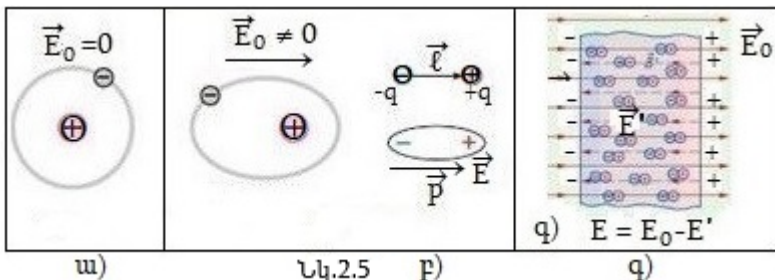
• **Էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածությունը դիէլեկտրիկում.**

$$\vec{E} = \frac{\vec{E}_0}{\varepsilon}, \quad (2.20)$$

որտեղ $\vec{E}_0$ -ն կողմնակի լիցքերի դաշտի լարվածությունն է վակուումում, ε -ը՝ միջավայրի հարաբերական դիէլեկտրական թափանցելությունը:

5. Դիէլեկտրիկի բնեռացումը և էլեկտրական ինդուկցիայի (շեղման) վեկտորը

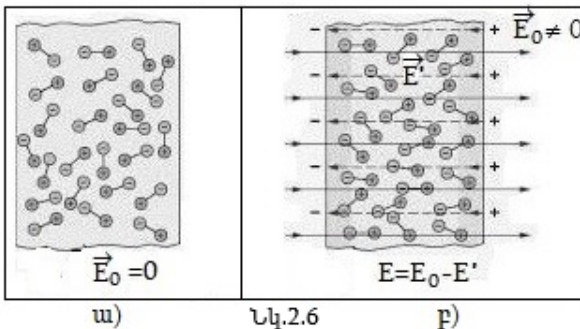
Դիէլեկտրիկներ (մեկուսիչներ) կոչվում են այն նյութերը, որոնց ներսում չկան ազատ լիցքավորված մասնիկներ: Փաստորեն դիէլեկտրիկ նյութի մոլեկուլներն իրենցից ներկայացնում են կետային լիցքերի էլեկտրաչեզոք համակարգ: Ինչպես գիտենք, այդպիսի համակարգն օժտված է որոշակի $\vec{p} = \sum q_i \vec{r}_i$ դիպոլային մոմենտով, որը կարող է հավասար լինել զրոյի կամ զրոյից տարբեր: Այն դիէլեկտրիկները, որոնց մոլեկուլների դիպոլային մոմենտն արտաքին դաշտի բացակայության դեպքում հավասար է զրոյի, կոչվում են ոչ բևեռային դիէլեկտրիկներ: Ոչ բևեռային դիէլեկտրիկներ են հելիումը, նույն ատոմներից կազմված երկատոմ գազերը (H_2 , N_2 , $O_2, \dots$), տարածական համաչափությամբ օժտված բազմատոմ մոլեկուլները՝ CO_2 , CH_4 և այլն: Այս նյութերի մոլեկուլներում դրական և բացասական լիցքերի բաշխվածության կենտրոններն իրար հետ համընկնում են (Նկ.2.5ա): Երբ սրանք տեղադրում ենք E_0 լարվածությամբ արտաքին էլեկտրական դաշտում, մոլեկուլների ներսի դրական մասնիկները տեղաշարժվում են դաշտի ուղղությամբ, իսկ բացասականները՝ դաշտի հակառակ ուղղությամբ: Արդյունքում ոչ բևեռային մոլեկուլը (ատոմը) ձեռք է բերում դիպոլային մոմենտ ուղղված դաշտի ուղղությամբ (մոլեկուլը բևեռանում է, Նկ.2.5բ), իսկ ոչ բևեռային դիէլեկտրիկը բևեռանում է (Նկ.2.5գ): Այս բևեռացումը կոչվում է մակաձված (կամ էլեկտրոնային) բևեռացում:



Այն դիէլեկտրիկները, որոնց մոլեկուլների դիպոլային մոմենտն արտաքին դաշտի բացակայության դեպքում զրոյից տարբեր է, կոչվում են բևեռային դիէլեկտրիկներ, օրինակ՝ H_2O , CO , N_2O , S_2O և այլն: Այս նյութերի մոլեկուլներում դրական և բացասական լիցքերի կենտրոններն ի-

րար նկատմամբ շեղված են (Նկ.2.6ա), որի հետևանքով դրանք օժտված են $10^{-29} \div 10^{-30}$ Կլ.մ կարգի մեծության դիպոլային մոմենտով: Դա համապատասխանում է երկու $\pm 1,6 \cdot 10^{-19}$ Կլ տարրական լիցքերի ստեղծած դիպոլային մոմենտին, որոնց միջև հեռավորությունը 10^{-10} մ է, այսինքն ատոմի չափերի կարգի մեծություն է: Արտաքին էլեկտրական դաշտի բացակայության դեպքում առանձին մոլեկուլների դիպոլային մոմենտները, ջերմային շարժման հետևանքով, ունեն անկանոն դասավորություն, և դրանց վեկտորական գումարը ֆիզիկական փոքր ծավալում հավասար է զրոյի. այդ դիէլեկտրիկը բևեռացած չէ:

Բևեռային դիէլեկտրիկի մոլեկուլներն արտաքին դաշտի ազդեցության տակ ևս ձեռք են բերում մակաձված բևեռացում, սակայն ձեռք բերած այդ դիպոլային մոմենտն իրենց սեփական մոմենտի համեմատ շատ փոքր է և էական դեր չի խաղում: Բևեռային դիէլեկտրիկների բևեռացման հիմնական մեխանիզմը նրանում է, որ արտաքին դաշտի ազդեցության տակ մոլեկուլների դիպոլային մոմենտները պտտվելով կողմնորոշվում են և ընդունում արտաքին դաշտի ուղղությունը, սկայն ջերմային շարժումը խանգարում է այդ ուղղորդվածությանը և արդյունքում ստացվում է մասնակի ուղղորդվածություն, արտաքին դաշտի ուղղությամբ: Դրա հետևանքով դիէլեկտրիկը բևեռանում է դաշտի ուղղությամբ (Նկ.2.6բ):



• Դիէլեկտրիկի բևեռացման վեկտորը.

Դիէլեկտրիկի բևեռացման աստիճանը բնութագրվում է նրա միավոր ծավալի ձեռք բերած դիպոլային մոմենտով, որին անվանում են բևեռացման վեկտոր.

$$\vec{P} = \frac{1}{\Delta V} \sum_{i=1}^N \vec{p}_i, \quad (2.21)$$

որտեղ $\vec{p}_i$ -ն մեկ մասնիկի դիպուկային մոմենտն է, իսկ ΔV -ն՝ ֆիզիկական փոքր ծավալ: Արտաքին էլեկտրական դաշտի բացակայության դեպքում բևեռային և ոչ բևեռային դիէլեկտրիկների բևեռացման վեկտորը հավասար է զրոյի և դրանք բևեռացած չեն:

• **Բևեռացման վեկտորի և լարվածության կապը.**

$$\vec{P} = \varepsilon_0 \chi \vec{E}, \quad (2.22)$$

որտեղ χ -ն միջավայրի էլեկտրական ընկալունակությունն է ($\chi = \varepsilon - 1$):

• **Էլեկտրական շեղում (էլեկտրական դաշտի ինդուկցիա).**

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P}: \quad (2.23)$$

• **Էլեկտրական դաշտի ինդուկցիայի և լարվածության կապը.**

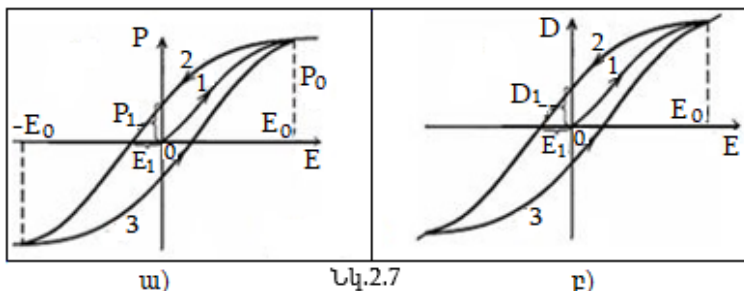
$$\vec{D} = \varepsilon \varepsilon_0 \vec{E}: \quad (2.24)$$

(2.23) և (2.24) բանաձևերը ճիշտ են իզոտրոպ միջավայրերի և թույլ դաշտերի համար:

• **Սեգնետաէլեկտրիկներ.**

Կան բևեռային դիէլեկտրիկներ, որոնք որոշակի ջերմաստիճանային միջակայքում կարող են բևեռացած լինել նաև արտաքին էլեկտրական դաշտի բացակայության դեպքում: Բացի այդ, դրանք $\vec{P}$ բևեռացման վեկտորը $\vec{E}$ -ից կախված է ոչ գծային օրենքով, դրանք դիէլեկտրական ընկալունք և թափանցելիությունը կախված են դաշտի E լարվածությունից, ընդ որում ոչ միարժեք կերպով: Այս հատկությունն առաջին անգամ նկատվել է սեգնետյան աղի ($\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) մոտ և նման հատկությամբ օժտված դիէլեկտրիկներին անվանել են սեգնետաէլեկտրիկներ: Սեգնետաէլեկտրիկների դիէլեկտրական թափանցելիությունը կարող է հավասար լինել տասնյակ հազարի, մինչդեռ սովորական դիէլեկտրիկների մոտ այն 10-ի կարգի մեծություն է:

$P(E)$ և $D(E)$ կախվածություններն ունեն հիստերեզիսային օղակի



տեսք (տես Նկ.2.7):

6. Կապված լիցքերի բաշխվածության և դիէլեկտրիկում դաշտը բնութագրող մեծությունների կապը

- Բնեռացման վեկտորի հոսքը կամայական փակ մակերևույթով.

$$\oint_S \vec{P} d\vec{S} = -q', \quad (2.25)$$

որտեղ q' -ն այդ մակերևույթի ներսի կապված լիցքն է:

- Կապված լիցքերի մակերևութային և ծավալային խտությունները.

$$\sigma' = P_n = \vec{P} \cdot \vec{n}; \quad \rho' = -\operatorname{div} \vec{P}, \quad (2.26)$$

որտեղ $\vec{n}$ -ը դիէլեկտրիկի մակերևութի արտաքին նորմալն է:

- Էլեկտրական շեղման վեկտորի հոսքը կամայական փակ մակերևույթով (Գաուսի թեորեմը).

$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = q, \quad (2.27)$$

որտեղ q -ն այդ մակերևույթի ներսի ընդհանուր կողմնակի լիցքն է:

(2.27)-ի դիֆերենցիալ տեսքը՝ $\operatorname{div} \vec{D} = \rho$:

- Էլեկտրական դաշտի լարվածության հոսքը կամայական փակ մակերևույթով.

$$\oint_S \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} (q + q'): \quad (2.28)$$

(2.28) -ի դիֆերենցիալ տեսքը՝ $\operatorname{div} \vec{E} = \frac{1}{\varepsilon_0} (\rho + \rho')$:

7. Առնչություններ երկու դիէլեկտրիկները բաժանող սահմանի վրա(Նկ.2.8):

- Բնեռացման վեկտորի նորմալ բաղադրիչի թռիչքը.

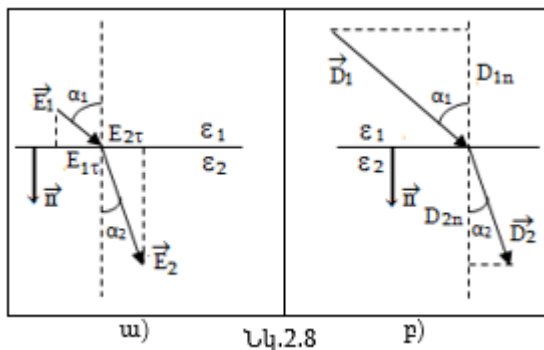
$$P_{2n} - P_{1n} = -\sigma':$$

• Եթե բաժանման սահմանի վրա չկան կողմնակի լիցքեր($\sigma = 0$), ապա լարվածության շոշափող բաղադրիչը մնում է անընդհատ.

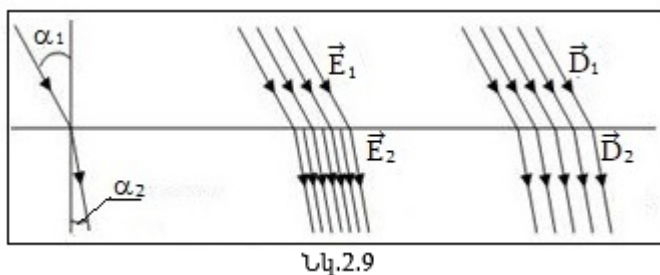
$$E_{1t} = E_{2t}; \quad \frac{E_{2n}}{E_{1n}} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}. \quad (2.29)$$

• Եթե բաժանման սահմանի վրա չկան կողմնակի լիցքեր($\sigma = 0$), ապա Ինդուկցիայի նորմալ բաղադրիչն է մնում անընդհատ.

$$\frac{D_{2t}}{D_{1t}} = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}; \quad D_{2n} = D_{1n}: \quad (2.29a)$$



Այս արդյունքները նշանակում է, որ մի դիէլեկտրիկ միջավայրից մյուսի անցնելուց լարվածության գծերի թիվը փոխվում է, իսկ ինդուկցիայի գծերի թիվը չի փոխվում (Նկ.2.9):



• Ուժագծերի բեկման օրենքը

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}, \quad (2.29\text{բ})$$

որտեղ ε_1 և ε_2 -ն առաջին և երկրորդ միջավայրերի դիէլեկտրական թափանցելիություններն են, α_1 և α_2 -ը՝ դաշտի գծերի և բաժանման սահմանի նորմալի կազմած անկյունները (Նկ.2.8):

8. Առնչություններ հաղորդիչ-դիէլեկտրիկ սահմանի վրա

$$P_n = \sigma' = -\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon} \sigma; \quad D_n = \sigma; \quad E_n = \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon}, \quad (2.30)$$

որտեղ σ և σ' -ը կոդմնակի և կապված լիցքերի մակերևութային խտու-

թյուններն են բաժանման սահմանի վրա: Բևեռացման, ինդուկցիայի և լարվածության տանգենցիալ բաղադրիչները հավասար են զրոյի ($P_t = 0, D_t = 0, E_t = 0$): Միավորների ԳՀ-ում՝ $D_n = 4\pi\sigma$; $E_n = \frac{4\pi\sigma}{\varepsilon}$:

9. Էլեկտրական դաշտի էներգիան դիէլեկտրիկում

$$W = \frac{1}{2} \int_V \vec{D} \vec{E} dV; \quad w = \frac{1}{2} \vec{D} \vec{E} = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 E^2}{2} = \frac{D^2}{2\varepsilon \varepsilon_0}, \quad (2.31)$$

որտեղ w -ն էներգիայի ծավալային խտությունն է:

10. Դիպոլային մոմենտ և դիէլեկտրական թափանցելիություն

- Ոչ բևեռային մոլեկուլների մակածված դիպոլային մոմենտը.

$$\vec{p}_d = \varepsilon_0 \alpha \vec{E}, \quad (2.32)$$

որտեղ α -ն մոլեկուլի (ատոմի) բևեռացվելիությունն է՝ $\alpha \approx 4\pi a^3$, a -ն ատոմի էլեկտրոնի միջին հեռավորությունն է միջուկից ($a \approx 10^{-10}$ մ): Միավորների ԳՀ-ում՝ $\vec{p}_d = \alpha \vec{E}$, իսկ $\alpha = a^3$:

- Ոչ բևեռային նոսր գազերի դիէլեկտրական թափանցելիությունը.

$$\varepsilon = 1 + \alpha n: \quad (2.33)$$

Միավորների ԳՀ-ում՝ $\varepsilon = 1 + 4\pi\alpha n$:

- Ոչ բևեռային խիտ գազերում և հեղուկներում գործող դաշտը.

$$\vec{E}^* = \vec{E} + \frac{1}{3\varepsilon_0} \vec{P}: \quad (2.34)$$

- Ոչ բևեռային խիտ գազերի և հեղուկների դիէլեկտրական թափանցելիությունը.

$$\varepsilon = 1 + \frac{\alpha n}{1 - \alpha n/3}: \quad (2.35)$$

Միավորների ԳՀ-ում՝ $\varepsilon = 1 + \frac{4\pi\alpha n}{1 - 4\pi\alpha n/3}$:

- Բևեռային նոսր գազերի դիէլեկտրական թափանցելիությունը.

$$\varepsilon = 1 + \alpha n + \frac{np^2}{3\varepsilon_0 kT}, \quad (2.36)$$

որտեղ n -ը մոլեկուլների կոնցենտրացիան է, p -ն՝ մոլեկուլի սեփական դիպոլային մոմենտը, k -ն՝ Բոլցմանի հաստատունը, T -ն՝ բացարձակ ջերմաստիճանը: (3.2.36)-ը ճիշտ է, երբ $pE \ll kT$:

Միավորների ԳՀ-ում՝ $\varepsilon = 1 + 4\pi\alpha n + \frac{4\pi np^2}{3kT}$:

11. Բևեռացած դիէլեկտրիկի էներգիան և դրա վրա ազդող ուժը.

$$W_{\eta} = -\frac{1}{2} \int_V \vec{P} \vec{E}_0 dV; \vec{F}_{\eta} = \int_V \frac{(\varepsilon-1)\varepsilon_0}{2} \text{grad} E^2 dV, \quad (2.37)$$

որտեղ $\vec{E}_0$ -ն կողմնակի լիցքերի էլեկտրական դաշտի լարվածությունն է վակուումում, իսկ $\vec{E}$ -ն՝ լարվածությունը դիէլեկտրիկում: (2.37)-ից հետևում է, որ էլեկտրական դաշտում տեղադրված դիէլեկտրիկի վրա ազդող ուժը նրան հրում է այն ուղղությամբ, որով լարվածության մոդուլը ամենաարագն է աճում:

$$\text{Միավորների ԳՀ-ում՝ } W_{\eta} = -\frac{1}{8\pi} \int_V \vec{P} \vec{E}_0 dV; \vec{F}_{\eta} = \int_V \frac{(\varepsilon-1)}{8\pi} \text{grad} E^2 dV:$$

Խնդիրներ

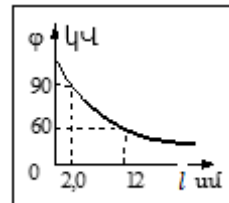
Հաղորդիչների ունակությունը և պոտենցիալը

Ը2.1. $C_1 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ֆ}$ և $C_2 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ Ֆ}$ ունակությունով երկու հաղորդիչ ունեն $q_1 = 40 \cdot 10^{-6} \text{ Կլ}$ և $q_2 = 10 \cdot 10^{-6} \text{ Կլ}$ լիցք: Հաղորդիչները բարակ մետաղալարով միացնում են իրար: Որոշեք՝ ա) հաղորդիչների լիցքը միացնելուց հետո; բ) հաղորդիչների պոտենցիալները; գ) լարված անցած լիցքը:

Ը2.2. Նույն լիցք ունեցող հաղորդիչների պոտենցիալներն են $\varphi_1=40 \text{ Վ}$ և $\varphi_2=60 \text{ Վ}$: Ինչքան կլինի այդ հաղորդիչների պոտենցիալը, երբ դրանք միացնեն հաղորդալարով:

Ը2.3. $R_1 = 0,08 \text{ մ}$ շառավղով լիցքավորված մետաղե գունդը հաղորդալարով միացնում են $R_2 = 0,02 \text{ մ}$ շառավղով անլիցք մետաղե գնդին, որից հետո դրանց պոտենցիալները դառնում են $\varphi = 120 \text{ Վ}$: Որոշեք լիցքավորված գնդի էներգիան մինչև միացնելը: Գնդերի փոխազդեցությունն անտեսեք:

Ը2.4. $R_1 = 1 \text{ սմ}$ շառավղով մետաղական գունդը, որը լիցքավորված է մինչև $\varphi_1 = 100 \text{ Վ}$ պոտենցիալը, շրջապատված է համակենտրոն $R_2=10 \text{ սմ}$ շառավղով չլիցքավորված մետաղական ոլորտով: Որոշել գնդի φ_2 պոտենցիալն այն բանից հետո, երբ նրան բարակ հաղորդալարով միացնում են չլիցքավորված ոլորտին:



Նկ.2.10

Ը2.5. գ լիցքով օժտված մետաղական գունդը վակուումում ստեղծում է էլեկտրական դաշտ: Նկ.2.10-ում բերված է այդ դաշտի պոտենցիալի

կախվածությունը գնդի մակերևույթից ունեցած l հեռավորությունից: Որոշեք գնդի շառավիղը և պոտենցիալը:

◻2.6. Մթնոլորտային օդում $E=3\text{ՄՎ/մ}$ դաշտի լարվածության դեպքում տեղի է ունենում էլեկտրական պարպում: $R=10\text{սմ}$ շառավղով մետաղյա գունդը մինչև ի՞նչ առավելագույն պոտենցիալը կարելի է լիցքավորել, որպեսզի էլեկտրական պարպում տեղի չունենա: Այդ դեպքում որքա՞ն է գնդի լիցքը և էներգիան:

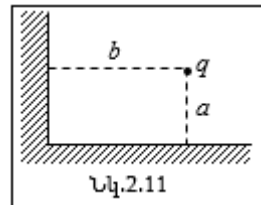
•2.7. Որոշեք լիցքի σ խտությամբ լիցքավորված հաղորդչի դաշտի լարվածությունը՝ հաղորդչի մակերևույթի մոտակայքում:

■2.8. Որոշեք լիցքի σ մակերևույթին խտությամբ լիցքավորված հաղորդչի մակերևույթի էլեկտրաստատիկ ճնշումը

Էլեկտրաստատիկ մակածում

■2.9. q կետային լիցքը հաղորդիչ հարթությունից a -ով է հեռու: Որոշեք հաղորդիչ հարթության ազդեցության ուժն այդ լիցքի վրա և լիցքի պոտենցիալ էներգիան: Ի՞նչ աշխատանք կկատարվի լիցքը հարթությունից անվերջություն տանելու համար:

•2.10. Կետային q լիցքը երկու փոխուղղահայաց հաղորդիչ կիսահարթությունից հեռու է a -ով և b -ով (Նկ.2.11): Որոշեք այդ լիցքի վրա ազդող ուժը և կիսահարթությունների հետ դրա փոխազդեցության էներգիան:



•2.11. Հոդակցած հարթ մետաղե պատից d -ով հեռու կետում դրված է q կետային լիցք: Որոշեք պատի վրա մակածված լիցքի σ խտության կախվածությունը լիցքից պատին իջեցրած ուղղահայացի հիմքի x հեռավորությունից:

•2.12. q և $2q$ կետային լիցքերը դրված են հաղորդիչ հարթության նույն կողմում՝ իրարից $2a$ -ով՝ իսկ հարթությունից՝ նույն a -ով հեռու կետերում: Որոշեք՝ ա) յուրաքանչյուր լիցքի վրա ազդող ուժը; բ) դաշտի լարվածությունն ու մակածված լիցքի խտությունն այդ երկու լիցքը միացնող հասվածի միջնակետում:

•2.13. R շառավղով և q լիցքով օղակը դրված է հաղորդիչ հարթությանը զուգահեռ՝ դրանից հեռու է a -ով: Որոշեք՝ ա) մակածած լիցքի մակերևույթային խտությունը հարթության վրա՝ օղակի կենտրոնի դիմացի

կետում; **p)** դաշտի լարվածությունը և պոտենցիալը՝ օղակի կենտրոնում:

Ը2.14. Միմյանց զուգահեռ տեղադրված են երկու մետաղական հարթ թիթեղ, որոնցից մեկն ունի $q_1 = 10\text{նԿլ}$, իսկ մյուսը՝ $q_2 = -20\text{նԿլ}$ լիցք: Թիթեղների հաստությունը և դրանց միջև եղած հեռավորությունը շատ փոքր է թիթեղների զծային չափերից: Որոշեք թիթեղների ներքին և արտաքին մասերի q' և q'' լիցքերը:

■2.15. q կետային լիցքը գտնվում է a և b շառավղով համակենտրոն հոդակցված գնդային մակերևույթների կենտրոնից r -ով հեռու կետում ($a < r < b$): Որոշեք յուրաքանչյուր գնդի վրա մակածված q_1 և q_2 լիցքերը:

■2.16. q կետային լիցքը երկու զուգահեռ հողակցած հաղորդիչ անվերջ հարթության արանքում է՝ մեկից d_1 , իսկ մյուսից՝ d_2 հեռու կետում:

Որոշեք հարթություններին մակածած q_1 և q_2 լիցքերը:

■2.17. Մետաղե հարթ պատին ուղղահայաց դրված է l երկարությամբ մեկուսիչ բարակ ձող, որի լիցքը q է: Ձողի մոտակա ծայրը պատից հեռու է h -ով: Որոշեք պատին մակածած լիցքի σ խտությունն այն կետում, որը ձողի հետ մի գծի վրա է:

■2.18. q կետային լիցքը գտնվում է R շառավղով մետաղական ոլորտի կենտրոնից d հեռավորության վրա: Որոշեք ոլորտի վրա մակածված լիցքը, եթե՝ **a)** $d > R$; **b)** $d < R$:

■2.19. R շառավղով մետաղե գունդը արտաքին էլեկտրական դաշտում է: Գնդի վրա առաջացել է $\sigma = \sigma_0 \cos \theta$ մակերևութային խտությամբ լիցք, որտեղ σ_0 -ն հաստատուն է, θ -ն՝ բևեռային անկյունը: σ_0 -ն արտահայտեք արտաքին դաշտի $\vec{E}_0$ լարվածությամբ: Ընդունելով գնդի շառավիղը R , գտեք մակածած նույն նշանի լիցքի վրա ազդող ուժը:

■2.20. $\vec{p}$ մոմենտով դիպոլը հաղորդիչ հարթությունից a մ է հեռու: Որոշեք դիպոլի վրա ազդող ուժը, եթե $\vec{p}$ -ն ուղղահայաց է հարթությանը: Ի՞նչ աշխատանք կկատարվի դիպոլը a_1 -ից a_2 հեռավորությունը տեղափոխելիս:

•2.21. q կետային լիցքը հաղորդիչ գնդային շերտի O կենտրոնից r -ով է հեռու: Որոշեք O կետի պոտենցիալը, եթե գնդային շերտի ներքին շառավիղը a ($a > r$) է, իսկ արտաքինը՝ b : Ինչի՞ են հավասար դաշտի լարվածությունը և պոտենցիալը գնդի դրսում:

Ը2.22. R շառավղով հաղորդիչ գունդն ունի կամայական ձևի խոռոչ: Խոռոչի ներսի տարբեր կետերում դրված են q , $3q$ և $-q/2$ կետային լիցքեր:

Որոշեք գնդի պոտենցիալը և դաշտի լարվածությունը գնդի կենտրոնից r -ով ($r > R$) հեռու կետերում:

Կոնդենսատորների ունակությունը և էներգիան

□2.23. $C_1 = 3 \cdot 10^{-4}$ Ֆ ունակությամբ կոնդենսատորի շրջադիրների լարումը $U_1 = 400$ Վ է, միացնում են $C_2 = 7 \cdot 10^{-4}$ Ֆ ունակությամբ կոնդենսատորի նույնանուն լիցքավորված շրջադիրներին, որոնց լարումը $U_2 = 200$ Վ է: Որոշեք կոնդենսատորների գումարային էներգիան՝ ա) մինչև իրար միացնելը; բ) իրար միացնելուց հետո:

□2.24. $C_1 = 600$ մկՖ ունակությամբ և $q_1 = 80$ մկԿլ լիցքով կոնդենսատորի շրջադիրները միացնում են $C_2 = 400$ մկՖ ունակությամբ անլիցք կոնդենսատորի շրջադիրներին: Որոշեք երկրորդ կոնդենսատորի էներգիան միացնելուց հետո:

□2.25. C ունակությամբ հարթ կոնդենսատորի շրջադիրները միացված են U հաստատուն լարման աղբյուրին: Որքա՞ն լիցք կանցնի աղբյուրի ներսով, երբ կոնդենսատորի շրջադիրների հեռավորությունը մեծացվի չորս անանգամ: Որոշեք նաև արտաքին ուժերի և աղբյուրի կատարած աշխատանքները շրջադիրների միջև հեռավորությունը մեծացնելիս:

□2.26. Էլեկտրոնը հանգստի վիճակից արագացվում է հարթ կոնդենսատորի էլեկտրական դաշտով, որն ունի $W=20\Omega$ էներգիա: Կոնդենսատորի ունակությունը $C=10$ մկՖ, իսկ շրջադիրների միջև հեռավորությունը $d=10$ սմ: Որոշեք աշխատանքը, որը կատարում են էլեկտրական ուժերն առաջին $t=1$ նվ-ում, ինչպես նաև էլեկտրոնի անցած ճանապարհը այդ ժամանակահատվածում:

□2.27. Ի՞նչ ուժով են իրար հետ փոխազդում հարթ կոնդենսատորի շրջադիրները, եթե դրանց մակերեսը $S=200$ սմ² է, իսկ հեռավորությունը՝ $d=0,4$ սմ: Շրջադիրների միջև պոտենցիալների տարբերությունը՝ $U=400$ Վ է:

□2.28. $C_1=400$ մկՖ ունակությամբ լիցքավորված կոնդենսատորի շրջադիրները միացրին $C_2 = 600$ մկՖ ունակությամբ անլիցք կոնդենսատորի շրջադիրներին: Քանի՞ անգամ փոքրացավ դրանց գումարային էներգիան սկզբնականի համեմատ:

□2.29. $C_1 = 1$ մկՖ և $C_2 = 2$ մկՖ ունակությամբ լիցքավորված կոնդենսատորների հակառակ նշանի շրջադիրները իրար միացնելուց հետո, պոտենցիալների տարբերությունը դրանց վրա դառնում է $U=200$ Վ: Որոշեք

երկրորդ կոնդենսատորի լարումը մինչև առաջինի հետ միացնելը, եթե առաջինն ուներ $U_1 = 100\text{Վ}$ լարում:

ժ2.30. $C_1 = 2\text{մկՖ}$ և $C_2 = 0,5\text{մկՖ}$ ունակություններով կոնդենսատորների լարումներն են՝ $U_1 = 100\text{Վ}$ և $U_2 = 50\text{Վ}$: Դրանց նույնանուն շրջադիրները միացնում են իրար: Էլեկտրական էներգիայի ո՞ր մասն է դառնում ներքին էներգիա:

ժ2.31. Երկու կոնդենսատորից մեկի լարումը $U_1 = 300\text{ Վ}$ է, իսկ մյուսինը՝ $U_2 = 100\text{Վ}$: Դրանց նույնանուն շրջադիրները միացնում են իրար: Կոնդենսատորների շրջադիրների լարումը դառնում է $U=250\text{Վ}$: Որոշեք այդ կոնդենսատորների ունակությունների C_1/C_2 հարաբերությունը:

ժ2.32. Շրջադիրների S մակերեսով հարթ կոնդենսատորը միացրել են U_0 լարման աղբյուրին: Ի՞նչ աշխատանք է պահանջվում շրջադիրները d_1 հեռավորությունից d_2 -ը հասցնելու համար, երբ՝ **ա)** կոնդենսատորը մնում է միացրած աղբյուրին: **բ)** կոնդենսատորը նախօրոք անջատվում է աղբյուրից:

ժ2.33. Հաստատուն լարման աղբյուրին միացրած հարթ կոնդենսատորի էներգիան՝ $W=0,9\text{Ջ}$: Դրա շրջադիրների հեռավորությունը $1,5$ անգամ մեծացնելիս (d_2/d_1) ինչքանո՞վ կփոխվի կոնդենսատորի էներգիան՝ **ա)** աղբյուրին միացրած վիճակում: **բ)** աղբյուրից անջատած վիճակում:

ժ2.34. C_0 ունակությամբ հարթ կոնդենսատորի շրջադիրների արաքում, դրանց զուգահեռ, դրված է մետաղե թիթեղ, որի հաստությունը հավասար է շրջադիրների հեռավորության $1/3$ -ին: Հաշվեք այն աշխատանքը, որը պետք է թիթեղը դուրս հանելու համար, եթե կոնդենսատորը միացրած է U_0 լարման աղբյուրին: Ինչքա՞ն աշխատանք է կատարում աղբյուրն այդ ընթացքում:

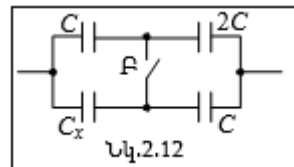
ժ2.35. $S=100\text{սմ}^2$ մակերեսով հարթ կոնդենսատորի շրջադիրներն իրար ձգում են $F = 3 \cdot 10^{-2}\text{Ն}$ ուժով: Որոշեք՝ **ա)** շրջադիրների լիցքը: **բ)** դաշտի լարվածությունը: **գ)** դաշտի էներգիայի խտությունը:

•**2.36.** Արտածեք գլանային կոնդենսատորի ունակության բանաձևը:

•**2.37.** Արտածեք գնդային կոնդենսատորի ունակության բանաձևը:

ժ2.38. Նկ.2.12-ի շղթայում C_x կոնդենսատորի ունակության ի՞նչ արժեքի դեպքում, մարտկոցի ունակությունը կախված չի լի-նի F բանալիի դիրքից:

ժ2.39. Հարթ կոնդենսատորն արտաքին



դաշտում է: $\vec{E}$ լարվածությունն ուղղահայաց է թիթեղներին: Թիթեղներն ունեն S մակերես և $+q$ ու $-q$ լիցք: Ի՞նչ աշխատանք պետք է կատարվի՝ կոնդենսատորի շրջադիրների տեղերը փոխելու համար: Շրջադիրների հեռավորությունը d է:

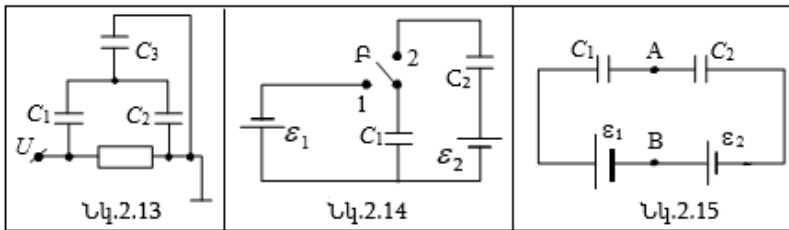
Ը2.40. S մակերեսով բարակ մետաղե թիթեղն ունի d հաստություն և դրված է իր հարթությանն ուղղահայաց E լարվածությամբ դաշտում: Ինչքա՞ն ջերմություն կանջատվի հաղորդչում, երբ դաշտն անջատվի:

Ը2.41. C ունակությամբ երկու հարթ կոնդենսատոր միացած են իրար գուգահեռ և ունեն U լարումը: Դրանցից մեկի թիթեղներն իրարից անվերջ հեռացնում են: Որոշեք մյուսի լարումը և էներգիան:

Ը2.42. C ունակությամբ հարթ կոնդենսատորի թիթեղներից մեկը հողակցում են, իսկ մյուսը՝ երկար հաղորդալարով միացնում շատ հեռու գտնվող r շառավղով, q_0 լիցքով մետաղե գնդին: Ինչքա՞ն լիցք կմնա գնդի վրա:

Ը2.43. C_1, C_2 և C_3 ունակությամբ կոնդենսատորները միացրել են U լարմանը՝ Նկ.2.13-ի ձևով: Որոշեք կոնդենսատորների լիցքերը:

Ը2.44. C_1 և C_2 կոնդենսատորները միացրել են շղթային Նկ.2.14-ի ձևով: Սկզբում բանալին 1 դիրքում է, իսկ հետո բերում են 2 դիրքի: Ինչքա՞ն է C_1 կոնդենսատորի լարումը:



Ը2.45. Որոշեք Նկ.2.15-ի A և B կետերի միջև լարումը, եթե C_1, C_2, ε_1 և ε_2 մեծությունները հայտնի են:

Հաղորդիչների համակարգ

■2.46. $r=1$ սմ շառավղով երկու մետաղական գնդերի կենտրոնների հեռավորությունը՝ $l = 20$ սմ: Որոշեք այդ համակարգի էլեկտրաունակությունը և գնդերի ունակային գործակիցները: Լիցքը գնդերի մակերեսությո-

ների վրա համարեք հավասարաչափ բաշխված:

■2.47. Որոշեք պարզ կոնդենսատորի C ունակության և դրա շրջադիր-
ների C_{ik} ունակային գործակիցների կապը:

■2.48. Որոշեք իրարից $r \gg d$ չափով հեռու C_1 և C_2 ունակությամբ երկու
հաղորդչի ունակային գործակիցները: d -ն հաղորդիչների բնութագրա-
կան գծային չափն է:

Դիէլեկտրիկով կոնդենսատոր: Էլեկտրական դաշտը դիէլեկտրիկում

○2.49. Հարթ կոնդենսատորի շրջադիրները $D=0,24$ մ տրամագծով սկա-
վառակներ են, որոնք իրարից հեռու են $d = 10^{-3}$ մ-ով: Որոշեք դրա ու-
նակությունը, եթե շրջադիրների արանքը լցրած է $\varepsilon = 3$ դիէլեկտրական
թափանցելիությամբ միջավայրով:

○2.50. Օդային հարթ կոնդենսատորի ունակությունը $C_0=3 \cdot 10^{-5}$ Ֆ: Շրջա-
դիրների արանքը $\varepsilon = 3$ -ի դիէլեկտրիկ լցրին: Ի՞նչ լիցք հաղորդենք կոն-
դենսատորին, որ շրջադիրների լարումը դառնա $U=1$ Վ:

○2.51. $C_0 = 5$ մկՖ ունակությամբ կոնդենսատորի լիցքը $q=60$ մկԿլ: Շրջա-
դիրների մեջ $\varepsilon = 2$ դիէլեկտրիկ դնելուց հետո ինչքանով մեծացնենք
կոնդենսատորի լիցքը՝ դրանց լարումը $\Delta U=1$ Վ-ով մեծացնելու համար:

•2.52. Հարթ կոնդենսատորի լիցքը $q = 2,7 \cdot 10^{-4}$ Կլ, իսկ ունակությունն
առանց դիէլեկտրիկի՝ $C_0 = 1$ մկՖ: Թիթեղների հեռավորությունը՝ $d=2,3$
սմ: Կոնդենսատորը լցնում են $\varepsilon = 7$ -ի դիէլեկտրիկով: Որոշեք՝ ա) դաշ-
տի լարվածությունը դիէլեկտրիկում; բ) կոնդենսատորի էներգիան:

○2.53. Հարթ կոնդենսատորը, որի շրջադիրների միջև կարծր դիէլեկ-
տրիկ է, լիցքավորում են մինչև $W = 2 \cdot 10^{-5}$ Ջ էներգիան և անջատում
աղբյուրից: Որոշեք դիէլեկտրիկի ε -ը, եթե դիէլեկտրիկը կոնդենսատո-
րից հանելու համար արտաքին ուժերը պետք է կատարեն $A = 7 \cdot 10^{-5}$ Ջ
աշխատանք:

○2.54. Դատարկ կոնդենսատորի ունակությունը C_0 է: Ապակե թիթեղը
լրիվ լցնում է այդ կոնդենսատորը: Կոնդենսատորը միացրած է U լար-
ման աղբյուրին: Որոշեք այն աշխատանքը, որն անհրաժեշտ է ապակե
թիթեղը հանելու համար: Ապակու ε -ը տրված է:

○2.55. Լարման աղբյուրին միացած հարթ կոնդենսատորից սկզբում հա-
նում են դիէլեկտրիկը ($\varepsilon=6$), իսկ հետո շրջադիրների միջև հեռավորու-
թյունը փոքրացնում են $n=2$ անգամ: Որոշեք աղբյուրի կատարած աշ-

խատանքը այդ ընթացքում, եթե կոնդենսատորի սկզբնական էներգիան՝ $W_1 = 0,1$ Ջ: Քանի՞ անգամ փոխվեց էներգիայի ծավալային խտությունը:

◻2.56. Հարթ կոնդենսատորը լիցքավորվում են մինչև որոշակի լարումը: Այնուհետև առանց աղբյուրից անջատելու, շրջադիրների արանքը դիէլեկտրիկ են լցնում: Որոշեք դիէլեկտրիկի ε -ը, եթե դատարկ կոնդենսատորի լիցքի հարաբերությունը դիէլեկտրիկով կոնդենսատորի լիցքին՝ $\frac{q_0}{q} = 0,25$:

◻2.57. $C = 1$ մկՖ ունակությամբ հարթ կոնդենսատորի շրջադիրները իրարից մեկուսացված են դիէլեկտրական շերտով: Կոնդենսատորը լիցքավորում են մինչև $U_1 = 100$ Վ պոտենցիալների տարբերությունը և անջատում աղբյուրից: Որոշեք դիէլեկտրիկի ε -ը և արտաքին ուժերի կատարած աշխատանքը դիէլեկտրիկը կոնդենսատորից հանելիս, եթե դրա հետևանքով լարումը կոնդենսատորի վրա աճում է մինչև $U_2 = 300$ Վ:

◻2.58. Ինքնաձև կփոխվի լիցքավորած կոնդենսատորի էներգիան, եթե շրջադիրների հեռավորությունը $N=1,5$ անգամ մեծանա և թիթեղների արանքը լցվի $\varepsilon=3$ -ի դիէլեկտրիկով: Կոնդենսատորի սկզբնական էներգիան $W_1 = 1,5$ Ջ է:

◻2.59. Հարթ կոնդենսատորի շրջադիրների մակերեսը՝ $S=200$ սմ², իսկ դրանց միջև հեռավորությունը՝ $d=3$ մմ: Կոնդենսատորը միացրել են $U=100$ Վ հաստատուն լարման աղբյուրին: Առանց աղբյուրից անջատելու կոնդենսատորի մեջ մտցնում են $d_1 = d/3$ հաստությամբ մեկուսիչ թիթեղ, որի $\varepsilon=9$: Որոշեք՝ ա) կոնդենսատորի լիցքի փոփոխությունը; բ) աղբյուրի կատարած A_1 աշխատանքը թիթեղը մտցնելու ընթացքում; գ) այդ ընթացքում արտաքին ուժերի A_2 աշխատանքը:

◻2.60. $U_1=600$ Վ լարումով կոնդենսատորն անջատեցին աղբյուրից ու զուգահեռ միացրին նույն ձևի և չափսերի, բայց դիէլեկտրիկով լցված անլիցք կոնդենսատորին: Որոշեք դիէլեկտրիկի ε -ը, եթե երկրորդ կոնդենսատորին միացնելուց հետո դրանց լարումը դարձավ $U_2 = 100$ Վ:

◻2.61. Երկու նույն զանգվածով, նույն շառավղով և միատեսակ լիցքով գնդիկ է կախված նույն կետից՝ նույն երկարությամբ թելերից: Այդ գրնդիկներն իջեցնում են ρ_0 խտությամբ և ε թափանցելիությամբ հեղուկ դիէլեկտրիկի մեջ: Ինչքա՞ն լինի գնդիկի խտությունը, որ թելերի կազմած անկյունը դիէլեկտրիկում և օդում լինի նույնը:

◻2.62. $r=0,5$ մմ շառավղով և $m=1,4$ մգ զանգվածով գնդիկը գտնվում է

հորիզոնական դիրքով տեղադրված հարթ կոնդենսատորի շրջադիրճների միջև, որը լցված է $\varepsilon=2$ և $\rho = 900 \text{ կգ/մ}^3$ հեղուկ դիէլէկտրիկով: Շրջադիրճների մակերեսը $S=100 \text{ սմ}^2$, իսկ դրանց հեռավորությունը՝ $d=20 \text{ մմ}$: Էլէկտրական դաշտի բացակայության դէպքում գնդիկը ընկնում է $v_1=2 \text{ մմ/վ}$ հաստատուն արագությամբ: Երբ կոնդենսատորի լարումը $U=300 \text{ Վ}$ է, գնդիկը ընկնում է $v_2 = 5 \text{ մմ/վ}$ հաստատուն արագությամբ: Ընդունելով, որ դիէլէկտրիկի կողմից գնդիկի վրա ազդող շփման ուժը ուղիղ համեմատական է արագությանը, որոշեք՝ **ա)** կոնդենսատորի շրջադիրճների լիցքի մակերևութային խտությունը: **բ)** գնդիկի q լիցքը:

• **2.63.** Կա լիցքերի $+\sigma$ և $-\sigma$ խտությամբ երկու զուգահեռ հարթություն, որոնք վակուումում են: Այնուհետև դրանց արանքը լցնում են դիէլէկտրիկով, որի ε -ը հայտնի է: Ինչպե՞ս կփոխվի՝ **ա)** դաշտի $\vec{E}$ -ն; **բ)** դաշտի $\vec{D}$ -ն; **գ)** հարթությունների միջև U լարումը:

▣ **2.64.** Հարթ կոնդենսատորը, որի շրջադիրճների հեռավորությունը՝ $d=1 \text{ սմ}$, միացրած է $U_0 = 100 \text{ Վ}$ աղբյուրին: Շրջադիրճներից մեկին շատ մոտ դրված է $d_1 = 9,5 \text{ մմ}$ հաստությամբ և $\varepsilon=173$ թափանցելիությամբ կարծր դիէլէկտրիկ, որի չափերը նույնն են, ինչ որ շրջադիրճը: Ինչպե՞ս կլինի շրջադիրճների լարումը, եթե աղբյուրից անջատելուց հետո ներսի դիէլէկտրիկը հանեն:

▣ **2.65.** V ծավալով առաջին գունդը գտնվում է վակուումում, իսկ $V/8$ ծավալով երկրորդ գունդը գտնվում է $\varepsilon=2$ դիէլէկտրական թափանցելիությամբ միջավայրում: Որոշեք դրանց C_1/C_2 ունակությունների հարաբերությունը:

• **2.66.** $R=5 \text{ սմ}$ շառավղով մետաղե գունդն ունի $\sigma = 10^{-7} \text{ Կլ/մ}^2$ լիցքի խտություն և յուղի մեջ է: Յուղի համար $\varepsilon=3$: Որոշեք գնդի մակերևութի և գնդի մակերևութից $l = 0,1 \text{ մ}$ հեռու կետերի միջև լարումը:

▣ **2.67.** Աղբյուրից անջատած միատեսակ երկու կոնդենսատոր ($C_1 = C_2 \equiv C_0 = 10^{-6} \text{ Գ}$) ունեն $U_0 = 900 \text{ Վ}$ լարում: Դրանցից մեկը մըտցնում են կերոսինը, հետո կոնդենսատորները միացնում են զուգահեռ: Որոշեք լիցքաթափվելու աշխատանքը: Կերոսինի համար ընդունեք $\varepsilon = 2$:

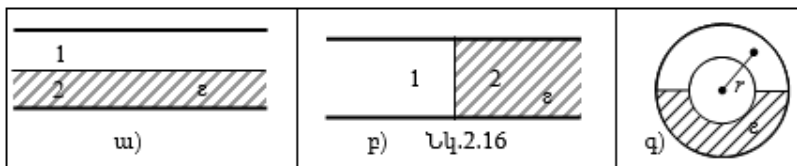
■ **2.68.** R շառավղով և q լիցքով մետաղե գունդը պատված է դիէլէկտրիկ շերտով, որի արտաքին շառավիղը b է, իսկ դիէլէկտրական թափանցելիությունը՝ ε : Որոշեք $E(r)$ և $\varphi(r)$ կախվածությունները, որտեղ r -ը գնդի կենտրոնի հեռավորությունն է քննարկվող կետից: Գծեք դրանց գրաֆիկները:

■**2.69.** $R=10$ սմ շառավղով անվերջ գլանն ունի լիցքի $\rho = 10^{-4} \text{ Կլ/մ}^3$ խտություն: Գլանը և շրջապատող միջավայրն ունեն նույն $\varepsilon=3$ թափանցելիությունը: Որոշեք էլեկտրական դաշտի լարվածության և պոտենցիալի կախվածությունը գլանի առանցքի r հեռավորությունից, եթե $\varphi(0)=0$: Որոշեք՝ **ա)** գլանի առանցքի և մակերևույթի լարումը; **բ)** գլանի մակերևույթի և դրանից $a = 15$ սմ հեռու կետի լարումը:

■**2.70.** $\varepsilon=3$ -ով նյութից գունդն ունի լիցքի ρ խտություն: Գնդի կենտրոնի պոտենցիալը՝ $\varphi_0 = 1000$ Վ: Գնդի մակերևույթի վրա դաշտի լարվածությունը $E_0 = 10^4$ Վ/մ է: Որոշեք գնդի R շառավղը և դրա լիցքի ρ խտությունը, եթե գունդն օդում է: Որոշեք $\varphi(r)$ և $E(r)$ կախվածությունները և կառուցեք դրանց մոտավոր գրաֆիկները:

■**2.71.** Օդային հարթ կոնդենստորի ներսում դաշտի լարվածությունը E_0 է: Կոնդենստորը կիսով չափ լցնում են ε դիէլեկտրական թափանցելիությամբ մեկուսիչով, ինչպես ցույց է տրված 2.16ա նկարում: Որոշեք դաշտի լարվածությունը և ինդուկցիան կոնդենստորի երկու կեսերում: Քննարկեք երկու դեպք՝ **ա)** պոտենցիալների տարբերությունը շրջադիրների վրա մնում է անփոփոխ; **բ)** շրջադիրների լիցքը մնում է անփոփոխ: Ինչպես է փոխվում շրջադիրների լիցքը առաջին դեպքում և պոտենցիալների տարբերությունը երկրորդ դեպքում:

■**2.72.** Նախորդ խնդիրը լուծեք այն դեպքի համար, երբ դիէլեկտրիկը լցվում է այնպես, ինչպես ցույց է տրված 2.16բ նկարում:



■**2.73.** Գնդային կոնդենստորի շրջադիրների արանքը կիսով չափ լրջված է դիէլեկտրիկով (Նկ.2.16գ): Կոնդենստորի լիցքը q է: Որոշեք դաշտի լարվածության կախվածությունը շրջադիրի կենտրոնից ունեցած r հեռավորությունից:

Էլեկտրական դաշտի էներգիան միջավայրի առկայության դեպքում

○**2.74.** Օդային հարթ կոնդենստորը լիցքավորում են և այնուհետև լրջ-

նում յուղով ($\varepsilon=4$): Ինչպե՞ս են փոխվում էլեկտրական դաշտի լարվածությունը, կոնդենսատորի էներգիան, էներգիայի ծավալային խտությունը: Քննարկեք երկու դեպք՝ **ա)** կոնդենսատորը յուղով լցնելուց առաջ անջատվում է աղբյուրից; **բ)** կոնդենսատորը յուղով լցվում է աղբյուրին միացած վիճակում:

•**2.75.** Դիէլեկտրիկ միջավայրում տեղադրված է $R=2$ սմ շառավղով և լիցքի $\sigma = 2 \cdot 10^{-6}$ Կլ/մ² խտությամբ գունդ, որի դաշտի էներգիայի խտությունը գնդիկենտրոնից $r=3$ սմ հեռու կետում $w=0,02$ Ջ/մ³: Որոշեք միջավայրի ε -ը:

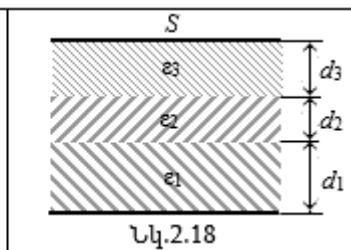
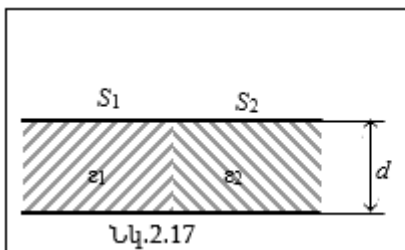
•**2.76.** Լիցքի $\tau = 16,7 \cdot 10^{-6}$ Կլ/մ խտությամբ ուղիղ, անվերջ լարը դիէլեկտրիկ միջավայրում է: Որոշեք այդ միջավայրի ε -ը, եթե դաշտի էներգիայի խտությունը լարից $r=2$ սմ-ով հեռու կետում $w=212$ Ջ/մ³:

•**2.77.** Լիցքի $\sigma = 16,7 \cdot 10^{-6}$ Կլ/մ² մակերևութային խտությամբ անվերջ հարթությունը դիէլեկտրիկ միջավայրում է: Որոշեք այդ միջավայրի ε -ը, եթե դաշտի էներգիայի խտությունը $w=1,4$ Ջ/մ³ է:

■**2.78.** Էլեկտրական դաշտի էներգիայի հաշվարկմամբ, արտածեք համասեռ դիէլեկտրիկով լցրած հարթ, գլանային և գնդային կոնդենսատորների ունակության բանաձևերը:

•**2.79.** Հարթ կոնդենսատորի մեջ հերթով լցրած են ε_1 և ε_2 թափանցելիությամբ դիէլեկտրիկներ (Նկ.2.17): Էլեկտրական դաշտի էներգիայի հաշվարկմամբ, որոշեք այդ կոնդենսատորի ունակությունը:

•**2.80.** Հարթ կոնդենսատորի մեջ հերթով d_1 , d_2 և d_3 հաստությամբ և ε_1 , ε_2 և ε_3 թափանցելիությամբ մեկուսիչ շերտեր են դրված (Նկ.2.18): Շրջադրրի մակերեսը S է: Էլեկտրական դաշտի էներգիայի հաշվարկով, որոշեք կոնդենսատորի ունակությունը:



■**2.81.** Էլեկտրական դաշտի էներգիայի հաշվարկմամբ, որոշեք R շառավղով հաղորդիչ գնդի ունակությունը, եթե դա շրջապատված է d հաստությամբ և ε թափանցելիությամբ շերտով:

■**2.82.** Հարթ կոնդենսատորի շրջադիրների արանքը լցված է դիէլեկտրիկով, որի դիէլեկտրական ε թափանցելիությունը x կոորդինատից կախված է $\varepsilon = \frac{\varepsilon_1(x+d)}{d}$ օրենքով, որտեղ d -ն շրջադիրների հեռավորությունն է, ε_1 -ը՝ հաստատուն մեծություն: X առանցքը շրջադիրներին ուղղահայաց է: Էլեկտրական դաշտի էներգիայի հաշվարկմամբ, որոշեք այդ կոնդենսատորի ունակությունը, եթե շրջադիրների մակերեսը S է:

■**2.83.** Գնդային կոնդենսատորը, որի ներքին շրջադրի շառավիղը R_1 է, իսկ արտաքինինը՝ R_2 , լցրած է դիէլեկտրիկով, որի թափանցելիությունը փոխվում է $\varepsilon = \frac{\alpha}{r}$ օրենքով, որտեղ α -ն հաստատուն է, իսկ r -ը՝ հեռավորությունն է գնդերի կենտրոնից: Էլեկտրական դաշտի էներգիայի հաշվարկմամբ, որոշեք կոնդենսատորի ունակությունը, եթե $R_1 \leq r \leq R_2$:

■**2.84.** Ներքին $R_1 = 0,25$ մ և արտաքին $R_2 = 0,5$ մ շառավղով դիէլեկտրիկ ($\varepsilon=3$) գնդային շերտի կենտրոնում $q = 3 \cdot 10^{-6}$ Կլ կետային լիցք կա: Որոշեք դաշտի էներգիան դիէլեկտրիկում:

Կապված լիցքեր

•**2.85.** 2.52.խնդրում որոշեք դիէլեկտրիկի բևեռացման վեկտորը և կապված լիցքերի ծավալային ու մակերևութային խտությունները:

•**2.86.** Դիէլեկտրիկի որևէ կետում էլեկտրական ինդուկցիայի վեկտորը $\vec{D}$ է: Բնչքա՞ն է բևեռացման $\vec{P}$ վեկտորը, եթե ε -ը հայտնի է:

•**2.87.** $E_0 = 100$ Վ/մ դաշտում դրված է դիէլեկտրիկ թիթեղ, որի $\varepsilon=2$: Թիթեղը $\vec{E}_0$ -ին ուղղահայաց է: Որոշեք՝ **ա)** թիթեղի ներսում դաշտի $\vec{E}$ լարվածությունը և $\vec{D}$ ինդուկցիան; **բ)** դիէլեկտրիկի $\vec{P}$ բևեռացման վեկտորը; **գ)** կապված լիցքի σ' խտությունը:

■**2.88.** Ստացեք դիէլեկտրիկի կապված լիցքի մակերևութային խտության $\sigma' = -\frac{\sigma(\varepsilon-1)}{\varepsilon}$ բանաձևը դիէլեկտրիկ-հաղորդիչ սահմանի վրա, եթե σ -ն՝ հաղորդչի լիցքի խտությունն է:

•**2.89.** $U=1000$ Վ լարման տակ գտնվող հարթ կոնդենսատորը լցնում են $\varepsilon=7$ -ի դիէլեկտրիկով: Թիթեղների հեռավորությունը՝ $d=3$ սմ: Որոշեք՝ **ա)** կապված լիցքի մակերևութային խտությունը; **բ)** շրջադիրների լիցքի խտության այն փոփոխությունը, երբ կոնդենսատորը լցնում են դիէլեկտրիկով: Խնդիրը լուծեք երկու դեպքի համար՝ **1)** դիէլեկտրիկը լցնելիս կոնդենսատորը միացրած է աղբյուրին; **2)** դիէլեկտրիկ լցնելուց առաջ

կոնդենսատորն անջատում են աղբյուրից:

• **2.90.** Հարթ կոնդենսատորի շրջադիրների արանքը լցնում են դիէլեկտրիկ և միացնում $U=4\text{կՎ}$ հաստատուն լարման աղբյուրին: Որոշեք շրջադիրների ազատ լիցքի և դիէլեկտրիկի մակերևութի կապված լիցքի խտությունները, եթե դիէլեկտրիկի $\chi=0,08$: Շրջադիրների հեռավորությունը $d=5\text{մմ}$ է:

• **2.91.** Հարթ կոնդենսատորի թիթեղները իրարից բաժանված են $d=4\text{մմ}$ հաստությամբ ապակե թիթեղով: Կոնդենսատորի լարումը՝ $U=1200\text{ Վ}$: Որոշեք՝ **1)** դաշտի լարվածությունն ապակու ներսում; **2)** շրջադիրների լիցքի խտությունը; **3)** կապված լիցքի մակերևութային խտությունը: Ապակու համար $\varepsilon=6$:

• **2.92.** Հարթ կոնդենսատորի մեջ յուղ է($\varepsilon=5$): Թիթեղների հեռավորությունը $d=1\text{սմ}$: Կոնդենսատորին ի՞նչ լարում տրվի, որ կապված լիցքի մակերևութային խտությունը յուղի վրա լինի $\sigma' = 6,2 \cdot 10^{-6}\text{Վ/մ}^2$:

• **2.93.** Հարթ կոնդենսատորի շրջադիրները իրարից բաժանված են ապակե թիթեղով, որի մակերեսը $S=100\text{սմ}^2$: Շրջադիրները իրար ձգում են $F = 4,9 \cdot 10^{-3}\text{Ն}$ ուժով: Որոշեք կապված լիցքի մակերևութային խտությունը ապակու վրա, եթե դրա $\varepsilon=6$ -ի:

• **2.94.** Հարթ կոնդենսատորի շրջադիրների արանքը լցված է դիէլեկտրիկով, որի $\varepsilon=2$: Երբ կոնդենսատորը միացնում են լարման աղբյուրին, թիթեղները $p=5\text{Պա}$ -ով ճնշում են դիէլեկտրիկին: Որոշեք՝ **ա)** դաշտի լարվածությունը և ինդուկցիան դիէլեկտրիկում; **բ)** կապված լիցքի մակերևութային խտությունը դիէլեկտրիկի վրա; **գ)** ազատ լիցքերի մակերևութային խտությունը շրջադիրների վրա; **դ)** էլեկտրական դաշտի էներգիայի ծավալային խտությունը; **ե)** դիէլեկտրական ընկալությունը:

• **2.95.** $U_1 = 600\text{Վ}$ լարումով հարթ կոնդենսատորի շրջադիրներն իրարից բաժանված են $d=2\text{մմ}$ հաստությամբ դիէլեկտրական թիթեղով: Երբ կոնդենսատորն անջատում են աղբյուրից և դիէլեկտրիկը հանում, լարումը դառնում է $U_2 = 1800\text{Վ}$: Որոշեք՝ **1)** կապված լիցքի մակերևութային խտությունը դիէլեկտրիկի վրա; **2)** դիէլեկտրական ընկալությունը:

• **2.96.** Հարթ կոնդենսատորի մեջ $\varepsilon=5$ -ի դիէլեկտրիկ կա, որի ծավալը $V=20\text{սմ}^3$ է: Երբ կոնդենսատորը լիցքավորում են, դիէլեկտրիկի մակերևութին առաջանում է $\sigma' = 8,35 \cdot 10^{-6}\text{Վ/մ}^2$ խտությամբ կապված լիցք: Ի՞նչ աշխատանք կկատարվի էլեկտրական ուժերի դեմ՝ դիէլեկտրիկը հանելու համար: Խնդիրը լուծեք, երբ դիէլեկտրիկը հանում են՝ **ա)** կոնդենսատորն աղբյուրին միացած վիճակում; **բ)** կոնդենսատորն աղբյուր-

րից անջատելուց հետո:

■**2.97.** Դիէլեկտրիկ ($\varepsilon=5$) գնդի ներսում $E=100$ Վ/մ դաշտ կա: Որոշեք կապված լիցքի մակերևութային խտության առավելագույն արժեքը և մեկ նշանի կապված լիցքի մակերևութային խտության միջին արժեքը:

■**2.98.** ε_1 թափանցելիությամբ R շառավղով մեկուսիչ գնդի կենտրոնում դրված է q կետային լիցք: Գունդը շրջապատված է ε_2 թափանցելիությամբ դիէլեկտրիկով: Որոշեք կապված լիցքի մակերևութային խտությունը երկու դիէլեկտրիկի սահմանին:

■**2.99.** R շառավղով մետաղե գունդը շրջապատված է a և b շառավղով դիէլեկտրիկ գնդային շերտով: Գնդին հաղորդել են q լիցք: Որոշեք՝ **ա)** դիէլեկտրիկի մակերևութի կապված լիցքը; **բ)** կապված լիցքի ծավալային խտությունը:

■**2.100.** b շառավղով գնդի նյութի դիէլեկտրական թափանցելիությունը գնդի կենտրոնից ունեցած r հեռավորությունից կախված է $\varepsilon = \frac{a}{r}$ օրենքով, որտեղ a -ն հաստատուն է: Գնդի կենտրոնում տեղադրված է q կետային լիցք: Որոշեք ρ' կապված լիցքերի ծավալային խտության կախվածությունը r -ից և ամբողջ կապված լիցքը գնդում:

■**2.101.** $\varepsilon=6$ թափանցելիությամբ ապակե թիթեղը մտցրել են $E_1 = 10$ Վ/մ դաշտն այնպես, որ թիթեղի նորմալը դաշտի ուժագծերի հետ կազմում է $\alpha_1 = 30^\circ$ անկյուն: Որոշեք՝ **ա)** դաշտի E_2 լարվածությունը թիթեղի ներսում և դրա կազմած α_2 անկյունը թիթեղի նորմալի հետ; **բ)** ապակու σ' կապված լիցքի խտությունը:

■**2.102.** q լիցքով օժտված կամայական ձևի հաղորդիչը շրջապատված է դիէլեկտրիկով, որի դիէլեկտրական թափանցելիությունը ε է: Որոշեք դիէլեկտրիկի ներքին և արտաքին մակերևութների ընդհանուր կապված լիցքը:

Դիպոլի վրա ազդող ուժը

■**2.103.** α բևեռացվելիությամբ ոչ բևեռային մոլեկուլը $\vec{p}$ էլեկտրական մոմենտով դիպոլի դաշտում: $\vec{p}$ -ն ուղղված է դեպի մոլեկուլը, իսկ դրանց միջև հեռավորությունը r է: Որոշեք մոլեկուլի վրա ազդող ուժը և ուժի մոմենտը:

■**2.104.** α բևեռացվելիությամբ մեկուսիչ գնդիկը գտնվում է լիցքավորված b շառավղով հաղորդիչ գնդի դաշտում, նրանից $r \gg b$ հեռավորության վրա: Որոշեք մեկուսիչ գնդիկի վրա ազդող ուժը, եթե հաղորդիչ գունդն ունի ϕ պոտենցիալը:

■**2.105.** Լիցքավորված R շառավղով օղակին ուղղահայաց առանցքի վրա ոչ բևեռային մոլեկուլ կա: Օղակի կենտրոնից h նշ x հեռավորության վրա է այդ մոլեկուլի վրա ազդող F ուժը՝ **ա)** զրո է; **բ)** առավելագույնն է:

■**2.106.** $R=0,5$ մ շառավղով օղակը լիցքավորված է $q=1$ Կլ լիցքով: Օղակի հարթությանն ուղղահայաց առանցքի վրա, նրա կենտրոնից անվերջ հեռու կետում կա ջրածնի ատոմ: Ատոմը զրոյին մոտ արագությամբ մոտենում է օղակին: Որոշեք դրա ձեռք բերած ապագության առավելագույն արժեքը: Ատոմը կհասնի՞ օղակի կենտրոնին: Ջրածնի ատոմի բևեռացվելիությունը՝ $\alpha = 1,57 \cdot 10^{-30}$ մ³:

Առնչություններ երկու դիէլեկտրիկները բաժանող սահմանի վրա

■**2.107.** Ցույց տվեք, որ երկու միջավայրի սահմանի վրա դաշտի լարվածության տանգենցիալ բաղադրիչն անընդհատ է՝ $E_{1t} = E_{2t}$:

■**2.108.** Ցույց տվեք, որ երկու միջավայրի սահմանի վրա էլեկտրական ինդուկցիայի վեկտորի նորմալ բաղադրիչն անընդհատ է՝ $D_{1n} = D_{2n}$, եթե սահմանի վրա ազատ լիցք չկա:

■**2.109.** Ցույց տվեք, որ երկու միջավայրի սահմանի վրա էլեկտրական ինդուկցիայի վեկտորի նորմալ բաղադրիչի թռիչքը որոշվում է $D_{2n} - D_{1n} = \sigma$ առնչությամբ, որտեղ σ -ն բաժանման սահմանի ազատ լիցքերի մակերևութային խտությունն է: Նորմալը բաժանման սահմանի վրա ուղղված է 1 միջավայրից 2-ը:

■**2.110.** Ցույց տվեք, որ երկու միջավայրի սահմանի վրա բևեռացման վեկտորի նորմալ բաղադրիչի թռիչքը որոշվում է $P_{2n} - P_{1n} = -\sigma'$ առնչությամբ, որտեղ σ' -ն բաժանման սահմանի կաված լիցքերի մակերևութային խտությունն է: Նորմալը բաժանման սահմանի վրա ուղղված է 1 միջավայրից 2-ը:

■**2.111.** Ստացեք $\vec{E}$ (կամ $\vec{D}$) վեկտորի գծերի բեկման օրենքը՝ $\frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}$:

Հարցեր

- օ1. Ո՞ր նյութերն են հաղորդիչ: Մետաղների ներսում ո՞ր մասնիկներն են ազատ շարժվում ամբողջ ծավալով, որո՞նք՝ ոչ:
- օ2. Ո՞րն է էլեկտրաստատիկ մակածման երևույթի էությունը:
- օ3. Դրականապես լիցքավորված հաղորդչի ներսում կա խոռոչ: Ինչի՞ է

- հավասար մակերևույթի և խոռոչի կետերի պոտենցիալների տարբերությունը:
- 04. Ինչի՞ է հավասար էլեկտրաստատիկ մակածման հետևանքով հաղորդչում առաջացած ընդհանուր լիցքը:
 - 05. Ինչպե՞ս են բաշխվում մակածված լիցքերը հաղորդչում:
 - 06. Մետաղե գնդի մոտ դրական կետային լիցք դրեցին: Պարզվեց, որ այդ լիցքի վրա ազդող ուժը զրո է: Ի՞նչ նշանի լիցք ունեւ գունդը:
 - 07. Լիցքավորված երկու մետաղե գնդի էլեկտրական փոխազդեցության ուժը զրո կլինի՞ :
 - 08. Հնարավո՞ր է, որ հաղորդչին մակածած տարբեր նշանի լիցքերն իրարից բաժանեն: Պատասխանը հիմնավորեք:
 - 9. Հաղորդիչը լիցքավորել են ու սպասել, որ լիցքերը հասնեն հավասարակշռության վիճակին: Այդժամ՝ ինչքա՞ն է լիցքի խտությունը հաղորդչի ներսում: Պատասխանը հիմնավորեք:
 - 010. Ինչի՞ է հավասար էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածությունը լիցքավորված հաղորդչի ներսում: Պատասխանը հիմնավորեք:
 - 011. Մետաղե գնդերի չափերը նույն կարգի են, ինչ որ դրանց հեռավորությունը: Մի անգամ գնդերին հաղորդում են նույն նշանի հավասար լիցք, մյուս անգամ՝ հակառակ նշանի: Գնդերի էլեկտրական փոխազդեցության ուժը է՞րբ մեծ կլինի:
 - 012. Ուղղանկյուն, բարակ մետաղե թիթեղն ունի լիցքի σ խտություն: Ինչպե՞ս կփոխվի լիցքի խտությունը, եթե այդ թիթեղից գլանային մակերևույթ սարքեն:
 - 013. Ինչպե՞ս է ուղղված էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածության վեկտորը հաղորդչի մակերևույթի վրա:
 - 014. Ինչպե՞ս են բաշխվում հաղորդչին կողմնակի լիցքերը:
 - 015. Ի՞նչ է էլեկտրաստատիկ պաշտպանությունը:
 - 016. Հայտնի է, որ լիցքավորված գնդիկը ձգում է թղթի կտորին: Ինչպե՞ս կփոխվի այդ ձգողության ուժը, եթե մետաղական փակ թաղանթով շրջապատենք՝ **ա)** լիցքավորված գնդիկը, **բ)** թղթի կտորը:
 - 017. Ունենք երկու մետաղական ոլորտ, որոնք ամրացված են ոչ հաղորդիչ հենարանների վրա: Դրական լիցքավորված ձողով ինչպե՞ս կարելի է այդ ոլորտները լիցքավորել իրար հավասար հակառակ նշանի լիցքերով:
 - 018. Ունենք որևէ լիցք: Ի՞նչ փորձով է հնարավոր ստանալ դրան

հավասար հակառակ նշանի լիցք:

- 19. Լիցքավորված մետաղե գնդի ներսում խոռոչ կա: Խոռոչի և գնդի մակերևույթի պոտենցիալների տարբերությունն ինչպե՞ս կփոփոխվի, եթե գնդի լիցքը մեծացնենք:
- 20. q լիցքը շարժվում է մետաղե գնդային մակերևույթի ներսում:
Ինչպիսի՞ն է էլեկտրական դաշտի լարվածությունը գնդից դուրս:
- 21. Հաղորդիչների լիցքի մակերևույթային խտությունը ինչպե՞ս է կախված մակերևույթի կորությունից:
- 22. Հաղորդչի մակերևույթի էլեկտրաստատիկ ճնշումն ինչպե՞ս է առաջանում:
- 23. Ի՞նչ կապ կա հաղորդչի մակերևույթի վրա ազդող էլեկտրաստատիկ ճնշման և դաշտի էներգիայի ծավալային խտության միջև:
- 24. Հաղորդչի մակերևույթի որևէ կետում լիցքի խտությունը σ է: Ինչի՞նչ է հավասար դաշտի լարվածությունն այդ կետում:
- 25. Հաղորդչի մակերևույթի բոլոր կետերի էլեկտրաստատիկ դաշտի $\vec{E}$ լարվածությունը հայտնի է: Ինչի՞նչ է հավասար հաղորդչի ամբողջ մակերևույթի վրա ազդող ճնշման ուժը:
- 26. Երկու մետաղե գունդ՝ մեծ և փոքր, ունեն նույն պոտենցիալը:
Գնդերից որի՞նչ լիցքն է ավելի մեծ: Ո՞ր գունդը կհոսեն լիցքերը, եթե դրանց միացնեն հաղորդալարով:
- 27. Առանձին հաղորդչի պոտենցիալն ինչպե՞ս է կախված իր լիցքից:
- 28. Առանձին հաղորդչի էլեկտրաունակությունն ի՞նչ է:
- 29. Սահմանեք ունակության մավորը ՄՀ-ում:
- 30. Սահմանեք ունակության միավորը Գաուսի համակարգում և գրեք դրա կապը ՄՀ-ի միավորի հետ:
- 31. Ինչի՞նչ է կախված հաղորդչի ունակությունը: Գրեք շառավղով մետաղե գնդի ունակության բանաձևը միավորների ՄՀ-ում:
- 32. Գրեք շառավղով մետաղե գնդի ունակության բանաձևը միավորների Գաուսի համակարգում:
- 33. Երկու հաղորդիչ ունեն $-q$ և $+2q$ լիցք: Այս հաղորդիչներին շրջափակում են φ պոտենցիալով փակ մետաղե թաղանթով: Ցույց տվեք,

որ +2q լիցք կրող հաղորդչի պոտենցիալը մեծ է փ-ից:

- 34. Հայելային արտապատկերման մեթոդի էությունը ո՞րն է:
- 35. q կետային լիցքը դրված է անվերջ հարթ մետաղե պատի մոտ:
Ինչպե՞ս որոշենք էլեկտրական դաշտի լարվածությունը և պոտենցիալը:
- 36. q կետային լիցքը դրված է R շառավղով հողակցած մետաղե գնդից d մ հեռու: Ինչպե՞ս որոշենք էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածությունը և պոտենցիալը:
- 37. Կետային դիպոլը գտնվում է հողակցված մետաղե գնդի մոտ:
Գունդը դրան կձգի՞, թե՞ կվանի:
- 38. Հաղորդիչների համակարգի պոտենցիալային գործակիցն ի՞նչ է:
Հաղորդիչների համակարգի ունակային գործակիցն ի՞նչ է:
- 39. Ի՞նչ հատկություն ունեն պոտենցիալային գործակիցները:
- 40. Ի՞նչ հատկություն ունեն ունակային գործակիցները:
- 41. Ինչպե՞ս որոշենք հաղորդիչներին մակածած լիցքի մեծությունը՝
կիրառելով փոխադարձության թեորեմը:
- 42. Երկու հաղորդիչից համակարգի փոխունակային գործակիցները
բացասական են: Ինչո՞ւ:
- 43. Լիցքավորված հաղորդիչների համակարգի էներգիան ինչպե՞ս է
արտահայտվում հաղորդիչների պոտենցիալային և ունակային
գործակիցներով:
- 44. Գրեք լիցքավորված առանձին հաղորդչի էներգիայի բանաձևը:
- 45. Ո՞րն է պարզ կոնդենսատորը, և դրա ի՞նչ տեսակներ գիտեք:
- 46. Գրեք հարթ, գլանային և գնդային կոնդենսատորների ունակու-
թյան բանաձևերը:
- 47. Գրեք լիցքավորված կոնդենսատորի էներգիայի բանաձևերը:
- 48. Հոսանքի աղբյուրին միացրած կոնդենսատորի էներգիան փոխեցին
 ΔW -ով: Ի՞նչ աշխատանք է կատարում այդ ընթացքում հոսանքի
աղբյուրը:
- 49. Փոփոխական ունակությամբ կոնդենսատորը լիցքավորվում և
անջատվում է հոսանքի աղբյուրից: Կմեծանա՞րադրոյք կոնդենսա-

տորի էներգիան, եթե մեծացնենք դրա ունակությունը:

- 50. Ունենք դրական լիցքով գունդ: Այդ գնդի միջոցով, առանց դրա լիցքի փոփոխության, ինչպե՞ս լիցքավորենք երկու ուրիշ մետաղե գունդ, ընդ որում, մեկին դրական լիցքով, մյուսին՝ բացասական:
- 51. Ունենք նույն մեծության, հակառակ նշանի երկու ամրացրած կետային լիցք, որոնց միացնող հատվածի մեջտեղը դրված է անլիցք մետաղե փոքր գնդիկ: Գնդիկը մոտեցնում են լիցքերից մեկին և թողնում: Ի՞նչ կլինի գնդիկի հետ: Ծանրության ուժն անտեսեք:
- 52. Աղբյուրին միացած հարթ կոնդենսատորի թիթեղների միջև դրել են չլիցքավորված մետաղե անլիցք փոքր գնդիկ: Ի՞նչ կլինի գնդիկին, եթե դա՝ **ա)** թիթեղների մեջտեղում է, **բ)** թիթեղներից մեկի մոտ է: Ծանրության ուժն անտեսեք:
- 53. Մետաղե դրական գնդիկը բացասական անվերջ, հարթ թիթեղի մոտ ինչ-որ տեղ է: Գնդիկը տեղափոխում են թիթեղին զուգահեռ: Այդ տեղափոխության ժամանակ ի՞նչ աշխատանք է կատարվում:
- 54. Հողակցած հաղորդչից դուրս դրված է q կետային լիցք: Լիցքը հաղորդչից հեռացնում են: Կարելի՞ է դաշտի կատարած աշխատանքը տանքը համարել հավասար լիցքի պոտենցիալ էներգիայի փոփոխությանը՝ հակադիր նշանով:
- 55. Հավասարաչափ լիցքավորված օղակի հարթությանն ուղղահայաց առանցքի վրա կա անլիցք մետաղական փոքր գնդիկ: Օղակը դրան կձգի՞, թե՞ կվանի:
- 56. Հավասարաչափ լիցքավորված սկավառակի հարթությանն ուղղահայաց առանցքի վրա կա անլիցք մետաղական փոքր գնդիկ: Սկավառակը դրան կձգի՞, թե՞ կվանի:
- 57. Ունենք նույն C ունակության չորս կոնդենսատոր: Իրականացնելով դրանց տարբեր միացումներն, ի՞նչ ունակություններ կարելի է ստանալ:
- 58. Զուգահեռ միացած C_1 և C_2 ունակության կոնդենսատորների վրա կիրառված է նույն լարումը: Որի՞ էներգիան է մեծ, եթե $C_2 > C_1$:
- 59. Հաջորդական միացած C_1 և C_2 ունակության կոնդենսատորների

- մարտկոցը միացրել են հաստատուն լարման աղբյուրին: Որի՞
էներգիան է մեծ, եթե $C_2 > C_1$:
- 60. Ո՞ր նյութերն են դիէլեկտրիկ, և ինչո՞վ են դրանք տարբերվում
մետաղներից:
- 61. Ո՞ր դիէլեկտրիկներն են բևեռային, որո՞նք՝ ոչ բևեռային:
- 62. Դիէլեկտրիկի բևեռացումը ո՞ր երևույթն է:
- 63. Դրական մարմինը ձգում է թելից կախված թեթև դիէլեկտրիկին:
Ճի՞շտ է, որ այս դիէլեկտրիկի լիցքը բացասական է:
- 64. Բարակ, մեկուսիչ թելից կախված է երկու միատեսակ թեթև
դիէլեկտրիկ: Դրանցից մեկը լիցքավորված է, իսկ մյուսը՝ ոչ:
Ինչպե՞ս որոշենք, թե որն է լիցքավորված:
- 65. Շփումից լիցքավորված սանրը ձգում է անլիցք թղթի կտորներին:
Բացատրեք այս երևույթը:
- 66. Ինչպե՞ս է բևեռանում՝ ա) բևեռային դիէլեկտրիկը, բ) ոչ բևեռային
դիէլեկտրիկը:
- 67. Ունենք տարանուն լիցքով լիցքավորված երկու գունդ, որոնց միջև
տեղադրում են դիէլեկտիկ գունդ, որը դրանց հետ չի շփվում:
Ինչպե՞ս կփոխվի լիցքավորված գնդերի փոխազդեցության ուժը:
- 68. Ի՞նչ իմաստով են հաղորդիչը դիտում որպես անվերջ մեծ
դիէլեկտրական թափանցելիությամբ միջավայր:
- 69. Երկու լիցքավորված զուգահեռ մետաղե թիթեղ իրար ձգում են F
ուժով: Ինչպե՞ս կփոխվի այդ ուժը, եթե թիթեղների արանքը
մեկուսիչ դրվի:
- 70. Լիցքավորված մետաղե գնդիկն օդում ձգում է պարաֆինե գնդիկին:
Ինչու՞ է դա ջրում վանում մյուսին:
- 71. Ի՞նչ է բևեռացման վեկտոր: Գրեք բևեռացման վեկտորի բանաձևը:
Բևեռացման վեկտորի միավորը ո՞րն է:
- 72. Նկարագրեք իոնային բևեռացումը:
- 73. Բևեռային մոլեկուլների դիպոլային մոմենտներն ի՞նչ կարգի են:
- 74. Մոլեկուլում մակաձված դիպոլային մոմենտն ի՞նչ կարգի է:
Կգերազանցի՞րդա մոլեկուլի սեփական դիպոլային մոմենտին:

- 75. Ինչո՞ւ դաշտն ավելի թույլ է դիէլեկտրիկի ներսում, քան վակուումում:
- 76. Ի՞նչ է ատոմի (մոլեկուլի) բևեռացվելիությունը (բևեռացման գործակիցը): Ի՞նչ միավորով է դա չափվում:
- 77. Ի՞նչ է դիէկտրիկի էլեկտրական ընկալունակությունը (դիէլեկտրիկի բևեռացման գործակիցը), և ո՞րն է դրա միավորը:
- 78. Բևեռացման վեկտորը թույլ դաշտում ինչպե՞ս է կապված դիէլեկտրիկի ներսի դաշտի լարվածության հետ:
- 79. Ի՞նչ է հարաբերական դիէլեկտրական թափանցելիությունը, և ո՞րն է դրա միավորը:
- 80. Ի՞նչ է բացարձակ դիէլեկտրական թափանցելիությունը, և ո՞րն է դրա միավորը:
- 81. Ինչպե՞ս են կապված դատարկ և մեկ էլ՝ դիէլեկտրիկով լցրած կոնդենսատորների ունակությունները:
- 82. Աղբյուրից անջատված կոնդենսատորի լարումը U_0 է: Ինչպե՞ս կփոխվի այդ լարումը, եթե կոնդենսատորի մեջ դիէլեկտրիկ դրվի:
- 83. Դիէլեկտրիկով լցրած և աղբյուրից անջատած կոնդենսատորի լարումն U_0 է: Ինչպե՞ս կփոխվի շրջադիրների լարումը, եթե դիէլեկտրիկը կոնդենսատորից հանվի:
- 84. Բևեռային և ոչ բևեռային նոսր գազերի դիէլեկտրական թափանցելիությունն ինչպե՞ս է կախված ճնշումից (հաստատուն ջերմաստիճանում):
- 85. Բևեռային և ոչ բևեռային նոսր գազերի դիէլեկտրական թափանցելիությունն ինչպե՞ս է կախված ջերմաստիճանից:
- 86. Ոչ բևեռային խիտ գազերի թափանցելիությունն ինչպե՞ս է կախված ճնշումից:
- 87. Ո՞ր լիցքերն են կոչվում կապված, և ինչպե՞ս են որոշում այդ լիցքերի մակերևութային և ծավալային խտությունները:
- 88. Ի՞նչ առնչությամբ է տրվում էլեկտրական ինդուկցիայի (շեղման) վեկտորը:
- 89. Գրեք Գաուսի թեորեմը դիէլեկտրիկներում:

- 90. գ կետային լիցքը շրջապատված է ε թափանցելիությամբ միջավայրով: Ինչպե՞ս կփոխվի էլեկտրական ինդուկցիայի հոսքը գ լիցքն ընդգրկող կամայական փակ մակերևույթով, եթե միջավայրը հեռացնեն:
- 91. Նույն չափերի երկու հարթ կոնդենսատորից մեկը լցրած է համասեռ դիէլեկտրիկով, իսկ մյուսը դատարկ է: Կոնդենսատորները միացրել են լարման նույն աղբյուրին: Որի՞ մեջ է դաշտի լարվածությունը մեծ, որի՞ մեջ՝ ինդուկցիան:
- 92. Նույն չափերի երկու հարթ կոնդենսատորից մեկը լցրած է դիէլեկտորիկով, իսկ մյուսը դատարկ է: Կոնդենսատորները միացրել են լարման նույն աղբյուրին: Կոնդենսատորներից ո՞րն ունի մեծ լիցք, ո՞րը՝ մեծ էներգիա:
- 93. Լիցքավորված մետաղե գունդը շրջապատված է հաստ մեկուսիչ գնդային շերտով: Գծեք դաշտի լարվածության և ինդուկցիայի գծերի մոտավոր տեսքը:
- 94. Գրեք էլեկտրական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի և լարվածության կապը՝ իզոտրոպ և ոչ իզոտրոպ դիէլեկտրիկների համար:
- 95. Գրեք էլեկտրական դաշտի էներգիայի բանաձևը՝ դիէլեկտրիկում:
- 96. Գրեք էլեկտրական դաշտի էներգիայի ծավալային խտության բանաձևը՝ դիէլեկտրիկում:
- 97. Գրեք բևեռացած դիէլեկտրիկի էներգիայի բանաձևը:
- 98. Գրեք բևեռացած դիէլեկտրիկի վրա ազդող ուժի բանաձևը:
- 99. Գրեք բևեռացած դիէլեկտրիկի միավոր ծավալի վրա ազդող ուժի բանաձևը:
- 100. Հավասարաչափ լիցքավորված օղակի կենտրոնում կա ոչ բևեռային մոլեկուլ: Նրա վրա ուժ կազդի՞:
- 101. Հավասարաչափ լիցքավորված օղակի հարթությանն ուղղահայաց առանցքի վրա կա ոչ բևեռային մոլեկուլ: Օղակը դրան կձգի՞, թե՞ կվանի:
- 102. Հավասարաչափ լիցքավորված սկավառակի հարթությանն ուղղահայաց առանցքի վրա կա ոչ բևեռային մոլեկուլ: Սկավառակը դրան կձգի՞, թե՞ կվանի:
- 103. Հավասարաչափ լիցքավորված անվերջ հարթությունը ոչ բևեռային մոլեկուլին կձգի՞, թե՞ կվանի:

- **104.** Հավասարաչափ լիցքավորված ուղիղ, անվերջ լարը ոչ բևեռային մոլեկուլին կձգի՝, թե՛ կվանի:
- **105.** Երկու դիէլեկտրիկի սահմանի վրա ի՞նչ առնչություն կա դաշտի լարվածության վեկտորի նորմալ և տանգենցիալ բաղադրիչների միջև (ազատ լիցքեր չկան):
- **106.** Երկու դիէլեկտրիկի սահմանի վրա ի՞նչ առնչություն կա էլեկտրական ինդուկցիայի վեկտորի նորմալ և տանգենցիալ բաղադրիչների միջև (ազատ լիցքեր չկան):
- **107.** Գրեք լարվածության գծերի բեկման օրենքը:
- **108.** Ի՞նչ է սեզնետաէլեկտրիկը:
- **109.** Նշեք սեզնետաէլեկտրիկների հիմնական հատկությունները:
- **110.** Կյուրիի կետի մոտակայքում սեզնետաէլեկտրիկների բևեռացման գործակիցը ինչպե՞ս է կախված ջերմաստճանից:
- **111.** Տվեք սեզնետաէլեկտրականության որակական բացատրությունը:
- **112.** Գծեք սեզնետաէլեկտրիկի բևեռացման վեկտորի կախվածությունը դաշտի լարվածությունից: Ինչպե՞ս է կոչվում այդ կորը և ինչո՞ւ:
- **113.** Գծեք դաշտի ինդուկցիայի կախվածությունը լարվածությունից՝ սեզնետաէլեկտրիկների համար:
- **114.** Ո՞ր դիէլեկտրիկներն են պիեզոէլեկտրիկ, որո՞նք՝ պիրոէլեկտրիկ:
- **115.** Օժտվա՞ծ են արդյոք սեզնետաէլեկտրիկները պիեզո- և պիրոէլեկտրական հատկություններով:
- **116.** Ունենք բևեռացած սեզնետաէլեկտրիկ: Գծեք դրա լարվածության գծերի մոտավոր պատկերը:
- **117.** Ունենք բևեռացած սեզնետաէլեկտրիկ: Գծեք դրա էլեկտրական ինդուկցիայի (վեկտորի) գծերի մոտավոր պատկերը:
- **118.** Սեզնետաէլեկտրիկի հիստերեզիսի օղակի վրա նշեք այն կետերը, որոնց հնարավոր է, որ ֆորմալ ձևով վերագրվի դիէլեկտրական թափանցելության՝ **ա)** 0 արժեք, **բ)** անվերջ մեծ արժեք, **գ)** բացասական արժեք:

Հիմնավորեք պնդումների ճիշտ և սխալ լինելը

2.1. ա) Էլեկտրական դաշտի լարվածությունը միջավայրի ներսի որևէ կետում հավասար է միջավայրի ներսում գտնվող էլեկտրոնների, միջուկների և կողմնակի լիցքերի կողմից ստեղծած էլեկտրական դաշ-

տերի լարվածությունների վեկտորական գումարին; **բ)** Միջավայրի ներսում գտնվող ատոմների միջուկների և կապված ու ազատ էլեկտրոնների ստեղծած էլեկտրական դաշտը տարածության մեջ և ժամանակի ընթացքում արագ փոփոխվող դաշտ է: Այդ դաշտին անվանում են միկրոսկոպիկ դաշտ; **գ)** Միջավայրի միկրոսկոպիկ դաշտի $\vec{E}_{\text{միկ}}(x, y, z)$ լարվածության տեսքը միայն փորձով են որոշում; **դ)** Սովորաբար որպես միջավայրի ներսի էլեկտրական դաշտի $\vec{E}$ լարվածություն վերցնում են միկրոսկոպիկ դաշտի տարածականորեն միջինացված արժեքը, այս դաշտին անվանում են մակրոսկոպիկ դաշտ (տարածական միջինացումը կատարվում է ֆիզիկական փոքր ծավալով):

2.2. ա) Կողմնակի լիցքերի էլեկտրական դաշտի ազդեցության հետևանքով միջավայրի տարբեր կողմերում առաջանում են չկոմպենսացված հակառակ նշանի լիցքեր: Այս երևույթը կոչվում է էլեկտրաստատիկ մակաձման երևույթ, իսկ առաջացած լիցքերը՝ մակաձված լիցքեր; **բ)** Միջավայրի մակաձված լիցքերի հայտնի բաշխվածությամբ որոշելով դրանց $\vec{E}'(x, y, z)$ դաշտը և դրան վեկտորապես գումարելով կողմնակի լիցքերի $\vec{E}_0(x, y, z)$ դաշտը, կունենանք $\vec{E}(x, y, z) = \vec{E}'(x, y, z) + \vec{E}_0(x, y, z)$ արդյու նարար դաշտի լարվածությունը; **գ)** Հաղորդչին հաղորդած լիցքը հավասարապես բաշխվում է հաղորդչի ամբողջ ծավալով; **դ)** Հաղորդիչ միջավայրի մակաձված լիցքերի $\vec{E}'(x, y, z)$ դաշտը և կողմնակի լիցքերի $\vec{E}_0$ դաշտը տարածության ցանկացած կետում ունեն իրար հակադիր ուղղություն:

2.3. ա) Լիցքավորված հաղորդչի ներսի և մակերևույթի բոլոր կետերն ունեն նույն պոտենցիալը; **բ)** Առանձնակի հաղորդչի լիցքի մակերևութային խտության բաշխվածությունը կախված է այդ հաղորդչի ձևից և փոքր կորությամբ մասերում այն ունի ավելի մեծ արժեք, քան մեծ կորություն (սուր) ունեցող մասերում; **գ)** Բևեռացած դիէլեկտրիկներում կապված լիցքի մակերևութային σ' խտությունը միշտ տարբեր է գրոյից, իսկ կապված լիցքերի ρ' ծավալային խտությունը գրոյից տարբեր է միայն անհամասեռ բևեռացման դեպքում; **դ)** Երբ հաղորդիչը տեղադրվում է արտաքին էլեկտրաստատիկ դաշտում, ապա դաշտի ազդեցու-

թյան հետևանքով հաղորդչի ներսի ազատ էլեկտրոնների մի մասը տեղափոխվում է մակերևույթի վրա:

2.4. ա) Առանձնակի հաղորդչի լիցքը քանի անգամ որ փոխենք, նույնքան անգամ կփոխվի հաղորդչի պոտենցիալը; **բ)** Բացասական լիցքավորված հաղորդչի մակերևույթի յուրաքանչյուր կետում էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածությունն ունի հաղորդչի մակերևույթի արտաքին նորմալի հակառակ ուղղությունը; **գ)** Առանձնակի հաղորդչի լիցքը փոփոխելուց կփոխվի հաղորդչի մակերևույթի պոտենցիալը, իսկ ներսի կետերի պոտենցիալը կմնա անփոփոխ; **դ)** Հաղորդչին հաղորդած լիցքն ամբողջությամբ բաշխվում է հաղորդչի մակերևույթի վրա:

2.5. ա) Լիցքավորված հաղորդչի ներսում լիցքի ծավալային խտությունը հավասար է զրոյի; **բ)** Քանի որ լիցքերի հավասարակշռության դեպքում մետաղի ներսում ավելցուկ լիցքեր չկան՝ մետաղի ներսի նյութը լիցքաչեզոք է, ուստի մետաղի ներսի ծավալի մի մասի հեռացումից ոչ մի կետում դաշտի փոփոխություն կամ լիցքերի վերաբաշխում չի առաջանա; **գ)** Մնամել մետաղին (մետաղական պատյանին) հաղորդած լիցքը բաշխվում է արտաքին մակերևույթով և էլեկտրական դաշտը ներսի բոլոր կետերում, այդ թվում խոռոչում՝ բացակայում է և ունենում ենք մետաղական էկրան; **դ)** q լիցք և C էլեկտրատունակություն ունեցող առանձնակի հաղորդչի էլեկտրական էներգիան՝ $W = \frac{q^2}{2C}$:

2.6. ա) Լիցքավորված հաղորդչի մակերևույթը հանդիսանում է համապոտենցիալ մակերևույթ; **բ)** Էլեկտրական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի կապը դիէլեկտրիկի բևեռացման վեկտորի հետ՝ $\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$; **գ)** Հաղորդիչների ներսում մակածված լիցքերի դաշտի $\vec{E}'(x, y, z)$ լարվածությունը մոդուլով հավասար է կողմնակի լիցքերի դաշտի $\vec{E}_0(x, y, z)$ լարվածության մոդուլին և ունի դրան հակառակ ուղղություն, որի հետևանքով հաղորդչի ներսում արդյունաբար դաշտի լարվածությունը հավասարվում է զրոյի՝ $\vec{E}(x, y, z) = \vec{E}'(x, y, z) + \vec{E}_0(x, y, z) = 0$; **դ)** Հնդակցված հաղորդչի մակերևույթին մակածված լիցքեր չեն առաջանում:

2.7. ա) Լիցքավորված հաղորդչի մակերևույթին ազդող էլեկտրաստատիկ ճնշումը տրվում է $p = \frac{\epsilon_0 E^2}{2}$ արտահայտությամբ, որտեղ $\vec{E}$ -ն էլեկ-

տըրաստատիկ դաշտի լարվածությունն է հաղորդչի մակերևույթին; **բ)** Վակուումում գտնվող R շառավղով հաղորդիչ գնդի ունակությունը միավորների գաուսյան համակարգում՝ $C=R$; **գ)** C ունակությամբ օժտված լիցքավորված կոնդենսատորի էներգիան՝ $W = \frac{CU^2}{2}$, որտեղ U -ն կոնդենսատորի լարումն է; **դ)** Երբ հաղորդիչը տեղադրվում է արտաքին էլեկտրաստատիկ դաշտում, ապա դաշտի ազդեցության հետևանքով հաղորդչի միայն մակերևույթի ազատ էլեկտրոններն են տեղափոխվում մակերևույթի մի մասից մյուս մասը:

2.8. ա) Հաջորդական միացրած պարզ կոնդենսատորների մարտկոցի ունակությունը որոշվում է $\frac{1}{C} = \sum_i \frac{1}{C_i}$ առնչությունից, որտեղ C_i -ն i -րդ կոնդենսատորի էլեկտրաունակությունն է; **բ)** Լիցքաչեզոք մետաղում ազատ էլեկտրոնների կոնցենտրացիան հավասար է դրական իոնների կոնցենտրացիային, ինչը նշանակում է, որ մետաղի յուրաքանչյուր լիցքաչեզոք ատոմից պոկվել է մեկական էլեկտրոն; **գ)** q լիցքով լիցքավորված կոնդենսատորի էներգիան՝ $W = \frac{qU}{2}$, որտեղ U -ն կոնդենսատորի լարումն է; **դ)** Առանձնակի հաղորդչի էլեկտրաունակությունն ուղիղ համեմատական է դրան հաղորդած q լիցքին և հակադարձ համեմատական է ձեռք բերած φ պոտենցիալին՝ $C = \frac{q}{\varphi}$:

2.9. ա) Զուգահեռ միացրած պարզ կոնդենսատորների մարտկոցի ունակությունը՝ $C = \sum_i C_i$, որտեղ C_i -ն i -րդ կոնդենսատորի էլեկտրաունակությունն է; **բ)** Առանձնակի հաղորդչի էլեկտրաունակությունը՝ $C = \frac{\Delta q}{\Delta \varphi}$, որտեղ Δq -ն հաղորդչի լիցքի փոփոխությունն է, իսկ $\Delta \varphi$ -ն՝ պոտենցիալի փոփոխությունը; **գ)** Քանի որ միջավայրի բացակայության դեպքում կողմնակի լիցքերի էլեկտրաստատիկ դաշտի $\vec{E}_0$ լարվածության համար $\oint \vec{E}_0 d\vec{l} = 0$, ուստի հաղորդիչների առկայության դեպքում $\vec{E} = \vec{E}' + \vec{E}_0$ արդյունաբար դաշտի համար $\oint \vec{E} d\vec{l} > 0$; **դ)** Հաղորդչին հաղորդած լիցքերը կգտնվեն հավասարակշռության մեջ, եթե հաղորդչի մակերևույթի կետերի պոտենցիալը մեծ լինի ներսի կետերի պոտենցիալից:

2.10. ա) Մնամեջ մետաղյա գնդի էլեկտրաունակությունը փոքր է նույն շառավղով հոծ գնդի էլեկտրաունակությունից; **բ)** Երբ աղբյուրին միա-

ցած կոնդենսատորի ունակությունը մեծացրին, կոնդենսատորի էլեկտրական դաշտի լարվածությունը մնաց անփոփոխ; **գ)** 1սմ էլեկտրաունակությունը՝ վակուումում գտնվող 1սմ շառավղով հաղորդիչ գնդի ունակությունն է: $1\Phi=9\cdot 10^{11}$ սմ; **դ)** Դիէլեկտրիկով լցված հարթ կոնդենսատորի էլեկտրաունակությունը տրվում է $C=\frac{\epsilon_0\epsilon S}{d}$ արտահայտությամբ, որտեղ d -ն S մակերես ունեցող շրջադիրների միջև եղած հեռավորությունն է, իսկ ϵ -ը՝ դիէլեկտրիկի դիէլեկտրական թափանցելիությունը:

2.11. ա) Զուգահեռ միացրած պարզ կոնդենսատորների մարտկոցի ընդհանուր լարումը հավասար է կոնդենսատորներից մեկի լարմանը՝ $U = U_i$; **բ)** էլեկտրաստատիկ մակածման հետևանքով հաղորդչում առաջացած ընդհանուր լիցքը հավասար է զրոյի; **գ)** Q անշարժ կետային լիցքի էլեկտրական դաշտի պոտենցիալը դիէլեկտրական միջավայրի առկայության դեպքում՝ $\varphi=\frac{Q}{\epsilon r}$ (միավորների գաուսյան համակարգում), որտեղ ϵ -ը միջավայրի դիէլեկտրական թափանցելիությունն է; **դ)** Լիցքավորված մասնիկը լիցք չունեցող հաղորդիչ գնդի կողմից չի կարող ձգվել (գրավիտացիոն ուժն անտեսել):

2.12. ա) 1Φ ունակությունն այնպիսի կոնդենսատորի ունակությունն է, որի լարումը 1Վ -ով փոփոխելու համար անհրաժեշտ է կոնդենսատորի լիցքը փոխել 1Կլ -ով; **բ)** էլեկտրաստատիկ մակածման հետևանքով հաղորդչում առաջացած լիցքը բաշխվում է հաղորդչի մակերևույթին; **գ)** Հաջորդական միացրած պարզ կոնդենսատորների մարտկոցի ընդհանուր լարումը հավասար է բոլոր կոնդենսատորների լարումների գումարին՝ $U = \sum_i U_i$; **դ)** Քանի որ միջավայրի բացակայության դեպքում կողմնակի լիցքերի $\vec{E}_0$ էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածության համար $\oint \vec{E}_0 d\vec{l}=0$, ուստի դիէլեկտրիկների առկայության դեպքում $\vec{E} = \vec{E}' + \vec{E}_0$ արդյունաբար դաշտի համար $\oint \vec{E} d\vec{l} \neq 0$:

2.13. ա) Հաջորդական միացրած պարզ կոնդենսատորների մարտկոցի ընդհանուր լիցքը հավասար է կոնդենսատորներից մեկի լիցքին՝ $q=q_i$; **բ)** էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածությունը հաղորդիչ-վակուում բաժանման սահմանի կետերում՝ $E_n = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$, որտեղ E_n -ը լարվածության նորմալ բաղադրիչն է, լարվածության տանգենցիալ (շոշափողով) բաղադրիչը հավասար է զրոյի; **գ)** Կուլոնի օրենքը դիէլեկտրական միջավայրի առկայության դեպքում՝ $\vec{F} = k \frac{Qq}{\epsilon r^3} \vec{r}$; **դ)** Համասեռ դիէլեկտրիկով լցրած կոնդենսատորի ունակությունը՝ $C = \epsilon C_0$, որտեղ C_0 -ն դատարկ կոնդեն-

սաստորի ունակությունն է:

2.14. ա) Եթե ունենք երկու հաղորդիչների համակարգ, ապա յուրաքանչյուր հաղորդչի պոտենցիալը կախված կլինի ոչ միայն իր լիցքից, այլև կախված կլինի մյուս հաղորդչի լիցքից և վերադրման սկզբունքի համաձայն կարող ենք գրել, որ $\varphi_1 = a_{11}q_1 + a_{12}q_2$; $\varphi_2 = a_{21}q_1 + a_{22}q_2$, որտեղ a_{ik} գործակիցները կոչվում են պոտենցիալային գործակիցներ, որոնք կախված են հաղորդիչների ձևից, չափերից և նրանց փոխադարձ դիրքից; **բ)** Չանշարժ կետային լիցքի էլեկտրական դաշտի լարվածությունը դիէլեկտրական միջավայրի առկայության դեպքում՝ $\vec{E} = k \frac{Q}{\epsilon r^3} \vec{r}$, որտեղ ϵ -ը միջավայրի դիէլեկտրական թափանցելիությունն է; **գ)** Ջուգահեռ միացրած պարզ կոնդենսատորների մարտկոցի ընդհանուր լիցքը հավասար է բոլոր կոնդենսատորների լիցքերի գումարին՝ $q = \sum_i q_i$; **դ)** Համասեռ դիէլեկտրիկով լցված գլանային կոնդենսատորի էլեկտրաունակությունը՝ $C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon H}{\ln \frac{R}{r}}$, որտեղ H -ը շրջադիրների բարձրությունն է, r և R -ը՝ շրջադիրների շառավիղները, իսկ ϵ -ը՝ դիէլեկտրիկի դիէլեկտրական թափանցելիությունը:

2.15. ա) Եթե ունենք երկու հաղորդիչների համակարգ, ապա յուրաքանչյուր հաղորդչի լիցքը կախված կլինի ոչ միայն իր պոտենցիալից, այլև կախված կլինի մյուս հաղորդչի պոտենցիալից, հետևաբար $q_1 = C_{11}\varphi_1 + C_{12}\varphi_2$; $q_2 = C_{21}\varphi_1 + C_{22}\varphi_2$ որտեղ C_{ik} գործակիցները կոչվում են ունակային գործակիցներ, որոնք կախված են հաղորդիչների ձևից, չափերից և նրանց փոխադարձ դիրքից; **բ)** Դիէլեկտրիկում գտնվող, մակերևութով լիցքավորված S մակերեսի ստեղծաց դաշտի պոտենցիալը կամայական A կետում՝ $\varphi_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_S \frac{\sigma dS}{\epsilon r} + C$; **գ)** Քանի որ միջավայրի բացակայության դեպքում կողմնակի լիցքի էլեկտրաստատիկ դաշտի $\vec{D}_0$ ինդուկցիայի վեկտորի հոսքի համար $\oint_S \vec{D}_0 d\vec{S} = q_0$, ուստի դիէլեկտրիկների առկայության դեպքում $\vec{E} = \vec{E}' + \vec{E}_0$ արդյունաբար դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի համար $\oint_S \vec{D} d\vec{S} \neq q_0$; **դ)** Առանձնակի դիէլեկտրիկն ունի ավելի մեծ էլեկտրաունակություն, քան վակուումում գտնվող նույն ձև և չափ ունեցող հաղորդիչը:

2.16. ա) Դիէլեկտրիկի բևեռացման վեկտորը տրվում է $\vec{P} = \frac{1}{\Delta V} \sum_{i=1}^N \vec{p}_i$ արտահայտությամբ, որտեղ $\vec{p}_i$ -ն ֆիզիկական փոքր ծավալի i -րդ մոլեկուլի (ատոմի) դիպոլային մոմենտն է; **բ)** Երբ աղբյուրից անջատված լիցքա-

վորված կոնդենսատորի ունակությունը մեծացրին, կոնդենսատորի լիցքը մեծացավ; **զ)** Երկու դիէլեկտրիկ միջավայրերի բաժանման սահմանին կապված լիցքերի մակերևութային խտությունը տրվում է $P_{2n} - P_{1n} = -\sigma'$ բանաձևով, որտեղ $\vec{n}$ նորմալն ուղղված է 1 միջավայրից 2-ը, իսկ $\vec{P}$ -ն բեվեռացման վեկտորն է; **դ)** Երբ աղբյուրից անատած լիցքավորված կոնդենսատորի ունակությունը մեծացրին, կոնդենսատորի լարումը մեծացավ:

2.17. ա) Երբ U լարման աղբյուրին միացրած փոփոխական ունակությամբ կոնդենսատորի էներգիան մեծացրին ΔW -ով, այդ ընթացքում կոնդենսատորի լարումը մնաց անփոփոխ; **բ)** Եթե որևէ մարմին շրջապատենք հաղորդիչ պատյանով, ապա արտաքին էլեկտրական դաշտն այդ մարմնի վրա ոչ մի ազդեցություն չի կարող ունենալ, քանի որ այն չի կարող թափանցել այդ պատյանի ներսը; **գ)** Էլեկտրական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի կապը դիէլեկտրիկի ներսի դաշտի լարվածության հետ՝ $\vec{D} = \epsilon_0 \epsilon \vec{E}$; **դ)** Թույլ դաշտերի դեպքում բեռնացման վեկտորի կապը դիէլեկտրիկի ներսի դաշտի լարվածության հետ՝ $\vec{P} = \epsilon_0 \chi \vec{E}$, որտեղ χ -ն էլեկտրական ընկալությունն է:

2.18. ա) Կապված լիցքերի մակերևութային խտությունը հաղորդիչ-դիէլեկտրիկ սահմանի վրա՝ $\sigma' = -\frac{(\epsilon-1)\sigma}{\epsilon}$, որտեղ σ -ն հաղորդչի ազատ լիցքերի մակերևութային խտությունն է; **բ)** Այն դիէլեկտրիկները, որոնք արտաքին էլեկտրական դաշտում չեն բեռնանում, կոչվում են ոչ բեռնային դիէլեկտրիկներ; **գ)** Հաղորդիչ-դիէլեկտրիկ սահմանի վրա էլեկտրական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի նորմալ բաղադրիչը հավասար է ազատ լիցքերի մակերևութային խտությանը՝ $D_n = \sigma$; **դ)** R շառավիղ և q լիցք ունեցող սնամեջ մետաղե գնդի ներսում էլեկտրական դաշտի լարվածությունը հավասար է զրոյի՝ $\vec{E} = 0$:

2.19. ա) Բեռնացած դիէլեկտրիկում կապված լիցքի ծավալային խտությունը՝ $\rho' = -\text{div} \vec{P}$, որտեղ $\vec{P}$ -ն միջավայրի բեռնացման վեկտորն է; **բ)** Էլեկտրական դաշտի լարվածության հոսքը կամայական փակ մակերևութով հավասար է այդ մակերևութի ներսում գտնվող կոդմնակի և կապված լիցքերի հանրահաշվական գումարը՝ բաժանած էլեկտրական հաստատունին՝ $\oint_S \vec{E} d\vec{S} = \frac{q+q'}{\epsilon_0}$; **գ)** Դիէլեկտրիկով լցված գնդային կոնդենսատորի էլեկտրաունակությունը՝ $C = \frac{4\pi\epsilon_0\epsilon Rr}{R-r}$, որտեղ r և R -ը շրջադիրների շառավիղներն են, իսկ ϵ -ը՝ դիէլեկտրիկի դիէլեկտրական թա-

փանցելիությունը; **դ)** Էլեկտրական դաշտի լարվածությունը հաղորդիչ-
դիէլեկտրիկ սահմանի վրա՝ $E_n = \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon}$, որտեղ ε -ը՝ դիէլեկտրիկի դիէլեկտ
րական թափանցելիությունն է:

2.20. ա) Փոքր դիէլեկտրիկական թափանցելիությամբ միջավայրից մեծ
դիէլեկտրիկական թափանցելիությամբ միջավայր անցնելիս էլեկտրա-
ստատիկ դաշտի ինդուկցիայի գծերի թիվը մեծանում է; **բ)** Դիէլեկտ-
րիկով շրջապատված R շառավղով հաղորդիչ գնդի էլեկտրաունակու-
թյունը՝ $C = 4\pi\varepsilon_0\varepsilon R$, որտեղ ε -ը միջավայրի դիէլեկտրական թափանցե-
լիությունն է; **գ)** Եթե երկու դիէլեկտրիկների բաժանման սահմանի վրա
կան ազատ լիցքեր, ապա էլեկտրական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի
նորմալ բաղադրիչն այդ սահմանի վրա չի փոխվի; **դ)** Համակարգի յու-
րաքանչյուր հաղորդչի լիցքը կախված է թե՛ իր պոտենցիալից, թե՛ մյուս
հաղորդիչների պոտենցիալներից և հաղորդիչների փոխադարձ դիրքից՝
 $q_i = \sum_{k=1}^N C_{ik}\varphi_k$, որտեղ C_{ik} գործակիցները կոչվում են ունակային գոր-
ծակիցներ ($C_{ik} = C_{ki}$): Երբ $i \neq k$, $C_{ik} < 0$; $i=k$, $C_{ik} > 0$:

2.21. ա) Երբ իրար մոտ գտնվող երկու մետաղյա գնդերին մի անգամ
հաղորդեցին նույն նշանի հավասար լիցք, իսկ երկրորդ անգամ՝ հակա-
ռակ նշանի, ապա գնդերի էլեկտրական փոխազդեցության ուժի մոդուլն
երկրորդ անգամ ավելի մեծ եղավ, քան առաջին; **բ)** Լիցքավորված հա-
ղորդիչների համակարգի էներգիան՝ $W = \frac{1}{2} \sum_{k,i=1}^N C_{ik}\varphi_k \varphi_i$, որտեղ C_{ik}
գործակիցները համակարգի ունակային գործակիցներն են (եթե հա-
մակարգը կազմված է մեկ հաղորդչից, ապա $W = \frac{1}{2} C_{11}\varphi^2 = \frac{1}{2} C\varphi^2$); **գ)**
Երբ U լարման աղբյուրին միացրած փոփոխական ունակությամբ կոն-
դենսատորի էներգիան մեծացրին ΔW -ով, այդ ընթացքում աղբյուրի կա-
տարած աշխատանքն եղավ ΔW ; **դ)** Երկու դիէլեկտրիկների բաժան-
ման սահմանի վրա էլեկտրական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի նոր-
մալ բաղադրիչն ունի թռիչք՝ $D_{2n} - D_{1n} = \sigma$, որտեղ σ -ն կողմնակի լիցքե-
րի մակերևութային խտությունն է բաժանման սահմանի վրա, իսկ $\vec{n}$ -ը՝ 1
միջավայրից 2-ն ուղղված նորմալը:

2.22. ա) Գաուսի թեորեմը $\vec{D}$ -ի համար՝ $\oint_S \vec{D} d\vec{S} = q'$, որտեղ q' -ն S փակ
մակերևույթի ընդգրկված կապված լիցքերի հանրահաշվական գումարն
է; **բ)** Երբ նույն չափերի երկու հարթ կոնդենսատոր (մեկը՝ դիէլեկտրի-
կով, իսկ մյուսը՝ դատարկ) միացրին նույն լարման աղբյուրին, դիէլեկ-
տրիկով կոնդենսատորի լարումը մեծ եղավ դատարկ կոնդենսատորի

լարումից; **գ)** Երկու դիէլեկտրիկների բաժանման սահմանի վրա էլեկտրական դաշտի լարվածության այն բաղադրիչը, որը զուգահեռ է բաժանման սահմանին, ունի թռիչք՝ $P_{2n} - E_{1t} \neq E_{2t}$; **դ)** Երբ աղբյուրին միացած կոնդենսատորի ունակությունը մեծացրին, կոնդենսատորի էլեկտրական դաշտի էներգիան մեծացավ:

2.23. ա) Երկու դիէլեկտրիկների բաժանման սահմանի վրա էլեկտրաստատիկ դաշտի ինդուկցիայի գծերի խտությունը փոխվում է; **բ)** Երբ Ս լարման աղբյուրին միացրած փոփոխական ունակությամբ կոնդենսատորի էներգիան մեծացրին ΔW -ով, այդ ընթացքում կոնդենսատորի լիցքի փոփոխությունը եղավ $\Delta q = \frac{2\Delta W}{U}$; **գ)** Միջավայրի դիէլեկտրական թափանցելիության կապը էլեկտրական ընկալության հետ՝ $\varepsilon = \varepsilon_0(1 + \chi)$; **դ)** Երբ աղբյուրից անջատված լիցքավորված կոնդենսատորի ունակությունը մեծացրին, կոնդենսատորի էլեկտրական դաշտի էներգիան փոքրացավ:

2.24. ա) Չանշարժ կետային լիցքի էլեկտրական դաշտի պոտենցիալը դիէլեկտրական միջավայրի առկայության դեպքում՝ $\varphi = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r}$; **բ)** Փոքր դիէլեկտրական թափանցելիությամբ միջավայրից մեծ դիէլեկտրական թափանցելիությամբ միջավայր անցնելիս էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածության գծերի թիվն աճում է; **գ)** Բևեռացած դիէլեկտրիկում կապված լիցքի մակերևութային խտությունը՝ $\sigma' = \vec{P}\vec{n}$, որտեղ $\vec{n}$ -ը դիէլեկտրիկի մակերևութի արտաքին նորմալով ուղղված միավոր վեկտոր է; **դ)** Երբ աղբյուրից անջատված լիցքավորված կոնդենսատորի ունակությունը մեծացրին, կոնդենսատորի էլեկտրական դաշտի լարվածությունը մնաց նույնը:

2.25. ա) Նույն լիցքով օժտված սնամեջ մետաղյա գնդի էներգիան հավասար է հոծ մետաղյա գնդի էներգիային; **բ)** Երբ աղբյուրին միացած կոնդենսատորի ունակությունը մեծացրին, կոնդենսատորի լիցքը մեծացավ; **գ)** Երբ աղբյուրին միացած կոնդենսատորի ունակությունը մեծացրին, կոնդենսատորի լարումը մեծացավ; **դ)** Գնդային կոնդենսատորի էլեկտրաունակությունը՝ $C = \frac{4\pi\varepsilon_0\varepsilon rR}{R-r}$, որտեղ r և R -ը շրջադիրքների շառավիղներն են:

2.26. ա) Էլեկտրաստատիկ դաշտի ինդուկցիայի գծերը վակուումում սկիզբ են առնում դրական ազատ լիցքերից (կամ անվերջությունից) և վերջանում են բացասական ազատ լիցքերի վրա (կամ անվերջությունում); **բ)** Էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածության գծերը միջավայրի

առկայության դեպքում կարող են փակ լինել; **զ)** Էլեկտրական դաշտի էներգիան դիէլեկտրիկ միջավայրի առկայությամբ՝ $W = \frac{1}{2} \int_V \vec{D} \vec{E} dV$, որտեղ $\vec{D}$ -ն էլեկտրական դաշտի ինդուկցիան է, իսկ $\vec{E}$ -ն՝ դաշտի լարվածությունը դիէլեկտրիկում; **դ)** Եթե դատրկությունում գտնվող C ունակություն ունեցող հաղորդիչը կոնտակտի մեջ չի գտնվում իր մոտակայքում գտնվող այլ հաղորդիչների հետ, ապա դրան q լիցք հաղորդելուց ձեռք կբերի $\varphi = \frac{q}{C}$ պոտենցիալ:

2.27. ա) Երբ վակուումի $\vec{E}_0$ լարվածությամբ դաշտը լցվում է դիէլեկտրիկով, ապա դաշտի լարվածությունը փոքրանում է՝ $\vec{E} < \vec{E}_0$; **բ)** Երկու դիէլեկտրիկների բաժանման սահմանի վրա էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածության գծերի խտությունը չի փոխվում; **գ)** Երբ առանձնացված լիցք չունեցող սնամեջ մետաղյա գնդի ներսի պատը հպեցին լիցքավորված մետաղական գնդիկ, ապա էլեկտրական դաշտ առաջացավ միայն գնդի ներսում; **դ)** Երբ վակուումի $\vec{E}_0$ լարվածությամբ դաշտը լցվում է դիէլեկտրիկով, ապա դաշտի ինդուկցիան չի փոխվում՝ $\vec{D} = \vec{D}_0$:

2.28. ա) Էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածության գծերը միջավայրի առկայության դեպքում սկիզբ են առնում դրական ազատ և կապված լիցքերից (կամ անվերջությունից) և վերջանում են բացասական ազատ և կապված լիցքերի վրա (կամ անվերջությունում); **բ)** Արտաքին էլեկտրաստատիկ դաշտում գտնվող դիէլեկտրիկ մարմնի վրա ազդող ուժն ուղղված է դաշտի աճման կողմը, եթե դրան շրջապատող միջավայրի դիէլեկտրական թափանցելիությունը փոքր է իր դիէլեկտրական թափանցելիությունից; **գ)** Քանի որ միջավայրի բացակայության դեպքում ρ_0 խտությամբ կողմնակի լիցքի էլեկտրաստատիկ դաշտի $\vec{D}_0$ ինդուկցիայի վեկտորի համար $\text{div} \vec{D}_0 = \rho_0$, ուստի դիէլեկտրիկների առկայության դեպքում $\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}'$ արդյունաբար դաշտի $\vec{D}$ ինդուկցիայի վեկտորի համար $\text{div} \vec{D} \neq \rho_0$; **դ)** Արտաքին էլեկտրաստատիկ դաշտում գտնվող դիէլեկտրիկ մարմնի վրա ազդող ուժը միշտ ուղղված է դաշտի աճման կողմը, եթե այդ մարմնի դիէլեկտրական թափանցելիությունը մեծ է շրջապատող միջավայրի դիէլեկտրական թափանցելիությունից:

2.29. ա) Լիցքավորված մետաղյա գունդն օդում ձգում է պարաֆինե գնդիկին, իսկ ջրում՝ վանում; **բ)** Արտաքին էլեկտրաստատիկ դաշտում գտնվող դիէլեկտրիկ մարմնի մակերևույթի միավոր մակերեսի վրա ազդող էլեկտրաստատիկ ուժը (էլեկտրաստատիկ ճնշումը) հավասար է

այդ մակերեսի երկու կողմերի էլեկտրական դաշտի էներգիայի խտությունների տարբերությանը ($p = \frac{1}{2}(\vec{D}_2\vec{E}_2 - \vec{D}_1\vec{E}_1)$); **զ**) Եթե էլեկտրաստատիկ դաշտ ստեղծող կետային լիցքը գտնվում է դիէլեկտրիկ-վակուում հարթ սահմանին, ապա կապված մակերևութային լիցքեր չեն առաջանա; **դ**) Արտաքին էլեկտրաստատիկ դաշտում գտնվող դիէլեկտրիկ մարմնի վրա ազդող ուժը միշտ ուղղված է դաշտի աճման կողմը:

2.30. ա) Լիցքավորված մետաղյա գունդն օդում վանում է պարաֆինե գնդիկին, իսկ ջրում՝ ձգում; **բ)** Արտաքին էլեկտրաստատիկ դաշտում գտնվող դիէլեկտրիկ մարմնի վրա ազդող ուժը միշտ ուղղված է դաշտի նվազման կողմը; **գ)** Երբ երկու մետաղյա գնդեր, որոնցից միայն մեկն ունի լիցք, տեղադրեն իրար մոտ, ապա նրանց միջև էլեկտրական փոխազդեցության ուժ չի առաջանա (գրավիտացիոն ձգողության ուժն անտեսվում է); **դ)** Էլեկտրական դաշտի $\vec{D}$ ինդուկցիայի վեկտորի կապը դիէլեկտրիկի $\vec{P}$ բևեռացման վեկտորի հետ՝ $\vec{D} = \vec{E} + 4\pi\vec{P}$ (միավորների գաուսյան համակարում), որտեղ $\vec{E}$ -ն դաշտի լարվածությունն է դիէլեկտրիկի ներսում:

2.31. ա) Արտաքին էլեկտրաստատիկ դաշտում գտնվող դիէլեկտրիկ մարմնի վրա ազդող ուժն ուղղված է դաշտի նվազման կողմը, եթե դրան շրջապատող միջավայրի դիէլեկտրական թափանցելիությունը մեծ է իր դիէլեկտրական թափանցելիությունից; **բ)** Երբ իրար մոտ գտնվող երկու մետաղյա գնդերին մի անգամ հաղորդեցին նույն նշանի հավասար լիցք, իսկ երկրորդ անգամ՝ հակառակ նշանի, ապա գնդերի էլեկտրական փոխազդեցության ուժը չփոխվեց; **գ)** Ոչ բևեռային նոսր գազերի դիէլեկտրական թափանցելիությունը՝ $\varepsilon = 1 + \alpha n$, որտեղ n -ը մոլեկուլների կոնցենտրացիան է, իսկ α -ն կոչվում է մոլեկուլի (ատոմի) բևեռացման գործակից; **դ)** Այն դիէլեկտրիկները, որոնք արտաքին էլեկտրական դաշտում բևեռանում են, կոչվում են բևեռային դիէլեկտրիկներ:

2.32. ա) Դրական լիցքավորված մարմինը լիցքաչեզոք դիէլեկտրիկին միշտ ձգում է, իսկ բացասական լիցքավորվածը՝ վանում; **բ)** Երբ երկու մետաղյա գնդեր, որոնցից միայն մեկն ունի լիցք, տեղադրեցին իրար մոտ, նրանց միջև առաջացավ էլեկտրական ձգողության ուժ; **գ)** Էլեկտրաունակության միավորն արտահայտված ՄՇ հիմնական միավորներով ունի հետևյալ տեսքը՝ $1\text{Ֆ} = (U^2\text{վ}^4)/(\text{կգվ}^2)$; **դ)** Բևեռային նոսր գազերի դիէլեկտրական թափանցելիությունը՝ $\varepsilon = 1 + \alpha \cdot n + \frac{np^2}{3\varepsilon_0 kT}$, որտեղ n -ը մոլեկուլների կոնցենտրացիան է, p -ն՝ մոլեկուլի սեփական դիպոլային մո-

մենտը, k -ն՝ Բոլցմանի հաստատունը, T -ն՝ գազի բացարձակ ջերմաստիճանը:

2.33. ա) Իզոտրոպ դիէլեկտրիկների բևեռացման վեկտորն ունի էլեկտրական դաշտի լարվածության ուղղությունը; **բ)** Այն դիէլեկտրիկները, որոնց ատոմներն (մոլեկուլներն) օժտված են սեփական դիպոլային մոմենտով, կոչվում են բևեռային դիէլեկտրիկներ; **գ)** Էլեկտրական դաշտի $\vec{D}$ ինդուկցիայի վեկտորի միավորն արտահայտված ՄՀ հիմնական միավորներով ունի հետևյալ տեսքը՝ $[\vec{D}] = (U^2 \cdot \varphi^2) / (կգ \cdot մ^2)$; **դ)** Մեկ դիէլեկտրիկ միջավայրից մյուսին անցնելիս, բաժանման սահմանի վրա, էլեկտրական դաշտի լարվածության նորմալ բաղադրիչը մնում է անփոփոխ:

2.33. ա) Կողմնակի լիցքերի էլեկտրական դաշտը դիէլեկտրիկում ավելի թույլ է, քան վակուումում; **բ)** Էլեկտրական դաշտի էներգիայի ծավալային խտությունը դիէլեկտրիկում՝ $w = \frac{1}{2} \varepsilon_0 \varepsilon D^2$, որտեղ $\vec{D}$ -ն էլեկտրական դաշտ ինդուկցիայի վեկտորն է; **գ)** Էլեկտրական դաշտում գտնվող դիէլեկտրիկի միավոր ծավալի վրա ազդող ուժը՝ $\vec{f} = \frac{(\varepsilon - 1) \varepsilon_0}{2} \cdot \text{grad} E^2$, որտեղ $\vec{E}$ -ն դաշտի լարվածությունն է դիէլեկտրիկում; **դ)** Քանի որ միջավայրի բացակայության դեպքում կողմնակի լիցքերի էլեկտրաստատիկ դաշտի $\vec{E}_0$ լարվածության համար $\text{rot} \vec{E}_0 = 0$, ուստի դիէլեկտրիկների առկայության դեպքում $\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}'$ արդյունաբար դաշտի համար $\text{rot} \vec{E} \neq 0$:

2.34. ա) Լիցքավորված և աղբյուրից անջատված կոնդենսատորի ներսի դիէլեկտրիկը հեռացնելուց, կոնդենսատորի լարումը կփոքրանա; **բ)** Ոչ բևեռային խիտ գազերի և հեղուկների դիէլեկտրական թափանցելիությունը՝ $\varepsilon = 1 + \frac{\alpha \cdot n}{1 + \alpha \cdot n / 3}$, որտեղ n -ը մոլեկուլների կոնցենտրացիան է, իսկ α -ն՝ մոլեկուլի (ատոմի) բևեռացման գործակիցը; **գ)** Երբ նույն չափերի երկու հարթ կոնդենսատորներ (մեկը՝ դիէլեկտրիկով, իսկ մյուսը՝ դատարկ) միացրին նույն լարման աղբյուրին, դիէլեկտրիկով կոնդենսատորի լիցքը մեծ եղավ դատարկ կոնդենսատորի լիցքից; **դ)** Լիցքավորված և աղբյուրից անջատված կոնդենսատորի ներսի դիէլեկտրիկը հեռացնելուց, արտաքին ուժերը բացասական աշխատանք կատարեցին, իսկ կոնդենսատորի էլեկտրական դաշտը՝ դրական աշխատանք:

2.35. ա) Մեզնետաէլեկտրիկների դիէլեկտրական թափանցելիությունը կախված է էլեկտրական դաշտի լարվածությունից; **բ)** Երբ նույն չափերի

երկու հարթ կոնդենսատորներ (մեկը՝ դիէլեկտրիկով, իսկ մյուսը՝ դատարկ) միացրին նույն լարման աղբյուրին, դիէլեկտրիկով կոնդենսատորի ներսի էլեկտրական դաշտի ինդուկցիան մեծ եղավ դատարկ կոնդենսատորի ներսի դաշտի ինդուկցիայից; **գ)** Եթե $\vec{E}_0$ լարվածությամբ արտաքին համասեռ էլեկտրաստատիկ դաշտում դիէլեկտրիկի կապված լիցքերի դաշտի լարվածությունը E_1 է, ապա դիէլեկտրիկի դիէլեկտրական թափանցելիությունը կլինի՝ $\varepsilon = \frac{E_0}{E_0 - E_1}$; **դ)** Երբ հաստատուն լարման աղբյուրին միացված հարթ կոնդենսատորի շրջադիրների միջև հեռավորությունը մեծացվեց, կոնդենսատորի լիցքը մեծացավ:

2.36. ա) Միջավայրի $\vec{P}$ բևեռացման վեկտորի հոսքը կամայական մակերևույթով հավասար է այդ մակերևույթի կապված լիցքին՝ $\int_S \vec{P} d\vec{S} = q'$; **բ)** Սեզնետաէլեկտրիկների մոլեկուլները բևեռային մոլեկուլներ են; **գ)** Միջավայրի բևեռացման վեկտորի միավորն արտահայտված ՄՀ հիմնական միավորներով ունի հետևյալ տեսքը՝ $[P] = (U \cdot d^2) / (e^2)$; **դ)** Ոչ բևեռային գազերի դիէլեկտրական թափանցելիությունը փոքրանում է, երբ գազի ջերմաստիճանը մեծացվում է:

2.37. ա) Բևեռային գազերի դիէլեկտրական թափանցելիությունը կախված չէ ջերմաստիճանից; **բ)** Պիեզոէլեկտրիկների բևեռացումը մեխանիկական ճնշման ազդեցության հետևանքով մեծանում է; **գ)** Բևեռացած դիէլեկտրիկի էներգիան տրվում է $W = -\frac{1}{2} \int_V \vec{P} \cdot \vec{E}_0 dV$ բանաձևով, որտեղ $\vec{E}_0$ -ն կողմնակի լիցքերի դաշտի լարվածությունն է վակուումում, իսկ $\vec{P}$ -ն՝ դիէլեկտրիկի բևեռացման վեկտորը; **դ)** Երկու դիէլեկտրիկ միջավայրերի բաժանման սահմանին $\vec{P}$ բևեռացման վեկտորի նորմալ բաղադրիչը չի փոխվում՝ $P_{2n} = P_{1n}$:

§3. Հաստատուն էլեկտրական հոսանք

Հիմնական հասկացություններ և բանաձևեր

1. Հոսանքի ուժ և խտություն

Էլեկտրական հոսանք կոչվում է լիցքավորված մասնիկների կարգավորված (ուղղորդված) շարժումը: Էլեկտրական հոսանքն ունի դրական լիցքերի շարժման ուղղությունը կամ բացասական լիցքերի շարժման հակառակ ուղղությունը:

Հաղորդչի դիտարկվող հատույթով միավոր ժամանակում անցած լիցքի քանակության անվանում են հոսանքի ուժ՝ I , այն սկալյար մեծություն է:

Հաղորդչի լայնական հատույթի միավոր մակերեսով միավոր ժամանակում անցած լիցքի քանակության անվանում են հոսանքի խտություն՝ j , այն հոսանքի ուղղությունն ունեցող վեկտոր է:

Էլեկտրական հոսանքը մետաղներում պայմանավորված է ազատ էլեկտրոնների ուղղորդված շարժմամբ և ունի դրանց շարժման հակառակ ուղղությունը: Մետաղներում ազատ էլեկտրոնների կոնցենտրացիան կազմում է $10^{26} \div 10^{29} \text{ մ}^{-3}$:

• Հոսանքի ուժը.

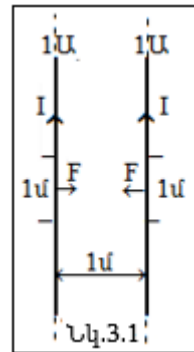
$$I = \frac{dq}{dt}; I = \int_S j d\vec{S}; q = \int I(t) dt, \quad (3.1)$$

որտեղ j -ն հոսանքի խտությունն է:

Հոսանքի ուժի միավորը ՄՀ-ում 1ամպերն է: Հոսանքի ուժը հավասար է 1Ա-ի, եթե վակուումում իրարից 1մ հեռավորության վրա գտնվող երկու անվերջ երկար և անվերջ բարակ հաղորդալարերով անցնելիս, նրանցից յուրաքանչյուրի 1մ երկարության հատվածի վրա մյուսի կողմից ազդում է $F =$

$= 2 \cdot 10^{-7} \text{ Ն}$ ուժ (Նկ.3.1): Միավորների ԳՀ-ում հոսանքի ուժի միավորը համարվում է հոսանքի ուժի մագնիսական միավորը՝ 1 CGSM_I : Հոսանքի ուժը հավասար է 1 CGSM_I -ի, եթե վակուումում իրարից 2սմ հեռավորության վրա գտնվող երկու անվերջ երկար և անվերջ բարակ հաղորդալարերով անցնելիս, նրանցից յուրաքանչյուրի 1սմ երկարության հատվածի վրա մյուսի կողմից ազդի 1դին ուժ: $1 \text{ Ա} = 0,1 \text{ CGSM}_I$:

• Հաստատուն հոսանքի ուժը.



$$I = \frac{q}{t} \quad \text{կամ} \quad I = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad (3.2)$$

• **Հոսանքի խտությունը.**

$$\vec{j} = en\vec{v}; \quad j = \frac{dI}{dS_{\perp}}, \quad (3.3)$$

որտեղ q -ն հաղորդչի լայնական կտրվածքով t ժամանակում անցած լիցքն է, $\vec{v}$ -ն՝ հոսանքակիրների կարգավորված շարժման միջին արագությունը, n -ը՝ դրանց կոնցենտրացիան, $dS_{\perp}$ -ը՝ հոսանքակիրների շարժման ուղղությանն ուղղահայաց մակերեսի տարրը, dI -ն՝ այդ մակերեսով հոսանքի ուժը, e -ն՝ հոսանքակիր մասնիկի լիցքը:

2. Օհմի օրենքը շղթայի համասեռ տեղամասի համար

Շղթայի համասեռ տեղամաս կոչվում է հոսանք պարունակող այնպիսի տեղամասը, որտեղ չկան ոչ էլեկտրաստատի բնույթի էլեկտրական ուժեր (Նկ.3.2):

• **Օհմի օրենքի ինտեգրալ տեսքը.**

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{R} = \frac{U}{R}, \quad (3.4)$$

որտեղ $\varphi_1 - \varphi_2 = U$ -ն տեղամասի ծայրերի միջև պոտենցիալների տարբերությունն է, R -ը՝ տեղամասի դիմադրությունը (Նկ.3.2):

(3.4)-ը նշանակում է, որ հաղորդչով անցնող հոսանքի ուժն ուղիղ համեմատական է դրա վրա կիրառված լարմանը: Տվյալ հաղորդչում հոսանքի ուժի կախումը լարումից՝ $I = f(U)$, կոչվում է այդ հաղորդչի վոլտ-ամպերային բնութագիր: Ուրեմն, մետաղական հաղորդչի վոլտ-ամպերային բնութագիծը՝ սկզբնական կետով անցնող ուղիղ գիծ է:

Դիմադրության միավորը ՄՀ-ում 1Օհմ-ն է, իսկ միավորների ԳՀ-ում դիմադրության բացարձակ էլեկտրաստատիկ միավորը՝ $1CGSE_R$:

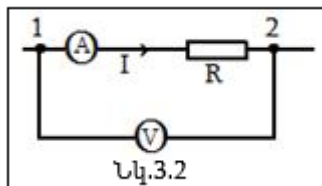
$$1CGSE_R = 9 \cdot 10^{11} \text{ Օհմ}:$$

• **Հաստատուն լայնական կտրվածքով համասեռ հաղորդալարի դիմադրությունը.**

$$R = \rho \frac{l}{S}: \quad (3.5)$$

որտեղ ρ -ն հաղորդչի տեսակարար դիմադրությունն է: Տեսակարար դիմադրության միավորը ՄՀ-ում 1 Օհմ-մ-ն է, իսկ ԳՀ-ում դրա բացարձակ էլեկտրաստատիկ միավորը՝ $1CGSE_{\rho}$:

$$1CGSE_{\rho} = 9 \cdot 10^9 \text{ Օհմ} \cdot \text{մ}:$$



- Օհմի օրենքի դիֆերենցիալ տեսքը.

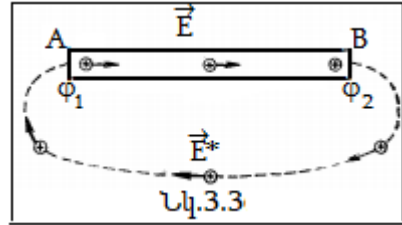
$$\vec{j} = \frac{1}{\rho} \vec{E}, \quad (3.6)$$

որտեղ $\vec{E}$ -ն էլեկտրաստատիկ դաշտի լարվածությունն է:

3. Էլեկտրաշարժ ուժ: Օհմի օրենքը շղթայի անհամասեռ տեղամասի համար.

- Էլեկտրաշարժ ուժ.

Որպեսզի AB հաղորդալարով հաստատուն հոսանք անցնի (Նկ .3.3) պետք է նրա A և B կետերի φ_1 և φ_2 պոտենցիալները ($\varphi_1 > \varphi_2$) պահվեն հաստատուն: Դրա հա-



մար, երբ A տիրույթից դրական լիցքը հեռանում է, այն ակնթարթորեն պետք է լրացվի, իսկ որպեսզի B տիրույթի φ_2 պոտենցիալը չմեծանա՝ այդտեղ եկող դրական լիցքը պետք է անմիջապես հեռացվի: Սա նշանակում է, որ B տիրույթ եկած դրական լիցքն ակնթարթորեն պետք է տեղափոխել A տիրույթ: Այդ տեղափոխությունը (դրական լիցքը ցածր պոտենցիալով կետից բարձր պոտենցիալով կետը) կարող են կատարել ոչ էլեկտրաստատիկ բնույթի ուժերը, որոնց անվանում են կողմնակի ուժեր:

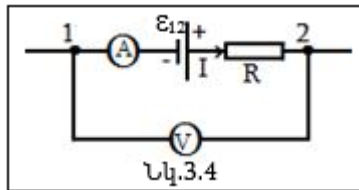
Դրական լիցքը ցածր պոտենցիալով կետից բարձր պոտենցիալով կետը տեղափոխող էլեկտրական ուժերը կոչվում են կողմնակի ուժեր:

Դրական q լիցքը φ_2 ցածր պոտենցիալով կետից (B ծայրից) φ_1 բարձր պոտենցիալով A ծայրը տեղափոխելու աշխատանքը նշանակենք A_{BA} - ով: Միավոր լիցքի տեղափոխման աշխատանքը կլինի՝ $\frac{A_{BA}}{q}$: Այս մեծությանն անվանում են էլեկտրաշարժ ուժ (ԷՇՈւ) և նշանակում են ε -ով՝ $\varepsilon = \frac{A_{BA}}{q}$:

Եթե կողմնակի ուժերի դաշտի լարվածությունը նշանակենք $\vec{E}^*$ -ով, ապա կարող ենք գրել, որ

$$\varepsilon = \oint_l \vec{E}^* d\vec{l}, \quad (3.7)$$

ԷլՇՈւ պարունակող էլեկտրական շղթայի տեղամասը (շղթայի անհամասեռ տեղամասը) պատկերված է Նկ.3.4-ում :



Օհմի օրենքը ԷլՇՈւ պարունակող տեղամասի (անհամասեռ) համար՝

• **Ինտեգրալ տեսքը.**

$$I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon_{12}}{R}, \quad (3.8)$$

որտեղ ε_{12} -ը 1-2 տեղամասի հոսանքի աղբյուրների գումարային ԷլՇՈՒ-ն է՝

$$\varepsilon_{12} = \frac{A_{12}}{q} = \int_1^2 \vec{E}^* d\vec{l}: \quad (3.9)$$

Համարվում է $\varepsilon_{12} > 0$, եթե 1-2 ուղղությամբ շարժվելիս հոսանքի աղբյուրում անցնում ենք բացասական բևեռից դրականին (Նկ.3.4):

• **Դիֆերենցիալ տեսքը.**

$$\vec{j} = \frac{1}{\rho} (\vec{E} + \vec{E}^*), \quad (3.10)$$

որտեղ $\vec{E}^*$ -ն կոդմնակի ուժերի դաշտի լարվածությունն է:

• **Հոծ միջավայրի դիմադրությունը.**

$$R = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon \rho}{C}, \quad (3.11)$$

որտեղ C -ն մետաղական էլեկտրոդների համակարգի էլեկտրաունակությունն է, որոնց միջև հոսում է հոսանք, ε -ը՝ միջավայրի դիէլեկտրական թափանցելիությունը: Միավորների ԳՀ-ում՝ $R = \frac{\varepsilon \rho}{4\pi C}$:

4. Հաղորդիչների միացումները

• **Հաղորդիչների հաջորդական միացման դեպքում.**

$$R = \sum_i R_i; \quad U = \sum_i U_i; \quad I = \text{const}: \quad (3.12)$$

• **Հաղորդիչների զուգահեռ միացման դեպքում.**

$$\frac{1}{R} = \sum_i \frac{1}{R_i}; \quad I = \sum_i I_i; \quad U = \text{const}: \quad (3.13)$$

5. Մետաղների դիմադրության կախվածությունը ջերմաստիճանից

$$R = R_0(1 + \alpha t); \quad \rho = \rho_0(1 + \alpha t), \quad (3.14)$$

որտեղ R_0 -ն, ρ_0 -ն դիմադրությունը և տեսակարար դիմադրությունն են $t=0^\circ\text{C}$ -ում, α -ն՝ դիմադրության ջերմաստճանային գործակիցը, t -ն՝ ջերմաստիճանը Ցելսիուսի սանդղակով:

6. Հաստատուն հոսանքի աշխատանքը և հզորությունը

- Հոսանքի աշխատանքը.

$$A = qU = UI t, \quad (3.15)$$

որտեղ U -ն շղթայի տեղամասի լարումն է, t -ն՝ հոսանքն անցնելու ժամանակը:

- Հոսանքի հզորությունը.

$$P = \frac{A}{t} = UI: \quad (3.16)$$

7. Ջոուլ-Լենցի օրենքը

- Ինտեգրալ տեսքը.

$$Q = I^2 R t, \quad (3.17)$$

որտեղ Q -ն t ժամանակամիջոցում շղթայի տեղամասում անջատված ջերմաքանակն է: Օրենքը ճիշտ է, եթե շղթայի այդ տեղամասում բացակայում է էլեկտրական էներգիայի փոխակերպումն այլ տեսակի էներգիայի:

- Եթե հոսանքի ուժը փոփոխվում է.

$$Q = \int_0^t I^2 R dt: \quad (3.18)$$

- Դիֆերենցիալ տեսքը.

$$w = \frac{Q}{tV} = \frac{1}{\rho} E^2 = \vec{j} \cdot \vec{E}, \quad (3.19)$$

որտեղ w -ն հաղորդչի միավոր ծավալից անջատվող ջերմային հզորությունն է:

8. Կիրխոֆի կանոնները

- Առաջին կանոնը.

Շղթայի հանգույցում հոսանքների հանրահաշվական գումարը հավասար է զրոյի.

$$\sum_k I_k = 0: \quad (3.20)$$

Հանգույց մտնող հոսանքի ուժն ունի դրական նշան, իսկ հանգույցից դուրս եկողը՝ բացասական: Կիրխհոֆի առաջին կանոնը հոսանքների համար տալիս է հանգույցների թվից մեկով պակաս անկախ հավասարումներ:

• **Երկրորդ կանոնը՝**

Ճյուղավորված շղթայի ցանկացած կոնտուրի տեղամասերի լարման անկումների հանրահաշվական գումարը հավասար է այդ կոնտուրում գործող ԷԼՇՈւ-ների հանրահաշվական գումարին.

$$\sum_{k=1}^n I_k R_k = \sum_{i=1}^m \varepsilon_i: \quad (3.21)$$

Տեղամասի լարման անկում համարվում է այդ տեղամասի հոսանքի ուժի և դիմադրության արտադրյալը: Տեղամասի լարման անկումը վերցվում է դրական, եթե այդ տեղամասի հոսանքի ուղղությունը համնկնում է կոնտուրի շրջանցման ուղղության հետ, իսկ հակառակը՝ բացասական: Աղբյուրի ԷԼՇՈւ-ն համարում են դրական, եթե կոնտուրի շրջանցման ժամանակ աղբյուրում անցնում ենք բացասական բևեռից դրականին, իսկ հակառակը՝ բացասական: Կոնտուրի շրջանցման ուղղության ընտրությունը կամայական է:

Կիրխհոֆի երկրորդ կանոնը հոսանքների համար տալիս է անկախ կոնտուրների թվին հավասար անկախ հավասարումներ: Եթե հայտնի են շղթայի դիմադրությունները և ԷԼՇՈւ-ները, ապա Կիրխհոֆի երկու կանոնները միասին տալիս են անհայտ հոսանքների թվին հավասար անկախ հավասարումներ:

Չճյուղավորված շղթայի դեպքում, որտեղ գործում է մեկ աղբյուր, ունենք՝ $IR + Ir = \varepsilon$, որը հանդիսանում է Օհմի օրենքը փակ շղթայի համար, որտեղ r -ը աղբյուրի ներքին դիմադրությունն է:

• Եթե փակ շղթան պարունակում է իրար հաջորդաբար միացած n միանման հոսանքի աղբյուրներ, ապա շղթայի հոսանքի ուժը կլինի՝

$$I = \frac{n\varepsilon}{R+nr}, \quad (3.22)$$

որտեղ ε -ը մեկ աղբյուրի ԷԼՇՈւ-ն է, իսկ r -ը մեկ աղբյուրի ներքին դիմադրությունը:

• Եթե փակ շղթան պարունակում է n միանման հոսանքի աղբյուրներ, որոնք իրար միացած են գուգահեռ, ապա շղթայի չճյուղավորված մասի հոսանքի ուժը կլինի՝

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r/n} : \quad (3.23)$$

9. Անընդհատության հավասարումը

• **Ինտեգրալ տեսքը.**

$$\oint_S \vec{j} d\vec{S} = -\frac{\partial q}{\partial t}, \quad (3.24)$$

որտեղ q -ն S փակ մակերևույթի ներսում եղած ազատ լիցքերի հանրահաշվական գումարն է: (3.24) –ն արտահայտում է էլեկտրական լիցքի պահպանման օրենքը, հետևաբար հիմնարար օրենք է:

• **Դիֆերենցիալ տեսքը.**

$$\operatorname{div} \vec{j} = -\frac{\partial \rho}{\partial t}, \quad (3.25)$$

որտեղ ρ -ն ազատ լիցքերի ծավալային խտությունն է: Հաստատուն հոսանքի համար $\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$ և ունենք.

$$\operatorname{div} \vec{j} = 0: \quad (3.26)$$

Սա նշանակում է, որ հաստատուն հոսանքի գծերը միշտ փակ են:

10. Անցումային պրոցեսներ RC - շղթայում

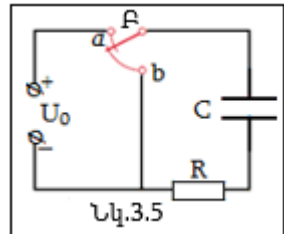
• **Կոնդենսատորի լիցքավորումը (Նկ.3.5-ում բանալին բերվում է a դիրքին).**

$$U = U_0(1 - e^{-t/\tau}); \quad I = \frac{U_0}{R} e^{-t/\tau}, \quad (3.27)$$

որտեղ U -ն և U_0 -ն կոնդենսատորի վրա լարումըն է համապատասխանաբար t և $t_0 = 0$ պահերին, I -ն հոսանքի ուժը, $\tau = RC$ ՝ շղթայի հաստատունը, C -ն՝ կոնդենսատորի ունակությունը, R -ը՝ կոնդենսատորին հաջորդաբար միացված դիմադրությունը:

• **Կոնդենսատորի լիցքաթափումը (Նկ.3.5-ում բանալին a դիրքից տեղափոխվում է b դիրքը).**

$$U = U_0 e^{-t/\tau}; \quad I = \frac{U_0}{R} e^{-t/\tau}; \quad (3.28)$$



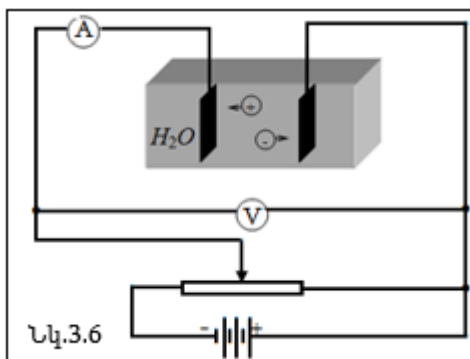
11. Օհմի օրենքը լիցքաչեզոք էլեկտրոլիտների համար

$$\vec{j} = zne(k_+ + k_-)\vec{E} = \gamma\vec{E}, \quad (3.29)$$

որտեղ $zn = z_+n_+ = z_-n_-$; $z_{\pm}$ -ը՝ դրական և բացասական իոնների արժեքականությունն է, $n_{\pm}$ -ը՝ դրանց կոնցենտրացիան, $k_{\pm}$ -ը՝ իոնների շարժունությունը: $k_{\pm} \sim 10^{-7} \div 10^{-8} \text{մ}^2/\text{Վ.վ}$ կարգի մեծություն է: (3.29) կախվածությունը գծային է, քանի որ n կախված չէ դաշտի E լարվածությունից և հոսանքի j խտությունից:

12. Ֆարադեյի օրենքներն էլեկտրոլիզի համար

Երբ էլեկտրոլիտով հոսանք է անցնում, դրական իոնները շարժվում են դեպի բացասական թիթեղը (կաթոդ), իսկ բացասականները՝ դեպի դրական թիթեղը (անոդ): Հասնելով թիթեղներին դրական իոնները բացասական թիթեղից վերցնում են պակասորդ էլեկտրոններ, դառնում են չեզոք ատոմ և մնում նրա վրա, իսկ բացասական իոններն իրենց ավելցուկ էլեկտրոնները փոխանցում են դրական թիթեղին և վերածվելով չեզոք ատոմի, մնում են անոդի վրա (Նկ.3.6): Այս պրոցեսի հետևանքով տեղի է ունենում լուծված նյութի մոլեկուլների բաժանում ատոմների, որոնք կուտակվում են տարբեր էլեկտրոդների վրա:



• Ֆարադեյի I օրենքը.

Ֆարադեյի I օրենքը պնդում է, որ էլեկտրոլիզի դեպքում էլեկտրոդների վրա անջատված նյութի զանգվածն ուղիղ համեմատական է էլեկտրոլիտով անցնող լիցքին՝

$$m = kq, \quad (3.30)$$

որտեղ k -ն կոչվում է էլեկտրաքիմիական համարժեք: k -ն թվապես հավասար է անջատվող այն զանգվածին, որի դեպքում էլեկտրոլիտով անցնում է 1 Կլ լիցք: Դրա միավորն է 1 կգ/Կլ:

Քանի որ հաստատուն հոսանքի դեպքում $q = It$, ուստի (7.1)-ը գրվում է նաև հետևյալ տեսքով՝ $m = kIt$:

• **Նյութի քիմիական համարժեք.**

Եթե իոնի արժեքականությունը z է, իսկ մոլային զանգվածը M , ապա M/z մեծությանն անվանում են այդ նյութի քիմիական համարժեք:

• **Ֆարադեյի II օրենքը.**

Ֆարադեյի II օրենքը պնդում է, որ անջատվող նյութի k էլեկտրաքիմիական համարժեքն ուղիղ համեմատական է դրա քիմիական համարժեքին՝ $k \sim M/z$ կամ

$$k = \frac{1}{F_{\Phi}} M/z, \quad (3.31)$$

որտեղ $\frac{1}{F_{\Phi}}$ համեմատականության գործակցում F_{Φ} -ը կոչվում է Ֆարադեյի հաստատուն: Հաշվարկները ցույց են տալիս, որ՝ $F_{\Phi} = eN_{\mathcal{U}}$, որտեղ $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Կլ տարրական լիցքն է, իսկ $N_{\mathcal{U}} = 6,02 \cdot 10^{23}$ մոլ⁻¹ Ավոգադրոյի թիվը, ուստի $F_{\Phi} = eN_{\mathcal{U}} = 96320$ Կլ/մոլ:

Նկատի ունենալով այս առնչությունները, կարող ենք գրել՝

$$m = \frac{1}{F_{\Phi}} \frac{M}{z} It: \quad (3.32)$$

13. Հոսանքը գազերում

Հոսանքն իոնացված գազերում պայմանավորված է դրական, բացառապես իոնների և ազատ էլեկտրոնների ուղղորդված շարժմամբ:

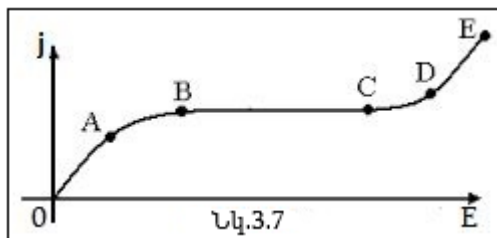
• **Հոսանքի խտության կախումն էլեկտրական դաշտի լարվածությունից ոչ ինքնուրույն պարպման դեպքում.**

$$\vec{j} = ne(k_+ + k_-)\vec{E}: \quad (3.33)$$

Գազերի հոսանքակիրների $k_{\pm}$ շարժունակությունները $10^3 \div 10^4$ անգամ մեծ են էլեկտրոլիտի իոնների շարժունակությունից, իսկ n կոնցենտրացիան կախված է դաշտի E լարվածությունից և հոսանքի j խտու-

թյունից: Այդ պատճառով (3.33) կախվածությունը գծային չէ և չի համարվում Օհմի օրենք (Նկ.3.7):

Գրաֆիկի OABCD տեղամասում, երբ գազի ճնշումը մթնոլորտային է, հոսանքը պայմանավորված է իոնարարի ազդեցությամբ (ոչ ինքնուրույն պարպում), իսկ D կետից հետո ($E \geq 30000$ Վ/սմ) գազապարպումը տեղի է ունենում իոնարարի բացակայությամբ (ինքնուրույն պարպում):



Խնդիրներ Հոսանքի ուժ

օ3.1. Ինչքա՞ն է հոսանքի ուժը հաղորդչում, եթե դրա լայնական հատույթով $t=1$ ր-ում անցնում է $q=30$ մԿլ լիցք:

օ3.2. Երբ հաղորդչով անցնում է $I=2$ Ա հոսանք, լարումը դրա ծայրերում $U=10$ Վ: Որոշեք հաղորդչի դիմադրությունը:

օ3.3. Որոշեք լարման անկումը $R=100$ Օմ դիմադրությամբ հաղորդչում, եթե $t=30$ վ-ում դրանով անցել է $q=12$ Կլ լիցք:

• **3.4.** Հոսանքի ուժը հաղորդչում, $\tau = 10$ վ-ի ընթացքում, գծայնորեն փոփոխվում է 0-ից մինչև $I=5$ Ա: Որոշեք՝ τ ժամանակամիջոցում հաղորդչով անցնող լիցքը, եթե հաղորդչի դիմադրությունը $R=12$ Օմ:

• **3.5.** Հոսանքի ուժը հաղորդչում ժամանակից կախված փոփոխվում է $I=kt(\tau-t)$ օրենքով որտեղ k -ն հաստատուն մեծություն է: Հաղորդչի դիմադրությունը R է: Որոշեք τ ժամանակամիջոցում հաղորդչով անցնող լիցքը:

օ3.6. Հաղորդչով, որի ծայրերի լարումը $U=4$ Վ, $t=2$ ր-ում անցել է $q=15$ Կլ լիցք: Որոշեք հաղորդչի դիմադրությունը:

օ3.7. Հաղորդչի լայնական հատույթով ամեն մի $t_1 = 10$ վ-ի ընթացքում անցնում է $N = 2 \cdot 10^{20}$ ազատ էլեկտրոն: Որոշեք՝ ա) հոսանքի ուժը հա-

դորդչում; **բ)** հաղորդչի լայնական հատույթով $t_2 = 1\text{մ}$ -ում անցած էլեկտրոնների զանգվածը:

օ3.8. $S=5\text{մ}^2$ հատույթի մակերեսով լարով անցնում է $I=10\text{Ա}$ հոսանք:

Որոշեք էլեկտրոնների կարգավորված շարժման արագությունը, եթե հաղորդականության էլեկտրոնների կոնցենտրացիան $n = 5 \cdot 10^{28}\text{մ}^{-3}$:

օ3.9. $l = 300\text{մ}$ երկարությամբ պղնձե հաղորդչի ծայրերին $U=36\text{Վ}$ լարում կա: Որոշեք հաղորդչում էլեկտրոնների կարգավորված շարժման միջին արագությունը, եթե պղնձի հաղորդականության էլեկտրոնների կոնցենտրացիան՝ $n = 8,5 \cdot 10^{28}\text{մ}^{-3}$:

Հաղորդալարի դիմադրությունը

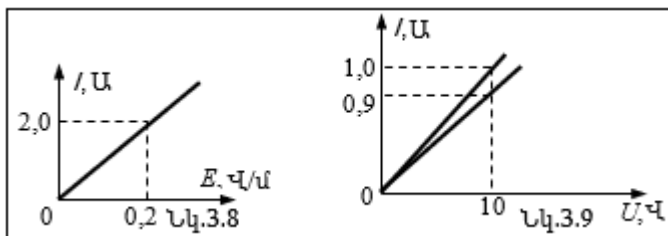
օ3.10. $S=1\text{մ}^2$ մակերեսով լայնական հատույթով նիքրոմե լարից պետք է պատրաստեն $R=55\text{Օմ}$ -անոց ռեոստատ: Ի՞նչ երկարությամբ լար պետք է վերցնեն:

օ3.11. Ինչքա՞ն է $l = 100\text{մ}$ երկարության և $S=0,51\text{մ}^2$ լայնական հատույթի մակերեսով պղնձալարի ծայրերի լարումը, եթե հոսանքի ուժը՝ $I=18\text{Ա}$:

օ3.12. Որոշեք պղնձե հաղորդչի լայնական հատույթի մակերեսը, եթե դրա դիմադրությունը $R=0,2\text{Օմ}$, իսկ զանգվածը՝ $m=0,2\text{կգ}$:

օ3.13. $m=0,2\text{կգ}$ զանգածով և $l = 2\text{մ}$ երկարությամբ մետաղե հաղորդիչն ունի $R=5\text{Օմ}$ դիմադրություն: Մետաղի խտությունը՝ $\rho_m=8000\text{կգ/մ}^3$: Ինչքա՞ն է այդ մետաղի տեսակարար դիմադրությունը:

օ3.14. Նկ.3.8-ում բերված է հոսանքի ուժի կախվածությունը հաղորդչի ներսի դաշտի լարվածության մոդուլից: Հաղորդիչն ունի $S=0,17\text{մ}^2$ հաստատուն լայնական կտրվածքի մակերես: Որոշեք այդ հաղորդչի տեսակարար դիմադրությունը:



օ3.15. Մետաղե հաղորդիչը $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$ -ում ունի $R_1 = 20$ Օմ դիմադրություն, իսկ $t_2 = 500^{\circ}\text{C}$ -ում՝ $R_2 = 60$ Օմ: Որոշեք մետաղի դիմադրության ջերմաստիճանային գործակիցը:

օ3.16. Նկ. 3.9-ում բերված է հաղորդչի վոլտ-ամպերային բնութագծերը $t_1 = 10^{\circ}\text{C}$ և $t_2 = 20^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճանների դեպքում: Որոշեք այդ հաղորդչի α դիմադրության ջերմաստիճանային գործակիցը:

ք3.17. Գրաֆիտից ձողը $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$ ջերմաստիճանում ունի $R_1 = 5$ Օմ դիմադրություն, իսկ $t_2 = 143^{\circ}\text{C}$ -ում՝ $R_2 = 4,5$ Օմ: Որոշեք գրաֆիտի դիմադրության ջերմաստիճանային գործակիցը: Գրաֆիտի ձողը աջորդաբար միացրին նույն հաստության երկաթյա ձողին: Դրանց երկարությունների h° նշ հարաբերակցության դեպքում ձողերի ընդհանուր դիմադրությունը ջերմաստիճանից կախված չի լինի:

Հաղորդիչների տարբեր ձևի միացումներ

ք3.18. Հոսանքի աղբյուրը միացրել են հաղորդալարե կանոնավոր բազմանկյան երկու հարևան գագաթներին: Երբ աղբյուրը միացրին բազմանկյան մեկընդմեջ գագաթներին, հոսանքի ուժը շրջայում փոքրացավ $k=1,5$ անգամ: Որոշեք բազմանկյան կողմերի n թիվը:

ք3.19. Օղակաձև հաղորդալարը իր երկու կետերով միացնում են ցանցին: Միացման կետերն օղակն h նշ հարաբերական մասերի են բաժանում, եթե ստացված դիմադրությունը $k=4,5$ անգամ փոքր է օղակի հաղորդալարի դիմադրությունից:

օ3.20. Երկու հաղորդչի ընդհանուր դիմադրությունը հաջորդական միացնելիս՝ $R' = 50$ Օմ է, իսկ զուգահեռ միացնելիս՝ $R'' = 12$ Օմ: Որոշեք հաղորդիչների դիմադրությունները:

ք3.21. Վոլտմետրին հաջորդաբար միացրին $R_1 = 10$ կՕմ դիմադրություն և միացրին $U_0 = 220$ Վ լարման ցանցին: Վոլտմետրը ցույց տվեց $U_1 = 70$ Վ լարում: Այդ վոլտմետրին հաջորդաբար h° նշ R_2 դիմադրություն միացնեն, որ նույն ցանցին միացնելիս այն ցույց տա $U_2 = 20$ Վ լարում:

օ3.22. Լարն ունի $R=49$ Օմ դիմադրություն: Երբ դա բաժանեցին հավասար մասերի և այդ մասերը միացրին զուգահեռ, ընդհանուր դիմադրությունը դարձավ $R_1 = 1$ Օմ: Քանի մասի բաժանեցին լարը:

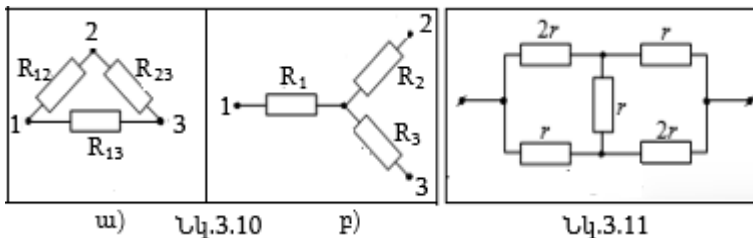
օ3.23. h նշ շունտ զուգահեռ միացնեն $R_A = 57$ Օմ-անոց ամպերմետրին, որ դրա սանդղակի մեկ բաժանման արժեքը և չափման սահմանը մեծանան $n=20$ անգամ:

օ3.24. Ի՞նչ լրացուցիչ դիմադրություն հաջորդական միացնեն $R_V = 60$ Օմ դիմադրությամբ վոլտմետրին, որ դրա սանդղակի մեկ բաժանման արժեքը և չափման սահմանը մեծանան $n=20$ անգամ:

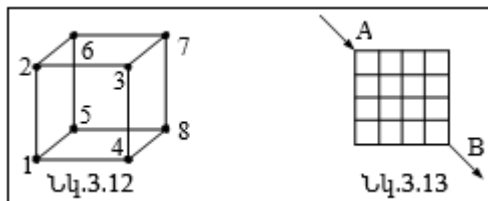
օ3.25. 0-ից $I_0 = 15$ Ա սանդղակ ունեցող միլիամպերմետրն ունի $R_{mA} = 50$ Օմ դիմադրություն: Ինչպե՞ս և ի՞նչ մեծության դիմադրություն պետք է միացնել դրան, որպեսզի ստացված սարքով հնարավոր լինի չափել՝ ա) 0-ից մինչև $I=15$ Ա հոսանքի ուժ: բ) 0-ից մինչև $U=150$ Վ լարում:

օ3.26. $U=120$ Վ լարման ցանցին միացրել են երկու լամպ՝ ամեն մեկը $R=200$ Օմ դիմադրությամբ: Ի՞նչ հոսանք կանցնի լամպերից ամեն մեկով, եթե միացումը՝ ա) հաջորդական է: բ) զուգահեռ է:

■3.27. Եռանկյունաձև շղթայում տրված են՝ 1, 2 և 3 կետերի պոտենցիալները և R_{12} , R_{13} , R_{23} դիմադրությունները (Նկ.3.10ա): Որոշեք դրան համարժեք աստղաձև միացման (Նկ.3.10բ) R_1 , R_2 և R_3 դիմադրությունները:



■3.28. Օգտվելով նախորդ խնդրի արդյունքից, որոշեք Նկ.3.11 շղթայի դիմադրությունը, եթե r -ը հայտնի է:

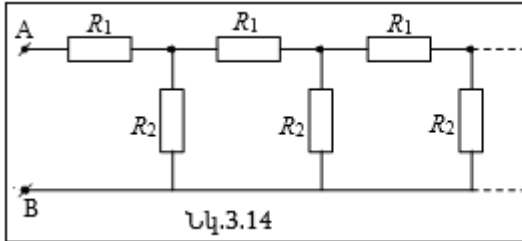


■3.29. Որոշեք խորանարդաձև (Նկ.3.12) լարային կարկասի դիմադրությունը, եթե դա շղթա են մտցրել՝ ա) 1 և 7; բ) 1 և 4; գ) 1 և 8 կետերով: Խորանարդի յուրաքանչյուր կողմի դիմադրությունը r է:

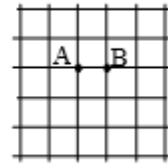
■3.30. Որոշեք Նկ.3.13-ի AB տեղամասի դիմադրությունը, եթե փոքր

քառակուսիներից յուրաքանչյուրի կողի դիմադրությունը r է:

■3.31. Նկ.3.14-ում $R_1 = 4$ Օմ և $R_2 = 3$ Օմ դիմադրություններից կազմված է անվերջ շղթա: Որոշեք տեղամասի դիմադրությունը:



Նկ.3.14



Նկ.3.15

■3.32. Քառակուսային բջիջներով անվերջ լարային ցանցի (Նկ.3.15) հարևան հանգույցները միացնող լարերի դիմադրությունները R_0 են: Որոշեք այդ ցանցի A և B կետերի R դիմադրությունը:

Հոսանքի աշխատանքը և հզորությունը

●3.33. Հոսանքի ուժը հաղորդչում $\tau=10$ վ-ի ընթացքում, գծայնորեն փոխվում է 0-ից մինչև $I=5$ Ա: Որոշեք τ ժամանակամիջոցում հաղորդչում անջատվող ջերմաքանակը, եթե հաղորդչի դիմադրությունը $R=12$ Օմ:

●3.34. Հոսանքի ուժը հաղորդչում ժամանակից կախված փոփոխվում է $I=kt(\tau-t)$ օրենքով որտեղ k -ն հաստատուն մեծություն է: Հաղորդչի դիմադրությունը R է: Որոշեք τ ժամանակամիջոցում հաղորդչում անջատված ջերմաքանակը:

○3.35. Որոշեք այն էլեկտրական զոդիչի դիմադրությունը, որը $U=120$ Վ լարման ցանցից սպառում է $P=3000$ Վտ հզորություն:

○3.36. $R=10$ Օմ դիմադրությամբ հաղորդչի ծայրերի լարումը $U=12$ Վ: Ինչքան ժամանակում $A=288$ Ջ աշխատանք կկատարվի:

○3.37. l երկարությամբ հաղորդալարով, որի լայնական կտրվածքի մակերեսը S է, իսկ տեսակարար դիմադրությունը՝ ρ , հոսում է հաստատուն հոսանք: Ինչպե՞ս և քանի՞ անգամ կփոխվի հոսանքի A աշխատանքը t ժամանակում, եթե միայն հաղորդալարի երկարությունը մեծացնենք $n=2$ անգամ:

○3.38. l երկարությամբ հաղորդալարով, որի լայնական կտրվածքի տրամագիծը d է, իսկ տեսակարար դիմադրությունը ρ է, հոսում է հաստատուն հոսանք: Ինչպե՞ս և քանի՞ անգամ կփոխվի հոսանքի A աշխա-

տանքը t ժամանակում, եթե միայն փոքրացնենք դրա d տրամագիծը $n=2$ անգամ:

○3.39. Էլեկտրասալիկը նորոգելիս՝ պարույրը կարճացրել են սկզբնական երկարության $k=0,1$ մասով: Քանի՞ անգամ է մեծացել սալիկի հզորությունը, եթե ցանցի լարումը չի փոխվել:

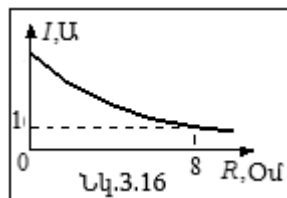
○3.40. $U=220$ Վ լարման համար նախատեսված ջեռուցիչն ունի $R=80$ Օմ դիմադրությամբ երկու պարույր: Անջատիչով ցանցին միանում է կամ մեկ պարույր, կամ երկուսը միասին՝ զուգահեռ կամ հաջորդական: Որոշեք ջեռուցչի հզորությունը ամեն անգամ:

Օհմի օրենքը փակ շղթայի համար

○3.41. $\varepsilon=220$ Վ ԷԼՇՈՒ-ն $r=4$ Օմ ներքին դիմադրությամբ հոսանքի աղբյուրը փակված է $R=106$ Օմ դիմադրությամբ հաղորդչով: Որոշեք լարման անկումը շղթայի ներքին և արտաքին տեղամասերում:

○3.42. Շղթայի արտաքին տեղամասում լարման անկումը $U=10$ Վ է, իսկ հոսանքի աղբյուրի ներքին դիմադրության հարաբերությունն արտաքին դիմադրությանը՝ $r/R=0,25$: Որոշեք աղբյուրի ԷԼՇՈՒ-ն:

□3.43. Նկ.3.16-ում բերված է I հոսանքի ուժի կախվածությունը շղթայի արտաքին R դիմադրությունից: Որոշեք հոսանքի աղբյուրի ԷԼՇՈՒ-ն և ներքին դիմադրությունը



○3.44. $\varepsilon=120$ Վ ԷԼՇՈՒ-ն $r=50$ Օմ ներքին դիմադրությամբ հոսանքի աղբյուրին միացրած ոլտմետրը ցույց է տալիս $U=118$ Վ: Ինչքան է վոլտմետրի դիմադրությունը:

□3.45. Որոշեք հոսանքի աղբյուրի ԷԼՇՈՒ-ն, եթե արտաքին շղթայի դիմադրության $R_1=1$ Օմ արժեքի դեպքում, աղբյուրի սեղմակների լարումը $U_1=1,5$ Վ, իսկ $R_2=2$ Օմ-ի դեպքում՝ $U_2=2$ Վ:

□3.46. $\varepsilon=2$ Վ ԷԼՇՈՒ-ով հոսանքի աղբյուրին միացրած $R=3$ Օմ դիմադրությամբ հաղորդչով անցնում է $I=0,5$ Ա հոսանք: Ինչքան է հոսանքը՝ աղբյուրը կարճ միացնելիս:

□3.47. r ներքին դիմադրությամբ աղբյուրի անջատած հզորությունը կարճ միացման դեպքում հավասար է P_1 -ի: Երբ աղբյուրին մացրին R դիմադրություն, աղբյուրի ներսում անջատվող հզորությունը դառավ P_2 : Որոշեք R/r , եթե $P_1/P_2=16$:

□3.48. Որոշեք հոսանքի աղբյուրի ներքին դիմադրությունն ու ԷԼՇՈՒ-ն,

եթե հոսանքի ուժը $I_1 = 30\text{Ա}$, արտաքին շղթայի հզորությունը՝ $P_1 = 180$ Վտ, իսկ երբ հոսանքի ուժը $I_2 = 10\text{Ա}$, այդ հզորությունը՝ $P_2 = 100$ Վտ:

Ճ3.49. Շղթայի արտաքին տեղամասի դիմադրությունը $R_1 = 3$ Օմ-ից մինչև $R_2 = 10,5$ Օմ մեծացնելիս՝ հոսանքի աղբյուրի ՕԳԳ-ն մեծանում է $n=2$ անգամ: Ինչքան է աղբյուրի ներքին դիմադրությունը:

Ճ3.50. Արտաքին շղթայի դիմադրությունը $n=6,25$ անգամ մեծացնելիս՝ դրա հզորությունը չփոխվեց: Որոշեք աղբյուրի r ներքին դիմադրության և սկզբնական արտաքին R դիմադրության հարաբերությունը:

Ճ3.51. Արտաքին տեղամասի դիմադրության մի ինչ-որ արժեքի դեպքում շղթայի ՕԳԳ-ն $\eta_1 = 0,4$, իսկ մի այլ արժեքի դեպքում՝ $\eta_2 = 0,5$: Որոշեք շղթայի ՕԳԳ-ն տոկոսներով, երբ այդ դիմադրություններն աղբյուրին միացվում են՝ **ա)** հաջորդական, **բ)** զուգահեռ:

Ճ3.52. Մարտկոցին միացնում են $R_1 = 4$ Օմ դիմադրություն, հետո դա փոխարինում են $R_2 = 9$ Օմ-ով: Երկու անգամ էլ արտաքին շղթայում անջատվում է նույն հզորությունը: Որոշեք մարտկոցի ներքին դիմադրությունը:

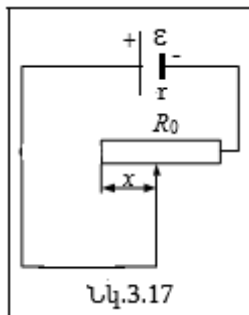
Ճ3.53. Ունենք P_1 և P_2 հզորությամբ երկու էլեկտրական սալիկ: Ինչ հզորություն կարելի է ստանալ, միացնելով դրանք հաստատուն լարման ցանցին՝ **ա)** հաջորդաբար, **բ)** զուգահեռ:

•3.54. Հոսանքի աղբյուրի ներքին դիմադրությունը r է: Ինչքան պետք է լինի արտաքին R դիմադրությունը, որպեսզի նրա վրա անջատվող հզորությունը լինի ամենամեծը: Ինչի է հավասար շղթայի ՕԳԳ-ն այդ դեպքում:

Ճ3.55. Շղթան կազմված է $r=5$ Օմ ներքին դիմադրությամբ հոսանքի աղբյուրից և $R=150$ Օմ դիմադրությամբ սպառիչից: Ինչքան է վոլտաչափի դիմադրությունը, եթե սպառիչին թե՛ հաջորդական, թե՛ զուգահեռ միացնելիս՝ դրա ցուցմունքը նույնն է:

Ճ3.56. Որոշեք մարտկոցի էԼՇՈՒ-ն, եթե հայտնի է, որ արտաքին դիմադրությունը $n=3$ անգամ մեծացնելիս մարտկոցի սեղմակների պոտենցիալների տարբերությունը $U_1 = 0,5$ Վ-ից հասնում է $U_2 = 1$ Վ:

Ճ3.57. r ներքին դիմադրությամբ հաստատուն հոսանքի աղբյուրը փակված է ռեոստատով, որի ամբողջ l երկարության դիմադրությունը R_0 է



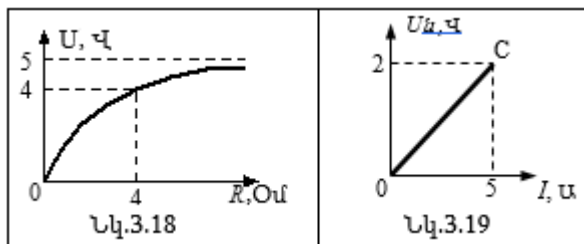
(Նկ.3.17): Ռեոստատի սողնակը սահուն կերպով տեղաշարժում են դեպի աջ: Որոշեք աղբյուրի սեղմակների U լարման կախումը x -ից: Ի՞նչ սահմաններում կփոխվի այդ լարումը: Աղբյուրի էլՇՈւ-ն ε է:

▣3.58. Մարտկոցի էլՇՈւ-ն՝ $\varepsilon=5$ Վ, իսկ ներքին դիմադրությունը՝ $r=0,1$ Օմ: Շղթայի արտաքին դիմադրությունը $R=4,9$ Օմ, և դրան զուգահեռ միացրել են հարթ կոնդենսատոր, որի թիթեղների հեռավորությունը $d=0,49$ սմ: Որոշեք կոնդենսատորի էներգիայի խտությունը:

▣3.59. Էլեկտրական շղթայի մարտկոցը կազմված է N միանման հոսանքի աղբյուրներից, որոնք միացած են իրար հաջորդաբար: Յուրաքանչյուր աղբյուրի էլՇՈւ-ն $\varepsilon=2$ Վ, իսկ ներքին դիմադրությունը՝ $r=0,5$ Օմ: Որոշեք մարտկոցի աղբյուրների N թիվը, եթե արտաքին $R=4$ Օմ դիմադրության վրա անջատվող հզորությունը՝ $P=16$ Վտ:

▣3.60. Մարտկոցը, որը կազմված է $N=3$ միանման գալվանական էլեմենտներից, փակված է արտաքին R դիմադրությամբ: R/r մեծության ի՞նչ արժեքի դեպքում գալվանական էլեմենտների հաջորդական միացման դեպքում հոսանքի ուժը շղթայում կլինի $n=2$ անգամ մեծ այն հոսանքից, որն առաջանում է շղթայում էլեմենտների զուգահեռ միացումից:

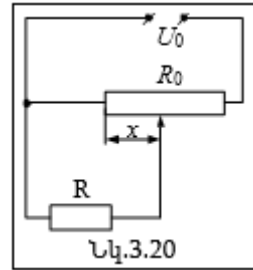
▣3.61. Նկ.3.18-ում բերված է հոսանքի աղբյուրի սեղմակների U լարման կախվածությունը շղթայի արտաքին տեղամասի R դիմադրությունից: Որոշեք աղբյուրի կարճ միացման հոսանքի ուժը:



▣3.62. Նկ.3.19-ում բերված է հոսանքի աղբյուրի ներսի U_b լարման անկման կախվածությունը նրանով անցնող հոսանքի I ուժից: Գրաֆիկի C կետը համապատասխանում է աղբյուրի կարճ միացմանը: Որոշեք աղ-

բյուրի սեղմակների U_1 լարումը և աղբյուրի ՕԳԳ-ն, երբ հոսանքի ուժը՝ $I_1 = 2U$:

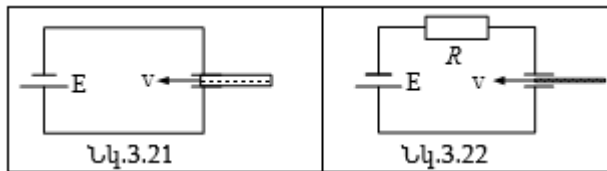
□3.63. Նկ.3.20 շղթայում, պոտենցումետրի սողնակի տեղաշարժումով, R դիմադրությամբ սարքի U լարումը կարելի է փոխել 0 -ից մինչև U_0 արժեքը: Գտեք R -ին տրվող U լարման կախվածությունը x -ից: Պոտենցումետրն ունի l երկարություն և R_0 դիմադրություն: Առանձին քննարկեք $R \gg R_0$ դեպքը:



□3.64. Երկու վոլտմետր հաջորդաբար միացած են $\varepsilon=6$ Վ ԷԼՇՈւ-ով հոսանքի աղբյուրին:

Երբ առաջին վոլտմետրին զուգահեռ միացրին ինչ-որ դիմադրություն, նրա ցուցմունքը փոքրացավ $k=2$ անգամ, իսկ երկրորդին՝ մեծացավ նույնքան անգամ: Որոշեք առաջին վոլտաչափի ցուցմունքը դիմադրությունը միացնելուց հետո: Աղբյուրի դիմադրությունն անտեսեք:

•3.65. E ԷԼՇՈւ-ով աղբյուրին միացած հարթ կոնդենսատորի մեջ v հաստատուն արագությամբ ε թափանցելիությամբ մեկուսիչ թիթեղ են մտցնում: Որոշեք շղթայով անցնող հոսանքը, եթե կոնդենսատորի թիթեղների լայնությունը b է, իսկ շրջադիրների d հեռավորությունը հավասար է դիէլեկտրիկի հաստությանը (Նկ.3.21):



■ 3.66. Հարթ կոնդենսատորի շրջադիրներն a կողմով քառակուսիներ են: Դրա մեջ, v հաստատուն արագությամբ, մտցնում են d հաստությամբ մետաղե թիթեղ: Կոնդենսատորն R դիմադրությամբ միացած է E ԷԼՇՈւ-ով աղբյուրին (Նկ.3.22): Որոշեք R -ի վրա անջատվող հզորությունը: Շրջադիրների հեռավորությունը d_0 է ($d_0 > d$), իսկ կոնդենսատորը մտնող թիթեղի չափերը՝ համարեք շրջադիրների չափերին հավասար: Աղբյուրների ներքին դիմադրությունն անտեսեք:

• **3.67.** Փոփոխական ունակությամբ կոնդենսատորի լարումը՝ $U=100$ Վ է: Ինչքան է լարերով անցնող հոսանքի ուժը, եթե կոնդենսատորի ունակությունը փոխվում է $\frac{\Delta C}{\Delta t} = 10^{-8}$ Ֆ/վ արագությամբ:

□ **3.68.** Երբ հոսանքի աղբյուրին միացած կոնդենսատորին զուգահեռ միացրին $R=15$ Օմ դիմադրություն, կոնդենսատորի լիցքը փոքրացավ $n=1,2$ անգամ: Ինչքան է աղբյուրի ներքին դիմադրությունը:

Էլեկտրական էներգիայի փոխակերպումը այլ տեսակի էներգիաների

□ **3.69.** Էլեկտրաքարշը շարժվում է $v=15$ մ/վ արագությամբ, $F=50$ կՆ միջին քարշի ուժով: Որոշեք էլեկտրաքարշի շարժիչի հոսանքը, եթե դրա կոնդենսատորի լարումը $U=1500$ Վ, իսկ շարժիչի ՕԳԳ-ն՝ $\eta=90\%(0,9)$:

□ **3.70.** Վերամբարձ կոունկի էլեկտրաշարժիչը աշխատում է $U=380$ Վ լարման տակ և ծախսում է $I=20$ Ա ուժի հոսանք: $m=1$ տ բեռը, $t=50$ վ-ի ընթացքում, կոունկը բարձրացնում է $h=19$ մ բարձրության վրա: Ինչի՞ է հավասար շարժիչի ՕԳԳ-ն:

□ **3.71.** $R=160$ Օմ դիմադրությամբ պարույր ունեցող էլեկտրաեռոցը դրեցին $m=0,5$ կգ $t_1 = 20^\circ\text{C}$ -ի ջուր պարունակող անոթի մեջ և միացրին $U=220$ Վ լարման ցանցին: $\tau = 20$ ր հետո պարույրն անջատեցին: Ինչքան ջուր եռալով գոլորշիցավ, եթե պարույրի ՕԳԳ-ն $\eta=80\%(0,8)$: Ջրի տեսակարար ջերմունակությունը $c=4200$ Ջ/կգ·Կ է, իսկ շոգեգոյացման տեսակարար ջերմությունը՝ $L = 2,3 \cdot 10^6$ Ջ/կգ:

□ **3.72.** Թեյամանն ունի երկու պարույր: Մեկը միացնելիս՝ թեյամանի ջուրը եռում է $t_1 = 15$ րոպեում, իսկ մյուսը միացնելիս՝ $t_2 = 10$ րոպեում: Ինչքան ժամանակում կեռա թեյամանի ջուրը, եթե երկու պարույրը միացնեն՝ **ա)** զուգահեռ, **բ)** հաջորդական:

□ **3.73.** Ջեռուցիչ սարքելու համար ի՞նչ երկարությամբ նիքրոմե հաղորդալար վերցնեն, որ $t_1 = 20^\circ\text{C}$ -ի $m=2$ կգ զանգվածով ջուրը $\tau = 5$ րոպեում տաքանա մինչև $t_2 = 100^\circ\text{C}$: Նիքրոմե լարի հատույթի մակերեսը $S=0,1$ մմ², ցանցի լարումը՝ $U=220$ Վ, ջեռուցչի ՕԳԳ-ն՝ $\eta=90\%$: Ջրի տեսակարար ջերմունակությունը $c=4200$ Ջ/կգ·Կ:

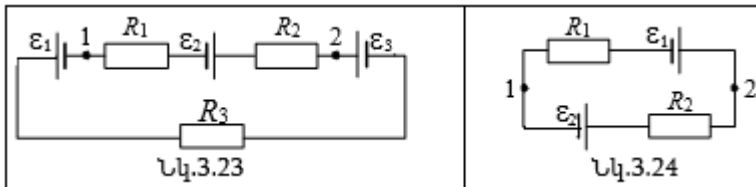
□ **3.74.** Կա երկու միատեսակ՝ ամեն մեկը $P=200$ Վտ հզորությամբ թեյաման՝ $U=220$ Վ լարման համար: Թեյամանները զուգահեռ և հաջորդական միացնելիս՝ ջուրը եռում է նույն ժամանակում, եթե դրանք միացնում են ցանցին մեծ դիմադրությամբ լարով: Ինչքան է այդ լարի դիմադրու-

թյունը:

Օճմի օրենքը անհամասեռ տեղամասի համար: Կիսահոֆի կանոնները

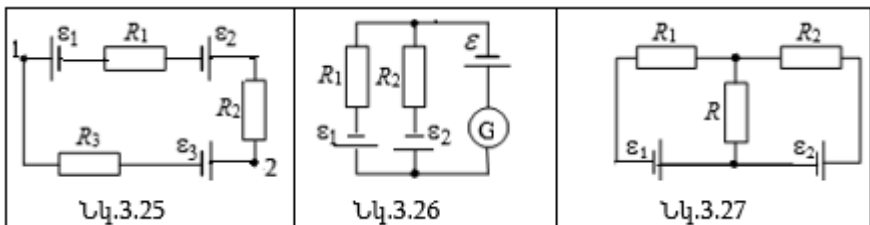
■3.75. Նկ.3.23-ի շղթան ունի հոսանքի երեք աղբյուր՝ $\varepsilon_1 = 20$ Վ, $\varepsilon_2 = 5$ Վ, $\varepsilon_3 = 2$ Վ և երեք դիմադրություն՝ $R_1 = 1$ Օմ, $R_2 = 2$ Օմ, $R_3 = 3$ Օմ: Որոշեք 1 և 2 կետերի միջև լարումը: Աղբյուրների և միացնող լարերի դիմադրությունն անտեսեք:

■3.76. Որոշեք Նկ.3.24 շղթայի 1 և 2 կետերի պոտենցիալների տարբե-



րությունը, եթե $R_1 = 10$ Օմ, $R_2 = 20$ Օմ, $\varepsilon_1 = 5$ Վ, $\varepsilon_2 = 2$ Վ: Աղբյուրների ներքին դիմադրությունն անտեսեք:

■3.77. Որոշեք Նկ. 3.25-ի 1 և 2 կետերի միջև լարումը, եթե $R_1 = 10$ Օմ, $R_2 = 20$ Օմ, $R_3 = 30$ Օմ, $\varepsilon_1 = 5$ Վ, $\varepsilon_2 = 8$ Վ, $\varepsilon_3 = 10$ Վ: Աղբյուրների ներքին դիմադրությունն անտեսեք:



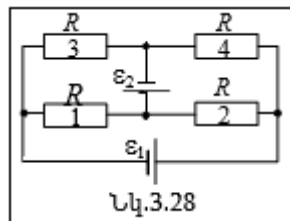
●3.78. R_1 և R_2 դիմադրություններն այնպիսին են, որ գալվանոմետրով հոսանք չի անցնում (Նկ. 3.26): Որոշեք ε ԷԼՇՈՒ-ն, եթե հայտնի են՝ R_1 , R_2 , ε_1 և ε_2 -ը: Աղբյուրների ներքին դիմադրությունն անտեսեք:

■3.79. Նկ.3.27-ում հայտնի են՝ R_1 , R_2 , ε_1 և ε_2 : Ինչքա՞ն լինի R դիմադրությունը, որ դրա վրա անջատված հզորությունը լինի առավելագույնը: R -ով անցնող հոսանքը ե՞րբ կլինի զրո:

●3.80. Շղթան կազմված է երկու աղբյուրից, որոնց ε_1 և ε_2 ԷԼՇՈՒ-ները հայտնի են: Հայտնի են նաև ճյուղերի R դիմադրությունները (Նկ.3.28):

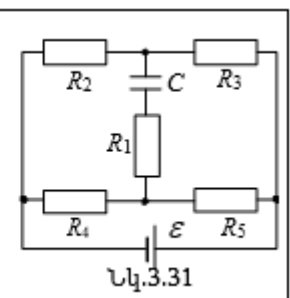
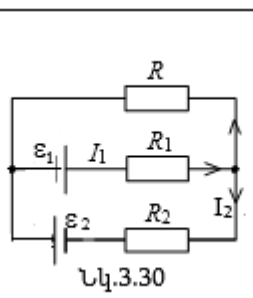
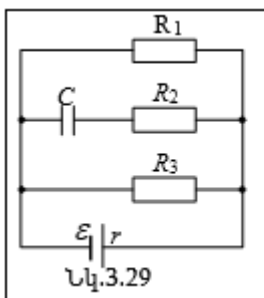
Որոշեք դրանց վրա անջատվող հզորությունները: Աղբյուրների ներքին դիմադրությունն անտեսեք:

• **3.81.** Որոշեք Նկ.3.29 շղթայի $C=1\text{մկՖ}$ ունակությամբ կոնդենստորի լիցքը: Հոսանքի աղբյուրի $\mathcal{E}_2$ -ն $\varepsilon=6\text{Վ}$, ներքին դիմադրությունը $r=5\text{ Օմ}$ և $R_1 = R_2 = R_3 = 20\text{ Օմ}$:



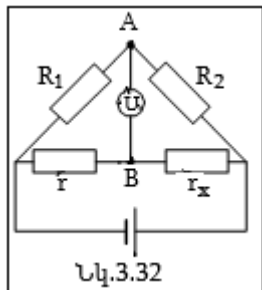
• **3.82.** Որոշեք $R=10\text{ Օմ}$ դիմադրությունով անցնող հոսանքի ուժը (տես Նկ.3.30), եթե $R_1 = 5\text{ Օմ}$, $R_2 = 8\text{ Օմ}$, $\varepsilon_1 = 5\text{Վ}$, $\varepsilon_2 = 8\text{Վ}$: Աղբյուրների ներքին դիմադրությունն անտեսեք:

• **3.83.** Որոշեք Նկ. 3.31-ի շղթայի $C=15\text{մկՖ}$ ունակությամբ կոնդենստորի լիցքը, եթե $R_1 = R_3 = R_4 = 12\text{ Օմ}$, $R_2 = R_5 = 18\text{ Օմ}$: Աղբյուրի



$\mathcal{E}_2$ -ն $\varepsilon=7,5\text{ Վ}$, ներքին դիմադրությունը $r=1\text{ Օմ}$:

• **3.84.** Ուինստոնի կամրջակում (Նկ.3.32) դիմադրություններն ընտրում են այնպես, որ A և B կետերին ամպերմետր միացնելիս այն ցույց տա զրո: Համարելով R_1 , R_2 , r հայտնի, որոշեք r_x դիմադրությունը: Ի՞նչ ցույց կտա ամպերաչափը, եթե դա և հոսանքի աղբյուրը տեղերով փոխենք:



Հոծ միջավայրի դիմադրությունը

• **3.85.** Երկրագնդի 1մ^2 մակերեսով օդի ամբողջ սյան դիմադրությունը մոտ 10^{17} Օմ է: Գնահատեք մթնոլորտի լրիվ դիմադրությունը:

■**3.86.** Մեկը մյուսին ընդարկող կամայական ձևի իդեալական հաղորդիչ թիթեղների արանքում հաղորդիչ նյութ կա: Այդ միջավայրի դիմադրությունն արտահայտեք համակարգի C ունակությամբ և միջավայրի γ հաղորդականությամբ:

■**3.87.** Օգտագործելով նախորդ խնդրի արդյունքները, որոշեք՝ **ա)** հարթ կոնդենսատորի; **բ)** գլանային կոնդենսատորի; **գ)** գնդային կոնդենսատորի դիմադրությունը: Հայտնի են կոնդենսատորների չափերը, իսկ համասեռ միջավայրը, որով լցված է շրջադիրների արանքը, ունի ρ տեսակարար դիմադրություն:

■**3.88.** Նույն r_0 շառավղով երկու մետաղե գունդ են սուզել ρ տեսակարար դիմադրությունով միջավայրը: Որոշեք գնդերի արանքի R դիմադրությունը, եթե դրանց կենտրոնների միջև հեռավորությունը l է: Առանձին քննարկեք այն դեպքը, երբ $l \gg r_0$:

Անցումային պրոցեսներ

■**3.89.** Ժամանակի ընթացքում ինչպե՞ս է նվազում հաղորդչի ներսի ցանկացած կետի ազատ լիցքի ρ_0 սկզբնական խտությունը: Գնահատեք այն ժամանակը, որի ընթացքում հաղորդչի ներսի սկզբնական լիցքը անհետանում է: Ինչպե՞ս է բաշխվում լիցքը: Հաշվարկը կատարեք պղնձի համար, որի $\gamma = 59$ ՄՍմ/մ:

■**3.90.** Գնդային կոնդենսատորի շրջադիրների արանքը լցված է թույլ հաղորդիչ նյութով: Աղբյուրից անջատելիս՝ t վայրկյան հետո շրջադիրների լարումը փոքրանում է $k=2$ անգամ: Որոշեք՝ **ա)** նյութի ε դիէլեկտրական թափանցելիությունը; **բ)** ρ տեսակարար դիմադրությունը, եթե կոնդենսատորի ունակությունը C է, իսկ շրջադիրների շառավիղները՝ R_1 և R_2 :

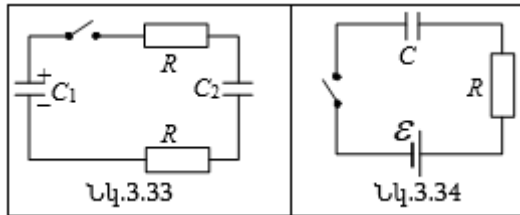
■**3.91.** Հարթ կոնդենսատորի լիցքը $t=10$ րոպե հետո դառնում է իր սկզբնական արժեքի $k=0,1$ մասը: Որոշեք թիթեղների արանքի նյութի տեսակարար հաղորդականությունը, եթե դրա դիէլեկտրական թափանցելիությունը՝ $\varepsilon=2,1$:

■**3.92.** r_1 և r_2 շառավղով ($r_1 < r_2$) գնդային կոնդենսատորի մեջ γ տեսակարար հաղորդականությամբ նյութ կա: Ներքին շրջադիրն հաղորդում են q_0 լիցք: Որոշեք՝ **ա)** ներքին շրջադիրի լիցքի փոփոխության օրենքը,

բ) կոնդենսատորի լրիվ լիցքաթափվելուց անջատված Q ջերմաքանակը:

■**3.93.** U_0 լարումով C_1 կոնդենսատորին միացնում են անլիցք C_2 կոնդենսատորը (Նկ.3.33): Որոշեք՝ **ա)** շղթայի հոսանքի ուժի կախվածությունը ժամանակից, եթե միացնող լարերի դիմադրությունը R է; **բ)** հոսանք անցնելու ընթացքում հաղորդալարերի վրա անջատվող ջերմաքանակը:

■**3.94.** $C=5$ մկՖ ունակությամբ կոնդենսատորը միացրին $\varepsilon=200$ Վ էլՇՈՒ-ով աղբյուրին (Նկ.3.34): Որոշեք $R=300$ Օմ դիմադրության վրա անջատված ջերմաքանակն այն ընթացքում, երբ կոնդենսատորի լարումը հասնում է իր առավելագույն արժեքին: Աղբյուրի ներքին դիմադրությունն անտեսեք:



■**3.95.** $C=2$ մկՖ ունակությամբ կոնդենսատորին հաղորդել են $q_0=10^{-3}$ Կլ լիցք: Այնուհետև կոնդենսատորը փակել են $R=5000$ Օմ դիմադրությամբ: Որոշեք՝ **ա)** հոսանքի փոփոխության օրենքը; **բ)** $\tau = 2$ վ-ում դիմադրության միջով անցած q լիցքը; **գ)** նույն ընթացքում անջատված Q ջերմաքանակը:

■**3.96.** C ունակությամբ կոնդենսատորի լիցքը q_0 է: Կոնդենսատորի լիցքը ե՞րբ կփոքրանա k անգամ, եթե դրա շրջադիրները միացնենք դիմադրությամբ: Որոշեք հոսանքն այդ պահին:

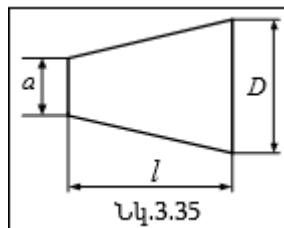
■**3.97.** Յուղային հարթ կոնդենսատորն ինչ-որ դիմադրությամբ լիցքաթափելու ժամանակի հաստատունը τ_0 է: Երբ կոնդենսատորի յուղը խոնավացավ, լիցքաթափելու հաստատունը (նույն դիմադրության միջով) դարձավ τ : Որոշեք խոնավացած յուղի ρ տեսակարար դիմադրությունը, եթե ε թափանցելիությունը մնացել է նույնը:

■**3.98.** C ունակությամբ հարթ կոնդենսատորը R դիմադրությամբ միացրել են ε էլՇՈՒ-ով աղբյուրին: Կոնդենսատորի թիթեղների հեռավորու-

թյունը թռիչքով մեծացավ n անգամ: Անտեսելով աղբյուրի ներքին դիմադրությունը՝ գտեք հոսանքի կախվածությունը ժամանակից:

Հոսանքը տարբեր միջավայրերում

■3.99. $I=100$ Ա հոսանքն անցնում է պղնձե կոնական հաղորդիչով (Նկ.3.35): Որոշեք՝ ա) հոսանքի խտությունը և դաշտի լարվածություն այդ հաղորդչի ճակատներում; բ) հաղորդչի դիմադրությունը և դրա ճակատների միջև լարումը: Ընդունեք $a = 6$ մմ, $D=10$ մմ, $l = 20$ մմ:



■3.100. Կոճը պարունակում է $N=500$ գալար, որոնք $d=0,3$ մմ տրամագծով պղնձե լարից են: Գալարի տրամագիծը $D=14$ մմ: Կոճը կարող է պտտվել իր առանցքի շուրջը, իսկ դրա ծայրերը սահող կոնտակներով միացած են գալվանոմետրին: Երբ պտտվող կոճը կտրուկ արգելակվում է, գալվանոմետրի սլաքը շեղվում է: Ի՞նչ լիցք է անցնում շղթայով կոճը կտրուկ արգելակելիս, եթե դրա պտտման հաճախությունը $\nu=33$ վ⁻¹, իսկ գալվանոմետրի, միացնող հաղորդալարերի և սահող կոնտակների ընդհանուր դիմադրությունը՝ $R=130$ Օմ:

■3.101. Մետաղական սկավառակն իր առանցքի շուրջը պտտելիս ներսի ազատ էլեկտրոնները տեղաշարժվում են դեպի եզրը այնպես, որ դրանց վրա ազդող էլեկտրական ուժը հավասարակշռի կենտրոնախույս ուժին: Ելնելով դրանից, որոշեք պոտենցիալների տարբերությունը սկավառակի կենտրոնի և եզրի միջև, եթե դրա տրամագիծը $D=5$ մմ, իսկ պտտման հաճախությունը՝ $\nu=20$ վ⁻¹:

●3.102. Որոշեք հոսանքի ուժի հագեցման արժեքը գազի ոչ ինքնուրույն պարպման դեպքում, եթե իոնիզատորը յուրաքանչյուր վայրկյանում $V=1$ մմ³ ծավալում ստեղծում է $N=10^9$ գույգ միարժեք իոն: Հարթ էլեկտրոդներից յուրաքանչյուրի մակերեսը $S=100$ մմ², իսկ դրանց միջև հեռավորությունը՝ $l = 5$ մմ:

օ3.103. Դաշտի լարվածությունն ինչքան լինի, որ սկսվի օդի ինքնուրույն պարպումը, եթե մոլեկուլն իոնացնելու էներգիան $W_{\text{իոն}} = 2,4 \cdot 10^{-18}$ Ջ, իսկ էլեկտրոնի ազատ վազքի միջին երկարությունը՝ $\bar{l} = 5$ մկմ: Ինչքա՞ն է էլեկտրոնի արագությունը մոլեկուլին հարվածելիս:

օ3.104. Մոդիկի գոլորշիով լցրած խողովակում էլեկտրոդների հեռավորությունը $d=10$ մմ: Ինչի՞նչ է հավասար էլեկտրոնի ազատ վազքի երկա-

րությունը, եթե ինքնուրույն պարպումը սկսում է $U=600$ Վ լարման դեպքում: Մտիկի գոլորշու իոնիզացման էներգիան $W_{\text{իոն}} = 1,7 \cdot 10^{-18}$ Ջ:

• **3.105.** Գազապարպման խողովակում էլեկտրոդների լարումը $U=5$ Վ: Խողովակի գազը իոնացած է. $V=1$ մ³-ում կա $N = 10^{18}$ զույգ միարժեք իոն, ընդ որում՝ $k_+ = 0,03$ մ²/Վ·վ և $k_- = 0,03$ մ²/Վ·վ: Որոշեք հոսանքի խտությունը, եթե էլեկտրոդների հեռավորությունը $d=10$ սմ:

• **3.106.** Որոշեք օդով լցրած խողովակի դիմադրությունը, եթե այն ունի $l = 84$ սմ երկարություն և $S=5$ սմ² լայնական կտրվածքի մակերես: Օդը իոնիզացած է այնպես, որ $V=1$ սմ³-ում կա $N = 10^7$ զույգ միարժեք իոն, որոնց շարժունություններն են՝ $k_+ = 0,013$ մ²/Վ·վ և $k_- = 0,018$ մ²/Վ·վ:

• **3.107.** $m=2,55q$ -անոց ցինկե անոդը էլեկտրոլիտի մեջ է: Էլեկտրոլիտով անցնում է $I=5$ Ա հոսանք: Անոդն ինչքա ն ժամանակում լրիվ կծախսվի մարմինը մետաղապատելու համար: Անոդի նյութի էլեկտրաքիմիական համարժեքը՝ $k = 3,4 \cdot 10^{-7}$ կգ/Կլ:

• **3.108.** $I=3$ Ա հոսանքի ուժի դեպքում էլեկտրոլիտային գուռում $t=1000$ վ-ում անջատվում է $m=1$ գ երկարժեք մետաղ: Որոշեք այդ մետաղի մոլային զանգվածը:

• **3.109.** $S=120$ սմ² մակերես ունեցող առարկայի նիկելապատումը տևեց $t=1$ ժ՝ $I=0,3$ Ա հոսանքի ուժի դեպքում: Նիկելի արժեքականությունը $Z=2$: Որոշեք նիկելի շերտի հաստությունը:

• **3.110.** Ջրի էլեկտրոլիզի ժամանակ գուռով $\tau = 25$ ր ժամանակում անցնում է $I=20$ Ա ուժի հոսանք: Որոշեք անջատված թթվածնի T ջերմաստիճանը, եթե $p=200$ կՊա ճնշման տակ այն զբաղեցնում է $V=1$ լ ծավալ: Թթվածնի էլեկտրաքիմիական համարժեքը՝ $k = 8,29 \cdot 10^{-8}$ կգ/Կլ:

Հարցեր

01. Սահմանեք էլեկտրական հոսանքը և նշեք հոսանքի առաջանալու պայմանները:
02. Սահմանեք հաստատուն հոսանքը: Էլեկտրական հոսանքն ինչպե՞ս է ուղղված:
03. Ո՞ր մասնիկների ուղղորդված շարժումով է պայմանավորված հոսանքը՝ **ա)** մետաղներում, **բ)** էլեկտրոլիտներում, **գ)** գազերում:
04. Ո՞րն է հոսանքի՝ **ա)** ջերմային ազդեցությունը, **բ)** մագնիսական ազդեցությունը, **գ)** քիմիական ազդեցությունը:
05. Ի՞նչ է հոսանքի ուժը: Գրեք հաստատուն հոսանքի ուժի բանաձևը:
06. Սահմանեք հոսանքի ուժի միավորը ՄՀ-ում:
- **7.** Սահմանեք հոսանքի ուժի միավորը Գաուսի համակարգում և գրեք

- դրա կապը ՄՀ-ի նույն մեծության միավորի հետ:
- 8. R նշ է հոսանքի խտությունը: Գրեք հոսանքի խտության կախվածությունը լիցքակիրների ուղղորդված շարժման միջին արագությունից և կոնցենտրացիայից:
 - 9. Հոսանքի խտությունը հաղորդչի լայնական հատույթով հաստատուն չէ: Ինչպե՞ս որոշենք հոսանքի ուժը հաղորդչում:
 - 10. Որտե՞ղ է էլեկտրոնների ուղղորդված շարժման արագությունն ավելի մեծ՝ լուսարձակող էլեկտրական լամպի բարակ թելիկո՞ւմ, թե՞ լամպը սնող հաստ հաղորդալարերում:
 - 11. Ձևակերպեք Օհմի օրենքն էլեկտրական շղթայի տեղամասի համար և գրեք դրա բանաձևը:
 - 12. Մետաղե հաղորդչի էլեկտրական դիմադրության պատճառն ի՞նչ է: Ի՞նչ մեծություններից է կախված հաղորդչի դիմադրությունը:
 - 13. Գրեք հաստատուն լայնական հատույթով հաղորդչի դիմադրության՝ երկրաչափական չափերից կախումն արտահայտող բանաձևը:
 - 14. Սահմանեք դիմադրության և տեսակարար դիմադրության միավորները:
 - 15. Ինչպե՞ս են փոխվում մետաղե հաղորդչի դիմադրությունը և տեսակարար դիմադրությունը՝ ջերմաստիճանն աճելիս: Գծեք այդ կախվածության գրաֆիկները:
 - 16. R նշ սարքերով են չափում հոսանքի ուժը և լարումը: Ի՞նչպես են այդ սարքերը միացնում շղթայի տեղամասին:
 - 17. R նշ է գերհաղորդականությունը: Նշեք գերհաղորդչի որևէ երկու հատկություն, որով օժտված չեն սովորական հաղորդիչները:
 - 18. Սահմանեք հոսանքի աշխատանքը և հզորությունը: Գրեք հաստատուն հոսանքի աշխատանքի և հզորության բանաձևերը:
 - 19. Ձևակերպեք Ջոուլ-Լենցի օրենքը և գրեք համապատասխան բանաձևը:
 - 20. R_1 և R_2 ($R_2 > R_1$) դիմադրությունները միացրած են հաստատուն հոսանքի աղբյուրին հաջորդաբար: Ո՞ր դիմադրության վրա կանջատվի մեծ հզորություն:

- 21. R_1 և R_2 ($R_2 > R_1$) դիմադրությունները միացրած են հաստատուն հոսանքի աղբյուրին զուգահեռ: Ո՞ր դիմադրության վրա կանջատվի մեծ հզորություն:
- 22. Գրեք և մեկնաբանեք Օհմի և Ջոուլ-Լենցի դիֆերենցիալ օրենքները:
- 23. Հաղորդիչն ինչո՞ւ է տաքանում, երբ դրանով հոսանք է անցնում:
- 24. Ո՞ր ուժերին են ասում կոդմնակի, և ի՞նչ է էլեկտրաշարժ ուժը (ԷԼՇՈՒ):
- 25. Սահմանեք ԷԼՇՈՒ-ի միավորը ՄՀ-ում:
- 26. ԷԼՇՈՒ պարունակող տեղամասի համար գրեք Օհմի օրենքը ինտեգրալ և դիֆերենցիալ տեսքով:
- 27. Փակ շղթայի համար գրեք հոսանքի աղբյուրի աշխատանքի և հզորության բանաձևերը:
- 28. Ի՞նչ մասերից է բաղկացած շղթան, և ո՞րն է բարդ շղթան:
- 29. Ձևակերպեք Կիրխոֆի օրենքները:
- 30. Բարդ շղթաները հաշվարկելիս՝ Կիրխոֆի օրենքներն ի՞նչ կարգով են կիրառվում:
- 31. Միանման մի քանի հոսանքի աղբյուրներ միացրած են իրար՝ **ա)** հաջորդական, **բ)** զուգահեռ: Ո՞ր դեպքում կարճ միացման հոսանքի ուժը մեծ կլինի:
- 32. Ո՞ր մասնիկների ուղղորդված շարժումով է պայմանավորված հոսանքը էլեկտրոլիտներում, և ինչպե՞ս են առաջանում այդ մասնիկները ջրային լուծույթներում:
- 33. Մետաղների հաղորդականությունը և ջերմհաղորդականությունը համեմատական են իրար: Ինչո՞ւ:
- 34. Էլեկտրական շղթայի ՕԳԳ-ն արտահայտեք նրա ներքին և արտաքին դիմադրություններով:
- 35. Թեյամանն ունի երկու պարույր, որոնց կարելի է միացնել թե՛ հաջորդական, թե՛ զուգահեռ: Ո՞ր դեպքում թեյամանի ջուրը շուտ կեռա:
- 36. Էլեկտրական էներգիայի աղբյուրին ե՞րբ են անվանում լարման աղբյուր:
- 37. Էլեկտրական էներգիայի աղբյուրին ե՞րբ են անվանում հոսանքի աղբյուր:
- 38. Էլեկտրոլիտների էլեկտրական դիմադրության պատճառը ի՞նչն է:
- 39. Իոնների շարժունակությունն ի՞նչ է և ի՞նչ կարգի է:
- 40. Ինչո՞վ է որոշվում իոնի լիցքը, և ո՞րն է էլեկտրոլիտի լիցքաչեզո-

քության պայմանը:

- 41. Գրեք Օհմի օրենքը էլեկտրոլիտների համար:
- 42. Ինչպե՞ս է փոխվում էլեկտրոլիտների տեսակարար դիմադրությունը դրա ջերմաստիճանը մեծացնելիս:
- 43. Ի՞նչ է էլեկտրոլիզը:
- 44. Ձևակերպեք էլեկտրոլիզի Ֆարադեյի օրենքները:
- 45. Ի՞նչ է էլեկտրաքիմիական համադրժեքը: Գրեք դրա բանաձևը:
- 46. Ֆարադեյի հաստատունն ինչպե՞ս է կապված տարրական լիցքի հետ:
- 47. Ֆարադեյի օրենքներն ստուգելու մի փորձ նկարագրեք:
- 48. Ի՞նչ է գազապարպումը: Ո՞ր մասնիկների ուղղորդված շարժումով է պայմանավորված հոսանքը գազերում:
- 49. Ի՞նչ է գազերի ինքնություն և ոչ ինքնություն պարպումը:
- 50. Նոսր գազերը ինչո՞ւ են հաղորդիչ, իսկ շատ խիտ գազերը՝ ոչ:
- 51. Ո՞րն է գազերի հարվածային իոնացումը և ե՞րբ է դա լինում:
- 52. Գազերի հոսանքակիրների՝ շարժունակությունն է մեծ, թե՞ հեղուկների: Պատասխանը հիմնավորեք:
- 53. Ի՞նչ է ջերմաէլեկտրոնային էմիսիան:
- 54. Վակուումային դիոդում հոսանքն ինչպե՞ս է կախված լարումից:
- 55. Ի՞նչ է ներքին, և ի՞նչը՝ արտաքին կոնտակտային պոտենցիալների տարբերությունը:
- 56. C ունակությամբ կոնդենսատորը R դիմադրությամբ լարով միացրին U_0 լարման աղբյուրին: Կոնդենսատորի լիցքն ի՞ր առավելագույն արժեքին ինչո՞ւ միանգամից չի հասնում: Կոնդենսատորի լիցքն ի՞նչ օրենքով է աճում (կախված ժամանակից):
- 57. C ունակությամբ կոնդենսատորը R դիմադրությամբ լարով միացրին U_0 լարման աղբյուրին: Լարով անցնող հոսանքի ուժն ինչպե՞ս է կախված ժամանակից:
- 58. U_0 լարումով և C ունակությամբ կոնդենսատորի շրջադիրները R դիմադրությամբ լարով միացրին ի՞րար: Կոնդենսատորի լիցքը ե՞րբ կփոքրանա e անգամ:
- 59. U_0 լարումով և C ունակությամբ կոնդենսատորի շրջադիրները R դիմադրությամբ լարով միացրին ի՞րար: Հաղորդչով անցնող հոսանքի ուժը ժամանակից ինչպե՞ս է կախված:
- 60. Ո՞ր ինքնություն գազապարպումն է կոչվում պսակաձև:

Հիմնավորեք պնդումների ճիշտ և սխալ լինելը

3.1. ա) Հաղորդալարի լայնական կտրվածքով միավոր ժամանակամի-

ջոցում անցնող լիցքի քանակությունը կոչվում է էլեկտրական հոսանքի ուժ՝ $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$, որտեղ Δq -ն Δt ժամանակում անցած լիցքն է; **բ)** Հոսանքի խտությունը՝ $\vec{j} = en\vec{v}$, որտեղ n -ը հոսանքակիրների կոնցենտրացիան է, $\vec{v}$ -ն՝ դրանց կարգավորված շարժման միջին արագությունը; **գ)** Հոսանքի ուժը հավասար է 1 ամպերի, եթե վակուումում իրարից 1մ հեռավորության վրա գտնվող երկու անվերջ երկար և անվերջ բարակ հաղորդալարերով անցնելիս նրանցից յուրաքանչյուրի 1մ երկարության հատվածի վրա մյուսի կողմից ազդում է $2 \cdot 10^{-7}$ Ն ուժ; **դ)** Հաղորդալարի լայնական կտրվածքի S մակերեսով անցնող հոսանքի ուժին անվանում են էլեկտրական հոսանքի խտություն՝ $j=IS$, որտեղ I -ն հոսանքի ուժն է:

3.2. ա) Էլեկտրական հոսանք անվանում են լիցքավորված մասնիկների ուղղորդված շարժմանը; **բ)** Հաղորդալարի դիմադրության կախվածությունը ջերմաստիճանից՝ $R = R_0(1 + \alpha t)$, որտեղ R_0 -ն դիմադրությունն է $t=0^\circ\text{C}$ -ում, α -ն՝ դիմադրության ջերմաստիճանային գործակիցը, t -ն՝ ջերմաստիճանն ըստ Ցելսիուսի սանդղակի; **գ)** Օհմի օրենքը հաստատուն հոսանքի շղթայի համասեռ տեղամասի համար՝ $I=kU$, որտեղ k -ն տեղամասի էլեկտրահաղորդականությունն է, իսկ U -ն՝ այդ տեղամասի լարումը; **դ)** Հոսանքի ուժի և խտության կապը՝ $j=I/S$, որտեղ S -ը հաղորդալարի լայնական հատույթի մակերեսն է, I -ն՝ հոսանքի ուժը հաղորդալարում:

3.3. ա) Գազի միջով հոսանք անցնելու պրոցեսին անվանում են գազապարպում; **բ)** Հոսանքի խտությունը՝ $\vec{j} = \rho \cdot \vec{v}$, որտեղ ρ -ն ազատ լիցքերի ծավալային խտությունն է, իսկ $\vec{v}$ -ն դրանց ուղղորդված շարժման արագությունը; **գ)** Օհմի օրենքը հաստատուն հոսանքի շղթայի համասեռ տեղամասի համար՝ $I=UR$, որտեղ R -ը տեղամասի դիմադրությունն է, իսկ U -ն՝ այդ տեղամասի լարումը; **դ)** Երբ միջավայրում հոսանքը պայմանավորված է դրական և բացասական լիցքավորված մասնիկների ուղղորդված շարժմամբ, ապա հոսանքի խտությունը կլինի՝ $\vec{j} = \rho_+ \vec{v}_{++} + \rho_- \vec{v}_{--}$, որտեղ ρ_+ -ը՝ հոսանքակիրների ծավալային խտությունն է:

3.4. ա) Կամայական էլեկտրական հոսանքի ուժը՝ $I = \frac{dq}{dt}$, որտեղ dq -ն dt անվերջ փոքր ժամանակում հաղորդալարի լայնական հատույթով անցնող էլեկտրական լիցքի քանակն է; **բ)** Հոսանքի ուժը կամայական S մակերեսով, երբ հոսանքի խտության վեկտորն այդ մակերեսի տարբեր

կետերում ընդունում է տարբեր արժեքներ, տրվում է $I = \int_S j d\vec{S}$ արտահայտությամբ; **զ)** Միավորների գաուսյան համակարգում էլեկտրական լիցքի միավորը 1CGSE_q-ն է, հետևաբար $[I] = \frac{[q]}{[t]} = 1\text{CGSE}_q/\text{վ}$ կհանդիսանա հոսանքի ուժի միավոր, որին անվանում են հոսանքի 1CGSE միավոր՝ 1CGSE_j: Սակայն սա չէ հոսանքի գաուսյան համակարգի միավորը; **դ)** Մետաղներում հոսանքի ուղղությունը համընկնում է ազատ էլեկտրոնների ուղղորդված շարժման արագության ուղղության հետ:

3.5. ա) Էլեկտրական հոսանքի հզորությունը՝ $N = \frac{\Delta I}{\Delta t}$, որտեղ ΔI -ն Δt ժամանակում հոսանքի ուժի փոփոխությունն է; **բ)** Էլեկտրական հոսանքը կոչվում է հաստատուն, եթե հաղորդալարի լայնական հատույթով ցանկացած հավասար ժամանակամիջոցներում անցնում է հավասար քանակությամբ լիցք; **գ)** Օհմի օրենքը հաստատուն հոսանքի շղթայի համասեռ տեղամասի համար՝ $I=U/R$, որտեղ R -ը տեղամասի դիմադրությունն է, իսկ U -ն՝ այդ տեղամասի լարումը; **դ)** Էլեկտրական դիմադրության $U\vec{Z}$ և գաուսյան համակարգի միավորների կապը՝ $[R] = 1 \text{ Օմ} = 1/(9 \cdot 10^{11}) \text{ CGSE միավոր (գաուսյան միավոր)}$:

3.6. ա) Հաղորդալարի լայնական կտրվածքի միավոր մակերեսով, միավոր ժամանակամիջոցում անցնող լիցքի քանակությանն անվանում են էլեկտրական հոսանքի խտություն; **բ)** Հաղորդչում հոսանքի ուժի՝ կախումը լարումից պատկերող գրաֆիկը կոչվում է հաղորդչի վոլտամպերային բնութագրիծ; **գ)** Հոսանքի ուժի 1CGSE_j միավորի չափայնությունը, արտահայտված գաուսյան համակարգի հիմնական միավորներով, ունի հետևյալ տեսքը՝ $1\text{գ}^{1/2} \text{ սմ}^{1/2}\text{վ}^{-1}$; **դ)** Օհմի օրենքի դիֆերենցիալ տեսքը՝ $\vec{j} = \gamma \vec{E}$, որտեղ $\gamma=1/\rho$ -ը հաղորդալարի տեսակարար էլեկտրահաղորդականությունն է, իսկ $\vec{E}$ -ն՝ էլեկտրական դաշտի լարվածությունն է հաղորդչի ներսում:

3.7. ա) Երբ սպառիչով անցնում է էլեկտրական հոսանք, ապա Δq լիցքը Δt ժամանակամիջոցի ընթացքում տեղափոխվում է այդ տեղամասի U պոտենցիալների տարբերությունը և այդ տեղափոխման աշխատանքը կլինի $\Delta A = U\Delta q = UI\Delta t$, որը հանդիսանում է հաստատուն հոսանքի աշխատանքի բանաձևը; **բ)** Հաստատուն հոսանքի հզորությունը՝ $N=\frac{U^2}{R}$,

որտեղ R -ը սպառիչի դիմադրությունն է, իսկ U -ն՝ այդ սպառիչի վրա կիրառված լարումը; **զ)** Լիցքավորված մասնիկներին ուղղորդված շարժման մեջ դնող, դրական և բացասական լիցքերն իրարից անջատող ոչ էլեկտրաստատիկ բնույթի ուժերը կոչվում են կոդմնակի ուժեր; **դ)** Էլեկտրական հոսանքի խտության վեկտորի ուղղությունը համընկնում է էլեկտրոնների ուղղորդված շարժման արագության ուղղության հետ:

3.8. ա) Հաստատուն հոսանքի կողմից ժամանակում կատարված աշխատանքը՝ $\Delta A = IR^2 \Delta t$, որտեղ R -ը սպառիչի դիմադրությունն է, իսկ I -ն՝ հոսանքի ուժը; **բ)** Հաղորդիչների գուգահեռ միացման դեպքում ընդհանուր դիմադրությունը կորոշվի $\frac{1}{R} = \sum_i \frac{1}{R_i}$ առընչությունից, որտեղ R_i -ն i -րդ հաղորդչի դիմադրությունն է; **գ)** Օհմի օրենքի դիֆերենցիալ տեսքը՝ $dI = \frac{dU}{dR}$, որտեղ dU -ն լարումն է անվերջ փոքր dR դիմադրության վրա, իսկ dI -ն՝ այդ դիմադրությամբ անցնող հոսանքի ուժը; **դ)** Էլեկտրաշարժ ուժ (ԷՇՈՒ) է կոչվում այն սկալյար մեծությունը, որը հավասար է փակ շղթայով լիցքը տեղափոխելիս կոդմնակի ուժերի կատարած աշխատանքի և այդ լիցքի մեծության հարաբերությանը՝ $\varepsilon = \frac{A}{q} = \oint \vec{E}^* d\vec{l}$, որտեղ $\vec{E}^*$ -ն կոդմնակի ուժերի դաշտի լարվածությունն է:

3.9. ա) Կիրիսիտֆի առաջին կանոնը՝ ճյուղավորված շղթայի կամայական հանգույցում հոսանքների հանրահաշվական գումարը հավասար է զրոյի՝ $\sum_k I_k = 0$, հանգույց մտնող հոսանքի ուժն ընդունվում է դրական, իսկ հանգույցից դուրս եկողը՝ բացասական; **բ)** Արտաքին իոնարարի ազդեցությամբ տեղի ունեցող գազային պարպմանն անվանում են ոչ ինքնուրույն պարպում; **գ)** Հոսանքի խտության միավորը՝ 1 Ա/մ^3 ; **դ)** Օհմի օրենքն ԷՇՈՒ-ով տեղամասի համար՝ $I = \frac{(\varphi_1 - \varphi_2) + \varepsilon}{R}$, որտեղ φ_1 -ը և φ_2 -ը տեղամասի ծայրերի պոտենցիալներն են, R -ը՝ տեղամասի դիմադրությունը, իսկ ε -ը՝ այդ տեղամասում գործող ԷՇՈՒ-ն:

3.10. ա) Հաղորդիչների հաջորդական միացման դեպքում ընդհանուր դիմադրությունը կլինի՝ $R = \sum_i R_i$, որտեղ R_i -ն i -րդ հաղորդչի դիմադրությունն է; **բ)** Տեղամասի լարման անկում անվանում են այդ տեղամասի հոսանքի ուժի և դիմադրության արտադրյալը՝ IR ; **գ)** Կիրիսիտֆի երկրորդ կանոնը՝ ճյուղավորված շղթայի ցանկացած կոնտուրի տեղա-

մասերի լարման անկումների հանրահաշվական գումարը հավասար է այդ կոնտուրում գործող էլՇՈՒ-ների հանրահաշվական գումարին՝ $\sum_k I_k R_k = \sum \varepsilon_k$; **դ)** Աղբյուրի էլեկտրաշարժ ուժը՝ $\varepsilon_{12} = \frac{A_{12}}{q}$, A_{12} -ն աղբյուրի կողմից q լիցքի տեղափոխման աշխատանքն է 1 – 2 տեղամասում :

3.11. ա) Մետաղներում հոսանքի ուղղություն համարվում է էլեկտրոնների ուղղորդված շարժման արագության հակառակ ուղղությունը: **բ)** Համասեռ մետաղական հաղորդչի R դիմադրությունն ուղիղ համեմատական հաղորդչի R երկարությանը և հակադարձ համեմատական է հաղորդչի լայնական կտրվածքի S մակերեսին՝ $R = \rho \frac{l}{S}$, որտեղ ρ -ն հաղորդչի տեսակարար դիմադրությունն է; **գ)** էլեկտրական շղթայի փակ կոնտուրում հոսանքի ուժը վերցվում է դրական, եթե այդ հոսանքի ուղղությունը համընկնում է կոնտուրի շրջանցման ուղղության հետ, իսկ հակառակը՝ բացասական: Կոնտուրի շրջանցման ուղղության ընտրությունը կամայական է; **դ)** Նորմալ պայմաններում գտնվող գազերը համարվում են դիէլեկտրիկներ:

3.12. ա) էլեկտրոլիտի լուծույթի դիմադրությունը ջերմաստիճանը բարձրացնելիս փոքրանում է; **բ)** Համասեռ մետաղական հաղորդչի R դիմադրությունն ուղիղ համեմատական է հաղորդչի T բացարձակ ջերմաստիճանին; **գ)** էլեկտրական շղթայի փակ կոնտուրում աղբյուրի էլՇՈւ-ն համարում են դրական, եթե կոնտուրի շրջանցման ժամանակ աղբյուրում անցնում ենք բացասական բևեռից դրականին, իսկ հակառակը՝ բացասական: Կոնտուրի շրջանցման ուղղության ընտրությունը կամայական է; **դ)** Հաղորդչի տեսակարար դիմադրության միավորը հանդիսանում է 1 Օմ:

3.13. ա) Եթե փակ շղթան պարունակում է n միանման հոսանքի աղբյուրներ, որոնք իրար միացած են հաջորդաբար, ապա շղթայի հոսանքը կլինի՝ $I = \frac{n\varepsilon}{R+nr}$, որտեղ ε -ն մեկ աղբյուրի էլՇՈՒ-ն է, իսկ r -ը՝ մեկ աղբյուրի ներքին դիմադրությունը; **բ)** Օհմի օրենքի դիֆերենցիալ տեսքը էլ-ՇՈՒ-ով տեղամասի համար՝ $\vec{j} = \gamma(\vec{E} + \vec{E}^*)$, որտեղ $\vec{E}^*$ -ն կոլումնակի ուժերի դաշտի լարվածությունն է, $\vec{E}$ -ն՝ կուլոնյան ուժերինը, իսկ

$\gamma = 1/\rho$ -ն՝ միջավայրի տեսակարար էլեկտրահաղորդականությունը; **գ)** Գազի դիմադրությունը ջերմաստիճանը բարձրացնելիս մեծանում է; **դ)** Կայծակը գազի ինքնություն պարպման օրինակ է և իրականանում է, երբ օդում էլեկտրական դաշտի լարվածությունը դառնում է $3 \cdot 10^6$ Վ/մ:

3.14. ա) Հոսանքի ուժն էլՇՈՒ հպարունակող տեղամասում ուղիղ համեմատական է տեղամասի լարմանը և հակադարձ համեմատական տեղամասի դիմադրությանը; **բ)** Հաղորդիչ միջավայրում տեղադրված երկու էլեկտրոդների միջև եղած դիմադրությունը՝ $R = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon \rho}{C}$, որտեղ C -ն էլեկտրոդների համակարգի էլեկտրաունակությունն է, որոնց միջև հոսում է հոսանքը, ε -ը՝ միջավայրի դիէլեկտրական թափանցելիությունը; **գ)** R դիմադրությամբ տեղամասում հաստատուն հոսանքի անջատած հզորությունը՝ $N = \frac{U^2}{R}$, որտեղ U -ն այդ տեղամասի լարումն է; **դ)** Համասեռ մետաղական հաղորդչի դիմադրությունը կախված չէ հաղորդչի նյութի տեսակից, այլ կախված է հաղորդչի չափերից և ջերմաստիճանից:

3.15. ա) Վերջավոր t ժամանակամիջոցում $I(t)$ փոփոխական հոսանքի անջատած ջերմաքանակը R դիմադրությամբ տեղամասում՝ $Q = \int_0^t I^2 R dt$; **բ)** Տարբեր նյութերից պատրաստված, միևնույն պարամետրերն ունեցող հաղորդիչներն ունեն նույն դիմադրությունը; **գ)** Ծավալային հաղորդչի $R = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon \rho}{C}$ դիմադրությունը, որը լցնում է երկու էլեկտրոդների միջև եղած տարածությունը, ուղիղ համեմատական այդ միջավայրի ε դիէլեկտրական թափանցելիությանը: C -ն մետաղական էլեկտրոդների համակարգի էլեկտրաունակությունն է, որոնց միջև հոսում է հոսանքը, **դ)** Հաղորդիչների զուգահեռ միացման դեպքում K ընդհանուր էլեկտրահաղորդականությունը կլինի $K = \sum_i K_i$ որտեղ K_i -ն i -րդ հաղորդչի հաղորդականությունն է:

3.16. ա) էլեկտրական հոսանքի խտության հոսքը կամայական փակ մակերևույթով հավասար է միավոր ժամանակամիջոցում այդ մակերեւույթի ներսի ազատ լիցքի նվազմանը՝ $\oint_S \vec{j} d\vec{S} = -\frac{\partial q}{\partial t}$; **բ)** Չճյուղավորված շղթայի համար, որտեղ կա r ներքին դիմադրությամբ մեկ աղբյուր,

Կիրիսիոֆի երկրորդ կանոնը տալիս է $IR+Ir=\varepsilon$, որը Օհմի օրենքն է փակ շղթայի համար; **զ)** Հյուղավորված շղթաների համար Կիրիսիոֆի առաջին կանոնը լիցքի պահպանման օրենքի հետևանք է; **դ)** Հաղորդչի միավոր ծավալից, միավոր ժամանակամիջցում անջատվող ջերմաքանակը (Ջոուլ-Լենցի օրենքի դիֆերենցիալ տեսքը)՝ $w = \frac{1}{\rho} E^2$, որտեղ ρ -ն հաղորդչի տեսակարար դիմադրությունն է, իսկ E -ն՝ էլեկտրական դաշտի լարվածությունը:

3.17. ա) Δt ժամանակամիջոցում հաստատուն հոսանքի ΔA աշխատանքը՝ $\Delta A = I^2 R \Delta t$, որտեղ R -ը տեղամասի դիմադրությունն է, իսկ I -ն՝ տեղամասի հոսանքի ուժը; **բ)** Հաստատուն հոսանքի դեպքում հաղորդչի ներսում ազատ լիցքի ծավալային խտության փոփոխությունը հավասար է զրոյի՝ $\frac{\partial \rho}{\partial t}$; **գ)** Հաղորդչի տեսակարար էլեկտրահաղորդականության միավորն է 1 Սմ/մ , իսկ հոսանքի խտության միավորը՝ 1 Ա/մ^2 ; **դ)** Մետաղով հոսանք անցնելիս, ազատ էլեկտրոններն էլեկտրական դաշտի ազդեցությամբ ձեռք բերած ուղղորդված շարժման կինետիկ էներգիան պարբերաբար հաղորդում են մետաղի դրական իոններին և դրա հետևանքով մետաղը տաքանում է:

3.18. ա) Հոսանքի ուժը հավասար 1 մագնիսական միավորի (1 CGSM), եթե վակուումում իրարից 2 սմ հեռավորության վրա գտնվող երկու անվերջ երկար և անվերջ բարակ հաղորդալարերով անցնելիս նրանցից յուրաքանչյուրի 1 սմ երկարության հատվածի վրա մյուսի կողմից ազդում է 1 դին ուժ: 1 CGSM -ն հանդիսանում է հոսանքի ուժի միավորը ԳՀ-ում; **բ)** Հյուղավորված շղթաների համար Կիրիսիոֆի երկրորդ կանոնը էներգիայի պահպանման օրենքի հետևանք է: **գ)** Անընդհատության հավասարման դիֆերենցիալ տեսքը լիցքերի համար՝ $\text{div} \vec{j} = -\frac{\partial \rho}{\partial t}$, որտեղ ρ -ն ազատ լիցքերի ծավալային խտությունն է, իսկ $\vec{j}$ -ն՝ էլեկտրական հոսանքի խտությունը; **դ)** էլեկտրական դիմադրության U_Z միավորը հիմնական միավորներով արտահայտված ունի հետևյալ տեսքը՝ $1 \text{ Օմ} = = 1(\text{կգ}\cdot\text{մ}^2)/(\text{Ա}^2\cdot\text{վ})$:

3.19. ա) Հաղորդչի միավոր ծավալից միավոր ժամանակամիջոցում անջատվող ջերմաքանակը (Ջոուլ-Լենցի օրենքի դիֆերենցիալ տեսքը)՝ $w =$

$=\vec{E}\vec{j}$, որտեղ $\vec{j}$ -ն հոսանքի խտությունն է, իսկ $\vec{E}$ -ն՝ էլեկտրական դաշտի լարվածությունը; **բ**) Երբ լիցքավորված կոնդենսատորի շրջադիրքները R դիմադրությամբ հաղորդալարով միացվում են իրար, կոնդենսատորը լիցքաթափվում է և լարումը նվազում է հետևյալ օրենքով՝ $U = U_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$, որտեղ $\tau = RC$ -ն՝ շղթայի հաստատունն է; **գ**) էլեկտրական դիմադրության $U\vec{Z}$ միավորը հիմնական միավորներով արտահայտված ունի հետևյալ տեսքը՝ $1\text{Օմ}=1(\text{կգ}^2\cdot\text{մ})/(\text{Ա}^2\cdot\text{վ})$; **դ**) Ջոուլ-Լենցի օրենքը պնդում է, որ հոսանքակիր հաղորդչում անջատված ջերմաքանակը հավասար է հոսանքի ուժի քառակուսու, հաղորդչի դիմադրության և հաղորդչով հոսանքն անցնելու ժամանակամիջոցի արտադրյալին՝ $\Delta Q=I^2 R \Delta t$:

3.20. ա) Տեսասկարար դիմադրության $U\vec{Z}$ միավորը հիմնական միավորներով արտահայտված ունի հետևյալ տեսքը՝ $1\text{Օմ}\cdot\text{մ}=1(\text{կգ}\cdot\text{մ}^3)/(\text{Ա}^2\cdot\text{վ}^3)$; **բ**) Էլեկտրոլիտներում դրական և բացասական ազատ իոններն առաջանում են էլեկտրական դաշտի ազդեցության հետևանքով; **գ**) Էլեկտրոլիտներում ու գազերում դրական և բացասական իոնների ուղղորդված շարժման արագությունն ուղիղ համեմատական է էլեկտրական դաշտի լարվածությանը՝ $\vec{v}_{\pm} = K_{\pm}\vec{E}$, որտեղ $K_{\pm}$ -ը հանդիսանում են դրական և բացասական իոնների շարժունությունները; **դ**) Մաքուր մետաղների դիմադրության ջերմաստիճանային գործակիցը հավասար է $1/273\text{Կ}^{-1}$:

3.21. ա) Տեսասկարար էլեկտրահաղորդականության $U\vec{Z}$ միավորը հիմնական միավորներով արտահայտված ունի հետևյալ տեսքը՝ $1\text{Սմ}/\text{մ}=1(\text{Ա}^2\cdot\text{վ}^3)/(\text{կգ}\cdot\text{մ}^3)$; **բ**) Անդհատության հավասարումը հաստատուն հոսանքի դեպքում՝ $\text{div}\vec{j} = 0$, ինչը նշանակում է, որ հաստատուն հոսանքի գծերը միշտ փակ են; **գ**) Օհմի օրենքն էլեկտրոլիտների համար՝ $\vec{j} = zne(k_+ + k_-)\vec{E} = \gamma\vec{E}$, որտեղ $zn = z_+n_+ = z_-n_-$, $z_{\pm}$ -ը՝ դրական և բացասական իոնների արժեքականությունն է, $n_{\pm}$ -ը՝ դրանց կոնցենտրացիան, $k_{\pm}$ -ը՝ իոնների շարժունությունը; **դ**) Ֆարադեյի առաջին օրենքն էլեկտրոլիզի համար պնդում է, որ էլեկտրոլիզի դեպքում էլեկտրոդի վրա անջատված նյութի զանգվածն ուղիղ համեմատական է էլեկտրոլիտով անցնող q լիցքի քանակին՝ $m=kq$, որտեղ k -ն անջատվող նյութի էլեկտրաքիմիական համարժեքն է:

3.22. ա) Քանի որ գազերի ինքնուրույն պարպման դեպքում ազատ լից-

քերի կոնցենտրացիան կախված է էլեկտրական դաշտի լարվածությունից, ուստի այդ պարամյան ընթացքում հոսանքի խտության կախվածությունը դաշտի լարվածությունից գծային չէ; **բ**) էլեկտրոլիտների և գազերի դիմադրության ջերմաստիճանային գործակիցը բացասական է; **գ**) Լուծույթով էլեկտրական հոսանք անցնելիս էլեկտրոդների վրա նյութի անջատման պրոցեսը, որը պայմանավորված է օքսիդավերականգման ռեակցիաներով, կոչվում է էլեկտրոլիզ; **դ**) Հոսանքի ուժի 1CGSE-ի չափողականությունը, արտահայտված գաուսյան համակարգի հիմնական միավորներով, ունի հետևյալ տեսքը՝ $1q^{1/2}\text{սմ}^{3/2}\cdot\text{վ}^{-2}$:

3.23. ա) Յուրաքնչյուր հաղորդչի համար գոյություն ունի որոշակի $T_{կր}$ կրիտիկական ջերմաստիճան, որից ցածր ջերմաստիճաններում հաղորդիչը գտնվում է գերհաղորդիչ վիճակում; **բ**) Դրական (բացասական) իոնի $k_{\pm}$ շարժունությունը մեծությամբ հավասար է այն արագությանը, որը ձեռք է բերում իոնն էլեկտրական դաշտի 1Վ/մ լարվածության դեպքում; **գ**) Աղբյուրի էլՇՈՒ-ի ՄՀ միավորը հիմնական միավորներով արտահայտված ունի հետևյալ տեսքը՝ $[\varepsilon] = 1(\text{կգ}\cdot\text{մ}^2)/(\text{Ս}^2\cdot\text{վ}^3)$; **դ**) Մետաղով հոսանք անցնելիս, մեծ կինետիկ էներգիա ձեռք բերած էլեկտրոնները դուրս են գալիս մետաղից և իրենց էներգիան հաղորդում են շրջապատող միջավայրի մասնիկներին, որի հետևանքով միջավայրի ջերմաստիճանը բարձրանում է:

3.24. ա) 1 Օմ-ը այն հաղորդչի դիմադրությունն է, որի ծայրերին 1Վ լարում կիրառելիս նրանով կանցնի 1Ա հոսանք: **բ**) Փակ շղթայում հոսանքի ուժի առավելագույն արժեքին անվանում են կարճ միացման հոսանքի ուժ՝ $I_{max} \approx \frac{\varepsilon}{n}$, որտեղ ε -ը աղբյուրի էլՇՈՒ-ն է, իսկ n -ը՝ ներքին դիմադրությունը; **գ**) էլեկտրոլիտների վոլտ-ամպերային բնութագիծն ուղիղ գիծ է; **դ**) Աղերի, ալկալիների և թթուների ջրային լուծույթները, ինչպես նաև աղերի և ալկալիների հալույթները հոսանքի հաղորդիչներ են:

3.25. ա) էլեկտրական հոսանքը գազերում պայմանավորված է դրական ու բացասական իոնների և ազատ էլեկտրոնների ուղղորդված շարժմամբ; **բ**) Մետաղյա հաղորդիչների վոլտամպերային բնութագիծն ուղիղ գիծ է; **գ**) Իոնի $k_{\pm}$ շարժունության չափողականությունը ՄՀ հիմնական

միավորներով արտահայտված ունի հետևյալ տեսքը $[k_{\pm}] = 1(U_0 v^2)/\eta$; **դ)** Երբ կոնդենսատորը միացվում է U_0 հաստատուն լարման աղբյուրին, ապա նրա վրա լարումն աճում է հետևյալ օրենքով՝ $U = U_0(1 - e^{-t/\tau})$, որտեղ $\tau = RC$ -ն՝ շղթայի հաստատունն է:

3.26. ա) Հոսանքի ուժի գաուսյան համակարգի միավորը՝ 1CGSM_J -ն հավասար է $10U_0$ -ի ($1\text{CGSM}_J = 10U_0$); **բ)** Երբ C ունակությամբ կոնդենսատորը R դիմադրություն ունեցող հաղորդալարով միացվում է U_0 հաստատուն լարման աղբյուրին, ապա այդ շղթայում հոսանքը կվազի $I = \frac{U_0}{R} e^{-t/RC}$ օրենքով; **գ)** Մետաղների դիմադրության ջերմաստիճանային գործակիցը դրական է, իսկ մյուս հաղորդիչներինը՝ բացասական; **դ)** Էլեկտրոն լիտներում բացասական իոններով պայմանավորված հոսանքն ունի դրական իոնների ստեղծած հոսանքի հակառակ ուղղությունը:

3.27. ա) Եթե քառաբժեք կիսահաղորդչի բյուրեղային ցանցի մեջ ներմուծվեն եռաբժեք նյութի ատոմներ, ապա դրանցից յուրաքանչյուրը կիսահաղորդչի ատոմներից կպոկի մեկական էլեկտրոն, որի հետևանքով բյուրեղում կստեղծվեն լրացուցիչ ազատ էլեկտրոններ և այդպիսի խառնուրդային կիսահաղորդչում ազատ էլեկտրոնների կոնցենտրացիան էապես կգերազանցի դրական խոռոչների կոնցենտրացիային և էլեկտրահաղորդականությունը հիմնականում պայմանավորված կլինի էլեկտրոններով: Սրանց անվանում են n -տիպի կիսահաղորդիչներ; **բ)** Այն լարումը, որի դեպքում առաջանում է ինքնուրույն գազապարպում, կոչվում է ծակման կամ բռնկման լարում; **գ)** Ըստ մետաղների էլեկտրահաղորդականության դասական տեսության, մետաղների տեսակարար դիմադրությունն ուղիղ համեմատական է բացարձակ ջերմաստիճանին՝ $\rho \sim T$; **դ)** Եթե հոսանքի աղբյուրին միացած արտաքին փակ շղթան ունի տարբեր մետաղալարերի երկու զոդվածք, ապա այդ զոդվածքների ջերմաստիճանները կլինեն իրարից տարբեր (Պելտիեի երևույթ):

3.28. ա) Ըստ մետաղների էլեկտրահաղորդականության դասական տեսության, մետաղների տեսակարար դիմադրությունն ուղիղ համեմատական է բացարձակ ջերմաստիճանի քառակուսի արմատին՝ $\rho \sim \sqrt{T}$; **բ)** Հաղորդիչների զուգահեռ միացման դեպքում լարումը բոլոր հաղոր-

դիչների ծայրերում միևնույն է, իսկ հոսանքի ուժը շրթայի չճյուղավորված մասում հավասար է առանձին ճյուղերով անցնող հոսանքի ուժերի գումարին; **զ)** Աղբյուրի էլեկտրաշարժ ուժն ուղիղ համեմատական է աղբյուրի կողմից q լիցքը փակ կոնտուրով տեղափոխելու աշխատանքին և հակադարձ համեմատական է տեղափոխվող լիցքին՝ $\varepsilon=A/q$; **դ)** Այն միջավայրը, որի մի կեսը հաղորդիչ է, իսկ մյուս կեսը դիէլեկտրիկ, կոչվում է կիսահաղորդիչ:

3.29. ա) Հաղորդիչների հաջորդական միացման դեպքում բոլոր հաղորդիչներում հոսանքի ուժը նույնն է, իսկ ամբողջ տեղամասի լարումը հավասար է առանձին հաղորդիչների վրա եղած լարման անկումների գումարին; **բ)** Մաքուր կիսահաղորդիչների էլեկտրահաղորդականությունը պայմանավորված է ազատ էլեկտրոններով, որոնց կոնցենտրացիան ջերմաստիճանի աճին զուգընթաց արագորեն աճում է; **գ)** Քանի որ գազի մոլեկուլների ազատ վազքի երկարությունը մի քանի կարգով մեծ է հեղուկի մոլեկուլների ազատ վազքի երկարությունից, ուստի գազի իոնների շարժունություններն էլ մի քանի կարգով մեծ են էլեկտրոլիտի իոնների շարժունություններից; **դ)** Մետաղներում ազատ էլեկտրոնների ուղղորդված շարժման արագությունը համընկնում է էլեկտրական հոսանքի տարածման արագության հետ:

3.30. ա) Ֆարադեյի էլեկտրոլիզի $m=kq$ օրենքից ունենք $k=m/q$, ինչը նշանակում է, որ նյութի էլեկտրաքիմիական համարժեքն ուղիղ համեմատական է էլեկտրոդների վրա անջատված նյութի m զազվածին և հակադարձ համեմատական է էլեկտրոլիտով անցնող q լիցքի քանակին; **բ)** Բոլոր մետաղների ջերմահաղորդականության և էլեկտրահաղորդականության գործակիցների հարաբերությունը հավասար է միևնույն հաստատունը բազմապատկած բացարձակ ջերմաստիճանով; **գ)** Հոսանքի ուժի 1CGSE , միավորի չափողականության հարաբերությունը հոսանքի ուժի 1CGSM , միավորի չափողականությանը հավասար է 1սմ/վ ; **դ)** Գազում ինքնուրույն պարպումը սկսում է այն լարման դեպքում, երբ էլեկտրոններն իրենց ազատ վազքի երկարության վրա ձեռք են բերում ատոմն իոնացնելու համար անհրաժեշտ կինետիկ էներգիա:

3.31. ա) Բոլոր մետաղների ջերմահաղորդականության և էլեկտրահա-

դորդականության գործակիցների հարաբերությունը նույնն է, որի հետևանքով մետաղները նաև ջերմության լավ հաղորդիչներ են; **բ)** Մետաղների ներսում էլեկտրական դաշտը հաստատուն պահելու դեպքում ազատ էլեկտրոնների ուղղորդված շարժման միջին արագությունը չի փոխվում այն բանի շնորհիվ, որ դրանք անընդհատ բախվում են տարածական ցանցի հանգույցներում ամրացված դրական իոնների հետ և նրանց փոխանցում ձեռք բերած ուղղորդված շարժման կինետիկ էներգիան; **գ)** Աղբյուրի էլՇՈՒ-ն թվապես հավասար է այն աշխատանքին, որը կատարում է հոսանքի աղբյուրը $q=1$ Կլ դրական լիցքն աղբյուրի բացասական բևեռից դրական բևեռ տեղափոխելիս; **դ)** Ֆարադեյի երկրորդ օրենքն էլեկտրոլիզի համար պնդում է, որ նյութի k էլեկտրաքիմիական համարժեքն ուղիղ համեմատական է քիմիական համարժեքին՝ $\frac{1}{F} M/z$, որտեղ $F = N_A e$ -ն Ֆարադեյի հաստատունն է, M -ը՝ անջատվող նյութի մոլային զանգվածը, N_A -ն՝ Ավոգադրոյի հաստատունը, z -ը՝ անջատվող նյութի արժեքականությունը:

3.32. ա) Երբ միջավայրում միմյանց նկատմամբ հակառակ ուղղություններով շարժվող դրական և բացասական լիցքավորված մասնիկների ուղղորդված շարժում կա, ապա երկու նշանի լիցքերի ստեղծած հոսանքներն էլ ունեն նույն ուղղությունը՝ էլեկտրական դաշտի ուղղությունը; **բ)** Հոսանքի ուժը փակ շղթայում հավասար է հոսանքի աղբյուրի էլեկտրաշարժ ուժի և շղթայի լրիվ դիմադրության հարաբերությանը՝ $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$; **գ)** Նյութի էլեկտրաքիմիական հաստատունի չափման միավորը հանդիսանում է 1կգ/Կլ; **դ)** Կիսահաղորդիչների γ էլեկտրահաղորդականությունը սենյակային ջերմաստիճանում միջանկյալ դիրք է գրավում դիէլեկտրիկների և մետաղների էլեկտրահաղորդականությունների նկատմամբ և այն ընկած է $10^6 \div 10^{-8}$ Սմ/մ միջակայքում:

3.33. ա) Դիէլեկտրիկների γ էլեկտրահաղորդականությունը ընկած է $10^{-8} \div 10^{-18}$ Սմ/մ միջակայքում: **բ)** Հոսանքը միջավայրում ունի դրական լիցքավորված մասնիկների շարժման ուղղությունը, կամ բացասական մասնիկների շարժման հակառակ ուղղությունը; **գ)** $I=U/R$ Օհմի օրենքից հետևում է, որ մետաղական հաղորդչի դիմադրությունն ուղիղ համեմատական է դրա վրա կիրառված լարմանը և հակադարձ համեմատա-

կան է դրանով անցնող հոսանքի ուժին՝ $R=U/I$; **դ)** Մետաղներում ազատ էլեկտրոնների ուղղորդված շարժման արագությունը մոտ 1 մմ/վ է, իսկ հոսանքի տարածման արագությունը մոտ $3 \cdot 10^8\text{ մ/վ}$:

3.34. ա) Էլեկտրոլիտների իոնի լիցքի մեծությունը հավասար է տարրական լիցքի մեծության և վալենտականության (արժեքականության) արտադրյալին, իսկ իոնացած գազերի իոնի լիցքի մոդուլը հավասար է մեկ տարրական լիցքի; **բ)** Մետաղների տեսակարար դիմադրության $\rho = \frac{2m_e \bar{v}}{ne^2 l}$ արտահայտությունից հետևում է, որ միավորների ԳՀ-ում այն ունի ժամանակի չափայնություն՝ $[\rho]=1\text{վ}$; **գ)** Քանի որ էլեկտրոլիտների և գազերի իոնների ուղղորդված շարժման արագությունն ուղիղ համեմատական է էլեկտրական դաշտի լարվածությանը՝ $\vec{v}_{\pm} = k_{\pm} \vec{E}$, ուստի իոնների $k_{\pm}$ շարժունության միավորը կլինի՝ $1\text{մ}/(\text{Վ.վ})$; **դ)** Շատ փոքր ներքին դիմադրությամբ օժտված էլեկտրական էներգիայի աղբյուրին անվանում են լարման աղբյուր, քանի որ այս դեպքում արտաքին տեղամասի լարումը միշտ հավասար է աղբյուրի էլՇՈՒ-ին՝ $U_R \approx \varepsilon$:

3.35. ա) Ծավալային հաղորդչի դիմադրությունը, որը լցնում է երկու էլեկտրոդների միջև եղած տարածությունը՝ $R = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon \rho}{C}$ կախված չէ դիէլեկտորական թափանցելիությունից, քանի որ մետաղական էլեկտրոդների համակարգի C էլեկտրաունակությունն ուղիղ համեմատական է այդ միջավայրի ε դիէլեկտրական թափանցելիությանը; **բ)** Գազերի ինքնուրույն պարպման դեպքում ազատ լիցքավորված մասնիկների կոնցենտրացիան կախված է էլեկտրական դաշտի լարվածությունից; **գ)** Շատ մեծ ներքին դիմադրությամբ օժտված էլեկտրական էներգիայի աղբյուրին անվանում են հոսանքի աղբյուր, քանի որ այս դեպքում արտաքին տեղամասի հոսանքը միշտ հավասար է աղբյուրի էլՇՈՒ-ի և ներքին r դիմադրության հարաբերությանը՝ $I \sim \varepsilon/r$; **դ)** Քանի որ մետաղներում և էլեկտրոլիտներում ազատ լիցքերի կոնցենտրացիան կախված չէ էլեկտրական դաշտի լարվածությունից, ուստի դրանցում (հաստատուն ջերմաստիճանի դեպքում) հոսանքի խտության կախվածությունը դաշտի լարվածությունից գծային է:

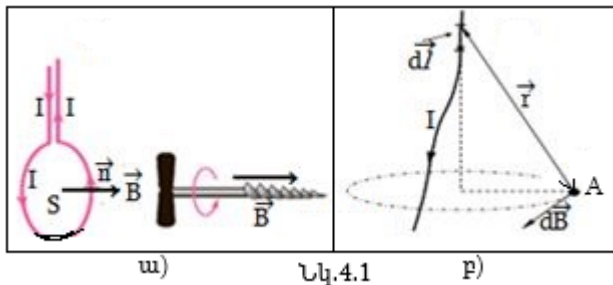
§4. Հաստատուն հոսանքի մագնիսական դաշտը

Հիմնական հասկացություններ և բանաձևեր

1. Մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի ուղղությունը և մոդուլը

• Մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի ուղղությունը.

Մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի ունի դաշտում տեղադրված հոսանքակիր ազատ կոնտուրի դրական նորմալի ուղղությունը, երբ այն գտնվում է կայուն հավասարակշռության վիճակում (Նկ.4.1ա):



• Մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի մոդուլը.

Մագնիսական դաշտում տեղադրված հոսանքակիր կոնտուրի վրա դաշտի կողմից ազդող պտտող մոմենտի առավելագույն արժեքի հարաբերությունը՝ կոնտուրի հոսանքի ուժի և մակերեսի արտադրյալին, անվանում են մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի մոդուլը.

$$|\vec{B}| = \frac{M_{max}}{IS}. \quad (4.1)$$

(4.1)-ից հետևում է, որ մագնիսական ինդուկցիայի միավորը ՄՀ-ում կլինի $1 \frac{\text{Ն}\cdot\text{մ}}{\text{Ա}\cdot\text{մ}^2}$, որին անվանում են 1տեսլա՝ $1\text{Տլ} = 1 \frac{\text{Ն}\cdot\text{մ}}{\text{Ա}\cdot\text{մ}^2}$. Նկատի ունենալով, որ $1\text{Ն}=10^3\text{դին}$, $1\text{Ա}=0,1\text{CGSM}_I$, $1\text{մ}=10^2\text{սմ}$, կունենանք $1\text{Տլ} = 10^4 \frac{\text{դին}\cdot\text{սմ}}{\text{CGSM}_I\cdot\text{սմ}^2}$:

$1 \frac{\text{դին}\cdot\text{սմ}}{\text{CGSM}_I\cdot\text{սմ}^2}$ մեծությունը հանդիսանում է ինդուկցիայի միավորը ԳՀ-ում, որին անվանում են 1գաուս՝ $1\text{Գս} = 10^4\text{Գս}$:

2. Բիո-Սավար-Լապլասի օրենքը

Գծային հոսանքի $Id\vec{l}$ տարրի ստեղծած մագնիսական դաշտի $d\vec{B}$ ին-

դուկցիան, այդ տարրից $\vec{r}$ -ով տրվող կետում (Նկ.4.1բ), տրվում է (4.2) արտահայտությամբ, որին անվանում են Բիո-Սավար-Լապլասի օրենք՝

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{Id\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}, \quad (4.2)$$

որտեղ $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Հն/մ մեծությունը կոչվում է մագնիսական հաստատուն:

• **Ծավալային հոսանքի տարրի ստեղծած մագնիսական դաշտի ինդուկցիան.**

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{j \times \vec{r}}{r^3} dV, \quad (4.3)$$

որտեղ $d\vec{B}$ -ն $j dV$ ծավալային հոսանքի տարրի ստեղծած մագնիսական ինդուկցիան է այդ տարրից $\vec{r}$ -ով տրվող կետում: Միավորների ԳՀ-ում՝ $d\vec{B} = \frac{1}{c} \frac{j \times \vec{r}}{r^3} dV$, որտեղ c -ն կոչվում է էլեկտրադինամիկական հաստատուն՝ $c = 3 \cdot 10^{10}$ սմ/վ:

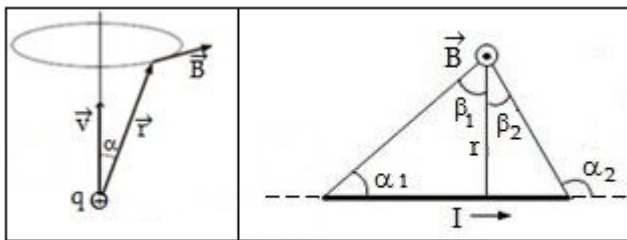
3. Ոչ ռելյատիվիստական արագությամբ հավասարաչափ շարժվող կետային լիցքի ստեղծած մագնիսական ինդուկցիան.

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q\vec{v} \times \vec{r}}{r^3} = \mu_0 \varepsilon_0 \vec{v} \times \vec{E} = \frac{1}{c^2} \vec{v} \times \vec{E}, \quad (4.4)$$

որտեղ q -ն մասնիկի էլեկտրական լիցքն է, $\vec{v}$ -ն՝ դրա արագությունը, $\vec{E}$ -ն՝ q լիցքի էլեկտրական դաշտի լարվածությունը $\vec{r}$ շառավիղ-վեկտորով կետում (Նկ.4.2ա): Միավորների ԳՀ-ում՝ $\vec{B} = \frac{1}{c} \frac{q\vec{v} \times \vec{r}}{r^3} = \frac{1}{c} \vec{v} \times \vec{E}$:

Ռելյատիվիստական արագության դեպքում՝ $\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q(\vec{v} \times \vec{r}) \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)}{r^3 (1 - v^2 \sin^2 \alpha / c^2)^{3/2}}$,

իսկ $\vec{E} = \frac{q \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) \vec{r}}{4\pi \varepsilon_0 r^3 (1 - v^2 \sin^2 \alpha / c^2)^{3/2}}$ և նորից $\vec{B} = \frac{1}{c^2} \vec{v} \times \vec{E}$:



ա)

Նկ.4.2

բ)

4. Վերադարձնան սկզբունքը մագնիսական դաշտի համար

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

որտեղ $\vec{B}_1, \vec{B}_2, \dots$ -ը համակարգի առանձին շարժվող լիցքի կամ հոսանքի ստեղծած մագնիսական ինդուկցիան է դիտարկվող կետում, $\vec{B}$ -ն՝ արդյունարար դաշտի ինդուկցիան:

5. Մագնիսական դաշտի լարվածությունը

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0}: \quad (4.5)$$

Այստեղ $\vec{B}$ -ն դաշտի ինդուկցիան է միջավայրի բացակայության դեպքում՝ $\vec{B} = \vec{B}_0$: Մագնիսական դաշտի լարվածության միավորը ՄՀ-ում 1Ա/մ, իսկ միավորների ԳՀ-ում՝ 1էրստեդը:

$$1 \frac{\text{Ա}}{\text{մ}} = 4\pi \cdot 10^{-3} \text{ էրստ}, \text{ իսկ } \vec{H} = \vec{B}:$$

6. Որոշ հոսանքակիր հաղորդալարերի մագնիսական դաշտերի ինդուկցիան

- Ուղիղ հոսանքակիր լարի մագնիսական դաշտի ինդուկցիան.

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r} (\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2) = \frac{\mu_0 I}{4\pi r} (\sin\beta_1 + \sin\beta_2), \quad (4.6)$$

որտեղ $r, \beta_1, \beta_2, \alpha_1, \alpha_2$ -ը ցույց են տրված Նկ.4.2բ-ում:

- Անվերջ երկար ուղիղ լարի դաշտի ինդուկցիան.

$$(\text{Նկ.4.2բ-ում } \beta_1 = \beta_2 = 90^\circ):$$

$$B = \frac{\mu_0 2I}{4\pi r}: \quad (4.7)$$

Միավորների ԳՀ-ում՝

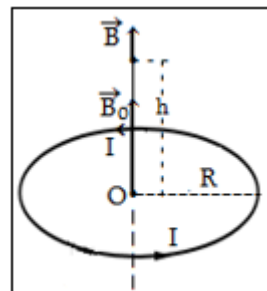
$$B = \frac{1}{c} \frac{2I}{r}:$$

- Օղակաձև հոսանքի դաշտի մագնիսական ինդուկցիան դրա առանցքի կետերում (Նկ.4.3)՝

$$B = \frac{\mu_0 I R^2}{2(R^2 + h^2)^{3/2}}, \quad (4.8)$$

որտեղ R -ը օղակի շառավիղն է, h -ը՝ դիտարկվող կետի հեռավորությունը օղակի կենտրոնից, I -ն՝ հոսանքի ուժը: Օղակի կենտրոնում

$$(h=0) \quad B_0 = \frac{\mu_0 I}{2R}: \quad (4.8a)$$



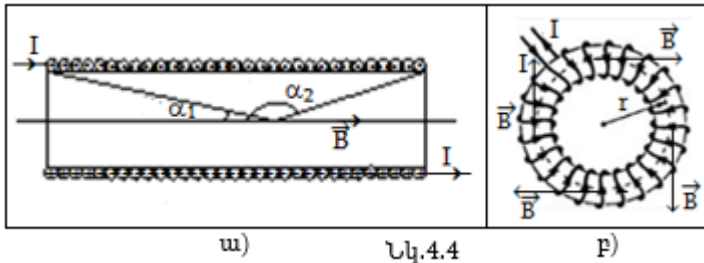
Նկ.4.3

- R շառավղով շրջանին ներգծած հոսանքակիր կանոնավոր բազմանկյան մագնիսական դաշտի ինդուկցիան դրա առանցքի կետերում՝

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{R^2 N \sin \frac{2\pi}{N}}{\left(R^2 \cos^2 \frac{\pi}{N} + h^2\right) \sqrt{R^2 + h^2}}, \quad (4.9)$$

որտեղ N-ը բազմանկյան կողմերի թիվն է: Երբ $N \rightarrow \infty$, կունենանք (4.8) բանաձևը:

- **Սոլենոիդի մագնիսական դաշտի ինդուկցիան դրա առանցքի կետերում.**



$$B = \frac{\mu_0}{2} I n (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2), \quad (4.10)$$

որտեղ n-ը սոլենոիդի միավոր երկարության գալարների թիվն է, իսկ α_1 և α_2 անկյունները՝ առանցքի և դիտարկվող կետը սոլենոիդի հիմքի եզրերին միացնող ուղիղների կազման անկյուններն են (Նկ.4.4ա):

Միավորների ԳՀ-ում՝ $B = \frac{2\pi}{c} I n (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)$:

- Անվերջ երկար սոլենոիդի դաշտը ($\alpha_1 = 0^\circ, \alpha_2 = 180^\circ$).

$$B = \mu_0 I n: \quad (4.11)$$

- Տորոիդի (տորի, Նկ.4.4բ) մագնիսական դաշտի ինդուկցիան, նրա ներսի միջնագծի կետերում.

$$B = \mu_0 I n: \quad (4.11ա)$$

Տորի դրսում մագնիսական դաշտը բացակայում է, իսկ ներսում դաշտը անհամասեռ է:

7. Մագնիսական հոսք և ինդուկտիվություն

- Համասեռ դաշտի մագնիսական հոսքը հարթ մակերեսով.

$$\Phi = B S \cos \alpha, \quad (4.12)$$

որտեղ α -ն հարթության դրական նորմալով և մագնիսական ինդուկցիայով կազմված անկյունն է: Մագնիսական հոսքի միավորը ՄՀ-ում 1 վեբերն է՝ $1 \text{ Վբ} = 1 \text{ Տլ} \cdot \text{մ}^2$, իսկ միավորների ԳՀ-ում՝ 1 մաքսվելը:

$$1 \text{ Մաքս} = 1 \text{ Գս} \cdot \text{սմ}^2: \quad 1 \text{ Վբ} = 10^8 \text{ Մաքս}$$

- **Ընդհանուր դեպքում.**

$$\Phi = \int_S \vec{B} d\vec{S}: \quad (4.13)$$

- **Կոնտուրով անցնող I հոսանքի ստեղծած մագնիսական հոսքն այն կամայական մակերևույթով, որի եզրը տվյալ կոնտուրն է.**

$$\Phi = LI, \quad (4.14)$$

որտեղ L -ը կոնտուրի ինդուկտիվությունն է: Միավորների ԳՀ-ում՝ $\Phi = \frac{1}{c} LI$, որտեղ c -ն էլեկտրադինամիկական հաստատունն է: Միավորների ՄՀ-ում ինդուկտիվության միավորը 1 հենրին է՝ $1 \text{ Հն} = 1 \frac{\text{Վբ}}{\text{Ա}}$, միավորների ԳՀ-ում՝ 1 սմ-ը: Սա 1 սմ շառավղով բարակ մետաղե գալարի ինդուկտիվությունն է: $1 \text{ Հն} = 10^9$ սմ:

- **Երկար սղենոիդի և տորոիդի ինդուկտիվությունը.**

$$L = \mu_0 n^2 V, \quad (4.15)$$

որտեղ n -ը ունի նույն իմաստը, ինչ (4.10)-ում, V -ն սղենոիդի (տորոիդի) ներսի ծավալն է:

8. Մագնիսաստատիկայի հիմնական հավասարումների ինտեգրալ և դիֆերենցիալ տեսքերը

- **Գաուսի թեորեմը.**

$$\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0; \quad \text{div} \vec{B} = 0, \quad (4.16)$$

որտեղ $\oint_S \vec{B} d\vec{S}$ -ը մագնիսական ինդուկցիայի հոսքն է կամայական S փակ մակերևույթով, $\text{div} \vec{B}$ -ն՝ $\vec{B}$ վեկտորի դիվերգենցիան: (4.16)-ը ճիշտ է նաև ոչ ստատիկ մագնիսական դաշտի համար, որից հետևում է նաև, որ մագնիսական ինդուկցիայի գծերը միշտ փակ են: $\text{div} \vec{B} = 0$ հավասարումից հետևում է, որ $\vec{B} = \text{rot} \vec{A}$, որտեղ $\vec{A}$ -ին անվանում են մագնիսական դաշտի վեկտոր-պոտենցիալ:

- **Շրջապատույթի թեորեմը մագնիսական ինդուկցիայի համար (լրիվ հոսանքի օրենքը).**

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \sum I_i = \mu_0 I = \mu_0 \int_S \vec{j} d\vec{S}; \quad \text{rot} \vec{B} = \mu_0 \vec{j}, \quad (4.17)$$

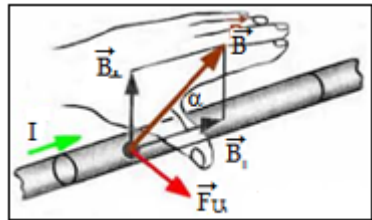
որտեղ $\oint \vec{B} d\vec{l}$ -ը վեկտորի շրջապտույտն է կամայական l փակ կոնտուրով, I_i -ն կոնտուրով ընդգրկված հոսանքի ուժը: Ընդունվում է $I_i > 0$, եթե հոսանքի ուղղությունը կոնտուրի շրջանցման ուղղության հետ կապված է աջ պտուտակի կանոնով, հակառակ դեպքում՝ $I_i < 0$: $\vec{j}$ -ն հոսանքի խտությունն է, $\int_S \vec{j} d\vec{S}$ -ը՝ ինտեգրալ է S մակերևույթով, որի եզրը l կոնտուրն է, $\text{rot} \vec{B}$ -ն $\vec{B}$ վեկտորի ռոտորը (մրրիկը): (4.17) բանաձևը ճիշտ է միայն ստատիկ դաշտի համար:

9. Ամպերի ուժը

- **Համասեռ մագնիսական դաշտում տեղադրված ուղիղ հոսանքակիր հաղորդալարի վրա ազդող ուժը.**

$$F_U = BIl \sin \alpha, \quad (4.18)$$

որտեղ I -ն հոսանքի ուժն է, l -ը՝ հաղորդալարի երկարությունը, α -ն՝ հոսանքի ուղղության և մագնիսական ինդուկցիայի կազմած անկյունը



Նկ.4.5

(Նկ.4.5): Առավել հաճախ մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի մոդուլը սահմանափակում են (4.18) արտահայտության միջոցով՝ $B = \frac{F_{\text{մաք.}}}{Il}$: Հետևաբար $1 \text{ T} = 1 \frac{\text{N}}{\text{A} \cdot \text{m}}$:

- **Կամայական հոսանքակիր հաղորդալարի վրա ազդող ուժն անհամասեռ մագնիսական դաշտում.**

$$d\vec{F}_U = I d\vec{l} \times \vec{B}; \quad \vec{F}_U = \int_l I d\vec{l} \times \vec{B}; \quad \vec{F}_U = \int_l \vec{j} \times \vec{B} dV: \quad (4.19)$$

Միավորների ԳՀ-ում՝ $\vec{F}_U = \frac{1}{c} \int_l \vec{j} \times \vec{B} dV$:

- **Համասեռ մագնիսական դաշտում տեղադրված կորագիծ հոսանքակիր հաղորդալարի վրա ազդող ուժը.**

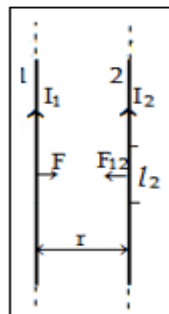
$$\vec{F}_U = I(\vec{l} \times \vec{B}),$$

որտեղ $\vec{l}$ -ը կորագիծ հաղորդալարի a սկիզբը և b վերջը միացնող վեկտորն է:

- Դրաք զուգահեռ, երկու անվերջ երկար և անվերջ բարակ ուղիղ հոսանքակիր հաղորդալարերի փոխազդեցության ուժը (Նկ.4.6).

$$F_{12} = \frac{\mu_0}{2\pi r} I_1 I_2 l_2, \quad (4.20)$$

F_{12} -ը 1 հաղորդչի կողմից 2 հաղորդչի l_2 երկարության հատվածի վրա ազդող ուժն է: 1Ա-ի սահմանումից հետևում է, որ $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Հն/մ: Միավորների ԳՀ-ում վերցվում է $F_{12} = \frac{2I_1 I_2}{r} l_2$ և սահմանվում հոսանքի մագնիսական միավորը՝ 1CGSM:

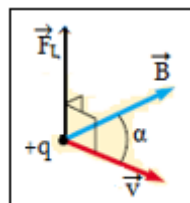


Նկ.4.6

10. Լորենցի ուժը՝ մագնիսական դաշտում շարժվող լիցքավորված մասնիկի վրա ազդող ուժը.

$$\vec{F}_L = q\vec{v} \times \vec{B}; \quad F_L = |q|vB\sin\alpha, \quad (4.21)$$

որտեղ $\vec{F}_L$ -ը q լիցքի վրա ազդող ուժն է, որը $\vec{v}$ արագությամբ շարժվում է $\vec{B}$ ինդուկցիայով մագնիսական դաշտում, α -ն՝ $\vec{v}$ -ի և $\vec{B}$ -ի կազմած անկյունը (Նկ.4.7): Միավորների ԳՀ-ում՝ $\vec{F}_L = \frac{1}{c} q\vec{v} \times \vec{B}$: Լորենցի ուժը փոխում է միայն մասնիկի արագության ուղղությունը, իսկ մեծությունը չի փոխում:



Նկ.4.7

Որոշ դեպքերում մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի մոդուլը սահմանում են (4.21) բանաձևով՝ $B = \frac{F_{\text{մագ.}}}{q v}$: Հետևաբար 1Տլ=1 $\frac{\text{Ն}}{\text{Ա.մ/վ}}$: Հեշտ է նկատել, որ $1 \frac{\text{Ն}}{\text{Ա.մ/վ}} = 1 \frac{\text{Ն}}{\text{Ա.մ}} = 1 \frac{\text{Ն.մ}}{\text{Ա.մ}^2} = 1\text{Տլ}$:

- Լիցքավորված մասնիկի շարժումը համասեռ մագնիսական դաշտում.

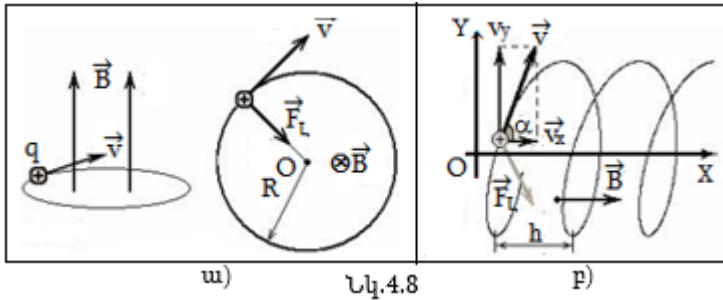
ա) Մասնիկի $\vec{v}$ արագությունն ուղղահայաց է $\vec{B}$ -ին (Նկ.4.8ա):

Մասնիկը $T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$ պարբերությամբ կամ $\omega = \frac{qB}{m}$ անկյունային հաճախությամբ հավասարաչափ պտտվում է $R = \frac{mv}{qB}$ շառավղով շրջանագծով:

բ) Մասնիկի $\vec{v}$ արագությունն α անկյուն է կազմում $\vec{B}$ -ի հետ (Նկ.4.8բ):

Մասնիկը հավասարաչափ շարժվում է $h = v_x T = \frac{2\pi m}{qB} v \cos\alpha$ քայլ ունե-

ցող գալարագծով, որի գալարի շառավիղը՝ $R = \frac{mv_y}{qB} = \frac{mvsin\alpha}{qB}$, իսկ գալարով պտտվելու պարբերությունը՝ $T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$:

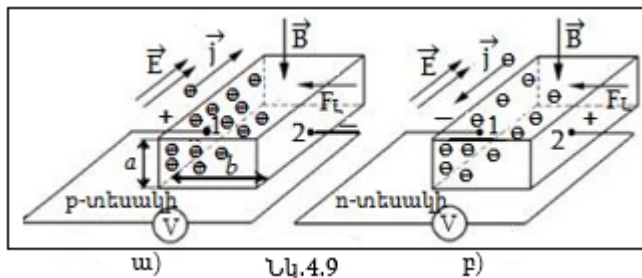


11. Հոլի երևույթը

Եթե ուղղանկյուն լայնական հատույթ ունեցող ժապավենը, որով անցնում է հաստատուն հոսանք, տեղադրվի ժապավենին ուղղահայաց մագնիսական դաշտում (Նկ.4.9), ապա հոսանքակիրները Լորենցի ուժի ազդեցությամբ կշեղվեն դեպի ժապավենի կողմնային նիստերից մեկը և ժապավենի կողմնային նիստերի միջև կառաջանա լարում: Այդ լարմանն անվանում են Հոլի լարում, իսկ երևույթին՝ Հոլի երևույթ: Եթե հոսանքակիրներն ունեն դրական լիցք (Նկ.4.9ա, p-տեսակի կիսահաղորդիչ), ապա 1 նիստը կունենա դրական, իսկ 2-ը՝ բացասական լիցք: Եթե հոսանքակիրներն ունեն բացասական լիցք (մետաղներ, n-տեսակի կիսահաղորդիչներ, Նկ.4.9բ), ապա 1 նիստը կունենա բացասական, իսկ 2-ը՝ դրական լիցք:

- Հոլի լարումը.

$$U_{12} = RjBb, \quad (4.22)$$



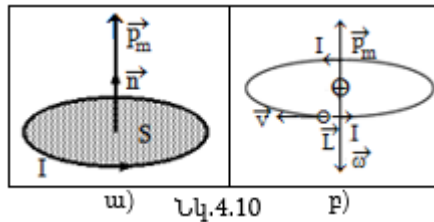
որտեղ $R = \frac{1}{ne}$ հաստատունը կոչվում է Հոլի հաստատուն, n -ը հոսանքակիրների կոնցենտացիան է, e -ն՝ տարրական լիցքը: $j = \frac{I}{ab}$ -ն հոսանքի խտությունն է, B -ն՝ մագնիսական դաշտի ինդուկցիան, b -ն՝ ժապավենի լայնությունը:

12. Մագնիսական մոմենտ, դրա վարքը մագնիսական դաշտում

• Հոսանքակիր կոնտուրի մագնիսական մոմենտը (Նկ.4.10ա).

$$\vec{p}_m = IS\vec{n}, \quad (4.23)$$

որտեղ I -ն կոնտուրի հոսանքի ուժն է, S -ը՝ կոնտուրի մակերեսը, $\vec{n}$ -ը՝ կոնտուրի մակերեսի նորմալն է, որի ուղղությունը հոսանքի ուղղության հետ կապված է աջ պտուտակի կանոնով: Հոսանքակիր ազատ կոնտուրը մագնիսական դաշտում կողմնորոշվում է այնպես, որ դրա դրական նորմալն ուղղված լինի դաշտի ուղղությամբ:



Միավորների ԳՀ-ում՝ $\vec{p}_m = \frac{1}{c} IS\vec{n}$:

• Էլեկտրոնի ուղեծրային և սեփական մագնիսական մոմենտները.

ա) ատոմի միջուկի շուրջը փակ ուղեծրով էլեկտրոնի պտույտով (Նկ.4.10բ) պայմանավորված է հոսանք, որի մագնիսական մոմենտը կլինի՝

$$\vec{p}_m = \frac{e}{2m} \vec{L}, \quad (4.24)$$

որտեղ L -ը՝ էլեկտրոնի իմպուլսի մոմենտն է (մեխանիկական մոմենտ-տը): Այսպիսով, ատոմի էլեկտրոնի p_m ուղեծրային մագնիսական մոմենտի հարաբերությունը նրա մեխանիկական մոմենտին հաստատուն մեծություն է՝

$$\frac{p_m}{L} = \frac{e}{2m} = g, \quad (4.25)$$

որտեղ g -ն կոչվում է մագնիսահոլակային (գիրոմագնիսական) հաստատուն:

p) Էլեկտրոնն ունի նաև $L_s = \frac{1}{2}\hbar$ սեփական մեխանիկական մոմենտ (սպին), որտեղ $\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,05 \cdot 10^{-34}$ Ջվ՝ Պլանկի հաստատունն է: Այս մեխանիկական մոմենտով պայմանավորված մագնիսական մոմենտը կլինի՝ $p_s = \frac{eh}{2m} = 0,927 \cdot 10^{-23}$ Ջ/Տլ: Այս մագնիսական մոմենտին անվանում են Բորի մագնետոն՝ $\mu_p = \frac{eh}{2m}$: Դժվար չէ նկատել, որ սպինային մագնիսական մոմենտի հարաբերությունը սպինային մեխանիկական մոմենտին տալիս է՝ $\frac{p_s}{L_s} = \frac{e}{m} = g_s$, այսինքն, սպինային մագնիսահոլակային հաստատունն երկու անգամ մեծ է ուղեծրային մագնիսահոլակային հաստատունից:

• **Մագնիսական դաշտում գտնվող մագնիսական դիպոլի վրա ազդող ուժը.**

$$\vec{F} = iF_x + jF_y + kF_z, \\ F_x = p_m \frac{\partial B_x}{\partial n}, \quad F_y = p_m \frac{\partial B_y}{\partial n}, \quad F_z = p_m \frac{\partial B_z}{\partial n}, \quad (4.26)$$

որտեղ B_x -ը մագնիսական ինդուկցիայի պրոեկցիան է OX առանցքի վրա, $\frac{\partial B_x}{\partial n}$ -ը՝ B_x -ի ածանցյալն է նորմալի կամ $\vec{p}_m$ -ի ուղղությամբ, p_m -ը՝ մագնիսական մոմենտի մոդուլն է: Համասեռ մագնիսական դաշտի կողմից հոսանքակիր շրջանակի կամ մագնիսական մոմենտի վրա ուժ չի ազդի:

• **Մագնիսական դաշտում գտնվող մագնիսական մոմենտի վրա ազդող ուժի մոմենտը.**

$$\vec{M} = \vec{p}_m \times \vec{B}; \quad M = p_m B \sin \alpha: \quad (4.27)$$

(4.27) բանաձևը ճիշտ է, եթե մագնիսական դաշտի անհամասեռությունը հոսանքակիր շրջանակի սահմաններում անտեսվում է:

12. Մագնիսական դաշտում հոսանքակիր հաղորդալարի (շրջանակի) տեղափոխման աշխատանքը

$$dA = Id\Phi; \quad A = I(\Phi_2 - \Phi_1), \quad (4.28)$$

որտեղ $d\Phi$ -ն մագնիսական հոսքի փոփոխությունն է տվյալ տեղափոխության ժամանակ, Φ_1 և Φ_2 -ը մագնիսական հոսքերն են շրջանակի մակերեսով (սկզբնական և վերջնական դիրքերում): Այս աշխատանքը կատարում է հաղորդալարով հոսանք ստեղծող աղբյուրը, Էլեկտրամագնիսական ԷԼՇՈՒ-ի դեմ, նրանում հոսանքը հաստատուն պահելու

համար: Միավորների ԳՀ-ում $A = \frac{1}{c}I(\Phi_2 - \Phi_1)$:

13. Մագնիսական դաշտի էներգիան և մագնիսական փոխազդեցության էներգիան

- Մագնիսական դաշտի էներգիան և խտությունը.

$$W = \frac{1}{2} \int_V \frac{B^2}{\mu_0} dV; \quad w = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0} = \frac{\mu_0 H^2}{2}, \quad (4.29)$$

- Հոսանքների մագնիսական էներգիան.

$$W = \frac{1}{2} L I^2 = \frac{1}{2} I \Phi = \frac{\Phi^2}{2L}; \quad (4.30)$$

Միավորների ԳՀ-ում՝ $W = \frac{1}{2c^2} L I^2 = \frac{1}{2c} I \Phi = \frac{\Phi^2}{2L}$:

- Արտաքին մագնիսական դաշտում գտնվող մագնիսական մոմենտի միայն մեխանիկական էներգիան.

$$W_{\text{մեխ}} = -\vec{p}_m \cdot \vec{B} = -p_m B \cos \alpha; \quad (4.31)$$

Մագնիսական դաշտի կողմից մագնիսական մոմենտի վրա ազդող ուժը պայմանավորված է այս էներգիայով՝

$$\vec{F} = -\text{grad} W_{\text{մեխ}} = \text{grad}(\vec{p}_m \cdot \vec{B}):$$

14. Մագնիսական դաշտը միջավայրի արկայության դեպքում

Այն միջավայրերը, որոնց մոլեկուլներն (ատոմներն) արտաքին մագնիսական դաշտի բացակայության դեպքում չունեն մագնիսական մոմենտ, կոչվում են դիամագնիսներ: Արտաքին մագնիսական դաշտում դիամագնիսի բոլոր մոլեկուլներում (ատոմներում) մակածվում է այդ դաշտին հակառակ ուղղված մագնիսական մոմենտ (դիամագնիսը մագնիսանում է, առաջանում են մագնիսացման հոսանքներ), որոնց մագնիսական դաշտն ուղղված է արտաքին դաշտին հակառակ և թուլացնում է դաշտը:

Այն միջավայրերը, որոնց մոլեկուլներն արտաքին մագնիսական դաշտի բացակայության դեպքում ունեն սեփական մագնիսական մոմենտ, կոչվում են պարամագնիսներ: Արտաքին մագնիսական դաշտի բացակայության դեպքում, մոլեկուլների ջերմային շարժման հետևանքով, դրանց մագնիսական մոմենտներն ունեն անկանոն դասավորություն և

պարամագնիսը մագնիսացած չէ: Արտաքին մագնիսական դաշտում մոլեկուլների սեփական մագնիսական մոմենտները մասնակիորեն ուղղվում են արտաքին դաշտի ուղղությամբ (պարամագնիսը մագնիսանում է, առաջանում են մագնիսացման հոսանքներ), ու դրանց մագնիսական դաշտը ունենալով արտաքին դաշտի ուղղությունը, ուժեղացնում է այդ դաշտը: Պարամագնիսական ատոմներում ևս մակածվում է արտաքին դաշտին հակառակ ուղղված մագնիսական մոմենտ, սակայն այն շատ փոքր է սեփական մոմենտից և սովորաբար անտեսվում է:

Այսպիսով, $\vec{B}_0$ մագնիսական դաշտում տեղադրված միջավայրում մակածվում են մակերևութային ու ծավալային մագնիսացման հոսանքներ և ամենուրեք մագնիսական դաշտի $\vec{B}$ ինդուկցիան դառնում է $\vec{B}_0$ և մագնիսացման հոսանքների $\vec{B}'$ դաշտերի վեկտորական գումարը՝

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}':$$

Դիամագնիսների ներսում $\vec{B}'$ -ն ունի $\vec{B}_0$ -ի հակառակ ուղղությունը և $|\vec{B}'| < |\vec{B}_0|$, իսկ պարամագնիսների և ֆերոմագնիսների ներսում $\vec{B}'$ -ն ունի $\vec{B}_0$ -ի ուղղությունը և $|\vec{B}'| > |\vec{B}_0|$:

• **Մագնիսական դաշտի ինդուկցիան միջավայրում**

$$B = \mu B_0, \quad (4.32)$$

որտեղ μ -ն միջավայրի մագնիսական թափանցելիությունն է, B_0 -ն՝ հաղորդման հոսանքների մագնիսական դաշտի ինդուկցիան վակուումում: Դիամագնիսների համար $0 < \mu < 1$, պարամագնիսների համար $\mu > 1$, ֆերոմագնիսների համար $\mu \gg 1$:

• **Համասեռ միջավայրում գտնվող շրջանակի ինդուկտիվությունը**

$$L = \mu L_0, \quad (4.33)$$

որտեղ L_0 -ն շրջանակի ինդուկտիվությունն է վակուումում:

• **Մագնիսացման վեկտոր անվանում են միջավայրի միավոր ծավալի մագնիսական մոմենտին.**

$$\vec{I}_m = \frac{1}{\Delta V} \sum_{i=1}^N \vec{p}_{mi}, \quad (4.34)$$

որտեղ $\vec{p}_{mi}$ -ն i -րդ մոլեկուլային հոսանքի (մոլեկուլի կամ ատոմի) մագնիսական մոմենտն է, ΔV -ն՝ ֆիզիկական փոքր ծավալ:

Արտաքին դաշտի բացակայության դեպքում դիամագնիսների և պա-

քամագնիսների մագնիսացման վեկտորը հավասար է զրոյի՝ $\vec{B}=0$, $\vec{I}_m=0$: Ֆեռոմագնիսների մոտ $\vec{B} = 0$ դեպքում մագնիսացման վեկտորը կարող է զրոյից տարբեր լինել:

• **Մագնիսական դաշտի լարվածությունը.**

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{I}_m, \quad (4.35)$$

որտեղ $\vec{B}$ -ն մագնիսական դաշտի ինդուկցիան է միջավայրում:

• **Կապը մագնիսացման վեկտորի և լարվածության միջև.**

$$\vec{I}_m = \chi_m \vec{H}, \quad (4.36)$$

որտեղ χ_m -ը միջավայրի մագնիսական ընկալունակությունն է ($\chi_m=\mu-1$): Պարամագնիսների համար $\chi_m > 0$, դիամագնիսների համար $\chi_m < 0$: Ֆեռոմագնիսների համար $\chi_m \gg 1$ և ոչ միաբաժանված են կախված է H -ից:

• **Կապը մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի և լարվածության միջև.**

$$\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}: \quad (4.37)$$

Այստեղ $\mu=1+\chi_m$: Միավորների ԳՀ-ում՝ $\vec{B} = \mu \vec{H}$, իսկ $\mu=1+4\pi\chi_m$: (4.36) և (4.37) բանաձևերը ճիշտ են իզոտրոպ պարամագնիսների և դիամագնիսների համար թույլ դաշտերի դեպքում: Քանի որ $\vec{B} = \mu \vec{B}_0$, ուստի

$$\vec{H} = \vec{H}_0 = \frac{\vec{B}_0}{\mu_0}:$$

14. Մագնիսացման հոսանքների և միջավայրում դաշտը բնութագրող մեծությունների կապը

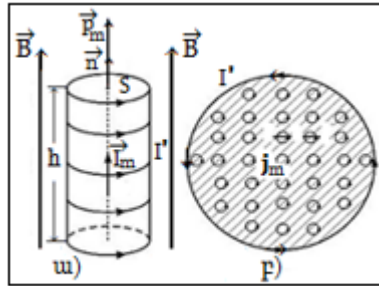
• **Համասեռ մագնիսացած գլանի մագնիսական մոմենտը և մագնիսացման վեկտորը (Նկ.4.11ա).**

$$\vec{p}_m = I' S \vec{n}; \quad \vec{I}_m = \frac{\vec{p}_m}{Sh} = \frac{I'}{h} \vec{n} = i' \vec{n} \text{ կամ } i' = \vec{I}_m \cdot \vec{n}: \quad (4.38)$$

Այստեղ I' -ը գլանի կողմնային մակերևույթում առաջացած մագնիսացման հոսանքի ուժն է, երբ այն տեղադրվել է գլանի ծնիչին զուգահեռ համասեռ մագնիսական դաշտում: $i' = \frac{I'}{h}$ -ն այդ հոսանքի գծային խտությունն է: Նկ.4.11ա-ում մագնիսացման վեկտորն ուղղված է գլանի առանցքով և ունի S մակերեսի նորմալի ուղղությունը և $i' = I_m$: Եթե գլանի հիմքերն առանցքի հետ կազմեն α անկյուն, ապա $i' = I_m \cos \alpha = \vec{I}_m \cdot \vec{n}$: Արդեն $\vec{n}$ վեկտորը մագնիսացման վեկտորի հետ կկազմի α

անկյուն: Համասեռ մագնիսացման դեպքում մագնիսացման հոսանքի ծավալային խտությունը հավասար է զրոյի՝ $\vec{j}_m = 0$ (Նկ.4.11բ):

Միավորների ԳՀ-ում՝ $i' = c\vec{l}_m \cdot \vec{n}$:



Նկ.4.11

- Անհամասեռ մագնիսացած գլանի մագնիսացման հոսանքը և հոսանքի խտությունը.

$$I' = \int_h \vec{l}_m \cdot d\vec{l}; \quad \vec{j}_m = \text{rot} \vec{l}_m; \quad (4.39)$$

- Մագնիսացման վեկտորի շրջապըտույտը կամայական փակ կոնտուրով.

$$\oint_l \vec{l}_m d\vec{l} = I', \quad (4.40)$$

որտեղ I' -ը l կոնտուրի ընդգրկած մագնիսացման հոսանքն է:

- Մագնիսական դաշտի լարվածության շրջապտույտը կամայական փակ կոնտուրով.

$$\oint_l \vec{H} d\vec{l} = I, \quad (4.41)$$

որտեղ I -ն l կոնտուրի ընդգրկած հաղորդման հոսանքների հանրահաշվական գումարն է:

- Մագնիսական ինդուկցիայի շրջապտույտը կամայական փակ կոնտուրով.

$$\oint_l \vec{B} d\vec{l} = \mu_0(I + I'): \quad (4.42)$$

15. Մագնիսաստատիկայի հիմնական հավասարումները միջավայրի արկայության դեպքում

$$\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0, \quad \operatorname{div} \vec{B} = 0,$$

$$\oint_l \vec{H} d\vec{l} = I, \quad \operatorname{rot} \vec{H} = \vec{j}:$$

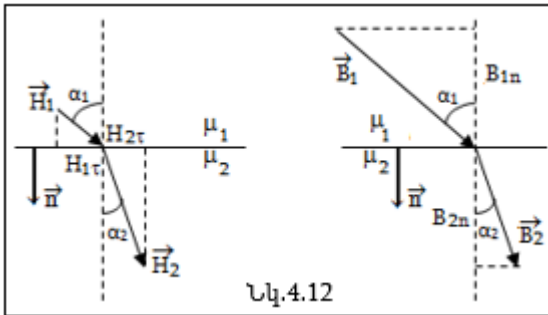
16. Անշարժություններ երկու մագնետիկները բաժանող սահմանի վրա

- $B_{1n} = B_{2n}; \quad H_{1t} = H_{2t}; \quad (4.43)$

(եթե բաժանման սահմանի վրա չկան հաղորդման հոսանքներ, Նկ.4.12):

- $\frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{\mu_2}{\mu_1}, \quad (4.44)$

որտեղ μ_1 և μ_2 -ը առաջին և երկրորդ մագնետիկների մագնիսական թափանցելիություններն են, α_1 և α_2 -ը՝ դաշտի գծերի և բաժանման սահմանի նորմալի կազմած անկյունները (Նկ.4.12):



17. Մագնիսական դաշտի էներգիան միջավայրում

- $W = \frac{1}{2} \int_V \vec{B} \vec{H} dV; \quad w = \frac{1}{2} \vec{B} \vec{H} = \frac{\mu_0 \mu H^2}{2} = \frac{B^2}{2\mu_0 \mu}; \quad (4.45)$

(4.45)-ը ֆեռոմագնիսների համար ճիշտ չէ:

- Մագնիսացած մագնետիկի (մագնիսանյութի) էներգիան և դրա վրա ազդող ուժը.

$$W_{\text{մագն}} = \frac{1}{2} \int_V \vec{B}_0 \vec{I}_m dV; \quad (4.46)$$

որտեղ $\vec{B}_0$ -ն հաղորդման հոսանքների մագնիսական դաշտի ինդուկցիան է վակուումում:

- Մագնիսացած մագնետիկի միավոր ծավալի վրա ազդող ուժը.

$$\vec{f} = (\vec{I}_m \vec{\nabla}) \vec{B}, \quad (4.47)$$

$$\text{կամ } f_x = \frac{1}{2} \frac{(\mu-1)}{\mu_0 \mu} \frac{\partial \vec{B}^2}{\partial x}; \quad f_y = \frac{1}{2} \frac{(\mu-1)}{\mu_0 \mu} \frac{\partial \vec{B}^2}{\partial y}; \quad f_z = \frac{1}{2} \frac{(\mu-1)}{\mu_0 \mu} \frac{\partial \vec{B}^2}{\partial z}.$$

Քանի որ պարամագնիսների և ֆեռոմագնիսների համար $\mu > 1$, ուստի այդ ուժերն ունեն մագնիսական դաշտի աճման ուղղությունը և ձգվում են հաստատուն մագնիսների կողմից, իսկ դիամագնիսների դեպքում $0 < \mu < 1$ և $\vec{f}$ -ի պրոյեկցիաներն ուղղված են դաշտի նվազման կողմը և հաստատուն մագնիսների կողմից վանվում են:

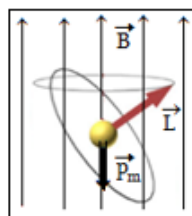
18. Դիամագնիսների և պարամագնիսների մագնիսական ընկալությունը (համաձայն դասական տեսության)

• Ատոմների լարմորյան պրեցեսիան մագնիսական դաշտում.

Մագնիսական դաշտում գտնվող ատոմի էլեկտրոնային ուղեծրերը սկսում են պրեցեսիա կատարել մագնիսական դաշտի շուրջը և դրա արդյունքում ատոմը ձեռք է բերում լրացուցիչ մագնիսական մոմենտ, որը հակառակ է ուղղված արտաքին մագնիսական դաշտին (Նկ.4.13): Ատոմի այս կոնապտույտին (պրեցեսիային) անվանում են լարմորյան պրեցեսիա, որի հաճախությունը՝

$$\vec{\Omega} = \frac{e}{2m} \vec{B}, \quad (4.48)$$

որտեղ e -ն էլեկտրոնի լիցքն է, իսկ m -ը՝ զանգվածը: Այս պրեցեսիայով է պայմանավորված ատոմների դիամագնիսական հատկությունը:



• Դիամագնիսների մագնիսական ընկալությունը.

$$\chi_m = -\frac{e^2 n Z \langle R^2 \rangle \mu_0}{6m}, \quad (4.49)$$

որտեղ e -ն էլեկտրոնի լիցքն է, m -ը՝ զանգվածը, n -ը՝ ատոմների կոնցենտրացիան, Z -ը՝ ատոմի կարգաթիվը, $\langle R^2 \rangle$ -ն՝ միջուկից էլեկտրոնների միջին քառակուսային հեռավորության քառակուսին:

• Պարամագնիսական գազի մագնիսական ընկալությունը (թույլ դաշտերի դեպքում).

$$\chi_m = \frac{np_m^2 \mu_0}{3kT} = \frac{C}{T}, \quad (4.50)$$

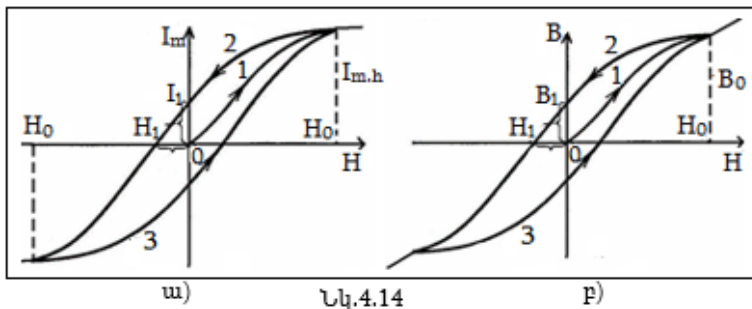
որտեղ p_m -ն ատոմի սեփական մագնիսական մոմենտն է, k -ն՝ Բոլցմանի հաստատունը, T -ն՝ բացարձակ ջերմաստիճանը:

Դասական տեսությամբ ստացված (4.50) արդյունքը երեք անգամ փոքր է փորձնական արդյունքից: Սա նշանակում է, որ պարամագնիսականությունը դասական տեսությամբ չի բացատրվում: Միջավարի մագնիսական հատկությունների ճշգրիտ բացատրությունը տալիս է քվանտային տեսությունը:

19. Ֆեռոմագնիսների հիստերեզիսային օղակները

Կան պարամագնիսներ, որոնք որոշակի ջերմաստիճանային տիրույթում կարող են մագնիսացած լինել նաև արտաքին մագնիսական դաշտի բացակայության դեպքում: Բացի այդ, դրանց $\vec{I}_m$ մագնիսացման վեկտորը $\vec{H}$ -ից կախված է ոչ գծային օրենքով, դրանց մագնիսական ընկալչությունը և թափանցելիությունը կախված են դաշտի H լարվածությունից, ընդ որում ոչ միարժեք կերպով: Այս հատկությունն առաջին անգամ նկատվել է երկաթի մոտ և նման հատկությամբ օժտված մագնետիկներին անվանել են ֆեռոմագնիսներ: Ֆեռոմագնիսների մագնիսական թափանցելիությունը կարող է հավասարվել միլիոնի, մինչդեռ սովորական պարամագնիսների մոտ այն մեկի կարգի մեծություն է:

• $\vec{I}_m$ մագնիսացման վեկտորի արժեքների կախումը մագնիսական դաշտի H լարվածությունից (Նկ.4.14ա): Մագնիսական ինդուկցիայի արժեքների կախումը դաշտի լարվածությունից (Նկ.4.14բ): Հիստերեզիսի առավելագույն օղակում մնացորդային լարվածությունը կոչվում է կոերցիտիվ ուժ: Եթե ֆեռոմագնիսի կոերցիտիվ ուժը մեծ է, ապա այն կոչվում է մագնիսակարծր ֆեռոմագնիս, հակառակ դեպքում՝ մագնիսափափուկ:



Խնդիրներ

Գծային հոսանքների մագնիսական դաշտը

• **4.1.** 4.6 բանաձևից ստացեք ուղիղ, անվերջ լարի ինդուկցիայի բանաձևը, այսինքն՝ $B(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$, որտեղ r -ը լարի հեռավորությունն է դիտման կետից: Ստացված բանաձևով հաշվեք ուղիղ, անվերջ լարի ինդուկցիան, երբ $r=0,1$ մ և $I=5$ Ա:

• **4.2.** Որոշեք $l = 2$ մ երկարությամբ ուղիղ լարի մագնիսական ինդուկցիան և լարվածությունը լարի միջնուղղահայացի այն կետում, որը լարից $r=1$ մ է հեռու: Լարի հոսանքը $I=5$ Ա:

■ **4.3.** Բիո-Սավար-Լապլասի օրենքով դուրս բերեք (4.6) բանաձևը:

• **4.4.** Որոշեք $l = 3$ մ երկարությամբ ուղիղ լարի մագնիսական ինդուկցիան և լարվածությունն այն կետում, որը լարից $r=1$ մ է հեռու և լարի կենտրոնից $a = 0,5$ մ հեռու կետով անցնող լարին ուղղահայաց հարթության մեջ է: Հոսանքի ուժը $I=20$ Ա:

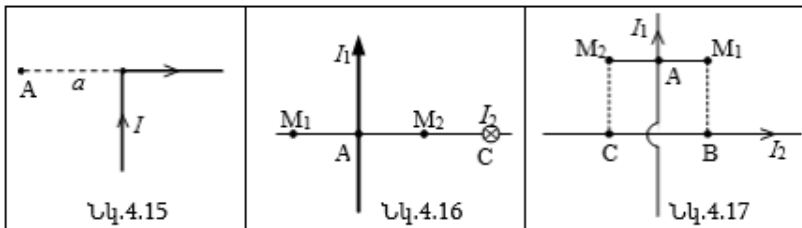
• **4.5.** Ուղիղ, անվերջ լարը ծոված է ուղիղ անկյունով, ինչպես Նկ.4.15-ում: Ինչքան է մագնիսական ինդուկցիան և լարվածությունը A կետում, եթե $I=10$ Ա, $a = 0,05$ մ:

• **4.6.** Ուղիղ, անվերջ լարը ծոված է $\alpha = 60^\circ$ -ով: Որոշեք մագնիսական դաշտի ինդուկցիան և լարվածությունն անկյան կիսորդի այն կետում, որն անկյան գագաթից $a = 20$ սմ է հեռու: Հոսանքը՝ $I=30$ Ա:

• **4.7.** Երկու ուղիղ, անվերջ լար գուգահեռ են և իրարից $r=20$ սմ հեռու:

Լարերի հոսանքներն են՝ $I_1 = I_2 = 5$ Ա: Որոշեք մագնիսական դաշտի ինդուկցիան և լարվածությունն այն կետում, որն ամեն մի լարից $r=20$ սմ է հեռու: Քննարկեք երկու դեպք՝ ա) հոսանքները նույն ուղղությամբ են; բ) հոսանքները հակադիր են:

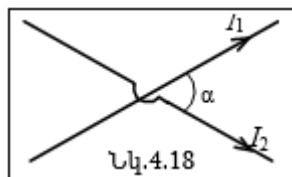
• **4.8.** Երկու ուղիղ, անվերջ լար միմյանց ուղղահայաց են ու իրարից $a=20$ սմ են հեռու (Նկ.4.16): Որոշեք մագնիսական լարվածությունը M_1 և M_2 կետերում, եթե $AM_1 = AM_2 = \frac{a}{2} = 0,1$ մ, $I_1 = 4$ Ա, $I_2 = 6$ Ա:



•**4.9.** Երկու ուղիղ, անվերջ լար գուգահեռ են և իրարից $a = 5$ սմ հեռու: Լարերի հոսանքներն են՝ $I_1 = 5$ Ա, $I_2 = 10$ Ա: Որոշեք մագնիսական լարվածությունն այն կետում, որը մի լարից $r_1 = 2$ սմ է հեռու, իսկ մյուսից՝ $r_2 = 5$ սմ:

•**4.10.** Երկու ուղիղ, անվերջ լար իրար ուղղահայաց են և նույն հարթության մեջ են (Նկ.4.17): Որոշեք մագնիսական դաշտի լարվածությունը M_1 և M_2 կետերում, եթե $I_1 = 2$ Ա, $I_2 = 3$ Ա, $AM_1 = AM_2 = a_1 = 0,01$ մ, $BM_1 = CM_2 = a_2 = 0,02$ մ:

•**4.11.** I_1 և I_2 հոսանքներով երկու ուղիղ, անվերջ լար իրար հատում են α անկյունով (Նկ. 4.18): Որոշեք ինդուկցիան այդ անկյան կիսորդի այն կետում, որն անկյան գագաթից հեռու է l -ով:



•**4.12.** Բիո-Սավար-Լապլասի օրենքով ստացեք շրջանային հոսանքին ուղղահայաց առանցքի վրա մագնիսական ինդուկցիայի (4.8) բանաձևը:

•**4.13.** Որոշեք մագնիսական դաշտի ինդուկցիան և լարվածությունն ուղղանկյուն շրջանակի կենտրոնում, եթե ուղղանկյան փոքր կողմը $a = 0,5$ մ, իսկ մեծը՝ $b = 1$ մ: Շրջանակի հոսանքը $I = 5$ Ա:

■**4.14.** $a = 0,2$ մ և $b = 0,4$ մ կողմերով ուղղանկյուն շրջանակով անցնում է $I = 10$ Ա հոսանք: Որոշեք շրջանակի ստեղծած ինդուկցիան այն կետում, որը դրա հարթությունից հեռու է $r_0 = 0,4$ մ, իսկ այդ կետից իջեցրած ուղղահայացը անցնում է ուղղանկյան անկյունագծերի հատման կետով: Առանձին քննարկեք այն դեպքը, երբ $r_0 \gg a$ և $r_0 \gg b$, $a = b$:

•**4.15.** Երեք ուղիղ, անվերջ լար գուգահեռ են և անցնում են հավասարակողմ եռանկյան գագաթներով՝ ուղղահայաց եռանկյան հարթությանը: Եռանկյան կողմի երկարությունը $a = 15$ սմ: Բոլոր լարերի հոսանքը նույնն է՝ $I = 12$ Ա, ընդ որում՝ երկու լարի հոսանքները նույն ուղղությամբ են, իսկ երրորդը՝ դրանց հակադիր: Որոշեք մագնիսական դաշտի լարվածությունը եռանկյան կենտրոնում:

■**4.16.** Արտածեք (4.9) բանաձևը: Առանձին քննարկեք $N = 4$ և $N \rightarrow \infty$ դեպքերը, երբ՝ ա) $h \neq 0$; բ) $h = 0$:

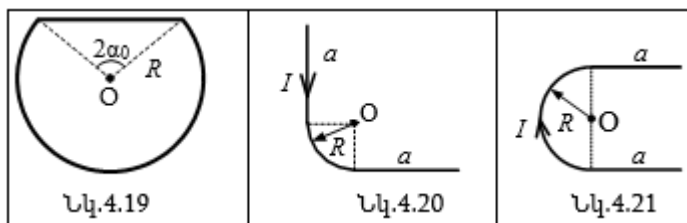
•**4.17.** Որոշեք մագնիսական լարվածությունը և ինդուկցիան $R = 10$ սմ շառավղով օղակաձև հաղորդալարի կենտրոնում, եթե դրանով անցնում է $I = 5$ Ա հոսանք:

•**4.18.** $R = 0,5$ մ շառավղով գալարի հոսանքը $I = 20$ Ա է: Որոշեք մագնիսական ինդուկցիան գալարին ուղղահայաց առանցքի այն կետում, որը կեն-

տըրոնից $h=0,3$ մ է հեռու:

● **4.19.** $R=10$ սմ շառավղով երկու գալար կա: Դրանց կենտրոնները նույնըն են, իսկ հարթություններն՝ ուղղահայաց: Որոշեք մագնիսական լարվածությունն այդ օղակների կենտրոնում, եթե դրանց հոսանքը՝ $I_1 = I_2 = I = 30$ Ա:

■ **4.20.** I ուժի հոսանքն անցնում է Նկ.4.19-ի շրջանակով: Որոշեք մագնիսական դաշտի ինդուկցիան O կետում: R -ը և α_0 -ն համարեք տրված: Առանձին քննարկեք այն դեպքը, երբ $\alpha_0 = 0$:

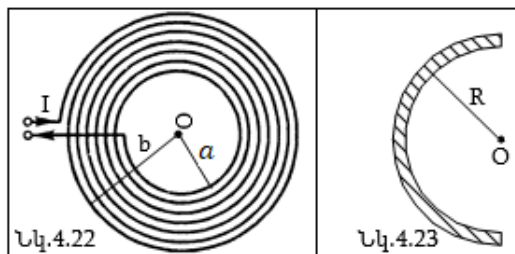


■ **4.21.** Նկ.4.20-ի I հոսանքով շղթայի ուղիղ հատվածների երկարությունները a են: Որոշեք այդ տեղամասի դաշտի ինդուկցիան O կետում: Առանձին քննարկեք այն դեպքը, երբ $a \gg R$:

■ **4.22.** Նկ.4.21-ի I հոսանքով շղթայի ուղիղ հատվածների երկարություններն a են: Որոշեք այդ տեղամասի ինդուկցիան O կետում: Առանձին քննարկեք այն դեպքը, երբ $a \gg R$:

■ **4.23.** Բարակ լարից հարթ պարուրակն ունի N հատ խիտ դասավորված գալար (Նկ.4.22), որոնցով անցնում է I հոսանք: Ներքին և արտաքին գալարների շառավիղները a և b են: Որոշեք՝ ինդուկցիան պարուրակի կենտրոնում:

■ **4.24.** Երկար կիսախողովակով անցնում է I ուժի հոսանք (Նկ.4.23): Որոշեք մագնիսական դաշտի ինդուկցիան առանցքի O կետում, եթե կիսախողովակի շառավիղը R է:



■4.25. Բիո-Սավար-Լապլասի օրենքով ստացեք ոչ ռեյատիվիստական արագությամբ շարժվող կետային լիցքի մագնիսական ինդուկցիայի (4.4) բանաձևը: Թվային հաշվարկ կատարեք, երբ $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Կլ, $v = 3 \cdot 10^5$ մ/վ, $r = 10^{-9}$ մ, իսկ դիտարկման կետը լիցքին միացնող ուղիղը շարժ-ման ուղղության հետ կազմում է $\alpha = 30^\circ$ անկյուն:

Սուլենոիդի մագնիսական դաշտը

■4.26. Օգտվելով (4.8) բանաձևից, դուրս բերեք (4.10) բանաձևը: Ինչպե՞ս է կախված B-ն սուլենոիդի կենտրոնից ունեցած x հեռավորությունից: Առանձին քննարկեք, երբ՝ ա) $l \gg x$, R; բ) $x = l/2$, $l \gg R$:

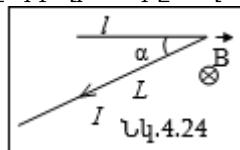
●4.27. $l = 1$ մ-ի վրա $N=35$ գալարով երկար սուլենոիդի հոսանքը՝ $I=2$ Ա: Որոշեք մագնիսական դաշտի ինդուկցիան և լարվածությունը սուլենոիդի ներսում:

●4.28. $l = 10$ սմ-ի վրա $N=300$ գալարով երկար սուլենոիդի հոսանքը՝ $I=5$ Ա: Որոշեք մագնիսական դաշտի ինդուկցիան և լարվածությունը սուլենոիդի հիմքերից մեկի կենտրոնում:

●4.29. Որքա՞ն պետք է լինի սուլենոիդի l երկարության հարաբերությունը դրա d տրամագծին, որպեսզի մագնիսական դաշտի լարվածությունը սուլենոիդի կենտրոնում հնարավոր լինի որոշել անվերջ երկար սուլենոիդի բանաձևով, ընդ որում թույլ տրված սխալը չպետք է գերազանցի 1%-ը:

Ամպերի ուժը

□4.30. I_1 հոսանքով և l երկարությամբ ուղիղ լարի վրա, որը դրված է ինդուկցիայի զճերին ուղղահայաց, ազդում է F_1 ուժը: Ի՞նչ ուժով է այդ դաշտն ազդում $l + L$ երկարությամբ I հոսանքով լարի վրա, որը ծոված է α անկյունով (Նկ.4.24): Ինդուկցիան ուղղահայաց է անկյան հարթությանը:



□4.31. Համասեռ մագնիսական դաշտում, ինդուկցիայի զճերի նկատմամբ $\alpha=30^\circ$ անկյան տակ տեղադրված է ուղիղ լար, որի ծայրերին կիրառված է $U=120$ Վ լարում: Հաղորդչի լայնական կտրվածքի մակերեսը՝ $S=2$ մմ², իսկ տեսակարար դիմադրությունը՝ $\rho=10^{-7}$ Օմ·մ: Որոշեք մագնիսական դաշտի ինդուկցիան, եթե հաղորդալարի վրա ազդող ուժը $F=12$ Ն:

□4.32. $l=0,3$ մ երկարությամբ և ուղղանկյունաձև հատույթով հաղորդիչ

ձողը հորիզոնական հարթության վրա է: Հաղորդչի և հարթության շրվման գործակիցը $\mu = 0,24$: Երբ հաղորդչով անցնում է $I=39,2\text{Ա}$ հոսանք և ուղղաձիգ ուղղությամբ $B=0,04\text{Տլ}$ ինդուկցիայով մագնիսական դաշտ են ստեղծում, հաղորդիչը շարժվում է հավասարաչափ: Որոշեք հաղորդչի զանգվածը

□4.33. $l=0,2$ մ երկարությամբ հորիզոնական հաղորդիչ ձողը հորիզոնի հետ $\alpha = 30^\circ$ անկյուն կազմող թեք հարթության վրա է: Ինչքա՞ն լինի թեք հարթությանն ուղղահայաց ինդուկցիայի մոդուլը, որ ձողը չշարժվի, եթե ձողով անցնում է $I=50\text{Ա}$ հոսանք: Ձողի զանգվածը $m=1\text{կգ}$: Շփումըն անտեսեք:

□ 4.34. $m=1\text{կգ}$ զանգվածով մետաղական ձողը գտնվում է հորիզոնի նկատմամբ $\alpha = 30^\circ$ տակ տեղադրված երկու զուգահեռ ռելսերի վրա և ուղղահայաց է դրանց: Ինչքա՞ն պետք է լինի ռելսերի հարթությանն ուղղահայաց համասեռ մագնիսական դաշտի ինդուկցիան, որպեսզի ձողը կարողանա հավասարաչափ շարժվել, երբ նրանով անցնի $I=40\text{Ա}$ հոսանք: Ռելսերի միջև հեռավորությունը՝ $l = 0,5$ մ, շփման գործակիցը՝ $\mu = 0,6$:

□4.35. $l = 0,2$ մ երկարությամբ և $m=0,1\text{կգ}$ զանգվածով ուղիղ լարը հորիզոնական դիրքով կախված է ուղղաձիգ մագնիսական դաշտում: Երբ լարով անցնում է $I=20\text{Ա}$ հոսանք, լարը պահող թելերն ուղղաձիգ շեղվում են $\alpha = 45^\circ$ անկյունով: Ինչքա՞ն է մագնիսական դաշտի ինդուկցիան:

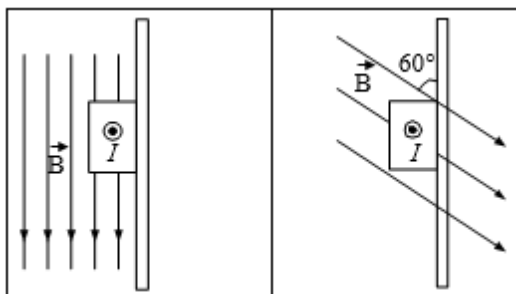
□4.36. $m=1,73\text{կգ}$ զանգվածով և $l = 0,2$ մ երկարությամբ հորիզոնական ուղիղ հաղորդիչը կախված է $B=2,5\text{Տլ}$ ինդուկցիայով ուղղաձիգ մագնիսական դաշտում: Ուղղաձիգ ի՞նչ անկյամբ կշեղվեն հաղորդիչը պահող թելերը, եթե հաղորդչով անցնի $I=20\text{Ա}$ հոսանք:

□4.37. Ի՞նչ ուժի հոսանք պետք է անցնի ուղղաձիգ հաղորդչով, որը գտնվում է համասեռ մագնիսական դաշտում՝ ուղղահայաց ինդուկցիայի գծերին, որպեսզի այն գտնվի կախված վիճակում: Հաղորդչի յուրաքանչյուր $l = 2$ մ-ի զանգվածը $m=4\text{կգ}$, իսկ մագնիսական դաշտի ինդուկցիան $B=5\text{Տլ}$ և ուղղված է հորիզոնական ուղղությամբ:

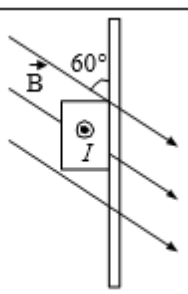
□4.38. $m=0,5\text{կգ}$ զանգված և $l = 0,3$ մ երկարությամբ հաղորդիչը, որը երկու անկշիռ թելերի օգնությամբ ամրացված է $k=400\text{Ն/մ}$ կոշտությամբ զսպանակին, գտնվում է հորիզոնական ուղղված $B=0,5\text{Տլ}$ ինդուկցիայով մագնիսական դաշտում՝ ինդուկցիայի գծերին ուղղահայաց: Որոշեք

հաղորդչով անցնող այն հոսանքի ուժը, որի դեպքում զսպանակի երկարացումը $x=0,05$ մ:

▣4.39. Ուղղանկյուն հատույթ ունեցող համասեռ հաղորդիչը, որով անցնում է հորիզոնական ուղղված $I = 200$ Ա հոսանք, սեղմված է ուղղաձիգ պատին՝ ուղղաձիգ ուղղված, $B=0,2$ Տլ ինդուկցիայով մագնիսական դաշտի կողմից (Նկ.4.25): Հաղորդչի զանգվածը $m=0,4$ կգ, երկարությունը՝ $l = 0,5$ մ: Դեպի վեր ուղղված ի՞նչ ուժ պետք է կիրառել ձողի նկատմամբ՝ այն հավասարաչափ տեղաշարժելու համար, եթե շփման գործակիցը $\mu=0,3$:



Նկ.4.25



Նկ.4.26

▣4.40. Ուղղանկյուն հատույթ ունեցող համասեռ հաղորդիչը, որով անցնում է հորիզոնական ուղղված հոսանք, սեղմված է ուղղաձիգ պատին՝ $B=0,05$ Տլ ինդուկցիայով մագնիսական դաշտի կողմից: Մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի գծերն ուղղահայաց են հոսանքին և ուղղաձիգի հետ կազմում են $\alpha=60^\circ$ անկյուն (Նկ.4.26): Հաղորդչի զանգվածը՝ $m=0,45$ կգ, իսկ երկարությունը՝ $l = 0,4$ մ: Հոսանքի ուժի ի՞նչ ամենափոքր արժեքի դեպքում հաղորդիչը կգտնվի հավասարակշռության վիճակում, եթե շփման գործակիցը՝ $\mu = 0,3$:

●4.41. $B_0 = 0,16$ Տլ դաշտում, դաշտին ուղղահայաց, տեղադրել են զուգահեռ երկու ուղիղ, անվերջ լար: Լարերի հեռավորությունը՝ $d=0,05$ մ, իսկ ինդուկցիայի գծերն ուղղահայաց են հաղորդալարերով անցնող հարթությանը: Որոշեք լարերից յուրաքանչյուրի $b=1$ մ երկարությամբ հատվածի վրա ազդող ուժը, եթե հոսանքներն ունեն՝ ա) միևնույն ուղղություն: բ) հակադիր ուղղություն: Հաղորդիչներով հոսանքներն են $I_1 = I_2 = I = 20$ Ա:

■4.42. Նույն հարթության մեջ կա $I_1=5$ Ա հոսանքով ուղիղ, անվերջ լար և $I_2 = 1$ Ա հոսանքով ուղղանկյուն շրջանակ: Որոշեք լարի ազդեցության ուժը շրջանակի ամեն մի կողմի վրա, եթե ուղղանկյան երկար կողմը՝

$b=0,2$ մ, զուգահեռ է լարին և դրանից $x_0 = 0,05$ մ է հեռու: Շրջանակի փոքր կողմը՝ $a = 0,1$ մ: Բնչի՞ է հավասար շրջանակի վրա ազդող ուժերի համագործը:

Լորենցի ուժը

○4.43. l երկարությամբ ուղիղ հաղորդալարը գտնվում է B ինդուկցիայով մագնիսական դաշտում և դրա գծերի հետ կազմում է α անկյուն: Հաղորդչի ներսի ազատ էլեկտրոնի վրա ազդող Լորենցի ուժը կփոխվի՞, եթե փոփոխենք միայն՝ **ա)** α անկյունը, **բ)** l երկարությունը: Հաղորդալարին կիրառված լարումը U է:

○4.44. Էլեկտրոնը մտնում է $B=0.002$ Տլ ինդուկցիայով մագնիսական դաշտ՝ դաշտին ուղղահայաց և շարժվում է $R=0,1$ մ շառավղով շրջանազրժով: Որոշեք էլեկտրոնի արագությունը:

○4.45. Մասնիկը մտնում է $B=0,1$ Տլ ինդուկցիայով մագնիսական դաշտ՝ դրա գծերին ուղղահայաց և պտտվում է $T = 2 \cdot 10^{-6}$ վ պարբերությամբ: Որոշեք մասնիկի զանգվածը, եթե դրա լիցքը $q = 3e$:

○4.46. Պրոտոնը և էլեկտրոնը արագացվելով նույն պոտենցիալների տարբերությամբ մտնում են համասեռ մագնիսական դաշտ՝ նրա ինդուկցիայի գծերին ուղղահայաց, և սկսում են պտտվել շրջանաձևով: Որոշեք դրանց հետագծերի շառավիղների հարաբերությունը:

○4.47. Միևնույն լիցքով և կիներտիկ էներգիայով, բայց տարբեր զանգվածներով երկու մասնիկ մտնում են համասեռ մագնիսական դաշտ և սկսում են պտտվել շրջանաձևով, որոնց շառավիղների հարաբերությունը՝ $\frac{R_1}{R_2} = n = 2$: Որոշեք մասնիկների զանգվածների հարաբերությունը:

○4.48. $q = 2 \cdot 10^{-5}$ Կլ լիցք և $m=2 \cdot 10^{-9}$ կգ զանգվածով մասնիկը մտնում է $B=0,5$ Տլ դաշտ՝ դրա գծերի նկատմամբ $\alpha=30^\circ$ անկյան տակ և շարժվում է $R=0,2$ մ շառավղով պարույրով: Որոշեք մասնիկի արագության մոդուլը:

○4.49. $B=10^{-4}$ Տլ դաշտում էլեկտրոնը շարժվում է գալարաձևով: Որոշեք էլեկտրոնի արագության մոդուլը, եթե պարույրի քայլը՝ $h=0,1$ մ, իսկ շառավիղը՝ $R=0,2$ մ:

○4.50. Լիցքավորված մասնիկը $v=5 \cdot 10^6$ մ/վ արագությամբ մտնում է համասեռ մագնիսական դաշտ՝ ինդուկցիայի գծերի նկատմամբ $\alpha=30^\circ$ անկյան տակ և պտտվում է $v=4 \cdot 10^7$ վ⁻¹ հաճախությամբ: Որոշեք այն պարույրի քայլը, որով շարժվում է մասնիկը:

○4.51. Լիցքավորված մասնիկը համասեռ մագնիսական դաշտ է մտնում

անկյան տակ և շարժվում է պարույրով: Որոշեք այդ անկյունը, եթե պարույրի քայլը՝ $h=0,628$ մ, իսկ շառավիղը՝ $R=0,1$ մ:

◻4.52. Պրոտոնը դադարի վիճակից անցնում է $U=3600$ Վ պոտենցիալների տարբերություն և մտնում է համասեռ մագնիսական դաշտ՝ դաշտին ուղղահայաց: Ինչքա՞ն լինի դաշտի ինդուկցիան, որ պրոտոնը շարժվի $R=0,02$ մ շառավղով շրջանագծով:

◻4.53. $W=1,25 \cdot 10^{-15}$ Ջ կինետիկ էներգիայով էլեկտրոնը մտնում է $B=0,01$ Տլ համասեռ մագնիսական դաշտ՝ ինդուկցիայի զեքերի նկատմամբ $\alpha=30^\circ$ անկյան տակ և շարժվում է պարույրով: Որոշեք պարույրի քայլը:

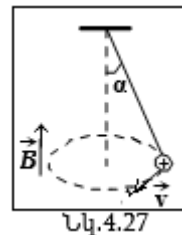
◻4.54. Էլեկտրոնը մագնիսական դաշտում $v=4,5 \cdot 10^7$ մ/վ արագությամբ շարժվում է այնպիսի պարույրով, որի տրամագիծը՝ $d=0,08$ մ, իսկ քայլը՝ $h=0,2$ մ: Որոշեք մագնիսական դաշտի ինդուկցիան:

◻4.55. $W=6,2 \cdot 10^{-16}$ Ջ կինետիկ էներգիայով նեոնի իզոտոպների միալիցք իոնների փունջը մտնում է $B=0,24$ Տլ ինդուկցիայով մագնիսական դաշտը, դրան ուղղահայաց: Այդ իոնները, մագնիսական դաշտում զեքելով կես շրջան, դուրս են գալիս երկու փնջով: Որոշեք փնջերի հեռավորությունը, եթե նեոնի իզոտոպների զանգվածի թվերն են՝ $A_1=20$ և $A_2=22$:

◻4.56. Արգոնի միալիցք իոնները, հանգստի վիճակից, արագանալով $U=800$ Վ էլեկտրական դաշտով, մտնում են $B=0,32$ Տլ դաշտը, դրան ուղղահայաց: Դաշտում իոնները բաժանվում են երկու փնջի, որոնցից մեկը զծում է $R_1 = 7,63$ սմ, իսկ մյուսը՝ $R_2 = 8,05$ սմ շառավղով աղեղ: Որոշեք արգոնի իզոտոպների զանգվածի թվերը:

◻4.57. Պրոտոնը, դադարի վիճակից, անցնելով $U=600$ Վ պոտենցիալների տարբերություն, մտնում է փոխուղղահայաց էլեկտրական և մագնիսական դաշտերը՝ դրանց ուղղահայաց: Որոշեք էլեկտրական դաշտի լարվածությունը, եթե պրոտոնի շարժման հետագիծն ուղիղ է, իսկ $B=5 \cdot 10^{-3}$ Տլ:

◻4.58. $q=1$ մկԿլ լիցքով գնդիկը կախված է անկշիռ թելից և պտտվում է հորիզոնական հարթության մեջ $R=20$ սմ շառավղով շրջանագծով (Նկ.4.27): Թելի և ուղղաձիգի կազմած անկյունը՝ $\alpha=30^\circ$: Գնդիկի շրջանային շարժումով պայմանավորված հոսանքի ուժը՝ $I=1,6$ մկԱ: Գնդիկի շարժումը տեղի է ունենում ուղղաձիգ դեպի վերն ուղղված $B=0,2$ Տլ ինդուկցիայով մագնիսական դաշտում: Որոշեք՝ ա) գնդիկի արագությունը; բ) գնդիկի զանգվածը:



Նկ.4.27

◐4.59. Էլեկտրոնը $v=10^6$ մ/վ արագությամբ մտնում է նույն ուղղությամբ էլեկտրական և մագնիսական դաշտերը՝ դրանց ուղղահայաց: $E=600$ Վ/մ է, իսկ $B=0,8 \cdot 10^{-3}$ Տլ: Որոշեք էլեկտրոնի արագացման մեծությունը:

■4.60. Երկու էլեկտրոն՝ $v=3 \cdot 10^5$ մ/վ արագություններով, շարժվում են կողք-կողքի, երկու զուգահեռ ուղիղներով: Էլեկտրոնների հեռավորությունը՝ $a=1$ մմ: Որոշեք էլեկտրոնների մագնիսական փոխազդեցության ուժը: Այդ ուժը համեմատեք էլեկտրոնների կուլոնյան վանողության ուժի հետ:

Լրիվ հոսանքի օրենքը

●4.61. Լրիվ հոսանքի օրենքով որոշեք անվերջ երկար սղենոիդի մագնիսական ինդուկցիան: Սղենոիդի հոսանքը I է, իսկ գալարների կոնցենտրացիան՝ n :

●4.62. Փոքր լայնական հատույթով փայտյա օղակի վրա փաթաթված է $N=300$ գալար (տորիդ): Լարով անցնում է $I=10$ Ա հոսանք, իսկ փայտյա օղակի առանցքի շառավիղը՝ $R=0,3$ մ: Որոշեք ինդուկցիան այդ առանցքի կետերում:

●4.63. Հաղորդչի լայնական հատույթի հոսանքի խտությունը՝ $j = 2 \cdot 10^5$ Ա/մ²: Որոշեք ինդուկցիայի վեկտորի շրջապտույտը $r=6$ մմ շրջանային կոնտուրով: Կոնտուրը հաղորդչի ներսում է և նրա հարթության նորմալը հոսանքի հետ կազմում է $\alpha = 60^\circ$ անկյուն:

●4.64. $R=5$ մմ շառավղով ուղիղ լարի հոսանքի խտությունը՝ $j = 5 \cdot 10^5$ Ա/մ²: Որոշեք ինդուկցիայի մոդուլը լարի առանցքից $r_1 = 3$ մմ և $r=8$ մմ հեռու կետերում:

●4.65. $R=5$ մմ շառավղով սնամեջ, բարակ պատերով ուղիղ խողովակի հոսանքը՝ $I=10$ Ա: Այդ հոսանքը ետ է դառնում խողովակի առանցքով անցնող $r=1$ մմ շառավղով լարով: Որոշեք մագնիսական դաշտի ինդուկցիան խողովակի առանցքից $r_1 = 2$ սմ և $r_2 = 8$ սմ հեռու կետերում: Թե՛ խողովակը, թե՛ լարն անվերջ են:

●4.66. $R=6$ սմ շառավղով բարակ պատերով, անվերջ խողովակի հոսանքը՝ $I=8$ Ա, իսկ խողովակի առանցքով անցնող $r=2$ սմ շառավղով հոծ լարով ետ է դառնում $I_1 = 4$ Ա հոսանք: Որոշեք մագնիսական դաշտի ինդուկցիան խողովակի առանցքից $r_1 = 1$ սմ, $r_2 = 4$ սմ և $r_3 = 10$ սմ հեռու կետերում:

■4.67. Երկար, գլանային հոծ լարի ներսում կա գլանային խոռոչ, որի առանցքը զուգահեռ է լարի առանցքին և վերջինից շեղված է a չափով:

Լարով անցնում է $\vec{j}$ խտությամբ հոսանք: Որոշեք ինդուկցիան խոռոչում:

● **4.68.** Անվերջ հարթությունով հոսում է ինչ-որ հաստատուն հոսանք, որի գծային խտությունը i է, և ամբողջ հարթության համար նույնն է: Որոշեք դրա դաշտի ինդուկցիան:

Մագնիսական հոսք: Ինդուկտիվություն

● **4.69.** $d=5$ սմ տրամագծով $l = 60$ սմ-անոց փայտե գլանային ձողի վրա $N=1200$ պղնձե գալար կա: Ինչքա՞ն է այդ սուլենոիդի ինդուկտիվությունը:

● **4.70.** Ցույց տվեք որ սոլենոիդի և երկար սուլենոիդի ինդուկտիվությունը կարելի է որոշել $L = \mu_0 n^2 V$ բանաձևով, որտեղ n -ը դրանց միավոր երկարության գալարների թիվն է, իսկ V -ն՝ ներսի ծավալը:

● **4.71.** Քանի՞ մետր բարակ լար է պետք՝ $l_0=1$ մ երկարությամբ և $L=1$ մՀն ինդուկտիվությամբ սուլենոիդի համար, եթե սուլենոիդի հատույթի շառավիղը շատ փոքր է նրա երկարությունից:

● **4.72.** $l = 20$ սմ երկարությամբ և $d=3$ սմ տրամագծով կոճն ունի $N=400$ գալար: Կոճով անցնում է $I=2$ Ա հոսանք: Որոշեք կոճի ինդուկտիվությունը և մագնիսական հոսքը դրա լայնական հատույթով:

● **4.73.** $l = 0,25$ մ երկարությամբ սուլենոիդն ունի N գալար, որոնք $S=1$ սմ² լայնական հատույթի մակերեսով պղնձե լարից են: Որոշեք սուլենոիդի ինդուկտիվությունը, եթե դրա դիմադրությունը՝ $R=0,2$ Օմ:

● **4.74.** Գտեք l երկարությամբ սուլենոիդի ինդուկտիվությունը, եթե դրա փաթույթը m զանգվածով և R դիմադրությամբ պղնձե հաղորդիչ է: Սուլենոիդի հատույթի տրամագիծը շատ փոքր է դրա երկարությունից:

● **4.75.** $l = 0,25$ մ երկարությամբ և $S=2$ սմ² լայնական հատույթի մակերեսով սուլենոիդն ունի $N=1000$ գալար և երկաթյա միջուկ: Որոշեք սուլենոիդի ինդուկտիվությունը, եթե դրա հոսանքը՝ ա) $I_1=0,1$ Ա է; բ) $I_2=0,2$ Ա է; գ) $I_3 = 2$ Ա է: **Ցուցում.** Քանի որ երկաթը ֆերրոմագնիս է, ուստի նրա մագնիսական թափանցելությունը պետք է որոշել, օգտվելով նրա $B=B(H)$ կախվածության գրաֆիկից (Տես հավելված):

■ **4.76.** Կլոր հատույթով ուղիղ, երկար հոծ հաղորդչով անցնում է I ուժի հաստատուն հոսանք: Որոշեք մագնիսական հոսքը հաղորդչի առանցքային հատույթի մի կետով՝ դրա մեկ մետր երկարության համար:

● **4.77.** I հոսանքով ուղիղ սղենոիդի լայնական կտրվածքի մակերեսը S է, միավոր երկարության վրա գալարների թիվը՝ n: Որոշեք մագնիսական հոսքը սղենոիդի ճակատային մակերևույթով:

■ **4.78.** R շառավղով գլանային, երկար հոծ լարով անցնում է հոսանք, որի խտությունը գլանի առանցքի $r(r < R)$ հեռավորությունից փոփոխվում է $j = ar$ օրենքով, որտեղ a -ն հաստատուն է: Որոշեք մագնիսական ինդուկցիան: Հաշվեք մագնիսական հոսքը հաղորդչի առանցքային հատույթի մի կեսով՝ դրա մեկ մետր երկարության համար:

Մագնիսական դաշտի էներգիան

● **4.79.** Հոսանքն ինչքան է լինի, որ ուղիղ, անվերջ լարից $r=5$ սմ հեռու կետում մագնիսական էներգիայի ծավալային խտությունը լինի $w=10^{-3} \frac{\text{Ջ}}{\text{մ}^3}$:

○ **4.80.** Որոշեք $L=0,05$ Հն ինդուկտիվությամբ և $R=30$ Օմ դիմադրությամբ կոճի մագնիսական դաշտի էներգիան, եթե կոճը միացրել են $r=10$ մ ներքին դիմադրությամբ և $\varepsilon=30$ Վ էլՇՈԻ-ով աղբյուրին:

● **4.81.** Երկաթե տորի վրա $N=500$ գալար կա: Գտեք տորի մագնիսական էներգիան, եթե գալարներով $I=3$ Ա հոսանք անցնելիս՝ տորի լայնական կտրվածքով անցնող մագնիսական հոսքը՝ $\Phi=10^{-3}$ Վբ:

● **4.82.** $R=0,1$ մ շառավղով գալարի կենտրոնում մագնիսական դաշտի էներգիայի խտությունը՝ $w = 10^{-4} \frac{\text{Ջ}}{\text{մ}^3}$: Որոշեք գալարի I հոսանքը:

■ **4.83.** a շառավղով անվերջ երկար գլանային մակերևույթն իր առանցքի շուրջը պտտվում է հաստատուն ω անկյունային արագությամբ: Գլանի միավոր երկարությունն ունի τ լիցք: Որոշեք դրա միավոր երկարության մագնիսական էներգիան:

Հոսանքակիր շրջանակի վրա ազդող պտտող մոմենտը

○ **4.84.** $S=400$ սմ² մակերեսով հաղորդալարե շրջանակը տեղադրված է $B=0,1$ Տլ ինդուկցիայով մագնիսական դաշտում այնպես, որ շրջանակի նորմալը ուղղահայաց է ինդուկցիայի գծերին: Ինչքան պետք է լինի հոսանքի ուժը շրջանակում, որպեսզի նրա վրա ազդի $M=0,02$ Ն·մ պտտող մոմենտ:

□ **4.85.** Սեղանին կա քառակուսի հաղորդիչ շրջանակ, որի լարի լայնական կտրվածքի մակերեսը՝ $S=10^{-8}$ մ², նյութի խտությունը՝ $\rho=8 \cdot 10^3$ կգ/մ³:

Շրջանակի երկու կողմերը զուգահեռ են Երկրի մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի հորիզոնական բաղադրիչին ($B_h = 10 \text{ մկՏլ}$): Ինչքա՞ն պետք է լինի հոսանքի ուժը շրջանակում, որպեսզի այն սկսի պտտվել քառակուսու կողմերից մեկի շուրջը:

◻4.86. Ուղղանկյուն հարթ կոճն ունի $N=200$ գալար և գտնվում է $B=0,05 \text{ Տլ}$ ինդուկցիայով համասեռ մագնիսական դաշտում: Ուղղանկյան կողմերի երկարությունն է՝ $a = 5 \text{ սմ}$ և $b=10 \text{ սմ}$: Ի՞նչ առավելագույն պտտող մոմենտ կազդի կոճի վրա, եթե նրանով անցնող հոսանքի ուժը լինի $I=2 \text{ Ա}$:

• 4.87. $B=0,2 \text{ Տլ}$ դաշտում դրված է $N=50$ գալարանոց և $R=0,2 \text{ մ}$ շառավղով կոճ: Կոճի հարթության նորմալի և ինդուկցիայի կազմած անկյունը՝ $\alpha = 30^\circ$: Որոշեք կոճի վրա ազդող պտտող մոմենտը, եթե դրա գալարների հոսանքը՝ $I=5 \text{ Ա}$:

• 4.88. $H=100 \text{ Ա/մ}$ դաշտում դրված է $S=2500 \text{ սմ}^2$ լայնական հատույթի մակերեսով կարճ կոճ, որն ունի $N=3000$ գալար: Կոճով անցնում է $I=6 \text{ Ա}$ հոսանք: Որոշեք ինդուկցիայի կազմած անկյունը կոճի առանցքի հետ, եթե կոճի վրա ազդող պտտող մոմենտը՝ $M=0,28 \text{ Նմ}$:

◻4.89. a կողմով և m զանգվածով քառակուսի հոսանքակիր շրջանակն այնպես է ամրացրած, որ կպտտվի իր հորիզոնական կողմի շուրջը: Շրջանակը $\vec{B}$ ուղղաձիգ մագնիսական դաշտում է: Շրջանակի հարթության և հորիզոնի անկյունն α է: Որոշեք շրջանակի հոսանքը:

Մագնիսական մոմենտ

• 4.90. Շրջանային գալարի կենտրոնում լարվածությունը $H = 10^3 \text{ Ա/մ}$ է: Գալարի մագնիսական մոմենտը՝ $p_m = 10 \text{ Ամ}^2$: Որոշեք գալարի I հոսանքն ու R շառավիղը:

• 4.91. Մագնիսական հոսքը կոճով՝ $\Phi=5 \text{ մկՎբ}$: Կոճի երկարությունը $l = 20 \text{ սմ}$: Որոշեք կոճի մագնիսական մոմենտը:

• 4.92. Որոշեք 4.23. -ում բերված պարուրակի մագնիսական մոմենտը:

■ 4.93. Համաձայն դասական տեսության, ջրածնի ատոմում էլեկտրոնը պտտվում է պրոտոնի շուրջ $r_0=5,29 \cdot 10^{-11} \text{ մ}$ շառավղով ուղեծրով: Որոշեք՝ ա) էլեկտրոնի պտույտով պայմանավորված հոսանքի ուժը և դրա ստեղծած ինդուկցիան ուղեծրի կենտրոնում; բ) էլեկտրոնի ուղեծրային մագնիսական մոմենտը; գ) ուղեծրային մագնիսական մոմենտի հարաբերությունը մեխանիկական մոմենտին (իմպուլսի մոմենտին):

■ 4.94. Կոճը R շառավղով գալարի առանցքի վրա է: Գալարով անցնում է

I հոսանք: Որոշեք կոճի վրա ազդող ուժը, եթե դրա հեռավորությունը գալարի կենտրոնից x է, իսկ կոճի $\vec{p}_m$ մագնիսական մոմենտը ուղղված է գալարի առանցքով: Կոճի չափերն անտեսեք: Ինչքա՞ն լինի x/R հարաբերությունը, որ այդ ուժը լինի առավելագույնը:

■4.95. Հավասարաչափ լիցքավորված R շառավղով օղակն ունի q լիցք և v հաճախությամբ պտտվում է իր տրամագծի շուրջը: Որոշեք օղակի ստեղծած հոսանքի մագնիսական մոմենտը և մագնիսական դաշտի ինդուկցիան օղակի կենտրոնում:

■4.96. $R=5$ սմ շառավղով գունդն ունի լիցքի $\sigma=10^{-5}$ կլ/մ² խտություն և պտտվում է իր առանցքի շուրջը՝ $n=100$ պտ/վ հաճախությամբ: Որոշեք գնդի մագնիսական մոմենտը և մագնիսական դաշտի ինդուկցիան գնդի կենտրոնում:

■4.97. R շառավղով գնդային մակերևույթն ունի լիցքի մակերևույթային σ խտություն և պտտվում է ω անկյունային արագությամբ: Որոշեք գրնդային մակերևույթի մագնիսական մոմենտը: Ցույց տվեք, որ դրա մագնիսական և մեխանիկական մոմենտների հարաբերությունը $q/2m$ է, որտեղ m -ը գնդային մակերևույթի զանգվածն է:

■4.98. $R=5$ սմ շառավղով և $d=5$ սմ հաստությամբ ապակե սկավառակն ունի լիցքի $\sigma=10^{-2}$ կլ/մ² խտությունը: Սկավառակը պտտվում է իր առանցքի շուրջը $v=1,6$ պտ/վ հաճախությամբ: Որոշեք սկավառակի մագնիսական մոմենտը և ինդուկցիան նրա կենտրոնում:

■4.99. Ոչ մեծ հոսանքակիր գալարը I հոսանքով ուղիղ, շատ երկար լարից r հեռավորության վրա է: Գալարի մագնիսական մոմենտը $\vec{p}_m$ է: Որոշեք գալարի վրա ազդող ուժը, եթե $\vec{p}_m$ -ը՝ **ա)** զուգահեռ է լարին; **բ)** ուղղահայաց է լարին և դրանով անցնող հարթության մեջ է; **գ)** I հոսանքի մագնիսական դաշտով է ուղղված:

Հոսանքակիր հաղորդալարի(շրջանակի) տեղափոխման աշխատանքը մագնիսական դաշտում

■4.100. Նույն հարթության մեջ դրված է իրար զուգահեռ, շատ երկար երկու ուղիղ լար: Լարերով անցնում է նույն ուղղությամբ $I_1 = 20$ Ա և $I_2 = 30$ Ա հոսանք: Այդ լարերն իրարից հեռացնում են $a = 0,1$ մ-ից մինչև $b=0,2$ մ-ը: Որոշեք այն աշխատանքը, որը կատարվել է լարերի միավոր երկարությունները հեռացնելու համար:

■**4.101.** Նույն հարթության մեջ դրված է իրար գուգահեռ և շատ երկար երկու ուղիղ լար: Լարերի հոսանքները նույն մեծության և ուղղության են: Որոշեք այդ լարերի հոսանքը, եթե դրանց հեռավորությունը կրկնապատկելիս՝ լարի $l = 1$ սմ-ը տեղափոխելու աշխատանքը՝ $A = 5,5 \cdot 10^{-7}$ Ջ:

●**4.102.** $R = 0,2$ մ շառավղով ազատ կողմնորոշվող օղակաձև շրջանակը $B = 0,5$ Տլ դաշտում է: Ի՞նչ աշխատանք պետք է կատարվի շրջանակը դրա տրամագծով անցնող առանցքի շուրջը $\alpha = \pi/6$ անկյունով պտտելու համար: Շրջանակով անցնող հոսանքը՝ $I = 2$ Ա:

●**4.103.** $B = 0,5$ Տլ դաշտի գծերի նկատմամբ $\alpha = \pi/3$ անկյան տակ դրված է $a = 0,1$ մ և $b = 0,2$ մ կողմերով ուղղանկյուն շրջանակ, որով անցնում է $I = 5$ Ա հոսանք: Ի՞նչ աշխատանք կատարվի, որ ուղղանկյուն շրջանակը դառնա այնպիսի օղակ, որի նորմալը մագնիսական դաշտի հետ կազմի $\beta = \pi/6$ անկյուն: Հոսանքի ուժը համարեք անփոփոխ:

●**4.104.** $d = 0,1$ մ տրամագծով օղակաձև շրջանակով անցնող հոսանքի ուժը՝ $I = 5$ Ա: Շրջանակը $B = 0,5$ Տլ ինդուկցիայով համասեռ մագնիսական դաշտում տեղադրված է այնպես, որ դրա մակերեսով մագնիսական հոսքն առավելագույնն է: Ի՞նչ աշխատանք պետք է կատարել, որպեսզի շրջանակը՝ **ա)** պտտվի $\alpha = 120^\circ$ -ով; **բ)** դաշտից հեռացվի:

■**4.105.** 4.42 խնդրում գտեք այն աշխատանքը, որը պիտի կատարվի, որպեսզի՝ **ա)** շրջանակը տեղափոխվի իրեն գուգահեռ՝ հաղորդալարից հեռանալով a չափով; **բ)** շրջանակը պտտվի լարից հեռու գտնվող b կողմի շուրջը 180° -ով:

Մագնիսական դաշտը միջավայրում

(Որոշ խնդիրներում անհրաժեշտ է օգտվել երկաթի համար $B(H)$

կախվածության գրաֆիկից, որը բերված է հավելվածում)

○**4.106.** Մագնիսական դաշտի ինդուկցիան մետաղե չորսուղի ներսում $B = 1$ Տլ, իսկ արտաքին մագնիսացնող դաշտի ինդուկցիան՝ $B_0 = 2$ մՏլ: Ինչի՞ է հավասար այդ մետաղի մագնիսական թափանցելիությունը:

○**4.107.** Հոսանքակիր կոճի ներսում մի անգամ նիկելից միջուկ տեղադրեցին, մյուս անգամ՝ նույն չափերի երկաթե միջուկ: Մագնիսական հոսքը նիկելից միջուկի լայնական կտրվածքով $n = 2,5$ անգամ փոքր էր, քան երկաթե միջուկի կտրվածքով: Որոշեք նիկելի մագնիսական թափանցելիությունը, եթե երկաթինը $\mu_2 = 750$:

●**4.108.** Իրար գուգահեռ երկու ուղիղ, անվերջ լար դրված են մագնիսական միջավայրում՝ իրարից $a = 1$ մ հեռու: Լարերից յուրաքանչյուրով

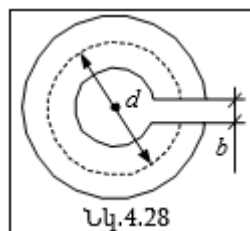
անցնում է $I=1\text{Ա}$ հոսանք: Որոշեք միջավայրի χ_m մագնիսական ընկալությունը, եթե լարերից մեկը մյուսի $l=1\text{մ}$ -ի վրա ազդում է $F=0,2\text{մկՆ}$ ուժով:

• **4.109.** $C = 10^{-5}\text{Ֆ}$ ունակությամբ կոնդենսատորը պարբերաբար լիցքավորվում է $U=120\text{Վ}$ լարման աղբյուրից և լիցքաթափվում $l = 10$ սմ երկարություն և $N=200$ գալար ունեցող սոլենոիդով: Դա կատարվում է $v=200$ վ $^{-1}$ հաճախությամբ: Մագնիսական ինդուկցիայի միջին արժեքը սոլենոիդի կենտրոնում՝ $B=0,1\text{Տլ}$: Որոշեք սոլենոիդի միջուկի նյութի μ -ն: Սոլենոիդի շառավիղը շատ փոքր է երկարությունից:

• **4.110.** Սոլենոիդի միավոր երկարությունն ունի n գալար, իսկ դրանով անցնող հոսանքը I է: Սոլենոիդը լցված է μ թափանցելիությամբ մագնետիկով: Որոշեք՝ ա) մագնիսական ինդուկցիան և լարվածությունը մագնետիկի ներսում; բ) մագնիսացման վեկտորի մեծությունը և ուղղությունը:

■ **4.111.** Ուղիղ, անվերջ երկար հոսանքակիր լարը դրված է երկու անվերջ մագնետիկների բաժանման հարթ սահմանի վրա: Մագնետիկները μ_1 և μ_2 մագնիսական թափանցելիությամբ մեկուսիչներ են: Որոշեք մագնիսական ինդուկցիայի կախվածությունը լարի r հեռավորությունից, եթե դրա հոսանքի ուժը I է: $\vec{B}$ -ի գծերը համարեք շրջանագծեր, որոնց կենտրոնը լարն է:

• **4.112.** Մագնիսացած գլանի երկարությունը l է, իսկ շառավիղը՝ R : Մագնիսացման $\vec{J}$ վեկտորն ուղղված է գլանի առանցքով: Որոշեք մագնիսական ինդուկցիան գլանի կենտրոնում, եթե $l \gg R$:



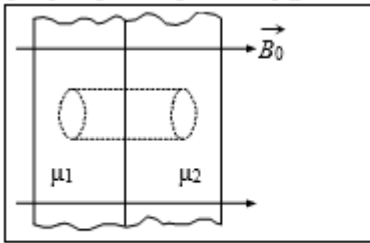
• **4.113.** Հաստատուն օղակաձև մագնիսն ունի b լայնությամբ նեղ բացվածք (Նկ.4.28): Օղակի միջին գծի տրամագիծը d է, իսկ ինդուկցիան բացվածքում՝ $\vec{B}$: Որոշեք մագնիսական դաշտի լարվածության և մագնիսացման վեկտորի մոդուլները բացվածքում ու մագնիսի նյութի ներսում: Դաշտի անհամասեռությունը բացվածքի եզրին անտեսեք:

• **4.114.** Տորոիդն ունի $N=1000$ գալար, իսկ դրա միջուկը ֆերոմագնիսից է, որի միջին գծի տրամագիծը՝ $d=50\text{սմ}$: Միջուկն ունի $b=1\text{սմ}$ լայնությամբ օղալին բացվածք: Երբ փաթույթով անցնում է $I=1\text{Ա}$ հոսանք, մագնիսական դաշտի ինդուկցիան բացվածքում՝ $B=1\text{Տլ}$: Անտեսելով դաշտի

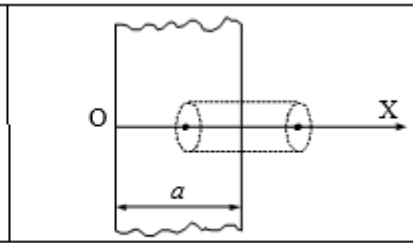
անհամասեռությունը բացվածքի եզրին, որոշեք ֆերոմագնիսի մագնիսական թափանցելիությունը:

● **4.115.** Երկաթե տորի վրա $N=500$ գալար կա: Որոշեք տորի մագնիսական էներգիան, եթե գալարներով $I=2$ Ա հոսանք անցնելիս՝ տորի լայնական կտրվածքով անցնող մագնիսական հոսքը՝ $\Phi = 10^{-3}$ Վբ:

■ **4.116.** Երկու մագնետիկ թիթեղ են կայցրել իրար և դրել նրանց հարթության ուղղահայաց $\vec{B}_0$ դաշտում: Թիթեղների մանիսական թափանցելիություններն են μ_1 և μ_2 : Ինչի՞նչ են հավասար Նկ.4.29-ի գլանի մակերևույթով $\vec{B}$ -ի և $\vec{H}$ -ի հոսքերը:



Նկ.4.29

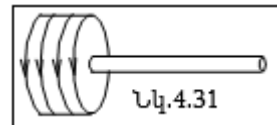


Նկ.4.30

● **4.117.** Անվերջ մագնետիկ թիթեղն իրեն ուղղահայաց դաշտում է (Նկ.4.30): μ -ն փոխվում է գծային օրենքով՝ և ձախ եզրում ունի μ_1 , իսկ աջ եզրում՝ μ_2 արժեքը: Որոշեք $\vec{H}$ վեկտորի հոսքն այն գլանային մակերևույթով, որի ծնորդը զուգահեռ է OX առանցքին, իսկ հիմքերի կենտրոնների կողորդինաստներն են՝ $x_1 = a/2$, $x_2 = 3a/2$: Այդ գլանի հիմքի մակերեսը S է:

● **4.118.** Ցույց տվեք, որ երկու մագնետիկի սահմանի վրա անընդհատ է մագնիսական ինդուկցիայի վեկտորի նորմալ բաղադրիչը՝ $B_{1n} = B_{2n}$, իսկ լարվածության՝ տանգենցիալ բաղադրիչը՝ $H_{1t} = H_{2t}$: Բաժանման սահմանի վրա հաղորդման հոսանք չկա:

■ **4.119.** Բարակ, երկար ձողը χ_m ընկալունակությամբ պարամագնիսից է և ունի լայնական կտրվածքի S մակերես: Ձողը դրված է հոսանքակիր կոճի առանցքի վրա և մի ծայրը կոճի կենտրոնում է (Նկ.4.31): Ինչ ուժով է կոճը ձգում ձողին, եթե ձողի մի ծայրի վրա մագնիսական ինդուկցիան B է, իսկ մյուսի վրա՝ զրո:



■ **4.120.** Ուղիղ, շատ բարակ, անվերջ լարն ուղղահայաց է մագնետիկվակուում հարթ սահմանին: Մագնետիկի մագնիսական թափանցելիու-

թյունը μ է, իսկ լարի հոսանքը՝ I : Որոշեք մագնետիկի մակերևույթի մագնիսացման հոսանքի գծային խտության կախվածությունը լարի r հեռավորությունից:

■4.121. Երկու մագնետիկների հարթ սահմանի վրա մագնիսական դաշտի ինդուկցիան հարթության նորմալի նկատմամբ փոխում է իր թեքման անկյունը՝ α_1 -ից α_2 : Քանի՞ անգամ է փոխվում ինդուկցիայի մոդուլը հարթությունն անցնելիս: Ինչքա՞ն է հարթությունով անցնող մագնիսացման հոսանքի գծային խտությունը, եթե մագնիսական դաշտի ինդուկցիան առաջին մագնետիկում B_1 է:

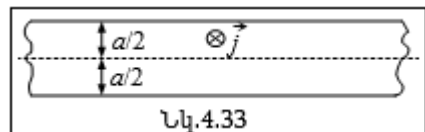
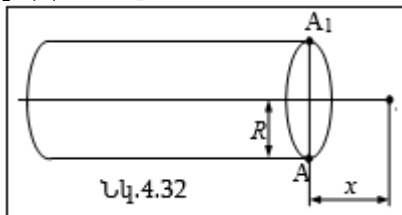
●4.122. Պղնձի մագնիսական ընկալությունը՝ $\chi_m = -8,8 \cdot 10^{-8}$: Որոշեք պղնձի ատոմի էլեկտրոնների միջին հեռավորությունը միջուկից:

●4.123. Թթվածնի մոլեկուլն օժտված է $p_m = 2,6 \cdot 10^{-23}$ Ա·մ² մագնիսական մոմենտով: Որոշեք թթվածնի պարամագնիսական ընկալունակությունը նորմալ պայմաններում ($T=273$ Կ, $P=101,3$ կՊա):

■4.124. Պարամագնիսական գազի ջերմաստիճանը $T=300$ Կ, իսկ յուրաքանչյուր ատոմի մագնիսական մոմենտը Բորի երկու մագնետոն է՝ $p = 2p_B$ ($p_B = \frac{e}{2m_e} \frac{h}{2\pi} = 9,27 \cdot 10^{-24}$ Ա·մ²): Գնահատեք, թե արտաքին մագնիսական դաշտով ուղղված ատոմների թիվը քանի՞ անգամ է մեծ դաշտին հակառակ ուղղվածների թվից: Մագնիսական ինդուկցիան՝ $B=1$ Տլ:

Տարբեր թեմաների խնդիրներ

■4.125. R շառավղով, կիսաանվերջ գլանի մակերևույթով հոսում է i գծային խտությամբ հոսանք, որի ուղղությունը ուղղահայաց է գլանի առանցքին: Ինչպե՞ս է մագնիսական դաշտի ինդուկցիան առանցքի կետերում կախված գլանի AA_1 ճակատից ունեցած x հեռավորությունից (Նկ.4.32): Ատոմանձին քննարկեք այն դեպքը, երբ՝ ա) $x = 0$; $x \gg R$; բ) $|x| \gg R$, եթե $x < 0$:



■4.126. a հաստությամբ հարթ, հոծ անվերջ թիթեղով հոսում է j խտությամբ հոսանք (Նկ.4.33): Որոշեք ինդուկցիայի կախվածությունը թիթեղի մեջտեղով անցնող և թիթեղին զուգահեռ հարթության x հեռավորությունից:

●4.127. Ուղիղ, անվերջ երկար ուսանքակիր լարը անվերջ հարթությանը զուգահեռ է: Հոսանքի ուժը լարում I է, իսկ հարթության հոսանքի գծային խտությունը՝ i : Որոշեք լարի միավոր երկարության վրա ազդող ուժը, եթե հոսանքներն ունեն նույն ուղղությունը:

■4.128. R շառավղով անվերջ սղենոիդի միավոր երկարությունն ունի n գալար, իսկ հոսանքը I է: R -ն ուժով են իրար ձգում այդ սղենոիդի երկու կեսերը:

■4.129. N գալար պարունակող տորոիդի լայնական կտրվածքը a և b կողմերով ուղղանկյուն է: a կողմը հանդիսանում է այդ կոճի բարձրությունը, իսկ դրա ներքին շառավիղը x_0 է: Որոշեք այդ կոճի ինդուկտիվությունը:

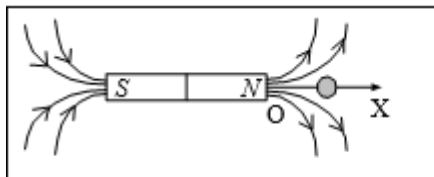
■4.130. Որոշեք անվերջ երկար, ուղիղ գլանի ներսում մագնիսական դաշտի ինդուկցիան, եթե գլանի մակերևույթով, դրա առանցքին ուղղահայաց, անցնում է i գծային խտությամբ հոսանք:

■4.131. Որոշեք երկհաղորդիչ գծի միավոր երկարության ինդուկտիվությունը, եթե հաղորդալարերից յուրաքանչյուրի շառավիղը a է, իսկ լարերի առանցքների հեռավորությունը $d(d \gg a)$: Հաղորդալարերով հոսում է հակադիր ուղղության հավասար հոսանքներ: Մագնիսական դաշտը լարերի ներսում անտեսեք:

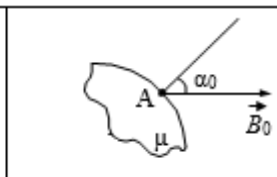
■4.132. Կաբելը (մալուխը) կազմված է a և b շառավիղներով երկու համաառանցք բարակ պատերով գլանային մակերևույթներից ($a < b$): Որոշեք մալուխի միավոր երկարության ինդուկտիվությունը: Գլաններով հոսում է հակադիր ուղղության հավասար հոսանքներ: Հաշվարկը կատարեք երկու եղանակով՝ ա) $\Phi = LI$ բանաձևով: բ) $W = LI^2/2$ բանաձևով: Համեմատեք ստացված արդյունքները:

■4.133. Համաառանցք կաբելը կազմված է ներքին հոծ a շառավղով լարից և արտաքին, բարակ պատերով, b շառավղով խողովակից: Որոշեք կաբելի միավոր երկարության ինդուկտիվությունը, եթե հոսանքը ներքին հաղորդալարի լայնական հատությամբ հավասարաչափ է բաշխված: Մագնիսական թափանցելիությունը ամենուրեք հավասար է մեկի: Հաշվեք երկու եղանակով՝ ա) $\Phi = LI$ բանաձևով: բ) $W = LI^2/2$ բանաձևով: Համեմատեք ստացված արդյունքները:

■4.134. Մագնիսական ինդուկցիան շերտավոր մագնիսի ծայրի հեռավորությունից կախված է $B = B_0 e^{-\alpha x^2}$ օրենքով, որտեղ B_0 -ն և α -ն հաստատուն են: V ծավալով պարամագնիսական գնդիկը մագնիսի ծայրից x մ է հեռու (Նկ.4.34): Որոշեք՝ ա) այն x_0 հեռավորությունը, որի դեպքում գնդիկի վրա ազդող ուժը կունենա F_0 արավելագույն արժեքը; բ) պարամագնիսի χ_m մագնիսական ընկալությունը:



Նկ.4.34



Նկ.4.35

■4.135. Մագնիսական դաշտի $\vec{B}$ ինդուկցիայի գծերը ուղղահայաց են երկու մագնետիկների բաժանման սահմանին: Մագնետիկների մագնիսական թափանցելիություններն են μ_1 և μ_2 : Որոշեք բաժանման սահմանի միավոր մակերեսի վրա ազդող ուժը: Ինչպե՞ս է ուղղված այդ ուժը:

■4.136. μ թափանցելիությամբ մագնետիկը վակուումում է: Դրա մակերևույթի սահմանի վրայի A կետի մոտակայքի վակուումի մագնիսական ինդուկցիան B_0 է և մակերևույթի նորմալի հետ կազմում է α_0 անկյուն (Նկ.4.35): Որոշեք մագնիսական ինդուկցիան A կետի մոտակայքի մագնետիկի կետերում (մոդուլը և ուղղությունը):

●4.137. $l = 15$ սմ երկարությամբ բարակ, գլանային հաստատուն մագնիսի վրա հավասարաչափ կերպով փաթաթել են $N=300$ գալար: Երբ փաթույթով անցնում է $I=3$ Ա հոսանք, մագնիսական դաշտը մագնիսից դուրս վերանում է: Որոշեք մագնիսի նյութի H_c կոերցիտիվ ուժը:

Հարցեր

- 1. Ո՞ր փոխազդեցությունն են անվանում մագնիսական: Նշեք մագնիսական դաշտի գոնե երեք հատկություն:
- 2. Ինչպե՞ս են փոխազդում երկու զուգահեռ, ուղիղ հաղորդալարեր, եթե դրանց հոսանքներն ունեն՝ ա) նույն ուղղությունը, բ) հակադիր ուղղությունը:
- 3. Հոսանքակիր օղակը վանում է մագնիսի հարավային բևեռը: Ի՞նչ

ուղղություն ունի հոսանքն օղակում:

- 4. Ի՞նչ դիրք կունենան մագնիսական սլաքները Երկրի մագնիսական բևեռներում:
- 5. Ապացուցեք, որ նույն ուղղությամբ զուգահեռ հոսանքներն իրար ձգում են, իսկ հակադիր հոսանքները՝ վանում:
- 6. Ինչպե՞ս են սահմանում մագնիսական ինդուկցիայի վեկտորի մոդուլը:
- 7. Ինչպե՞ս են սահմանում մագնիսական ինդուկցիայի վեկտորի ուղղությունը:
- 8. Ո՞րն է մագնիսական ինդուկցիայի միավորը ՄՀ-ում:
 - 9. Մագնիսական ինդուկցիայի ՄՀ-ի միավորն ինչպե՞ս է կապված գաուսյան համակարգի նույն մեծության միավորի հետ:
- 10. Ինչպե՞ս են սահմանում մագնիսական ինդուկցիայի գծերը: Նշեք դրանց կարևորագույն տարբերությունը էլեկտրաստատիկ դաշտի ուժագծերից:
- 11. Ինչպե՞ս են սահմանում մագնիսական հոսքը: Ո՞րն է մագնիսական հոսքի միավորը ՄՀ-ում:
 - 12. Մագնիսական հոսքի ՄՀ-ի միավորը ինչպե՞ս է կապված գաուսյան համակարգի նույն մեծության միավորի հետ:
 - 13. Գրեք Գաուսի թեորեմը մագնիսական դաշտի համար և մեկնաբանեք դա:
 - 14. Գրեք Բիո-Սավար-Լապլասի օրենքը և մեկնաբանեք դա:
 - 15. Գրեք ուղիղ, հոսանքակիր անվերջ լարի մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի մոդուլի բանաձևը:
 - 16. Գրեք շրջանային հոսանքի կենտրոնում մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի մոդուլի բանաձևը:
 - 17. Ինչպե՞ս է սահմանվում մագնիսական դաշտի լարվածությունը վակուումում, և ի՞նչ միավորով է դա չափվում:
 - 18. Մագնիսական դաշտի լարվածության ՄՀ-ի միավորը ինչպե՞ս է կապված գաուսյան համակարգի նույն մեծության միավորի հետ:
 - 19. Գրեք մագնիսական ինդուկցիայի և լարվածության բանաձևերն անվերջ սղենոիդի ներսում:
- 20. Համասեռ մագնիսական դաշտում կա ուղիղ, հոսանքակիր անվերջ լար: Դաշտն ի՞նչ ուժով է ազդում դրա / երկարության վրա:
 - 21. Երբ մագնիսական դաշտը համասեռ չէ, և հոսանքակիր լարն էլ ուղիղ չէ, ինչպե՞ս են հաշվում լարի վրա ազդող ուժը:

- 22. Համասեռ մագնիսական դաշտում շարժվող լիցքավորված մասնիկի պտտվելու պարբերությունը ինչպե՞ս է կախված մասնիկի սկզբնական արագությունից:
- 23. Գրեք Բիո-Սավար-Լապլասի օրենքը հոսանքների ծավալային բաշխվածության համար:
 - 24. Գրեք Ամպերի ուժի բանաձևը հոսանքների ծավալային բաշխվածության համար:
- 25. Գրեք մագնիսական դաշտում շարժվող լիցքավորված մասնիկի վրա ազդող ուժի (Լորենցի ուժ) բանաձևը:
- 26. Ինչպե՞ս է շարժվում լիցքավորված մասնիկը համասեռ մագնիսական դաշտում, եթե դրա՝ **ա**) սկզբնական արագությունն ուղղահայաց է մագնիսական դաշտին, **բ**) սկզբնական արագությունը անկյուն է կազմում մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի գծերի հետ, **գ**) մասնիկի սկզբնական արագությունն ունի դաշտի ուղղությունը:
- 27. Գրեք Լորենցի ուժի բանաձևը, երբ լիցքավորված մասնիկը շարժվում է տարածության այն տիրույթով, որտեղ կա l մագնիսական, և՛ էլեկտրական դաշտ:
- 28. Տվեք շրջանակի ինդուկտիվության սահմանումը: Ո՞րն է ինդուկտիվության միավորը ՄՀ-ում :
- 29. Ինդուկտիվության ՄՀ միավորը ինչպե՞ս է կապված գաուսյան համակարգի նույն մեծության միավորի հետ:
 - 30. Ինչպե՞ս կփոխվի կոճի ինդուկտիվությունը, եթե գալարների թիվը հաստատուն պահելով 2 անգամ մեծացնենք դրա չափերը:
 - 31. Սահմանեք մագնիսական $\vec{p}_m$ մոմենտը:
 - 32. Ի՞նչ պտտող մոմենտ է ազդում մագնիսական դաշտում դրված մագնիսական դիպոլի վրա:
- 33. Ի՞նչ ուժով է մագնիսական դաշտն ազդում մագնիսական դիպոլի վրա:
- 34. Ինչքա՞ն է $\vec{p}_m$ մոմենտով դիպոլի էներգիան $\vec{B}$ ինդուկցիայով դաշտում:
- 35. Գրեք $\vec{v}$ արագությամբ ($v \ll c$) շարժվող լիցքի կուլոնյան դաշտի լարվածության և մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի կապը:
- 36. Մեկուսիչ և համասեռ գունդը համասեռ էլեկտրական դաշտում պտտվում է իր այն առանցքի շուրջը, որը գուգահեռ է դաշտին: Ինչի՞նչ է հավասար մագնիսական դաշտի ինդուկցիան գնդի

կենտրոնում:

- **37.** Գրեք մագնիսական ինդուկցիայի վեկտորի շրջապտույտի թեորեմը (լրիվ հոսանքի օրենքը) և մեկնաբանեք դա:
- **38.** Մագնիսական դաշտի համար գրեք Գաուսի դիֆերենցիալ թեորեմը:
- **39.** Գրեք լրիվ հոսանքի դիֆերենցիալ օրենքը:
- **40.** Գրեք հոսանքակիր շրջանակի էներգիայի բանաձևը:
- **41.** Գրեք մագնիսական դաշտի էներգիայի բանաձևը:
- **42.** Գրեք մագնիսական դաշտի էներգիայի ծավալային խտության բանաձևը:
- **43.** Գրեք մագնիսական դաշտում հոսանքակիր լարը (շրջանակը) տեղափոխելու աշխատանքի բանաձևը:
- **44.** Մագնիսական դաշտում հոսանքակիր լարի (շրջանակի) տեղափոխելու աշխատանքն ի՞նչ էներգիայի հաշվին է:
- **45.** Ճի՞շտ են արդյոք Գաուսի և ինդուկցիայի վեկտորի շրջապտույտի թեորեմները փոփոխական հոսանքի մագնիսական դաշտի համար:
- **46.** Հաստատուն հոսանքն անցնում է բարակ պատերով մետաղե խողովակով: Ինչպե՞ս է որոշվում ստեղծված մագնիսական դաշտի ինդուկցիան խողովակի ներսում և դրսում:
- **47.** m զանգվածով և q լիցքով մասնիկը պտտվում է շրջանային ուղեծրով: Ինչի՞նչ է հավասար դրա մագնիսական և մեխանիկական մոմենտների հարաբերությունը:
- **48.** Նկարագրեք մագնիսական ինդուկցիան չափելու որևէ փորձ:
- **49.** Անհամասեռ մագնիսական դաշտում գտնվող հոսանքակիր շրջանակի վրա ի՞նչ ուղղությամբ ուժ կազդի:
- **50.** Հոսանքակիր փոքր օղակը երկար սուլենոիդի առանցքի վրա է: Օղակը մեկ դնում են սուլենոիդի կենտրոնում, մեկ՝ հիմքի վրա, իսկ երրորդ անգամ՝ սուլենոիդի հիմքից դրա երկարության կեսին հավասար հեռավորության վրա: Սուլենոիդի դաշտն օղակի վրա ե՞րբ է ավելի մեծ ուժով ազդում: Օղակի հարթությունն ուղղահայաց է սուլենոիդի առանցքին:
- **51.** Իրար զուգահեռ հարթությունների մեջ երկու համառանցք հոսանքակիր օղակ կա: Օղակներից մեկը պահում են անշարժ, իսկ մյուսը՝ մի անգամ պտտում 90° -ով, մյուս անգամ՝ 180° -ով, երրորդ

անգամ այն հեռացնում են ուրիշ տեղ: Ե՞րբ է աշխատանքը ամենամեծը, ե՞րբ է ամենափոքրը:

- **52.** Շրջանային հոսանքի կենտրոնում կա ազատ մագնիսական դիպոլ: Դրա վրա ուժ կազդի՞:
- **53.** Շրջանային հոսանքի հարթության ուղղահայաց առանցքի վրա կա ազատ մագնիսական դիպոլ: Օղակը դրան կձգի՞, թե՞ կվանի:
- **54.** Անվերջ հարթությամբ անցնում է հաստատուն գծային խտությամբ հոսանք: Դրա դաշտում գտնվող մագնիսական դիպոլի վրա ուժ կազդի՞:
- **55.** Ուղիղ, հոսանքակիր անվերջ լարի դաշտում կա ազատ մագնիսական դիպոլ: Լարը դրան կձգի՞, թե՞ կվանի:
- **56.** Ինչո՞ւ է մագնիսական դաշտը միջավայրում տարբեր վակուումի մագնիսական դաշտից:
- **57.** Ո՞ր նյութերն են դիամագնիսներ, որո՞նք՝ պարամագնիսներ:
- **58.** Ի՞նչ է մագնիսացման վեկտորը: Գրեք մագնիսացման վեկտորը սահմանող առնչությունը:
- **59.** Մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի և մագնիսացման վեկտորի միջոցով ինչպե՞ս է սահմանվում մագնիսական դաշտի լարվածությունը:
- **60.** Ինչի՞ է հավասար մագնիսական լարվածության վեկտորի շրջապատույտը:
- **61.** Իզոտրոպ մագնետիկների մագնիսացման վեկտորն ինչպե՞ս է կախված մագնիսական դաշտի լարվածությունից:
- **62.** Ի՞նչ նշան և չափողականություն ունի մագնիսական ընկալությունը՝ **ա)** դիամագնիսի համար, **բ)** պարամագնիսի համար:
- **63.** Ո՞ր նյութերն են ֆերոմագնիսներ:
- **64.** Ի՞նչ կարգի մեծություն է մագնիսական ընկալությունը՝ **ա)** դիամագնիսի համար, **բ)** պարամագնիսի համար:
- **65.** Ի՞նչ առանձնահատկությամբ է օժտված ֆերոմագնիսի մագնիսական ընկալությունը:
- **66.** Երբ հոսանքակիր օղակը վակուումից տեղափոխեցին միջավայր, մագնիսական ինդուկցիայի մոդուլը դրա կենտրոնում փոքր-ինչ նվազեց: Ի՞նչ միջավայր են տեղափոխել օղակը: Պատասխանը

հիմնավորեք:

- 67. Երբ հոսանքակիր օղակը վակուումից տեղափոխեցին միջավայր, մագնիսական ինդուկցիայի մոդուլը դրա կենտրոնում փոքր-ինչ աճեց: Ի՞նչ միջավայր են տեղափոխել օղակը: Պատասխանը հիմնավորեք:
- 68. Երբ հոսանքակիր օղակը վակուումից տեղափոխեցին միջավայր, մագնիսական ինդուկցիայի մոդուլը դրա կենտրոնում՝ **ա)** աճեց; **բ)** նվազեց: Ինչպե՞ս է փոխվել մագնիսական դաշտի լարվածությունը **ա** և **բ** դեպքերում:
- 69. Բացատրեք դիամագնիսի մագնիսացումը: Ին՞չ է Լարմորյան կոնապտույտը (պրեցեսիան):
- 70. Դասական տեսությամբ բացատրեք պարամագնիսի մագնիսացումը:
- 71. Պարամագնիսներն օժտվա՞ծ են դիամագնիսականությամբ, թե՞ ոչ: Պատասխանը հիմնավորեք:
- 72. Դասական ֆիզիկայի օրենքներով պարամագնիսների համար հաշվարկած մագնիսական ընկալությունը տարբերվում է փորձնական արժեքից: Ինչո՞վ է դա պայմանավորված:
- 73. Ի՞նչ է ատոմի սպինային մագնիսական մոմենտը, և ի՞նչ կարգի մեծություն է դա:
- 74. Ի՞նչ է միջավայրի մագնիսական թափանցելիությունը: Ինչպե՞ս է դա կապված մագնիսական ընկալության հետ:
- 75. Շրջանակի ինդուկտիվությունը վակուումում և միջավայրում հայտնի է: Որոշենք միջավայրի մագնիսական թափանցելիությունը:
- 76. Ի՞նչ կարգի մեծություն է միջավայրի մագնիսական թափանցելիությունը՝ **ա)** դիամագնիսի համար, **բ)** պարամագնիսի համար:
- 77. Ի՞նչ առանձնահատկությամբ է օժտված ֆերոմագնիսի մագնիսական թափանցելիությունը:
- 78. Դիամագնիսակա՞ն, թե՞ պարամագնիսական ատոմներից է կազմված ֆերոմագնիսը: Պատասխանը հիմնավորեք:
- 79. Ո՞ր ջերմաստիճանում է ֆերոմագնիսը կորցնում իր ֆերոմագնիսական հատկությունները:
- 80. Գծեք հիստերեզիսի օղակը՝ ֆերոմագնիսի մագնիսացման

համար:

- **81.** Գծեք հիստերեզիսի օղակը՝ մագնիսական ինդուկցիայի համար:
- **82.** Ի՞նչ է մագնիսացման հոսանքը: Ո՞րն է այդ հոսանքի գծային խտությունը:
- **83.** Ինչպե՞ս է մագնիսացման լրիվ հոսանքը կապված մագնիսացման վեկտորի հետ:
- **84.** Ի՞նչ առնչությամբ է մագնիսացման հոսանքի գծային խտությունը կապված մագնիսացման վեկտորի հետ:
- **85.** Ի՞նչ առնչությամբ է մագնիսացման հոսանքի ծավալային խտությունը կապված մագնիսացման վեկտորի հետ:
- **86.** Գրեք մագնիսացման վեկտորի կապը մագնիսական դաշտի լարվածության հետ՝ անիզոտրոպ միջավայրի համար:
- **87.** Անհամասեռ մանիսական դաշտն ի՞նչ ուղղությամբ ուժով է ազդում՝ ա) դիամագնիսական նմուշի վրա, բ) պարամագնիսական նմուշի վրա, գ) ֆերոմագնիսական նմուշի վրա:
- **88.** Գրեք մագնիսական դաշտի էներգիայի բանաձևը միջավայրում:
- **89.** Ինչպե՞ս որոշեն սոլենոիդի միջուկի մագնիսական թափանցելիությունը, եթե փորձով չափել են սոլենոիդի ինդուկտիվությունը:
- **90.** Կախվա՞ծ է արդյոք սոլենոիդի ինդուկտիվությունը նրանով անցնող հոսանքից, եթե սոլենոիդն ունի երկաթյա միջուկ:
- **91.** Ինչպե՞ս է իրեն պահում մագնիսական ինդուկցիան երկու միջավայրի սահմանի վրա:
- **92.** Ինչպե՞ս է իրեն պահում մագնիսական դաշտի լարվածությունը երկու միջավայրի սահմանի վրա:
- **93.** Գրեք մագնիսական ինդուկցիայի գծերի բեկման օրենքը:
- **94.** Ի՞նչ փորձով որոշենք միջավայրի մագնիսական թափանցելիությունը:
- **95.** Նկարագրեք Հոլի երևույթը:
- **96.** Ի՞նչ մեծություններից է կախված Հոլի լարումը:
- **97.** Ի՞նչ ուղղություն ունեն մագնիսական ինդուկցիայի և լարվածության վեկտորները՝ հաստատուն մագնիսի ներսի և դրսի տիրույթներում:
- **98.** Ֆերոմագնիսի հիստերեզիսի օղակով ինչպե՞ս որոշենք միավոր

ծավալով ֆերմագնիսական նմուշի մագնիսացման կամ ապամագնիսացման աշխատանքը:

- 99. Էլեկտրամագնիս պատրաստելու համար հիստերեզիսի օղակի մե՞ծ, թե՞ փոքր մակերես ունեցող պողպատ պետք է վերցնեն: Պատասխանը հիմնավորեք:
- 100. Հաստատուն մագնիս պատրաստելու համար հիստերեզիսի օղակի մե՞ծ, թե՞ փոքր մակերես ունեցող պողպատ պետք է վերցնեն: Պատասխանը հիմնավորեք:
- 101. Հիստերեզիսի օղակի վրա նշեք այն կետերը, որոնց ֆորմալ ձևով կարելի է վերագրել մագնիսական թափանցելիության՝ **ա)** 0 արժեք; **բ)** անվերջ արժեք; **գ)** բացասական արժեք:
- 102. Հարթությունը տարածությունը բաժանում է երկու մասի: Մի մասում մագնիսական դաշտ չկա: Ցույց տվեք, որ մյուս մասի մագնիսական դաշտը (հարթության մոտակա կետերում) զուգահեռ է այդ հարթությանը:
- 103. Շրջանային հոսանքի կենտրոնում կա պարամագնիսական ատոմ: Դրա վրա ուժ կազդի՞:
- 104. Շրջանային հոսանքի հարթությանն ուղղահայաց առանցքի վրա կա պարամագնիսական ատոմ: Օղակը դրան կձգի՞, թե՞ կվանի:
- 105. Անվերջ հարթությամբ անցնում է հաստատուն գծային խտությունով հոսանք: Դրա դաշտում գտնվող պարամագնիսական ատոմի վրա ուժ կազդի՞:
- 106. Ուղիղ, հոսանքակիր լարի դաշտում կա պարամագնիսական ատոմ: Լարը դրան կձգի՞, թե՞ կվանի:
- 107. Օղակաձև հոսանքի առանցքի վրա կա դիամագնիսական ատոմ: Օղակը դրան կձգի՞, թե՞ կվանի:
- 108. Երկու շերտավոր մագնիս մի գծի վրա են, իսկ դրանց մոտակա բևեռները հակառակ են: Ինչպե՞ս կփոխվի դրանց փոխազդեցության ուժը, եթե դրանց միջև տեղադրենք չորսու՝ **ա)** դիամագնիսից, **բ)** պարամագնիսից:
- 109. Երկու շերտավոր մագնիս մի գծի վրա են, իսկ դրանց մոտակա բևեռները նույնն են: Ինչպե՞ս կփոխվի դրանց փոխազդեցության

ուծը, եթե դրանց միջև տեղադրենք չորսու՝ **ա)** դիամագնիսից, **բ)** պարամագնիսից:

- **110.** Մագնիսը կձգի՞, թե՞ կվանի դիամագնիսական գնդիկին, եթե դրանք գտնվում են միջավայրում, որի մագնիսական թափանցելությունը մեծ է գնդիկի մագնիսական թափանցելությունից:

Հիմնավորեք պնդումների ճիշտ և սխալ լինելը

4.1. ա) Երկու գուգահեռ հաղորդալարեր իրար ձգում են, երբ դրանցով անցնում է հակառակ ուղղության հոսանք և իրար վանում՝ նույն ուղղության հոսանքների դեպքում; **բ)** Հոսանքակիր հաղորդալարերի փոխազդեցությանն անվանում են մագնիսական փոխազդեցություն; **գ)** Յուրաքանչյուր հոսանք (շարժվող լիցք) իր շրջակա տարածությունում ստեղծում է մագնիսական դաշտ; **դ)** Հոսանքակիր հաղորդալարերի փոխազդեցությունն իրականանում է դրանց ստեղծած մագնիսական դաշտերի միջոցով:

4.2. ա) Այն մեծությունը, որը մագնիսական դաշտի տվյալ կետում հավասար է այդ կետում տեղադրված հոսանքակիր հաղորդչի բավականաչափ փոքր տեղամասի վրա ազդող F_{max} առավելագույն ուժի հարաբերությանը հոսանքի ուժի և այդ տեղամասի երկարության արտադրյալին, կոչվում է մագնիսական ինդուկցիայի վեկտորի մոդուլ՝ $|\vec{B}| = F_{max}/(I \cdot l)$; **բ)** Դաշտի տվյալ կետում որպես մագնիսական ինդուկցիայի վեկտորի ուղղություն ընդունվում է այդ կետում ազատորեն տեղակայված հոսանքակիր հարթ շրջանակի դրական նորմալի ուղղությունը; **գ)** Մեկ տեսլան այն համասեռ մագնիսական դաշտի ինդուկցիան է, որում տեղադրված 1մ^2 մակերեսով հարթ շրջանակի վրա դաշտըն ազդում է 1Ն -մ առավելագույն ուժի մոմենտով, երբ նրանով անցնում է 1Ա հոսանք; **դ)** Եթե դատարկությունում մագնիսական դաշտի լարվածությունը 1Ա/մ է, ապա այդ դաշտի ինդուկցիան կլինի 1Տ :

4.3. ա) Այն մեծությունը, որը մագնիսական դաշտի տվյալ կետում հավասար է այդ կետում տեղադրված հոսանքակիր բավականաչափ փոքր, հարթ շրջանակի վրա ազդող M_{max} առավելագույն ուժի մոմենտի

հարաբերությանը հոսանքի ուժի և այդ շրջանակի մակերեսի արտադրյալին, կոչվում է մագնիսական ինդուկցիայի վեկտորի մոդուլ $|\vec{B}| = \frac{M_{max}}{I \cdot S}$;

բ) Հոսանքակիր հարթ շրջանակի դրական նորմալ հանդիսանում է շրջանակի մակերեսին ուղղահայաց այն միավոր վեկտորը, որի ծայրից նայելիս հոսաքի ուղղությունը կունենա ժամսլաքի պտտման հակառակ ուղղությունը; **գ)** Դաշտի տվյալ կետում որպես մագնիսական ինդուկցիայի վեկտորի ուղղություն ընդունվում է այդ կետում ազատորեն տեղակայված մագնիսական սլաքի N հյուսիսային բևեռից դեպի S հարավային բևեռը տանող ուղղությունը; **դ)** Մեկ տեսլան (S_l) այն համասեռ մագնիսական դաշտի ինդուկցիան է, որում տեղադրված $1m$ երկարությամբ ուղիղ հաղորդչի վրա դաշտն ազդում է $1N$ առավելագույն ուժով, երբ նրանով անցնում է $1A$ հոսանք՝ $1Sl = 1N/(A \cdot m)$:

4.4. ա) Այն մեծությունը, որը մագնիսական դաշտի տվյալ կետում հավասար է այդ կետում մագնիսական դաշտի ուղղությանն ուղղահայաց ուղղությամբ շարժվող լիցքավորված մասնիկի վրա ազդող F_{max} առավելագույն ուժի հարաբերությանը մասնիկի q լիցքի մոդուլի և v արագության արտադրյալին, կոչվում է մագնիսական ինդուկցիայի վեկտորի մոդուլ՝ $|\vec{B}| = \frac{F_{max}}{|q| \cdot v}$; **բ)** Հոսանքակիր հարթ շրջանակի մագնիսական մոմենտ կոչվում է այն վեկտորը, որի մոդուլը հավասար է շրջանակի մակերեսի և դրանով անցնող հոսանքի I ուժի արտադրյալին և ուղղված է շրջանակի $\vec{n}$ դրական նորմալի ուղղությամբ՝ $\vec{p}_m = IS\vec{n}$; **գ)** Մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի գծերը սկիզբ են առնում հյուսիսային բևեռից և ավարտվում են հարավային բևեռի վրա; **դ)** Համասեռ մագնիսական դաշտում տեղադրված ուղիղ հոսանքակիր հաղորդալարի վրա ազդող ուժը՝ $F = BIl \sin \alpha$ (Ամպերի ուժը), որտեղ α -ն մագնիսական դաշտի և հոսանքի ուղղության կազմած անկյունն է:

4.5. ա) Ֆերոմագնիսների մագնիսական թափանցելիությունը ջերմաստիճանի որոշակի տիրույթում չափազանց մեծ է և կարող է հասնել մինչև տասնյակ հազարների; **բ)** Մագնիսական լիցքեր ունի միայն Արեգակի մագնիսական դաշտը և դրանց մրրիկով է պայմանավորված <<մագնիսական փոթորիկն>> Արեգակի վրա; **գ)** Միջավայրում արդյու-

նարար մագնիսական դաշտը հանդիսանում է հոսանքակիր հաղորդիչների ստեղծած $\vec{B}_0$ և մագնիսացած միջավայրի ստեղծած $\vec{B}'$ դաշտերի ինդուկցիաների գումարը՝ $\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}'$; **դ)** Մագնիսական դաշտում շարժվող լիցքավորված մասնիկի վրա դաշտի կողմից ազդող ուժը՝ $F = qvB \sin \alpha$ (Լորենցի ուժը), որտեղ α -ն մագնիսական դաշտի և մասնիկի արագության ուղղությունների կազմած անկյունն է:

4.6. ա) Հոսանքակիր հարթ շրջանակի դրական նորմալն ունի խցանահանի սայրի համընթաց շարժման ուղղությունը, եթե խցանահանի բրնակի պտտման ուղղությունը համընկնում է շրջանակում հոսանքի ուղղության հետ; **բ)** Համասեռ մագնիսական դաշտի $\vec{B}$ ինդուկցիայի վեկտորի հոսքը S հարթ մակերեսով՝ $\Phi_m = BS \cos \alpha$, որտեղ α -ն հարթության դրական նորմալի և մագնիսական ինդուկցիայի վեկտորի կազմած անկյունն է; **գ)** Մեկ Գաուսը (1Գս) այն համասեռ մագնիսական դաշտի ինդուկցիան է, որում մագնիսական դաշտի ուղղությանն ուղղահայաց ուղղությամբ 1սմ/վ արագությամբ շարժվող 1CGSM լիցք ունեցող մասնիկի վրա դաշտի կողմից ազդող առավելագույն ուժը հավասար է 1դին , $1\text{Գս} = 10^{-4}\text{Տլ}$; **դ)** Մագնիսական դաշտում շարժվող դրական լիցքի կինետիկ էներգիան աճում է, իսկ բացասականինը՝ նվազում:

4.7. ա) Քանի որ մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի զծերը միշտ փակ են, չունեն սկիզբ և վերջ, ապա այդ դաշտում կամայական փակ մակերևույթը հատող ինդուկցիայի ծերը կստեղծեն նույն մեծության դրական և բացասական հոսքեր, և մագնիսական հոսքն այդ փակ մակերևույթով հավասար կլինի զրոյի՝ $\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$: Այս հիմնարար օրենքը հանդիսանում է Գաուսի թեորեմը մագնիսական դաշտի համար; **բ)** Պարամագնիսներ կոչվում են այն նյութերը, որոնց ատոմներն(մոլեկուլներն) ունեն սեփական մագնիսական մոմենտներ: Պարամագնիսներ են կենտ կարգաթվով բոլոր քիմիական տարրերը, զույգ կարգաթվով այն տարրերի միացությունները, որոնց ատոմներում էլեկտրոնների սպինները միմյանց չեն չեզոքացնում: Պարամագնիսներ են մետաղների կամ նրանց միացությունների մի մասը (ալյումինը, պլատինը և այլն); **գ)** Համասեռ մագնիսական դաշտում տեղադրված S մակերեսով հոսանքակիր հարթ

շրջանակի վրա դաշտի կողմից ազդող ուժի մոմենտը՝ $M = BIS\sin\alpha$, որտեղ α -ն մագնիսական դաշտի և շրջանակի դրական նորմալի կազմած անկյունն է; **դ)** Մագնիսական դաշտում գտնվող հոսանքակիր հաղորդալարի տեղափոխելու աշխատանքը հավասար է մագնիսական դաշտի էներգիայի փոփոխությանը:

4.8. ա) Հոսանքի գծային տարրի մագնիսական դաշտի ինդուկցիան միշտ ունի այդ տարրից դիտարկվող կետին տարված շառավիղ-վեկտորի ուղղությունը; **բ)** Հաստատուն մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի շրջապտույտը դատարկությունում կամայական փակ կոնտուրով, հավասար է այդկոնտուրի ընդգրկած հոսանքների ուժերի հանրահաշվական գումարի և մագնիսական հաստատունի արտադրյալին (լրիվ հոսանքի օրենքը)՝ $\oint_l \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \sum_k I_k$; **գ)** Ֆերոմագնիսները գտնվելով մագնիսական դաշտում դառնում են լրացուցիչ մագնիսական դաշտի աղբյուր և կարող են եղած դաշտը մեծացնել հազարավոր անգամ: Ֆերոմագնիս են երկաթը, նիկելը, կոբալտը և դրանց շատ միացություններ; **դ)** Անհամասեռ մագնիսական դաշտում գտնվող հոսանքակիր հաղորդալարի վրա մագնիսական դաշտի կողմից ազդող ուժը (Ամպերի ուժը)՝ $\vec{F} = \int_l Id\vec{l} \times \vec{B}$, որտեղ $Id\vec{l}$ -ը գծային հոսանքի տարրն է, իսկ $\vec{B}$ մագնիսական դաշտի ինդուկցիան այդ տարրի կենտրոնում:

4.9. ա) Անվերջ երկար սոլենոիդի մագնիսական դաշտի ինդուկցիան իր հիմքերից մեկի կենտրոնում՝ $B = \frac{1}{2}\mu_0 In$, որտեղ I -ն հոսանքի ուժն է, n -ը՝ միավոր երկարության վրա գալարների թիվը; **բ)** Գծային հոսանքի տարրի ստեղծած մագնիսական ինդուկցիան՝ $d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{Id\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$, որտեղ $d\vec{B}$ -ն $Id\vec{l}$ գծային հոսանքի տարրի ստեղծած մագնիսական ինդուկցիան է այդ տարրից $\vec{r}$ -ով տրվող կետում, μ_0 -ն՝ մագնիսական հաստատունը; **գ)** Դիամագնիսներ կոչվում են այն նյութերը, որոնց ատոմները (մոլեկուլները) չունեն սեփական մագնիսական մոմենտներ: Դիամագնիսներ են զույգ կարգաթվով համարյա բոլոր քիմիական տարրերը, մեծ տարածում ունեցող համարյա բոլոր գազերը, ջուրը, պինդ նյութերի մեծամասնությունը, որոնք կազմված են փակ էլեկտրոնային թաղանթներով իոն-

ներից; **դ)** 1ՏԼ ինդուկցիայով համասեռ մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի գծերին ուղղահայաց 1մ^2 հարթ մակերեսով մագնիսական հոսքին անվանում են մեկ Վեբեր (1Վբ):

4.10. ա) Համասեռ մագնիսական դաշտում տեղադրված ուղիղ հոսանքակիր հաղորդալարի հոսանքի տարրի վրա ազդող ուժը՝ $\vec{F} = I\vec{dl} \times \vec{B}$ (Ամպերի ուժը); **բ)** Միջավայրի մագնիսացման աստիճանը բնութագրում են մագնիսացման վեկտորով, որը միջավայրի միավոր ծավալին բաժին ընկնող մագնիսական մոմենտն է՝ $\vec{I}_m = \frac{1}{\Delta V} \sum_{i=1}^N \vec{p}_{mi}$, որտեղ $\vec{p}_{mi}$ -ն i -րդ ատոմի մագնիսական մոմենտն է; **գ)** Մագնիսական ինդուկցիայի գծերը փակ գծեր են: Դրանք ոչ սկիզբ ունեն և ոչ էլ վերջ; **դ)** Վակուումում իրարից r հեռավորության վրա գտնվող երկու անվերջ երկար և անվերջ բարակ հոսանքակիր հաղորդալարերից մեկի կողմից մյուսի l երկարության հատվածի վրա ազդող ուժը՝ միավորների CGSM համակարգում՝ $F = \frac{2I_1 I_2}{r} l$, որտեղ I_1 և I_2 -ը հաղորդալարերի հոսանքներն են:

4.11. ա) Անհամասեռ մագնիսական դաշտում գտնվող $\vec{p}_m = IS\vec{n}$ մագնիսական մոմենտի վրա դաշտի կողմից ազդող ուժի մոմենտը, եթե անտեսվում է դաշտի անհամասեռությունը S մակերեսի կետերում՝ $\vec{M} = \vec{p}_m \times \vec{B}$; **բ)** Կամայական մագնիսական դաշտում շարժվող լիցքավորված մասնիկի վրա դաշտի կողմից ազդող ուժը՝ $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ (Լորենցի ուժը); **գ)** Պարամագնիսները և դիամագնիսները շատ աննշան են փոխում արտաքին դաշտը, հետևաբար դրանց մագնիսացման աստիճանը շատ փոքր է; **դ)** Մագնիսական դաշտի էներգիայի խտությունը միջավայրում՝ $w = \frac{1}{2} \vec{B} \cdot \vec{H}$, որտեղ $\vec{B}$ -ն մագնիսական դաշտի ինդուկցիան է, իսկ $\vec{H}$ -ը՝ լարվածությունը:

4.12. ա) Իզոտրոպ մագնետիկների $\vec{I}_m$ մագնիսացման վեկտորի կապը մագնիսական դաշտի $\vec{H}$ լարվածության հետ՝ $\vec{I}_m = \chi_m \vec{H}$, որտեղ χ_m -ը միջավայրի մագնիսական ընկալությունն է; **բ)** Միջավայրի բացակայության դեպքում մագնիսաստատիկ դաշտի $\vec{B}$ վեկտորի համար $\text{rot} \vec{B} = \mu_0 \vec{j}$ ($\vec{j}$ -ն հոսանքի խտությունն է (x, y, z) կետում), ուստի ստատիկ մագնիսական դաշտը մրրկային է; **գ)** Շրջանցման ուղղություն ունեցող կոն-

տուրի կողմից ընդգրկված այն հոսանքի ուժն է համարվում դրական, որի ուղղությունը կոնտուրի շրջանցման ուղղության հետ կապված է աջ պտուտակի կանոնով; **դ)** Ստատիկ մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի հոսքը կամայական փակ մակերևույթով հավասար է զրոյի՝ $\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$, իսկ փոփոխական անհամասեռ մագնիսական դաշտի համար $\oint_S \vec{B} d\vec{S} \neq 0$:

4.13. ա) 1Գ-ս ինդուկցիայով համասեռ մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի գծերին ուղղահայաց 1սմ^2 հարթ մակերեսով մագնիսական հոսքին անվանում են մեկ Մաքսվել (1Մքս), $1\text{Վբ} = 10^8 \text{ Մքս}$; **բ)** Պայտաձև մագնիսն օդում դիամագնիսական գնդիկին ձգում է, իսկ պարամագնիսականին՝ վանում; **գ)** Միջավայրի $\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}'$ արդյունաբար դաշտի համար $\text{rot}\vec{B} = \mu_0(\vec{j} + \vec{j}_m)$, որտեղ $\vec{j}_m$ -ը մագնիսացման հոսանքի ծավալային խտությունն է, $\vec{j}$ -ն՝ հաղորդման հոսանքի խտությունը; **դ)** Լորիվ հոսանքի օրենքը՝ $\oint_l \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \sum_k I_k$, հանդիսանում է էլեկտրադինամիկայի հիմնարար հավասարումներից մեկը, քանի որ այդ հավասարումը տեղի ունի կամայական մագնիսական դաշտի համար:

4.14. ա) Դիցուք միջավայրի բացակայության դեպքում հաղորդման հաստատուն հոսանքի մագնիսական դաշտի $\vec{H}_0$ լարվածության համար $\text{rot}\vec{H}_0 = \vec{j}$, ուստի դիամագնիսների ($\chi_m < 0$) ներսի $B = B_0 - B' < B_0$ արդյունաբար դաշտի լարվածության վեկտորի համար $\text{rot}\vec{H} < \vec{j}$; **բ)** Միջավայրի հարաբերական մագնիսական թափանցելիությունը (միավորների գաուսյան համակարգում)՝ $\mu = 1 + 4\pi\chi_m$, որտեղ χ_m -ը միջավայրի մագնիսական ընկալությունն է; **գ)** Հաղորդալարե շրջանակի ինդուկտիվությունն ուղիղ համեմատական է մագնիսական հոսքին և հակադարձ համեմատական է շրջանակով անցնող հոսանքի ուժին՝ $L = \frac{\Phi_m}{I}$; **դ)** L ինդուկտիվությամբ հոսանքակիր շրջանակի էներգիան՝ $W = \frac{LI^2}{2}$, որտեղ I -ն շրջանակի հոսանքի ուժն է:

4.15. ա) Մագնիսական դաշտի կողմից ծավալային հոսանքների վրա ազդող ուժը միավորների գաուսյան համակարգում ունի հետևյալ տեսքը՝ $\vec{F} = \frac{1}{c} \int_V \vec{j} \times \vec{B} dV$, որտեղ c -ն էլեկտրադինամիկական հաստատունն է; **բ)** Բիո-Սավար-Լապլասի օրենքը միավորների գաուսյան համակարգում ունի հետևյալ տեսքը՝ $d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{Id\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$, որտեղ $d\vec{B}$ -ն $Id\vec{l}$ գծային հո-

սանքի տարրի ստեղծած մագնիսական ինդուկցիան է այդ տարրից $\vec{r}$ -ով տրվող կետում; **զ)** Հաղորդալարե շրջանակով անցնող հոսանքի ստեղծած մագնիսական հոսքն այդ շրջանակով ուղիղ համեմատական է հոսանքի ուժին՝ $\Phi_m = LI$, որտեղ L -ը կոչվում է շրջանակի ինդուկտիվություն; **դ)** Բոլոր մագնետիկների մագնիսական թափանցելիությունը մեծ է մեկից:

4.16. ա) Ստատիկ մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորի համար $\operatorname{div} \vec{B} = 0$, իսկ փոփոխական անհամասեռ մագնիսական դաշտի համար $\operatorname{div} \vec{B} \neq 0$; **բ)** 1Հ -ն այնպիսի շրջանակի ինդուկտիվությունն է, որով 1Ա հոսանք անցնելու դեպքում շրջանակի մակերեսով կառաջանա 1Վ մագնիսական հոսք; **գ)** Մագնիսական դաշտի V ծավալի էներգիան միջավայրի բացակայության դեպքում՝ $W = \frac{1}{2} \int_V \frac{B^2}{\mu_0} dV$, որտեղ $\vec{B}$ -ն մագնիսական դաշտի ինդուկցիան է dV ծավալի կենտրոնում; **դ)** Սովորական պարամագնիսների և դիամագնիսների դեպքում μ մագնիսական թափանցելիությունը շատ քիչ է տարբերվում 1 -ից:

4.17. ա) Քանի որ միջավայրի բացակայության դեպքում հաղորդման հոսանքի մագնիսական դաշտի $\vec{B}_0$ ինդուկցիայի համար $\operatorname{div} \vec{B}_0 = 0$, ուստի դիամագնիսների ($\chi_m < 0$) ներսի $B = B_0 - B' < B_0$ արդյունաբար դաշտի $\operatorname{div} \vec{B} < 0$; **բ)** Միավորների գաուսյան համակարգում ինդուկտիվության միավորը 1 սմ է, $1\text{Հ} = 10^9$ սմ; **գ)** Մագնիսական դաշտում գտնվող մագնիսական մոմենտի վրա ազդող ուժը՝ $\vec{F} = p_m \frac{\partial \vec{B}}{\partial n}$, որտեղ $\frac{\partial \vec{B}}{\partial n}$ -ը՝ $\vec{B}$ -ի ածանցյալն է $\vec{p}_m$ -ի ուղղությամբ, իսկ p_m -ը՝ մագնիսական մոմենտի մոդուլը; **դ)** $\vec{p}_m$ կետային մագնիսական մոմենտի փոխազդեցության էներգիան $\vec{B}$ ինդուկցիայով արտաքին մագնիսական դաշտի հետ՝ $W = -\vec{p}_m \cdot \vec{B}$:

4.18. ա) Պարամագնիսների մագնիսական ընկալությունը բացասական է՝ $\chi_m < 0$; **բ)** Մագնիսական դաշտում հաստատուն հոսանքով հաղորդալարի (շրջանակի) տեղափոխման աշխատանքը՝ $A = I(\Phi_2 - \Phi_1)$, որտեղ $\Phi_2 - \Phi_1$ -ը մագնիսական հոսքի փոփոխությունն է՝ շրջանակի մակերեսով; **գ)** Ֆերոմագնիսների հարաբերական մագնիսական թափանցելիությունը կախված է մագնիսական դաշտի լարվածությունից և կարող է շատ մեծ արեքներ ընդունել $\mu = \mu(H) \gg 1$; **դ)** Համասեռ մագնիսական դաշտի կողմից մագնիսական դիպոլի վրա ազդող ուժն ուղղված է ինդուկցիայի վեկտորի ուղղությամբ:

4.19. ա) Յուրաքանչյուր ֆերոմագնիսական նյութի համար գոյություն ունի տվյալ նյութին հատուկ որոշակի ջերմաստիճան, որից բարձր ջերմաստիճանների դեպքում նյութի ֆերոմագնիսական հատկությունները վերանում են և այն վերածվում է սովորական պարամագնիսի; **բ)** Հաղորդալարե շրջանակի ինդուկտիվությունը կախված է շրջանակի ձևից, չափերից և միջավայրի մագնիսական հատկություններից; **գ)** Մագնիսական դաշտում հոսանքակիր հաղորդալարի (շրջանակի) տեղափոխելու պրոցեսում Ամպերի ուժը կատարում է դրական աշխատանք, որը կախված չէ հետագծի ձևից; **դ)** Քանի որ հաղորդման հոսանքի մագնիսական դաշտի $\vec{B}_0$ ինդուկցիայի համար $\oint_S \vec{B}_0 d\vec{S} = 0$, ուստի պարամագնիսների ($\chi_m > 0$) ներսի $B = B_0 + B' > B_0$ արդյունաբար դաշտի համար $\oint_S \vec{B} d\vec{S} > 0$:

4.20. ա) Անհամասեռ միջավայրի որոշակի կետերում մագնիսական դաշտի $\vec{B}$ ինդուկցիան և $\vec{H}$ լարվածությունը կարող են ունենալ տարբեր ուղղություն; **բ)** Քանի որ հաղորդման հոսանքի մագնիսական դաշտի $\vec{B}_0$ ինդուկցիայի համար $\oint_S \vec{B}_0 d\vec{S} = 0$, ուստի ֆերոմագնիսների ($\chi_m \gg 0$) ներսի $B = B_0 + B' \gg B_0$ արդյունաբար դաշտի համար $\oint_S \vec{B} d\vec{S} \gg 1$; **գ)** Մագնիսական դաշտի լարվածության շրջապատությամբ $\oint_l \vec{H} d\vec{l} = I$, որտեղ I -ն l կոնտուրի ընդգրկած հաղորդման հոսանքների հանրահաշվական գումարն է; **դ)** 1Հն-ն այնպիսի շրջանակի ինդուկտիվությունն է, որով 1Ա հոսանք անցնելուց ստեղծված մագնիսական դաշտի ինդուկցիան հավասար է 1Տ:

4.21. ա) Մագնիսական դաշտում հոսանքակիր հաղորդալարի (շրջանակի) տեղափոխելու աշխատանքը կատարվում է այդ էլեկտրական շղթայի հոսանքի աղբյուրի էներգիայի հաշվին; **բ)** Մագնիսացած մագնետիկի էներգիան՝ $W_{\text{մագն}} = \frac{1}{2} \int_V \vec{B}_0 \vec{I}_m dV$, որտեղ $\vec{I}_m$ -ը մագնետիկի մագնիսացման վեկտորն է, իսկ $\vec{B}_0$ -ն հաղորդման հոսանքների մագնիսական դաշտի ինդուկցիան միջավայրի բացակայության դեպքում; **գ)** Մագնիսական դաշտի լարվածությունը միջավայրում $\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} + \vec{I}_m$, որտեղ $\vec{B}$ -ն մագնիսական դաշտի ինդուկցիան է մագնետիկի ներսում, իսկ $\vec{I}_m$ -ը՝ միջավայրի մագնիսացման վեկտորը; **դ)** Պարամագնիսների մագնիսացման վեկտորն ունի արտաքին դաշտի հակառակ ուղղությունը:

4.22. ա) Դատարկությունում գտնվող դիամագնիսական գնդիկի վրա

մագնիսական դաշտի կողմից ազդող ուժն ուղղված է դեպի դաշտի աճման կողմը; **բ)** Եթե հոսանքակիր հաղորդալարի մագնիսական դաշտում վերքրած բարդ կոնտուրը կենտ թվով անգամ է ընդգրկում այդ հոսանքակիր լարին, ապա մագնիսական դաշտի $\vec{B}$ վեկտորի շրջապատուտըն այդ կոնտուրով հավասար է գրոյի; **գ)** Եթե լիցքավորված մասնիկը v արագությամբ շարժվում է էլեկտրամագնիսական դաշտում, որը բնութագրվում է էլեկտրական դաշտի $\vec{E}$ լարվածությամբ և մագնիսական դաշտի $\vec{B}$ ինդուկցիայով, ապա դրա վրա ազդող Լորենցի ուժը կլինի՝ $\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$; **դ)** Տաքացնելու հետևանքով ապամագնիսացած ֆերոմագնիսի ջերմաստիճանը իջեցնելուց, այն նորից մագնիսանում է:

4.23. ա) Եթե m զանգված և q լիցք ունեցող մասնիկը շարժվում է փակ ուղեծրով, ապա դրա մագնիսական և մեխանիկական մոմենտների հարաբերությունը կլինի՝ $\frac{q}{2m}$; **բ)** Ոչ ռելատիվիստական $\vec{v}$ արագությամբ շարժվող q կետային լիցքի ստեղծած մագնիսական ինդուկցիան՝ $\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q\vec{v} \times \vec{r}}{r^3}$, որտեղ $\vec{r}$ -ը q լիցքից դիտարկվող կետին տարված շառավիղ-վեկտորն է; **գ)** Դատարկությունում գտնվող պարամագնիսական գնդիկի վրա մագնիսական դաշտի կողմից ազդող ուժն ուղղված է դեպի դաշտի նվազման կողմը; **դ)** Շրջանցման ուղղություն ունեցող կոնտուրի կողմից ընդգրկված այն հոսանքի ուժն է համարվում դրական, որի ուղղությունը կոնտուրի շրջանցման ուղղության հետ կապված է աջ պտուտակի կանոնով:

4.24. ա) Եթե լիցքավորված մասնիկը համասեռ մագնիսական դաշտ մտնի ինդուկցիայի գծերին ուղղահայաց ուղղությամբ, ապա նա դաշտում հավասարաչափ կերպով կպտտվի շրջանագծով, որի հարթությունն ուղղահայաց է ինդուկցիայի գծերին; **բ)** Ոչ ռելատիվիստական $\vec{v}$ արագությամբ շարժվող լիցքի էլեկտրական և մագնիսական դաշտերի կապը միավորների ՄՀ-ում՝ $\vec{B} = \frac{\vec{v} \times \vec{E}}{c^2}$, որտեղ $c=3 \cdot 10^8$ մ/վ; **գ)** Մագնետիկի մակերևութային մագնիսացման հոսանքի $\vec{I}_m$ գծային խտության կապը մագնիսացման վեկտորի հետ՝ $\vec{I}_m = \vec{I}_m \times \vec{n}$, որտեղ $\vec{n}$ -ը մակերևութի արտաքին նորմալն է; **դ)** Մոլեկուլային հոսանքների մագնիսական մոմենտը ձևավորվում է էլեկտրոնների ուղեծրային և սպինային մագնիսական մոմենտներով:

4.25. ա) Եթե լիցքավորված մասնիկը համասեռ մագնիսական դաշտ է մտնում ինդուկցիայի գծերի նկատմամբ $\alpha < 90^\circ$ անկյան տակ, ապա դա

դաշտում կկատարի հավասարաչափ շարժում այնպիսի գալարագծով, որի առանցքը զուգահեռ է մագնիսական դաշտին; **բ)** Դիամագնիսների մագնիսական ընկալությունը թույլ դաշտերի դեպքում հակադարձ համեմատական է բացարձակ ջերմաստիճանին; **գ)** Մագնիսական դաշտում գտնվող ատոմի էլեկտրոնի ուղեծրային $\vec{L}$ իմպուլսի մոմենտը լարմորյան $\vec{\Omega} = -\frac{e\vec{B}}{2m}$ հաճախությամբ պտտվում է մագնիսական դաշտի $\vec{B}$ -ի շուրջը; **դ)** Բոլոր մագնետիկները մագնիսական դաշտը թուլացնում են:

4.26. ա) Երբ ազատ մագնիսական մոմենտը գտնվում է համասեռ մագնիսական դաշտում, ապա դրա վրա ազդող ուժ չի լինի, իսկ եթե դա գտնվի ուղիղ հոսանքակիր անվերջ լարի դաշտում, ապա դա կձգվի հոսանքակիր լարի կողմից; **բ)** Պարամագնիսների մագնիսացման վեկտորի մեծությունն ըստ դասական տեսության $I_m = np_m L(\beta)$, որտեղ $L(\beta) = \frac{ch\beta}{\beta} - \frac{1}{\beta}$ -ն Լանժենի ֆունկցիան է, $\beta = \frac{p_m B}{kT}$, p_m -ը՝ ատոմի սեփական մագնիսական մոմենտն է, k -ն՝ Բոլցմանի հաստատունը, T -ն՝ բացաձակ ջերմաստիճանը; **գ)** Արտաքին $\vec{B}_0$ մագնիսական դաշտում տեղադրված մագնետիկում տեղի է ունենում մոլեկուլային հոսանքների մասամբ կամ լրիվ ուղղորդված դասավորում և մոլեկուլային հոսանքների ստեղծած մագնիսական դաշտերի գումարը տարբերվում է զրոյից՝ $\vec{B}' \neq 0$; **դ)** Ֆերոմագնիսի մագնիսական ընկալության կախվածությունը T ջերմաստիճանից (T_k Կյուրիի կետի շրջակայքում) ունի հետևյալ տեսքը՝ $\chi_m = \frac{C}{T - T_k}$, որը կոչվում է Կյուրի-Վեյսի օրենք: Ֆերոմագնիսների համար Կյուրի-Վեյսի օրենքը տեղի ունի մագնիսական ընկալության թենզորի բոլոր բաղադրիչների համար:

4.27. ա) Մագնիսացած միջավայրի ստեղծած $\vec{B}'$ ինդուկցիայի հոսքը կամայական փակ մակերևույթով հավասար է դրա ներսում եղած մոլեկուլային հոսանքների հանրահաշվական գումարին; **բ)** Մագնիսական դաշտի լարվածության գաուսյան և ՄՀ միավորների կապը՝ $1\text{ Է} = (\text{Էրստեդ}) = \frac{1000}{4\pi} \approx 80\text{ Մ/մ}$ կամ $1\text{ Մ/մ} = 4\pi 10^{-3}\text{ Է}$; **գ)** Եթե նյութը մագնիսացած չէ, ապա մոլեկուլային հոսանքներն ունեն անկանոն դասավորվածություն և դրանց ստեղծած մագնիսական դաշտերի գումարը հավասար է զրոյի՝ $\vec{B}' = 0$; **դ)** Ֆերոմագնիսական միջավայրում հնարավոր է վերցնել այնպիսի փակ մակերևույթ, որով մագնիսական ինդուկցիայի վեկտորի

հոսքը լինի գրոյից տարբեր:

4.28. ա) $\vec{B}$ ինդուկցիայով մագնիսական դաշտում գտնվող մագնետիկի վրա ազդող ուժը որոշվում է $F_m = \frac{1}{2} \int_V \frac{\mu-1}{\mu_0 \mu} \text{grad} B^2 dV$ բանաձևով, որտեղ μ -ն մագնետիկի մագնիսական թափանցելիությունն է; **բ)** Երկու մագնետիկների բաժանման սահմանին մագնիսական ինդուկցիայի գծերի թիվը փոխվում է, իսկ լարվածության գծերինը՝ մնում է անփոփոխ; **գ)** Դիամագնիսականության էությունը կայանում է նրանում, որ մագնիսական դաշտում ատոմները կատարում են լարմորյան պրեցեսիա և դրա հետևանքով ձեռք են բերում այդ դաշտին հակառակ ուղղված մագնիսական մոնենտ; **դ)** Քանի որ միջավայրի բացակայության դեպքում հաստատուն հաղորդման հոսանքի մագնիսական դաշտի H_0 լարվածության համար $\oint_l \vec{H}_0 d\vec{l} = \sum_i I_i$, ուստի պարամագնիսների ($\mu > 1$) ներսի արդյունաբար դաշտի համար $\oint_l \vec{H} d\vec{l} > \sum_i I_i$:

4.29. ա) Միջուկների մագնիսական մոմենտները միջավայրի մագնիսացման մեջ էական ներդրում առաջացնում են միայն շատ ցածր ջերմաստիճաններում; **բ)** Երկու մագնետիկների բաժանման սահմանի վրա մագնիսական դաշտի ուժագծերի բեկման օրենքը՝ $\frac{tg \alpha_2}{tg \alpha_1} = \frac{\mu_2}{\mu_1}$, որտեղ μ_1 և μ_2 -ը առաջին և երկրորդ մագնետիկների մագնիսական թափանցելիություններն են, α_1 և α_2 -ը՝ դաշտի գծերի և բաժանման սահմանի նորմալի կազմած անկյունները; **գ)** Այն ջերմաստիճանը, որի դեպքում ֆերոմագնիսը կորցնում է իր ֆերոմագնիսական հատկությունները և վերածվում է սովորական պարամագնիսի, կոչվում է Կյուրիի ջերմաստիճան կամ Կյուրիի կետ; **դ)** Երբ երկու էլեկտրոն միևնույն $\vec{v}$ արագությամբ շարժվում են <<կողք-կողքի>> երկու զուգահեռ ուղիղներով, ապա դրանց մագնիսական ձգողական ուժը $\left(\frac{c}{v}\right)^2$ անգամ մեծ է էլեկտրական վանողական ուժից և դրա հետևանքով նույն ուղղության հոսանքակիր հաղորդալարերն իրար ձգում են:

4.30. ա) Եթե ատոմում էլեկտրոնների թիվը զույգ է, ապա նրանք միջուկի շուրջը դասավորվում են այնպես, որ նրանց ուղծրային և սպինային մագնիսական մոմենտները զույգ առ զույգ չեզոքացնում են միմյանց և ատոմի մագնիսական մոմենտն արտաքին դաշտի բացակայության դեպքում հավասարվում է զրոյի; **բ)** Դիամագնիսական միջավայրի համար $0 < \mu < 1$, որտեղ μ -ն այդ միջավայրի հարաբերական մագնիսա-

կան թափանցելիությունն է; **գ)** $\vec{B}$ ինդուկցիայով մագնիսական դաշտում գտնվող մագնետիկի միավոր ծավալի վրա ազդող ուժը որոշվում է $f_m = \frac{1}{2} \frac{\mu - 1}{\mu_0 \mu} \text{grad} B^2$ բանաձևով, որտեղ μ -ն մագնետիկի մագնիսական թափանցելիությունն է; **դ)** Մագնիսական դաշտում գտնվող ատոմի էլեկտրոնային ուղեծրերը լարմոյան պրեցեսիայի հետևանքով ձեռք են բերում դաշտի ուղղությամբ ուղղված լրացուցիչ իմպուլսի մոմենտ:

4.31. ա) Մոլեկուլային հոսանքները պայմանավորված են ատոմում գտնվող լիցքավորված մասնիկների ուղեծրային և սեփական պտույտներով (սպինով); **բ)** $\vec{p}_m$ կետային մագնիսական մոմենտի վրա $\vec{B}$ ինդուկցիայով դաշտի կողմից ազդող ուժի պտտող մոմենտը՝ $\vec{M} = \vec{p}_m \times \vec{B}$; **գ)** Ֆերոմագնիսների մագնիսական ընկալությունը ջերմաստիճանից կախված չէ; **դ)** Եթե մագնիսական դաշտում վերցրած փակ կոնտուրը հոսանք չի ընդգրկում, ապա $\vec{B}$ -ի շրջապտույտը հավասար է զրոյի և հետևաբար այդ կոնտուրի տիրույթում մագնիսական դաշտը մրրկային չի լինի:

4.32. ա) Մագնիսացած դիամագնիսի ստեղծած $\vec{B}' \neq 0$ մագնիսական ինդուկցիան ունի արտաքին $\vec{B}_0$ դաշտի ուղղությունը; **բ)** Միջավայրի հարաբերական մագնիսական թափանցելիությունը՝ $\mu = \frac{B}{B_0}$, որտեղ B_0 -ն հաղորդման հոսանքների մագնիսական դաշտի ինդուկցիան է վակուումում; **գ)** Արտաքին մագնիսական դաշտում գտնվող պարամագնիսական ատոմներում մակաձված մագնիսական մոմենտը մի քանի կարգով փոքր է իրենց սեփական մագնիսական մոմենտից և սովորաբար անտեսվում է; **դ)** Ֆերոմագնիսական նմուշի մագնիսացման կամ ապամագնիսացման աշխատանքը թվապես հավասար է ֆերոմագնիսի հիս-տերեզիսի օղակի մակերեսին:

4.33. ա) Արտաքին $\vec{B}_0$ ինդուկցիայով մագնիսական դաշտի առկայության դեպքում բոլոր ատոմների էլեկտրոնային ուղեծրերում մակաձվում է լրացուցիչ մագնիսական մոմենտ; **բ)** Մագնետիկի ներսի մագնիսական դաշտի $\vec{B}$ ինդուկցիայի կապը մագնիսական դաշտի լարվածության հետ՝ $\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}$; **գ)** Այն մագնետիկները, որոնք կազմված են այնպիսի ատոմներից (մոլեկուլներից), որոնց սեփական մագնիսական մոմենտը հավասար է զրոյի, կոչվում են դիամագնիսներ; **դ)** Ֆերոմագնիսների μ մագնիսական թափանցելիությունը (χ_m -մագնիսական ընկալությունը) կախված է մագնիսական դաշտի լարվածությունից, այդ

պատճառով $\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}$ և $\vec{I}_m = \chi_m \vec{H}$ կախվածությունները գծային չեն:

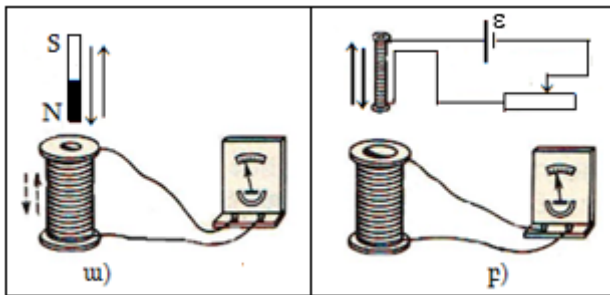
4.34. ա) Արտաքին $\vec{B}_0$ ինդուկցիայով մագնիսական դաշտում պարամագնիսի ատոմների (մոլեկուլների) մագնիսական մոմենտներն առավելապես կողմնորոշվում են $\vec{B}_0$ -ի ուղղությամբ և պարամագնիսը մագնիսանում է; **բ)** Մագնիսացած մագնետիկի ներսում կամայական l կոնտուրի ընդգրկած մագնիսացման լրիվ հոսանքը $J_m = \oint_l \vec{I}_m d\vec{l}$, որտեղ $\vec{I}_m$ -ը միջավայրի մագնիսացման վեկտորն է; **գ)** Պարամագնիսների մագնիսական ընկալությունը թույլ դաշտերի դեպքում հակադարձ համեմատական է բացարձակ ջերմաստիճանին; **դ)** Եթե I հոսանքակիր հաղորդալարի մագնիսական դաշտում վերցրած բարդ կոնտուրը երկու անգամ է ընդրկում այդ հոսանքակիր լարին, և կոնտուրի շրջանցման ժամանակ այդ հոսանքն ընդգրկվում է հակառակ ուղղություններով, ապա մագնիսական դաշտի $\vec{B}$ վեկտորի շրջապտույտն այդ կոնտուրով հավասար է զրոյի:

4.35. ա) Եթե ատոմը մտցնում են մագնիսական դաշտ, ատոմում՝ էլեկտրոնային ուղեծրի մակերեսով տեղի է ունենում մագնիսական հոսանքի փոփոխություն և դրա հետևանքով առաջացած մրրկային էլեկտրական դաշտը փոխում է էլեկտրոնի կինետիկ էներիան; **բ)** Միջավայրի հարաբերական մագնիսական թափանցելիությունը UZ -ում՝ $\mu = 1 + \chi_m$, որտեղ χ_m -ը միջավայրի մագնիսական ընկալությունն է; **գ)** Եթե հոսանքակիր հաղորդալարի մագնիսական դաշտում վերցրած բարդ կոնտուրը երկու անգամ է ընդգրկում այդ հոսանքակիր լարին, և երկու դեպքում էլ շրջանցման ուղղությունը նույնն է, ապա մագնիսական դաշտի $\vec{B}$ վեկտորի շրջապտույտն այդ կոնտուրով հավասար կլինի $2\mu_0 I$; **դ)** Էլեկտրոնի ուղեծրային $\vec{L}$ իմպուլսի մոմենտի և $\vec{p}_m$ մագնիսական մոմենտի կապը՝ $\vec{p}_m = \frac{e}{2m} \vec{L}$:

§5. Փոփոխական մագնիսական դաշտեր և հոսանքներ

Հիմնական հասկացություններ և բանաձևեր.

Փոփոխական մագնիսական հոսքը հաղորդիչ կոնտուրում (կոճում) ստեղծում է էլեկտրական հոսանք կամ էԼՇՈւ, այս հոսանքին (էԼՇՈւ-ին) անվանում են մակածված հոսանք (էԼՇՈւ), իսկ երևույթին՝ էլեկտրամագնիսական մակածման երևույթ: Էլեկտրամագնիսական մակածման էԼՇՈւ-ի ծագումը կախված չէ մագնիսական հոսքի փոփոխման ձևից: Նկ.5.1ա-ում այդ էԼՇՈւ-ն առաջանում է հաստատուն մագնիսի միջոցով, իսկ Նկ.5.1բ-ում՝ էլեկտրամագնիսով:



Նկ.5.1

1. Էլեկտրամագնիսական մակածման Ֆարադեյի օրենքը և դրա մասնավոր դեպքերը

- Շրջանակում առաջացած մակածման էԼՇՈւ-ն (ընդհանուր դեպքում).

$$\varepsilon_{\text{ԷԼՇՈւ}} = - \frac{d\Phi}{dt}, \quad (5.1)$$

որտեղ $\frac{d\Phi}{dt}$ -ն մագնիսական հոսքի փոփոխման արագությունն է շրջանակի մակերեսով: (5.1) բանաձևը հաշվի է առնում ինչպես մագնիսական դաշտի փոփոխությունը ժամանակի ընթացքում, այնպես էլ շրջանակի դիրքի փոփոխությունը: Այս դեպքում՝

$$\frac{d\Phi}{dt} = \frac{\partial \Phi}{\partial t} + \oint_l (\vec{v} \times \vec{B}) d\vec{l}, \quad (5.1\text{ա})$$

որտեղ $\vec{v}$ -ն շրջանակի $d\vec{l}$ տարրի արագությունն է:

Եթե մագնիսական հոսքը շրջանակում փոխվում է հավասարաչափ կերպով, ապա հոսքի փոփոխման արագությունը կլինի հաստատուն և այն կարելի է որոշել նաև հետևյալ բանաձևով՝

$$\varepsilon_{\mathcal{U}} = \langle \varepsilon_{\mathcal{U}} \rangle = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}; \quad (5.1p)$$

Այս դեպքում մակաձման էլՇՈՒ-ն հաստատուն է և հավասար է միջին արժեքին

- **Հաղորդիչ շրջանակով անցնող լիցքը.**

$$q = -\frac{\Delta\Phi}{R}, \quad (5.2)$$

որտեղ $\Delta\Phi$ -ն մագնիսական հոսքի փոփոխությունն է շրջանակի մակերեսով, R -ը՝ շրջանակի դիմադրությունը:

- **Շրջանակում առաջացած մակաձման էլՇՈՒ-ն, որը պայմանավորված է միայն մագնիսական դաշտի փոփոխությամբ.**

$$\varepsilon_{\mathcal{U}} = -\frac{\partial\Phi}{\partial t} = -\int_S \frac{\partial\vec{B}}{\partial t} d\vec{S}; \quad (5.3)$$

- **Շրջանակում առաջացած մակաձման էլՇՈՒ-ն, որը պայմանավորված է միայն շրջանակի դիրքի փոփոխությամբ.**

$$\varepsilon_{\mathcal{U}} = \oint_l (\vec{v} \times \vec{B}) d\vec{l}, \quad (5.4)$$

որտեղ $\vec{v}$ -ն շրջանակի $d\vec{l}$ տարրի արագությունն է:

- **Էլեկտրամագնիսական մակաձման էլՇՈՒ-ն, երբ հաղորդալարը համասեռ մագնիսական դաշտում համընթաց շարժվում է հաստատուն արագությամբ.**

$$\varepsilon_{\mathcal{U}} = (\vec{v} \times \vec{B}) \int_l d\vec{l} = (\vec{v} \times \vec{B}) \vec{L}, \quad (5.5)$$

որտեղ $\vec{L}$ -ը հաղորդալարի ծայրերն իրար միացնող վեկտորն է:

Հաղորդալարե փակ շրջանակի դեպքում $\oint d\vec{l} = 0$ և այս դեպքում $\varepsilon_{\mathcal{U}} = 0$: Եթե l երկարությամբ ուղիղ հաղորդալարն ուղղահայաց է մագնիսական դաշտի ինդուկցիային, իսկ $\vec{v}$ -ն $\vec{B}$ -ի հետ կազմում է α անկյուն, ապա $\varepsilon_{\mathcal{U}} = U = Bvl\sin\alpha$, որտեղ U -ն կլինի հաղորդալարի ծայրերի միջև առաջացած լարումը:

2. Ինքնամակաձման էլՇՈՒ-ն.

Երբ հաղորդիչ կոնտուրով անցնում է էլեկտրական հոսանք, ապա նրա ստեղծած մագնիսական դաշտը մագնիսական հոսք է ստեղծում այդ նույն կոնտուրում: Երբ շրջանակում հոսանքի ուժը փոփոխվում է, ապա կփոփոխվի նաև նրանում մագնիսական հոսքը, որի հետևանքով նույն շրջանակում կմակաձվի էլՇՈՒ, որին անվանում են ինքնամա-

կաճման էլՇՈՒ, իսկ այս երևույթին անվանում են ինքնամակաճման երևույթ:

- **Հաղորդիչ շրջանակով անցնող փոփոխական հոսանքի ստեղծած մակաճման էլՇՈՒ-ն (ինքնամակաճման էլՇՈՒ-ն).**

$$\varepsilon_{\text{հս}} = -L \frac{dI}{dt}, \quad (5.6)$$

որտեղ L -ը շրջանակի ինդուկտիվությունն է:

Եթե հաղորդալարե շրջանակում հոսանքի ուժը փոխվում է հավասարաչափ կերպով, ապա հոսանքի փոփոխման արագությունը կլինի հաստատուն և ինքնամակաճման էլՇՈՒ-ն կարելի է որոշել նաև հետևյալ բանաձևով՝

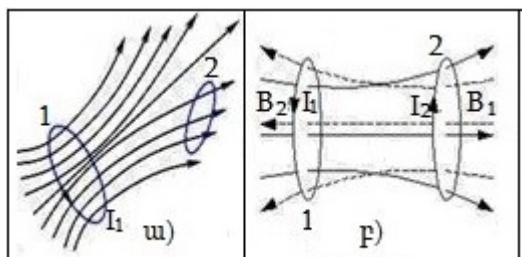
$$\varepsilon_{\text{հս}} = \langle \varepsilon_{\text{հս}} \rangle = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}, \quad (5.6\text{ա})$$

Այս դեպքում ինքնամակաճման էլՇՈՒ-ն հաստատուն է և հավասար է միջին արժեքին

3. Մի քանի հոսանքակիր շրջանակների մագնիսական հոսքերի և հոսանքների կապը (երկու շրջանակի օրինակով, Նկ.5.2)

Եթե 1 շրջանակով անցնում է I_1 հոսանք, ապա 2 շրջանակում այն ստեղծում է Φ_2 մագնիսական հոսք, որն ակնհայտորեն ուղիղ համեմատական է I_1 -ին՝

$$\Phi_2 = L_{21} I_1: \quad (5.7)$$



Նկ.5.2

Ճիշտ նույն ձևով էլ, եթե 2-րդ շրջանակով անցնի I_2 հոսանք, ապա այն 1-ին կոնտուրում կստեղծի Φ_1 մագնիսական հոսք, որն ուղիղ համեմատական է I_2 -ին՝

$$\Phi_1 = L_{12} I_2: \quad (5.7\text{ա})$$

Համեմատականության L_{12} և L_{21} գործակիցները կոչվում են փոխա-

դարձ ինդուկտիվության կամ փոխակաժման գործակիցներ:
Դրանք կախված են երկու շրջանակների ձևից, չափերից և փոխադարձ դիրքից, ինչպես նաև դրանց շրջապատող միջավայրի մագնիսական թափանցելիությունից: Դրանց միավորը ՄՀ-ում 1Հն է:
Փորձը և հաշվարկները ցույց են տալիս, որ

$$L_{12} = L_{21}: \quad (5.8)$$

(5.8) առնչությանն անվանում են փոխադարձության թեորեմ, իսկ դրա իմաստը կայանում է նրանում, որ 1-ին շրջանակի ստեղծած մագնիսական հոսքը 2-րդում հավասար է 2-րդ շրջանակի կողմից 1-ում ստեղծած հոսքին, եթե նրանցով անցնում է նույն ուժի հոսանք: Այս հանգամանքը հաճախ շատ է հեշտացնում մագնիսական հոսքի կամ փոխակաժման գործակցի հաշվարկը: Եթե Նկ.5.2բ-ում I_1 հոսանքի ուժը փոփոխենք, ապա կփոփոխվի երկրորդ շրջանակի $\Phi_2 = L_{21}I_1$ մագնիսական հոսքը, և նրանում կմակաժվի էլՇՈւ՝ $\varepsilon_2 = -\frac{d\Phi_2}{dt} = -L_{21}\frac{dI_1}{dt}$: Նույն կերպ, երբ երկրորդ շրջանակի I_2 հոսանքը փոխվի, առաջին շրջանակում կմակաժվի էլՇՈւ՝ $\varepsilon_1 = -\frac{d\Phi_1}{dt} = -L_{12}\frac{dI_2}{dt}$:

• Երբ երկու շրջանակներով էլ միաժամանակ հոսանք է հոսում

$$\Phi_1 = L_{11}I_1 + L_{21}I_2; \quad \Phi_2 = L_{12}I_1 + L_{22}I_2, \quad (5.9)$$

որտեղ L_{11} -ը առաջին կոնտուրի ինդուկտիվությունն է, L_{22} -ը՝ երկրորդինը:

• Օհմի օրենքը, երբ երկու շրջանակներում կա փոփոխական էլՇՈւ. Եթե 1-ում գործի $\varepsilon^{(1)}$, իսկ 2-ում՝ $\varepsilon^{(2)}$ փոփոխական էլՇՈւ-ներ, ապա դրանց համար Օհմի օրենքը կլինի՝

$$I_1R_1 = \varepsilon^{(1)} - L_{11}\frac{dI_1}{dt} - L_{21}\frac{dI_2}{dt}; \quad I_2R_2 = \varepsilon^{(2)} - L_{12}\frac{dI_1}{dt} - L_{22}\frac{dI_2}{dt}, \quad (5.10)$$

որտեղ R_1 -ը 1 շրջանակի դիմադրությունն է, իսկ R_2 -ը՝ 2-ինը:

L_{11} -ը և L_{22} -ը միշտ դրական են, իսկ L_{21} -ը կարող է լինել նաև բացասական: Օրինակ, երբ 2-րդ շրջանակի կողմից առաջին շրջանակում ստեղծած փոփոխական մագնիսական հոսքը դրանում ստեղծում է նույն նշանի հոսանք, ինչ որ այդ շրջանակի ինքնամակաժման հոսանքն է, ապա $L_{21} > 0$: Հակառակ դեպքում՝ $L_{21} < 0$:

• Հոսանքակիր շրջանակների մագնիսական փոխազդեցության էներգիան.

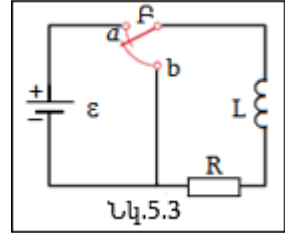
$$W = \frac{1}{2} \sum_{i,k} L_{ik} I_i I_k: \quad (5.11)$$

4. Անցումային պրոցեսներ LR - շղթայում

- **Հոսանքի ուժը կոճում, երբ շղթան անջատելուց հետո հաղորդալարով անմիջապես փակում են (Նկ.5.3).**

$$I = I_0 e^{-Rt/L}, \quad (5.12)$$

որտեղ I_0 -ն հոսանքի ուժն է շղթան անջատելու պահին, R -ը՝ կոճի և հաղորդալարի ընդհանուր դիմադրությունը:



- **Հոսանքի ուժը կոճում, երբ այն միացնում են հաստատուն հոսանքի աղբյուրին.**

$$I = I_0 (1 - e^{-Rt/L}), \quad (5.12ա)$$

որտեղ I_0 -ն հաստատված հոսանքի ուժն է:

5. Էլեկտրամագնիսական տատանումներ

Էլեկտրամագնիսական տատանումներ անվանում են պարբերաբար փոփոխվող հոսանքին, լարմանը, էլեկտրական դաշտի լարվածությանը, մագնիսական դաշտի ինդուկցիային:

1. Հարմոնիկ օրենքով փոփոխվող հոսանք

- **Գործնականում փոփոխական են անվանում այն հոսանքը, որը ժամանակից կախված փոխվում է հարմոնիկ օրենքով.**

$$I = I_0 \sin(\omega t + \varphi_{01}), \quad (5.13)$$

որտեղ $\omega = 2\pi \nu$ -ն հոսանքի շրջանային հաճախությունն է, $\nu = 1/T$ -ն՝ հաճախությունը, φ_{01} -ը հոսանքի սկզբնական փուլն է, իսկ I_0 -ն՝ հոսանքի լայնույթը: Փոփոխական հոսանքը ստանում են $\varepsilon = \varepsilon_0 \sin(\omega t + \varphi_{02})$ փոփոխական ԷԼՇՈՒ-ով աղբյուրից (գեներատորից), որտեղ ε_0 -ն ԷԼՇՈՒ-ի լայնույթն է, իսկ φ_{02} -ը՝ ԷԼՇՈՒ-ի սկզբնական փուլը:

2. Ակտիվ դիմադրությունը փոփոխական հոսանքի շղթայում

(Նկ. 5.4)

Անտեսվում է շղթայի ինդուկտիվ և ունակային դիմադրությունները:

- **ԷԼՇՈՒԻ - ն և հոսանքի ուժը**

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \varepsilon_0 \sin(\omega t); \\ I &= I_0 \sin(\omega t),\end{aligned}\quad (5.14)$$

այսինքն հոսանքի ուժն ու ԷԼՇՈՒԻ-ն ունեն նույն փուլը (Նկ.5.4բ): Նկ.5.4գ-ում հոսանքը և լարումը ներկայացված են պտտվող վեկտորների տեսքով:

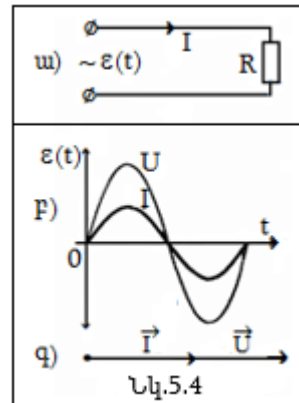
- **Օհմի օրենքը.**

$$I_0 = \frac{\varepsilon_0}{R}; \quad I_q = \frac{\varepsilon_q}{R}, \quad (5.15)$$

որտեղ $I_q = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$, $\varepsilon_q = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{2}}$ հանդիսանում են հոսանքի և ԷԼՇՈՒԻ-ի գործող արժեքները:

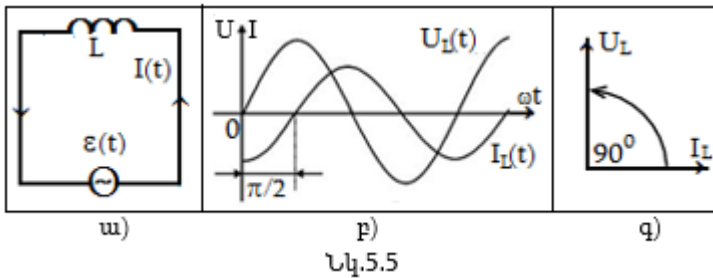
- **Ակտիվ հզորության միջին արժեքը.**

$$P = \frac{I_0 \varepsilon_0}{2} = I_q \varepsilon_q = I_q^2 R: \quad (5.16)$$



3. Ինդուկտիվ կոճը փոփոխական հոսանքի շղթայում (Նկ. 5.5ա)

Անտեսվում է կոճի և միացնող հաղորդալարերի ակտիվ և ունակային դիմադրությունները:



- **ԷԼՇՈՒԻ-ն և հոսանքի ուժը.**

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \sin(\omega t); \quad I = I_0 \sin(\omega t - \pi/2): \quad (5.17)$$

Հոսանքի ուժը $\pi/2$ փուլով էտ է ընկած ԷԼՇՈՒԻ-ից (Նկ.5.5բ, գ):

- **Օհմի օրենքը.**

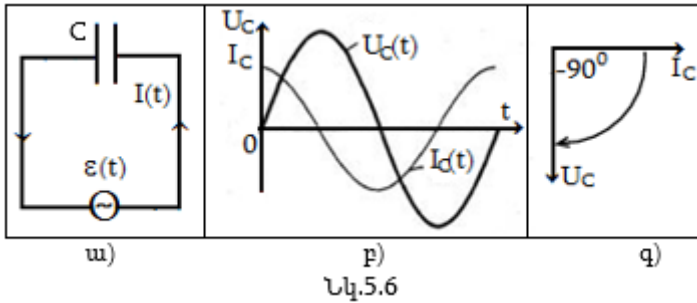
$$I_0 = \frac{\varepsilon_0}{R_L}; \quad I_q = \frac{\varepsilon_q}{R_L}, \quad (5.18)$$

Որտեղ $R_L = \omega L$ -ն ինդուկտիվ դիմադրությունն է:

- Ակտիվ հզորության միջին արժեքը՝ $P = 0$:

4. Կոնդենսատորը փոփոխական հոսանքի շղթայում (Նկ. 5.6)

Անտեսվում է կոնդենսատորի և միացնող հաղորդալարերի ակտիվ և ինդուկտիվ դիմադրությունները:



- ԷԼՇՈՒ-ն և հոսանքի ուժը.

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \sin(\omega t); \quad I = I_0 \sin(\omega t + \pi/2), \quad (5.19)$$

այսինքն հոսանքի ուժը $\pi/2$ փուլով առաջ է ընկած ԷԼՇՈՒ-ից (Նկ.5.6 բ և գ):

- Օհմի օրենքը.

$$I_0 = \frac{\varepsilon_0}{R_C}; \quad I_q = \frac{\varepsilon_q}{R_C}, \quad (5.20)$$

որտեղ $R_C = 1/\omega C$ -ն ունակային դիմադրությունն է:

- Ակտիվ հզորության միջին արժեքը՝ $P = 0$:

5. Հաջորդական միացած L, R և C տարրերը փոփոխական

հոսանքի շղթայում (Նկ. 5.7)

- ԷԼՇՈՒ-ն և հոսանքի ուժը.

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \sin(\omega t); \quad I = I_0 \sin(\omega t + \varphi), \quad (5.21)$$

- Հոսանքի և ԷԼՇՈՒ-ի փուլերի տարբերության եռանկյունաչափական ֆունկցիաները.

$$\sin \varphi = \frac{R_L - R_C}{Z}; \quad \cos \varphi = \frac{R}{Z}; \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{R_L - R_C}{R}, \quad (5.22)$$

որտեղ $Z = \sqrt{R^2 + (R_L - R_C)^2}$ -ը կոչվում է լրիվ դիմադրություն:

- Օհմի օրենքը.

$$I_0 = \frac{\varepsilon_0}{Z}; \quad I_q = \frac{\varepsilon_q}{Z}: \quad (5.23)$$

- Ակտիվ հզորության միջին արժեքը.

$$P = I_q \varepsilon_q \cos \varphi: \quad (5.24)$$

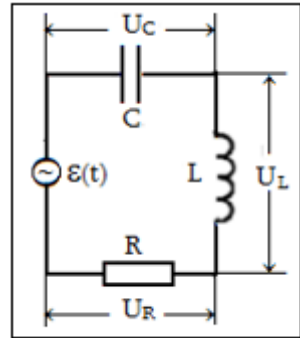
- Ռեակտիվ հզորության միջին արժեքը.

$$Q = I_q \varepsilon_q \sin \varphi: \quad (5.25)$$

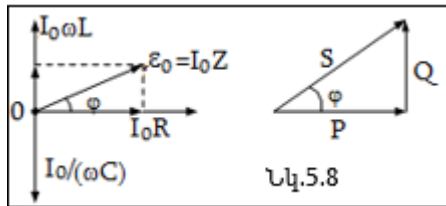
- Լրիվ հզորության միջին արժեքը.

$$S = I_q \varepsilon_q = \sqrt{P^2 + Q^2}: \quad (5.26)$$

- Հաջորդական միացած L , R և C տարրերի փոփոխական հոսանքի շղթայի լարումների և հզորությունների վեկտորական դիագրամները (Նկ.5.8).



Նկ.5.7



Նկ.5.8

6. Տրանսֆորմատոր

Այն էլեկտրական սարքերը, որոնք գործնականում անփոփոխ հզորության դեպքում մեծացնում կամ փոքրացնում են փոփոխական լարումը, կոչվում են տրանսֆորմատորներ (Նկ.5.9): Տրանսֆորմատորի աշխատանքի հիմքում ընկած է էլեկտրամագնիսական մակաձման երևույթը:

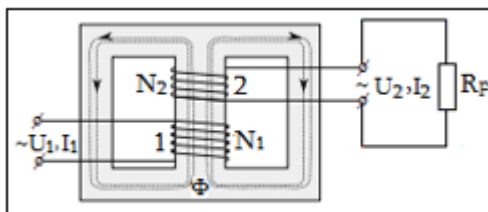
Առաջնային փաթույթով անցնող I_1 հոսանքը միջուկի ներսում ստեղծում է փոփոխական մագնիսական հոսք, որի շնորհիվ կոճերի յուրաքանչյուր գալարում մակաձվում է $e = -\frac{d\Phi}{dt}$ էլՇՈւ (Նկ.5.9):

- Առաջնային և երկրորդային փաթույթներում մակաձված էլՇՈւ -ները.

$$\varepsilon_1 = -N_1 \frac{d\Phi}{dt} \quad \text{և} \quad \varepsilon_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt}, \quad (5.27)$$

որտեղ N_1 -ն առաջնային փաթույթի գալարների թիվն է, իսկ N_2 -ը՝ երկ-

րորդայինի:



Նկ.5.9

- Օհմի օրենքն առաջնային և երկրորդային փաթույթների փակ կոնտուրների համար.

$$U_1 + \varepsilon_1 = I_1 R_1, \quad \varepsilon_2 = I_2 R_2: \quad (5.28)$$

1 և 2 ինդեքսները վերաբերվում են համապատասխան փաթույթներին, R_1 -ը առաջնային փաթույթի ակտիվ (օհմական) դիմադրությունն է, R_2 -ը՝ երկրորդային փաթույթի և բեռի ընդհանուր ակտիվ դիմադրությունը՝ $R_2 = R'_2 + R_F$: Սովորաբար տրանսֆորմատորները պատրաստվում են այնպես, որ նրանց փաթույթների օհմական դիմադրությունները շատ փոքր լինեն բեռի դիմադրությունից և կարելի է համարել $I_1 R_1 \ll U_1$ և (5.27) -ից կունենանք՝

$$U_1 = -\varepsilon_1; \quad I_2 R_F = \varepsilon_2: \quad (5.29)$$

$\varepsilon_1 \approx -U_1$ առնչությունը նշանակում է, որ առաջնային փաթույթում մակաձված էլՇՈւ-ն հակափուլ է մուտքային լարմանը և համարյա կոմպենսացնում է նրան:

- Պարապ ընթացքի ռեժիմում՝

$$I_1 \approx 0; \quad I_2 = 0: \quad (5.30)$$

- Տրանսֆորմացիայի գործակիցը.

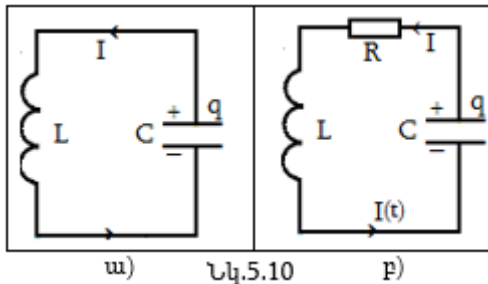
$$k = \frac{N_1}{N_2} = \frac{\varepsilon_{1m}}{\varepsilon_{2m}}, \quad (5.31)$$

որտեղ ε_{1m} -ը և ε_{2m} -ն առաջնային և երկրորդային փաթույթներում մակաձված էլՇՈւ-ների լայնության արժեքներն են:

- Առաջնային և երկրորդային փաթույթներում ծախսված հզորությունների տարբերությունն անտեսվում է՝

$$P_1 = U_1 I_1 \approx P_2 = \varepsilon_2 I_2: \quad (5.32)$$

7. Իդեալական տատանողական կոնտուր (Նկ.5.10ա)



- Կոնդենսատորի շրջադրի լիցքի կախվածությունը ժամանակից.

$$q = q_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0), \quad (5.33)$$

որտեղ q_0 -ն լիցքի լայնույթն է, $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ -ն՝ կոնտուրի սեփական շրջանային հաճախությունը, φ_0 -ն՝ տատանումների սկզբնական փուլը:

- Տատանումների պարբերությունը.

$$T = 2\pi\sqrt{LC} = \frac{2\pi}{\omega_0}. \quad (5.34)$$

- Տատանումների էներգիան.

$$W = \frac{q^2}{2C} + \frac{LI^2}{2} = \frac{q_0^2}{2C} = \frac{LI_0^2}{2}. \quad (5.35)$$

8. Հաջորդական միացած L, R և C տարրերից կազմված տատանողական կոնտուր (Նկ.5.10բ)

- Կոնդենսատորի շրջադրի լիցքի կախվածությունը ժամանակից.

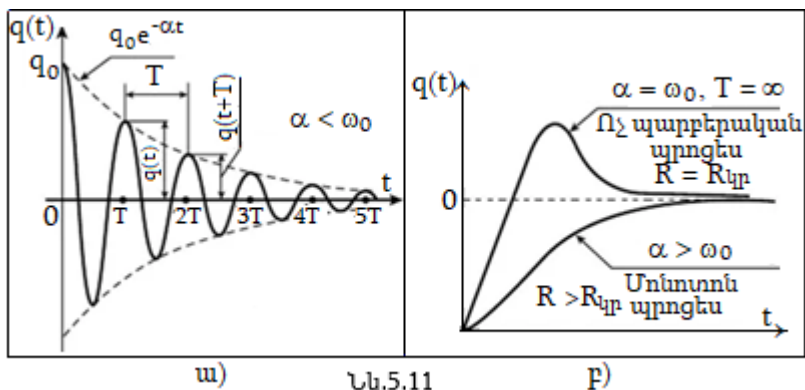
$$q = q_m(t) \cos(\omega t + \varphi_0), \quad (5.36)$$

որտեղ $q_m = q_0 e^{-\alpha t}$ -ն լիցքի լայնույթն է, $\alpha = R/2L$ -ը՝ մարման գործակիցը, $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2}$ -ն՝ տատանումների շրջանային հաճախությունը, $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$ -ն՝ սեփական շրջանային հաճախությունը, φ_0 -ն՝ տատանումների սկզբնական փուլը: Եթե մարումը թույլ է $\alpha \ll \omega_0$, տատանումների հաճախությունը կլինի՝ $\omega \approx \omega_0$: (5.36) ժամանակային կախվածությունը բերված է Նկ.5.11ա-ում:

- Ռելաքսացիայի ժամանակը.

$$\tau = 1/\alpha: \quad (5.37)$$

Սա այն ժամանակն է, որի ընթացքում տատանումների լայնույթը փոքրանում է և անգամ:



- Մարման լոգարիթմական դեկրեմենտը.

$$\delta = \ln \frac{q_m(t)}{q_m(t+T)} = \alpha T = \frac{1}{N_e}, \quad (5.38)$$

որտեղ $T = 2\pi/\omega$ -ն մարդող տատանումների պարբերությունն է, N_e -ն՝ տատանումների այն թիվը, որի ընթացքում լայնույթը փոքրանում է e անգամ:

- Կոնտուրի բարորակությունը.

$$Q = \pi/\delta = \pi \cdot N_e : \quad (5.39)$$

- Կոնտուրի բարորակությունը թույլ մարումների դեպքում.

$$Q = 2\pi W/\Delta W, \quad (5.40)$$

որտեղ W -ն կոնտուրի կուտակած էներգիան է ժամանակի տվյալ պահին, ΔW -ն՝ այդ էներգիայի կորուստը մեկ պարբերության ընթացքում: (5.36-5.39) բանաձևերը ճիշտ են, երբ $\alpha < \omega_0$ կամ $R < R_{կր}$, որտեղ $R_{կր} = 2\sqrt{L/C}$ -ը կոնտուրի կրիտիկական դիմադրությունն է, այդ դիմադրությունից սկսած՝ կոնտուրում տատանում չի լինի: Երբ $\alpha > \omega_0$ կամ $R > R_{կր}$, տեղի կունենա կոնդենստորի ապերիոդիկ (ոչ պարբերական) լիցքաթափում (Նկ.5.11բ):

Էլեկտրամագնիսական ալիքներ

1. Շեղման հոսանք

$$I_2 = \oint_S \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} d\vec{S} = \oint_S \vec{j}_2 d\vec{S}, \quad (5.41)$$

որտեղ $\vec{j}_2 = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$ -ն շեղման հոսանքի խտությունն է:

2. Մաքսվելի հավասարումները

• Ինտեգրալ տեսքը.

Մաքսվելի հավասարումների առաջին զույգը:

$$\oint_L \vec{E} d\vec{l} = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S}; \quad \oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0: \quad (5.42)$$

Մաքսվելի հավասարումների երկրորդ զույգը:

$$\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S (\vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) d\vec{S}; \quad \oint_S \vec{D} d\vec{S} = \int_V \rho dV: \quad (5.43)$$

• Դիֆերենցիալ տեսքը.

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} \vec{E} &= - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad \text{կամ} \quad \vec{\nabla} \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}; \\ \operatorname{div} \vec{B} &= 0 \quad \text{կամ} \quad \vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0; \end{aligned} \quad (5.44)$$

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} \vec{H} &= \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad \text{կամ} \quad \vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \\ \operatorname{div} \vec{D} &= \rho_0 \quad \text{կամ} \quad \vec{\nabla} \cdot \vec{D} = \rho_0, \end{aligned} \quad (5.45)$$

որտեղ ρ_0 -ն կողմնակի լիցքերի ծավալային խտությունն է:

3. Նյութական հավասարումները

$$\vec{D} = \varepsilon \varepsilon_0 \vec{E}; \quad \vec{B} = \mu \mu_0 \vec{H}; \quad \vec{j} = \gamma \vec{E}: \quad (5.46)$$

4. Ալիքային հավասարումը համասեռ և իզոտրոպ միջավայրում

• Էլեկտրական դաշտի համար.

$$\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial z^2} - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0, \quad (5.47)$$

որտեղ $v = \frac{1}{\sqrt{\mu \mu_0 \varepsilon \varepsilon_0}} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon \mu}}$ -ն էլեկտրամագնիսական ալիքի տարածման արագությունն է միջավայրում, որն ունի ε դիէլեկտրական և μ մագնիսական

թափանցելիություն, $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$ -ն՝ էլեկտրամագնիսական ալիքի տարածման արագությունն է վակուումում:

• **Մագնիսական դաշտի համար.**

$$\frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial z^2} - \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} = 0: \quad (5.48)$$

$\vec{E}$, $\vec{B}$ և $\vec{v}$ վեկտորները միմյանց փոխուղահայաց են և կազմում են աջ պտուտակային համակարգ (Նկ.5.12): (5.47) և (5.48) հավասարումներից որոշվում է $\vec{E}$ -ի և $\vec{B}$ -ի արժեքները տարածության այն կետերում, որտեղ $\vec{j} = 0$ և $\rho = 0$:

Նկ.5.12-ում պատկերված է էլեկրամագնիսական ալիքի ծագման պրոցեսը՝ փոփոխական մագնիսական դաշտը ստեղծում է փոփոխական մրրկային էլեկտրական դաշտ, որն իր հերթին ստեղծում է փոփոխական մագնիսական դաշտ և այլն: Այդ պրոցեսը տարածվում է էլեկտրամագնիսական ալիքի տեսքով, որը պատկերված է Նկ.5.12բ-ում:

5. ՕՋ առանցքով տարածվող հարթ մեներանգ էլեկտրամագնիսական ալիքի հավասարումը.

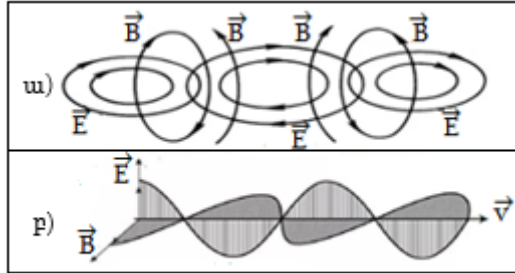
$$\vec{E} = \vec{E}_0 \sin(\omega t - kx + \varphi_0), \quad \vec{B} = \vec{B}_0 \sin(\omega t - kx + \varphi_0), \quad (5.49)$$

որտեղ $\vec{E}_0$ -ն էլեկտրական դաշտի լայնույթն է, իսկ $\vec{B}_0$ -ն՝ մագնիսական դաշտի լայնույթը, ω -ն՝ ալիքի շրջանային հաճախությունը, k -ն՝ ալիքային թիվը (ալիքային վեկտորի մոդուլը): Դրանց միջև կապը՝ $k = \frac{\omega}{v}$: $\vec{k}$ ալիքային վեկտորն ունի ալիքի տարածման արագության ուղղությունը: (5.49) արտահայտությունները բավարարում են (5.47) և (5.48) հավասարումներին:

• **Ալիքի երկարությունը.**

$$\lambda = vT = \frac{\omega T}{k} = \frac{2\pi}{k}, \quad (5.50)$$

որտեղ $T = \frac{2\pi}{\omega}$ -ն ալիքի պարբերությունն է:



Նկ.5.12

- **E և H մեծությունների կապն ալիքի ցանկացած կետում.**

$$E\sqrt{\varepsilon\varepsilon_0} = H\sqrt{\mu\mu_0}; \quad E = vB \quad \text{կամ} \quad H = vD: \quad (5.51)$$

Վեկտորական տեսքով $\vec{E} = -\vec{v} \times \vec{B}$ կամ $\vec{H} = \vec{v} \times \vec{D}$:

Միավորների ԳՀ-ում՝ $E = \frac{v}{c}B$; $H = \frac{v}{c}D$, իսկ $v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon\mu}}$:

Վեկտորական տեսքով $\vec{E} = -\frac{1}{c}\vec{v} \times \vec{B}$ կամ $\vec{H} = \frac{1}{c}\vec{v} \times \vec{D}$:

6. Էլեկտրամագնիսական դաշտի էներգետիկ բնութագրերը

- **Էներգիայի ծավալային խտությունը.**

$$w = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} + \frac{\mu\mu_0 H^2}{2} = \varepsilon\varepsilon_0 E^2: \quad (5.52)$$

Միավորների ԳՀ-ում $w = \frac{\varepsilon E^2}{4\pi} = \frac{\mu H^2}{4\pi}$:

- **Էներգիայի ծավալային խտության միջին արժեքը ներդաշնակ դաշտի համար.**

$$\langle w \rangle = \frac{1}{2} \varepsilon\varepsilon_0 E_0^2: \quad (5.53)$$

- **Էներգիայի հոսքի խտությունը (Պոյնտինգի վեկտորը և դրա մոդուլը).**

$$\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}; \quad S = wv = \sqrt{\frac{\varepsilon\varepsilon_0}{\mu\mu_0}} E^2 = EH: \quad (5.54)$$

Միավորների ԳՀ-ում՝ $\vec{S} = \frac{c}{4\pi} \vec{E} \times \vec{H}$; $S = wv = \frac{c}{4\pi} EH$:

- **Վակուումի ալիքային դիմադրությունը.**

$$z_0 = \frac{E_x}{H_y} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} = 377 \text{ Օմ}: \quad (5.55)$$

Միավորների ԳՀ-ում՝ $z_0 = 1$:

- Էներգիայի հոսքի խտության միջին արժեքը ներդաշնակ դաշտի համար (ինտենսիվությունը).

$$I = \langle S \rangle = \frac{1}{2} E_0 H_0 = \frac{1}{2} z_0 H_0^2 = \frac{1}{2} \frac{E_0^2}{z_0}, \quad (5.56)$$

որտեղ H_0 -ն մագնիսական դաշտի լայնույթն է, իսկ E_0 -ն՝ էլեկտրական դաշտինը: Միավորների ԳՀ-ում՝ $I = \langle S \rangle = \frac{c}{8\pi} E_0 H_0 = \frac{v}{8\pi} E_0^2$:

7. Արագացումով օժտված լիցքավորված մասնիկի ճառագայթած էլեկտրամագնիսական ալիքի հզորությունը.

$$P = \frac{1}{6\pi\epsilon_0} \frac{q^2 a^2}{c^3}, \quad (5.57)$$

որտեղ q -ն մասնիկի լիցքն է, a -ն՝ արագացումը:

8. $p = p_0 \sin \omega t$ էլեկտրական մոմենտով օժտված դիպոլի (օսցիլյատորի) ճառագայթման միջին հզորությունը.

$$\bar{P} = \frac{1}{12\pi\epsilon_0} \frac{\omega^4 p_0^2}{c^3}. \quad (5.58)$$

9. $m = m_0 \sin \omega t$ մոմենտով օժտված մագնիսական դիպոլի (օսցիլյատորի) ճառագայթման միջին հզորությունը.

$$\bar{P} = \frac{\mu_0}{12\pi} \frac{\omega^4 m_0^2}{c^2}. \quad (5.59)$$

10. Էլեկտրամագնիսական ալիքի իմպուլսը և ճնշումը

- Էլեկտրամագնիսական ալիքի միավոր ծավալի իմպուլսը.

$$\vec{g} = \frac{\vec{S}}{c^2} = \frac{1}{c^2} \vec{E} \times \vec{H} = \vec{D} \times \vec{B} : \quad (5.60)$$

Միավորների ԳՀ-ում՝ $\vec{g} = \frac{\vec{S}}{c^2} = \frac{1}{4\pi c} \vec{E} \times \vec{H} = \frac{1}{4\pi c} \vec{D} \times \vec{B}$:

- Էլեկտրամագնիսական ալիքի ճնշումը r անդրադարձման գործակցով մակերևույթին.

$$p = (1 + r) \langle w \rangle : \quad (5.61)$$

11. Փոփոխական էլեկտրամագնիսական դաշտում շարժվող

լիցքավորված մասնիկի վրա ազդող ուժը.

$$\vec{F} = q\vec{E} + \frac{q}{c}[\vec{v} \times \vec{B}]: \quad (5.62)$$

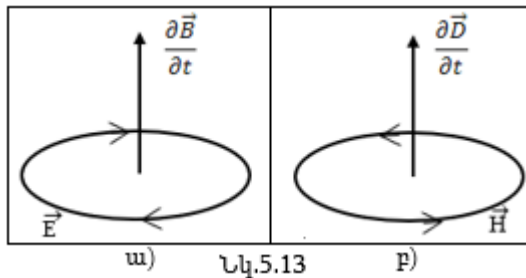
[15] աշխատանքում հիմնավորվում է, որ

$$\vec{F} = q\vec{E} + \frac{q}{c}[\vec{v} \times \vec{B}] + \frac{q}{2c}\left[\vec{\rho} \times \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\right], \quad (5.63)$$

որտեղ $\vec{\rho}$ -ն մասնիկի շարժման հետագծի կորության շառավիղ-վեկտորն է՝ $\vec{\rho} = \frac{v^2}{|\vec{v} \times \vec{a}|^2}[\vec{v} \times [\vec{v} \times \vec{a}]]$, $\vec{a}$ -ն՝ մասնիկի արագացումը:

20. <<Լենցի կանոնը>> էլեկտրամագնիսական դաշտի համար.

$\text{rot} \vec{E} = -\partial \vec{B} / \partial t$ հավասարման (-) նշանը ցույց է տալիս, որ մրրկային էլեկտրական դաշտի ուժագծերը $\partial \vec{B} / \partial t$ վեկտորի հետ կապված են ձախ պտուտակի կանոնով (Նկ.5.13ա), իսկ $\text{rot} \vec{H} = +\partial \vec{D} / \partial t$ նշանակում է, որ մագնիսական դաշտի լարվածության գծերը $\partial \vec{D} / \partial t$ վեկտորի հետ կապված են աջ պտուտակի կանոնով (Նկ.5.13բ)



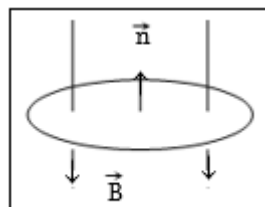
Խնդիրներ

Մակածման էլՇՈւ-ն անշարժ շրջանակներում

օ5.1. Կոճն ունի $N=200$ գալար: Որոշեք կոճը թափանցող մագնիսական հոսքի սկզբնական արժեքը, եթե հոսքը $\Delta t = 0,1$ վ-ում մինչև զրո արժեքը հավասարաչափ նվազելիս՝ կոճի ծայրերին առաջանում է $\varepsilon=30$ Վ էլՇՈւ:

օ5.2. Լարի քանի՞ գալար ունենա $S=0,004$ մ² մակերեսով հարթ կոճը, որ մագնիսական դաշտի ինդուկցիան $\Delta t = 0,002$ վ-ի ընթացքում $B_1 = 0,1$ Տլ-ից մինչև $B_2 = 0,1$ Տլ փոխվելիս դրա մեջ գրգռվի $\varepsilon = 200$ Վ էլՇՈւ:

▣5.3. S մակերեսով հաղորդալարե գալարը տեղադրված է համասեռ մագնիսական դաշտում այնպես, որ նրա նորմալը հակառակ է ուղղված դաշտի ինդուկցիայի վեկտորին (Նկ.5.14): Որոշեք մակաձված էլՇՈւ-ի ակնթարթային արժեքը, եթե մագնիսական ինդուկցիայի մոդուլը ժամանակից կախված փոփոխվում է $B = a + bt^2$ օրենքով, որտեղ a -ն և b -ն դրական հաստատուններ են:



Նկ.5.14

▣5.4. $r=0,3$ մ շառավղով օղակը, որի դիմադրությունը $R=60$ Օմ է, դրված

է մագնիսական դաշտում՝ դաշտին ուղղահայաց: Ինդուկցիան փոխվում է $B=20t$ (Տլ) օրենքով: Որոշեք օղակում մակաձված հոսանքը:

•5.5. $l = 0,2$ մ երկարությամբ սուլենոիդն ունի $N=320$ գալար և լայնական հատույթի $S=30\text{սմ}^2$ մակերես: Սուլենոիդով անցնում է $I=3$ Ա հոսանք: Սուլենոիդի վրա մի լրացուցիչ գալար հագցնելուց հետո հոսանքն անջատվեց: Որոշեք այդ գալարի էլՇՈւ-ի միջին արժեքը, եթե հոսանքը վերանում է անջատելուց $\Delta t = 10^{-3}$ վ անց:

▣5.6. $R=6$ Օմ դիմադրությամբ շրջանակով մագնիսական հոսքը փոխվելիս՝ շրջանակի լայնական հատույթով անցավ $q = 0,002$ Կլ լիցք: Որոշեք մագնիսական հոսքի փոփոխության մեծությունը:

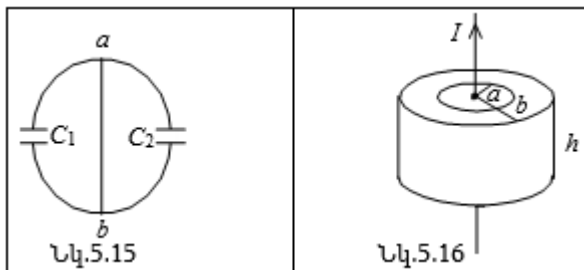
▣5.7. $l=2$ մ հաղորդալարից պատրաստված քառակուսի շրջանակը դրված է $B=50$ մՏլ ինդուկցիայով դաշտում՝ դաշտին ուղղահայաց: Հակադիր գագաթներից ձգելով՝ շրջանակը դարձնում են ուղիղ լար: Որոշեք շրջանակով անցած լիցքը, եթե հաղորդալարի դիմադրությունը $R=0,1$ Օմ:

▣5.8. $l=60$ մ երկարությամբ ձկուն լարից պատրաստվել է քառակուսաձև շրջանակ և տեղադրվել է $B=4$ մՏլ ինդուկցիայով համասեռ մագնիսական դաշտում՝ դաշտին ուղղահայաց: Ի՞նչ լիցք կհոսի շրջանակով, եթե դա, թողնելով նույն հարթության մեջ, դարձնենք հավասարակողմ եռանկյուն: Շրջանակի դիմադրությունը՝ $R=0,1$ Օմ:

▣5.9. $R=10$ սմ շառավղով հարթ կոճն ունի $N=200$ գալար: Կոճը միացրել են $C=2 \cdot 10^{-5}$ Ֆ ունակությամբ կոնդենսատորին և դրել իր հարթությանն ուղղահայաց մագնիսական դաշտում: Որոշեք կոնդենսատորի լիցքը, եթե դաշտը նվազում է $\frac{dB}{dt} = 10^{-2}$ Տլ/վ արագությամբ:

▣5.10. Օղակը խզված է C_1 և C_2 ունակությամբ կոնդենսատորներով և

փակված է տրամագծային նույնախի լարով (Նկ.5.15): Որոշեք կոնդենսատորների լիցքերը, եթե օղակ թափանցող մագնիսական հոսքը փոխվում է $\frac{d\Phi}{dt}$ հաստատուն արագությամբ:



Ը5.11. d տրամագծով և R դիմադրությամբ գալարը դրված է իր հարթության ուղղահայաց մագնիսական դաշտում: Դաշտի ինդուկցիան t_1 ժամանակի ընթացքում գծային օրենքով աճում է B_0 -ից մինչև B արժեքը,

այնուհետև t_2 ժամանակի ընթացքում գծային օրենքով նվազում է մինչև նախկին B_0 արժեքը: Որոշեք գալարում անջատված ջերմաքանակը:

■5.12. Տորոիդի լայնական կտրվածքը h բարձրությամբ ուղղանկյուն է: Միջուկի ներքին շառավիղը a է, իսկ արտաքինը՝ b: Տորոիդի առանցքով անցնում է ուղիղ, երկար լար, որի հոսանքը փոխվում է $I = I_0 \cos \omega t$ օրենքով: Որոշեք տորոիդի մեջ մակածված էլՇՈւ-ի լայնույթը, եթե դրա գալարների թիվը N է, իսկ միջուկի $\mu = 1$ (Նկ.5.16):

●5.13. R դիմադրությամբ անշարժ շրջանակ թափանցող մագնիսական հոսքը փոխվում է $\Phi = at(\tau - t)$ օրենքով, որտեղ α -ն հաստատուն է: Որոշեք τ ժամանակում շրջանակում անջատվող ջերմաքանակը: Շրջանակի ինդուկտիվությունն անտեսեք:

Մակաձման էլՇՈւ-ն պտտվող շրջանակներում

օ5.14. $B = 2 \cdot 10^{-2}$ Տլ դաշտին ուղղահայաց $S=200\text{սմ}^2$ մակերեսով հարթ շրջանակ կա, որը միացրած է գալվանոմետրին: Շրջանակը պտտելիս՝ գալվանոմետրը ցույց տվեց անցած լիցքը՝ $q=400\text{մկԿլ}$: Շղթայի դիմադրությունը՝ $R=0,05\text{Օմ}$: Γ° նշանկյունով է պտտվել շրջանակը:

օ5.15. $R=10\text{ Օմ}$ դիմադրությամբ շրջանակն ունի $N=100$ գալար և պտրտվում է $B=0,05\text{Տլ}$ դաշտում: Պտտության առանցքը շրջանակի հարթության

մեջ է և ուղղահայաց է ինդուկցիայի գծերին: Շրջանակի մակերեսը՝ $S = 100 \text{ սմ}^2$: Որոշեք շրջանակով անցնող լիցքը, երբ դա պտտվում է α_1 -ից α_2 անկյունը (α -ն շրջանակի նորմալի և ինդուկցիայի վեկտորի անկյունն է): Քննարկեք հետևյալ դեպքերը՝ ա) 0-ից մինչև 30° ; բ) 30° -ից մինչև 60° ; գ) 60° -ից մինչև 90° ; դ) 0-ից մինչև 180° :

Ծ5.16. Հարթ գալարը դրված է իր հարթությանն ուղղահայաց մագնիսական դաշտում: Երբ գալարը պտտեցին $\alpha_1 = 180^\circ$ -ով, դրանով անցավ $q_1 = 7,2 \cdot 10^{-3} \text{ Կլ}$ լիցք: Ի՞նչ անկյունով պտտվի գալարը, որ դրանով անցնի $q_1 = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ Կլ}$ լիցք:

Ծ5.17. $N=200$ գալարանոց կոճը $T=2 \text{ վ}$ պարբերությամբ պտտվում է $B=0,1 \text{ Տլ}$ դաշտում: Որոշեք կոճի էլԵՈւ-ի առավելագույն արժեքը, եթե գալարի մակերեսը՝ $S=4 \text{ սմ}^2$: Պտույտի առանցքը կոճի հարթության վրա է և ուղղահայաց է դաշտին:

Ծ5.18. $B=0,4 \text{ Տլ}$ -ով համասեռ մագնիսական դաշտում $\omega=50 \text{ ռադ/վ}$ արագությամբ պտտվում է $S=200 \text{ սմ}^2$ մակերեսով շրջանակը: Պտույտի առանցքը շրջանակի հարթության մեջ է և ուղղահայաց է ինդուկցիայի գծերին: Որոշեք շրջանակում մագնիսական հոսքի և մակածված էլԵՈւ-ի կախվածությունը ժամանակից, եթե $t=0$ պահին շրջանակի նորմալն ունի դաշտի ուղղությունը:

Ծ5.19. $B=0,1 \text{ Տլ}$ ինդուկցիայով համասեռ մագնիսական դաշտում $v=20 \text{ վ}^{-1}$ հաճախությամբ պտտվում է $S=500 \text{ սմ}^2$ մակերեսով հարթ կոճը: Որոշեք կոճի գալարների թիվը, եթե դրանում մակածված էլԵՈւ-ի առավելագույն արժեքը $\varepsilon_0 = 63$ է:

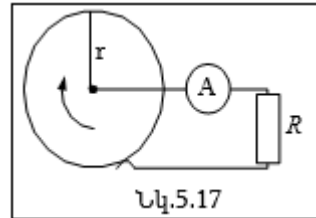
Ծ5.20. $S=0,04 \text{ մ}^2$ մակերեսով շրջանակը պտտվում է $B=0,25 \text{ Տլ}$ ինդուկցիայով դաշտում այնպես, որ դրա մեջ մակածված էլԵՈւ-ի լայնությունը՝ $\varepsilon_0 = 1$ է: Ի՞նչ անկյունային արագությամբ է պտտվում շրջանակը: Պտտման առանցքը շրջանակի հարթության մեջ է և ուղղահայաց է դաշտին:

Ծ5.21. $S=400 \text{ սմ}^2$ մակերես ունեցող շրջանակը, որն ունի $N=100$ գալար, պտտվում է $B=0,01 \text{ Տլ}$ ինդուկցիայով համասեռ մագնիսական դաշտում: Պտտման պարբերությունը՝ $T=0,02 \text{ վ}$, իսկ առանցքը շրջանակի հարթության մեջ է և ուղղահայաց է դաշտին: Շրջանակի ծայրերը սահող կոնտակտով փակված են $R=50 \text{ Օմ}$ դիմադրությամբ: Ինչի՞նչ է հավասար հոսանքի լայնությունը: Գրեք հոսանքի ժամանակային կախվածությունը, ըն-

դունելով, որ $t=0$ պահին շրջանակի նորմալը ուղղված է դաշտով:

● **5.22.** Երկար սղենոիդի ներսում կա S մակերեսով և գալարների N թվով հարթ կոճ: Կոճը ω անկյունային արագությամբ պտտվում է սղենոիդի առանցքին ուղղահայաց իր տրամագծի շուրջը: Սղենոիդում մագնիսական դաշտի ինդուկցիան փոփոխվում է $B = B_0 \sin \omega t$ օրենքով: Որոշեք կոճում մակաձված ԷԼՇՈւ-ի կախվածությունը ժամանակից, եթե $t=0$ պահին կոճի նորմալն ունի սղենոիդի առանցքի ուղղությունը:

■ **5.23.** r շառավղով մետաղե սկավառակը պտտվում է իր հարթությանն ուղղահայաց B ինդուկցիայով դաշտում, ω անկյունային արագությամբ (Նկ.5.17): Ի՞նչ ցույց կտա R դիմադրությամբ ամպերմետրը: Որոշեք հոսանքը, եթե $R=10$ Օմ, $r=0,05$ մ, $\omega=100\pi$ վ⁻¹, $B=1$ Տլ:



Մակաձման ԷԼՇՈւ-ն շարժվող հաղորդալարում

○ **5.24.** Որոշեք $l = 0,5$ մ երկարությամբ ուղիղ հաղորդչի ԷԼՇՈւ-ն, եթե հաղորդիչը $v=10$ մ/վ արագությամբ տեղափոխվում է $B = 0,04$ Տլ ինդուկցիայով դաշտում՝ ինդուկցիայի վեկտորի նկատմամբ $\alpha = 30^\circ$ անկյան տակ:

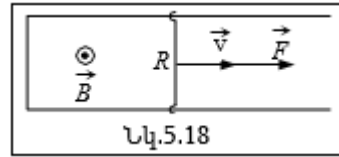
○ **5.25.** Ինքնաթիռը թռչում է հորիզոնական ուղղությամբ $v=200$ մ/վ արագությամբ: Որոշեք նրա թևերի ծայրերի պոտենցիալների տարբերությունը, եթե Երկրի մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի ուղղաձիգ բաղադրիչը՝ $B_\perp = 5 \cdot 10^{-5}$ Տլ, իսկ թևերի ծայրերի հեռավորությունը՝ $l=25$ մ:

■ **5.26.** $l = 1$ մ երկարության ձողը $\omega = 20$ ռադ/վ արագությամբ պտրտվում է $B=500$ Գս (1 Գս= 10^{-4} Տլ) ինդուկցիայով դաշտում՝ իր ծայրով անցնող առանցքի շուրջը: Պտույտի առանցքն ուղղահայաց է ձողին և գուրգահեռ է ինդուկցիայի գծերին: Որոշեք ձողի ծայրերի լարումը:

■ **5.27.** $l = 1$ մ երկարությամբ հորիզոնական ձողը պտտվում է իր ծայրով անցնող և իրեն ուղղահայաց առանցքի շուրջը, որը գուրգահեռ է $B=5$ մՏլ ինդուկցիայով դաշտին: Ձողի պտույտի հաճախությունն ինչքա՞ն լինի,

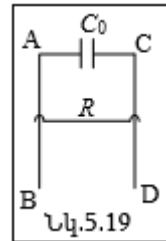
որ ձողի սկզբնակետի և միջնակետի միջև առաջանա $U=0,25$ մՎ լարում:

■5.28. Հորիզոնական Π -աձև շրջանակը դրված է իր հարթությանն ուղղահայաց համասեռ մագնիսական դաշտում (Նկ.5.18): Շրջանակի վրայով, առանց շփման, $v = 2$ մ/վ արագությամբ շարժվում է լար, որի դիմադրությունը՝ $R=200$ Օմ: Լարի վրա ազդում է $F=4$ Ն ուժ:



Որոշեք հոսանքը լարում: Շրջանակի դիմադրությունն անտեսեք:

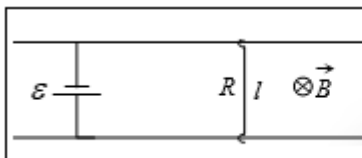
■5.29. AB և CD ուղղաձիգ լարերով, դադարի վիճակից, ծանրության ուժի ազդեցությամբ շարժվում է ռզանգվածով և l երկարությամբ ձողը (Նկ.5.19): Ձողերը միացած են C_0 ունակությամբ կոնդենստորով, իսկ դրա հարթությանն ուղղահայաց B ինդուկցիայով համասեռ մագնիսական դաշտ կա: Որոշեք ձողի արագացումը, համարելով այն հաստատուն: Համակարգի էլեկտրական դիմադրությունն անտեսեք:



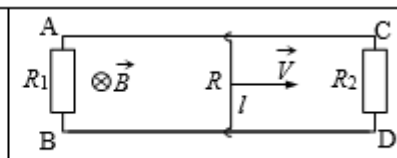
■5.30. Նախորդ խնդրի պայմաններում, ինչպիսի՞ն կլինի ձողի արագության կախվածությունը ժամանակից, եթե կոնդենստորը փոխարինվի R դիմադրությամբ: Մյուս հաղորդիչների դիմադրությունն անտեսեք:

■5.31. Հորիզոնական հարթության մեջ իրար գուգահեռ երկու ուղիղ ձող են միացրել իրար $\varepsilon=1$ Վ ԷԼՇՈւ-ով: $l = 1$ մ երկարությամբ և $R=20$ Օմ դիմադրությամբ հաղորդիչ կապը ձողերի վրայով շարժվելու հնարավորություն ունի (Նկ.5.20): Ամբողջ համակարգը $B=0,1$ Տլ ինդուկցիայով ուղղաձիգ դաշտում է: Որոշեք կապի հոսանքը, եթե՝ ա) կապն անշարժ է; բ) կապը $v=4$ մ/վ արագությամբ շարժվում է աջ; գ) նույն արագությամբ շարժվում է ձախ: Ո՞ր ուղղությամբ և ի՞նչ արագությամբ շարժվի կապը, որ դրանով հոսանք չանցնի:

■5.32. $l = 1$ մ երկարությամբ կապը իրար գուգահեռ, հորիզոնական եր-



Նկ.5.20



Նկ.5.21

կու ուղիղ հաղորդիչ ձողի վրա է (Նկ.5.20): Համակարգը $B=0,1\text{Տ}$ ուղղահիգ դաշտում է: Ինչ հաստատված արագությամբ և n բ ուղղությամբ կշարժվի կապը, եթե հաղորդիչ ձողերը $\varepsilon=0,5\text{Վ}$ ԷլՇՈւ-ով միացնեն իրար:

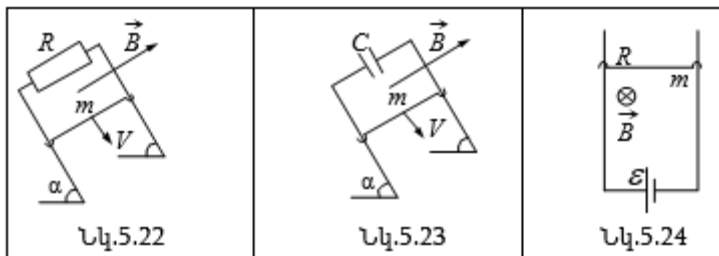
■5.33. Ուղղանկյուն հորիզոնական շրջանակն իր հարթությանն ուղղահայաց B ինդուկցիայով դաշտում է: l երկարության հաղորդիչ կապն ունի R դիմադրություն, իսկ AB և CD կողմերը ունեն R_1 և R_2 դիմադրություն (Նկ.5.21): Որոշեք հաղորդիչ կապի հոսանքը, երբ դա շարժվում է v արագությամբ:

■5.34. m զանգվածով հաղորդիչ կապն առանց շփման սահում է իրար զուգահեռ և b -ով իրարից հեռու երկու հաղորդիչ հորիզոնական ձողերի վրայով, որոնք փակված են R դիմադրությամբ: Այդ համակարգը ձողերի հարթությանն ուղղահայաց B ինդուկցիայով համասեռ մագնիսական դաշտում է: Որոշեք կապի շարժման օրենքը, եթե դրա սկզբնական արագությունը v_0 է: Ինչ հեռավորություն կանցնի կապը մինչև կանգ առնելը: Ինքնամակաձման ԷլՇՈՒ-ն և համակարգի մյուս տարրերի դիմադրությունն անտեսեք:

■5.35. Հորիզոնի նկատմամբ α անկյան տակ դրված երկու զուգահեռ պղնձե ձողերով, ծանրության ուժի ազդեցությամբ, առանց շփման սահում է m զանգվածով պղնձե կապը (Նկ.5.22): Ձողերի հեռավորությունն l է և դրանք վերևում միացրել են R դիմադրությամբ: $\vec{B}$ ինդուկցիայով դաշտը ձողերի հարթությանն ուղղահայաց է: Որոշեք կապի արագության հաստատված արժեքը: Ձողերի և կապի դիմադրությունները, ինչպես և համակարգի ինդուկտիվությունն անտեսեք:

■5.36. Լուծեք նախորդ խնդիրը, եթե կապի և ձողերի միջև կա շփում, ընդ որում շփման գործակիցը՝ $\mu < \operatorname{tg} \alpha$:

■5.37. 5.23. խնդրում նկարագրած սարքում R դիմադրությունը փոխարինված է C ունակությամբ կոնդենսատորով (Նկ.5.23): Բացի այդ՝ կապի և ձողերի միջև կա շփում և $\mu < \operatorname{tg} \alpha$: Որոշեք կապի արագացումը:

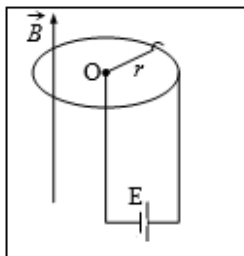


■5.38. m զանգվածով հորիզոնական հաղորդիչ կապը կարող է սահել երկու ուղղաձիգ լարով: Հաղորդալարերի հեռավորությունն l է և դրանք ներքևում միացրել են ε էլՇՈւ-ով (Նկ.5.24): Համակարի հարթության ուղղահայաց B ինդուկցիայով դաշտ կա: Որոշեք կապի բարձրանալու հաստատված արագությունը: Կապի դիմադրությունը R է: Հաղորդիչների և աղբյուրի դիմադրությունը և շփման ուժերն անտեսեք: Համակարգը Երկրի ձգողության դաշտում է:

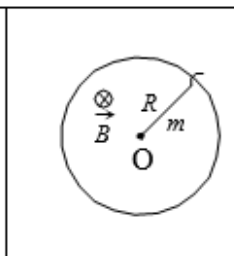
Էլեկտրական շարժիչի աշխատանքի սկզբունքը

■5.39. $B=2\text{Տլ}$ ուղղաձիգ դաշտում դրված է $r=5$ սմ շառավղով մետաղե օղակ այնպես, որ դրա առանցքը դաշտի ուղղությամբ է: Հաղորդիչ կապի մի ծայրն օղակով կարող է ազատ պտտվել: Պտույտի առանցքն օղակի առանցքն է (Նկ.5.25): Որոշեք կապի անկյունային արագության հաստատված արժեքը, ձողի O ծայրն օղակին $E = 1\text{Վ}$ էլՇՈւ-ով միացնելուց հետո:

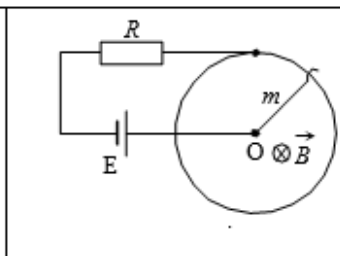
■5.40. R շառավղով հաղորդիչ օղակն ուղղաձիգ հարթության մեջ է: m զանգվածով և R երկարությամբ մետաղե ձողը մի ծայրով կարող է պտտվել օղակին ուղղահայաց առանցքի շուրջը (Նկ.5.26): Ձողի մյուս ծայրը կարող է ազատ շարժվել օղակի վրայով: Օղակի հարթությանն ուղղահայաց B ինդուկցիայով դաշտ կա: Հոսանքի ուժն ի՞նչ օրենքով փոխենք ձողում, որ այն պտտվի ω հաստատուն արագությամբ: Համակարգը Երկրի ձգողության դաշտում է:



Նկ.5.25



Նկ.5.26



Նկ.5.27

■5.41. Նկ.5.27-ում պատկերված է հաստատուն հոսանքի էլեկտրաշարժիչի մոդելը: **ա)** Որոշեք m զանգվածով և օղակի r շառավղին հավասար երկարությամբ՝ սահող կապի շարժման օրենքը, եթե մարտկոցի էլՇՈւ-ն E է, մագնիսական ինդուկցիան՝ B , դիմադրությունը՝ R : Շփումն անտեսեք: **բ)** Որոշեք անկյունային արագության հաստատված արժեքը, եթե

շփման ուժը շարժական կոնտակտում հավասար է F -ի: Ծանրության ուժը երկու դեպքում էլ անտեսեք:

Ծ5.42. Էլեկտրական շարժիչը սնվում է $\varepsilon_0 = 12$ Վ ԷլՇՈւ-ով մարտկոցից: Շարժիչի խարիսխը լրիվ արգելակելիս շղթայով անցնում է $I_0 = 10$ Ա հոսանք: Ինչպիսի՞ն է շարժիչի հզորությունը աշխատանքային նորմալ ռեժիմում, եթե այդ դեպքում շղթայի հոսանքը՝ $I = 3$ Ա :

Ծ5.43. Էլեկտրաշարժիչը սնվում է $\varepsilon_0 = 24$ Վ ԷլՇՈւ-ով մարտկոցից: Էլեկտրաշարժիչի հզորությունը՝ $P = 54$ Վտ և աշխատանքային նորմալ ռեժիմում սպառում է $I = 6$ Ա հոսանք: Ինչքա՞ն կլինի հոսանքը շղթայում, եթե շարժիչի խարիսխը լրիվ արգելակվի:

Ինքնամակաձման և փոխամակաձման երևույթներ

○ **5.44.** Հոսանքը $I_1 = 3$ Ա-ից մինչև $I_2 = 15$ Ա-ը փոխելիս՝ $N = 1000$ գալվանոնգ սուլենոիդի ամեն գալարում հոսքը մեծանում է $\Delta\Phi = 5 \cdot 10^{-3}$ Վբ-ով: Որոշեք սուլենոիդի ինդուկտիվությունը և ինքնամակաձման ԷլՇՈւ-ն, եթե հոսքի փոփոխությունը տևել է $\Delta t = 0,02$ վ:

○ **5.45.** $L = 0,5$ Հն ինդուկտիվությամբ էլեկտրամագնիսը միացրել են հոսանքի աղբյուրին: Որոշեք էլեկտրամագնիսի ինքնամակաձման ԷլՇՈւ-ն շղթան անջատելիս, եթե հոսանքի ուժը նվազում է $\frac{dI}{dt} = -10$ Ա/վ արագությամբ:

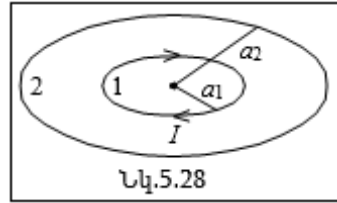
Ծ5.46. Հաղորդիչ շրջանակում հոսանքի ուժը ժամանակից կախված փոփոխվում է $I = a + bt$ օրենքով, որտեղ a -ն և b -ն դրական հաստատուններ են: Որոշեք ինքնամակաձման ԷլՇՈւ-ն $t = t_1$ պահին, եթե հայտնի է, որ $t = 0$ պահին մագնիսական դաշտի էներգիան W_0 է:

Ծ5.47. $L = 100$ մՀն ինդուկտիվությամբ կոճի էներգիան $\Delta t = 0,5$ վ-ի ընթացքում հավասարաչափ աճել է $n = 4$ անգամ: Որոշեք ինքնամակաձման ԷլՇՈւ-ի միջին արժեքը Δt ժամանակում, եթե հոսանքի ուժի սկզբնական արժեքը՝ $I_1 = 10$ Ա:

■5.48. $L = 0,022$ Հն ինդուկտիվությամբ և $R = 1$ Օմ դիմադրությամբ կոճը միացած է $\varepsilon = 3$ Վ ԷլՇՈւ-ով հաստատուն հոսանքի աղբյուրին: Կոճին զուգահեռ միացած է $R_0 = 2$ Օմ դիմադրություն: Երբ հոսանքը կոճում հասնում է իր առավելագույն արժեքին, հոսանքի աղբյուրն անջատվում է: Որոշեք կոճում անջատվող Q ջերմաքանակը աղբյուրն անջատելուց հետո: Աղբյուրի ներքին դիմադրությունն անտեսեք:

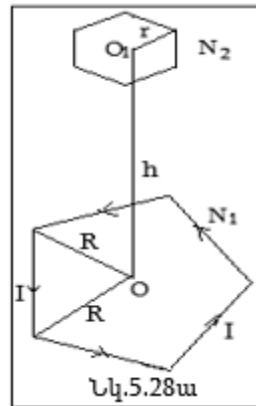
■5.49. Նույն հարթության մեջ a_1 և a_2 շառավղով երկու համակենտրոն

գալար կա: Առաջինով անցնում է I հոսանք: Որոշեք մագնիսական հոսքը a_2 շառավղով գալարի մակերեսով, եթե $a_1 \ll a_2$ (Նկ.5.28): Ինչքան է համակարգի փոխադարձ ինդուկտիվությունը:



5.50. Խնդիր 5.49-ում գալարները գտնվում են իրար զուգահեռ տարբեր հարթություններում, որոնց կենտրոնները գտնվում են նույն առանցքի վրա և իրարից հեռու են h -ով: Որոշեք մագնիսական հոսքը a_2 շառավղով գալարի մակերեսով, եթե $a_1 \ll a_2$: Ինչքան է համակարգի փոխադարձ ինդուկտիվությունը:

5.51. Խնդիր 5.50-ում գալարների փոխաբեն ունենք կանոնավոր բազմանկյուններ, որոնցից առաջինը ներգծված է R շառավղով շրջանագծին և ունի N_1 կողմ, իսկ երկրորդը ներգծված է $r \ll R$ շառավղով շրջանագծին և ունի N_2 կողմ: (Նկ.5.28ա): Առաջինով անցնում է I հոսանք: Որոշեք մագնիսական հոսքը N_2 կողմ ունեցող բազմանկյան մակերեսով: Ինչքան է համակարգի փոխադարձ ինդուկտիվությունը:



5.52. Ունենք մեկը մյուսի մեջ տեղադրված երկու սղենոիդ, որոնք ունեն նույն l երկարությունը և լայնական կտրվածքի համարյա նույն մակերեսը, որոնց եզրագիծը կանոնավոր N_1 և N_2 անկյուն բազմանկյուն են: Որոշեք այդ սղենոիդներից յուրաքանչյուրի ինդուկտիվությունը և դրանց փոխադարձ ինդուկտիվությունը, եթե դրանց <<գալարների>> կոնցենտրացիաները համապատասխանաբար n_1 և n_2 է:

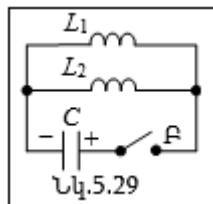
■5.53. Ունենք մեկը մյուսի մեջ տեղադրված երկու սղենոիդ, որոնք ունեն նույն երկարությունը և լայնական կտրվածքի համարյա նույն մակերեսը: Սղենոիդների ինդուկտիվություններն են L_1 և L_2 : Անտեսելով եզրային երևույթները, որոշեք դրանց փոխադարձ ինդուկտիվությունը:

• **5.54.** Երկար սղենոիդի ներսում կա N գալարով և r շառավղով կարճ սղենոիդ: Արտաքին սղենոիդի միավոր երկարության վրա կա n գալար: Ինչի է հավասար այս սղենոիդների փոխադարձ ինդուկտիվությունը:

Անցումային պրոցեսներ

●**5.55.** $R_1 = 10$ Օմ դիմադրությամբ էլեկտրական լամպը կոճով միացնում են $U_0 = 12$ Վ լարման աղբյուրին: Կոճի ինդուկտիվությունը $L=22$ նՀ, իսկ օհմական դիմադրությունը՝ $R_2 = 1$ Օմ: Բանալին փակելուց որքան ժամանակ անց լամպը կլուսարձակի, եթե դա նկատելի լույս է արձակում $U=6$ Վ լարման տակ:

■**5.56.** Որոշեք հոսանքի առավելագույն արժեքները L_1 և L_2 ինդուկտիվությամբ կոճերում, Նկ.5.29-ում բերված շղթայի բանալին փակելուց հետո: C ունակությամբ կոնդենսատորի սկզբնական լարումը U_0 է:



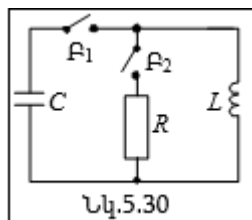
●**5.57.** $l = 0,2$ մ երկարությամբ կոճն ունի $N=200$ պղնձե գալար, որոնց տրամագիծը՝ $d=2$ մմ: Լարի լայնական հատույթի մակերեսը՝ $S=1$ մմ²: Կոճը միացնում են հաստատուն լարման աղբյուրին և հետո անջատում ցանցից ու կարճ միացնում: Ինչքան ժամանակ անց կոճի հոսանքը կփոքրանա երկու անգամ:

●**5.58.** Ինդուկտիվ կոճը ($R=140$ Օմ և $L=0,032$ նՀ) միացրին հաստատուն լարման աղբյուրին: Կոճի հոսանքը երբ կհասնի իր հաստատվելիք արժեքի կեսին:

●**5.59.** $L=0,22$ նՀ ինդուկտիվությամբ և $R=1,64$ Օմ դիմադրությամբ կոճն անջատում են ցանցից և կարճ միացնում: Քանի անգամ կփոքրանա հոսանքը կոճում՝ $t=0,05$ մվ հետո:

■**5.60.** Լիցքավորված C_0 ունակությամբ կոնդենսատորը փակվում է L ինդուկտիվությամբ կոճով: Ինչպիսի՞ն լինի կոնդենսատորի ունակության կախվածությունը ժամանակից, որ հոսանքն աճի ժամանակին համեմատական:

■**5.61.** Նկ.5.30-ի շղթայի C ունակությամբ կոնդենսատորի լարումն U_0 է: Սկզբում փակվում են F_1 բանալին: Երբ հոսանքը կոճում դառնում է իր առավելագույնը, փակվում են F_2 բանալին, հետո էլ՝ անջատում F_1 -ը: Ինչքան է լարման առավելագույն արժեքը R դիմադրության վրա:



Էլեկտրամագնիսական մակաձման երևույթներ գերհաղորչում

●**5.62.** B ինդուկցիայով համասեռ մագնիսական դաշտում կա R շառա-

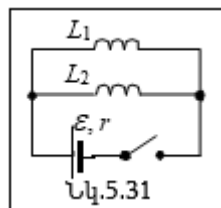
վրդով գերհաղորդիչ օղակ: Մագնիսական ինդուկցիայի գծերը ուղղահայաց են օղակի մակերեսին: Ինչի՞ է հավասար մագնիսական հոսքը օղակի մակերեսով այն բանից հետո, երբ մագնիսական դաշտն անջատում են:

• **5.63.** L ինդուկտիվությամբ և S մակերեսով գերհաղորդիչ շրջանակի հոսանքը I_0 է: Որոշեք հոսանքի ուժը շրջանակում այն բանից հետո, երբ շրջանակի մակերեսին ուղղահայաց B ինդուկցիայով մագնիսական դաշտ է ստեղծվում:

• **5.64.** L ինդուկտիվությամբ և S մակերեսով գերհաղորդիչ շրջանակը գտնվում է B ինդուկցիայով համասեռ մագնիսական դաշտում: $\vec{B}$ վեկտորը ուղղահայաց է շրջանակի մակերեսին, իսկ դրանում հոսանք չկա: Որոշեք շրջանակի հոսանքի ուժը այն բանից հետո, երբ դրան պտտում են 180° -ով:

• **5.65.** Գերհաղորդչե երկու օղակի միջև հեռավորությունը շատ մեծ է դրանց շառավղից: Օղակների կենտրոնները միացնող ուղիղը ուղղահայաց է դրանց մակերեսներին: Սկզբում օղակներով անցնում է նույն հոսանքը: Որոշեք դրանց հոսանքները այն բանից հետո, երբ դրանք ընդհուպ մոտեցվում են իրար:

■ **5.66.** Նկ.5.31-ի շղթայում հայտնի են աղբյուրի $\mathcal{E}$ ԷԼՇՈՒ-ն, դրա ներքին r դիմադրությունը և գերհաղորդիչ կոճերի L_1 և L_2 ինդուկտիվությունները: Որոշեք կոճերի հաստատված հոսանքները շղթայի բանալին փակելուց հետո:



Փոփոխական լարում և հոսանք

○ **5.67.** Ինչքա՞ն է լարումը $t=100$ մվ հետո, եթե լարման լայնույթը՝ $U_0=200$ Վ, իսկ պարբերությունը՝ $T=6$ մվ: Լարումը փոխվում է $U = U_0 \cos \omega t$ օրենքով:

○ **5.68.** ԷԼՇՈՒ-ն փոխվում է $\varepsilon = \varepsilon_0 \cos \omega t$ օրենքով: $t_1 = T/3$ ժամանակից հետո $\varepsilon_1 = 50$ Վ: Ինչքա՞ն է ԷԼՇՈՒ-ի արժեքը $\varphi_2 = \pi/4$ փուլում:

○ **5.69.** Լարումը փոխվում է $U = U_0 \cos \omega t$ օրենքով: $t_1 = T/3$ ժամանակից հետո հետո լարումը՝ $U_1 = 300$ Վ: Որոշեք լարման գործող արժեքը:

○ **5.70.** Փոփոխական հոսանքի ցանցում լարումը ժամանակից կախված փոխվում է $U = U_0 \sin 100\pi t$ օրենքով: Մեկ պարբերության ընթացքում որքա՞ն ժամանակ լարման մոդուլը կգտնվի՝ ա) 0 -ից $U_0/2$; բ) գործող արժեքից U_0 միջակայքում:

օ5.71. Նեոնային լամպը բոնկվում և մարում է, եթե լարումը $U_1 = 85$ Վ է: Ինչքա՞ն ժամանակ վառված կմնա լամպը, եթե դա $t_1 = 2$ ր-ով միացնեն ներդաշնակորեն փոխվող հոսանքի շղթային, որի լարման գործող արժեքը՝ $I_q = 120$ Վ:

օ5.72. Նեոնային լամպը բոնկվում է, երբ իր շրջադիրների լարումը խիստ որոշակի է: Այս լամպը պարբերության n ր մասում լույս կտա, եթե միացնեն այնպիսի ցանցի, որի լարման U_q գործող արժեքը հավասար է բոնկվելու U_1 լարմանը:

L, R և C տարրերը փոփոխական հոսանքի շղթայում

օ5.73. Ինդուկտիվ կոճը միացրել են $U=380\cos 100\pi t$ փոփոխական արման ցանցին: Որոշեք կոճի ինդուկտիվությունը, եթե հոսանքի գործող արժեքը՝ $I_q=2$ Ա: Կոճի ակտիվ դիմադրությունն անտեսեք:

օ5.74. Երբ ինդուկտիվ կոճը միացրին փոփոխական լարման ցանցին, հոսանքի գործող արժեքը եղավ՝ $I_q=2$ Ա: Որոշեք լարման լայնույթը, եթե կոճի ինդուկտիվությունը՝ $L=0,5$ Հն, իսկ հոսանքի հաճախությունը՝ $\nu=50$ Հց: Կոճի ակտիվ դիմադրությունն անտեսեք:

օ5.75. $C=50$ մկՖ ունակությամբ կոնդենսատորը միացրին $U=380\cos 100\pi t$ փոփոխական լարման ցանցին: Որոշեք հոսանքի գործող արժեքը:

օ5.76. $C=60$ մկՖ ունակությամբ կոնդենսատորը միացրել են $\nu=50$ Հց հաճախությամբ լարման ցանցին: Հոսանքի գործող արժեքը ցանցում $I_q=2$ Ա: Որոշեք լարման լայնության լարժեքը:

•5.77. $L=0,3$ Հն ինդուկտիվությամբ կոճին հաջորդական միացրել են $R=75$ Օմ ակտիվ դիմադրություն ու միացրել են $U = 300\cos 100\pi t$ լարման ցանցին: Որոշեք հոսանքի գործող արժեքը: Կոճի ակտիվ դիմադրությունն անտեսեք:

•5.78. L ինդուկտիվությամբ կոճը միացրեցին $\varepsilon = \varepsilon_0 \cos \omega t$ փոփոխական էլԾՈւ-ին: Անտեսելով կոճի ակտիվ դիմադրությունը, որոշեք հոսանքի ուժի կախումը ժամանակից:

•5.79. $C=50$ մկՖ ունակությամբ կոնդենսատորին հաջորդաբար միացրել են $R=100$ Օմ ակտիվ դիմադրություն, հետո միացրել են $U = 300\cos 100\pi t$ լարման ցանցին: Որոշեք հոսանքի գործող արժեքը:

•5.80. Կոնդենսատորին հաջորդական միացրին $R=15$ Օմ ակտիվ դիմադրություն, հետո շղթան միացրին $U = 300\cos 100\pi t$ լարման ցանցին: Որոշեք կոնդենսատորի ունակությունը, եթե հոսանքի գործող արժեքը՝ $I_q = 8$ Ա:

• **5.81.** $v=50$ Հց հաճախությամբ և $U_q = 200$ Վ գործող արժեքով փոփոխական հոսանքի ցանցին միացրել են կոնդենսատոր: Որոշեք կոնդենսատորի ունակությունը, եթե հոսանքի լայնությամբ՝ $I_0 = 4,89$ Ա:

• **5.82.** $C=530$ մկՖ ունակությամբ կոնդենսատորին հաջորդաբար միացրել են $R=5$ Օմ դիմադրությամբ ռեոստատ, հետո միացրել են $U_q = 220$ Վ փոփոխական լարման ցանցին, որի հաճախությունը՝ $v=50$ Հց: Որոշեք ռեոստատով անցնող հոսանքի ուժը:

• **5.83.** $C=50$ մկՖ ունակությամբ կոնդենսատորը և $R=75$ Օմ դիմադրությամբ ռեոստատը հաջորդական միացրել են $v=50$ Հց հաճախությամբ լարման ցանցին: Կիրառված լարման n ը մասն է կոնդենսատորինը, ո՞րը՝ ակտիվ դիմադրությանը:

• **5.84.** Երբ $U = 300 \cos 100\pi t$ լարման ցանցին միացրին $R=100$ Օմ ակտիվ դիմադրությամբ կոճ, հոսանքի գործող արժեքը եղավ $I_q = 0,1$ Ա: Որոշեք կոճի ինդուկտիվությունը:

• **5.85.** Կոճի փաթույթն ունի $N=5000$ գալար, որոնք $S=1$ մմ² լայնական հատույթի մակերեսով պղնձե լարից են: Կոճի երկարությունը՝ $l = 75$ սմ, իսկ տրամագիծը՝ $d=5$ սմ: Հոսանքի հաճախությունն ինչքա՞ն լինի, որ կոճի լրիվ դիմադրությունն երկու անգամ մեծ լինի ակտիվ դիմադրությունից:

• **5.86.** $l = 50$ սմ երկարությամբ և լայնական հատույթի $S=10$ սմ² մակերեսով կոճը միացրած է $v=50$ Հց հաճախությամբ լարման ցանցին: Կոճն ունի $N=1000$ գալար: Որոշեք կոճի ակտիվ դիմադրությունը, եթե լարման և հոսանքի փուլերի տարբերությունը 60° է:

• **5.87.** $L=0,4$ Հն ինդուկտիվությամբ կոճին հաջորդական միացրել են $C=6$ մկՖ ունակությամբ կոնդենսատոր, հետո դա միացրել են $U=300 \cdot \cos 100\pi t$ լարման ցանցին: Որոշեք հոսանքի գործող արժեքը: Կոճի ակտիվ դիմադրությունն անտեսեք:

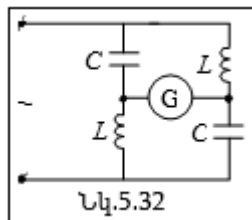
• **5.88.** $v=50$ Հց հաճախությամբ և $U_q = 220$ Վ լարմամբ ցանցին հաջորդական միացրել են $C=40$ մկՖ ունակությամբ կոնդենսատոր, $R=55$ Օմ ակտիվ դիմադրություն և $L=0,52$ Հն ինդուկտիվություն: Որոշեք հոսանքի գործող արժեքը:

• **5.89.** $v=50$ Հց հաճախությամբ և $U_q = 220$ Վ լարմամբ ցանցին հաջորդական միացրել են $C=50$ մկՖ ունակություն, $R=100$ Օմ ակտիվ դիմադրություն և $L=0,52$ Հն ինդուկտիվություն: Որոշեք լարումը՝ ա) կոնդենսատորի վրա; բ) ակտիվ դիմադրության վրա; գ) ինդուկտիվության վրա:

Այդ լարումների գումարը համեմատեք ցանցի լարման հետ:

◻5.90. $\nu=200$ Հց հաճախությամբ փոփոխական հոսանքի ցանցին միացրած է $L=0,12$ Հն ինդուկտիվությամբ կոճ: Դրան ինչ ունակությամբ կոնդենսատոր միացնեն, որ տեղի ունենա ռեզոնանս: Կոճի ակտիվ դիմադրությունն անտեսեք:

◻5.91. Ինչի՞նչ է հավասար շղթայի ռեզոնանսային հաճախությունը, որը պարունակում է $C=2$ մկՖ ունակությամբ կոնդենսատոր և $L=0,52$ Հն ինդուկտիվությամբ կոճ: Կոճի ակտիվ դիմադրությունն անտեսեք:



■5.92. Նկ. 5.32-ում բերված է կամրջակային սխեմա: L և C մեծությունների ո՞ր հարաբերակցության դեպքում գալվանաչափով հոսանք չի անցնի:

Ակտիվ և ռեակտիվ հզորություններ

•5.93. $\nu=50$ Հց հաճախությամբ և $U_q = 220$ Վ լարմամբ ցանցին հաջորդական միացրել են $C=5$ մկՖ ունակություն, $R=75$ Օմ ակտիվ դիմադրություն և $L=0,52$ Հն ինդուկտիվություն: Որոշեք՝ ա) ակտիվ հզորությունը; բ) ռեակտիվ հզորությունը; գ) լրիվ հզորությունը:

•5.94. L ինդուկտիվությամբ և $R=100$ Օմ ակտիվ դիմադրությամբ կոճը միացրել են $\nu=50$ Հց հաճախությամբ և $U_q = 127$ Վ լարման ցանցին: Որոշեք ինդուկտիվությունը, եթե կոճի ծախսած հզորությունը՝ $P=400$ Վտ, իսկ հոսանքի և լարման փուլերի տարբերությունը 60° է:

•5.95. $L=0,52$ Հն ինդուկտիվությամբ կոճին հաջորդական միացրել են $R=150$ Օմ ակտիվ դիմադրություն, հետո դա միացրել են $U=400\cos 100\pi t$ լարման ցանցին: Որոշեք շղթայի ակտիվ և ռեակտիվ հզորությունները:

•5.96. Փոփոխական հոսանքի շղթան ծախսում է $P=8$ կՎտ ակտիվ հզորություն: Որոշեք հզորության գործակիցը և փուլային շեղումը լարման ու հոսանքի միջև, եթե հոսանքի լայնությունը՝ $I_0 = 100$ Ա, իսկ լարումը աղբյուրի սեղմակների վրա՝ $U_0 = 200$ Վ: Որոշեք նաև ռեակտիվ և լրիվ հզորությունները:

Տրանսֆորմատոր

◻5.97. Տրանսֆորմատորի առաջնային և երկրորդային փաթույթների գալարների թիվը որոշելու համար երկրորդայինին փաթաթեցին $N=6$ լրացուցիչ գալար: Առաջնային փաթույթը $U_1 = 220$ Վ լարման ցանցին

միացնելիս՝ վոլտմետրը լրացուցիչ փաթույթի վրա ցույց տվեց $U=1,5$ Վ, իսկ երկրորդայինի վրա՝ $U_2 = 18$ Վ: Որոշեք գալարների թիվը՝ առաջնային և երկրորդային փաթույթներում:

05.98. $k=20$ տրանսֆորմացիայի գործակցով ցածրացնող տրանսֆորմատորը միացրած է $U_1=220$ Վ լարման ցանցին: R -ն լարում կլինի տրանսֆորմատորի ելքում, եթե դրա երկրորդային փաթույթի դիմադրությունը՝ $r=0,2$ Օմ, իսկ օգտակար բեռնվածության դիմադրությունը՝ $R=2$ Օմ:

05.99. Տրանսֆորմատորի առաջնային փաթույթը ցանցին միացնելիս՝ երկրորդային փաթույթի ծայրերին առաջանում է U_1 լարում, իսկ երկրորդայինը միացնելիս՝ առաջնայինի ծայրերին առաջանում է U_2 լարում: Որոշեք ցանցի լարումը և տրանսֆորմացիայի գործակիցը:

05.100. Տրանսֆորմատորը լարումը մեծացնում է $U_1=100$ Վ-ից մինչև $U_2=500$ Վ: Փաթույթներից մեկին հազգրել են մի գալար և ծայրերը միացրել վոլտմետրին: Վոլտմետրը ցույց տվեց $U=0,4$ Վ: Որոշեք գալարների թիվը առաջնային և երկրորդային փաթույթներում:

05.101. $\Phi = 0,02 \sin(100\pi t)$ օրենքով փոխվող մագնիսական հոսքը թափանցում է տրանսֆորմատորի երկրորդային փաթույթը: Քանի՞ գալար ունենա երկրորդային փաթույթը, որ դրա էլՇՈՒ-ի գործող արժեքը լինի $\varepsilon_q = 200$ Վ:

Տատանողական կոնտուր

05.102. Տատանողական կոնտուրում տատանումների հաճախությունը՝ $\nu=10^8$ Հց: Որոշեք կոնտուրի կոճի ինդուկտիվությունը, եթե կոնդենսատորի ունակությունը՝ $C=4 \cdot 10^{-10}$ Ֆ :

05.103. Տատանումների $\nu_1 = 1$ ՄՀց հաճախությամբ կոնտուրի կոնդենսատորին զուգահեռ միացրին $C=2 \cdot 10^{-8}$ Ֆ ունակությամբ մեկ այլ կոնդենսատոր: Պարբերությունը մեծացավ $n=3$ անգամ: Որոշեք կոճի ինդուկտիվությունը:

05.104. Տատանողական կոնտուրի կոնդենսատորի ունակությունը $C = 3 \cdot 10^{-8}$ Ֆ է, իսկ տատանումների հաճախությունը՝ $\nu=5$ կՀց: Որոշեք կոնտուրի կոճը թափանցող մագնիսական հոսքն այն պահին, երբ հոսանքը՝ $I=4$ Ա:

05.105. Տատանողական կոնտուրն ունի $C=10^{-6}$ Ֆ ունակությամբ կոնդենսատոր և $L=0,25$ Հն ինդուկտիվությամբ կոճ: Կոնդենսատորի լիքքի լայնույթը $q_0 = 10^{-8}$ Կլ է: Որոշեք հոսանքի լայնույթը:

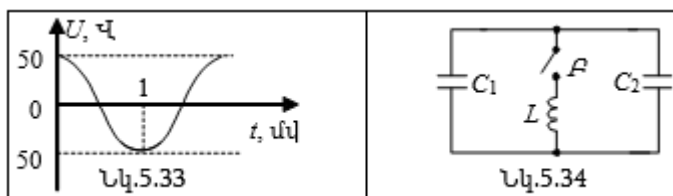
•5.106. Տատանողական կոնտուրն ունի $C=500\text{պՖ}$ ունակությամբ կոնդենսատոր և $L=200\text{մՀ}$ ինդուկտիվությամբ կոճ: Որոշեք հոսանքի լայնույթը, եթե լարման լայնույթը՝ $U_0 = 600\text{Վ}$:

•5.107. Տատանողական կոնտուրն ունի L ինդուկտիվությամբ կոճ և C ունակությամբ կոնդենսատոր: Կոնտուրում տատանումների պարբերությունը կմեծանա $\Delta T_1 = 1,256 \cdot 10^{-4}$ վ-ով, եթե ունակությունը մեծացնեն $\Delta C_1 = 1,1 \cdot 10^{-5}\text{Ֆ}$ -ով, և $n=2$ անգամ, եթե ունակությունը մեծացնեն $\Delta C_2 = 7,5 \cdot 10^{-5}\text{Ֆ}$ -ով: Որոշեք L -ը և C -ն:

•5.108. Տատանողական կոնտուրի կոնդենսատորի լիցքը փոխվում է $q = 10^{-6} \cos 10^4 \pi t$ օրենքով: Գրեք հոսանքի $I=I(t)$ օրենքը: Որոշեք կոնտուրում՝ ա) տատանումների պարբերությունը; բ) հաճախությունը:

•5.109. Տատանողական կոնտուրի կոնդենսատորի ունակությունը ΔC -ով մեծացնելիս տատանումների պարբերությունը փոխվեց n անգամ: Որոշեք սկզբնական C_1 ունակությունը, եթե հայտնի են ΔC -ն և n -ը:

•5.110. Նկ.5.33-ում բերված է տատանողական կոնտուրի կոնդենսատորի U լարման կախումը ժամանակից: Կոնդենսատորի լիցքի լայնույթը՝ $q_0 = 50\text{մկԿլ}$: Որոշեք կոնտուրի ինդուկտիվությունը:



•5.111. Կոնդենսատորի վրա լիցքի տատանումների դիֆերենցիալ հավասարումը ունի $\ddot{q} + 10^{16}q = 0$ տեսքը: Կոնտուրի ինդուկտիվությունը $L=10\text{մՀ}$ ն է: Որոշեք տատանողական կոնտուրի էլեկտրաունակությունը և գրեք լիցքի ժամանակային կախվածությունն արտահայտող հավասարումը, եթե հոսանքի սկզբնական արժեքը հավասար է $I_0 = 10\text{մԱ}$ լայնությային արժեքին:

•5.112. Կոնտուրի (Նկ.5.34) կոճի ինդուկտիվությունը՝ $L=2,5\text{մՀ}$ ն է, իսկ կոնդենսատորների ունակությունը՝ $C_1 = 2\text{մկՖ}$ և $C_2 = 3\text{մկՖ}$: Կոնդենսատորները լիցքավորեցին մինչև $U=180\text{Վ}$ լարումը և փակեցին F բանալին: Որոշեք՝ ա) տատանումների պարբերությունը; բ) կոճի հոսանքի լայնույթը:

Էներգիայի փոխակերպումները տատանողական կոնտուրում

օ5.113. Տատանողական կոնտուրի կոճի ինդուկտիվությունը՝ $L=0,62$ ն, իսկ հոսանքի լայնությունը՝ $I_0 = 0,04$ Ա: Որոշեք էլեկտրական դաշտի էներգիան այն պահին, երբ հոսանքը $n=4$ անգամ փոքր է լայնությանին արժեքից:

օ5.114. Որոշեք տատանողական կոնտուրի մագնիսական և էլեկտրական դաշտերի էներգիաների հարաբերությունը ժամանակի՝ ա) $T/3$ պահին: բ) $T/6$ պահին: գ) $\frac{T}{8}$ պահին: Ժամանակի զրո պահին հոսանքը զրո է:

օ5.115. Տատանողական կոնտուրի $C=100$ պՖ ունակությամբ կոնդենսատորի վրա լարման լայնությունը՝ $U_0 = 20$ Վ: Որոշեք՝ ա) U լարումն այն պահին, երբ կոճի $W_{\text{մ}}$ մագնիսական էներգիան $n=3$ անգամ գերազանցում է կոնդենսատորի $W_{\text{է}}$ էլեկտրական էներգիային: բ) $W_{\text{մ}}/W_{\text{է}}$ հարաբերությունը այն պահին, երբ $W_{\text{է}} = 15$ նՋ է:

օ5.116. 1 և 2 իդեալական երկու տատանողական կոնտուրներում, որոնց $L_1 = L_2$, տեղի են ունենում էլեկտրամագնիսական տատանումներ: Որոշեք այդ կոնտուրների լրիվ էներգիաների W_1/W_2 հարաբերությունը, եթե լիցքերի լայնությունը իրար հավասար են, իսկ երկրորդ կոնտուրի տատանումների պարբերությունը առաջինից մեծ է $n=2$ անգամ:

օ5.117. $C = 5 \cdot 10^{-6}$ Ֆ ունակությամբ կոնդենսատորը լիցքավորում են մինչև $U_0 = 1000$ Վ և միացնում ինդուկտիվության կոճին: Ի՞նչ ջերմաքանակ կանջատվի կոնտուրում այն ընթացքում, երբ լարման լայնությունը փոքրանա $n=5$ անգամ:

Մարող էլեկտրամագնիսական տատանումներ

•5.118. Տատանողական կոնտուրում մարող տատանումների լայնությունը $t_1 = 10$ վ-ի ընթացքում փոքրացավ $n_1 = 3$ անգամ: Որոշեք մարման գործակիցը: Ի՞նչ t_2 ժամանակամիջոցում լայնությունը կփոքրանա $n_2 = 6$ անգամ: Քանի՞ անգամ կփոքրանա լայնությունը $t_3 = 5$ վ-ում:

•5.119. Տատանողական կոնտուրը պարունակում է $L=10$ մՀն ինդուկտիվություն, $C=4$ մկՖ ունակություն և $R=20$ Օմ դիմադրությամբ ռեզիստոր: Որոշեք մարման գործակիցը, տատանումների սեփական հաճախությունը, կոնտուրի մարող տատանումների հաճախությունը, ռելաքսացիայի ժամանակը: Քանի՞ անգամ կփոքրանա մարող տատանումների լայնությունը $t=3$ մվ-ի ընթացքում:

•5.120. Տատանողական կոնտուրի ունակությունը C է, ինդուկտիվու-

թյունը L , ակտիվ դիմադրությունը՝ R : Քանի՞ տատանում հետո և որքան՞ ժամանակ անց տատանումների լայնույթը կփոքրանա e անգամ:

• **5.121.** Լիցքի տատանման դիֆերենցիալ հավասարումը կոնտուրում ունի $\ddot{q} + 10^6 \dot{q} + 10^{16} q = 0$ տեսքը: Որոշեք կոնտուրի ռելաքսացիայի ժամանակը և բարորակությունը: Գրեք լիցքի ժամանակից կախվածությունը, եթե ժամանակի սկզբնական պահին այն առավելագույնն է և $q_0 = 5$ նԿլ:

• **5.122.** Թույլ մարումով տատանողական կոնտուրն ունի C ունակություն և L ինդուկտիվություն: Այդ կոնտուրում U_0 լայնույթով չմարող տատանում ապահովելու համար կոնտուրը պետք է ստանա $\bar{P}$ միջին հզորություն: Որոշեք այդ կոնտուրի բարորակությունը:

• **5.123.** Տատանողական կոնտուրում (հաճախությունը՝ $\nu=5000$ Հց) զրրզրոում են մարող տատանումներ: Որոշեք դրա բարորակությունը, եթե $t=0,2$ վ-ում կոնտուրի էներգիան փոքրանում է $n=25$ անգամ:

Շեղման հոսանք

■ **5.124.** Հարթ կոնդենսատորի շրջադիրների միջև թույլ հաղորդականությամբ դիէլեկտրիկ է լցված: Երբ կոնդենսատորը անջատում են աղբյուրից, ծավալային հոսանքների հետևանքով այն սկսում է դանդաղ լիցքաթափվել: Անտեսելով եզրային երևույթները, որոշեք մագնիսական դաշտի լարվածությունը կոնդենսատորի ներսում:

■ **5.125.** Շատ երկար գլանային կոնդենսատորի շրջադիրների միջև թույլ հաղորդականությամբ դիէլեկտրիկ է լցված: Երբ կոնդենսատորը լիցքավորված է, նրա շրջադիրների միջև հոսանք է անցնում: Անտեսելով եզրային երևույթները, որոշեք մագնիսական դաշտի լարվածությունը կոնդենսատորի ներսում:

■ **5.126.** Հարթ կոնդենսատորի թիթեղները միատեսակ սկավառակներ են, և դրանց արանքը լցրած է ϵ թափանցելիությամբ դիէլեկտրիկով: Թիթեղների հեռավորությունը d է, դրանց վրա կիրառված է $U = U_0 \sin \omega t$ փոփոխական լարում: Անտեսելով եզրային երևույթները՝ որոշեք մագնիսական դաշտի լարվածությունը դիէլեկտրիկի ներսում:

■ **5.127.** Աղբյուրից անջատած հարթ կոնդենսատորով անցնող հոսանքի ուժը ինչ-որ պահին I է: Կոնդենսատորի թիթեղները միատեսակ R շառավղով սկավառակներ են: Անտեսելով եզրային երևույթները՝ որոշեք այդ պահին կոնդենսատորի ներսի մագնիսական դաշտի լարվածու-

թյան կախվածությունը նրա առանցքից ունեցած r հեռավորությունից:

■5.128. R շառավղով երկար սղենոիդի փաթույթով հոսում է $I = I_0 \sin \omega t$ հոսանքը: Սղենոիդի միավոր երկարության վրա կա n գալար: Որոշեք շեղման հոսանքի խտության կախվածությունը սղենոիդի առանցքից ունեցած r հեռավորությունից:

■5.129. $R=6$ սմ շառավղի ունեցող սղենոիդով հոսում է $\omega = 1000$ ռադ/վ անկյունային հաճախությամբ սինուսոիդական հոսանք: Որոշեք մագնիսական և էլեկտրական էներգիաների լայնության արժեքների հաբաբերությունը սղենոիդի ներսում:

Մրրկային էլեկտրական դաշտ

●5.130. $R=8$ սմ շառավղով գլանի առանցքով ուղղված դաշտի ինդուկցիան փոփոխվում է $B=10^{-4}t^2$ օրենքով: Ինչի՞ է հավասար մրրկային էլեկտրական դաշտի լարվածությունը գլանի առանցքից $r=0,1$ մ հեռավորության վրա՝ ժամանակի $t_1 = 1$ վ և $t_2 = 4$ վ պահերին:

●5.131. $R=10$ սմ շառավղով երկար սղենոիդի ներսում մագնիսական դաշտի ինդուկցիան փոփոխվում է $B=at$ օրենքով, որտեղ $a = 10^{-3}$ Տ/վ: Ինչի՞ է հավասար մրրկային էլեկտրական դաշտի լարվածությունը սղենոիդի առանցքից $r=8$ սմ և 20 սմ հեռավորության վրա:

●5.132. $l = 20$ սմ երկարությամբ և $r=2$ սմ շառավղով սղենոիդով հոսում է $I=10 \sin(100\pi t)$ հոսանք: Սղենոիդի գալարների թիվը՝ $N=200$: Որոշեք մրրկային էլեկտրական դաշտի լարվածության կախվածությունը սղենոիդի առանցքից ունեցած հեռավորությունից: Ի՞նչ լայնության էլԵՈւ է ստեղծում այդ դաշտը սղենոիդի ներսում գտնվող $r_1 = 1$ սմ շառավղով և $N_1 = 100$ գալար ունեցող կոճում: Սղենոիդի և կոճի առանցքները հա-մընկնում են:

Էլեկրամագնիսական ալիքներ

■5.133. Մաքսվելի հավասարումների համակարգից ստացեք (5.47) և (5.48) ալիքային հավասարումները:

■5.134. $\operatorname{div} \vec{E} = 0$ հավասարման օգնությամբ ապացուցեք, որ էլեկտրամագնիսական ալիքի $\vec{k}$ ալիքային վեկտորը ուղղահայաց է $\vec{E}$ վեկտորին:

■5.135. $\operatorname{div} \vec{B} = 0$ հավասարման օգնությամբ ապացուցեք, որ էլեկտրամագնիսական ալիքի $\vec{k}$ ալիքային վեկտորը ուղղահայաց է $\vec{B}$ վեկտորին:

■5.136. Մաքսվելի հավասարումների օգնությամբ ապացուցեք, որ $\vec{k} \times \vec{E} = \omega \vec{B}$, այսինքն $\vec{E}$, $\vec{B}$ և $\vec{k}$ վեկտորները միմյանց փոխուղղահայաց

են և կազմում են աջ պտուտակային համակարգ:

○5.137. Ճառագայթող անտենայից $l = 5$ մ-ով հեռու կետում, $t = T/6$ պահին էլեկտրական լարվածությունը հավասար է իր լայնության կեսին: Որոշեք ալիքի երկարությունը, եթե $t=0$ պահին լարվածությունը զրո էր:

○5.138. $t=1$ վ-ի ընթացքում անտենան ճառագայթում է $\lambda=15$ մ ալիքի երկարությամբ $N=4000$ ռադիոազդանշան: Ամեն մի ազդանշանի տևողությունը $\Delta t = 2$ մկվ: Քանի տատանում ունի ամեն մի ազդանշան և ինչ հեռավորության առարկա կարող է հայտնաբերել:

○5.139. Բաց կոնտուրի հոսանքը փոխվում է $I = 0,1 \cos(2 \cdot 10^5 \pi t)$ օրենքով: Որոշեք կոնտուրի արձակած ալիքի երկարությունը:

○5.140. Ռադիոընդունիչի տատանողական կոնտուրը համալրված է $\nu_1 = 10$ ՄՀց հաճախության էլեկտրամագնիսական ալիքի վրա: Ինչպե՞ս փոփոխենք կոնտուրի ունակությունը, որպեսզի դա համալրվի $\lambda_2 = 50$ մ երկարությամբ ալիքի վրա:

○5.141. Ռադիոառակիչի տատանողական կոնտուրի ինդուկտիվությունը կարող է փոփոխվել L_1 -ից $L_2 = 4L_1$ տիրույթը, իսկ ունակությունը՝ C_1 -ից $C_2 = 16C_1$ տիրույթը: C_1 և L_2 արժեքներին համապատասխանում է $\lambda_1 = 50$ մ ալիքի երկարություն: Որոշեք ալիքի երկարության տիրույթը, որը կարող է ճառագայթել առակիչը:

●5.142. $\varepsilon=3$ և $\mu = 1$ միջավայրում տարածվում է հարթ էլեկտրամագնիսական ալիք, որի էլեկտրական լարվածության լայնությունը՝ $E_0=10$ Վ/մ: Որոշեք՝ ա) ալիքի մագնիսական լարվածության լայնությունը; բ) ալիքի փուլային արագությունը:

Էլեկտրամագնիսական ալիքի էներգիան, ինտենսիվությունը և ճնշումը

●5.143. Օգտվելով Պոյնտինգի վեկտորի արտահայտությունից, դուրս բերեք էլեկտրամագնիսական ալիքի ինտենսիվության 5.56 բանաձևը:

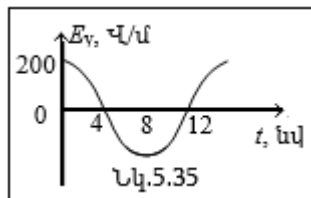
●5.144. Վակուումում, OX առանցքի երկայնքով, տարածվում է հարթ էլեկտրամագնիսական ալիք, որի մագնիսական լարվածության լայնությունը՝ $H_0 = 0,05$ Ա/մ: Որոշեք՝ ա) ալիքի էլեկտրական լարվածության լայնությունը; բ) ալիքի էներգիայի միջին խտությունը, գ) ալիքի ինտենսիվությունը:

●5.145. Ոչ մագնիսական միջավայրում OX առանցքի դրական ուղղությամբ տարածվում է էլեկտրամագնիսական ալիք, որի էլեկտրական դաշտի լարվածության Y պրոեկցիան փոփոխվում է $E_y = 200 \cos(2\pi 10^8 t -$

-4,55x) օրենքով: Ալիքը ամբողջությամբ կլանվում է դրա տարածմանն ուղղահայաց մակերևույթի կողմից: Որոշեք՝ **ա)** միջավայրի ε դիէլեկտրական թափանցելիությունը; **բ)** ալիքի ճնշումը մակերևույթի վրա; **գ)** ալիքի ինտենսիվությունը:

• **5.146.** Միջավայրում ($\varepsilon=4, \mu=1$) OX

առանցքի դրական ուղղությամբ տարածվում է հարթ մոնոքրոմատիկ էլեկտրամագնիսական ալիք: Նկ.5.35-ում բերված է էլեկտրական դաշտի Y պրոեկցիայի կախվածությունը ժամանակից: Որոշեք՝ **ա)** ալիքի երկարությունը, **բ)** մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի լայնույթը, **գ)** ալիքի ինտենսիվությունը:



• **5.147.** Էլեկտրամագնիսական ալիքն իր տարածմանն ուղղահայաց $S=10\text{սմ}^2$ մակերեսով $t=5\text{վ}$ -ի ընթացքում տեղափոխում է $P=0,01\text{կգ}\cdot\text{մ/վ}$ իմպուլս: Որոշեք ալիքի ինտենսիվությունը և ճնշումը լրիվ անդրադարձնող մակերևույթի վրա:

• **5.148.** Ռուբինային լազերի իմպուլսի տևողությունը՝ $\tau=0,1\text{մվ}$, իմպուլսի էներգիան՝ $W=0,3\text{Ջ}$, իսկ փնջի տրամագիծը՝ $d=5\text{մմ}$: Որոշեք ճառագայթման ինտենսիվությունը և էլեկտրական դաշտի լարվածության լայնույթը:

• **5.149.** Հարթ էլեկտրամագնիսական ալիքը տարածվում է ոչ մագնիսական միջավայրում: Դրա էլեկտրական և մագնիսական լարվածության լայնույթներն են՝ $E_0 = 0,05\text{ Վ/մ}$, $H_0 = 4 \cdot 10^4\text{ Վ/մ}$: Որոշեք այդ միջավայրի դիէլեկտրական թափանցելիությունը և $t=1\text{ր}$ -ում ալիքի տեղափոխած էներգիան, իր տարածման ուղղության նկատմամբ $\alpha=60^\circ$ անկյան տակ գտնվող $S=10\text{սմ}^2$ մակրեսով:

Հարցեր

- օ1. Ո՞րն է էլեկտրամագնիսական մակածման (ինդուկցիայի) երևույթի էությունը:
- օ2. Նկարագրեք էլեկտրամագնիսական մակածման որևէ փորձ:
- օ3. Սահմանեք էլեկտրամագնիսական մակածման հիմնական օրենքը:
- օ4. Գրեք էլեկտրամագնիսական մակածման ԷլՇՈւ-ի բանաձևը:
- օ5. Ձևակերպեք Լենցի կանոնը:
- օ6. Նկարագրեք Լենցի կանոնը հիմնավորող որևէ փորձ:

- 7. Լենցի կանոնը մեկնաբանեք էներգիայի պահպանվելու օրենքի տեսանկյունից:
- 8. Բացատրեք էլեկտրամագնիսական մակաձման երևույթը:
- 9. Գրեք էլեկտրամագնիսական մակաձման օրենքը Մաքսվելի ձևակերպմամբ:
- 10. Գրեք էլեկտրամագնիսական մակաձման օրենքը դիֆերենցիալ տեսքով:
- 11. Ի՞նչ տարբերություն կա փոփոխական մագնիսական դաշտի ստեղծված էլեկտրական դաշտի և անշարժ լիցքի ստեղծած էլեկտրական դաշտի միջև:
- 12. Պատկերեք նվազող մագնիսական դաշտի ($\frac{\partial B}{\partial t} < 0$) ստեղծած էլեկտրական դաշտի ուժագծերի և $\vec{B}$ -ի գծերի դասավորությունը:
- 13. Պատկերեք աճող մագնիսական դաշտի ($\frac{\partial B}{\partial t} > 0$) ստեղծած էլեկտրական դաշտի ուժագծերի և $\vec{B}$ -ի գծերի դասավորությունը:
- 14. Ինչո՞ւ են փոփոխական մագնիսական դաշտի ստեղծած էլեկտրական դաշտն անվանում մրրկային:
- 15. Գրեք մագնիսական դաշտում շարժվող ուղիղ հաղորդչում մակաձված էլՇՈւ-ի բանաձևը և բացատրեք այն:
- 16. Շարադրեք մագնիսական դաշտում շարժվող հաղորդչում էլՇՈւ-ի առաջանալու մեխանիզմը:
- 17. Ինչպե՞ս որոշենք անհամասեռ մագնիսական դաշտում շարժվող կամայական ձևի լարի մեջ մակաձված էլՇՈւ-ն:
- 18. Նույն մագնիսական մոմենտով երկու փոքր ֆերոմագնիսական գնդիկ է ազատ ընկնում նույն բարձրությունից: Դրանցից մեկն անցնում է պղնձե օղակի միջով: Ո՞ր գնդիկը ավելի շուտ կհասնի գետնին: Պատասխանը հիմնավորեք:
- 19. Անշարժ կոնտուրում մակաձման էլՇՈւ-ն ե՞րբ հաստատուն կլինի:
- 20. Ձևակերպեք գերհաղորդիչ շրջանակում մագնիսական հոսքի պահպանման թեորեմը:
- 21. Հաստատուն հոսանքի աղբյուրին միացած է առաձգական զսպանակ: ԻՆչպե՞ս կփոխվի հոսանքի ուժը, եթե այնպես ձգենք, որ զալարների հեռավորությունը մեծանա:
- 22. Ո՞ր դեպքում կողմնացույցի սլաքի տատանումներն արագ կմարեն, երբ դրա իրանը արույրի՞ց է, թե՞ պլաստմասից:
- 23. Մակաձված էլՇՈւ-ն ո՞ր դեպքում է բացատրվում՝ ա) մրրկային

Էլեկտրական դաշտի ազդեցությամբ, **բ)** Լորենցի ուժի ազդեցությամբ:

- 24. Հաղորդալարե շրջանակը ինչպե՞ս շարժենք համասեռ մագնիսական դաշտում, որ նրանում մակաձման ԷլՇՈՒ-ի արժեքը միշտ հավասար լինի զրոյի:
- 25. Ինչպե՞ս է ուղղված ինքնամակաձման հոսանքը հաղորդալարի հոսանքի նկատմամբ, եթե դրա ուժը՝ **ա)** մեծացնենք, **բ)** փոքրացնենք:
- 26. Անշարժ շրջանակում մակաձված ԷլՇՈՒ-ն ժամանակից ե՞րբ կախված կլինի գծային օրենքով:
- 27. Ո՞րն է ինքնամակաձման երևույթը:
- 28. Նկարագրեք ինքնամակաձման ԷլՇՈՒ-ի ծագելու որևէ փորձ:
- 29. Ինչո՞ւ է էլեկտրաշարժիչը հաճախ այրվում, երբ կանգնեցնում են դրա խարիսխը:
- 30. Հաղորդալարե շրջանակում հոսանքի ուժը պահվում է հաստատուն: Ինչպե՞ս ստեղծենք ինքնամակաձման ԷլՇՈՒ-ն:
- 31. Գրեք շրջանակի ինքնամակաձման ԷլՇՈՒ-ի կախվածությունը հոսանքի փոփոխվելու արագությունից:
- 32. Հաստատուն հոսանքով լարը մագնիսական դաշտում տեղափոխելիս՝ դրա մեջ առաջանում է մակաձման ԷլՇՈՒ: Այդ ԷլՇՈՒ-ն ինչու չի փոխում հաղորդալարի հոսանքը:
- 33. Ինքնամակաձման ԷլՇՈՒ-ի բանաձևի միջոցով ձևակերպեք ինդուկտիվության ֆիզիկական իմաստը:
- 34. Գրեք երկու հոսանքակիր շրջանակի փոխազդեցության էներգիայի բանաձևը:
- 35. Գրեք երկու շրջանակի փոխադարձ ինդուկտիվության կախվածությունը շրջանակների ձևից, չափերից և փոխադարձ դիրքից:
- 36. Հաստատուն հոսանքի շղթան միացնելիս՝ ինչո՞ւ հոսանքը միանգամից չի հասնում իր հաստատված արժեքին: Ի՞նչ օրենքով է աճում հոսանքը:
- 37. Հաստատուն հոսանքի շղթան անջատելիս՝ ինչո՞ւ հոսանքը միանգամից չի վերանում: Ի՞նչ օրենքով է նվազում այդ հոսանքը:
- 38. Երկաթյա միջուկով սղենոիդը միացրել են հաստատուն հոսանքի աղբյուրին: Ինչպե՞ս է փոփոխվում հոսանքը սղենոիդի միջուկը հեռացնելիս:
- 39. Ո՞ր հոսանքն են անվանում փոփոխական: Գրեք սինուսոիդական

հոսանքի կախվածությունը ժամանակից:

- 40. Ո՞ր սարքն են անվանում փոփոխական հոսանքի գեներատոր:
- 41. Նկարագրեք փոփոխական հոսանքի գեներատորի կառուցվածքը և աշխատանքի սկզբունքը:
- 42. Փոփոխական հոսանքի գեներատորի ռոտորն ունի վեց զույգ բևեռ: Ինչքա՞ն պետք է լինի դրա պտտման հաճախությունը, որպեսզի ստացվի 50 Հց հաճախությամբ հոսանք:
- 44. Ինչքա՞ն է լարման և հոսանքի փուլերի տարբերությունը՝ ակտիվ (օհմական) դիմադրության վրա:
- 44. Ինչքա՞ն է լարման և հոսանքի փուլերի տարբերությունը՝ ինդուկտիվ դիմադրության վրա:
- 45. Ինչքա՞ն է լարման և հոսանքի փուլերի տարբերությունը՝ ունակային դիմադրության վրա:
- 46. Ինչքա՞ն է C ունակությամբ կոնդենսատորի դիմադրությունը, եթե հոսանքի հաճախությունը ν է:
- 47. Ինչքա՞ն է L ինդուկտիվությամբ կոճի դիմադրությունը, եթե հոսանքի հաճախությունը ν է:
- 48. C ունակությամբ կոնդենսատորին հաջորդական միացրել են R ակտիվ դիմադրություն, հետո համակարգը միացրել են ν հաճախությամբ ցանցին: Ինչի՞նչ է հավասար դրանց ընդհանուր դիմադրությունը:
- 49. L ինդուկտիվությամբ կոճն ունի R ակտիվ դիմադրություն: Ինչքա՞ն է կոճի լրիվ դիմադրությունը, երբ դա միացնում են ν հաճախությամբ ցանցին:
- 50. L ինդուկտիվությամբ կոճին, որի ակտիվ դիմադրությունը R է, հաջորդական միացրել են C ունակությամբ կոնդենսատոր: Ինչքա՞ն է այդ համակարգի ընդհանուր դիմադրությունը, երբ դա միացնում են ν հաճախությամբ ցանցին:
- 51. Հաջորդական միացած L, R և C տարրերի համակարգը միացրել են $\varepsilon = \varepsilon_0 \cos \omega t$ էլՇՈՒ-ին: Ինչքա՞ն է հոսանքի լայնույթը:
- 52. Հաջորդական միացած L, R և C տարրերով համակարգը միացվել է փոփոխական են $\varepsilon = \varepsilon_0 \cos \omega t$ էլՇՈՒ-ին: Ինչքա՞ն է հոսանքի և էլՇՈՒ-ի փուլերի տարբերությունը:
- 53. Հոսանքի ուժի և լարման գործող արժեքները որո՞նք են:
- 54. Ակտիվ հզորությունն ի՞նչ է և ի՞նչ բանաձևով է որոշվում:
- 55. Ռեակտիվ հզորությունն ի՞նչ է և ի՞նչ բանաձևով է որոշվում:

- 56. Փոփոխական հոսանքի շղթայի լրիվ հզորությունն ի՞նչ է և ի՞նչ բանաձևով է որոշվում:
- 57. Գծեք հաջորդական միացած L, R և C տարրերի փոփոխական հոսանքի շղթայի լարումների վեկտորական դիագրամը:
- 58. Գծեք փոփոխական հոսանքի շղթայի հզորությունների վեկտորական դիագրամը:
- 59. Տրանսֆորմատորն ի՞նչ է: Ի՞նչ կառուցվածք ունի պարզագույն տրանսֆորմատորը:
- 60. Տրանսֆորմացիայի գործակիցն ի՞նչ է: Այդ գործակիցն արտահայտեք տրանսֆորմատորի կոճերի գալարների թվերով:
- 61. Ի՞նչ արժեքներ է ունենում բարձրացնող և ցածրացնող տրանսֆորմատորի տրանսֆորմացիայի գործակիցը:
- 62. Էներգիան ինչպե՞ս է հաղորդվում տրանսֆորմատորի առաջնային փաթույթից երկրորդայինին:
- 63. Ինչի՞ համար է տրանսֆորմատորի պողպատե միջուկը: Ինչո՞ւ են դա սարքում իրարից մեկուսի բարակ թիթեղներից:
- 64. Նկարագրեք տրանսֆորմատորի պարապ ընթացքի աշխատանքը:
- 65. Նկարագրեք տրանսֆորմատորի բեռնավորված աշխատանքը:
- 66. Տվեք տրանսֆորմատորի ՕԳԳ-ի սահմանումը:
- 67. Ինչո՞ւ փոփոխական հոսանք ստանալիս հարմար է պտտել ինդուկտորը, իսկ խարիսխը պահել անշարժ:
- 68. Տրանսֆորմատորը պարապ ընթացքի աշխատանքում ծախսում է չնչին էներգիա: Բացատրեք դա:
- 69. Ինչպե՞ս են փոփոխվում հոսանքի ուժը և լարումը տրանսֆորմատորի առաջնային և երկրորդային փաթույթներում, երբ տրանսֆորմատորի օգտակար բեռնվածությունը մեծանում է:
- 70. Ի՞նչ տեղի կունենա տրանսֆորմատորում, եթե դրա փաթույթներից որևէ մեկի երկու հարևան գալարների միջև մեկուսիչ շերտը փչանա և առաջանա էլեկտրական կոնտակտ:
- 71. Տրանսֆորմատորի առաջնային փաթույթը միացրել են հաստատուն լարման ցանցին: Լամպը կլուսարձակի՞, եթե դա միացնեն

երկրորդային փաթույթին:

- 72. Պարապ ընթացքի աշխատանքում ի՞նչ տեղի կունենա տրանսֆորմատորի հետ, եթե հեռացվի դրա միջուկը:
- 73. Ինչպե՞ս կփոխվի տրանսֆորմատորի երկրորդային փաթույթի լարումը, եթե առաջնային փաթույթում հոսանքի ուժը գծայնորեն աճի:
- 74. Ինչո՞ւ է բեռնավորված տրանսֆորմատորը <<դգգում>>: Որքա՞ն է այդ ձայնի հիմնական հաճախությունը, եթե այն միացած է 50 Հց հաճախությամբ ցանցին:
- 75. Ի՞նչ է տատանողական կոնտուրը: Գրեք տատանողական կոնտուրում էլեկտրամագնիսական ազատ տատանումների պարբերության բանաձևը, երբ ակտիվ դիմադրություն չկա:
- 76. Գրեք տատանողական կոնտուրի լիցքի ազատ տատանումների հիմնական հավասարումը, երբ ակտիվ դիմադրություն չկա:
- 77. Գրեք տատանողական կոնտուրի հոսանքի ազատ տատանումների դիֆերենցիալ հավասարումը, երբ ակտիվ դիմադրություն չկա:
- 78. Գրեք տատանողական կոնտուրի հոսանքի ազատ տատանումների դիֆերենցիալ հավասարումը, երբ ակտիվ դիմադրություն կա:
- 79. Գրեք տատանողական կոնտուրում կոնդենսատորի լիցքի կախվածությունը ժամանակից, եթե տատանումները մարտդ են:
- 80. Ի՞նչ է տատանողական կոնտուրի մարման գործակիցը և ո՞րն է դրա ֆիզիկական իմաստը:
- 81. Տատանողական կոնտուրի էլեկտրամագնիսական տատանումների հաճախության բանաձևը ո՞րն է, եթե ակտիվ դիմադրություն կա:
- 82. Մարման լոգարիթմական դեկրեմենտն ի՞նչ է: Ինչպե՞ս է դա կապված մարման գործակցի հետ:
- 83. Ի՞նչ է ցույց տալիս մարման լոգարիթմական դեկրեմենտի հակադարձ մեծությունը:

- **84.** Տատանողական կոնտուրի բարորակությունն ի՞նչ է: Ի՞նչ ֆիզիկական իմաստ ունի դա, եթե մարումը թույլ է:
- **85.** Նկարագրեք էներգիայի փոխակերպումները տատանողական կոնտուրում՝ **ա)** երբ ակտիվ դիմադրություն չկա, **բ)** երբ ակտիվ դիմադրություն կա:
- **86.** Ակտիվ դիմադրությունն ի՞նչքան լինի, որ կոնտուրում էլեկտրամագնիսական տատանումներ ծագեն:
- **87.** Գործնականում դժվար է պատրաստել շատ ցածր և շատ բարձր հաճախության տատանողական կոնտուր, քան միջին հաճախության: Ինչի՞ հետ է դա կապված: Ի՞նչ դժվարության հետ կառնչվեք 1 Հց կամ 1 ԳՀց հաճախության կոնտուր պատրաստելիս:
- **88.** Դիէլեկտրիկ օղակի ներսը մտցնում են մագնիս: Ի՞նչ տեղի կունենա դիէլեկտրիկի հետ:
- **89.** Ին՞չ է շեղման հոսանքը: Ի՞նչով է պայմանավորված շեղման հոսանքը՝ **ա)** եթե միջավայր կա, **բ)** եթե միջավայր չկա:
- **90.** Գրեք շեղման հոսանքի խտության բանաձևը:
- **91.** Ո՞րն է բևեռացման հոսանքի խտությունը: Գրեք դրա բանաձևը:
- **92.** Գրեք մագնիսական լարվածության շրջապտույտի բանաձևը փոխական դաշտերի համար:
- **93.** Գրեք մագնիսական լարվածության շրջապտույտի բանաձևը դիֆերենցիալ տեսքով՝ փոփոխական դաշտերի համար:
- **94.** Գրեք Մաքսվելի հավասարումը, որից հնարավոր է ստանալ էլեկտրամագնիսական մակածման հիմնական օրենքը:
- **95.** Գրեք Մաքսվելի հավասարումը, որից հնարավոր է ստանալ Բիո-Սավար-Լապլասի օրենքը:
- **96.** Գրեք Մաքսվելի հավասարումը, որն արտահայտում է մագնիսական լիցքերի բացակայությունը:
- **97.** Գրեք Մաքսվելի հավասարումը, որից հնարավոր է ստանալ Կուլոնի օրենքը:

- 98. Ազատ տարածությունում էլեկտրամագնիսական ալիքը երկայնական^ո ալիք է, թե^ո լայնական:
- 99. Ո՞րն է կոչվում բաց տատանողական կոնտուր:
- 100. Ինչպե՞ս է կապված կոնտուրի ճառագայթման հզորությունը հաճախությունից:
- 101. Քանի՞ անգամ կմեծանա ճառագայթման հզորությունը, եթե կոնտուրի հաճախությունը մեծանա 2 անգամ:
- 102. Ռադիոկապի հեռավորությունը երկու անգամ մեծացնելու համար, ինչո՞ւ են հաղորդման հզորությունը մեծացնում 4 անգամ:
- 103. Ինչպե՞ս կփոխվի տատանողական կոնտուրի ճառագայթած էլեկտրամագնիսական ալիքի երկարությունը, եթե՝ **ա)** կոճի մեջ մտցնենք երկաթե միջուկ, **բ)** մեծացնենք կոնդենսատորի շրջադիրների հեռավորությունը:
- 104. Ինչպե՞ս է ուղղված Պոյնտինգի վեկտորը գլանաձև հաղորդալարի մակերևույթի վրա, երբ դրանով անցնում է հաստատուն հոսանք:
 - 105. Գրեք էլեկտրամագնիսական ալիքի հավասարումը:
 - 106. Կոորդինատից և ժամանակից կախված ֆունկցիա գրեք, որը բավարարի ալիքային հավասարմանը:

Հիմնավորեք պնդումների ճիշտ և սխալ լինելը

5.1. ա) Փակ հաղորդիչ կոնտուրի ընդգրկած մակերեսով մագնիսական հոսքի փոփոխության դեպքում առաջանում է էլեկտրական հոսանք, որին անվանում են մակաձման հոսանք, իսկ այս երևույթին անվանում են էլեկտրամագնիսական մակաձման երևույթ; **բ)** Էլեկտրամագնիսական մակաձման ԷլՇՈՒ-ն փակ կոնտուրում հավասար է այդ կոնտուրը թափանցող մագնիսական Φ հոսքի փոփոխության արագությանը հակադիր նշանով՝ $\varepsilon = -\frac{d\Phi}{dt}$; **գ)** Փակ հաղորդիչ կոնտուրում ծագող մակաձման հոսանքն ունի այնպիսի ուղղություն, որն իր մագնիսական

դաշտով հակազդում է այդ հոսանքը ստեղծող պատճառին; **դ)** Համասեռ մագնիսական դաշտում համընթաց շարժում կատարող փակ հաղորդիչ կոնտուրում մակածված հոսանքի ուժն ուղիղ համեմատական է կոնտուրի արագությանը:

5.2. ա) Շրջանակում առաջացած մակածման էլՇՈՒ-ն, որը պայմանավորված է միայն մագնիսական դաշտի փոփոխությամբ, տրվում է $\varepsilon = -\frac{\partial \Phi}{\partial t} = -\oint_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S}$ արտահայտությամբ; **բ)** Համասեռ մագնիսական դաշտում գտնվող անշարժ փակ հաղորդիչ կոնտուրի միայն մակերեսը փոփոխելով հնարավոր չէ էլեկտրական հոսանք ստանալ; **գ)** Մագնիսական դաշտում գտնվող փակ հաղորդիչ կոնտուրը պտտելով, միշտ կարելի է ստանալ էլեկտրական հոսանք; **դ)** Եթե շատ մեծ ինդուկտիվությամբ կոճ միացվի հաստատուն հոսանքի աղբյուրին, ապա շղթայում հոսանքն ավելի շուտ կհաստատվի, քան փոքր ինդուկտիվությամբ կոճը միացնելուց:

5.3. ա) Փակ հաղորդիչ կոնտուրի ընդգրկած մակերեսով մագնիսական հոսքի փոփոխության դեպքում առաջանում է էլՇՈՒ, որին անվանում են մակածման էլՇՈՒ, իսկ այս երևույթին անվանում են էլեկտրամագնիսական մակածման երևույթ; **բ)** Եթե փակ հաղորդիչ կոնտուրում մագնիսական հոսքը նվազի, ապա կառաջանա բացասական մակածման էլՇՈՒ; **գ)** Շրջանակում առաջացած մակածման էլՇՈՒ-ն, որը պայմանավորված է միայն շրջանակի դիրքի փոփոխությամբ՝ $\varepsilon = \oint (\vec{v} \times \vec{B}) d\vec{l}$, որտեղ $\vec{v}$ -ն շրջանակի $d\vec{l}$ տարրի արագությունն է; **դ)** Փակ հաղորդիչ կոնտուրում մակածված հոսանքի մագնիսական դաշտը միշտ ունի իրեն ստեղծող մագնիսական դաշտի ուղղությունը:

5.4. ա) Այն երևույթը, երբ հաղորդիչ կոնտուրով անցնող փոփոխվող էլեկտրական հոսանքն այդ նույն կոնտուրում ստեղծում է մակածման էլՇՈՒ, կոչվում է ինքնամակածում, իսկ առաջացած էլՇՈՒ-ն՝ ինքնամակածման էլՇՈՒ; **բ)** Եթե R դիմադրություն ունեցող հաղորդիչ շրջանակի մակերեսով մագնիսական հոսքի փոփոխությունը լինի $\Delta\Phi$, ապա այդ շրջանակով անցնող լիցքը կլինի՝ $q = -\frac{\Delta\Phi}{R}$; **գ)** Փոփոխական մագնիսական դաշտի ստեղծած մրրկային էլեկտրական դաշտի լարվածության վեկտորի շրջապտույտը, այդ դաշտում գտնվող հաղորդիչ կոնտուրի երկայնքով, հավասար է այդ կոնտուրում մակածված էլՇՈՒ-ին՝ $\varepsilon = \oint \vec{E} d\vec{l} = -\frac{\partial \Phi}{\partial t}$; **դ)** Տրանսֆորմատորի տրանսֆորմացիայի գործա-

կից անվանում են $k = \varepsilon_1/\varepsilon_2 = U_1/U_2$ մեծությանը, որտեղ N_1 -ն առաջնային փաթույթի գալարների թիվն է, N_2 -ը՝ երկրորդայինի, իսկ ε_1 և ε_2 -ը՝ այդ փաթույթների էլՇՈւ-ները:

5.5. ա) Փոփոխական մագնիսական դաշտի ստեղծած էլեկտրական դաշտի ուժագծերը միշտ սկիզբ են առնում $+\infty$ -ում և վերջանում են $-\infty$ -ում; **բ)** Փոփոխական մագնիսական դաշտի ստեղծած էլեկտրական դաշտը մրրկային դաշտ է; **գ)** Որքան արագ է փոփոխվում մագնիսական դաշտը, այնքան մեծ է այդ փոփոխական մագնիսական դաշտի կողմից ստեղծված մրրկաին էլեկտրական դաշտի լարվածությունը; **դ)** Տրանսֆորմատորի պարապ ընթացքի դեպքում $I_1 \approx 0$, $I_2 = 0$, իսկ տրանսֆորմացիայի գործակիցը՝ $k = \varepsilon_1/\varepsilon_2 = U_1/U_2$:

5.6. ա) Փոփոխական մագնիսական դաշտի ստեղծած մրրկային էլեկտրական դաշտի ուժագծերը շրջապատում են մագնիսական ինդուկցիայի գծերին; **բ)** Ժամանակի ընթացքում ներդաշնակության օրենքով փոփոխվող հոսանքները կոչվում են սինուսոիդական հոսանքներ՝ $I = I_0 \sin(\omega t + \varphi_{01})$; **գ)** Փոփոխական մագնիսական դաշտի ստեղծած մրրկային էլեկտրական դաշտի փակ ուժագծի երկայնքով եթե տեղադրվի հաղորդիչ կոնտուր, ապա այդ էլեկտրական դաշտը հաղորդալարում կստեղծի էլեկտրական հոսանք, որը հենց մակաձման հոսանքն է; **դ)** Տորոիդ(տոր) կոչվում է օղակի վերածած գլանի վրա իրար շատ մոտ փաթաթված գալարների համախումբը: Տորով հոսանքն աճելուց դրական ինքնամակաձման էլՇՈւ է առաջանում, իսկ նվազելուց՝ բացասական:

5.7. ա) L ինդուկտիվությամբ մագնիսական կոճում կամ հաղորդիչ շրջանակում հոսանքի փոփոխության պատճառով առաջացած ինքնամակաձման էլՇՈւ-ն՝ $\varepsilon_{\text{ին}} = -\frac{d\Phi}{dt} = -L \frac{dI}{dt}$; **բ)** Միայն մագնիսական կոճ պարունակող հաստատուն հոսանքի շղթայում հոսանքը հաստատվելու կամ վերանալու ժամանակը կախված է կոճի ինդուկտիվությունից և կախված չէ կոճի ակտիվ դիմադրությունից; **գ)** Ինդուկտիվությունը թվապես հավասար է ինքնամակաձման էլՇՈւ-ին, որը ծագում է կոնտուրում, երբ հոսանքի ուժը նրանում 1վ-ում հավասարաչափ նվազում է 1Ա-ով; **դ)** Եթե շղթայի հոսանքի փոփոխման արագությունը շատ մեծ լինի, ապա ինքնամակաձման էլՇՈւ-ն չի հասցնի մեծ արժեք ընդունել:

5.8. ա) Մագնիսական կոճի ինդուկտիվությունը հավասար է 1Հն, եթե նրանում հոսանքը 1Ա-ով փոփոխելուց ստեղծվում է 1Վ ինքնամակաձ-

ման էլՇՈԻ; **բ)** Երբ իրար մոտ գտնվող երկու հաղորդիչ շրջանակներից առաջինով անցնի I_1 հոսանք, ապա երկրորդ շրջանակում ստեղծված մագնիսական հոսքը կլինի՝ $\Phi_2 = L_{21}I_1$, որտեղ L_{21} համեմատականության գործակիցը կոչվում է փոխադարձ ինդուկտիվության գործակից; **գ)** Պարզագույն տրանսֆորմատորը կազմված է պողպատե շրջանակից (միջուկից), որն իր վրա կրում է պղնձյա լարից երկու փաթույթ; **դ)** Էլեկտրական և մագնիսական դաշտերի, լիցքի, հոսանքի ուժի, լարման պարբերական կամ գրեթե պարբերական փոփոխությունները, կոչվում են էլեկտրամագնիսական տատանումներ:

5.9. ա) Փոփոխական էլեկտրական դաշտի լարվածության հոսքը փակ մակերևույթով հավասար էր զրոյի: Երբ այդ փակ մակերևույթի դրսի տիրույթում տեղադրվեց q լիցք, լարվածության հոսքը հավասարվեց այդ լիցքի և էլեկտրական հաստատունի հարաբերությանը՝ $\oint_S \vec{E} d\vec{S} = \frac{q}{\epsilon_0}$; **բ)** Իրար մոտ տեղադրված երկու հոսանքակիր շրջանակների մագնիսական փոխազդեցության էներգիան տրվում է հետևյալ արտահայտությամբ՝ $W = \frac{1}{2} \sum_{i,k=1}^2 L_{ik} I_i I_k$, որտեղ $L_{12} = L_{21}$ փոխինդուկտիվության կամ փոխմակածման գործակիցներն են, L_{11} -ը առաջին շրջանակի ինդուկտիվությունն է, իսկ L_{22} -ը՝ երկրորդինը; **գ)** Ցանկացած հոսանք, որը ժամանակի ընթացքում փոփոխվում է՝ $I=I(t)$, կոչվում է փոփոխական հոսանք; **դ)** Փոփոխական հոսանքի ուժի լայնությային արժեքից $\sqrt{2}$ անգամ մեծ արժեքին անվանում են հոսանքի գործող արժեք՝ $I_q = \sqrt{2}I_0$:

5.10. ա) L ինդուկտիվություն և R դիմադրություն պարունակող հաստատուն հոսանքի շղթան միացնելիս, հոսանքի ուժն աճում է $I=I_0(1-e^{-t/\tau})$ օրենքով, որտեղ $\tau=L/R$ -ը շղթայի ժամանակի հաստատունն է, իսկ I_0 -ն շղթայի հաստատված հոսանքը; **բ)** Եթե իրար մոտ տեղադրված հոսանքակիր շրջանակները գտնվում են ոչ ֆերոմագնիսական միջավայրում, ապա դրանց փոխմակածման գործակիցներն իրար հավասար են՝ $L_{12} = L_{21}$, ինչը նշանակում է, որ առաջին շրջանակի ստեղծած հոսքը երկրորդում (առաջինի հոսանքն I է) հավասար է երկ-րորդի ստեղծած հոսքին առաջինում, երբ երկրորդով անցնում է նույն I հոսանքը; **գ)** Եթե ազատ անկում կատարող փոքրիկ մագնիսն անկման ընթացքում անցնի պղնձե օղակի միջով, ապա նրա անկման տևողությունը կլինի ավելի փոքր, քան նույն H բարձրությունից ազատ անկման $t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$ տևողությունը, որտեղ g -ն ազատ անկման արագացումն է; **դ)** Եթե փոփոխա-

կան հոսանքի v հաճախությունն անվերջ մեծ լինի, ապա այն կարելի է հաստատուն հոսանք համարել:

5.11. ա) Այն փոփոխական հոսանքը, որի ակնթարթային արժեքը ժամանակի կամայական պահին պարբերաբար կրկնվում է, որոշակի T հաստատուն ժամանակ անց՝ $I(t)=I(t+nT)$, որտեղ $n=1,2,3,\dots$, կոչվում է պարբերական հոսանք; **բ)** Սինուսոիդական հոսանք կարող ենք ստանալ հաղորդիչ շրջանակը հաստատուն անկյունային արագությամբ համասեռ մագնիսական դաշտում պտտելով; **գ)** Սինուսոիդական հոսանքի գործող արժեք է կոչվում այնպիսի հաստատուն հոսանքի մեծությունը, որն անցնելով որևէ դիմադրության միջով, սինուսոիդական հոսանքի մեկ պարբերության ընթացքում, անջատում է նույնքան ջերմաքանակ, որքան դիտարկվող սինուսոիդական հոսանքը; **դ)** Փոփոխական հոսանքի գեներատորի պարզագույն մոդելը բաղկացած է հաստատուն մագնիսից և հաղորդալարից պատրաստված շրջանակից:

5.12. ա) Կոնդենսատորի ունակային դիմադրությունը որոշվում է $R_C = 1/(\omega C)$ բանաձևով, որտեղ C -ն կոնդենսատորի ունակությունն է, իսկ ω -ն՝ փոփոխական հոսանքի անկյունային հաճախությունը; **բ)** Փոփոխական լարումը և հոսանքի ուժն ակտիվ դիմադրության վրա ժամանակի t պահին՝ $U = U_0 \sin(\omega t)$, $I = I_0 \sin(\omega t)$, այսինքն հոսանքի ուժն ու լարումն ունեն նույն փուլը; **գ)** Որպեսզի տրանսֆորմատորում էլեկտրական էներգիայի կորուստները փոքր լինեն, դրանց միջուկները պատրաստում են մագնիսափափուկ ֆերոմանիսներից, որոնք ունեն հիսթերեզիսային օղակի փոքր մակերես; **դ)** Երբ փոփոխական հոսանքի շղթան պարունակում է միայն C ունակության կոնդենսատոր, ապա դրա ունակային դիմադրությունը հաղթահարելիս աղբյուրը կատարում է դրական աշխատանք:

5.13. ա) Փոփոխական լարման լայնությանին արժեքից $\sqrt{2}$ անգամ փոքր արժեքին անվանում են լարման գործող արժեք՝ $U_q = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$; **բ)** Փոփոխական լարումը և հոսանքի ուժը մագնիսական կոճի վրա ժամանակի t պահին՝ $U = U_0 \sin(\omega t)$, $I = I_0 \sin(\omega t + \pi/2)$, այսինքն հոսանքի ուժը $\frac{\pi}{2}$ փուլով առաջ է ընկած լարումից; **գ)** Հաստատուն հոսանքի դեպքում կոնդենսատորի ունակային դիմադրությունը հավասար է զրոյի; **դ)** Օհմական դիմադրությանն անվանում են ակտիվ դիմադրություն այն պատճառով, որ դրա վրա աղբյուրի էներգիան անվերադարձ կերպով փոխակերպվում է ջերմության կամ մեխանիկական էներգիայի:

5.14. ա) Հաջորդական միացած L , R և C տարրերից կազմված տատանողական կոնտուրի կոնդենսատորի շրջադրի լիցքի կախվածությունը ժամանակից տրվում է $q=q_m(t)\cos(\omega t + \varphi_0)$ օրենքով, որտեղ $q_m = q_0 e^{-\alpha t}$ -ը լիցքի լայնություն է ժամանակի t պահին, $\alpha = R/2L$ -ը՝ մարման գործակիցը, $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \alpha^2}$ -ն՝ տատանումների շրջանային հաճախությունը, ω_0 -ն՝ սեփական շրջանային հաճախությունը, φ_0 -ն՝ տատանումների սկզբնական փուլը; **բ)** Մագնիսական կոճի ինդուկտիվ դիմադրությունը որոշվում է $R_L = \frac{1}{\omega L}$ բանաձևով, որտեղ L -ը կոճի ինդուկտիվությունն է, իսկ ω -ն՝ փոփոխական հոսանքի անկյունային հաճախությունը; **գ)** Եթե փոփոխական հոսանքի շղթան պարունակում է միայն L ինդուկտիվությամբ կոճ, ապա դրա ինդուկտիվ դիմադրությունը հաղթահարելիս աղբյուրը կատարում է բացասական աշխատանք; **դ)** Փոփոխական հոսանքի շղթայում լարման անկումը մագնիսական կոճի վրա որոշվում է $U_L = L \frac{dI}{dt}$ արտահայտությամբ, որտեղ L -ը կոճի ինդուկտիվությունն է, իսկ $\frac{dI}{dt}$ -ն՝ հոսանքի փոփոխման արագությունը:

5.15. ա) Փոփոխական էլՇՈՒ-ի լայնությանի արժեքից $\sqrt{2}$ անգամ փոքր արժեքին անվանում են էլՇՈՒ-ի գործող արժեք՝ $\varepsilon_q = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{2}}$: **բ)** Ունակային դիմադրությանն անվանում են ռեակտիվ դիմադրություն այն պատճառով, որ ունակային դիմադրությունը հաղթահարելիս աղբյուրը կատարում է բացասական աշխատանք; **գ)** Երբ տրանսֆորմատորի տրանսֆորմացիայի գործակիցը՝ $k = \frac{N_1}{N_2} > 1$, ապա տրանսֆորմատորը կոչվում է բարձրացնող, իսկ $k < 1$ դեպքում տրանսֆորմատորը կոչվում է ցածրացնող; **դ)** Փոփոխական լարումը և հոսանքի ուժը կոնդենսատորի վրա ժամանակի t պահին՝ $U=U_0 \sin(\omega t)$, $I=I_0 \sin(\omega t - \pi/2)$, այսինքն հոսանքի ուժը $\pi/2$ փուլով ետ է ընկած լարումից:

5.16. ա) Հաստատուն հոսանքի դեպքում կոնդենսատորի ունակային դիմադրությունը հավասար է անվերջության՝ $R_C \rightarrow \infty$, երբ $\omega = 0$; **բ)** Մագնիսական կոճի ինդուկտիվ դիմադրությունը որոշվում է $R_L = \omega L$ բանաձևով, որտեղ L -ը կոճի ինդուկտիվությունն է, իսկ ω -ն՝ փոփոխական հոսանքի անկյունային հաճախությունը; **գ)** Հաջորդական միացած L , R և C տարրեր պարունակող փոփոխական հոսանքի և լարման փուլերի տարբերության եռանկյունաչափական ֆունկցիաները՝ $\sin\varphi = \frac{R_L - R_C}{Z}$; $\cos\varphi = \frac{R}{Z}$, որտեղ R_L -ը և R_C -ն շղթայի ինդուկտիվ և ունակային դիմադրու-

թյուններն են, իսկ $Z = \sqrt{R^2 + (R_L - R_C)^2}$ -ը՝ լրիվ դիմադրությունը; **դ)** Ինդուկտիվ դիմադրության անվանում են ռեակտիվ դիմադրություն այն պատճառով, որ ինդուկտիվ դիմադրությունը հաղթահարելիս աղբյուրը կատարում է բացասական աշխատանք:

5.17. ա) Կիրխոֆի II կանոնը միայն C ունակությամբ օժտված փոփոխական հոսանքի շղթայի համար ունի հետևյալ տեսքը՝ $\frac{q}{C} = \varepsilon_0 \sin \omega t$, որտեղ $\varepsilon = \varepsilon_0 \sin \omega t$ աղբյուրի էլՇՈՒ-ն է, իսկ q -ն՝ կոնդենսատորի լիցքը; **բ)** $P_{\text{ը}} = U_q I_q$ -ն այն հզորությունն է, որը զարգացնում է գեներատորը, սակայն նրանից օգտագործվում է (ծախսվում) միայն $P_{\text{ակ}} = U_q I_q \cos \varphi$ ակտիվ հզորությունը, իսկ ռեակտիվ հզորության շնորհիվ, կամ ռեակտիվ տարրերի մեջ կուտակվում է էներգիա, կամ նրանցից հետ է վերադառնում գեներատորին; **գ)** Միայն C ունակություն պարունակող փոփոխական հոսանքի շղթայում հոսանքի ուժը և լարումն ունեն նույն փուլը; **դ)** Փոփոխական հոսանքի շղթայում լարման անկումը C ունակությամբ կոնդենսատորի վրա տրվում է $U_C = \frac{q}{C} = \frac{\int i dt}{C}$ առնչությամբ, որտեղ $I(t)$ - ն հոսանքի ուժի ակնթարթային արժեքն է:

5.18. ա) Փոփոխական հոսանքի շղթայի մագնիսական կոճը բացի ինդուկտիվ դիմադրությունից, օժտված են նաև ակտիվ և ունակային դիմադրություններով; **բ)** Եթե $\varepsilon = \varepsilon_0 \sin \omega t$ փոփոխական էլՇՈՒ-ով աղբյուրին հաջորդական միացած են L , R և C տարրեր, ապա շղթայի հոսանքը φ փուլով շեղված է էլՇՈՒ-ի նկատմամբ և որոշվում $\text{tg} \varphi = \frac{\omega L - 1/\omega C}{R}$ առնչությունից; **գ)** Տրանսֆորմատորը քանի անգամ որ բարձրացնում է լարումը, նույնքան անգամ փոքրացնում է հոսանքի ուժը; **դ)** Եթե փոփոխական հոսանքի շղթայում կա կոնդենսատոր, ապա դրանում էլեկտրական դաշտ ստեղծելու վրա աղբյուրը ծախսում է էներգիա, որը նորից վերադառնում է աղբյուրին, երբ կոնդենսատորը լիցքաթափվում է:

5.19. ա) Երբ N գալար ունեցող շրջանակը հավասարաչափ պտտվում է B ինդուկցիայով համասեռ մագնիսական դաշտում, ապա շրջանակում մակաձված էլՇՈՒ-ի լայնությանի արժեքը կլինի՝ $\varepsilon_0 = NSB\omega$, որտեղ S -ը շրջանակի մակերեսն է (պտտման առանցքը շրջանակի հարթության մեջ է և ուղղահայաց է դաշտին); **բ)** Կիրխոֆի II կանոնը միայն L ինդուկտիվությամբ օժտված փոփոխական հոսանքի շղթայի համար ունի հետևյալ տեսքը՝ $L \frac{di}{dt} = \varepsilon_0 \sin \omega t$, որտեղ $\varepsilon = \varepsilon_0 \sin \omega t$ աղբյուրի էլՇՈՒ-ն է, իսկ $\frac{di}{dt}$ -ն՝ հոսանքի փոփոխման արագությունը; **գ)** Տրանսֆորմատորի

այն փաթույթը, որը միացվում է լարման աղբյուրին, կոչվում է առաջնային փաթույթ, իսկ որը միացվում է սպառիչին, կոչվում է երկրորդային փաթույթ; **դ)** $\varepsilon = \varepsilon_0 \sin \omega t$ փոփոխական էլՇՈՒ-ով շղթայի համար, որը կազմված է հաջորդաբար միացած L , R և C տարրերից, հոսանքի լայնությանին արժեքը որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ՝ $I_0 = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}}$:

5.20. ա) Առանց հաճախության փոփոխության էլեկտրական լարման արժեքը մեծացնող կամ փոքրացնող սարքը կոչվում է տրանսֆորմատոր; **բ)** Փոփոխական հոսանքի շղթայի համար $Z = \sqrt{R^2 + (R_L - R_C)^2}$ մեծությանն անվանվում է շղթայի լրիվ դիմադրություն կամ իմպենդանս, որտեղ R -ը շղթայի ակտիվ, $R_C = 1/\omega C$ -ն՝ ունակային և $R_L = \omega L$ -ը՝ ինդուկտիվ դիմադրություններն են; **գ)** Եթե փոփոխական հոսանքի շղթայի ինդուկտիվ դիմադրությունը հավասար լինի ունակային դիմադրությանը՝ $R_L = R_C$, ապա շղթայի ակտիվ հզորությունը կընդունի $\varepsilon_q I_q$ առավելագույն արժեքը, որտեղ I_q -ն հոսանքի, իսկ ε_q -ն էլՇՈՒ-ի գործող արժեքներն են; **դ)** Փակ տատանողական կոնտուրում էլեկտրամագնիսական տատանումների մարումը հիմնականում պայմանավորված է կոնտուրի կողմից էլեկտրամագնիսական ալիքների ճառագայթմամբ:

5.21. ա) $\varepsilon = \varepsilon_0 \sin \omega t$ փոփոխական էլՇՈՒ-ով հաջորդական միացած L , R և տարրերից կազմված շղթայի ռեակտիվ հզորության միջին արժեքը որոշվում է $P_n = U_q I_q \sin \varphi$ արտահայտությամբ, որտեղ $\sin \varphi = \frac{\omega L - 1/\omega C}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}}$ իսկ $U_q = \varepsilon_0 / \sqrt{2}$, $I_q = \frac{U_q}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}}$; **բ)** Միայն L ինդուկտիվություն պարունակող փոփոխական հոսանքի շղթայում ակտիվ հզորության միջին արժեքը հավասար է զրոյի՝ $P=0$; **գ)** Քանի որ տրանսֆորմատորի ՕԳԳ-ն մոտ է 100%, ուստի բեռնավորված տրանսֆորմատորի դեպքում $U_1 I_1 \approx U_2 I_2$, որտեղ U_1 և U_2 լարումներն են առաջնային և երկրորդային փաթույթների վրա, իսկ I_1 և I_2 -ը՝ այդ փաթույթների հոսանքները; **դ)** L ինդուկտիվությամբ կոճից և C ունակությամբ կոնդենսատորից կազմված իդեալական տատանողական կոնտուրում լիցքի ազատ տատանումները նկարագրող հիմնական հավասարումը՝ $\ddot{q} + \omega_0^2 q = 0$, որտեղ $\ddot{q} = \frac{d^2 q}{dt^2}$, իսկ $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$:

5.22. ա) Հաջորդական միացած L , R և C տարրերից կազմված տատանողական կոնտուրում հոսանքի լայնություն իր առավելագույն արժեքին է

հասնում, երբ կոնտուրի ակտիվ դիմադրությունը հավասարվում է $R_{կո} = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ -ի; **բ)** Տրանսֆորմատորի աշխատանքի հիմքում ընկած է էլեկտրամագնիսական մակածման երևույթը; **գ)** Օհմի օրենքը $\varepsilon = \varepsilon_0 \sin \omega t$ փոփոխական էլՇՈՒ-ով շղթայի համար, որը կազմված է հաջորդաբար միացած L , R և C տարրերից, ունի հետևյալ տեսքը՝ $I = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}}$.

• $\sin(\omega t - \varphi)$, որտեղ՝ $\tan \varphi = \frac{\omega L - 1/\omega C}{R}$; **դ)** Եթե հայտնի է իդեալական տատանողական կոնտուրի W_0 լրիվ էներգիան, ապա լիցքի լայնությանին արժեքը կլինի՝ $q_0 = \sqrt{2W_0 C}$, որտեղ C -ն ունակությունն է:

5.23. ա) Տատանողական կոնտուրում պարբերաբար կոնդենսատորի էլեկտրական դաշտի էներգիան փոխակերպվում է կոճի մագնիսական դաշտի էներգիայի և ընդհակառակը; **բ)** $\vec{E}$ և $\vec{H}$ վեկտորների $\oint_L \vec{E} d\vec{l} = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S}$; $\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S (\vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}) d\vec{S}$ շրջապատյունների հավասարումներից հետևում է, որ էլեկտրական և մագնիսական դաշտերը չի կարելի դիտել որպես առանձին դաշտեր, դրանցից որևէ մեկի փոփոխությունը ժամանակի ընթացքում ստեղծում է մյուսին; **գ)** Հաջորդական միացած L , R և C տարրերից կազմված տատանողական կոնտուրում տատանումները դանդաղ կմարեն, եթե կոնտուրի ակտիվ դիմադրությունը գերազանցի $R_{կո} = 2\sqrt{L/C}$ -ին; **դ)** Եթե S մակերեսով հաղորդիչ օղակը տեղադրվի $\vec{B}$ ինդուկցիայով համասեռ մագնիսական դաշտի ինդուկցիայի գծերին ուղղահայաց հարթության մեջ և օղակը սառեցնելով բերվի գերհաղորդիչ վիճակի, ապա մագնիսական հոսքն օղակի մակերեսով կվերանա:

5.24. ա) Իդեալական տատանողական կոնտուրում տատանումների պարբերությունը որոշվում է $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{LC}$ բանաձևով, որտեղ L -ը տատանողական կոնտուրի ինդուկտիվությունն է, իսկ C -ն՝ ունակությունը; **բ)** $\vec{j}_{կո} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$ լրիվ հոսանքի խտության դիվերգենցիան նույնաբար հավասար է զրոյի, ինչը նշանակում է, որ լրիվ հոսանքի խտության գծերը միշտ փակ գծեր են; **գ)** Եթե հայտնի է իդեալական տատանողական կոնտուրի W_0 լրիվ էներգիան, ապա հոսանքի լայնությանին արժեքը կոնտուրում կլինի՝ $I_0 = \sqrt{2W_0/L}$, որտեղ L -ը կոնտուրի ինդուկտիվությունն

է; **դ)** Հաջորդական միացած L , R և C տարրերից կազմված կոնտուրի α մարման գործակցի հակադարձ մեծությունը՝ $\tau = 1/\alpha$, դա այն ժամանակն է, որի ընթացքում տատանումների լայնույթը փոքրանում է 10 անգամ:

5.25. ա) α մարման գործակցի հակադարձ մեծությունը՝ $N_e = 1/\alpha$, հավասար է այն տատանումների N_e թվին, որի ընթացքում տատանումների լայնույթը փոքրանում է e անգամ; **բ)** $\text{rot} \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ հավասարման(-)

նշանը ցույց է տալիս, որ մրրկային էլեկտրական դաշտի ուժագծերը $\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ վեկտորի հետ կապված են աջ պտուտակի (խցանահանի) կանոնով; **գ)** Որպեսզի տատանողական կոնտուրը մեծ էֆեկտիվությամբ ճառագայթի էլեկտրամագնիսական ալիք, այն պետք է ունենա հնարավորին չափ մեծ էլեկտրատունակություն և ինդուկտիվություն; **դ)** Եթե տատանողական կոնտուրի մագնիսական կոճից հեռացվի ֆերոմագնիսական միջուկը, ապա կոնտուրում տատանումների հաճախությունը կփոքրանա:

5.26. ա) Պարզագույն համակարգը, որում կարելի է ստանալ էլեկտրամագնիսական տատանումներ, տատանողական կոնտուրն է; **բ)** Տատանողական կոնտուրի բարորակությունը՝ $Q = \pi/\delta = \pi \cdot N_e$, որտեղ δ -ն մարման լոգարիթմական դեկրեմենտն է, իսկ N_e -ն՝ տատանումների թիվն է, որի ընթացքում տատանումների լայնույթը փոքրանում է e անգամ; **գ)** Մաքսվելի հավասարումներից հետևում է, որ էլեկտրամագնիսական դաշտը կարող է գոյություն ունենալ լիցքերից և հոսանքներից անկախ, ընդ որում այդ դաշտի վիճակի փոփոխությունն ունի ալիքային բնույթ, որին անվանում են էլեկտրամագնիսական ալիք; **դ)** Փոփոխական հոսանքի շղթայում շեղման հոսանքը $\pi/2$ փուլով հետ է ընկած հաղորդման հոսանքից:

5.27. ա) Տատանողական կոնտուրի կոճում շեղման հոսանքի փուլը ինքնամակաձման էլԵՈԻԻ-ի փուլի նկատմամբ շեղված է $\pi/2$ -ով; **բ)** Շեղման հոսանքը մոցվել է Մաքսվելի կողմից և այն պայմանավորված է էլեկտրական դաշտի փոփոխությամբ՝ $I_2 = \int_S \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} d\vec{S}$, որտեղ $\vec{D} = \epsilon_0 \epsilon \vec{E}$ էլեկտրական դաշտի ինդուկցիայի վեկտորն է; **գ)** Տատանողական կոն-

տուրի բարորակությունը թույլ մարումների դեպքում՝ $Q = \frac{2\pi W}{\Delta W}$, որտեղ W -ն կոնտուրի կուտակած էներգիան է ժամանակի տվյալ պահին, ΔW -ն՝ այդ էներգիայի կորուստը մեկ պարբերության ընթացքում; **դ)** Եթե էլեկտրամագնիսական ալիքում հաստատուն պահվի էլեկտրական դաշտի լարվածության լայնույթը, իսկ հաճախությունը մեծացվի երկու անգամ, ապա ինտենսիվության միջին արժեքը կմեծանա չորս անգամ:

5.28. ա) Էլեկտրամագնիսական ալիքի $\vec{E}$ և $\vec{H}$ վեկտորները տարածվում են միշտ միևնույն փուլում և ալիքի ցանկացած կետում տեղի ունի $E\sqrt{\varepsilon_0\varepsilon} = H\sqrt{\mu_0\mu}$ կամ $E=vB$ առնչությունը; **բ)** OX առանցքով տարածվող հարթ մոնոքրոմատիկ էլեկտրամագնիսական ալիքի հավասարումը՝ $\vec{E} = \vec{E}_0 \sin(\omega t - kx + \varphi_0)$, $\vec{B} = \vec{B}_0 \sin(\omega t - kx + \varphi_0)$, որտեղ $\vec{E}_0$ -ն և $\vec{B}_0$ -ն էլեկտրական և մագնիսական դաշտի լայնույթներն են, ω -ն՝ ալիքի շրջանային հաճախությունը, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ -ն՝ ալիքային թիվը (ալիքային վեկտորի մոդուլը); **գ)** Եթե երկու միջավայրի բաժանման սահմանին ազատ լիցքեր և հաղորդման հոսանքներ չկան, ապա մեկ միջավայրից մյուսին անցնելիս դաշտերի նորմալ և տանգենցիալ բաղադրիչները պետք է բավարարեն հետևյալ պայմանին՝ $D_{1n} = D_{2n}$, $E_{1t} = E_{2t}$, $B_{1n} = B_{2n}$, $H_{1t} = H_{2t}$, որոնց անվանում են եզրային պայմաններ; **դ)** Էլեկտրամագնիսական ալիքում $\vec{E}$, $\vec{B}$ և $\vec{v}$ վեկտորները լինելով իրար փոխուղահայաց, կազմում են աջ պտուտակային համակարգ և վեկտորների այդ դասավորությունը հանդիսանում է էլեկտրամագնիսական ալիքի ներքին հատկություն ու կախված չէ հաշվարկման համակարգի ընտրությունից:

5.29. ա) a արագացմամբ շարժվող լիցքավորված մասնիկի ճառագայթաց էլեկտրամանիսական դաշտի ինտենսիվությունն ուղիղ համեմատական է արագացման երկրորդ աստիճանին՝ $I \sim a^2$; **բ)** Պոյնտինգի $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$ վեկտորի մոդուլի կամ ինտենսիվության I միավորը հանդիսանում է Վտ-ի հարաբերությունը մետրի քառակուսուն; **գ)** Էներգիայի հոսքի խտության միջին արժեքը հարմոնիկ դաշտերի համար, միջավայրի բացակայության դեպքում, որոշվում է $I = \bar{S} = \frac{E_0 H_0}{2}$ առնչությամբ,

որտեղ E_0 -ն և H_0 -ն էլեկտրական և մագնիսական դաշտերի լարվածության լայնություններն են; **դ)** ω հաճախությամբ տատանվող (պտտվող) լիցքավորված մասնիկի ճառագայթման ինտենսիվությունն ուղիղ համեմատական է հաճախության չորրորդ աստիճանին՝ $I \sim \omega^4$:

5.30. ա) V ավալում գտնվող լիցքերի նկատմամբ էլեկտրամագնիսական դաշտի կատարած հղորությունը հավասար է միավոր ժամանակում էլեկտրամագնիսական դաշտի էներգիայի փոփոխության և այդ ծավալի եզրերով արտահոսած էներգիայի գումարին՝ $\frac{dA}{dt} = -\frac{\partial W}{\partial t} - \oint_S \vec{\Pi} d\vec{S}$ (այստեղ $\vec{\Pi} = \vec{E} \times \vec{H}$ Պոյնտինգի վեկտորն է); **բ)** $\vec{k}$ ալիքային վեկտորն ունի ալիքի տարածման արագության ուղղությունը, իսկ դրա մոդուլը՝ $k = \frac{\omega}{v}$ կոչվում է ալիքային թիվ; **գ)** էլեկտրամագնիսական դաշտի V ծավալի էներգիան՝ $W = 0,5 \oint_V (\vec{E}\vec{E} + \vec{D}\vec{H})dV$, որտեղ $\vec{E}$, $\vec{B}$, $\vec{D}$, $\vec{H}$ վեկտորներն էլեկտրամագնիսական դաշտը բնութագրող մեծություններն են dV ծավալի կենտրոնում; **դ)** Մաքսվելի հավասարումների համակարգը սեղմ կերպով պարունակում է էլեկտրամագնիսական դաշտի հետ առնչվող բոլոր երևույթների նկարագրությունը:

Խնդիրների պատասխանները

1.1. $\frac{r_2}{r_1} = 3$: 1.2. $\frac{F_2}{f_1} = \frac{(n+1)^2}{4n} = 1,8$: 1.3. $x = \frac{r}{1+\sqrt{q_2/q_1}} = 4$ սմ:

1.4. Լիցքերը միացնող ուղղի վրա, q լիցքից a -ով հեռու կետում: Q լիցքի նշանը և մոդուլը կամայական է: Համակարգի հավասարակշռությունն անկայուն է:

1.5. $r = 2\Delta r = 1$ մ: 1.6. $q_0 = \frac{|q|(2\sqrt{2}+1)}{4} = 0,96$ նԿլ:

1.7. $a = q\sqrt{\frac{\sqrt{3}}{4\pi\epsilon_0 F}} = 18$ մմ: 1.8. $q_0 = -\frac{q}{\sqrt{3}} = -5,2$ նԿլ:

1.9. $v = \sqrt{\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 mr}} = 2,2 \cdot 10^6$ մ/վ: $n = \frac{v}{2\pi r} = 6,6 \cdot 10^{15}$ վ⁻¹:

1.10. ա) $q = l \sin \alpha \sqrt{4\pi\epsilon_0 \sqrt{3} m g \tan \alpha}$; բ) $F = 3\sqrt{3} m g \sin^3 \alpha$:

1.11. $\omega = \sqrt{\frac{g}{l \cos \alpha} - \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 m l^3 \sin^3 \alpha}}$: 1.12. $E = \frac{e}{4\pi\epsilon_0 r_0^2} = 5 \cdot 10^{11}$ Վ/մ:

1.13. $E = \frac{|q|}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{r}{a^3} = 1,35 \cdot 10^7$ Վ/մ: 1.14. $|q| = \frac{E 4\pi\epsilon_0 a^2}{\sqrt{2}+0,5} = 5$ նԿլ:

1.15. $l = \sqrt{\frac{q}{4\pi\epsilon_0 E}} - R = 1$ սմ: 1.16. $x = \frac{r}{\sqrt{|q_2|/|q_1|}-1} = 4$ սմ:

1.17. $E = \frac{3 \cos \alpha \sin \alpha}{l} \sqrt{\frac{\sqrt{3}}{4\pi\epsilon_0}} m g \tan \alpha$:

1.18. $E = E_{max}$, երբ $h = \frac{R\sqrt{2}}{2}$: Եթե $h \gg R$, $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{h^2}$, այսինքն կետային լիցքի դաշտ է:

1.19. $E = E_{max}$, երբ $h = \frac{R \sqrt{\sqrt{1+8\cos^2 \frac{\pi}{N}}-1}}{2}$: $N \geq 3$, երբ $N \rightarrow \infty$, $E = \frac{|q|}{4\pi\epsilon_0} \frac{h}{(R^2+h^2)^{3/2}}$, իսկ $E = E_{max}$, երբ $h = \frac{R\sqrt{2}}{2}$: Եթե $h \gg R$, $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{h^2}$, այսինքն կետային լիցքի դաշտ է:

1.20. $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \left(1 - \frac{h}{\sqrt{R^2+h^2}}\right)$, որտեղ $\sigma = \frac{q}{\pi R^2}$: Երբ $h \gg R$, $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{h^2}$, այսինքն կետային լիցքի դաշտ է: Երբ $h \ll R$, $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 R^2}$, այսինքն հավասարաչափ լիցքավորված անվերջ հարթության դաշտ է:

1.21. $E = \frac{\tau l}{4\pi\epsilon_0 r(r+l)}$: 1.22. $F = \frac{\tau q}{4\pi\epsilon_0 R}$:

1.23. $E = \frac{q}{\pi\epsilon_0 ab} \arcsin \left(\frac{a}{\sqrt{a^2+4h^2}} \cdot \frac{b}{\sqrt{b^2+4h^2}} \right)$: Երբ $h \gg a, b$ ապա

$E = \frac{q}{\pi\epsilon_0 ab} \arcsin \frac{ab}{4h^2} \approx \frac{q}{\pi\epsilon_0 ab} \frac{ab}{4h^2} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 h^2}$, կետային լիցքի դաշտի

լարվածություն; երբ $h \ll a, b$, ապա $E \approx \frac{q}{\pi \varepsilon_0 ab} \arcsin 1 = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$,
 անվերջ հարթության դաշտի լարվածություն:

1.23*. $E = \frac{q}{\pi \varepsilon_0 R^2 \sin \frac{2\pi}{N}} \left[\operatorname{arctg} \left(\sqrt{1 + \frac{R^2}{h^2} \operatorname{ctg} \frac{\pi}{N}} \right) - \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{N} \right]$; երբ $h \ll R$ -ից կամ ձգտում

է գրոյի, ապա $\operatorname{arctg} \left(\sqrt{1 + \frac{R^2}{h^2} \operatorname{ctg} \frac{\pi}{N}} \right) \approx \frac{\pi}{2}$, կունենանք $E = \frac{q}{\varepsilon_0 R^2 N \sin \frac{2\pi}{N}}$, որը
 մեծ N -երի համար տալիս է $E = \frac{q}{2\pi \varepsilon_0 R^2} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$, որը հայտնի արդյունք է:

Երբ $h \gg R$, ապա կատարելով $x = \frac{R^2}{h^2} \ll 1$ նշանակումը և

$f(x) = \operatorname{arctg} \left(\sqrt{1 + x \operatorname{ctg} \frac{\pi}{N}} \right)$ ֆունկցիան վերածելով թեյլորի շարքի և
 բավարարվելով x -ի առաջին աստիճանով, կունենանք՝

$$f(x) = f(0) + x f'(0) = \operatorname{arctg} \left(\operatorname{ctg} \frac{\pi}{N} \right) + x \frac{1}{1 + \operatorname{ctg}^2 \frac{\pi}{N}} \frac{1}{2} \operatorname{ctg} \frac{\pi}{N} =$$

$$= \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{N} + x \frac{1}{2} \sin \frac{\pi}{N} \cos \frac{\pi}{N} \text{ և } E\text{-ի համար կունենանք՝}$$

$$E = \frac{q}{\pi \varepsilon_0 R^2 \sin \frac{2\pi}{N}} \frac{R^2}{h^2} \frac{1}{2} \sin \frac{\pi}{N} \cos \frac{\pi}{N} = \frac{q}{4\pi \varepsilon_0 h^2}, \text{ որը կետային լիցքի դաշտի}$$

լարվածությունն է:

1.24. $v = \sqrt{v_0^2 + \left(\frac{eEd}{m_e v_0} \right)^2} = 8,06 \cdot 10^6 \text{ մ/վ}$; $\vec{v}$ Վեկտորը հորիզոնական
 ուղղության կազմում է $\alpha = \arccos \frac{v_0}{v} = 60^\circ$ անկյուն:

1.25. $v_0 = \sqrt{\frac{q_a E d}{m_\alpha \sin \varphi \cos \varphi}} = 1,7 \cdot 10^5 \text{ մ/վ}$:

1.26. $v_0 = \sqrt{\frac{eEd}{m \cos \alpha_1 (\sin \alpha_1 - \cos \alpha_1 \operatorname{tg} \alpha_2)}} = 7,13 \cdot 10^5 \text{ մ/վ}$:

1.27. $v/v_0 = \sqrt{1 + \left(\frac{qEd}{mv_0^2} \right)^2} = 2,24$; **1.28. ա)** $\Phi = 1130 \text{ Վ.մ}$; **բ)** $\Phi = 188 \text{ Վ.մ}$:

1.29. $\Phi = \frac{\pi q h}{\varepsilon_0 \sqrt{4R^2 + h^2}}$:

1.30. $F = \frac{q\sigma}{4\varepsilon_0}$:

1.31. $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}$:

1.32. ա) $E = \frac{|\sigma_2| - \sigma_1}{2\varepsilon_0} = 25 \text{ Վ/մ}$, ուղղված է դեպի հարթություններն ;

բ) $E = \frac{|\sigma_2| + \sigma_1}{2\varepsilon_0} = 75 \text{ Վ/մ}$, ուղղված է դեպի բացասական լիցքավորված
 հարթությունը :

1.33. $\sigma = \frac{2\varepsilon_0}{q} \sqrt{F^2 - m^2 g^2} = 7,9 \text{ մկՎ/մ}^2$: **1.34.** $q = 2\pi \sigma a^2 = 6,3 \cdot 10^{-11} \text{ Վլ}$:

1.35. $E = \frac{\tau}{2\pi \varepsilon_0 r}$:

1.36. ա) $F = \frac{\tau q}{2\pi \varepsilon_0 r} = 0,18 \text{ մՆ}$; **բ)** $F = \frac{\sigma q}{2\varepsilon_0} = 1,13 \text{ մՆ}$:

1.37. $E=0$, երբ $r < R$; $E = \frac{R|\sigma|}{\epsilon_0 r} = \frac{|\tau|}{2\pi\epsilon_0 r}$, երբ $r \geq R$: $|\tau| = 2\pi R|\sigma|$ -ն գլանային մակերևույթի միավոր երկարության լիցքն է:

1.38. Եթե $r \leq R$, $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R^3} r$; եթե $r \geq R$, $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$:

1.39. $\vec{E} = \frac{\rho}{3\epsilon_0} \vec{a}$: 1.40. Եթե $r \leq R$, $E = \frac{\rho}{2\epsilon_0} r$; եթե $r \geq R$,

$E = \frac{\rho R^2}{2\epsilon_0 r} = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0 r}$, որտեղ $\tau = \pi R^2 \rho$ -ն գլանի միավոր երկարության լիցքն է:

1.41. $\vec{E} = \frac{\rho}{2\epsilon_0} \vec{a}$: 1.42. $\vec{E} = \frac{\rho}{3\epsilon_0} \vec{a}$: 1.43. $\vec{E} = \frac{\rho}{3\epsilon_0} \vec{a}$:

1.44. $E = \frac{\sigma\Omega}{4\pi\epsilon_0}$: 1.45. ա) $E = \frac{\sigma}{6\epsilon_0}$; բ) $E = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{4\epsilon_0}$:

1.46. $\frac{F}{l} = \frac{\tau^2}{2\pi\epsilon_0 r} = 8.1 \text{ Ն/մ}$; $\frac{A}{l} = \frac{\tau^2}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{r_2}{r_1} = 0,112 \text{ Ջ/մ}$:

1.47. ա) $\sqrt{3}qa$ -ցանկացած զազաթի նկատմամբ;

0-կենտրոնի նկատմամբ:

բ) $\sqrt{2}qa$ -ցանկացած զազաթի նկատմամբ; 0-կենտրոնի նկատմամբ:

գ) $\sqrt{10}qa$ -ցանկացած զազաթի կամ կենտրոնի նկատմամբ:

1.48. $F = \frac{pq}{4\pi\epsilon_0 r^3} \sqrt{1 + 3\cos^2\theta} = 8,82 \text{ Ն}$: 1.49. $p = \frac{4\pi\epsilon_0 r^3 F}{q\sqrt{1+3\cos^2\theta}} = 0,77 \text{ Կլմ}$:

1.50. $F = \frac{3p_1 p_2}{2\pi\epsilon_0 r^4}$; դիպուները ձգում են բար, եթե $\vec{p}_1 \uparrow \vec{p}_2$ և վանում են, երբ $\vec{p}_1 \downarrow \vec{p}_2$:

1.51. ա) $F=0$; $M = \frac{p\tau}{2\pi\epsilon_0 r}$; բ) $F = \frac{p\tau}{2\pi\epsilon_0 r^2}$; $\vec{F}$ -ը ուղղված է դեպի լարը, եթե $\vec{p} \uparrow \vec{E}$; $\vec{F}$ -ը ուղղված է լարից հեռացող ուղղությամբ, եթե $\vec{p} \downarrow \vec{E}$; $M=0$;

գ) $F = \frac{p\tau}{2\pi\epsilon_0 r^2}$; $\vec{F}$ -ը ունի $\vec{p}$ -ի ուղղությունը; $M = \frac{p\tau}{2\pi\epsilon_0 r}$:

1.52. $F = \frac{qp(R^2 - 2x^2)}{4\pi\epsilon_0 (x^2 + R^2)^{5/2}}$; $\vec{F}$ -ը ունի $\vec{p}$ -ի ուղղությունը, երբ $x < \frac{\sqrt{2}R}{2}$ և $\vec{p}$ -ի

հակառակ ուղղությունը, երբ $x > \frac{\sqrt{2}R}{2}$; $\vec{F} = 0$ երբ $\frac{x}{R} = \frac{\sqrt{2}}{2} = 0,71$:

1.53. $A = qE \cos\alpha = 30 \text{ մկՎ}$; $U = 6 \text{ կՎ}$: 1.54. $\varphi_1 - \varphi_3 = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2} = 5 \text{ Վ}$:

1.55. $E = \frac{\varphi_A - \varphi_C}{l \sin\alpha} = 6 \text{ Վ/մ}$: 1.56. $\varphi = \frac{A}{q} = 500 \text{ Վ}$:

1.57. $A = q(\varphi_1 - \varphi_2) = 2,56 \text{ Ջ}$: 1.58. $\varphi = \varphi_0 \frac{R}{R+h} = 100 \text{ Վ}$:

1.59. ա) $\varphi_0 = \frac{\varphi R}{R} = 60 \text{ Վ}$; բ) $\sigma = \frac{\epsilon_0 \varphi R}{R^2} = 5,31 \text{ նԿլ/մ}^2$:

1.60. $\varphi = \frac{2\varphi_A \varphi_C}{\varphi_A - \varphi_C} = 40 \text{ Վ}$ կամ $\varphi = \frac{2\varphi_A \varphi_C}{\varphi_A + \varphi_C} = 13,3 \text{ Վ}$:

$$1.61. U = \frac{R^2 \sigma}{\varepsilon_0} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{r_2} \right) = 340 \text{ ԿՎ} : \quad 1.62. (x + d/3)^2 + y^2 + z^2 = \frac{4d^2}{9} : \frac{2d}{3}$$

շառավղով ոլորտ է, որի կենտրոնի կոորդինատն է $(-\frac{d}{3}; 0; 0)$:

$$1.63. \varphi = \sqrt[3]{N^2} \varphi_0 = 400 \text{ Վ} :$$

$$1.64. \text{ա) } \varphi = \frac{(\sqrt{q_2} - \sqrt{|q_1|})^2}{4\pi\varepsilon_0 r} = 45 \text{ Վ; բ) } 12 \leq x \leq 20 \text{ սմ} :$$

$$1.65. \varphi = \frac{U_0 ab}{c(b-a)} ; \quad 1.66. \Delta\varphi = \frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0} \ln \frac{r_2}{r_1} = 12,5 \cdot 10^4 \text{ Վ} :$$

$$1.67. \text{ա) } W = \frac{q_0}{4\pi\varepsilon_0} \left(\frac{q_1}{b} + \frac{q_2}{\sqrt{a^2+b^2}} \right) = 0,36 \text{ մԿՋ} ;$$

$$\text{բ) } A = \frac{q_0(q_1 - q_2)}{4\pi\varepsilon_0} \left(\frac{1}{b} - \frac{1}{\sqrt{a^2+b^2}} \right) = 0,72 \text{ մԿՋ} :$$

$$1.68. \frac{q}{m} = \frac{v^2}{2U} = 2,43 \cdot 10^{10} \text{ ԿՎ/կգ} ; \quad 1.69. U = \frac{m_e(v_2^2 - v_1^2)}{2e} = 22,7 \text{ Վ} :$$

$$1.70. v_2 = \sqrt{v_1^2 + 2e(\varphi_2 - \varphi_1)/m_e} = 2,3 \cdot 10^6 \text{ մ/վ} :$$

$$1.71. t = \sqrt{\frac{U_1 d}{g(U_1 - U_2)}} = 0,45 \text{ վ} ; \quad 1.72. t = \sqrt{\frac{2nh}{g(n-1)}} = 0,18 \text{ վ} :$$

$$1.73. U = 2U_0 \left(\frac{d}{l} \right)^2 = 2 \text{ Վ} ; \quad 1.74. \text{Շեղումը հավասար է } y = \frac{El^2}{4U_0}, \text{ որտեղ}$$

U_0 – ն արագացնող պոտենցիալների տարբերությունն է, E - ն դաշտի լարվածությունն է կոնդենստորի ներսում, հետևաբար շեղումը նույնն:

$$1.75. \varphi = -x^2 + 1,5z^2 + C ; \quad 1.76. \varphi = -x^2 - y^2 - z^2 + C = -r^2 + C :$$

$$1.77. E = 2\sqrt{b^2(x^2 + y^2) + a^2z^2} ; \quad 1.78. \vec{E} = -2ax\hat{i} + 2ay\hat{j} :$$

$$1.79. \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{(\sigma_2 - \sigma_1)}{2\varepsilon_0} d = 1,69 \text{ կՎ} ; \quad 1.80. \varphi_1 = \varphi_3 = \frac{\sigma(x_2 - x_3)}{2\varepsilon_0} = -5,65 \text{ կՎ} :$$

$$1.81. \varphi = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 \sqrt{R^2 + x^2}} ; E = -\frac{d\varphi}{dx} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0} \frac{x}{(R^2 + x^2)^{3/2}} :$$

$$1.82. \varphi = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} (\sqrt{R^2 + x^2} - x), \text{ որտեղ } \sigma = \frac{Q}{\pi R^2} :$$

$$1.83. \Delta\varphi = \frac{q}{2\pi\varepsilon_0 R} - \frac{q}{2\pi\varepsilon_0 \sqrt{R^2 + x^2}} ; \quad E_1 = E_2 = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0} \frac{x}{(R^2 + x^2)^{3/2}} :$$

$$1.84. \text{ա) } \varphi = \frac{\tau}{4\pi\varepsilon_0} \ln \frac{l+r}{r} ; \quad E = -\frac{d\varphi}{dr} = \frac{\tau}{4\pi\varepsilon_0} \frac{l}{r(l+r)} ; \text{բ) } \varphi = \frac{\tau}{4\pi\varepsilon_0} \ln \frac{\sqrt{l^2 + 4r^2} + l}{\sqrt{l^2 + 4r^2} - l} ;$$

$$E = -\frac{d\varphi}{dr} = \frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0 r} \frac{l}{\sqrt{l^2 + 4r^2}} ; \quad 1.85. \varphi = -\frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0} \ln r + C :$$

$$1.86. \varphi = -\frac{\sigma x}{2\varepsilon_0} + C ; \quad 1.87. \text{Եթե } r \leq R, \varphi = C ; \text{ եթե } r \geq R, \varphi = \frac{\sigma R}{\varepsilon_0} \ln \frac{R}{r} + C :$$

$$1.88. \varphi = \frac{\sigma R}{\varepsilon_0} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 R} , \text{ եթե } r \leq R ; \quad \varphi = \frac{\sigma R^2}{\varepsilon_0 r} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r} , \text{ եթե } r \geq R :$$

$$1.89. \text{ա) } E=0 ; \varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \left(\frac{q_1}{R_1} + \frac{q_2}{R_2} \right) = 45 \text{ Վ} ; \quad \text{բ) } E = \frac{q_1}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = 2,5 \text{ կՎ/մ} ;$$

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \left(\frac{q_1}{r} + \frac{q_2}{R_2} \right) = -30 \text{ Վ} ; \text{գ) } E = \frac{|q_1 + q_2|}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = 0,4 \text{ Վ/մ} ; \quad \varphi = \frac{q_1 + q_2}{4\pi\varepsilon_0 r} = 60 \text{ Վ} :$$

$$1.90. w = \frac{\sigma^2}{2\varepsilon_0} \left(\frac{R}{R+l} \right)^4 = 0,145 \text{ Ջ/մ}^3 :$$

$$1.91. W = \frac{2\pi\sigma^2 R^3}{\varepsilon_0} :$$

$$1.92. \text{Եթե } r \leq R, \varphi = -\frac{\rho}{6\varepsilon_0} r^2 + \frac{\rho}{2\varepsilon_0} R^2; \text{ եթե } r \geq R, \varphi = \frac{\rho R^3}{3\varepsilon_0 r} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r} :$$

$$1.93. \text{Եթե } r \leq R, \varphi = -\frac{\rho}{4\varepsilon_0} r^2 + C; \text{ եթե } r \geq R, \varphi = -\frac{\rho R^2}{2\varepsilon_0} \ln \frac{r}{R} - \frac{\rho R^2}{4\varepsilon_0} + C :$$

$$1.94. \varphi = \frac{R\sigma}{2\varepsilon_0} + C :$$

$$1.95. \frac{W_{\text{էլ}}}{W_{\text{գր}}} = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 G m^2}; \text{ ա) } \frac{W_{\text{էլ}}}{W_{\text{գր}}} = 4,18 \cdot 10^{42},$$

$$\text{բ) } \frac{W_{\text{էլ}}}{W_{\text{գր}}} = 1,24 \cdot 10^{36} :$$

$$1.96. R = \frac{q_1 q_2}{2\pi\varepsilon_0 m v_0^2} = 81 \text{ սմ} :$$

$$1.97. A = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) = 2,03 \text{ մկՋ} :$$

$$1.98. \Delta W = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) = 4,5 \text{ մկՋ} :$$

$$1.99. W = -\frac{5q^2}{4\pi\varepsilon_0 a} :$$

$$1.100. r = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 m v^2} = 0,25 \text{ մմ} :$$

$$1.101. A = W_2 - W_1 = \frac{5q^2}{4\pi\varepsilon_0 6r} = 75 \text{ մՋ} :$$

1.102. Ցուցում. որպեսզի մասնիկն անցնի օղակի կենտրոնով, բավական է, որ օղակի կենտրոնում ունենա նույն արագությունը, ինչ-որ օղակն այդ պահին: Օգտվեք նաև էներգիայի և իմպուլսի պահպանման օրենքից: $v_{\min} = \sqrt{\frac{2q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 R} \frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2}} :$

$$1.103. W = \frac{3q^2}{20\pi\varepsilon_0 R} :$$

$$1.104. A = \frac{q^2}{40\pi\varepsilon_0 R} = 0,9 \text{ նՋ} :$$

$$1.105. \text{Կփոքրանա } \sqrt[3]{4} = 1,6 \text{ անգամ} :$$

$$1.106. v = \sqrt{\frac{q q_0}{2\pi\varepsilon_0 R m}} :$$

$$1.107. v = \sqrt{\frac{2eU}{m} \frac{\ln(r_1/r_2)}{\ln(R_2/R_1)}} = 1,46 \cdot 10^7 \text{ մ/վ} :$$

$$1.108. v = \sqrt{\frac{2eU}{m} \frac{R_1 R_2 (r_1 - r_2)}{(R_2 - R_1) r_1 r_2}} = 1,54 \cdot 10^7 \text{ մ/վ} :$$

$$1.109. A = 2pE :$$

$$1.110. W = \frac{qp}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = 0,9 \text{ մկՋ} :$$

$$1.111. W = \frac{2qp}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = 0,8 \text{ մկՋ} :$$

$$1.112. W = \frac{p_1 p_2}{4\pi\varepsilon_0 r^3} [\cos(\theta_1 - \theta_2) - 3\cos\theta_1 \cos\theta_2] : \quad \Phi \text{ իսազդեցության}$$

էներգիան առավելագույն է եթե $\theta_1 = 0$; $\theta_2 = \pi$; նվազագույն է, եթե $\theta_1 = \theta_2 = 0$ կամ $\theta_1 = \theta_2 = \pi$:

$$1.113. v_{\max} = \sqrt{\frac{qp\sqrt{3}}{9\pi\varepsilon_0 R^2 m}} = 5,3 \text{ մ/վ} : \text{ Այս արագությամբ մոլեկուլը օժտված է}$$

$x = \frac{\sqrt{2}R}{2}$ կետում: Օղակի կենտրոնին կիսանի զրո արագությամբ:

$$2.1. \text{ ա) } q'_1 = \frac{C_1(q_1+q_2)}{C_1+C_2} = 20 \text{ մկԿլ: } q'_2 = \frac{C_2(q_1+q_2)}{C_1+C_2} = 30 \text{մկԿլ:}$$

$$\text{բ) } \varphi'_1 = \varphi'_1 = \frac{q_1+q_2}{C_1+C_2} = 10 \text{ Վ; } \text{գ) } \Delta q = \frac{C_2 q_1 - C_1 q_2}{C_1+C_2} = 20 \text{մկԿլ:}$$

$$2.2. \varphi = \frac{2\varphi_1\varphi_2}{\varphi_1+\varphi_2} = 48 \text{ Վ:}$$

$$2.3. W = \frac{2\pi\varepsilon_0\varphi^2(R_1+R_2)^2}{R_1} = 10^{-7} \text{ Ջ:}$$

$$2.4. \varphi_2 = \frac{\varphi_1 R_1}{R_2} = 10 \text{ Վ:}$$

$$2.5. R = \frac{\varphi_2 l_2 - \varphi_1 l_1}{\varphi_1 - \varphi_2} = 18 \text{ սմ:}$$

$$\varphi_0 = \frac{\varphi_2 \varphi_1 (l_2 - l_1)}{\varphi_2 l_2 - \varphi_1 l_1} = 100 \text{ կՎ:}$$

$$2.6. \varphi = ER = 300 \text{ կՎ}$$

$$q = 4\pi\varepsilon_0 R^2 E = 33 \text{ մկԿ; } W = \frac{4\pi\varepsilon_0 R^3 E^2}{2} = 0,5 \text{ Ջ:}$$

$$2.7. E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}:$$

$$2.8. p = \frac{\sigma^2}{2\varepsilon_0} = \frac{1}{2} \varepsilon_0 E^2:$$

2.9. Ցուցում. օգտվեք արտապատկերման մեթոդից: Աշխատանքը հավասար չէ պոտենցիալ էներգիայի փոփոխությանը, քանի որ q լիցքը տեղափոխելիս մակաձված լիցքերը տեղաշարժվում են, և

$$\text{դաշտը պոտենցիալային չէ: } F = \frac{q^2}{16\pi\varepsilon_0 a^2}; W = -\frac{q^2}{8\pi\varepsilon_0 a}; A = \frac{q^2}{16\pi\varepsilon_0 a}:$$

2.10. Ցուցում. Այս դեպքում երևակայական կետային լիցքերը երեքն են:

$$F_x = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0} \left(-\frac{1}{4b^2} + \frac{b}{4(a^2+b^2)^{3/2}} \right); F_y = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0} \left(-\frac{1}{4a^2} + \frac{a}{4(a^2+b^2)^{3/2}} \right); F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2},$$

$$W = \frac{q^2}{8\pi\varepsilon_0} \left(-\frac{1}{a} - \frac{1}{b} + \frac{1}{(a^2+b^2)^{1/2}} \right):$$

$$2.11. \sigma = -\frac{qd}{2\pi(x^2+d^2)^{3/2}}:$$

$$2.12. \text{ ա) } F_{1x} = -\frac{q^2}{16\pi\varepsilon_0 a^2} \left(2 - \frac{\sqrt{2}}{2} \right); F_{1y} = \frac{q^2}{16\pi\varepsilon_0 a^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{2} \right); F_1 = \sqrt{F_{1x}^2 + F_{1y}^2}:$$

$$F_{2x} = \frac{q^2}{16\pi\varepsilon_0 a^2} \left(2 - \frac{\sqrt{2}}{2} \right); F_{2y} = -\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 a^2} \left(1 + \frac{\sqrt{2}}{8} \right); F_2 = \sqrt{F_{2x}^2 + F_{2y}^2}:$$

$$\text{բ) } E_x = \frac{q(1-5\sqrt{5})}{20\pi\epsilon_0\sqrt{5}a^2}; \quad E_y = -\frac{3q}{10\pi\epsilon_0\sqrt{5}a^2}; \quad E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2}, \quad \sigma = \epsilon_0 E:$$

$$\text{2.13. } \sigma = -\frac{qa}{2\pi(R^2+a^2)^{3/2}}; \quad \varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{(4a^2+R^2)^{1/2}} \right); \quad E = \frac{2qa}{4\pi\epsilon_0(4a^2+R^2)^{3/2}}:$$

$$\text{2.14. Առաջին թիթեղի համար } q'_1 = q_1 - q_2 = 30 \text{ նԱլ}, \quad q''_1 = q_2 = -20 \text{ նԱլ};$$

$$\text{Երկրորդ թիթեղի համար } q'_2 = q_2 - q_1 = -30 \text{ նԱլ}, \quad q''_2 = q_1 = 10 \text{ նԱլ};$$

$$\text{2.15. } q_1 = -q \frac{a}{r} \cdot \frac{b-r}{b-a}, \quad q_2 = -q \frac{b}{r} \cdot \frac{r-a}{b-a}; \quad \text{2.16. } q_1 = -q \frac{d_2}{d_1+d_2}; \quad q_2 = -q \frac{d_1}{d_1+d_2}:$$

$$\text{2.17. } \sigma = -\frac{q}{2\pi h(h+l)}; \quad \text{2.18. ա) } q_{\text{մակ}} = -q \frac{R}{d}; \quad \text{բ) } q_{\text{մակ}} = -q:$$

$$\text{2.19. } \sigma_0 = 3\epsilon_0 E_0; \quad F = \frac{9\pi\epsilon_0 R^2}{4} E_0^2; \quad \text{2.20. } F = \frac{3p^2}{32\pi\epsilon_0 a^4}, \quad A_{12} = \frac{p^2}{32\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{a_1^3} - \frac{1}{a_2^3} \right):$$

$$\text{2.21. } \varphi_0 = \frac{q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \right), \quad E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 l^2}; \quad \varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 l}:$$

$$\text{2.22. } \varphi = \frac{3,5q}{4\pi\epsilon_0 R}; \quad E = \frac{3,5q}{4\pi\epsilon_0 r^2}; \quad \text{2.23. ա) } W = \frac{C_1 U_1^2}{2} + \frac{C_2 U_2^2}{2} = 38 \text{ Ջ};$$

$$\text{բ) } W = \frac{(C_1 U_1 + C_2 U_2)^2}{2(C_1 + C_2)} = 33,8 \text{ Ջ}; \quad \text{2.24. } W = \frac{C_2 q_1^2}{2(C_1 + C_2)^2} = 1,28 \text{ մկՋ};$$

$$\text{2.25. } \Delta q = \frac{3}{4} CU; \quad A_{\text{արմ}} = \frac{3CU^2}{8}; \quad A_{\text{արբ}} = -\frac{3CU^2}{4}:$$

$$\text{2.26. } A = \frac{e^2 W t^2}{m d^2 c} = 5,6 \cdot 10^{-18} \text{ Ջ}; \quad l = \frac{e t^2}{m d} \sqrt{\frac{W}{2c}} = 1,76 \text{ մմ};$$

$$\text{2.27. } F = \frac{\epsilon_0 S U^2}{2d^2} = 8,85 \cdot 10^{-4} \text{ Ն}; \quad \text{2.28. } \frac{C_1 + C_2}{C_1} = 2,5 \text{ անգամ};$$

$$\text{2.29. } U_2 = \frac{(C_1 + C_2)U + C_1 U_1}{C_2} = 350 \text{ Վ};$$

$$\text{2.30. } \frac{\Delta W}{W} = \frac{C_1 C_2 (U_1 - U_2)^2}{(C_1 + C_2)(C_1 U_1^2 + C_2 U_2^2)} = 0,047; \quad \text{2.31. } \frac{C_1}{C_2} = \frac{U - U_2}{U_1 - U} = 3:$$

$$2.32. \text{ у) } A = \frac{\varepsilon_0 S U_0^2}{2} \left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2} \right); \quad \text{ р) } A_{\text{уш}} = \frac{\varepsilon_0 S U_0^2}{2d_1} \left(\frac{d_2}{d_1} - 1 \right);$$

$$2.33. \text{ у) } \Delta W = W \left(\frac{d_1}{d_2} - 1 \right) = -0,3 \Omega; \quad \text{ р) } \Delta W = W \left(\frac{d_2}{d_1} - 1 \right) = 0,45 \Omega;$$

$$2.34. A = \frac{C_0 U_0^2}{4}, \quad A_{\text{уш}} = -\frac{C_0 U_0^2}{2};$$

$$2.35. \text{ у) } q = \sqrt{2\varepsilon_0 F S} = 73 \text{ фл/л}; \quad \text{ р) } E = \sqrt{\frac{2F}{\varepsilon_0 S}} = 823 \text{ л/л};$$

$$\text{ q) } w = p = \frac{F}{S} = 3 \Omega/\text{л}^3; \quad 2.38. C_x = \frac{C}{2}; \quad 2.39. A = -2qEd;$$

$$2.40. Q = \frac{\varepsilon_0 E^2 S d}{2}; \quad 2.41. U' = 2U, W = \frac{CU'^2}{2} = 2CU^2; \quad 2.42. q = \frac{q_0}{1+C/4\pi\varepsilon_0 r};$$

$$2.43. q_1 = \frac{C_1(C_3+C_2)U}{C_1+C_2+C_3}; \quad q_{2,3} = \frac{C_1 C_{2,3} U}{C_1+C_2+C_3}; \quad 2.44. U_2 = \frac{\varepsilon_2 C_2 - \varepsilon_1 C_1}{C_1+C_2};$$

$$2.45. \varphi_A - \varphi_B = \frac{\varepsilon_1 C_1 - \varepsilon_2 C_2}{C_1+C_2}; \quad 2.46. C = \frac{2\pi\varepsilon_0 r l}{l-r} = 1,17 \text{ фл};$$

$$C_{11} = C_{22} = 4\pi\varepsilon_0 r \left(1 + \frac{r^2}{l^2} \right) = 1,11 \text{ фл}; \quad C_{12} = C_{21} = -\frac{4\pi\varepsilon_0 r^2}{l} \left(1 + \frac{r^2}{l^2} \right) =$$

$$= -0,056 \text{ фл}; \quad 2.47. C = \frac{C_{11}C_{22} - C_{12}^2}{C_{11} + C_{22} + 2C_{12}};$$

$$2.48. C_{11} = C_1 \left(1 + \frac{C_2 C_1}{(4\pi\varepsilon_0 r)^2} \right) \approx C_1; \quad C_{22} = C_2 \left(1 + \frac{C_2 C_1}{(4\pi\varepsilon_0 r)^2} \right) \approx C_2;$$

$$C_{12} = C_{21} = -\frac{C_2 C_1}{4\pi\varepsilon_0 r} \left(1 + \frac{C_2 C_1}{(4\pi\varepsilon_0 r)^2} \right) \approx -\frac{C_2 C_1}{4\pi\varepsilon_0 r}; \quad 2.49. C = \frac{\pi\varepsilon_0 \varepsilon D^2}{4d} = 1,2 \text{ фл};$$

$$2.50. q = \varepsilon C_0 U = 90 \text{ фл/л}; \quad 2.51. \Delta q = \varepsilon C \Delta U + (\varepsilon - 1)q = 70 \text{ фл/л};$$

$$2.52. \text{ у) } E = \frac{q_0}{\varepsilon C_0 d} = 168 \text{ л/л}; \quad \text{ р) } W = \frac{q_0^2}{2\varepsilon C_0} = 0,52 \Omega;$$

$$2.53. \varepsilon = 1 + \frac{A}{W} = 4,5; \quad 2.54. A = \frac{C_0 U^2}{2} (\varepsilon - 1);$$

$$2.55. A_{\text{уш}} = 2W_1 \left(\frac{n}{\varepsilon} - 1 \right) = -0,13 \Omega; \quad \frac{w_2}{w_1} = \frac{n^2}{\varepsilon} = 2/3; \quad \text{Ушнррннн 1,5}$$

անգամ: **2.56.** $\varepsilon = \frac{q}{q_0} = 4$: **2.57.** $\varepsilon = \frac{U_2}{U_1} = 3$; $A = \frac{C_1 U_1 (U_2 - U_1)}{2} = 10$ մՋ:

2.58. $\Delta W = W_1 \left(\frac{N}{\varepsilon} - 1 \right) = -0,75$ Ջ:

2.59.ա) $\Delta q = \frac{\varepsilon_0(\varepsilon-1)SU}{(2\varepsilon+1)d} = 2,5$ նԿլ; **բ)** $A_1 = \Delta q U = 0,25$ մԿՋ;

գ) $A_2 = -\frac{A_1}{2} = -0,125$ մԿՋ: **2.60.** $\varepsilon = \frac{U_1}{U_2} - 1 = 5$: **2.61.** $\rho = \frac{\rho_0 \varepsilon}{\varepsilon - 1}$:

2.62. ա) $\sigma = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon U}{d} = 0,27$ մԿԿլ/մ²; **բ)** $q = \frac{gd(V_2 - V_1) \left(m - \frac{4}{3} \pi r^3 \rho \right)}{V_1 U} = 0,93$ նԿլ:

2.63. ա) փոքրանում է ε անգամ; $E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon}$; **բ)** չի փոխվում; $D = \sigma$;

գ) փոքրանում է ε անգամ; $U = Ed$:

2.64. $U = \frac{\varepsilon U_0 d}{\varepsilon d - (\varepsilon - 1)d_1} = 1,8$ կՎ: **2.65.** $\frac{C_1}{C_2} = \frac{2}{\varepsilon} = 1$:

2.66. $U = \frac{\sigma R l}{\varepsilon_0 \varepsilon (R + l)} = 126$ Վ: **2.67.** $\Delta W = -\frac{C_0 U_0^2 (\varepsilon - 1)^2}{2\varepsilon(\varepsilon + 1)} = -67,5$ մՋ:

2.68. Եթե $0 \leq r \leq R$, $\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon} \left(\frac{1}{R} + \frac{\varepsilon-1}{b} \right)$, $\varphi = \text{const}$, $E=0$; եթե $R \leq r \leq b$,
 $\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon} \left(\frac{1}{r} + \frac{\varepsilon-1}{b} \right)$, $E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r^2}$; եթե $b \leq r$, $\varphi = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$, $E = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$:

2.69. Երբ $0 \leq r \leq R$, $E = \frac{\rho r}{2\varepsilon_0 \varepsilon}$, $\varphi = -\frac{\rho r^2}{4\varepsilon_0 \varepsilon}$; երբ $r \geq R$, $E = \frac{\rho R^2}{2\varepsilon_0 \varepsilon r}$, $\varphi =$
 $= -\frac{\rho R^2}{2\varepsilon_0 \varepsilon} \left(\ln \frac{r}{R} + \frac{1}{2\varepsilon} \right)$: **ա)** $U = \frac{\rho R^2}{4\varepsilon_0 \varepsilon} = 9,4$ կՎ; **բ)** $U = \frac{\rho R^2}{2\varepsilon_0 \varepsilon} \ln \frac{R+a}{R} = 17,3$ կՎ:

2.70. $R = \frac{2\varepsilon\varphi_0}{E_0(1+2\varepsilon)} = 8,6$ սմ, $\rho = \frac{3\varepsilon_0 E_0^2}{2\varepsilon\varphi_0} (1+2\varepsilon) = 3,1$ մԿԿլ/մ³, եթե $0 \leq r \leq R$,

$E = \frac{\rho}{3\varepsilon_0 \varepsilon} r$, $\varphi = \varphi_0 - \frac{\rho}{6\varepsilon_0 \varepsilon} r^2$; եթե $r \geq R$, $\varphi = \frac{\rho R^3}{3\varepsilon_0 r}$, $E = \frac{\rho R^3}{3\varepsilon_0 r^2}$:

2.71.ա) $E_1 = \frac{2\varepsilon E_0}{\varepsilon+1}$, $E_2 = \frac{2E_0}{\varepsilon+1}$, $D_1 = D_2 = \frac{2\varepsilon_0 \varepsilon E_0}{\varepsilon+1}$ հոսևաբար լիցքը
 կմեծանա $2\varepsilon/(\varepsilon+1)$ անգամ; **բ)** $E_1 = E_0$, $E_2 = \frac{E_0}{\varepsilon}$, $D_1 = D_2 = \varepsilon_0 E_0$, լարումը
 կփոքրանա $2\varepsilon/(\varepsilon+1)$ անգամ:

2.72. ա) $E_1 = E_2 = E_0$, $D_1 = \varepsilon_0 E_0$, $D_2 = \varepsilon_0 \varepsilon E_0$; **բ)** $E_1 = E_2 = \frac{2E_0}{\varepsilon+1}$, $D_1 = \frac{2\varepsilon_0 E_0}{\varepsilon+1}$,

$$D_1 = \frac{2\varepsilon_0 \varepsilon E_0}{\varepsilon + 1}; \quad \mathbf{2.73.} \quad E = \frac{q}{3\pi\varepsilon_0(\varepsilon + 1)r^2}; \quad \mathbf{2.74. \text{ա})}$$

Լարվածությունը, էներգիան և էներգիայի խտությունը փոքրանում են 4 անգամ; **բ)** լարվածությունը չի փոխվի, իսկ էներգիան և էներգիայի խտությունը մեծանում են 4 անգամ:

$$\mathbf{2.75.} \quad \varepsilon = \frac{\sigma^2}{2\varepsilon_0 W} \left(\frac{R}{r}\right)^4 = \mathbf{2,23}; \quad \mathbf{2.76.} \quad \varepsilon = \frac{\tau^2}{2\varepsilon_0 W (2\pi r)^2} = 4,7:$$

$$\mathbf{2.77.} \quad \varepsilon = \frac{\sigma^2}{8\varepsilon_0 W} = 2,8; \quad \mathbf{2.79.} \quad C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_1 S_1}{d} + \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_2 S_2}{d}:$$

$$\mathbf{2.80.} \quad \frac{1}{C} = \frac{d_1}{\varepsilon_0 \varepsilon_1 S} + \frac{d_2}{\varepsilon_0 \varepsilon_2 S} + \frac{d_3}{\varepsilon_0 \varepsilon_3 S}; \quad \mathbf{2.81.} \quad C = \frac{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon R(R+d)}{d+R\varepsilon}; \quad \mathbf{2.82.} \quad C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_1 S}{d \ln 2}:$$

$$\mathbf{2.83.} \quad C = \frac{4\pi\varepsilon_0 \alpha}{\ln \frac{R_2}{R_1}}; \quad \mathbf{2.84.} \quad W = \frac{q^2}{8\pi\varepsilon_0 \varepsilon} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) = 27 \text{ մՋ}:$$

$$\mathbf{2.85.} \quad P = \frac{\varepsilon_0 q_0 (\varepsilon - 1)}{\varepsilon C_0 d} = \mathbf{8,9} \text{ մկՎ/մ}^2; \quad \rho' = 0, \quad \sigma' = P = 8,9 \text{ մկՎ/մ}^2:$$

$$\mathbf{2.86.} \quad \vec{P} = \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon} \vec{D}; \quad \mathbf{2.87. \text{ա})} \quad E = \frac{E_0}{\varepsilon} = 50 \text{ Վ/մ};$$

$$\text{բ)} \quad P = \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon} \varepsilon_0 E_0 = 4,43 \cdot 10^{-10} \text{ Վ/մ}^2; \quad \text{գ)} \quad \sigma' = \pm P = \pm 4,43 \cdot 10^{-10} \text{ Վ/մ}^2:$$

$$\mathbf{2.89. \text{ա})} \quad \sigma' = \pm \varepsilon_0 (\varepsilon - 1) \frac{U}{d} = 1,77 \text{ մկՎ/մ}^2;$$

$\sigma - \sigma_0 = \varepsilon_0 (\varepsilon - 1) \frac{U}{d} = 1,77 \text{ մկՎ/մ}^2$: Շնորհիվ աղբյուրի, շրջադիրների վրա հայտնվում են լրացուցիչ լիցքեր, որոնք չեզոքացնում

են դիէլեկտրիկի բևեռացման պատճառով լիցքերի պակասը:

$$\text{բ)} \quad \sigma' = \varepsilon_0 (\varepsilon - 1) \frac{U}{\varepsilon d} = 2,53 \cdot 10^{-7} \text{ Վ/մ}^2; \quad \sigma = \sigma_0 = 2,95 \cdot 10^{-7} \text{ Վ/մ}^2: \text{Ազատ լիցքերի խտությունը շրջադիրների վրա չի փոխվում:}$$

$$\mathbf{2.90.} \quad \sigma = \varepsilon_0 (1 + \chi) \frac{U}{d} = 7,64 \text{ մկՎ/մ}^2; \quad \sigma' = \varepsilon_0 \chi \frac{U}{d} = 0,566 \text{ մկՎ/մ}^2:$$

$$\mathbf{2.91. 1)} \quad E = \frac{U}{d} = 300 \text{ կՎ/մ}; \quad \mathbf{2)} \quad \sigma = \varepsilon_0 \varepsilon \frac{U}{d} = 15,9 \text{ մկՎ/մ}^2;$$

$$\mathbf{3)} \quad \sigma' = \varepsilon_0 (\varepsilon - 1) \frac{U}{d} = 13,3 \text{ մկՎ/մ}^2; \quad \mathbf{2.92.} \quad U = \frac{\sigma' d}{\varepsilon_0 (\varepsilon - 1)} = 1,75 \text{ կՎ}:$$

$$\mathbf{2.93.} \quad \sigma' = (\varepsilon - 1) \sqrt{\frac{2F\varepsilon_0}{\varepsilon S}} = 6 \text{ մկՎ/մ}^2:$$

$$\mathbf{2.94. \text{ա})} \quad E = \sqrt{\frac{2P}{\varepsilon_0 \varepsilon}} = 750 \text{ կՎ/մ}; \quad D = \varepsilon_0 \varepsilon E; \quad \text{բ)} \quad \sigma' = (\varepsilon - 1) \sqrt{\frac{2P\varepsilon_0}{\varepsilon}} = 6,65 \text{ մկՎ/մ}^2;$$

$$\text{գ)} \quad \sigma = D = 13,3 \text{ մկՎ/մ}^2; \quad \text{դ)} \quad w = 5 \text{ Ջ/մ}^3; \quad \text{ե)} \quad \chi = \varepsilon - 1 = 1:$$

$$\mathbf{2.95. 1)} \quad \sigma' = \frac{(U_2 - U_1)\varepsilon_0}{d} = 5,3 \text{ մկՎ/մ}^2; \quad \mathbf{2)} \quad \chi = \frac{U_2 - U_1}{U_1} = 2:$$

$$\mathbf{2.96. \text{ա})} \quad A = \frac{(\sigma')^2 V}{2\varepsilon_0 (\varepsilon - 1)} = 19,7 \text{ մկՋ}; \quad \text{բ)} \quad A = \frac{\varepsilon (\sigma')^2 V}{2\varepsilon_0 (\varepsilon - 1)} = 98 \text{ մկՋ}:$$

$$2.97. \sigma'_{max} = \varepsilon_0(\varepsilon - 1)E = 3,5 \text{ նԱ/մ}^2; \quad \overline{\sigma'} = \frac{\sigma'_{max}}{2} = 1,75 \text{ նԱ/մ}^2;$$

$$2.98. \sigma' = \frac{q}{4\pi R^2} \left(\frac{1}{\varepsilon_2} - \frac{1}{\varepsilon_1} \right); \quad 2.99. q_a = -\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon} q, \quad q_b = \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon} q; \quad \rho' = 0:$$

$$2.100. \rho' = \frac{q}{4\pi a r^2}, \quad q' = \frac{qb}{a}:$$

$$2.101. \text{ա) } E_2 = E_1 \sqrt{\sin^2 \alpha_1 + \frac{\cos^2 \alpha_1}{\varepsilon^2}} = 5,2 \text{ Վ/մ}, \alpha_2 = \arctg 2\sqrt{3} = 74^\circ;$$

$$\text{բ) } \sigma' = \frac{\varepsilon_0(\varepsilon-1)}{\varepsilon} E_1 \cos \alpha_1 = 64 \cdot 10^{-12} \text{ Ա/մ}^2:$$

$$2.102. q'_{\text{նեթ}} = -\frac{q(\varepsilon-1)}{\varepsilon}, \quad q'_{\text{արմ}} = \frac{q(\varepsilon-1)}{\varepsilon};$$

$$2.103. F = \frac{3\alpha P^2}{4\pi^2 \varepsilon_0 r^7};$$

$$\vec{F} - \text{ը ուղղված է դեպի դիպոլը; } M=0:$$

$$2.104. F = 2\alpha\varepsilon_0 \frac{b^2 \varphi^2}{r^5};$$

$$\vec{F} - \text{ը ուղղված է դեպի մետաղական գունդը:}$$

$$2.105. \text{ա) } \mathbf{x}=0 \quad \text{և} \quad x = \frac{\sqrt{2}R}{2}, \quad \text{բ) } x = R \sqrt{\frac{13+\sqrt{129}}{20}} \approx 1,1R \quad (\text{առավելագույն}$$

$$\Delta \text{գոդական ուժ}); \quad x = R \sqrt{\frac{13-\sqrt{129}}{20}} \approx 0,29R \quad (\text{առավ. վանողական ուժ});$$

$$2.106. v_{\max} = \frac{q}{3\pi R^2} \sqrt{\frac{\alpha}{6m\varepsilon_0}} = 1,78 \text{ կմ/վ: } \text{Կհասնի զրո արագությամբ:}$$

$$3.1. I=q/t=\text{մԱ:}$$

$$3.2. R=U/I=5 \text{ Օմ:}$$

$$3.3. U=qR/t=40 \text{ Վ:}$$

$$3.4. q = \frac{I_0 \tau}{2} = 25 \text{ Ալ:}$$

$$3.5. q = \frac{k\tau^3}{6};$$

$$3.6. R = \frac{Ut}{q} = 32 \text{ Օմ:}$$

$$3.7. \text{ա) } I = \frac{Ne}{t_1} = 3,2 \text{ Ա:} \quad \text{բ) } m = \frac{Nme t_2}{t_1} = 65,5 \cdot 10^{-9} \text{ կգ:}$$

$$3.8. \bar{v}_{\text{նղ}} = \frac{I}{enS} = 0,25 \text{ մմ/վ:}$$

$$3.9. \bar{v}_{\text{նղ}} = \frac{U}{enpl} = 0,52 \text{ մմ/վ:}$$

$$3.10. l = \frac{RS}{\rho} = 50 \text{ մ:}$$

$$3.11. U = \frac{l\rho l}{S} = 60 \text{ Վ:}$$

$$3.12. S = \sqrt{\frac{m\rho}{R\rho_m}} = 1,38 \text{ մմ}^2:$$

$$3.13. \rho = \frac{Rm}{\rho_m l^2} = 31,2 \text{ մկՕմմ:}$$

$$3.14. \rho = \frac{E_0 S}{I_0} = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Օմմ:}$$

$$3.15. \alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1 t_2 - R_2 t_1} = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ Ա}^{-1}:$$

$$3.16. \alpha = \frac{I_1 - I_2}{I_2 t_2 - I_1 t_1} = 0,0125 \text{ Ա}^{-1}:$$

$$3.17. \alpha_{\text{գլ}} = \frac{R_2 - R_1}{R_1 t_2 - R_2 t_1} = -8 \cdot 10^{-4} \text{ Ա}^{-1}, \quad \frac{I_{\text{նղ}}}{I_{\text{գլ}}} = \frac{|\alpha_{\text{գլ}}| \rho_{\text{գլ}}}{\alpha_{\text{նղ}} \rho_{\text{նղ}}} = 5,13:$$

$$3.18. n = \frac{4-k}{2-k} = 5: \quad 3.19. \frac{l_1}{l_2} = \frac{k-2 \pm \sqrt{k(k-4)}}{2} = 2 \text{ կամ } 1/2:$$

$$3.20. R_{12} = 0,5(R' \pm \sqrt{R'^2 - 4R'R''}): \quad R_1 = 30 \text{ Օմ}, \quad R_2 = 20 \text{ Օմ:}$$

$$3.21. R_2 = \frac{R_1 U_1 (U_0 - U_2)}{U_2 (U_0 - U_1)} = 4,67 \text{ կՕմ}; \quad 3.22. n = \sqrt{\frac{R}{R_1}} = 7:$$

$$3.23. R_2 = \frac{R_{\text{լ}}}{n-1} = 3 \text{ Օմ}; \quad 3.24. R_2 = R_{\text{լ}}(n-1) = 1,14 \text{ կՕմ};$$

$$3.25. \text{ա)} \text{ սարքավորմանը զուգահեռ միացնել } R = \frac{R_{\text{մ}} I_0}{I - I_0} = 0,555 \text{ Օմ}; \text{ բ)}$$

$$\text{սարքավորմանը հաջորդական միացնել } R = \frac{U - I_0 R_{\text{մ}}}{I_0} = 10 \text{ կՕմ};$$

$$3.26. \text{ա)} I_1 = I_2 = \frac{U}{2R} = 0,3 \text{ Ա}; \quad \text{բ)} I_1 = I_2 = \frac{U}{R} = 0,6 \text{ Ա};$$

$$3.27. R_1 = \frac{R_{12} R_{13}}{R_{12} + R_{13} + R_{23}}; \quad R_2 = \frac{R_{12} R_{23}}{R_{12} + R_{13} + R_{23}}; \quad R_3 = \frac{R_{13} R_{23}}{R_{12} + R_{13} + R_{23}};$$

$$3.28. R = \frac{7r}{5}; \quad 3.29. \text{ա)} R = \frac{5r}{6}; \text{ բ)} R = \frac{7r}{12}; \text{ գ)} R = \frac{3r}{4};$$

$$3.30. R_{AB} = \frac{47}{22} r; \quad 3.31. R = \frac{R_1}{2} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4R_2}{R_1}} \right) = 6 \text{ Օմ};$$

3.32. Յուզում. երնթադրենք A հանգույցին տրվում է I ուժի հոսանք, իսկ B հանգույցից նույնպիսի հոսանք հեռացվում է: Որոշեք այդ հանգույցները միացնող լարով անցնող հոսանքի ուժը: $R_{AB} = \frac{R_0}{2}$:

$$3.33. Q = \frac{I^2 R \tau}{3} = 1 \text{ կՋ}; \quad 3.34. Q = \frac{k^2 R \tau^5}{30};$$

$$3.35. R = \frac{U^2}{P} = 4,8 \text{ Օմ}; \quad 3.36. t = \frac{AR}{U^2} = 20 \text{ վ};$$

$$3.37. A = \frac{SU^2 t}{\rho l}: \text{ Երբ } l\text{-ը մեծանում է } n = 2 \text{ անգամ, հոսանքի}$$

աշխատանքը փոքրանում է $n = 2$ անգամ:

$$3.38. A = \frac{\pi U^2 d^2 t}{4 \rho l}: \text{ Երբ } d\text{-ն փոքրացվում է } n = 2 \text{ անգամ, աշխատանքը}$$

փոքրանում է $n^2 = 4$ անգամ:

$$3.39. \frac{P_2}{P_1} = \frac{1}{1-k} = 1,11: \text{ Մեծացավ } 11\% \text{-ով};$$

$$3.40. P = P_1 = P_2 = \frac{U^2}{R} = 605 \text{ Վտ}; P = P_1 + P_2 = 1210 \text{ Վտ},$$

$$P = \frac{P_1 \cdot P_2}{P_1 + P_2} = 302,5 \text{ Վտ};$$

$$3.41. U = \frac{\varepsilon R}{R+r} = 212 \text{ Վ}, \quad U_{\text{լ}} = \frac{\varepsilon r}{R+r} = 8 \text{ Վ}; \quad 3.42. \varepsilon = \left(1 + \frac{r}{R} \right) U = 12,5 \text{ Վ};$$

$$3.43. \varepsilon = \frac{I_0 I R}{I_0 - I} = 10 \text{ Վ}; \quad r = \frac{I R}{I_0 - I} = 2 \text{ Օմ, որտեղ } I_0 \text{ -ն կարճ միացման}$$

հոսանքն է:

$$3.44. R_V = \frac{U r}{\varepsilon - U} = 2,95 \text{ կՕմ};$$

$$3.45. \varepsilon = \frac{U_2 U_1 (R_2 - R_1)}{R_2 U_1 - R_1 U_2} = 3 \text{ Վ:} \quad 3.46. I_0 = \frac{\varepsilon I}{\varepsilon - IR} = 2 \text{ Ա:} \quad 3.47. \frac{R}{r} = \sqrt{\frac{P_1}{P_2}} - 1 = 3:$$

$$3.48. r = \frac{I_2 P_1 - I_1 P_2}{(I_2 - I_1) I_1 I_2} = 0,2 \text{ Օմ,} \quad \varepsilon = \frac{P_1 I_2^2 - I_1^2 P_2}{(I_2 - I_1) I_1 I_2} = 12 \text{ Վ:}$$

$$3.49. r = \frac{(n-1) R_2 R_1}{R_2 - R_1} = 7 \text{ Օմ:} \quad 3.50. \eta_1 = \frac{R_1}{R_1 + r}, \quad \eta_2 = \frac{R_2}{R_2 + r},$$

$$\frac{\eta_2}{\eta_1} = n, \quad \frac{r}{R} = \sqrt{n} = 2,5: \quad 3.51. \mathbf{u}) \eta_{\text{հաջ}} = \frac{\eta_1 + \eta_2 - 2\eta_1 \eta_2}{1 - \eta_1 \eta_2} = 0,62 \text{ (62\%);}$$

$$\mathbf{բ}) \eta_{\text{գնագ}} = \frac{\eta_1 \eta_2}{\eta_1 + \eta_2 - \eta_1 \eta_2} = 0,29 \text{ (29\%):} \quad 3.52. r = \sqrt{R_1 R_2} = 6 \text{ Օմ:}$$

$$3.53. \mathbf{u}) P = \frac{P_1 P_2}{P_1 + P_2}; \quad \mathbf{բ}) P = P_1 + P_2: \quad 3.54. \text{Եթե } R = r; \eta = 50\%:$$

$$3.55. R_V = \frac{R^2}{r} = 4,5 \text{ կՕմ:} \quad 3.56. \varepsilon = \frac{U_1 U_2 (n-1)}{n U_1 - U_2} = 2 \text{ Վ:}$$

$$3.57. \text{Աղբյուրի սեղմակների լարումը } U = \frac{\varepsilon R_0 (l-x)}{R_0 (l-x) + r l} \text{ և այն փոխվում է 0-}$$

$$\text{ից մինչև } U = \frac{\varepsilon R_0}{R_0 + r} \text{ արժեքը:} \quad 3.58. w = 0,5 \varepsilon_0 \left(\frac{\varepsilon R}{(R+r)d} \right)^2 = 4,43 \text{ մկՋ/մ}^3:$$

$$3.59. N = \frac{R \sqrt{P}}{\varepsilon \sqrt{R} - r \sqrt{P}} = 8: \quad 3.60. \frac{R}{r} = \frac{nN-1}{N-n} = 5: \quad 3.61. I_{\text{կլ}} = \frac{\varepsilon U}{(\varepsilon - U)R} = 5 \text{ Ա:}$$

$$3.62. U_1 = \varepsilon \left(1 - \frac{I_1}{I_{\text{կլ}}} \right) = 1,2 \text{ Վ;} \quad \eta = \left(1 - \frac{I_1}{I_{\text{կլ}}} \right) = 0,6 \text{ (60\%):}$$

$$3.63. U = \frac{U_0 R x}{R l + R_0 (l-x) \frac{x}{l}}; \quad \text{եթե } R \gg R_0, \text{ . } U = \frac{U_0 x}{l}:$$

$$3.64. U = \frac{\varepsilon}{k+1} = 2 \text{ Վ:}$$

$$3.65. I = \frac{(\varepsilon - 1) \varepsilon_0 V b}{d} E:$$

$$3.66. P = I^2 R = \frac{E^2 R}{\left(R + \frac{d_0 (d_0 - d)}{\varepsilon_0 a v d} \right)^2}:$$

$$3.67. I = U \frac{\Delta C}{\Delta t} = 1 \text{ մկԱ:}$$

$$3.68. r = (n-1)R = 3 \text{ Օմ:}$$

$$3.69. I = \frac{F v}{\eta U} = 555 \text{ Ա:}$$

$$3.70. \eta = \frac{mgh}{U I t} = 0,5 \text{ (50\%):}$$

$$3.71. m = \frac{\eta U^2 \tau - c m \Delta t}{L} = 54 \text{ գ:}$$

$$3.72. \mathbf{u}) t = \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2} = 360 \text{ վ;} \quad \mathbf{բ}) t = t_1 + t_2 = 1500 \text{ վ:}$$

$$3.73. l = \frac{\eta U^2 S \tau}{100 \rho c m \Delta t} = 1,78 \text{ մ:}$$

$$3.74. R_x = \frac{U^2}{P} = 242 \text{ Օմ:}$$

$$3.75. \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{(R_1 + R_2)(\varepsilon_1 + \varepsilon_3) + R_3 \varepsilon_2}{R_1 + R_2 + R_3} = 13,5 \text{ Վ:}$$

$$3.76. \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{R_1 \varepsilon_2 + R_2 \varepsilon_1}{R_1 + R_2} = 4 \text{ Վ:}$$

$$3.77. \varphi_2 - \varphi_1 = \frac{\varepsilon_3 (R_1 + R_2) + (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = 6,5 \text{ Վ:}$$

$$3.78. \quad \varepsilon = (R_2 \varepsilon_1 + R_1 \varepsilon_2) / (R_1 + R_2):$$

$$3.79. \quad P = \max, \text{ էթե } R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}; \quad I_R = 0, \quad \text{ էթե } \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} = \frac{R_1}{R_2}:$$

$$3.80. \quad P_1 = P_4 = \frac{(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)^2}{4R}; \quad P_1 = P_4 = \frac{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)^2}{4R}:$$

$$3.81. \quad q = RC\varepsilon / (R + 2r) = 4 \text{ մկՎ}; \quad 3.82. \quad I = \frac{R_2 \varepsilon_1 - R_1 \varepsilon_2}{RR_2 + R_1 R_2 + RR_1} = 0:$$

$$3.83. \quad q = \frac{C\varepsilon(R_2 - R_3)}{R_2 + R_3 + 2r} = 21,1 \text{ մկՎ}; \quad 3.84. \quad r_x = \frac{rR_2}{R_1}; \quad 0:$$

$$3.85. \quad R = \frac{r_0 S_0}{4\pi R_{\text{էթ}}^2} = 200 \text{ Օմ}; \quad 3.86. \quad \text{Ցուցում. կարելի է օգտագործել (3.1);}$$

$$(3.5) \text{ բանաձևերը և } \Phi \text{ աուսի թեորեմը: } R = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon}{\gamma C}:$$

$$3.87. \quad \text{ա)} \frac{\rho d}{S}; \quad \text{բ)} \frac{\rho}{H} \ln \frac{R}{r}; \quad \text{գ)} \frac{\rho(R-r)}{4\pi Rr}:$$

$$3.88. \quad R = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon \rho}{C} = \frac{2\rho(l-d)}{\pi d(2l-d)}; \quad \text{էթե } l \gg d, \quad R = \frac{\rho}{\pi d} = \frac{\rho}{2\pi r_0}:$$

$$3.89. \quad \text{Ցուցում. կարելի է օգտագործել (3.1); (3.5) բանաձևերը և } \Phi \text{ աուսի թեորեմը: } \rho(t) = \rho_0 e^{-\frac{\gamma t}{\varepsilon_0}}; \quad \tau = \frac{\varepsilon_0}{\gamma} = 15 \cdot 10^{-20} \text{ վ};$$

$$3.90. \quad \text{ա)} \varepsilon = \frac{C(R_2 - R_1)}{4\pi \varepsilon_0 R_1 R_2}; \quad \text{բ)} \rho = \frac{4\pi R_1 R_2 t}{C(R_2 - R_1) \ln k}:$$

$$3.91. \quad \gamma = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon \ln \frac{1}{k}}{t} = 7,13 \cdot 10^{-14} \text{ Ամ/մ};$$

$$3.92. \quad \text{ա)} q(t) = q_0 e^{-\frac{\gamma t}{\varepsilon_0}}; \quad \text{բ)} Q = \frac{q_0^2}{4\pi \varepsilon_0} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right):$$

$$3.93. \quad \text{ա)} I(t) = I_0 \exp \left(-\frac{t}{2R} \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \right) \right); \quad \text{բ)} Q = \frac{U_0^2 C_1 C_2}{2(C_1 + C_2)}:$$

$$3.94. \quad Q = \frac{C\varepsilon^2}{2} = 0,1 \text{ Ջ}; \quad 3.95. \quad \text{ա)} I = \frac{q_0}{RC} e^{-t/RC} = 0,1 \cdot e^{-100t};$$

$$\text{բ)} q = q_0 e^{-\tau/RC} = 0,63 \text{ մկԱ}; \quad \text{գ)} Q = \frac{q_0^2}{2C} (1 - e^{-2\tau/RC}) = 0,22 \text{ Ջ};$$

$$3.96. \quad t = RC \ln k; \quad I = \frac{q_0}{CRk}; \quad 3.97. \quad \rho = \frac{\tau \tau_0}{\varepsilon_0 \varepsilon (\tau_0 - \tau)}:$$

$$3.98. \quad I = (n-1) \frac{\varepsilon}{R} e^{-nt/RC}; \quad 3.99. \quad \text{ա)} j_1 = \frac{4I}{\pi a^2} = 3,5 \text{ Ա/մմ}^2;$$

$$j_2 = \frac{4I}{\pi D^2} = 1,3 \text{ Ա/մմ}^2; \quad E_1 = j_1 \rho = 0,06 \text{ Վ/մ}; \quad E_2 = j_2 \rho = 0,022 \text{ Վ/մ};$$

$$\text{բ)} U = \int_0^l E dx = \int_0^l \frac{4I \rho dx}{\pi \left[a + \frac{x(D-a)}{l} \right]^2} = \frac{4I \rho l}{\pi a D} = 0,72 \text{ մՎ}; \quad R = \frac{4\rho l}{\pi a D} = 7,2 \text{ մկՕմ};$$

$$3.100. \quad q = \frac{\pi^2 D^2 m_e \nu N}{e \left(\frac{4\rho D N}{d^2} + R \right)} = 0,11 \text{ նԱ}; \quad 3.101. \quad U = \frac{\pi^2 D^2 m_e \nu^2}{2e} = 28 \text{ աՎ};$$

$$3.102. I = eSl \left(\frac{N}{Vt} \right) = 80 \text{ նԱ:}$$

$$3.103. E = \frac{W_{\text{հն}}}{e\bar{l}} = 3 \text{ կՎ/մ:}$$

$$v = \sqrt{\frac{2W_{\text{հն}}}{m_e}} = 2,3 \cdot 10^6 \text{ մ/վ:}$$

$$3.104. l = \frac{W_{\text{հն}} d}{eU} = 1,8 \text{ մմ:}$$

$$3.105. j = e \frac{N}{V} (k_+ + k_-) \frac{U}{d} = 0,48 \text{ Ա/մ}^2: \quad 3.106. R = \frac{l}{Sne(k_+ + k_-)} =$$

$$= 3,14 \cdot 10^{14} \text{ Օմ:} \quad 3.107. t = \frac{m}{kl} = 25 \text{ ր:} \quad 3.108. M = \frac{mFZ}{It} = 64 \text{ գ/մոլ:}$$

$$3.109. h = \frac{Mit}{\rho F S Z} = 15,5 \text{ մկմ:}$$

$$3.110. T = \frac{pVM}{kRI\tau} = 312 \text{ Կ:}$$

$$4.1. B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = 10 \text{ մկՏլ:} \quad B = \frac{I}{2\pi r} = 8 = \text{Ա/մ:}$$

$$4.2. B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r \sqrt{l^2 + \frac{1}{4}}} = 0,71 \text{ մկՏլ:} \quad H = \frac{I}{4\pi r \sqrt{l^2 + \frac{1}{4}}} = 0,56 \text{ Ա/մ:}$$

$$4.4. B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r} \left(\frac{l/2-a}{\sqrt{(l/2-a)^2 + r^2}} + \frac{l/2+a}{\sqrt{(l/2+a)^2 + r^2}} \right) = 3,2 \text{ մկՏլ:} \quad H = 2,55 \text{ Ա/մ:}$$

$$4.5. B = \frac{\mu_0 I}{4\pi r} = 20 \text{ մկՏլ:} \quad H = 15,9 \text{ Ա/մ:}$$

$$4.6. B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a \sin \frac{\alpha}{2}} \left(1 + \cos \frac{\alpha}{2} \right) = 112 \text{ մկՏլ:} \quad H = 89,1 \text{ Ա/մ:}$$

$$4.7. \text{ա) } B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \sqrt{3} = 8,66 \text{ մկՏլ:} \quad H = 6,89 \text{ Ա/մ:}$$

$$\text{բ) } B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} = 5,0 \text{ մկՏլ:} \quad H = 4,0 \text{ Ա/մ:}$$

$$4.8. H_1 = \frac{\sqrt{9I_1^2 + I_2^2}}{3\pi a} = 7,12 \text{ Ա/մ:} \quad H_2 = \frac{\sqrt{I_1^2 + I_2^2}}{\pi a} = 11,5 \text{ Ա/մ:}$$

$$4.9. H_1 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\left(\frac{I_1}{r_1} \right)^2 + \left(\frac{I_2}{r_2} \right)^2 + \frac{I_1 I_2 (r_1^2 + r_2^2 - a^2)}{r_1^2 r_2^2}} = 55,7 \text{ Ա/մ:}$$

$$4.10. H_1 = \frac{I_1}{2\pi a_1} - \frac{I_2}{2\pi a_2} = 7,96 \text{ Ա/մ:} \quad H_1 = \frac{I_1}{2\pi a_1} + \frac{I_2}{2\pi a_2} = 55,7 \text{ Ա/մ:}$$

$$4.11. B = \frac{\mu_0 (I_1 - I_2)}{2\pi l \sin \frac{\alpha}{2}}: \quad 4.13. B = \frac{2\mu_0 I}{\pi ab} \sqrt{a^2 + b^2} = 8,94 \text{ մկՏլ:} \quad H = 7,12 \text{ Ա/մ:}$$

$$4.14. B = \frac{2\mu_0 I ab}{\pi \sqrt{4r_0^2 + a^2 + b^2}} \left(\frac{1}{4r_0^2 + b^2} + \frac{1}{4r_0^2 + a^2} \right) = 1,93 \text{ մկՏլ:} \quad \text{էթե } r_0 \gg a, b,$$

ապա $B = \frac{\mu_0 p_m}{2\pi r_0^3}$, որտեղ $p_m = I \cdot ab$ -ն՝ հոսանքակիր շրջանակի մագնիսական մոմենտն է:

$$4.15. H = \frac{I\sqrt{3}}{\pi a} = 44,1 \text{ Ա/մ:} \quad 4.16. N=4\text{-ի դեպքում } B = \frac{\mu_0 I}{\pi} \frac{2R^2}{(R^2 + 2h^2)\sqrt{R^2 + h^2}};$$

Երբ $N \rightarrow \infty$, $B = \frac{\mu_0 I R^2}{2(R^2 + h^2)^{3/2}}$: $N=4$, $h=0$ $B_0 = \frac{2\mu_0 I}{\pi R}$: $N \neq 4$, $h=0$ կետում

$$B_0 = \frac{\mu_0 I N}{2\pi R} \operatorname{tg} \frac{\pi}{N}, \text{ երբ } N \rightarrow \infty, B_0 = \frac{\mu_0 I}{2R}:$$

4.17. $B = \frac{\mu_0 I}{2R} = 31,4 \text{ մկՏլ}; H = \frac{I}{2R} = 25 \text{ Ա/մ}:$

4.18. $B = \frac{\mu_0 I R^2}{2(R^2 + h^2)^{3/2}} = 15,8 \text{ մկՏլ};$ **4.19.** $H = \frac{I\sqrt{2}}{2R} = 212 \text{ Ա/մ}:$

4.20. $B = (\pi - \alpha_0 + \operatorname{tg} \alpha_0) \frac{\mu_0 I}{2\pi R}$; եթե $\alpha_0 = 0$, $B = \frac{\mu_0 I}{2R}$:

4.21. $B = \frac{\mu_0 I}{8\pi R} \left(\pi + \frac{4a}{\sqrt{R^2 + a^2}} \right)$; եթե $a \gg R$, $B = \frac{\mu_0 I}{8\pi R} (\pi + 4)$:

4.22. $B = \frac{\mu_0 I}{4\pi R} \left(\pi + \frac{2a}{\sqrt{R^2 + a^2}} \right)$; եթե $a \gg R$, $B = \frac{\mu_0 I}{4\pi R} (\pi + 2)$:

4.23. $B = \frac{\mu_0 I N}{2(b-a)} \ln \frac{b}{a}$; **4.24.** $B = \frac{\mu_0 I}{\pi^2 R}$; **4.25.** $B = \frac{\mu_0 q}{4\pi} \frac{v \sin \alpha}{r^2} = 2,4 \text{ մՏլ}:$

4.26. $B = \frac{\mu_0 I n}{2} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2) = \frac{\mu_0 I n}{2} \left(\frac{l/2-x}{\sqrt{(l/2-x)^2 + R^2}} + \frac{l/2+x}{\sqrt{(l/2+x)^2 + R^2}} \right);$

ա) երբ $l \gg x$, $B = \mu_0 I n$; **բ)** երբ $x = l/2$, $l \gg R$: $B = \mu_0 n I / 2$:

4.27. $B = \mu_0 I \frac{N}{l} = 8,80 \text{ մՏլ}; H = I \frac{N}{l} = 7,0 \text{ կԱ/մ}:$ **4.28.** $B = \mu_0 I \frac{N}{2l} = 9,42 \text{ մՏլ};$

$H = I \frac{N}{2l} = 7,5 \text{ կԱ/մ}:$ **4.29.** $l/d \geq 7$: **4.30.** $F = \frac{IF_1}{l_1} \sqrt{1 + \frac{L^2}{l^2} - 2 \frac{L}{l} \cos \alpha}$:

4.31. $B = \frac{F \rho}{US \sin \alpha} = 10 \text{ մՏլ};$ **4.32.** $m = \frac{BlI}{\mu g} = 0,2 \text{ կգ}:$ **4.33.** $B = \frac{mg \sin \alpha}{Il} = 0,5 \text{ Տլ}:$

4.34. $B = \frac{mg(\mu \cos \alpha - \sin \alpha)}{Il} = 0,01 \text{ Տլ}$ (եթե ձողը շարժվում է ներքև);

$B = \frac{mg(\mu \cos \alpha + \sin \alpha)}{Il} = 0,5 \text{ Տլ}$ (եթե ձողը շարժվում է վերև):

4.35. $B = \frac{mg \operatorname{tg} \alpha}{Il} = 0,25 \text{ Տլ};$ **4.36.** $\alpha = \arctg \frac{BlI}{mg} = 30^\circ:$

4.37. $I = \frac{mg}{Bl} = 4 \text{ Ա}:$ **4.38.** $I = \frac{kx - mg}{Bl} = 100 \text{ Ա}:$

4.39. $F_1 = \mu BlI + mg = 10 \text{ Ն}$ (որպեսզի շարժվի վերև);

$F_2 = \mu BlI - mg = 2 \text{ Ն}$ (որպեսզի շարժվի ներքև):

4.40. $I = \frac{mg}{Bl(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)} = 220 \text{ Ա}:$ **4.41. ա)** $F_1 = B_0 I b + \frac{\mu_0 I^2 b}{2\pi d} = 4,8 \text{ մՆ};$

բ) $F_2 = B_0 I b - \frac{\mu_0 I^2 b}{2\pi d} = 1,6 \text{ մՆ};$ **4.42.** $F_1 = \frac{\mu_0 I_1 I_2 b}{2\pi x_0} = 4 \text{ մկՆ};$

$F_1 = \frac{\mu_0 I_1 I_2 b}{2\pi(x_0 + a)} = 1,33 \text{ մկՆ}; F_3 = F_4 = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \ln \frac{x_0 + a}{x_0} = 1,1 \text{ մկՆ};$

$F = \frac{\mu_0 I_1 I_2 ab}{2\pi x_0(x_0 + a)} = 2,67 \text{ մկՆ}:$ **4.43.** $F_L = \frac{UB}{n \rho l} \sin \alpha$, որտեղ n -ը ազատ

էլեկտրոնների կոնցենտրացիան է, ρ -ն՝ տեսակարար դիմադրությունը:
ա) Երբ α անկյունը մեծանում է մինչև 90° , ուժը մեծանում է, որից հետո
 կսկսի նվազել: **բ)** l -ը մեծացնելուց ուժը փոքրանում է:

$$4.44. v = \frac{eBR}{m_e} = 3,52 \cdot 10^7 \text{ մ/վ}: \quad 4.45. m = \frac{qBT}{2\pi} = 4,58 \cdot 10^{-28} \text{ կգ}:$$

$$4.46. \frac{R_p}{R_e} = \sqrt{\frac{m_p}{m_e}} = 42,85: \quad 4.47. \frac{m_1}{m_2} = \left(\frac{R_1}{R_2}\right)^2 = 4: \quad 4.48. v = \frac{qBR}{m \sin \alpha} = 2 \text{ կմ/վ}:$$

$$4.49. v = \frac{eB}{m_e} \sqrt{R^2 + \frac{h^2}{4\pi^2}} = 3,5 \cdot 10^7 \text{ մ/վ}: \quad 4.50. h = \frac{v \cos \alpha}{\nu} = 0,1 \text{ մ}:$$

$$4.51. \alpha = \arctg \frac{2\pi R}{h} = 45^\circ: \quad 4.52. B = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{2m_p U}{e}} = 0,434 \text{ Տլ}:$$

$$4.53. h = \frac{2\pi}{eB} \sqrt{2m_e W \cos \alpha} = 16 \text{ սմ}: \quad 4.54. B = \frac{2m_e v}{e \sqrt{\pi^2 d^2 + h^2}} = 8 \text{ մՏլ}:$$

$$4.55. d = 2(R_2 - R_1) = \frac{2\sqrt{m_p W}}{eB} (\sqrt{2A_2} - \sqrt{2A_1}) = 16 \text{ մմ}:$$

$$4.56. A_1 = \frac{R_1^2 e B^2}{2Um_p} = 36; \quad A_2 = \frac{R_2^2 e B^2}{2Um_p} = 40: \quad 4.57. E = B \sqrt{\frac{2eU}{m_p}} = 17 \text{ կՎ/մ}:$$

$$4.58. \text{ա)} v = \frac{2\pi R I}{q} = 2 \text{ մ/վ}; \quad \text{բ)} m = \frac{qvBR}{v^2 - gR \operatorname{tg} \alpha} = 2,8 \cdot 10^{-8} \text{ կգ}:$$

$$4.59. a = \frac{e}{m_e} \sqrt{E^2 + v^2 B^2} = 1,76 \cdot 10^{14} \text{ մ/վ}^2:$$

$$4.60. F_{\text{մ}} = \frac{\mu_0 e^2 v^2}{4\pi a^2} = 2,3 \cdot 10^{-28} \text{ Ն}; \quad \frac{F_{\text{մ}}}{F_{\text{է}}} = \left(\frac{v}{c}\right)^2 = 10^{-6}: \quad 4.61. B = \mu_0 n I:$$

$$4.62. B = \frac{\mu_0 I N}{2\pi R} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ Տլ}: \quad 4.63. \oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 j \pi r^2 \cos \alpha = 14,2 \text{ մկՏլ}:$$

$$4.64. B_1 = \frac{\mu_0 j r_1}{2} = 0,942 \text{ մՏլ}; \quad B_2 = \frac{\mu_0 j R^2}{2r} = 0,982 \text{ մՏլ}:$$

$$4.65. B_1 = \frac{\mu_0 I}{2\pi r_1} = 0,1 \text{ մՏլ}; \quad B_2 = 0: \quad 4.66. B_1 = \frac{\mu_0 I_1 r_1}{2\pi r^2} = 20 \text{ մկՏլ};$$

$$B_2 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_2} = 20 \text{ մկՏլ}; \quad B_3 = \frac{\mu_0 (I - I_1)}{2\pi r_3} = 8 \text{ մկՏլ}: \quad 4.67. \vec{B} = \frac{\mu_0}{2} (\vec{j} \times \vec{a}); \quad B = \frac{\mu_0 j a}{2}:$$

$$4.68. B = \frac{\mu_0 i}{2}, \vec{B}\text{-ն գուգահեռ է հարթությանը}: \quad 4.69. L = \frac{\mu_0 N^2}{l} \frac{\pi d^2}{4} = 5,9 \text{ Հն}:$$

$$4.71. l = \sqrt{\frac{4\pi l_0 L}{\mu_0}} = 100 \text{ մ}: \quad 4.72. L = \frac{\mu_0 N^2}{l} \frac{\pi d^2}{4} = 0,71 \text{ մՀն};$$

$$\Phi = \frac{LI}{N} = 3,55 = 3,55 \text{ մկՎբ}: \quad 4.73. L = \frac{\mu_0 R^2 S^2}{4\pi \rho^2 l} = 55 \text{ մկՀն}; \text{ որտեղ } \rho\text{-ն}$$

$$\text{պղնձի տեսակարար դիմադրությունն է}: \quad 4.74. L = \frac{\mu_0 m R}{4\pi \rho_m \rho l}, \text{ որտեղ } \rho\text{-ն}$$

$$\text{պղնձի տեսակարար դիմադրությունն է, իսկ } \rho_m\text{-ն՝ խտությունը}:$$

4.75.1) $\approx 2,7$ Հն: 2) $\approx 1,48$ Հն: 3) $\approx 0,18$ Հն:

$$4.76. \frac{\Phi}{I} = \frac{\mu_0}{4\pi}.$$

$$4.77. \Phi = \frac{\Phi_0}{2} = \frac{\mu_0 I n S}{2}; \quad 4.78. B = \frac{\mu_0 \alpha r^2}{3}, \text{ երբ } r < R; \quad B = \frac{\mu_0 \alpha R^3}{3r}, \text{ երբ } r > R;$$

$$\frac{\Phi}{I} = \frac{\mu_0 \alpha R^3}{9}; \quad 4.79. I = 2\pi r \sqrt{\frac{2w}{\mu_0}} = 12,5 \text{ Ա}; \quad 4.80. W = \frac{L\varepsilon^2}{2(R+r)^2} = 1,41 \text{ Ջ}:$$

$$4.81. W = \frac{\Phi I N}{2} = 0,5 \text{ Ջ}; \quad 4.82. I = R \sqrt{\frac{8w}{\mu_0}} = 2,52 \text{ Ա}; \quad 4.83. \frac{\Phi}{I} = \frac{\mu_0 \tau^2 \omega^2 a^2}{8\pi};$$

$$4.84. I = \frac{M}{B S} = 5 \text{ Ա}; \quad 4.85. I = \frac{2S\rho g}{B_h} = 160 \text{ Ա}; \quad 4.86. M_{max} = B I N a b = 0,1 \text{ Ն.մ};$$

$$4.87. M = B I N \pi R^2 \sin \alpha = 3,14 \text{ Ն.մ}; \quad 4.88. \alpha = \arcsin \frac{M}{\mu_0 N H I S} = 30^\circ;$$

$$4.89. I = \frac{mg}{2aB} \cot g \alpha; \quad 4.90. I = \sqrt[3]{\frac{4p_m H^2}{\pi}} = 234 \text{ Ա}; \quad R = \sqrt[3]{\frac{p_m}{2\pi H}} = 11,7 \text{ սմ};$$

$$4.91. p_m = \frac{\Phi I}{\mu_0} = 0,8 \text{ Ա.մ}^2; \quad 4.92. p_m = \frac{\pi N I}{3} (a^2 + ab + b^2);$$

$$4.93. \text{ա) } I = \frac{e^2}{2\pi \sqrt{4\pi \varepsilon_0 m r_0^3}} = 1,05 \text{ մԱ}; \quad B = \frac{\mu_0 I}{2r_0} = 12,6 \text{ Տլ};$$

$$\text{բ) } p_m = I \pi r_0^2 = 9,27 \cdot 10^{-24} \text{ Ա.մ}^2; \quad \text{գ) } \frac{p_m}{p_L} = \frac{e}{2m} = 0,88 \cdot 10^{11} \text{ Վ/կգ};$$

$$4.94. F = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{3\pi R^2 I p_m x}{(R^2 + x^2)^{5/2}}, \quad (\vec{F} \text{ -ը ուղղված է դեպի օղակը, եթե } \vec{p}_m \uparrow \uparrow \vec{B}; \text{ օղակից դեպի դուրս, եթե } \vec{p}_m \downarrow \downarrow \vec{B}); \quad F = F_{max}, \text{ երբ } x=R/2;$$

$$4.95. p_m = \frac{\pi \nu q R^2}{2}; \quad B_0 = \frac{\mu_0 \nu q}{4R}; \quad 4.96. B = \frac{4\pi}{3} \mu_0 \sigma R n = 0,263 \text{ ՆՏլ};$$

$$4.97. p_m = \frac{4\pi}{3} \omega R^4 \sigma; \quad 4.98. p_m = \pi^2 \nu \sigma R^3 (R + 2h) = 1,18 \text{ մկԱ.մ}^2;$$

$$B = \mu_0 \pi \nu \sigma (R + 2h) = 6,62 \text{ ՆՏլ};$$

$$4.99. \text{ա) } F = 0; \quad M = \frac{\mu_0 I p_m}{2\pi r}; \quad \text{բ) } F = \frac{\mu_0 I p_m}{2\pi r^2} (\vec{F} \downarrow \vec{B}, \text{ եթե } \vec{p}_m \text{-ը ուղղված է լարից դեպի դուրս; } \vec{F} \uparrow \vec{B}, \text{ եթե } \vec{p}_m \text{-ը ուղղված է դեպի լարը}); \quad M = \frac{\mu_0 I p_m}{2\pi r};$$

$$\text{գ) } F = \frac{\mu_0 I p_m}{2\pi r^2} (\vec{F} \text{-ը ուղղված է դեպի լարը, եթե } \vec{p}_m \uparrow \vec{B}; \text{ լարից դեպի դուրս, եթե } \vec{p}_m \downarrow \vec{B}); \quad M = 0;$$

$$4.100. \frac{A}{I} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi} \ln \frac{b}{a} = 83,2 \text{ մկՋ/մ};$$

$$4.101. I_1 = I_2 = \sqrt{\frac{2\pi A}{\mu_0 \ln 2}} = 20 \text{ Ա}; \quad 4.102. A = I B \pi R^2 (1 - \cos \alpha) = 16,8 \text{ մՋ};$$

$$4.103. A = I \Delta \Phi = I B a b (\cos \alpha - \cos \beta) = 0,037 \text{ Ջ};$$

$$4.104. \text{ա) } A = \frac{1}{4} I B \pi d^2 (1 - \cos \alpha) = 0,3 \text{ մՋ}; \quad \text{բ) } A = \frac{1}{4} I B \pi d^2 = 0,2 \text{ մՋ};$$

$$4.105. A_1 = \frac{\mu_0 I_1 I_2 b}{2\pi} \ln \frac{(x_0 + a)^2}{x_0(x_0 + 2a)} = 0,118 \text{ մկՋ}; A_1 = \frac{\mu_0 I_1 I_2 b}{2\pi} \ln \frac{x_0 + 2a}{x_0} = 0,322 \text{ մկՋ};$$

$$4.106. \mu = \frac{B}{B_0} 500; \quad 4.107. \mu_1 = \frac{\mu_2}{n} = 300:$$

$$4.108. \chi_m = \frac{2\pi a F}{\mu_0 I^2 l} - 1 = 0 \text{ (այսինքն՝ միջավայրը վակուումն է):}$$

$$4.109. \mu = \frac{Bl}{\mu_0 CU \nu N} = 166; \quad 4.110. \text{ ա) } B = \mu_0 \mu n I, \quad H = n I;$$

$$\text{բ) } J = (\mu - 1)nI, \quad \vec{J} \uparrow \uparrow \vec{H}, \text{ եթե } \mu > 1; \quad J = (\mu - 1)nI, \quad \vec{J} \downarrow \uparrow \vec{H}, \text{ եթե } \mu < 1:$$

$$4.111. B = \frac{\mu_0 \mu_1 \mu_2 I}{(\mu_1 + \mu_2) \pi r}; \quad 4.112. B = \frac{\mu_0 I l}{\sqrt{4R^2 + l^2}} = \mu_0 J \left(1 - 2 \frac{R^2}{l^2}\right):$$

$$4.113. \text{ Ճեղքում՝ } H_1 = \frac{B}{\mu_0}; \quad \vec{H}_1 \uparrow \uparrow \vec{B}; \quad J=0: \text{ Օղակում՝ } H_2 = \frac{bB}{\mu_0(\pi d - b)} \approx \frac{bB}{\mu_0 \pi d};$$

$$\vec{H}_2 \downarrow \uparrow \vec{B}; \quad J = \frac{\pi B d}{\mu_0(\pi d - b)} \approx \frac{B}{\mu_0}; \quad \vec{J} \uparrow \uparrow \vec{B}:$$

$$4.114. \mu = \frac{B(\pi d - b)}{\mu_0 I N - b B} \approx \frac{\pi B d}{\mu_0 I N - b B} = 4800; \quad 4.115. W = \frac{1}{2} \Phi I N = 0,5 \text{ Ջ}:$$

$$4.116. \Phi_B = 0; \quad \Phi_H = \frac{S B_0}{\mu_0} \left(\frac{1}{\mu_2} - \frac{1}{\mu_1} \right); \quad 4.117. \Phi_H = \frac{S B_0}{\mu_0} \left(1 - \frac{2}{\mu_2 + \mu_1} \right):$$

$$4.119. dF_x = dp_m \frac{\partial B}{\partial x} = \frac{\chi_m S B dB}{\mu_0 \mu}, \quad F_x = -\frac{\chi_m S B^2}{2\mu_0 \mu}:$$

$$4.120. i_m = \frac{(\mu - 1)I}{2\pi r}; \quad 4.121. \frac{B_2}{B_1} = \frac{\cos \alpha_1}{\cos \alpha_2}; \quad i_m = \frac{B_1 \sin \alpha_1}{\mu_0} \left(1 - \frac{\tan \alpha_2}{\tan \alpha_1} \right):$$

$$4.122. \sqrt{r^2} = \sqrt{\frac{6m_e |\chi_m|}{\mu_0 e^2 n Z}} = 30 \text{ նմ}; \quad 4.123. \chi_m = \frac{\mu_0 n p_m^2}{3kT} = 2 \cdot 10^{-6}:$$

$$4.124. \frac{N_1}{N_2} = e^{\frac{W_2 - W_1}{kT}} \approx 1 + \frac{W_2 - W_1}{kT} = 1 + \frac{2p_m B}{kT} = 1,009:$$

$$4.125. \text{ ա) } B = \frac{\mu_0 i}{2}; \quad B = \frac{\mu_0 i}{2} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + (R/x)^2}} \right); \quad B = \frac{\mu_0 i R^2}{4x^2}, \text{ երբ } x \gg R, \quad x > 0;$$

$$\text{բ) } B = \mu_0 i, \text{ երբ } |x| \gg R, \quad x < 0:$$

$$4.126. B = \mu_0 j x, \quad x < a/2; \quad B = \frac{\mu_0 j a}{2}, \quad x > a/2; \quad 4.127. \frac{F}{l} = \frac{\mu_0 i l}{2}:$$

$$4.128. F = \frac{1}{2} \mu_0 \pi (n I R)^2; \quad 4.129. L = \frac{\mu_0 a N}{2\pi} \ln \frac{b + x_0}{x_0}:$$

$$4.130. B = \mu_0 i; \quad 4.131. \frac{L}{l} = \frac{\mu_0}{\pi} \ln \frac{d-a}{a}; \quad 4.132. \text{ ա) և բ) } \frac{L}{l} = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln \frac{b}{a}:$$

$$4.133. \text{ ա) } \frac{L}{l} = \frac{\mu_0}{2\pi} \left(\frac{1}{4} + \ln \frac{a}{b} \right); \quad \text{բ) } \frac{L}{l} = \frac{\mu_0}{4\pi} \left(\frac{1}{2} + \ln \frac{a}{b} \right):$$

$$4.134. p_m = \chi_m H V, \quad F_x = p_m \frac{\partial B}{\partial x} = -A x e^{-2\alpha x^2}, \text{ որտեղ } A = \frac{2\alpha B_0^2 \chi_m V}{\mu_0 \mu}:$$

$$\text{ա) } x_0 = \frac{1}{2\sqrt{\alpha}}; \quad \text{բ) } \chi_m = \frac{\mu_0 F_0}{B_0^2 V} \sqrt{\frac{e}{\alpha}} \quad (\text{ընդունված է } \mu \approx 1):$$

4.135. $\frac{F}{S} = \frac{B^2}{2\mu_0} \left(\frac{1}{\mu_2} - \frac{1}{\mu_1} \right)$, ուժն ուղղված է փոքր մագնիսական թափանցելիությամբ մագնետիկի կողմը:

4.136. $B = B_0 \sqrt{\cos^2 \alpha_0 + \mu^2 \sin^2 \alpha_0}$; $tg \alpha = \mu tg \alpha_0$, որտեղ α -ն $\vec{B}$ վեկտորի և նորմալի կազմած անկյունն է: **4.137.** $H_c = \frac{NI}{l} = 6$ կԱ/մ:

5.1. $\Phi = \frac{\varepsilon \Delta t}{N} = 1,5 \cdot 10^{-2}$ Վբ: **5.2.** $N = \frac{\varepsilon \Delta t}{S(B_2 - B_1)} = 100$ գալար:

5.3. $\varepsilon = 2bSt$: **5.4.** $I = \frac{\pi r^2 \Delta B}{R \Delta t} = 94,2$ մԱ: **5.5.** $\varepsilon_1 = \frac{\mu_0 N S I}{l \Delta t} = 18$ մՎ:

5.6. $\Delta \Phi = qR = 12$ մՎբ: **5.7.** $q = \frac{Bl^2}{16R} = 0,125$ մԿլ:

5.8. $q = \frac{Bl^2}{4R} \left(\frac{1}{4} - \frac{\sqrt{3}}{9} \right) = 0,21$ մԿլ: **5.9.** $q = \pi R^2 N C \frac{dB}{dt} = 1,26$ մկԿլ:

5.10. $q_1 = 0,5 C_1 \frac{d\Phi}{dt}$, $q_2 = 0,5 C_2 \frac{d\Phi}{dt}$: **5.11.** $Q = \frac{\pi^2 d^4 (B - B_0)^2 (t_1 + t_2)}{16 R t_1 t_2}$:

5.12. $\varepsilon_0 = \frac{\mu_0 h \omega I_0 N}{2\pi} \ln \frac{b}{a}$: **5.13.** $Q = \frac{\alpha^2 \tau^3}{3R}$: **5.14.** $\alpha = \arccos \left(1 - \frac{qR}{BS} \right) = 60^\circ$:

5.15. $q = \frac{NBS(\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)}{R}$, **ա)** $q_1 = 0,67$ մԿլ, **բ)** $q_2 = 1,83$ մԿլ,

գ) $q_3 = 2,5$ մԿլ, **դ)** $q_4 = 10$ մԿլ:

5.16. $\alpha = \arccos \left(1 - \frac{q_2}{q_1} (1 - \cos \alpha_1) \right) = 60^\circ$: **5.17.** $\varepsilon_0 = 2BSN/T = 25,1$ մՎ:

5.18. $\Phi = B S \cos \omega t = 8 \cdot 10^{-3} \cos 50t$, $\varepsilon = 0,4 \sin 50t$:

5.19. $N = \frac{\varepsilon_0}{2\pi B S \nu} = 100$: **5.20.** $\omega = \frac{\varepsilon_0}{BS} = 100$ ռադ/վ:

5.21. $I_0 = \frac{2\pi B S \nu}{RT} = 0,25$ Ա; $I = 0,25 \sin(100\pi t)$:

5.22. $\varepsilon = -NB_0 \omega \cos(2\omega t)$: **5.23.** $I = \frac{\omega B^2 r^2}{2R} = 0,933$ Ա:

5.24. $\varepsilon = Bvl \sin \alpha = 0,1$ Վ: **5.25.** $\Delta \varphi = B_{\perp} vl \sin \alpha = 0,25$ Վ:

5.26. $U = 0,5 Bl^2 \omega = 0,5$ Վ: **5.27.** $\omega = \frac{8U}{Bl^2} = 0,4$ ռադ/վ:

5.28. $I = \sqrt{\frac{Fv}{R}} = 0,2$ Ա: **5.29.** $a = \frac{g}{1 + \frac{C_0 B^2 l^2}{m}}$

5.30. $v = \frac{mgR}{B^2 l^2} \left[1 - \exp \left(-\frac{B^2 l^2}{mR} t \right) \right]$: **5.31.** **ա)** $I = \frac{\varepsilon}{R} = 0,5$ Ա;

բ) $I = \frac{\varepsilon + Bvl}{R} = 0,7\text{Ա};$ գ) $I = \frac{\varepsilon - Bvl}{R} = 0,3\text{Ա};$ $I = 0$, եթե լարը $v = \frac{\varepsilon}{Bl} = 10\text{մ/վ}$ արագությամբ շարժվի դեպի ձախ:

5.32. $v = \frac{\varepsilon}{Bl} = 5\text{մ/վ}$, դեպի ձախ:

5.33. $I = \frac{Bvl(R_1 + R_2)}{RR_1 + RR_2 + R_1R_2}$:

5.34. ա) $v = v_0 \exp\left(-\frac{B^2 b^2}{mR} t\right);$ բ) $S = \frac{v_0 mR}{B^2 b^2}$:

5.35. $v = \frac{mgR}{B^2 l^2} \sin \alpha$:

5.36. $v = \frac{mgR}{B^2 l^2} (\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$:

5.37. $a = \frac{mg(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}{m + CB^2 l^2}$:

5.38. $v = \frac{\varepsilon}{Bl} - \frac{mgR}{B^2 l^2}$:

5.39. $\omega = \frac{2\varepsilon}{Br^2} = 400 \text{ ռադ/վ}$:

5.40. $I = \frac{mg}{BR} \cos(\omega t + \varphi_0)$:

5.41. ա) $\omega = \frac{2\varepsilon}{Br^2} \left[1 - \exp\left(-\frac{3B^2 r^2}{4mR} t\right)\right];$

բ) $\omega_0 = \frac{2\varepsilon}{Br^2} \left(1 - \frac{2FR}{Br\varepsilon}\right)$, երբ $I = \frac{2F}{Br}$:

5.42. $P = I\varepsilon_0(1 - I/I_0) = 25,2\text{Վտ}$:

5.43. $I_0 = \frac{l^2 \varepsilon_0}{I\varepsilon_0 - P} = 9,6 \text{ Ա}$:

5.44. $\varepsilon = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = 250\text{Վ};$ $L = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta I} = 0,42\text{Հն}$:

5.45. $\varepsilon = -L \frac{dI}{dt} = 5\text{Վ}$:

5.46. $\varepsilon = -\frac{2W_0 b}{a^2}$:

5.47. $\bar{\varepsilon} = \frac{LI_1(1 - \sqrt{n})}{\Delta t} = -2 \text{ Վ}$:

5.48. $Q = \frac{\varepsilon^2 L}{2R(R + R_0)} = 35\text{մՋ}$:

5.49. Ցուցում. օգտվեք $L_{12} = L_{21}$ առնչությունից: $\Phi = \frac{\pi \mu_0 I a_1^2}{2a_2}; L_{12} = \frac{\pi \mu_0 a_1^2}{2a_2}$:

5.50. Առաջին գալարի մագնիսական դաշտի ինդուկցիան երկրորդ գալարի բոլոր կետերում համարենք նույնը և $B_{12} = \frac{\mu_0}{2} \frac{I a_1^2}{(a_1^2 + h^2)^{3/2}}$, հետևաբար

$\Phi_{12} = \frac{\mu_0}{2} \frac{I a_1^2 \pi a_2^2}{(a_1^2 + h^2)^{3/2}},$ $L_{12} = \frac{\mu_0}{2} \frac{a_1^2 \pi a_2^2}{(a_1^2 + h^2)^{3/2}}$: Նույն ձևով $L_{21} = \frac{\mu_0}{2} \frac{a_1^2 \pi a_2^2}{(a_2^2 + h^2)^{3/2}}$:

Այդ մոտավորության հետևանքով $L_{12} \neq L_{21}$: Սակայն եթե վերցնենք $h \gg a_2$, այս դեպքում $L_{12} = L_{21} = \frac{\mu_0}{2} \frac{a_1^2 \pi a_2^2}{h^3}$:

5.51. Առաջին գալարի մագնիսական դաշտի ինդուկցիան երկրորդ գալարի բոլոր կետերում համարենք նույնը և $B = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{R^2 N \cdot \sin \frac{2\pi}{N}}{\left(R^2 \cos^2 \frac{\pi}{N} + h^2\right) \sqrt{R^2 + h^2}},$

հետևաբար $\Phi_{12} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{R^2 N \cdot \sin \frac{2\pi}{N_1}}{\left(R^2 \cos^2 \frac{\pi}{N_1} + h^2\right) \sqrt{R^2 + h^2}} \frac{1}{2} r^2 N_2 \sin \frac{2\pi}{N_2}$ և

$L_{12} = \frac{\mu_0}{8\pi} \frac{r^2 R^2 N_1 N_2 \cdot \sin \frac{2\pi}{N_1} \sin \frac{2\pi}{N_2}}{\left(R^2 \cos^2 \frac{\pi}{N_1} + h^2\right) \sqrt{R^2 + h^2}}$: Նույն ձևով $L_{21} = \frac{\mu_0}{8\pi} \frac{r^2 R^2 N_1 N_2 \cdot \sin \frac{2\pi}{N_1} \sin \frac{2\pi}{N_2}}{\left(r^2 \cos^2 \frac{\pi}{N_2} + h^2\right) \sqrt{r^2 + h^2}}$:

Այդ մոտավորության հետևանքով $L_{12} \neq L_{21}$: Սակայն եթե վերցնենք

$h \gg R$, այս դեպքում $L_{12} = L_{21} = \frac{\mu_0}{8\pi} \frac{N_1 N_2 \sin \frac{2\pi}{N_1} \sin \frac{2\pi}{N_2}}{h^3}$: Երբ [Երբ \$N_1, N_2 \rightarrow \infty\$](#) ,
կունենանք՝ $L_{12} = L_{21} = \frac{\mu_0 \pi r^2 R^2}{2 h^3}$, [որը համընկնում է խնդ.5.50-ի
արդյունքի հետ:](#)

5.52. Այդպիսի սուլենոիդի կենտրոնում մագնիսական դաշտի ինդուկցիան՝ $B = \frac{\mu_0 I n}{\pi} N \arcsin \left(\sin \frac{\pi}{N} \cos \alpha \right)$, հետևաբար

$L_1 = \frac{\mu_0 n_1^2}{2\pi} l N R^2 \sin \frac{2\pi}{N} \arcsin \left(\sin \frac{\pi}{N} \cos \alpha \right)$: Երկար սուլենոիդի դեպքում

$\cos \alpha \approx 1$ և $L_1 = \frac{\mu_0 n_1^2}{2\pi} l N R^2 \sin \frac{2\pi}{N} \sin \frac{\pi}{N}$, նույն ձևով կունենանք

$L_2 = \frac{\mu_0 n_2^2}{2\pi} l N R^2 \sin \frac{2\pi}{N} \sin \frac{\pi}{N}$: Երկար սուլենոիդների համար

$L_{12} = L_{21} = \frac{\mu_0 n_1 n_2}{2\pi} l N^2 R^2 \sin \frac{2\pi}{N} \sin \frac{\pi}{N}$: Երբ $N \rightarrow \infty$, կունենանք $L_1 = \mu_0 n_1^2 V$,

$L_2 = \mu_0 n_2^2 V$, $L_{12} = L_{21} = \mu_0 n_1 n_2 V$: Այստեղ n_1 – և n_2 – ք կոճերի
գալարների կոնցենտրացիաներն են, Կոճերի ներսի ծավալներն են:

Հեշտ է նկատել, որ $L_{12} = L_{21} = \sqrt{L_1 L_2}$:

5.53. $L_{12} = \sqrt{L_1 L_2}$:

5.54. $L_{12} = \mu_0 \pi r^2 n N$:

5.55. $t = \frac{L}{R_1 + R_2} \ln \frac{U_0 R_1}{(U_0 - U) R_1 - U R_2} = 0,145$ վ: **5.56.** $I_{1max} = U_0 \sqrt{\frac{C L_2}{L_1 (L_1 + L_2)}}$;

$I_{2max} = U_0 \sqrt{\frac{C L_1}{L_2 (L_1 + L_2)}}$; **5.57.** $t = \frac{\mu_0 N S d \ln 2}{4 l \rho} = 0,25$ մվ, որտեղ ρ –ն

պղնձի տեսակարար դիմադրություն է:

5.58. $t = \frac{L \ln 2}{R} = 0,15$ մվ:

5.59. $\frac{I_0}{I} = e^{Rt/L} = 1,5$:

5.60. $C = C_0 \left(1 - \frac{t^2}{2 L C_0} \right)$:

5.61. $U = U_0 R \sqrt{\frac{C}{L}}$:

5.62. $\Phi = \pi R^2 B$:

5.63. $I = I_0 \pm \frac{BS}{L}$:

5.64. $I = \frac{2BS}{L}$:

5.65. $I = \frac{I_0}{2}$:

5.66. $I_{10} = \frac{\varepsilon}{r} \frac{L_2}{L_1 + L_2}$, $I_{20} = \frac{\varepsilon}{r} \frac{L_1}{L_1 + L_2}$:

5.67. $U = U_0 \cos \frac{2\pi}{T} t = -100$ վ:

5.68. $\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \frac{\sin(\pi/4)}{\sin(2\pi/3)} = 40,8$ վ:

5.69. $U_q = \sqrt{2} U_1 = 424$ վ:

5.70. ա) $\Delta t = T/3 = 0,007$ վ; **բ)** $\Delta t = T/2 = 0,01$ վ:

5.71. $\Delta t = t_1 \left(1 - \frac{2}{\pi} \arcsin \frac{U_1}{U_q \sqrt{2}} \right) = 80$ վ: **5.72.** $\frac{\Delta t}{T} = \left(1 - \frac{2}{\pi} \arcsin \frac{U_1}{U_q \sqrt{2}} \right) = 0,5$:

5.73. $L = \frac{U_0}{\sqrt{2} \omega I} = 0,43$ Հն:

5.74. $U_0 = 2\sqrt{2} \pi \nu L I_q = 444$ վ:

5.75. $I_q = \frac{U_0 \omega C}{\sqrt{2}} = 4,22 \text{ Ա:}$
5.76. $U_0 = \frac{I_q \sqrt{2}}{2\pi \nu C} = 150 \text{ Վ:}$

5.77. $I_q = \frac{U_0}{\sqrt{2(R^2 + \omega^2 L^2)}} = 1,77 \text{ Ա:}$
5.78. $I = \frac{\varepsilon_0 \sin \omega t}{\omega L}:$

5.79. $I_q = \frac{U_0}{\sqrt{2(R^2 + 1/(\omega^2 C^2))}} = 2,3 \text{ Ա:}$
5.80. $C = \frac{I_q \sqrt{2}}{\omega \sqrt{U_0^2 - 2I_q^2 R^2}} = 100 \text{ մկՖ:}$

5.81. $C = \frac{\sqrt{2} I_0}{4\pi \nu U_q} = 50 \text{ մկՖ:}$
5.82. $I = \frac{U_q \omega C}{\sqrt{1 + (R\omega C)^2}} = 28,2 \text{ Ա:}$

5.83. $\frac{U_R}{U} = \frac{2\pi \nu C R}{\sqrt{1 + (2\pi R C \nu)^2}} = 0,76 ; \quad \frac{U_C}{U} = \frac{1}{\sqrt{1 + (2\pi R C \nu)^2}} = 0,65 :$

5.84. $L = \frac{\sqrt{U_0^2 - 2I_q^2 R^2}}{\sqrt{2} I_q \omega} = 6,75 \text{ Հն:}$
5.85. $\nu = \frac{2\sqrt{3} \rho l}{\mu_0 N S \pi d} = 45 \text{ Հց, որտեղ } \rho - \text{ և }$

պղնձի տեսակարար դիմադրությունն է:

5.86. $R = \frac{2\pi \nu \mu_0 N^2 S}{l \sqrt{3}} = 0,46 \text{ Օմ:}$
5.87. $I_q = \frac{U_0 \omega C}{\sqrt{2}(1 - \omega^2 LC)} = 0,52 \text{ Ա:}$

5.88. $I_q = \frac{U_q}{\sqrt{R^2 + [2\pi \nu L - 1/(2\pi \nu C)]^2}} = 2,3 \text{ Ա:}$

5.89. ա) $U_C = \frac{U}{\omega C \sqrt{R^2 + (\omega L - 1/(\omega C))^2}} = 102 \text{ Վ; բ) } U_R = \frac{U R}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/(\omega C))^2}} = 60 \text{ Վ;}$

գ) $U_L = \frac{U \omega L}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/(\omega C))^2}} = 253 \text{ Վ, այստեղ } \omega = 100\pi:$

5.90. $C = \frac{1}{4\pi^2 \nu^2 L} = 6,3 \text{ մկՖ:}$
5.91. $\nu_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} = 160 \text{ Հց:}$
5.92. $LC = \frac{1}{\omega^2},$

որտեղ ω - ն փոփոխական լարման շրջանային հաճախությունն է:

5.93. ա) $P_w = \frac{U_q^2 R}{R^2 + [2\pi \nu L - \frac{1}{2\pi \nu C}]^2} = 15,4 \text{ Վտ ; բ) } Q = \frac{U_q^2 (2\pi \nu L - \frac{1}{2\pi \nu C})}{R^2 + [2\pi \nu L - \frac{1}{2\pi \nu C}]^2} = -98 \text{ վառ;}$

գ) $S = I_q \varepsilon_q = \sqrt{P^2 + Q^2} = 100 \text{ Վ.Ա:}$
5.94. $L = \frac{\sqrt{U_q^4 - 4P^2 R^2}}{4\pi \nu P} = 0,056 \text{ Հն:}$

5.95. $P = \frac{U_0^2 R}{2[R^2 + (\omega L)^2]} = 254 \text{ Վտ; } Q = \frac{U_0^2 \omega L}{2[R^2 + (\omega L)^2]} = 266 \text{ վառ:}$

5.96. $\cos \varphi = \frac{2P}{U_0 I_0} = 0,8; \quad \varphi = 37^\circ; \quad Q = \frac{U_0 I_0 \sin \varphi}{2} = 6 \text{ կվառ; } S = \frac{U_0 I_0}{2} = 10$

կՎ.Ա: **5.97.** $N_1 = U_1 \frac{N}{U} = 880, \quad N_2 = U_2 \frac{N}{U} = 72: \quad \textbf{5.98. } U_2 = \frac{U_1 R}{k(R+r)} = 10 \text{ Վ:}$

5.99. $U_8 = \sqrt{U_1 U_2}, \quad k = \sqrt{U_2/U_1}: \quad \textbf{5.100. } N_1 = \frac{U_1}{U} = 250; \quad N_2 = \frac{U_2}{U} = 1250:$

5.101. $N_2 = \frac{\sqrt{2} \varepsilon_q}{2\pi} = 45 :$
5.102. $L = \frac{1}{4\pi^2 \nu^2 C} = 0,63 \cdot 10^{-8} \text{ Հն:}$

5.103. $L = \frac{n^2 - 1}{4\pi^2 \nu^2 C} = 10 \text{ մկՀն:}$
5.104. $\Phi = \frac{I}{4\pi^2 \nu^2 C} = 0,135 \text{ Վբ:}$

$$5.105. I_0 = \frac{q_0}{\sqrt{LC}} = 2 \text{ Ա:}$$

$$5.106 I_0 = U_0 \sqrt{\frac{C}{L}} = 30 \text{ մԱ:}$$

$$5.107. C = \frac{\Delta C_2}{n^2 - 1} = 25 \text{ մկՖ; } L = \left[\frac{\Delta T_1}{2\pi(\sqrt{C + \Delta C_1} - \sqrt{C})} \right]^2 = 400 \text{ մկՀն:}$$

$$5.108. I = -10^{-2} \pi \sin(10^4 \pi t); \text{ ա) } T = 200 \text{ մկվ; } \text{ բ) } \nu = 5 \text{ կՀց:}$$

$$5.109. C_1 = \frac{\Delta C}{n^2 - 1};$$

$$5.110. L = \frac{T^2 U_0}{4\pi^2 q_0} = 0,1 \text{ Հն:}$$

$$5.111. C = \frac{1}{10^{16} L} = 10 \text{ պՖ; } q = 0,1 \sin(10^8 t) \text{ նԱլ:}$$

$$5.112. \text{ ա) } T = 2\pi \sqrt{L(C_1 + C_2)} = 0,7 \text{ մվ; } \text{ բ) } I_0 = U \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{L}} = 8 \text{ Ա:}$$

$$5.113. W_{\text{է}} = \frac{LI_0^2 n^2 - 1}{2} = 450 \text{ մկՋ:}$$

$$5.114. \frac{W_{\text{մ}}}{W_{\text{է}}} = tg^2(2\pi t/T):$$

$$\text{ ա) } \frac{W_{\text{մ}}}{W_{\text{է}}} = \frac{1}{3}; \text{ բ) } \frac{W_{\text{մ}}}{W_{\text{է}}} = \frac{1}{3}; \text{ գ) } \frac{W_{\text{մ}}}{W_{\text{է}}} = 1:$$

$$5.115. \text{ ա) } U = U_0 \cos(\arctg \sqrt{n}) = 10 \text{ Վ; } \text{ բ) } \frac{W_{\text{մ}}}{W_{\text{է}}} = \frac{CU_0^2}{2W_{\text{է}}} - 1 = \frac{1}{3}:$$

$$5.116. \frac{W_1}{W_2} = n^2 = 4:$$

$$5.117. Q = \frac{CU_0^2 n^2 - 1}{2} = 2,4 \text{ Ջ:}$$

$$5.118. \alpha = \frac{\ln n_1}{t_1} = 0,11 \text{ վ}^{-1}; t_2 = t_1 \frac{\ln n_2}{\ln n_1} = 16,3 \text{ վ; } n_3 = n_1^{t_3/t_1} = 1,73:$$

$$5.119. \alpha = \frac{R}{2L} = 10^3 \text{ վ}^{-1}; \nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 800 \text{ Հց; } \nu = \sqrt{\nu_0^2 - \frac{\alpha^2}{4\pi^2}} = 784 \text{ Հց;}$$

$$\tau = \frac{1}{\alpha} = 1 \text{ մվ; } \frac{q_0}{q} = e^{\alpha t} = 20; \quad 5.120. N = \frac{1}{\pi R} \sqrt{\frac{L}{C}}, \quad \tau = \frac{1}{\alpha} = \frac{2L}{R}:$$

$$5.121. \tau = \frac{1}{\alpha} = 2 \text{ մկվ; } Q = \frac{\omega_0}{2\alpha} = 100; q = 0,5 \cdot 10^{-9} e^{-0,5 \cdot 10^6 t} \cos(10^8 t):$$

$$5.122. Q = \frac{U_0^2}{2P} \sqrt{\frac{C}{L}}:$$

$$5.123. Q = \frac{\nu \pi t}{\ln n} = 2000:$$

5.124. Ցուցում. Հաղորդման հոսանքի խտությունը՝ $j = -\frac{d\sigma}{dt}$, իսկ շեղման հոսանքինը՝ $j_D = \frac{dD}{dt} = \frac{d\sigma}{dt}$, հետևաբար $j_{\text{ը}} = 0$ և հետևում է $H = 0$:

5.125. $H = 0$: Տես նախորդ խնդիրը:

5.126. Ցուցում. Հաղորդման հոսանքը հավասար է զրոյի, իսկ շեղման հոսանքի ուժը՝ $I_D = \pi r^2 \frac{dD}{dt} = \pi r^2 \frac{d\sigma}{dt}$, որտեղ $\sigma = \frac{CU}{S} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon U}{d}$, նկատի ունենալով սրանք, կստանանք $H = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon \omega r U_0}{2d} \cos \omega t$, որտեղ r - ը կոնդենսատորի առանցքից ունեցած հեռավորությունն է:

5.127. Տես 10.1 խնդրի ցուցումը: $H = \frac{I}{2\pi r} \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right)$:

5.128. $j_r = \frac{\varepsilon_0 \mu_0 I_0 n \omega^2 r}{2} \sin \omega t$, ($r < R$); $j_r = \frac{\varepsilon_0 \mu_0 I_0 n \omega^2 R^2}{2r} \sin \omega t$, ($r > R$):

5.129. $\frac{W_{\text{ս}}}{W_{\text{է}}} = \frac{\varepsilon_0 \mu_0 \omega^2 R^2}{8}$: 5.130. $E_1 = \frac{a R^2 t_1}{r} = 6,4$ մկՎ/մ,

$E_2 = \frac{a R^2 t_2}{r} = 25,6$ մկՎ/մ: 5.131. $E = \frac{a r}{2} = 40$ մկՎ/մ; $E = \frac{a R^2}{2r} = 25$ մկՎ/մ:

5.132. $E = \frac{\mu_0 \omega N I_0}{2l} r \cos \omega t$, որտեղ r -ը սղենոիդի առանցքից ունեցած հեռավորությունն է; $\varepsilon_0 = \frac{\pi \mu_0}{l} N N_1 r_1^2 I_0 \omega = 0,124$ Վ:

5.137. $\lambda = 12l = 60$ մ: 5.138. $N = \frac{c \Delta t}{\lambda} = 4000$, $l = \frac{c t}{2N} = 37,5$ կմ:

5.139. $\lambda = \frac{2\pi c}{\omega} = 3$ կմ: 5.140. $\frac{C_2}{C_1} = \frac{\lambda_2 \nu_1}{c} = 2,8$: Մեծացնել 2.8 անգամ:

5.141. $\lambda_1 \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \leq \lambda \leq \lambda_1 \sqrt{\frac{C_2}{C_1}}$, կամ $100 \text{ մ} \leq \lambda \leq 200 \text{ մ}$:

5.142. ա) $H_0 = \sqrt{\frac{\varepsilon_0 \varepsilon}{\mu_0 \mu}} E_0 = 0,046$ Ա/մ; բ) $v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon \mu}} = 1,7 \cdot 10^8$ մ/վ:

5.144. ա) $E_0 = \sqrt{\frac{\varepsilon_0 \varepsilon}{\mu_0 \mu}} H_0 = 18,8$ Վ/մ; բ) $w = \frac{\mu_0 H_0^2}{2} = 1,57$ նՋ/մ³;

զ) $I = \frac{E_0 H_0}{2} = 0,47$ Վտ/մ²: 5.145. ա) $\varepsilon = \frac{k c}{2\pi \nu} = 4,72$;

բ) $p = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon E_0^2}{2} = 0,84$ մկՊա; գ) $I = \frac{E_0^2}{2} \sqrt{\frac{\varepsilon_0 \varepsilon}{\mu_0}} = 115$ Վտ/մ²

5.146. ա) $\lambda = \frac{c T}{\sqrt{\varepsilon \mu}} = 2,4$ մ; բ) $B_0 = \frac{\sqrt{\varepsilon \mu} E_0}{c} = 1,33$ մկՏլ:

զ) $I = \frac{E_0^2}{2} \sqrt{\frac{\varepsilon \varepsilon_0}{\mu_0}} = 106$ Վտ/մ²: 5.147. $I = \frac{P c}{S t} = 6 \cdot 10^8$ Վտ/մ²; $p = \frac{2P}{S t} = 4$ Պա:

5.148. $I = \frac{4W}{\pi d^2 \tau} = 150$ Վտ/մ²; $E_0 = \sqrt{\frac{2I}{c \varepsilon_0}} = 0,3$ Վ/մ:

5.149. $\varepsilon = \frac{\mu_0^2 H_0^2 c^2}{E_0^2} = 9$; $W = \sqrt{\frac{\varepsilon_0 \varepsilon}{\mu_0 \mu}} \frac{E_0^2 S t}{2} \sin \alpha = 0,5$ մկՋ:

Օգտագործված գրականություն

1. Դ.Հ.Բաղդասարյան, Ա.Ա. Սաբիրզյանով. Էլեկտրականության և մագնիսականության դասընթացի խնդիրների և հարցերի ժողովածու. Երևան. 2007թ:
2. Դ.Հ.Բաղդասարյան, Էլեկտրականություն և մագնիսականություն, խնդիրներ և հարցեր. Երևան.2004թ:
3. Դ.Հ.Բաղդասարյան: Ֆիզիկայի ընդհանուր դասընթացի տեղեկագիրք: ԷԴԻՏ-ՊՐԻՆՏ հրատարակչություն 2019:
4. А.Н.Матвеев. Электричество и магнетизм. Высшая школа, М. 1983.
5. Д.В.Сивухин. Общий курс физики. Том 3, Электричество. Наука, Москва 1977.
6. И.Е.Иродов. Основные законы электромагнетизма. Высшая школа. Москва 1983.
7. И.В.Савельев. Курс общей физики. Том 2. Наука, Москва 1982.
8. Э.Парселл. Берклеевский курс физики. Том 2. Электричество и магнетизм. Наука, Москва 1975.
9. Р.Фейнман и др. Фейнмановские лекции по физике. Том 5, Мир, Москва 1978.
10. И.Е.Иродов. Задачи по общей физике. Лань, Санкт-Петербург 2001.
11. В.С.Волькенштейн. Сборник задач по общему курсу физики. Наука. Москва 1990
12. В.В.Батыгин, И.Н.Топтыгин. Сборник задач по электродинамике. Наука, Москва 1970.
13. Г.Б.Двайт. Таблицы интегралов и другие математические формулы. Наука. Москва 1983.
14. А.С.Жукарев, А.Н.Матвеев, В.К.Петерсон. Задачи повышенной сложности в курсе общей физики. МГУ, 1985.
15. В. М. Мыхитарян. ИЗВЕСТИЯ НАН Армении. Физика. Т. 51. № 2. Ереван. 2016г.

Հավելված

Որոշ մաթեմատիկական առնչություններ

I. Օրթոգոնալ կոորդինատներ

1. Դեկարտյան կոորդինատներ ($x_1 = x, x_2 = y, x_3 = z$)

Երկարության տարրի քառակուսին՝ $dl^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2$:

Ծավալի տարրը՝ $dV = dxdydz$:

Սկալյար $\varphi(x, y, z)$ ֆունկցիայի գրադիենտը՝

$$\text{grad}\varphi = \vec{\nabla} \cdot \varphi = \hat{i} \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \hat{j} \frac{\partial \varphi}{\partial y} + \hat{k} \frac{\partial \varphi}{\partial z},$$

որտեղ $\hat{i}, \hat{j}, \hat{k}$ -ն միավոր վեկտորներ են համապատասխանաբար X, Y, Z առանցքներով ուղղված:

$\vec{A}(x, y, z)$ վեկտորի ռոտորը՝

$$\text{rot}\vec{A} = \vec{\nabla} \times \vec{A} = \hat{i} \left(\frac{\partial A_z}{\partial y} - \frac{\partial A_y}{\partial z} \right) + \hat{j} \left(\frac{\partial A_x}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial x} \right) + \hat{k} \left(\frac{\partial A_y}{\partial x} - \frac{\partial A_x}{\partial y} \right):$$

$\vec{A}(x, y, z)$ վեկտորի դիվերգենցիան՝

$$\text{div}\vec{A} = \vec{\nabla} \cdot \vec{A} = \frac{\partial A_x}{\partial x} + \frac{\partial A_y}{\partial y} + \frac{\partial A_z}{\partial z}:$$

Նաբլա վեկտորական օպերատոր՝ $\vec{\nabla} = \hat{i} \frac{\partial}{\partial x} + \hat{j} \frac{\partial}{\partial y} + \hat{k} \frac{\partial}{\partial z}$:

Լապլասի օպերատորը՝ $\Delta = \vec{\nabla}^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$:

2. Գլանային կոորդինատներ ($x_1 = r, x_2 = \theta, x_3 = z$)

Երկարության տարրի քառակուսին՝ $dl^2 = dr^2 + r^2 d\theta^2 + dz^2$:

Ծավալի տարրը՝ $dV = r dr d\theta dz$:

Սկալյար $\varphi(r, \theta, z)$ ֆունկցիայի գրադիենտի բաղադրիչները՝

$$\text{grad}_r \varphi = \frac{\partial \varphi}{\partial r}, \quad \text{grad}_\theta \varphi = \frac{\partial \varphi}{r \partial \theta}, \quad \text{grad}_z \varphi = \frac{\partial \varphi}{\partial z}:$$

$\vec{A}(r, \theta, z)$ վեկտորի ռոտորի բաղադրիչները՝

$$\text{rot}_r \vec{A} = \frac{1}{r} \frac{\partial A_z}{\partial \theta} - \frac{\partial A_\theta}{\partial z}, \quad \text{rot}_\theta \vec{A} = \frac{\partial A_r}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial r}, \quad \text{rot}_z \vec{A} = \frac{1}{r} \frac{\partial(r A_\theta)}{\partial r} - \frac{1}{r} \frac{\partial A_r}{\partial \theta}:$$

$\vec{A}(r, \theta, z)$ վեկտորի դիվերգենցիան՝

$$\operatorname{div} \vec{A} = \vec{\nabla} \cdot \vec{A} = \frac{1}{r} \frac{\partial(rA_r)}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial A_\theta}{\partial \theta} + \frac{\partial A_z}{\partial z} :$$

Լապլասի օպերատորը՝
$$\Delta = \vec{\nabla}^2 = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} :$$

3. Գնդային կոորդինատներ ($x_1 = r, x_2 = \theta, x_3 = \vartheta$)

Երկարության տարրի քառակուսին՝ $dl^2 = dr^2 + r^2 d\theta^2 + r^2 \sin^2 \theta d\vartheta^2 :$

Ծավալի տարրը՝ $dV = r^2 dr \sin \theta d\theta d\vartheta = r^2 dr d\Omega$, որտեղ $d\Omega = \sin \theta d\theta d\vartheta$ -ն մարմնային անկյան տարրն է:

Սկալյար $\varphi(r, \theta, \vartheta)$ ֆունկցիայի գրադիենտի բաղադրիչները՝

$$\operatorname{grad}_r \varphi = \frac{\partial \varphi}{\partial r}, \quad \operatorname{grad}_\theta \varphi = \frac{\partial \varphi}{r \partial \theta}, \quad \operatorname{grad}_\vartheta \varphi = \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial \varphi}{\partial \vartheta} :$$

$\vec{A}(r, \theta, \vartheta)$ վեկտորի ոտորի բաղադրիչները՝

$$\operatorname{rot}_r \vec{A} = \frac{1}{r \sin \theta} \left(\frac{\partial}{\partial \theta} (\sin \theta A_\vartheta) - \frac{\partial A_\theta}{\partial \vartheta} \right), \quad \operatorname{rot}_\theta \vec{A} = \frac{1}{\sin \theta} \left(\frac{\partial A_r}{\partial \vartheta} - \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r A_\vartheta) \right),$$

$$\operatorname{rot}_\vartheta \vec{A} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r A_\theta) - \frac{1}{r} \frac{\partial A_r}{\partial \theta} :$$

$\vec{A}(r, \theta, \vartheta)$ վեկտորի դիվերգենցիան՝

$$\operatorname{div} \vec{A} = \vec{\nabla} \cdot \vec{A} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 A_r) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (\sin \theta A_\theta) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial A_\vartheta}{\partial \vartheta} :$$

Լապլասի օպերատորը՝

$$\Delta = \vec{\nabla}^2 = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (\sin \theta \frac{\partial}{\partial \theta}) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \frac{\partial^2}{\partial \vartheta^2} :$$

II. Վեկտորական հանրահաշվի մի քանի բանաձև

1. $\vec{A}(\vec{B} \times \vec{C}) = \vec{C} \cdot (\vec{A} \times \vec{B}) = \vec{B} \cdot (\vec{C} \times \vec{A}) :$

2. $(\vec{A} \times (\vec{B} \times \vec{C})) = \vec{B}(\vec{A} \cdot \vec{C}) - \vec{C}(\vec{A} \cdot \vec{B}) :$

3. $\operatorname{rot} \operatorname{grad} \varphi \equiv 0, \quad \operatorname{div} \operatorname{rot} \vec{A} \equiv 0, \quad \operatorname{div} \operatorname{grad} \varphi \equiv \Delta \varphi :$

4. $\operatorname{grad}(U \cdot V) = U \operatorname{grad} V + V \operatorname{grad} U :$

5. $\operatorname{div}(\varphi \cdot \vec{A}) = \varphi \operatorname{div} \vec{A} + \vec{A} \operatorname{grad} \varphi :$

6. $\operatorname{rot}(\varphi \cdot \vec{A}) = \varphi \operatorname{rot} \vec{A} - [\vec{A} \cdot \operatorname{grad} \varphi] :$

7. $\operatorname{div}(\vec{A} \times \vec{B}) = \vec{B} \cdot \operatorname{rot} \vec{A} - \vec{A} \cdot \operatorname{rot} \vec{B} :$

8. $\operatorname{rot} \operatorname{rot} \vec{A} = \operatorname{grad} \operatorname{div} \vec{A} - \vec{\nabla}^2 \vec{A} :$

$\vec{r}$ շառավիղ-վեկտորի համար $\operatorname{div} \vec{r} = 3; \operatorname{rot} \vec{r} = 0; \operatorname{div} \frac{\vec{r}}{r^3} = 0;$

$\text{grad} \frac{1}{r} = -\frac{\vec{r}}{r^3}$; $\text{grad} \frac{\vec{p} \cdot \vec{r}}{r^3} = \frac{r^2 \vec{p} - 3(\vec{p} \cdot \vec{r})\vec{r}}{r^5}$; $\text{rot} \frac{\vec{p} \times \vec{r}}{r^3} = \frac{3(\vec{p} \cdot \vec{r})\vec{r} - r^2 \vec{p}}{r^5}$, որտեղ $\vec{p}$ -ն հաստատուն վեկտոր է:

Գաուս-Օստրոգրադսկու թեորեմը՝ $\int_V \text{div} \vec{A} dV = \oint_S A_n dS = \oint_S \vec{A} \cdot d\vec{S}$,

որտեղ $\vec{n}$ -ը V ծավալը պարփակող S մակերևույթի արտաքին նորմալն է, իսկ dS -ը V -ի եզրն է:

Ստոքսի թեորեմը՝ $\oint_l \vec{A} \cdot d\vec{l} = \int_S \text{rot}_n \vec{A} dS = \int_S \text{rot} \vec{A} \cdot d\vec{S}$, որտեղ l -ը S -ի եզրն է, իսկ $\vec{n}$ -ը այդ մակերևույթի այն արտաքին նորմալն է, որը կոնտուրի շրջանցման հետ կապված է աջ պտուտակի կանոնով:

III. Մի քանի ֆունկցիայի ինտեգրալները

1. Մասերով ինտեգրելու բանաձևը՝ $\int U dV = UV - \int V dU$:

2. $\int \frac{dx}{a^2+x^2} = \frac{1}{a} \arctg \frac{x}{a} + C$; $\int \frac{dx}{a^2-x^2} = \frac{1}{2a} \ln \left| \frac{a+x}{a-x} \right| + C$:

3. $\int \frac{dx}{\sqrt{a^2+x^2}} = \ln|x + \sqrt{a^2+x^2}|$, $\int \frac{dx}{\sqrt{x^2-a^2}} = \ln|x + \sqrt{x^2-a^2}|$, $x^2 > a^2$:

4. $\int \frac{dx}{\sqrt{a^2-x^2}} = \arcsin \frac{x}{a}$, $x^2 < a^2$: $\int \frac{dx}{(a^2-x^2)^{3/2}} = \frac{1}{a^2} \frac{x}{(a^2-x^2)^{1/2}}$, $x^2 < a^2$:

$\int \frac{dx}{(x^2-a^2)^{3/2}} = -\frac{1}{a^2} \frac{x}{(x^2-a^2)^{1/2}}$, $x^2 > a^2$:

5. $\sin x$ և $\cos x$ պարունակող ինտեգրալներ՝

$\int \sin x dx = -\cos x$; $\int \sin^2 x dx = \frac{x}{2} - \frac{\sin 2x}{4}$; $\int \sin^3 x dx = \frac{\cos^3 x}{3} - \cos x$;

$\int \frac{dx}{\sin x} = \ln \left| \tg \frac{x}{2} \right|$; $\int \frac{dx}{\sin^2 x} = -\ctg x$; $\int \cos x dx = \sin x$:

$\int \cos^2 x dx = \frac{x}{2} + \frac{\sin 2x}{4}$; $\int \cos^3 x dx = -\frac{\sin^3 x}{3} + \sin x$;

$\int \frac{dx}{\cos x} = \ln \left| \tg \left(\frac{\pi}{4} + \frac{x}{2} \right) \right|$; $\int \frac{dx}{\cos^2 x} = \tg x$:

6. Մի քանի մոտավոր բանաձև ($x \ll 1$)

$(1 \pm x)^n \approx 1 \pm nx + \dots$; $e^{\pm x} \approx 1 \pm x + \dots$; $\ln(1 \pm x) \approx \pm x + \dots$;

$\cos x \approx 1 - \frac{x^2}{2} + \dots$; $\sin x \approx x - \frac{x^3}{6} + \dots$:

Նյութերի ֆիզիկական հատկություններ

1. Մի քանի պինդ նյութի խտությունը (գ/սմ³)

Ալմաստ	3,5	Կադմիում	8,65	Պլատին	21,5
Այլումին	2,7	Կապար	11,3	Պղինձ	8,9
Անագ	7,4	Կոբալտ	8,9	Սառույց	0,9
Արծաթ	10,5	Մոլիբդեն	10,2	Վոլֆրամ	19,1
Երկաթ	7,8	Նիկել	8,9	Տիտան	4,5
Ցինկ	7,0	Ոսկի	19,3	Ուրան	19,0

2. Մի քանի հեղուկի խտությունը (10³ կգ/մ³)

Բեզին	0,7	Սնդիկ	13,6	Բենզոլ	0,9
Կերասին	0,8	Սպիրտ	0,79	Գլիցերին	1,2

3. Մի քանի գազի խտությունը ($P=1$ մթն, $T=273$ Կ, կգ/մ³)

Ազոտ	1,25	Թթվածին	1,43	Հելիում	0,18
Ամոնիակ	0,77	Մեթան	0,72	Նեոն	0,9
Զրածին	0,09	Ածխաթթու գազ	1,98	Կրիպտոն	3,74
Օդ	1,29	Քլոր	3,21	Քսենոն	5,85

4. Մի քանի հեղուկի եվ պինդ մարմնի ջերմային հատկությունը

Նյութը	Տեսակարար ջերմունակություն Ջ/կգ·Կ	Շոգեգոյացման տեսակարար ջերմություն Ջ/կգ	Հալման տեսակարար ջերմություն Ջ/կգ	Հալման ջերմաստիճան t , Կ
Այլումին	880	--	$3,8 \cdot 10^5$	932
Արծաթ	250	--	$8,8 \cdot 10^4$	1233
Երկաթ	460	--	$2,7 \cdot 10^5$	1803
Կապար	130	--	$2,5 \cdot 10^4$	600
Պղինձ	380	--	$1,8 \cdot 10^5$	1356
Ոսկի	125	--	$6,6 \cdot 10^4$	1337
Սառույց	2090	--	$3,3 \cdot 10^5$	273

Մնդիկ	125	$2,85 \cdot 10^5$	$1,25 \cdot 10^4$	234
Սպիրտ	2430	$8,57 \cdot 10^5$	--	--
Ջուր	4180	$2,26 \cdot 10^5$	--	--

**5. Մի քանի նյութի հարաբերական դիէլեկտրական
թափանցելիությունը**

Ապակի	5÷10	Պլեկսոգլաս	3,5	Գլիցերին	39
Էթոնիտ	2,7	Պոլիէթիլեն	2,3	Օրգապակի	6÷9
Կերոսին	2	Ջուր	81	Ռետին	2÷3
Ճենապակի	4÷7	Սպիրտ	26	Բենզին	2,3
Պարաֆին	2,2	Փայլար	7,5	Տրանսֆորմատորային յուղ	2,2÷2,5
Օդ (1 մթն)	1,0006	Օդ (100 մթն)	1,055	Ջրածին	1,0003

**6. Հաղորդիչների տեսակարար դիմադրությունը (0°C-ում)
և դիմադրության ջերմաստիճանային գործակիցը**

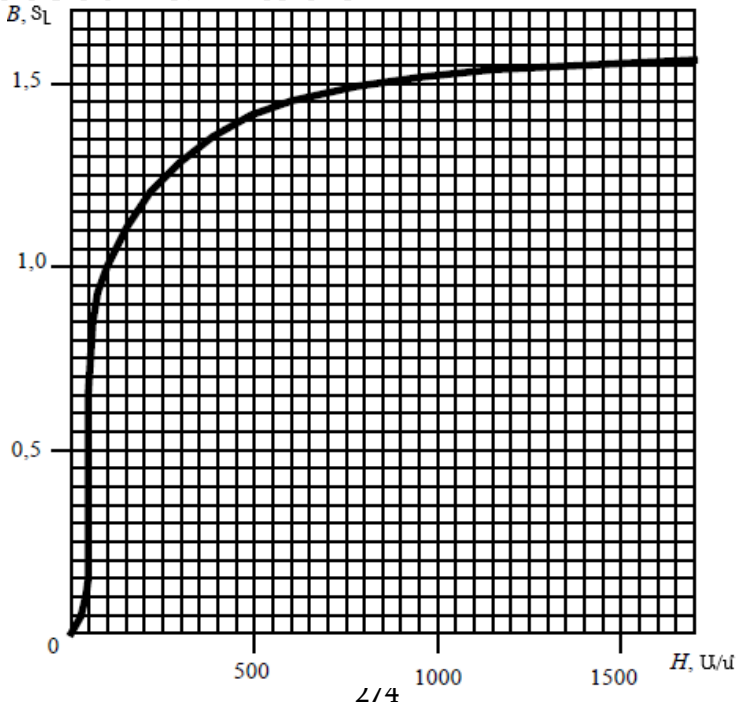
ՆՅՈՒԹԸ	$\rho, \times 10^{-8}$ Օմ·մ	$\alpha, \times 10^{-3}$ Կ ⁻¹	Նյութը	$\rho, \times 10^{-8}$ Օմ·մ	$\alpha, \times 10^{-3}$ Կ ⁻¹
Ալյումին	2,7	4,3	Նիկելին	42,0	0,23
Անա•	11,3	--	Նիքրոմ	110,0	0,25
Արծաթ	1,58	4,0	Ոսկի	2,2	3,9
Արույր	6,3	1,0	Պլատին	10,7	3,9
Գրաֆիտ	390	(-0,8)	Պղինձ	1,7	3,8
Կապար	20,7	3,7	Պողպատ	12,0	6,0
Կոնստանտան	47	0,03	Մնդիկ	96,0	0,92
Երկաթ	9,8	0,0062	Վոլֆրամ	5,5	4,1

Նիկել	7,3	--	Ցինկ	5,95	3,5
-------	-----	----	------	------	-----

7. Մի քանի նյութի էլեկտրաքիմիական համարժեքը ($K, \times 10^{-6}$ կգ/Կլ)

Ալյումին	0,0932	Պղինձ	0,3294
Արծաթ	1,1179	Պլատին	0,5058
Թթվածին	0,0829	Ջրածին	0,01045
Նիկել (եռավալենտ)	0,2027	Ցինկ	0,34
Նիկել (երկվալենտ)	0,304	Քլոր	0,367
Ոսկի	0,6812	Քրոմ	0,18

Ներքևի նկարում բերված է տեխնիկական մաքուր երկաթի համար մագնիսական դաշտի B ինդուկցիայի և H լարվածության կախվածության հիմնական կորի մոտավոր տեսքը, որը հնարավորություն է տալիս որոշելու երկաթի մագնիսական թափանցելությունը, դաշտի տարբեր լարվածությունների դեպքում:



8. Մի քանի նյութի մագնիսական ընկալունակությունը ($\chi_m, \times 10^{-6}$)

Ազոտ	0,013	Վոլֆրամ	176	Քվարց	-15,1
Ալյումին	23	Օդ	0,38	Պղինձ	-10,3
Էրոնիտ	14	Ապակի	-12,6	Ջրածին	-0,063
Թթվածին	1,9	Բենզոլ	-7,5	Ջուր	-9
Պլատին	360	Բիսմութ	-176	Քարաղ	-12,6

Հարաբերական մագնիսական թափանցելիությունը՝ $\mu = 1 + \chi_m$:

9. Էլեկտրոնի էլքի աշխատանքը ($A, \times 1\text{ էՎ} = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{ Ջ}$)

Ալյումին	3,74	Կալիում	2,15	Պլատին	5,29
Արծաթ	4,28	Կոբալտ	4,25	Պղինձ	4,47
Բարիում	2,29	Մոլիբդեն	4,27	Վոլֆրամ	4,5
Բիսմութ	4,62	Նատրիում	2,27	Տիտան	3,92
Երկաթ	4,36	Նիկել	4,84	Ցեզիում	1,89
Լիթիում	2,39	Ոսկի	4,58	Ցինկ	3,74

10. Մի քանի ատոմի իոնացնելու էներգիան ($\times 1\text{ էՎ} = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{ Ջ}$)

Ջրածին	13,59	Բոր	8,3	Ֆտոր	17,42
Հելիում	24,58	Ածխածին	11,27	Նեոն	21,56
Լիթիում	5,39	Ազոտ	14,54	Նատրիում	5,14
Բերիլիում	9,32	Թթվածին	13,62	Սնդիկ	10,44

Տասնորդական բազմապատիկ նախածանցները

Էքսա	Է	10^{18}	կիլո	կ	10^3	Միլի	մ	10^{-3}
Պետա	Պ	10^{15}	Հեկտո	հ	10^2	Միկրո	մկ	10^{-6}
Տերա	Տ	10^{12}	Դեկա	դա	10^1	Նանո	ն	10^{-9}
Գիգա	Գ	10^9	Դեցի	դ	10^{-1}	Պիկո	պ	10^{-12}
Մեգա	Մ	10^6	Սանտի	ս	10^{-2}	Ֆեմտո	ֆ	10^{-15}

Զափման միավորները ՄՀ եվ գաուսյան համակարգերում

Մեծություն	Միավորը		Հարաբերությունը ՄՀ / Գաուսյան
	ՄՀ	Գաուսյան	
Երկարություն	մ	սմ	10^2
Ժամանակ	վ	վ	1
Արագություն	մ/վ	սմ/վ	10^2
Արագացում	մ/վ ²	սմ/վ ²	10^2
Տատանումների հաճախություն	Հց	Հց	1
Անկյունային արագություն	ռադ/վ	ռադ/վ	1
Անկյունային արագացում	ռադ/վ ²	ռադ/վ ²	1
Զանգված	կգ	գ	10^3
Խտություն	կգ/մ ³	գ/սմ ³	10^{-3}
Ուժ	Ն	դին	10^5
Աշխատանք	Ջ	էրգ	10^7
Հզորություն	Վտ	էրգ/վ	10^7
Ջերմունակություն	Ջ/Կ	էրգ/Կ	10^7
Ջերմաստիճան	Կ	Կ	1
Լիցքի քանակություն	Կլ	CGSE միավոր	$3 \cdot 10^9$
Պոտենցյալ	Վ	CGSE միավոր	$\frac{1}{300}$
Էլեկտրական դաշտի լարվածություն	Վ/մ	CGSE միավոր	$\frac{1}{3 \cdot 10^4}$
Էլեկտրական դաշտի ինդուկցիա	Կլ/մ ²	CGSE միավոր	$12\pi \cdot 10^5$

Դիպոլի էլեկտրական մոմենտ	Կլմ	CGSE միավոր	$3 \cdot 10^{11}$
Բևեռացման վեկտորի մոդուլը	Կլ/մ ²	CGSE միավոր	$3 \cdot 10^5$
Ունակություն	Ֆ	սմ	$3 \cdot 10^{11}$
Հոսանքի ուժ	Ա	CGSM	10^{-1}
Դիմադրություն	Օմ	CGSE	$\frac{1}{9 \cdot 10^{11}}$
Տեսակարար դիմադրություն	Օմմ	CGSE	$\frac{1}{9 \cdot 10^9}$
Հաղորդականություն	Սմ	CGSE	$9 \cdot 10^{11}$
Մագնիսական ինդուկցիա	Տլ	Գս (Գաուս)	10^4
Մագնիսական հոսք	Վբ	Մաքս	10^8
Մագնիսական դաշտի լարվածություն	Ա/մ	Է (էրստեդ)	$4\pi \cdot 10^{-3}$
Մագնիսական մոմենտ	Ամ ²	CGSM միավոր	10^3
Մագնիսացման վեկտորի մոդուլը	Ա/մ	CGSM միավոր	10^{-3}
Ինդուկտիվություն	Հն	սմ	10^9

Էլեկտրադինամիկայի հիմնական բանաձևերը գաուսյան համակարգում

- Կուլոնի օրենքը՝ $\vec{F} = \frac{q_1 q_2}{r^3} \vec{r}$:
- Կետային լիցքի դաշտի լարվածությունը՝ $\vec{E} = \frac{q}{r^3} \vec{r}$:
- Կետային լիցքի դաշտի պոտենցյալը՝ $\varphi = \frac{q}{r}$:
- Կապը $\vec{P}$ -ի և E -ի միջև՝ $\vec{P} = \chi \vec{E}$:

5. $\vec{D}$ վեկտորի սահմանումը՝ $\vec{D} = \vec{E} + 4\pi\vec{P}$:
6. Կապը ε -ի և χ -ի միջև՝ $\varepsilon = 1 + 4\pi\chi$:
7. Կապը $\vec{D}$ -ի և $\vec{E}$ -ի միջև՝ $\vec{D} = \varepsilon\vec{E}$:
8. Գաուսի թեորեմը $\vec{D}$ վեկտորի համար՝ $\oint_S \vec{D}d\vec{S}=4\pi q$:
9. Էլեկտրական դաշտի էներգիայի խտությունը՝ $w = \frac{\vec{E}\cdot\vec{D}}{2}$:
10. Հոսանքակիր կոնտուրի մագնիսական մոմենտը՝ $p_m = \frac{1}{c}IS$:
11. Բիո-Սավար-Լապլասի օրենքը՝ $d\vec{B} = \frac{1}{c} \cdot \frac{Id\vec{l}\times\vec{r}}{r^3}$:
12. $\vec{H}$ վեկտորի սահմանումը՝ $\vec{H} = \vec{B} - 4\pi\vec{I}_m$:
13. $\vec{H}$ վեկտորի շրջապտույտը (հոսանքը հաստատուն է) $\oint_l \vec{H}d\vec{l} = \frac{4\pi}{c}I$:
14. Կապը $\vec{I}_m$ -ի և $\vec{H}$ -ի միջև՝ $\vec{I}_m = \chi_m\vec{H}$:
15. Կապը μ -ի և χ_m -ի միջև՝ $\mu = 1 + \chi_m$:
16. Կապը $\vec{B}$ -ի և $\vec{H}$ -ի միջև՝ $\vec{B} = \mu\vec{H}$:
17. Լորենցի ուժը՝ $\vec{F} = \frac{q}{c}\vec{v} \times \vec{B}$:
18. Ամպերի ուժը՝ $d\vec{F} = \frac{I}{c}d\vec{l} \times \vec{B}$:
19. Մակաձման ԷլՇՈւ-ն՝ $\varepsilon = -\frac{1}{c}\frac{d\Phi}{dt}$:
20. Ինդուկտիվությունը՝ $L = c\frac{\Phi}{I}$:
21. Հոսանքի մագնիսական դաշտի էներգիան՝ $W = \frac{1}{2c^2}LI^2$:
22. Մագնիսական դաշտի էներգիայի խտությունը՝ $w = \frac{\vec{B}\cdot\vec{H}}{8\pi}$:
23. Մաքսվելի հավասարումներն ինտեգրալ տեսքով՝

$$I \text{ զույգը՝ } \oint_l \vec{E}d\vec{l} = -\frac{1}{c}\int_S \frac{\partial\vec{B}}{\partial t}d\vec{S}; \quad \oint_S \vec{B}d\vec{S} = 0;$$

$$II \text{ զույգը՝ } \oint_l \vec{H}d\vec{l} = \frac{4\pi}{c}\int_S \left(\vec{j} + \frac{1}{4\pi}\frac{\partial\vec{D}}{\partial t}\right)d\vec{S}; \quad \oint_S \vec{D}d\vec{S}=4\pi\int_V \rho dV:$$
24. Կապը E-ի և H-ի միջև (էլեկտրամագնիսական ալիքում)՝

$$\sqrt{\varepsilon}E = \sqrt{\mu}H:$$
25. Պոյնտինգի վեկտորը՝ $\vec{\Pi} = \frac{c}{4\pi}\vec{E} \times \vec{H}$:

Որոշ ֆիզիկական հիմնարար հաստատուններ

Լույսի արագությունը վակուումում	$c = 3 \cdot 10^8$ մ/վ:
Գրավիտացիոն հաստատունը	$G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ ն·մ ² /կգ ² :
Ավոգադրոյի թիվը	$N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$ մոլ ⁻¹ :
Բոլցմանի հաստատունը	$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Ջ/Կ:
Տարրական լիցքը	$e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Կլ:
Պլանկի հաստատունը	$\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,054 \cdot 10^{-34}$ Ջ·վ:
Նուրբ կառուցվածքի հաստատուն	$\alpha_e = \frac{e^2}{\hbar c} = \frac{1}{137}$:
Էլեկտրոնի զանգվածը	$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ կգ:
Պրոտոնի զանգվածը	$m_p = 1,6726 \cdot 10^{-27}$ կգ:
Նեյտրոնի զանգվածը	$m_n = 1,6749 \cdot 10^{-27}$ կգ:
$m_n - m_p$	$1,29$ ՄէՎ/Կ ² :
Էլեկտրոնի դասական շառավիղը	$r_0 = \frac{e^2}{m_e c^2} = 2,82 \cdot 10^{-13}$ սմ:
Բորի մագնետոնը	$\mu_B = \frac{e\hbar}{2m_e c} = 9,27 \cdot 10^{-24}$ Ջ/Տլ, $= 5,79 \cdot 10^{-15}$ ՄէՎ/Գս:
Միջուկային մագնետոնը	$\mu_N = \frac{e\hbar}{2m_p c} = 5,05 \cdot 10^{-27}$ Ջ/Տլ, $= 3,15 \cdot 10^{-18}$ ՄէՎ/Գս:
Պլանկի զանգված	$m_{\eta_l} = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}} = 2,18 \cdot 10^{-8}$ կգ:
Հեռավորության քվանտը՝ պլանկյան երկարություն	$r_{\eta_l} = \sqrt{\frac{G\hbar}{c^3}} = 1,6 \cdot 10^{-33}$ սմ:
Ժամանակի քվանտը՝ պլանկյան ժամանակ	$t_{\eta_l} = \sqrt{\frac{G\hbar}{c^5}} = 5,4 \cdot 10^{-44}$ վ:
Արեգակի զանգվածը	$2 \cdot 10^{30}$ կգ:
Տիեզերքի տարիքը	$14 \cdot 10^9$ տարի:
1 տարի	$\approx \pi \cdot 10^7$ վ:

Բաղդասարյան Դավիթ Հակոբի
(ԵՊՀ ֆիզիկայի ինստիտուտի դոցենտ)

ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԴԱՍԸՆԹԱՑ
(Խնդիրներ, հարցեր և պնդումներ)

Մաս III

ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ՄԱԳՆԻՍԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ
(Ուսումնական ձեռնարկ)

Baghdasaryan Davit
(Associate Professor at the YSU Institute of Physics)

GENERAL COURSE OF PHYSICS
(Problems, Questions, and Statements)

Part III
ELECTRICITY AND MAGNETISM
(Textbook)



Դ. Հ. ԲԱՂԴԱՍԱՐՅԱՆ

ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ԴԱՍԸՆԹԱՑ
Խնդիրներ, հարցեր և պնդումներ