

байналхалкй (СБ) $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$ аст. Одатан коэффитсиенти

k-ро дар шакли $k = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0}$ менависанд, ки ин чо

$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}^2 / \text{Н} \cdot \text{м}^2$ аст. Бузургии ϵ -ро доимии электрикй меноманд. Пас, Қонуни Кулон дар системаи воҳидҳои байналхалкй (СБ) ба таври зерин навишта мешавад:

$$F = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2} \quad (3.1.4)$$

? Саволҳои санҷишӣ

1. Агар масофаи байни ҷисмҳои заряднок ду маротиба зиёд шавад, пас қувваи таъсири байни онҳо чӣ гуна тағйир меёбад? Агар ду маротиба кам шавад чӣ?

2. Агар заряди яке аз ҷисмҳоро се маротиба зиёд кунем, қувваи таъсири мутақобили онҳо чӣ гуна тағйир меёбад? Агар се маротиба кам кунем чӣ?

3. Қонуни Кулонро дар таҷриба чӣ тавр санҷидан мумкин аст?

4. Агар фазои байни ҷисмҳои заряднок бо ягон муҳити якҷинсаи дигар пур карда шавад, қувваи таъсири мутақобили онҳо чӣ тавр тағйир меёбад? Дар ин маврид Қонуни Кулон чӣ тавр навишта мешавад?

5. Қонуни Кулонро бо қонуни ҷозибаи умумичаҳонӣ муқоиса намоед. Ин қонунҳо чӣ шабоҳат ва тафовуте доранд?

§ 58. Майдони электрикй. Шаҳидияти майдони электрикй

Табиист, ки ҳангоми тадқиқи таъсири мутақобили зарядҳо оид ба моҳияти тавлид ва таъсири қувваҳо саволҳо ба миён меоянд.

Мувофиқи тасаввуроти муосир таъсири мутақобили ҷисмҳои заряднок ба тавассути майдони электрикй ба амал меояд. Баъзе таҷрибаҳоеро ба хотир меорем, ки ба дарки дурусти табиати таъсири мутақобили ҷисмҳои заряднок асос мешаванд. Агар ба абрақи сабуки овезон ё электроскоп қаламчаи заряднокро наздик намоем, мебинем, ки абрақ ба он кашида мешавад, ё ақрабаки электроскоп аз мавқеи ибтидоиаш ба ягон тараф майл мекунад.

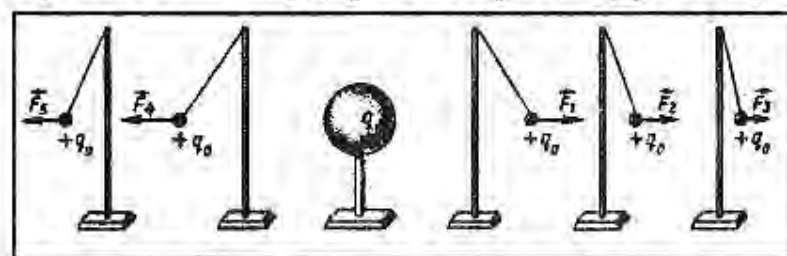
Найчаеро, ки гази тунук дорад ба болон миз мегузарем ва аз болон он лавҳаи шишагини аз моддаи органикй сохташударо мегузаронем. Найча равшанӣ намедиҳад. Акнун лавҳаи шишагинро ба пашм молиш дода, бори дигар онро аз болон найча мегузаронем. Равшании найча дар бинои торик бараъло дида мешавад.

Ин таҷрибаҳо гувоҳӣ медиҳанд, ки ҳисми заряднок дар фазои атрофи худ майдони электрикӣ ба вуҷуд меорад. Хосияти муҳими майдон, ки аз мавҷудияти ҳуди майдон дарак медиҳад, қобилияти ба зарядҳои электрикӣ бо ягон қувва таъсир кардани он ҳисоб мешавад. Агар ба майдони электрикӣ ягон заряди дигарро ҷой диҳем, пас майдон ба ин заряд бо ягон қувва таъсир мекунад. Дар айни замон майдони заряди дуюм айнан бо чунин қувваи самташ муқобил ба заряди якум таъсир мекунад. Ба тарзи дигар гӯем, ба ҳар гуна заряд майдони электрикӣ заряди дигар таъсир мекунад. Вале майдоне, ки онро заряд дар ягон нуқта ба вуҷуд меорад, аз мавҷудияти заряди дигар дар ҳамон нуқта вобастагӣ надорад.

Дар ин боб майдони зарядҳои беҳаракат, ё тавре ки мегӯянд, майдони электростатикӣ муоина мекунем.

Майдони электрикӣ, чун дигар майдонҳои физикӣ, яке аз шаклҳои материя ҳисоб меёбад ва вай дорои энергия аст, ки ин аз воқеияти он дарак медиҳад. Бо ягон қувва таъсир кардан ба ҳисми заряднок ва кор иҷро кардан барои кӯчиши он маҳз аз ҳисоби энергия ба амал меояд.

Майдони электрикӣ одатан бо ёрии заряди нуқтагии озмоишӣ тадқиқ мекунанд. Ба сифати заряди озмоишӣ саққои сабуки ба ресмони мӯина овехташударо истифода бурдан мумкин аст.



Расми 125

Ба майдони электрикӣ заряди q заряди озмоишӣ q_0 -ро дохил мекунем (расми 125). Ба заряди озмоишӣ q_0 қувваи F таъсир мекунад, ки он мувофиқи Қонуни Кулон

ба заряди озмоишӣ q_0 мутаносиб аст. Вале мо агар нисбати ин қувваро

ба заряди озмоишӣ $\frac{F}{q_0}$ гирем, пас бузургии мазкур аз интихоби заряди

озмоишӣ вобастагӣ надорад ва вай танҳо майдони электрикӣ дар нуқтае, ки ҳуди он ҷой гирифтааст, тавсиф медиҳаду ҳалос. Ин бузургӣ шадидияти майдони электрикӣ ном гирифтааст. Шадидият одатан бо ҳарфи E ишорат карда мешавад. Мувофиқи таъриф

$$E = \frac{F}{q_0} \quad (3.1.5)$$

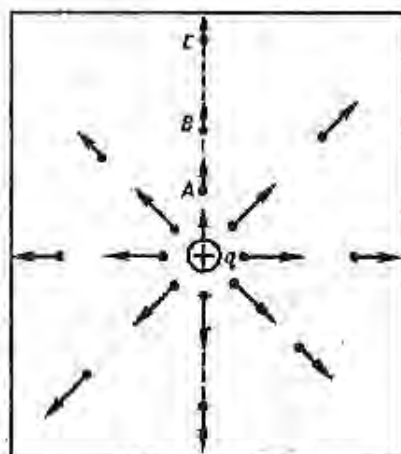
мешавад.

Ба ҳамон як нуқтаи майдони электрикӣ заряди q_0 зарядҳои $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$ -ро бо навбат ҷой диҳем, қувваҳои таъсири мутақобили зарядҳо $F_1, F_2, F_3, \dots, F_n$ ҳосил мешаванд. Вале фаҳмидан душвор нест, ки

нисбати ин қувваҳо бар зарядҳои мувофиқ бузургии якхела, яъне

$$\frac{F_1}{q_1} = \frac{F_2}{q_2} = \frac{F_3}{q_3} = \dots = \frac{F_n}{q_n}$$

мешавад. Пас ҳамин нисбатро $E = \frac{F}{q}$ барои мавриди дилхоҳ ҳамчун бузургии тавсифкунандаи майдони электрикии зарядҳо қабул карда, онро шадидияти майдони электрикии заряд меноманд. Азбаски шадидият $|E|$ оид ба бузургии қувваи таъсири мутақобили зарядҳо маълумот медиҳад, бинобар ҳамин онро тавсифи қуввагии майдон низ меноманд. Барои он ки қувваи F бузургии векторӣ ва заряд q бузургии скалярӣ мебошанд, пас шадидияти майдон низ бузургии векторӣ аст. Бояд ба назар гирифт, ки самти вектори шадидияти майдон \vec{E} на аз аломати заряди озмоишӣ q_0 , балки аз аломати заряде вобаста аст, ки он майдонро ба вучуд меорад. Инро аз расми 126 бо осонӣ фаҳмидан мумкин аст.



Расми 126

Ҳамин тавр, бузургии векториро шадидияти майдони электрикӣ меноманд, ки ададан ба нисбати қувваи таъсири майдон бар бузургии ин заряд баробар аст:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad (3.1.6)$$

Қувва дар системаи байналхалқӣ (СБ) бо ниутонҳо ва заряд бо кулонҳо чен карда мешаванд. Бинобар ин мувофиқи формулаи (3.1.6) воҳиди шадидияти майдони электрикӣ Н/Кл мешавад, вале азбаски ниутон воҳиди механикӣ аст, бинобар ин ба сифати чунин воҳид

$$\left(\frac{Н}{Кл} = \frac{Н \cdot м}{Кл \cdot м} = \frac{Ч}{Кл \cdot м} = \frac{В \cdot А \cdot с}{Кл \cdot м} = \frac{В \cdot Кл}{Кл \cdot м} = \frac{В}{м} \right)$$

1В/м-ро истифода мебаранд.

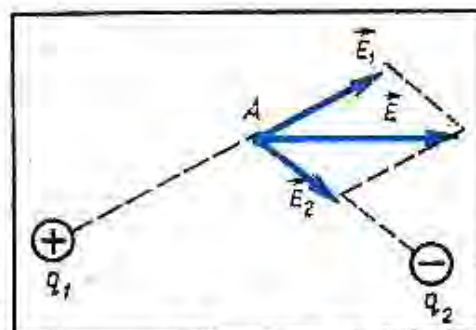
Аз формулаи (3.1.6) дида мешавад, ки ба заряди q аз тарафи майдони электрикӣ қувваи $\vec{F} = \vec{E}q$ таъсир мекунад.

Аз рӯи тақсимоти додашудаи зарядҳо ёфтани шадидияти майдон, аз рӯи майдони додашуда ёфтани тақсимоти зарядҳо ва ёфтани қувваҳои дар майдон таъсиркунанда масъалаҳои асосии электростатиканд. Шадидияти майдони электрикии заряди нуқтагӣ дар масофаи r ба

$$E = \frac{F}{q_0} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} \quad (3.1.7)$$

баробар аст, яъне шадидияти майдони электрикии заряди нуқтагӣ бо квадрати масофа мутаносибан кам мешавад.

Акнун шадидияти майдони электрикии ду заряди нуқтагиро муайян мекунем. Бигузор дар ягон нуқтаи фазо A шадидияти заряди q_1 ба E_1 ва заряди q_2 ба E_2 баробар бошад (расми 127). Агар ба нуқтаи A заряди озмоишии q_0 -ро ҷойгир намоем, пас майдони ҳар ду зарядҳо ба он бо қувваҳои



Расми 127

$$\vec{F}_1 = q_0 \vec{E}_1 \quad \text{ва} \quad \vec{F}_2 = q_0 \vec{E}_2 \quad \text{таъсир}$$

мекунанд, ки баробартаъсиркунандаи онҳо ба суммаи геометрияшон:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = q_0 \vec{E}_1 + q_0 \vec{E}_2 = q_0 (\vec{E}_1 + \vec{E}_2)$$

баробар аст. Шадидияти умумии майдон

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

мешавад.

Ҳамин тарик, шадидияти умумии майдони электрикии зарядҳо ба суммаи вектории шадидияти майдонҳои алоҳида баробар аст.

Чунин қоидаи ҷамъи вектории шадидияти майдонҳои электрикӣ барои

миқдори ихтиёрии зарядҳо дуруст аст. Агар $\vec{E}_1, \vec{E}_2, \vec{E}_3, \dots, \vec{E}_n$ -

шадидияти майдонҳои зарядҳои алоҳида дар ягон нуқта бошанд, пас шадидияти умумии майдон E дар ин нуқта ба

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots + \vec{E}_n = \sum_k \vec{E}_k \quad (3.1.8)$$

баробар мешавад.

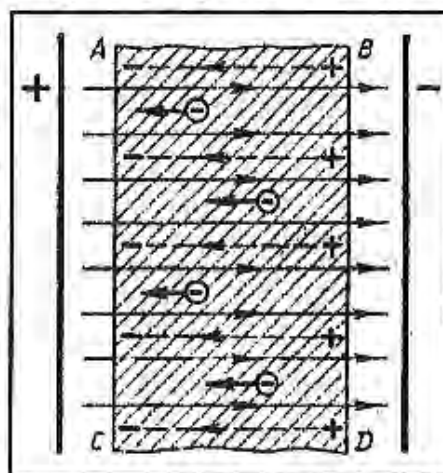
Ҳамин тавр, майдони умумиро бо роҳи ҷамъкунии вектории (суперпозитсия) майдонҳои электрикии зарядҳои алоҳида ёфтани мумкин аст. Ин ҳуҷҷаҳо аксар вақт принсипи суперпозитсияи майдонҳо меноманд. Вай факти дар таҷриба санҷидашударо ифода мекунад, ки мувофиқи он майдонҳои электрикӣ ба заряди озмоишии сеюм новобаста аз якдигар таъсир мекунанд.

❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Майдони электрикиро дар нуктаи муайяни фазо чӣ тавр ошкор кардан мумкин аст?
2. Шадиияти майдони заряди нуктагиро аз r -и кадом формула ҳисоб мекунанд?
3. Шадиияти майдони ду заряди нуктагиро чӣ тавр муайян мекунанд?
4. Принципи суперпозитсияи майдонро шарҳ диҳед.
5. Таъсири майдони электростатикӣ ва шадиияти майдони нуктае, ки заряд дар он ҷойгир аст, чӣ гуна вобастагӣ доранд?

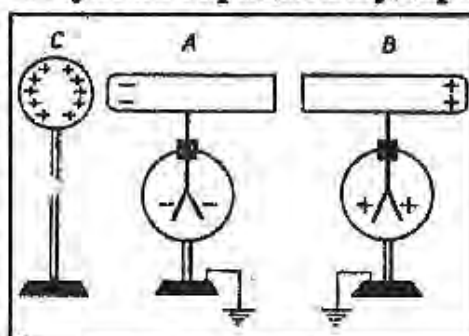
§ 59. Ноқилҳо дар майдони электрикӣ

Дар ноқилҳои безаряд ҳамеша заряди пурраи ионҳои мусбат ба заряди пурраи электронҳои озод баробар аст. Агар ноқилро ба майдони электрикӣ дохил намоем (расми 128), таҳти таъсири қувваҳои майдон электронҳои озод дар ноқил ба самти муқобили ҳаҷми шадиияти майдон ба ҳаракат меоянд. Дар натиҷа дар як қисми ноқил (тарафи чап) ҷамъшавии шумораи барзиёди зарядҳои манфӣ, дар қисми дигари он ҷамъшавии шумораи барзиёди зарядҳои мусбат ба амал меояд. Моҳияти ҳодисаи заряднокшавӣ бо таъсир маҳз аз ҳамин иборат аст. Барои ба ин бовар кардан ба таҷриба муроҷиат мекунем.



Расми 128

Ба милаҳои ду электрометрҳои якхела ба ҷои саққоҳо ду устувои якхелаи филизӣ А ва В-ро мешиномем ва асосҳои онҳоро бо якдигар мерасонем (расми 129). Ба устувои А саққои мусбат заряднокшударо наздик мекунем. Ақрабаҳои ҳар ду электрометр таҳти кунҷҳои якхела майл мекунанд, зеро ба тӯфайли таъсири қувваҳои майдони электростатикӣ дар устувои В пайдошавии заряди мусбат мушоҳида мешавад. Агар саққои заряднокро дур созем, ақрабаҳои ҳар ду электрометр ба мавқеи пештарашон майл мекунанд, чунки ҳангоми набудани майдони электростатикӣ электронҳо ба тамоми ҳаҷми устувоҳои А ва В мунтазам тақсим мешаванд. Ҳангоми дар майдони саққои заряднок ҷудо кардани устувоҳои А ва В дар онҳо зарядҳои баробар ва аломаташон муқобил боқӣ мемонад ва ин зарядҳо дар ҳолати дур кардани саққои заряднок ҳам боқӣ мемонанд. Агар дар майдони саққои заряднок ба яке аз устувоҳо, масалан, ба В ангуштамонро расонем ё



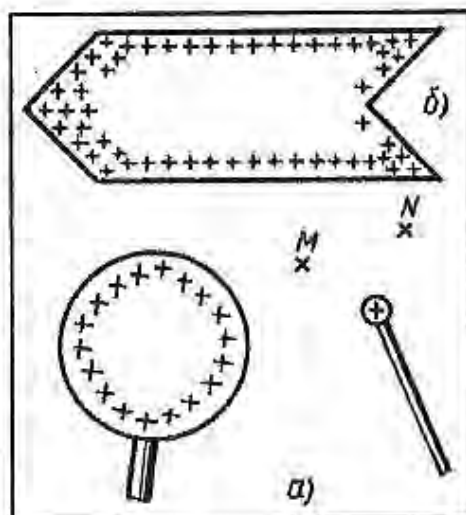
Расми 129

онро ба замин пайваст кунем, пас электронҳои озод аз Замин ба устувона гузашта, онро безаряд мекунад. Баъди аз Замин чудо шудан ҳар ду устувона дорои заряди манфӣ мешаванд.

Аз нав ба муоинаи ноқиле бармегардем, ки он ба майдони электрикӣ дохил карда шудааст (расми 128). Зарядҳои барзиёд пайдошуда дар ноқил майдони иловагии электрикиро ба вуҷуд меоваранд, ки самти он ба самти майдони асосӣ муқобил аст (хатҳои шадидияти ин майдон дар расми 128 бо хатҳои рах-рах тасвир шудаанд). Бинобар ин шадидияти майдони натиҷавӣ дар ноқил суст мешавад. Аз ин сабаб қувваи ба электронҳо таъсиркунанда кам мешавад. Вақте ки қимати шадидияти майдонҳои беруна ва дохилӣ баробар мешаванд, кӯчиши бетартибонаи электронҳо қатъ мегардад. Ҳангоми безаряд будани ноқил ҳам шадидияти майдони электрикӣ дар дохили ноқил баробари сифр аст, зеро дар натиҷаи суперпозитсия майдонҳои микроскопии электронҳо ва ионҳо якдигарро ҷуброн мекунад ва қимати миёнаи шадидияти майдони натиҷавӣ ба сифр баробар мешавад.

Ҳамин тавр, чи дар дохили ноқили заряднок ва чи дар дохили ноқили безаряд майдони электрикӣ вуҷуд надорад. Ҳимояи электростатикии асбобҳои нисбат ба майдони электрикӣ ҳассос маҳз ба ҳамин хусусият асос ёфтааст. Барои аз майдони электрикӣ ҳимоя кардан асбобҳоро дар дохили қутбӣ-экранҳои филизӣ ҷойгир мекунад. Аксар вақт худӣ манбаи майдони электрикиро, ки ба дастгоҳҳои гуногуни атроф ҳалал мерасонад, пардапӯш мекунад.

Акнун ба ҷойгиршавии сатҳии зарядҳо шинос мешавем. Саққочаи нӯги қалами оиқшуда (изолятсия) ба нуқтаҳои гуногуни саққои заряднок ва баъд ба электрометр расонида, ҳар бор кунҷи моилшавии ақрабаки онро ба қайд мегирем ва боварӣ ҳосил мекунем, ки дар сатҳи саққои аз ноқилҳои дигар дур ҷойгиршуда зарядҳо мунтазам ҷойгир мешаванд (расми 130, а). Ноқили шакли дурусти ҳандасӣ (геометрӣ) надоштаро (расми 130, б) заряднок карда, фаҳмидан душвор нест, ки миқдори зиёди зарядҳо дар қисмҳои барҷаста ва хусусан дар

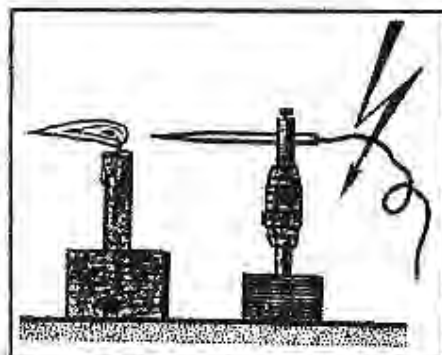


Расми 130

теғаҳои он ҷой мегиранд. Агар ноқили заряднок теғаҳои нӯгтез дошта бошад, пас шадидияти майдон дар атрофи онҳо меафзояд. Ионҳое, ки аломати зарядшон ба заряди теға мувофиқ аст, аз нӯги теға ба ҳаракат даромада, молекулаҳои безарядро (нейтралӣ) бо худ мебаранд. Дар натиҷа аз теғаи тез чараёни ҳавои самтнок ё боди электрикӣ пайдо мешавад. Ба теғаи тез шамъи фурузонро наздик карда, (расми 131) ин

бодро ошкор кардан мумкин аст, ки бо таъсири он ҳатто хомӯш гаштани шамъ имконпазир аст.

Ҳодисаи аз тегаҳо ҷоришавии зарядҳоро дар техника низ ба ҳисоб мегиранд. Барои пешгирии ҷоришавии зарядҳо дар тамоми асбоб ва мошинҳое, ки таҳти шиддати электрикии баланд кор мекунанд, қисмҳои филизии онҳоро курашакл, нӯғҳои милаҳоро курамонанд ҳамвор месозанд, чунки аз тегаҳои тез ҷоришавии зарядҳо сабаби вайроншавии оиқ мегардад.



Расми 131

Масъала. Заряди нуқтагии $q=1,6 \cdot 10^{-8}$ Кл дар ҳало (вакуум) ҷойгир аст. Шадиияти майдонро дар нуқтаи 10 см дуртар аз заряд муайян намоед. Майдон ба заряди $q_1=2 \cdot 10^{-9}$ Кл дар ҳамин нуқта бо кадом қувва таъсир мекунад.

Ҳал. Мувофиқи формулаи (3.1.7), шадиияти майдони заряди нуқтагӣ

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 \cdot r^2} \approx 1,44 \cdot 10^4 \text{ Н / Кл}$$

мешавад. Барои муайян кардани қуввае, ки бо он майдон ба заряди q_1 таъсир мекунад, аз формулаи зерин истифода бурдан мумкин аст

$$F=q_1 E=2,88 \cdot 10^{-5} \text{ Н}$$

❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Ҳодисаи заряднокшавиро шарҳ диҳед.
2. Ҳангоми заряднокшавӣ тақсимшавии зарядҳои электрикӣ аз ҳисоби кадом энергия ба амал меояд?
3. Асбоб, дастгоҳ ва одамонро аз таъсири хавфноки майдони электрикии беруна чӣ тавр муҳофизат кардан мумкин аст?
4. Ноқил аз ғайриноқил чӣ фарқ дорад?
5. Дар ноқиле, ки ба майдони электростатикӣ дохил карда мешавад, чӣ тағйирот рӯй медиҳад?

⚠ Машқи 30

1. Ду сакҳои якхела, ки ҳар кадом заряди $4 \cdot 10^{-6}$ Кл доранд, дар масофаи 40 см якдигарро дар ҳаво дар ҳолати мувозинатӣ нигоҳ медоранд. Ин сакҳо байни худ бо кадом қувва таъсир мекунанд?
2. Ду сакҳои якхела, ки ҳар кадом $m=0,25$ г масса доранд, бо ресмонҳои дарозиашон $\ell=30$ см ва ба як нуқта басташуда овезон мебошанд. Баъди ба сакҳо додани заряди якхела, онҳо ба масофаи $d=20$ см аз якдигар дур шуданд. Заряди сакҳоро муайян кунед.
3. Шадиияти майдони электрикиро муайян кунед, ки онро заряди бузургиаш $5 \cdot 10^{-4}$ Кл дар масофаи 1 км дар ҳало (вакуум) ба вучуд меоварад.

4. Зарядҳои мусбати қимати мутлақашон якхела дар куллаҳои квадрат қарор доранд. Шадиияти майдон дар маркази квадрат чӣ қадар аст?

5. Ду заряди нуқтагии ҳамном, ки бузургиҳояшон $2 \cdot 10^{-8}$ Кл ва $1,6 \cdot 10^{-7}$ Кл аст, аз якдигар дар масофаи 20 см дар карасин чой гирифтаанд. Шадииятро дар миёнаҳои масофаи байни онҳо муайян кунед.

§ 60. Қори майдони электрикӣ ҳангоми кӯчиши заряд

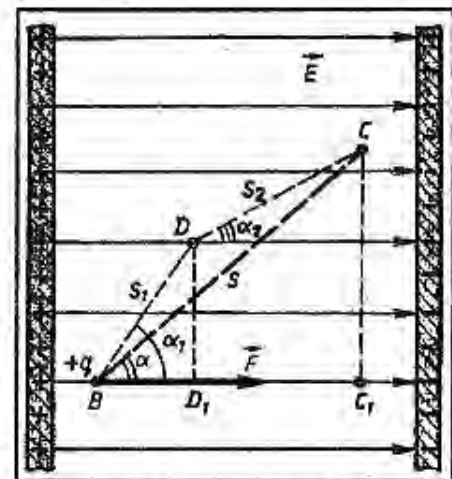
Дар майдони электрикӣ ба ҳисми заряднок қувва таъсир мекунад. Азбаски таҳти таъсири ин қувва ҳисм метавонад ҷои худро иваз намояд, пас майдон қор иҷро мекунад. Қореро ҳисоб мекунем, ки онро майдони якҷинсаи шадиияташ \vec{E} (расми 132) ҳангоми кӯчиши ҳисми заряднок иҷро мекунад.

Ба заряди нуқтагии $+q$ дар майдони якҷинсаи электрикӣ $|E=const|$ қувваи

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E} \text{ таъсир мекунад.}$$

Ҳангоми кӯчиши заряд аз нуқтаи В ба нуқтаи С бо роҳи ростхаттаи S майдон қори

$A = F \cdot S \cdot \cos \alpha$ -ро иҷро мекунад, ки дар ин ҷо $\vec{F} = q\vec{E}$, α - кунҷи байни векторҳои қувва F ва кӯчиши BC мебошанд. Аз нуқтаи С ба самти хати шадиият, ки аз нуқтаи В мегузарад, перпендикуляри CC_1 -ро мегузаронем. Азбаски $d = BC_1 = S \cos \alpha$ аст, $A = Fd = qEd$ мешавад.



Расми 132

Агар заряди $+q$ аз рӯи хати шикастаи ВДС мунтазам кӯчонда шавад, пас майдон қори $A_1 = FS_1 \cos \alpha + F_2 S_2 \cos \alpha$ -ро иҷро мекунад.

Вале $S_1 \cos \alpha = BD_1$; $S_2 \cos \alpha = D_1C_1$ ва тавре ки аз расми 132 мебинем,

$$A_1 = F \cdot BD_1 + F D_1 C_1 = F \cdot BC_1 = F \cdot d$$

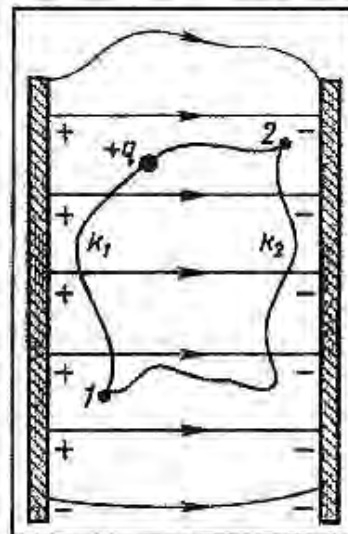
ё ки $A_1 = A$ мешавад.

Агар заряди $+q$ аз нуқтаи В то С бо роҳи ихтиёрии қатъатта мунтазам кӯчонда шавад, пас роҳи паймудаи онро метавон ба қитъаҳои бисёр хурди ростхатта ҷудо кард, ки суммаи проексияҳои онҳо дар самти хатҳои шадиияти аз нуқтаи В гузаранда ба d баробар мешавад. Пас маълум мегардад, ки дар ин ҳолат ҳам қори A_2 , ки онро майдон ҳангоми кӯчиши заряди q аз нуқтаи В ба С иҷро мекунад, ба $A_2 = A = Fd = qEd$ баробар мешавад.

Азбаски масирҳои ҳаракат ихтиёрӣ интиҳоб шуда буданд, пас қори

кӯчиши заряд дар майдони якҷинсаи электрикӣ аз шакли масир вобаста набуда, фақат аз мавқеи ибтидоӣ ва интиҳоии заряд вобастагӣ дорад.

Ба хулосаи мазкур дар асоси муҳокимаронии умумии зерин низ омадан мумкин аст. Фарз мекунем, ки кори A_{k_1} ҳангоми кӯчиши заряд қад-



Расми 133

қади қисми k_1 -и контур (расми 133) ба кори A_{k_2} дар қисми k_2 баробар нест. Пас, ҳангоми кӯчиши заряд аз рӯи контури сарбастае, ки аз қисмҳои k_1 ва k_2 таркиб ёфтааст, аз қор бурд ҳосил мекардем $A = A_{k_1} \neq A_{k_2}$. Вале ин хилофи Қонуни бақои энергия аст. Маълум аст, ки баъди ба нуқтаи ибтидоии 1 баргаштани заряд дар системаи муоинашавандаи қисмҳо ягон тағйирот ба вуҷуд намеояд ва аз ин рӯ ягон бурд ва харҷи қор вуҷуд надорад.

Ин маънои беасосии фарзияи болоро дорад ва амалан кори кӯчонидани заряд аз шакли роҳ вобаста набуда, фақат аз мавқеи ин нуқтаҳо вобастагӣ дорад.

Аз гуфтаҳои боло инчунин бармеояд, ки кори қувваҳои электрикӣ ҳангоми аз рӯи контури сарбаста кӯчонидани заряд ба сифр баробар аст. Мисли он ки мувофиқи қонуни ҷозибача ҳар гуна қисми аз маркази Замин дар масофаҳои ҳархела ҷойгиршуда энергияҳои потенциалии гуногун дошта мегарзанд. Заряди электрикӣ q дар масофаҳои гуногун аз заряди дигари q_0 низ дорои энергияи потенциалии ҳархела мешавад. Ченаки тағйирёбии энергияи потенциалии таъсири мутақобилии электрикӣ қор мебошад ва барои кӯчиши заряди q иҷро мешавад. Агар дар нуқтаи 1-и майдон заряди q дорои энергияи потенциалии Π_1 бошад ва дар нуқтаи 2 энергияи потенциалии он Π_2 шавад, пас кори қувваҳои майдони электрикӣ ба

$$A = \Pi_1 - \Pi_2 \quad (3.1.9)$$

баробар мешавад.

Ҳамин тариқ, кори қувваҳои майдони электрикӣ барои тағйирёбии энергияи потенциалии майдон сарф мешавад. Бори дигар қайд мекунем, ки ин қор аз шакли масири ҳаракат вобастагӣ надорад ва танҳо ба мавқеи байниҳамдигарии нуқтаҳои 1 ва 2 вобаста аст.

❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Кори кӯчондани қисми заряднок дар майдони якҷинсаи электрикӣ аз рӯи кадом формула ҳисоб карда мешавад?
2. Оё кори кӯчондани қисми заряднок аз шакли масир вобастагӣ дорад?
3. Кори кӯчиши қисми заряднок дар майдони электрикӣ аз рӯи контури сарбаста чӣ қадар аст?

§ 61. Потенциал ва фарқи потенциалҳо

Ҳангоми аз нуқтаи 1 ба нуқтаи 2-и майдон кӯчондани заряди q ба он қувва таъсир мекунад. Кори қувваҳои майдон ба бузургии ин заряд мутаносиб аст. Нисбати ин кор бар бузургии заряди кӯчанда аз қимати заряд вобаста набуда, вай мавқеи нуқтаҳои ибтидоӣ ва интиҳои кӯчиши онро тавсиф медиҳад,

$$\frac{A}{q} = \frac{\Pi_1}{q} - \frac{\Pi_2}{q} \quad (3.1.10)$$

ки ин ҷо Π_1 ва Π_2 энергияҳои потенциалии заряди q дар нуқтаҳои 1 ва 2-и майдон мебошанд. Энергияи потенциалии ин заряд дар нуқтаҳои гуногуни майдон қиматҳои гуногун дорад. Вай ҳам аз хосиятҳои худ

майдон ва ҳам аз заряд вобаста аст. Аммо нисбати $\frac{\Pi}{q}$ аз қимати заряд вобаста набуда, ҳамчун тавсифи энергияи майдон хизмат мекунад ва потенциали майдон дар нуқтаи додашуда номида мешавад.

Бузургии $\frac{\Pi_1}{q} - \frac{\Pi_2}{q}$ тағйирёбии энергияи потенциалии заряди

воҳидии мусбатро ифода мекунад. Одатан ин бузургиро бо $\varphi_1 - \varphi_2$ ишорат карда, фарқи потенциалҳои байни нуқтаҳои 1 ва 2-и майдони электрикӣ меноманд:

$$\frac{A}{q} = \frac{\Pi_1}{q} - \frac{\Pi_2}{q} = \varphi_1 - \varphi_2 \quad (3.1.11)$$

Пас кори қувваҳои майдони электрикӣ ҳангоми аз нуқтаи 1 ба нуқтаи 2-и майдон кӯчондани заряди q ба ҳосили зарби заряд ва фарқи потенциалҳои нуқтаҳо баробар аст:

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2) \quad (3.1.12)$$

Дар асоси ин формула фаҳмидан душвор нест, ки фарқи потенциалҳои байни ду нуқтаи майдон маънои физикӣ дорад, ки онро шиддат меноманд. Аз тарафи дигар ҳамон як фарқи потенциалҳо ба воситаи миқдори беохир зиёди ҷуфти ададҳо ифода кардан мумкин аст, ки дар ин маврид потенциали нуқта адади дилхоҳ буда метавонад. Одатан потенциали нуқтаҳои майдонро, ки нисбат ба заряди q дар масофаи хеле дур воқеъанд, баробари сифр гуфта, қабул мекунанд. Аз ин рӯ дар асоси формулаи (3.1.12) кори қувваҳои майдони заряди q барои нуқтаи 1

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_\infty) = q\varphi_1$$

ва

$$\boxed{\varphi_1 = \frac{A}{q}} \quad (3.1.13)$$

мешавад. Пас потенциали нуқтаи додашудаи майдон ададан ба кори кувваҳои майдон ҳангоми то беохир кӯчондани заряди воҳидии мусбат баробар аст.

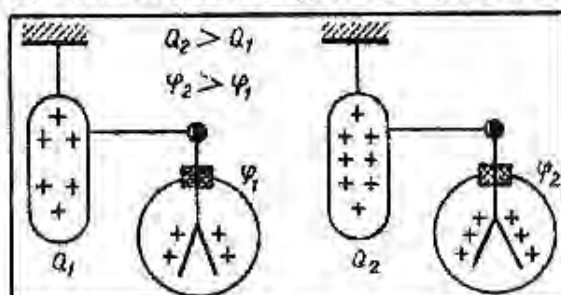
Ҳангоми масъалаҳои амалии электротехникӣ потенциали сатҳи Заминро ҳамчун потенциали сифрӣ қабул карда, нисбат ба он потенциали нуқтаҳои дигарро ҳисоб мекунанд. Воҳиди ченкунии потенциалро аз рӯи формулаи (3.1.13) ҳосил мекунанд. Дар Системаи байналхалқӣ (СБ) кор бо чоулҳо ва заряд бо кулонҳо чен карда мешаванд, яъне воҳиди ченкунии потенциал 1Ҷ/Кл мешавад. Ин воҳидро вольт (В) меноманд. Ҳамин тавр 1 вольт фарқи потенциалҳои ду нуқтаи майдони электрикӣ мебошад, ки ҳангоми дар байни онҳо кӯчонидани заряди як кулон бояд кори ба як чоул баробар иҷро карда шавад.

? Саволҳои санҷишӣ

1. Чиро фарқи потенциалҳои байни ду нуқтаи майдони электрикӣ меноманд? Потенциали нуқтаи майдон чист?
2. Дар кадом мавридҳо барои аз як нуқта ба дигар нуқтаи майдони электрикӣ кӯчондани заряд энергия сарф намешавад?
3. Фарқи потенциалҳо ё худ потенциал бо кадом воҳидҳо чен карда мешаванд?
4. Ҳангоми борони саҳт фарқи потенциалҳои байни абрҳо ва Замин ба 10^9 В мерасад. Инро чӣ тавр шарҳ медиҳед?

§ 62. Ғунҷоиши электрикӣ

Аз параграфи гузашта фаҳмидем, ки дар ноқил тақсимшавии зарядҳо то даме давом мекунад, ки майдони беруна майдони хусусии зарядҳои дар сатҳи ноқил тақсимшударо ҷуброн накунад. Дар дохили ноқил майдон мавҷуд нест ва тамоми нуқтаҳои сатҳи он потенциали якхела доранд. Барои ошкор кардани вобастагии потенциали ноқил аз заряди он ба таҷриба муроҷиат мекунем. Сакҳои филизиеро аз дигар ноқилҳо дур ҷойгир мекунем, то ки бо таъсири онҳо заряднок нашавад. Онро бо сими оқдор ба электромтр пайваस्त намуда, заряди онро зиёд мекунем (расми 134). Мебинем, ки бо афзоиши заряди сакҳо потенциали он низ



Расми 134

меафзоад, яъне заряди ноқил ба тағйирёбии потенциали он мутаносиби роста аст, $q = C\phi$. Коэффитсиенти мутаносибии C фақат дар шароитҳои таҷрибаи мазкур доимӣ мемонад. Агар ҳамин таҷрибаро бо ноқили дигар гузаронем, пас доимии C ба қимати ададии дигар молик мегардад. Вобастагии мутаносибии ростан байни заряд ва потенциали ноқил на танҳо барои ноқили намуди сакқодошта, балки барои ҳар гуна ноқил ҷой дорад. Бинобар ин нисбати заряд бар потенциали он аз қимати заряд вобаста набуда, балки аз рӯи андоза, шакли ноқил ва хосиятҳои электрикии муҳити атроф (нуфузпазирии диэлектрикӣ - ϵ) муайян мешавад. Нисбати ин бузургӣҳоро одатан ғунҷоиши электрикӣ ё ғунҷоиши ноқил меноманд.

Ҳамин тавр, бузургиеро ғунҷоиши электрикӣ меноманд, ки аз рӯи нисбати заряди ноқил q бар потенциали он чен карда мешавад.

$$C = \frac{q}{U} \quad (3.1.14)$$

Таҷрибаҳо нишон медиҳанд, ки ғунҷоиши электрикии ноқил аз андоза ва шаклҳои ноқил вобаста аст. Вай аз модда, ҳолати агрегатӣ, шаклу андозаҳои қабатҳои дохилии ноқил вобастагӣ надорад. Инро бо он шарҳ медиҳанд, ки зарядҳо дар сатҳи берунаи ноқил тақсим мешаванд. Ғунҷоиш C инчунин аз заряд ва потенциали ноқил вобаста нест. Ин гуфтаҳо формулаи (3.1.14)-ро рад намеkunанд, зеро вай фақат нишон медиҳад, ки потенциали ноқили ҷудогона ба заряди он мутаносиби роста ва ба ғунҷоиши он мутаносиби чаппа аст.

Аз формулаи (3.1.14) маълум мегардад, ки воҳиди ченкунии ғунҷоиши электрикӣ дар Системаи байналхалқӣ /СБ/ 1 Кл/В аст. Ба шарафи физики англис М. Фарадей (1791-1867) воҳиди мазкур фарада (ишорааш Φ) номида мешавад. Ҳамин тариқ

$$1\Phi = 1 \frac{\text{Кл}}{\text{В}}$$

аст.

Дар амалия бештар воҳидҳои каратин ғунҷоиши электрикӣ: $1\text{мк}\Phi = 10^{-6}\Phi$ ва $1\text{п}\Phi = 10^{-12}\Phi$ -ро истифода мебаранд.

❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Ғунҷоиши электрикии ноқилро шарҳ диҳед?
2. Магар ғунҷоиши электрикии ноқили ҷудогона аз масса ва шакли он вобастагӣ дорад? Аз мавҷудияти ноқилҳои дигари ба он наздик чӣ?
3. Ду сакқои якхела агар дар хало зарядҳои якхела дошта бошанд, оид ба потенциали онҳо чӣ гуфта метавонем?

§ 63. Конденсаторҳо

Ноқил барои ғунҷоиши зиёд доштан, бояд андозаҳои калон дошта бошад. Дар асбобҳои электротехникӣ ва радиотехникӣ қисми занҷирҳои дучор мешаванд, ки бо вучуди андозаҳои нозизи худ ва потенциали нисбатан ками ҷисмҳои атроф қобилияти ҷамъ кардани зарядҳои зиёд, яъне ғунҷоиши зиёд доранд. Чунин асбобҳоро конденсаторҳо меноманд.

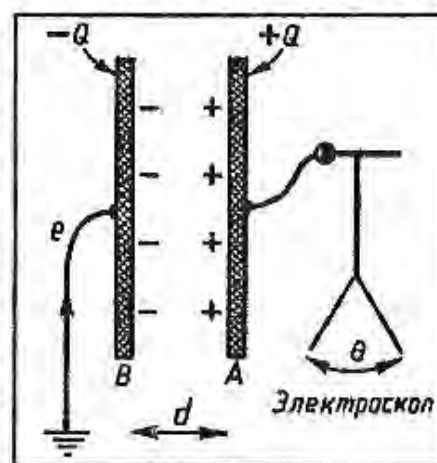
Конденсатор аз ду ноқиле (лавҳа) иборат аст, ки аз якдигар бо оик (изолятор) ҷудо карда шудаанд. Барои ба ғунҷоиши конденсатор таъсир нарасонидани ҷисмҳои дигар ноқилҳо ба шакле сохта мешаванд, ки майдони зарядҳо дар ковокии байни лавҳаҳои конденсатор ба амал ояд. Барои ин интихоби ду лавҳаи ҳамвор, ду устувоии коаксиалӣ, ду сфераи консентрӣ ба мақсад мувофиқ аст. Аз ин сабаб конденсаторҳо вобаста аз шакли лавҳаҳо ҳамвор, устувонавӣ ва сферавӣ мешаванд.

Ғунҷоиши конденсатор ба нисбати заряди Q -и конденсатор бар фарқи потенциалҳои $\varphi_1 - \varphi_2$ байни лавҳаҳои он баробар аст:

$$C = \frac{Q}{\varphi_1 - \varphi_2} \quad (3.1.15)$$

Азбаски дар формулаи (3.1.15) фарқи потенциалҳои байни лавҳаҳо иштирок дорад, ғунҷоиши конденсатор аз интихоби сатҳи сифрии потенциал ва мавҷудияти ҷисмҳои атроф вобастагӣ надорад (мавҷудияти майдонҳои электрикӣ берун аз потенциали лавҳаҳо яхела тағйир медиҳанд, аз ин сабаб $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$ бетағйир мемонад).

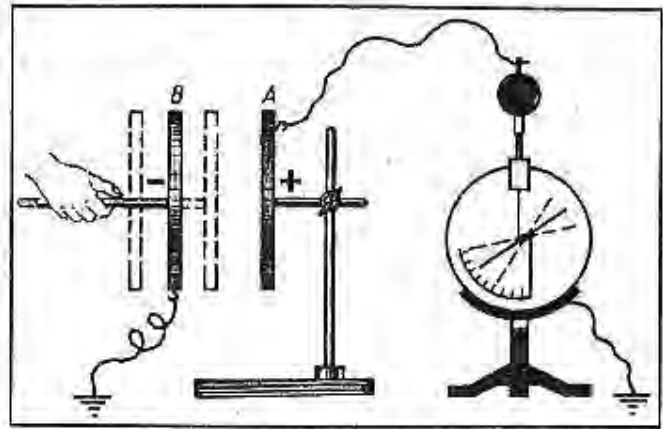
Бо конденсатори ҳамвори содатарин шинос мешавем. Вай аз ду лавҳаи филизии А ва В иборат аст (расми 135), ки онҳо бо диэлектрик аз якдигар ҷудо мебошанд. Лавҳаи А-ро мусбат заряднок мекунем. Пас дар сатҳи дохилии лавҳаи В ба тавассути илқо заряде пайдо мешавад, ки қимати ба заряди лавҳаи А баробару аломаташ муқобилро дорад, вале дар сатҳи беруни он заряди мусбат пайдо мегардад. Лавҳаи В-ро бо замин пайваст мекунем, пас заряди мусбати он ба ноқили бузург-Замин гузашта, он дорои потенциали Замин мешавад. Заряди манфии баробарқиматро заряди мусбати лавҳаи А нигоҳ медорад. Зарядҳои гуногунноми якдигарро ҷазбкунандаи ҳар ду лавҳа фақат дар қисми дохилии онҳо боқӣ мемонанд. Дар байни лавҳаҳо майдони якҷинсаи электрикӣ пайдо мешавад. Ин чунин маъно дорад, ки бар хилофи ноқили ҷудогона, ки ғунҷоишаш аз мавҷудияти ноқилҳои дигари атроф вобастагӣ дорад,



Расми 135

гунҷоиши конденсатор аз ноқилҳои наздики он вобастагӣ надорад.

Гунҷоиши конденсатор бояд аз масоҳати лавҳаҳо, аз масофаи байни онҳо вобаста бошад. Барои омӯзиши ин вобастагӣ аз конденсатори масофаи байни лавҳаҳо яш тағйирёбанда истифода бурдан мумкин аст (расми 136). Ба тағйирёбии гунҷоиш аз рӯи тағйирёбии нишондоди электрометр баҳо медиҳем.



Расми 136

Таҷриба нишон медиҳад, ки ҳангоми аз як лавҳа дур шудани лавҳаи дигар фарқи потенциалҳои байни онҳо меафзояд, вале ин нишонаи кам шудани гунҷоиши конденсатор аст. Ҳамин тавр, агар лавҳаҳо наздик кунем, гунҷоиши конденсатор меафзояд. Кунҷи моилшавии ақрабаки электрометр ва масофаи байни лавҳаҳои конденсаторро чен карда, аниқ қардан мумкин аст, ки гунҷоиши конденсатор ба тағйирёбии масофаи байни лавҳаҳои он мутаносиби чаппа аст.

Агар масофаи байни лавҳаҳо бетағйир монда, масоҳати рӯяҳои онро тағйир диҳем, мебинем, ки гунҷоиши конденсатор ба масоҳати қорӣ он вобастагӣ мутаносиби роста дорад.

Дар таҷриба инчунин муқаррар қардан мумкин аст, ки гунҷоиши конденсатор аз модда ва ғафсии лавҳаҳои он вобаста набуда, аз муҳити диэлектрикии байни онҳо вобастагӣ дорад.

Масалан, агар фазои байни лавҳаҳои конденсаторро бо карасин пур созем, гунҷоиши он тақрибан ду баробар зиёд мешавад, абрак (слюда) гунҷоишро 6-7 ва спирти этил гунҷоишро тақрибан 26 маротиба зиёд мекунад ва ғайра.

Ҳамин тариқ, гунҷоиши конденсатори ҳамвор ба масоҳати қорӣ лавҳаҳо ва нуфузпазирии диэлектрикии моддаи байни онҳо мутаносиби роста буда, ба масофаи байни лавҳаҳо мутаносиби чаппа аст:

$$C = k \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \quad (3.1.16),$$

ки дар ин ҷо S - масоҳати яке аз лавҳаҳо, d - масофаи байни онҳо, k - коэффициентҳои мутаносибӣ мебошанд.

Коэффициенти k барои конденсатори ҳамвор дар Системаи байналхалқӣ (СБ) баробари воҳид аст. Пас

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} \quad (3.1.17)$$

мешавад.

Аз формулаи (3.1.17) бармеояд, ки агар масофаи байни лавҳаҳо кам шавад, пас конденсатори гунҷоишаш зиёд ҳосил мешавад. Вале инро низ бояд ба ҳисоб гирифт, ки бо камшавии ғафсии диэлектрик ҳангоми бетағйир мондани фарқи потенциалҳо шадидияти майдони конденсатор дар лавҳаҳо меафзояд ва ҳангоми ба дараҷаи муайян расидани шадидият мумкин аст, сӯрохшавии диэлектрик ба вучуд ояд. Аз ин рӯ, ба ҳар як конденсатор дар қатори гунҷоиш ба шиддати кори максималиаш баҳо медиҳанд.

❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Конденсатори ҳамвори ҳавой то ягон қимати фарқи потенциалҳо заряднок карда шудааст. Агар масофаи байни лавҳаҳои конденсаторро ду маротиба зиёд кунем, гунҷоиши электрикӣ ва фарқи потенциалҳои он чӣ тавр тағйир меёбад? Агар дар байни лавҳаҳои он лавҳаи шишагинро ҷойгир кунем

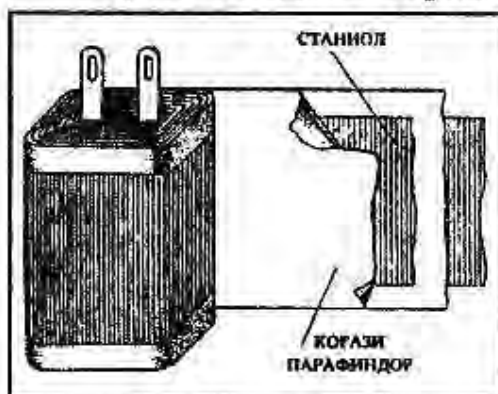
чӣ ($\epsilon = 7$)?

2. Дар конденсатор навиштаҷоти « $C=40 \text{ мкФ}$; $U=300\text{В}$ » чиро ифода мекунад?

§ 64. Навъҳои конденсаторҳо

Конденсаторҳоро дар электротехника ва радиотехника ба таври васеъ истифода мебаранд ва вобаста ба талаботи техникашон гуногун месозанд.

Ҳоло конденсаторҳои қоғазин барои шиддатҳои садҳо вольт ва



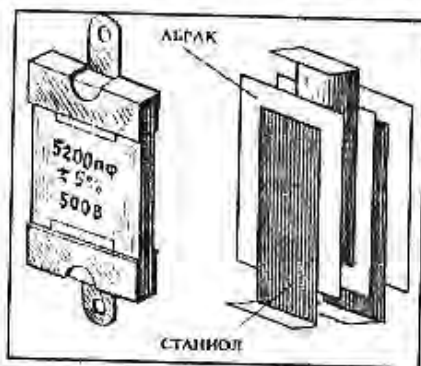
Расми 137

гунҷоиши чандин микрофарада (расми 137) истифода бурда мешаванд. Лавҳаҳои чунин конденсаторҳоро ду тасмаи тунуки аз фолгаи филизӣ тайёркардашуда ва қабати оиқдори байни онҳо тасмаи нисбатан васеи қоғазин, ки дар таркибаш парафин дорад, ташкил медиҳанд. Тасмаи қоғазинро дар байни лавҳаҳо гузошта, онҳоро саҳт мепечанд ва ба баданаи (корпус) махсус ҷой медиҳанд.

Чунин конденсатор, ки ҳаҷми қуттии гӯгирдро дорад, гунҷоиши 10 мкФ дошта метавонад.

Дар радиотехника конденсаторҳои абрақии гунҷоишашон то даҳҳо ҳазор микрофарада истифода мешаванд. Дар онҳо варақҳои станиолу абрақиро пайиҳам қабат ба қабат чунон мегузоранд, ки ҳамаи варақҳои тоқи ба ҳам васлшудаи станиол ба сифати як лавҳа ва варақҳои абрақ лавҳаи дигарро ташкил медиҳанд. Шакли зоҳирӣ ва қисмҳои алоҳидаи чунин конденсатор дар расми 138 нишон дода

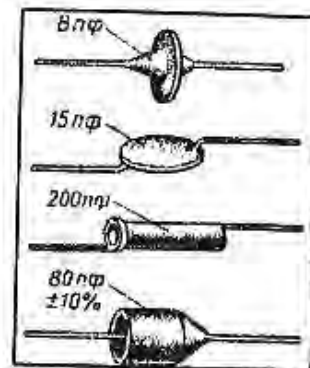
шудааст. Конденсаторҳои номбурда метавонанд ҳангоми шиддатҳои сад то ҳазорҳо вольт кор кунанд.



Расми 138



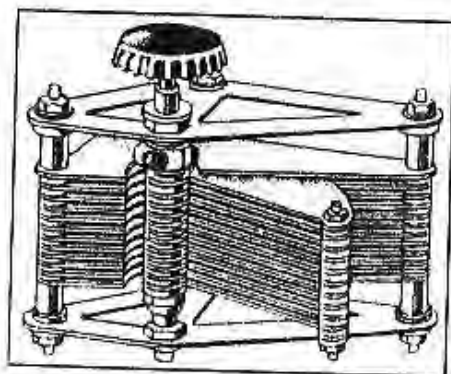
Расми 139



Расми 140

Вақтҳои охир дар радиотехника конденсаторҳои абрақиро бо сафолӣ иваз мекардагӣ шуданд (расми 139). Сафолӣ махсус ба сифати моддаи диэлектрикӣ хизмат мекунад. Лавҳаҳои конденсаторҳои сафолӣ дар намуди қабати нуқрае, ки ба сатҳи сафол давондаву лақпуш шудааст, тайёр карда мешаванд. Конденсаторҳои сафолӣ бо ғунҷоиши як то садҳо пикофарада ва барои шиддатҳои сад то ҳазорҳо вольт сохта мешаванд.

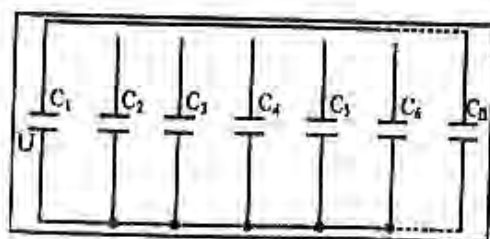
Ҳоло конденсаторҳои электролитӣ низ васеъ татбиқ ёфтаанд (расми 140), ки дар онҳо қабати тунуки оксиди ба сатҳи алюминий ё тантал молидашуда ва бо электролити махсус дар тамос буда, ҳамчун диэлектрик хизмат мекунад. Ин қабил конденсаторҳо андозаи хурд ва ғунҷоиши то якчанд ҳазор микрофарада доранд.



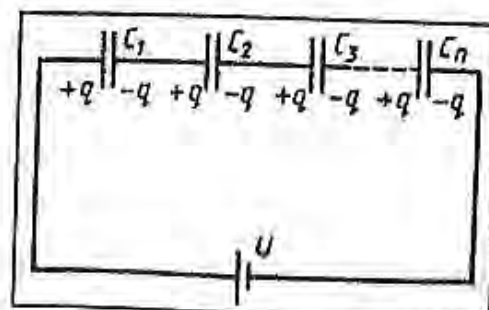
Расми 141

конденсаторҳо истифода мебаранд.

Конденсаторҳои ғунҷоишашон тағйирёбанда, ки диэлектрики ҳавоӣ ё саҳт доранд (расми 141), аз ду системаи лавҳаҳои филизӣ, ки аз ҳамдигар изолятсия шудаанд, иборат мебошанд. Яке аз системаи лавҳаҳо беҳаракат буда, системаи дигари онҳо тири чархзанӣ дорад. Системаи ҳаракатнокро тоб дода, ғунҷоиши конденсаторро тадриҷан тағйир медиҳанд. Барои интиҳоби ғунҷоиши лозима ҳангоми шиддати муайян аз батареяи



Расми 142



Расми 143

Барои ҳосил кардани ғунҷоиши зиёди электрикӣ бештар конденсаторҳоро дар батарея мувозӣ пайваस्त мекунам (расми 142). Системаи конденсаторҳои мувозӣ пайвастшударо ҳамчун як конденсатори ғунҷоиши электрикиаш C , ки ба суммаи ғунҷоишҳои конденсаторҳои алоҳида баробар аст, қабул кардан мумкин аст:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n \quad (3.1.18)$$

Ҳангоми пайвасти пай дар пайи конденсаторҳо ғунҷоиши (расми 143) умумӣ аз рӯи ифодаи

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n} \quad (3.1.19)$$

муайян карда мешавад.

§ 65. Энергияи майдони электрикӣ

Энергияи майдони электрикии конденсатори заряднок ба қоре баробар аст, ки ҳангоми зарядноккунии он сарф мешавад. Заррачаҳои зарядноки мусбат ё манфиро аз як лавҳа ба лавҳаи дигари конденсатор гузаронида, онро заряднок мекунем. Ҳангоми гузаронидани ҳар як

ҳиссаи заряди Δq шиддати конденсатор ба $\Delta U = \frac{\Delta q}{C}$ меафзояд.

Тасаввур мекунем, ки дар ягон лаҳзаи вақт ҳар лавҳа заряди q_1 дорад

ва шиддати конденсатор ба $U_1 = \frac{q_1}{C}$ баробар аст. Пас ҳиссаи дигари

зарядҳо Δq ҳангоми шиддати U_1 мегузарад ва қори ҳангоми кӯчиши заряд иҷрошуда ба

$$\Delta A_1 = \Delta q U_1 = \Delta q \frac{q_1}{C} = q_1 \Delta U$$

баробар мешавад. Ҳиссаи навбатии заряд Δq ҳангоми шиддати

$U_2 = U_1 + \Delta U$ мегузарад ва қори барои кӯчиши он иҷрошуда

$$\Delta A_2 = \Delta q U_2 = \Delta q \frac{q_2}{C} = q_2 \Delta U$$

мешавад, ки дар ин ҷо $q_2 = q_1 + \Delta q$ мебошад.

Қори барои кӯчиши ҳиссаи n -уми заряди Δq сарфшуда ба

$$\Delta A_n = \Delta q \frac{q_n}{C} = q_n \Delta U$$

баробар аст.

Кори пурраи A , ки ҳангоми кӯчиши тамоми заряди q сарф мешавад, ба суммаи корҳои ҷудогона

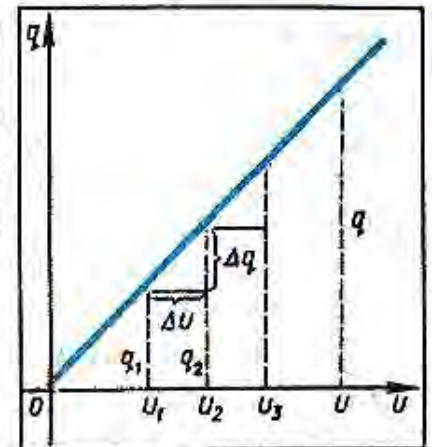
$$A = \Delta A_1 + \Delta A_2 + \dots + \Delta A_n \quad (3.1.20)$$

баробар аст.

Ин суммаро аз рӯи вобастагии графикаи байни заряд ва шиддати конденсатор $q=CU$ ба осонӣ ёфтан мумкин аст.

Графики он аз хати росте иборат аст, ки аз ибтидои координатаҳо мегузарад (расми 144). Кори барои зарядноккунии конденсатор сарфшуда ададан ба масоҳати секунҷае баробар аст, ки асоси онро U ва баландиашро q ташкил медиҳад:

$$A = \frac{1}{2} q U$$



Расми 144

Ҳамин тариқ, энергияи майдони электрикии конденсатори заряднок ба

$$W = \frac{1}{2} q U \quad (3.1.21)$$

баробар мешавад. Ин энергияро ба тавассути ғунҷоиши конденсатор C ва шиддати он U низ ифода кардан мумкин аст. Ба ифодаи (3.1.21) $q=CU$ -ро гузошта ҳосил мекунем,

$$W = \frac{1}{2} C U^2 \quad (3.1.22)$$

ё $U = \frac{q}{C}$ -ро ба (3.1.22) гузошта ҳосил мекунем.

$$W = \frac{q^2}{2C} \quad (3.1.23)$$

Энергияи майдони электрикиро ба тавассути шидидияти майдони электрикии байни лавҳаҳо чунин ифода мекунамд:

$$W = \frac{1}{2} \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d} E^2 d^2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} S d \quad (3.1.24),$$

ки дар ин ҷо d масофаи байни лавҳаҳо мебошад.

Ба формулаи охирин танҳо бузургихое дохил мешаванд, ки майдонро тавсиф медиҳанд. Ҳосили зарби масоҳати лавҳаҳо бар масофаи байни онҳо ба ҳаҷме баробар аст, ки дар он майдони электрикӣ ба амал меояд. Пас энергияи майдони электрикии якҷинса ба ҳаҷми ишғолкардааш мутаносиб аст. Дидан душвор нест, ки дар майдони электрикии якҷинса энергияи воҳиди ҳаҷм (ϵ зичии ҳаҷмии энергияи электрикӣ) ба

$$W = \frac{\Pi}{Sd} = \frac{\epsilon\epsilon_0 E^2}{2} \quad (3.1.25)$$

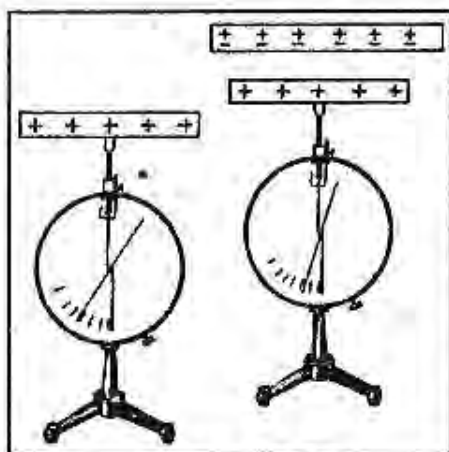
баробар аст.

❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Дарои энергия будани конденсатори заряднок дар кадом таҷриба ошкор мешавад?
2. Ҳаҷми конденсаторро тағйир надода, шиддати байни лавҳаҳои онро 2 баробар зиёд кардем. Энергияи конденсатор чӣ гуна тағйир меёбад?
3. Мувофиқи формулаи (3.1.22) энергияи конденсатори заряднок ба ҳаҷми майдони электрикӣ мутаносиб аст, вале мувофиқи формулаи (3.1.23) мутаносиб ба майдони электрикӣ мутаносиб аст. Ин номувофиқиро чӣ тавр бояд фаҳмид?

§ 66. Диэлектрикҳо дар майдони электрикӣ. Нуфузпазирии диэлектрикӣ

Аз § 63 медонем, ки ҳангоми ноқилро ба майдони электрикӣ дохил кардан, вай заряднок мешавад. Барои фаҳмидани рафтори диэлектрик дар чунин маврид ба таҷриба муроҷиат мекунем.



Расми 145

Ба электрометр заряди муайян дода, кунҷи каноршавии ақрабаки онро қайд мекунем ва ба саққои электрометр диэлектрики безарядро наздик меорем. Нишондоди электрометр ба андозае кам мешавад. Ҳангоми дур кардани диэлектрик ақрабаки электрометр боз ба мавқеи пештарааш бармегардад. Натиҷаи таҷриба аз мусбат ϵ манфӣ будани заряди электрометр вобастагӣ надорад. Агар ба ҷои саққои электрометр ягон лавҳаи начандон калони филизиро

гузошта, ба он лавҳаи диэлектрикӣ наздик намоем, каноршавии ақрабаки зиёдтар мешавад (расми 145).

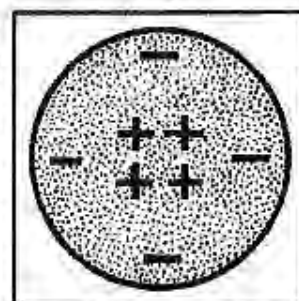
Ин таҷрибаро чунин шарҳ додан мумкин аст. Дар нуғи ба электрометр наздики диэлектрик зарядҳои аломаташон нисбат ба заряди

электромметр муқобил пайдо мешаванд. Дар натиҷа зарядҳои аломаташон муқобили нӯги ба электромметр нигаронидашудаи диэлектрик электронҳои дар миёни электромметр бударо мекашанд ё тела медиҳанд, ки ин боиси кам шудани нишондоди электромметр мегардад. Ҳангоми дур кардани диэлектрик электронҳо ба мавқеи пешгарашон бармегарданд.

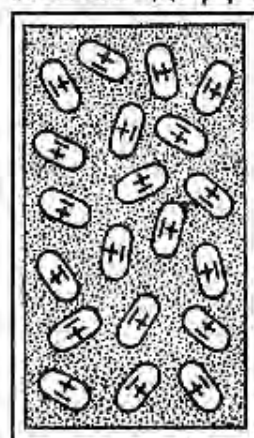
Ҳамин тавр, дар диэлектрикҳо мисли ноқилҳо илқои (индуксия) зарядҳои электрикӣ мушоҳида мегардад. Вале агар дар назди ҷисми заряднок диэлектрикро ба ду қисм ҷудо кунем, пас мо мисли ноқилҳо ду порчаи гуногунноми заряднокро ҳосил намекунем. Тафовути илқо дар диэлектрикҳо аз илқо дар ноқилҳо маҳз дар ҳамин зоҳир мешавад. Пас электрикнокшавии диэлектрикҳоро дар майдони электрикӣ чӣ тавр шарҳ медиҳанд?

Дар диэлектрикҳои идеалӣ нисбат ба филизот электронҳои озод амалан ҳеле каманд (10^{10} бор). Зарядҳои гуногунном, ки дар таркиби молекулаи диэлектрик мебошанд, якдигарро ҷуброн мекунанд, ё худ молекулаҳо аз рӯи ҳосияти электрикиашон нейтралӣ мебошанд.

Молекулаҳои баъзе диэлектрикҳо аз ионҳо таркиб ёфтаанд (масалан, молекулаи об аз иони манфӣи оксиген ва ду иони мусбати гидроген иборат аст). Марказҳои зарядҳои электрикӣ мусбату манфӣи чунин молекулаҳо одатан ҷудо қарор мегиранд ва онҳо молекулаи кутбӣ ё ба истилоҳ диполро ташкил медиҳанд (расми 146). Дар атрофи молекула-дипол майдони электрикӣ ҳосил мешавад. Диэлектрикҳое, ки аз молекула-диполҳо



Расми 146

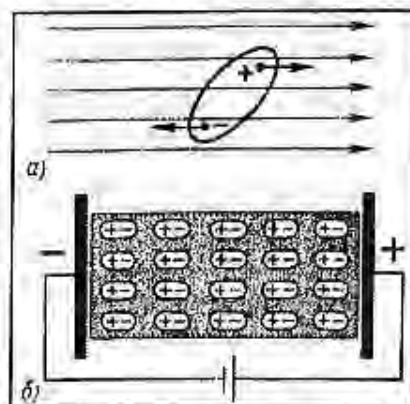


Расми 147

таркиб ёфтаанд, диэлектрикҳои кутбӣ номида мешаванд. Молекула-диполҳои диэлектрики кутбӣ дар шароитҳои муқаррарӣ бетартиб ҷойгир мешаванд (расми 147) ва майдонҳои онҳо якдигарро суст мекунанд, яъне берун аз диэлектрик майдон вучуд надорад.

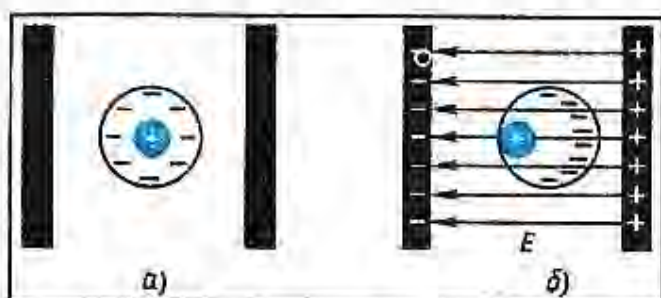
Дар майдони электрикӣ ба ҳар як молекула-дипол ҷуфти қувваҳо таъсир мекунанд (расми 148,а), ки дар натиҷа вай тоб хӯрда, қад-қадӣ хатҳои шадидияти майдон ҷойгир мешавад (расми 148,б).

Ин ҳодисаро кутбноқшавии диэлектрик меноманд. Ҳаракати бетартиби ҳароратии молекулаҳо ҷойгиршавии батартиби диполҳоро вайрон менамояд ва бо зиёдшавии шадидияти майдон ва пастшавии ҳарорат шумораи нисбии молекула-диполҳо, ки қад-қадӣ майдон ҷойгир мешаванд, меафзояд. Дар натиҷа дар як рӯи диэлектрик зарядҳои манфӣ, дар рӯи дигараш зарядҳои мусбат ҳам мешаванд.

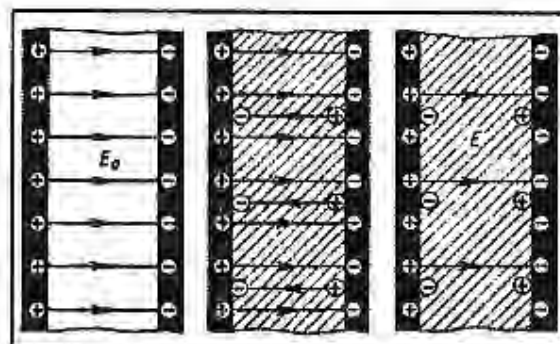


Расми 148

Молекулаҳои навъи дигари диэлектрикҳо ион надоранд (масалан, молекулаҳои гидроген). Агар майдони беруна набошад, марказҳои зарядҳои манфӣю мусбати молекула ҳамчояанд. Ин гуна молекулаҳо ро ғайрикутбӣ меноманд. Ҳангоми ба майдони электрикӣ дохил кардани чунин диэлектрикҳо марказҳои ҳамчояи зарядҳои мусбату манфии молекулаҳо аз якдигар дур мешаванд, бинобар ин молекулаҳо чун диполҳо, муоина намудан мумкин аст, ки қад-қадӣ хатҳои шадидияти майдон самт мегиранд (расми 149).



Расми 149



Расми 150

Дар бисёр диэлектрикҳои моеъ ва газмонанд ин ду омилӣ кутбнокшавӣ якҷоя ба амал меоянд. Чунончи дар аксари диэлектрикҳои кутбӣ молекула-диполҳо таҳти таъсири майдон на фақат самтнок мешаванд, балки таъйиқ низ меёбанд.

Ҳамин тавр, диэлектрик дар майдони электрикӣ кутбнок мешавад. Майдони электрикии зарядҳои поляризатсияшуда ҳамеша самти муқобили майдони берунаро дорад, бинобар ин майдони дохили диэлектрик суст мешавад, вале мисли ноқили ба майдони берунаи электрикӣ дохилшуда пурра ҷуброн нашуда, фақат майдон дар наздикии диэлектрик қавҷ мешавад.

Бигуздор дар байни ду лавҳаи мувозӣ дар ҳало (вакуум) майдони электрикии шадидияташ E_0 пайдо шуда бошад. Фазаи байни лавҳаҳо ро бо диэлектрики якҷинса пур мекунем. Диэлектрик таҳти таъсири майдон кутбнок шуда, дар нӯғҳои ба лавҳаҳо ҳамсарҳадаш зарядҳои поляризатсияшуда пайдо мешаванд (расми 150), ки онҳо майдони электрикии шадидияташ E_1 -ро ба вуҷуд меоранд. Пас қимати мутлақи шадидияти майдони натиҷавӣ E дар диэлектрик $E = E_0 - E_1$ мешавад. Ҳамин тавр, шадидияти майдони натиҷавӣ дар диэлектрик аз шадидияти майдоне, ки онро зарядҳои озод ба вуҷуд меоранд, кам аст.

Дар ҳамон як майдон диэлектрикҳои гуногун ҳархела кутбнок мешаванд ва оид ба дараҷаи поляризатсияи диэлектрики мазкур ҳамеша аз рӯи нисбати

$$\frac{E_0}{E} = \epsilon$$

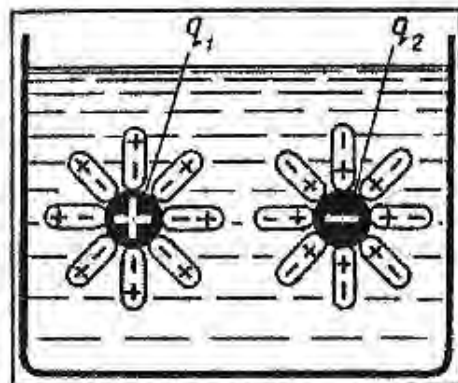
$$(3.1.26)$$

баҳо додан мумкин аст.

Онро нуфузпазирии нисбии диэлектрикӣ меноманд. Вай аз табииати диэлектрик ва ҳолати он вобаста буда, нишон медиҳад, ки шадидияти майдони натиҷавӣ дар диэлектрики якчинса аз шадидияти майдон дар ҳало (вакуум) чанд маротиба кам аст.

Аз формулаи (3.1.26) дида мешавад, ки ε бузургии беченак буда, барои диэлектрик ҳамеша аз воҳид зиёд аст.

Акнун фаҳмида метавонем, ки чаро дар диэлектрик қувваи таъсири мутақобили зарядҳои электрикӣ кам мешавад. Зарядҳои нуқтагӣ диэлектрикро поляризатсия мекунанд (расми 151). Дар сатҳи қисми мусбат заряднокшуда зарядҳои манфии диполҳои молекулавии муҳити атроф ва дар сатҳи қисми манфӣ заряднокшуда зарядҳои мусбат ҷойгир мешаванд. Ин сабаби нисбат ба ҳало камшавии шадидияти майдон мешавад. Камшавии шадидият ба камшавии қувваи таъсири мутақобили байни зарядҳо мувофиқ меояд.



Расми 151

? Саволҳои санҷишӣ

1. Электронкшавӣ бо таъсир дар диэлектрик ва дар ноқил аз якдигар чӣ фарқ доранд?
2. Барои чӣ порчаҳои начандон дарози диэлектрик дар майдони электрикӣ қад-қадӣ хатҳои шадидияти он ҷойгир мешаванд?
3. Мазмуни физикии нуфузпазирии диэлектрикии моддаро шарҳ дода метавонед?
4. Суштшавии таъсири мутақобили қисмҳои заряднок дар диэлектрик нисбат ба ҳамин таъсир дар ҳало чӣ тавр шарҳ дода мешавад?

Масъала. Ғунҷоиши конденсатори ҳамвореро муайян кунед, ки дар байни лавҳаҳои масоҳати ҳар яке $S = 50 \text{ см}^2$ қоғази парафинноки гафсиаш $d = 0,1$ мм гузошта шудааст. Нуфузпазирии диэлектрикии қоғазро $\varepsilon = 4,3$ қабул намоед.

Ҳял. Ғунҷоиши конденсатори ҳамвор ба $C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$ баробар аст.

Масофаи байни лавҳаҳо ба гафсии қоғази байни лавҳаҳо баробар аст. Пас $C \approx 1,9 \cdot 10^{-9}$ Ф мешавад.

! Машқи 31

1. Конденсатори ҳамвор аз ду лавҳаи дар байнашон ҳаво буда, иборат аст, ки ҳар кадом масоҳати $S = 100 \text{ см}^2$ дорад. Ҳангоми ба яке аз лавҳаҳо додани заряди $q = 5 \cdot 10^{-9}$ Кл дар байни лавҳаҳо шиддати $U = 120 \text{ В}$ пайдо гашт. Лавҳаҳо аз якдигар дар кадом масофа воқеанд?

2. Конденсатори ҳамвори ҳавоиро баъди заряддихӣ аз манбаи шиддат чудо карда, ба карасин ғӯтонанд, энергияи майдони электрикии конденсатор чӣ тавр тағйир меёбад?

3. Заррачаи хурди массааш $2 \cdot 10^{-14}$ кг дар байни лавҳаҳои конденсатор қарор дорад. Агар масофаи байни лавҳаҳо 5 см бошад, заряди электрикии заррача чӣ қадар аст?

4. Масоҳати сатҳи лавҳаҳои конденсатори ҳамвори ҳавоӣ ба 20 см^2 баробар буда, масофаи байни лавҳаҳо 5 мм аст. Ғунҷоиши конденсаторро ёбед.

❗ Хулосаҳо аз фасли «Майдони электрикӣ»

1. Қувваи таъсири мутақобили ду заряди нуқтагии электрикӣ ба ҳосили зарби бузургии зарядҳо мутаносиби роста буда, ба квадрати масофаи байни онҳо мутаносиби чаппа аст (Қонуни Кулон):

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r^2}$$

2. Дар системаи сарбастае, ки бо он додугирифтӣ зарядҳо вучуд надорад, ҳангоми ҳар гуна таъсири мутақобили ҳисмҳо суммаи алгебравии зарядҳои электрикӣ доимӣ мемонад (Қонуни бақои заряд).

3. Дар фазои заряди электрикиро ихотақунанда ҳамеша майдони электрикии бо ин заряд алоқаманд вучуд дорад. Мавҷудияти майдон аз вучуд доштани зарядҳои озмоишӣ вобастагӣ надорад. Ба мавҷудияти майдони электрикӣ фақат аз рӯи қувваи ба зарядҳои электрикӣ таъсирқунандаи он баҳо додан мумкин аст.

Шадиияти майдон E тавсифоти қуввагии майдони электрикист. Дар нуқтаи додашудаи майдон вай қувваи ба заряди воҳидии мусбат таъсирқунандаро ифода мекунад:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Шадиияти майдони умумии ду ё якҷанд зарядҳои нуқтагӣ аз рӯи суммаи вектори шадииятҳои зарядҳои алоҳида муайян карда мешавад (принсипи суперпозитсия).

4. Қори кӯчиши заряд дар майдони якҷинсаи электрикӣ аз шакли масири ҳаракат вобастагӣ нашошта, танҳо аз мавқеаҳои ибтидоӣ ва интиҳоии он вобаста аст.

Нисбати энергияи потенциалии заряди ба майдони электрикӣ воридгашта бар қимати ин заряд ҳамчун тавсифи энергияи майдон-потенциал қабул шудааст

$$\varphi = \frac{W}{q}$$

5. Шиддати байни ду нуқта ба нисбати кори майдон ҳангоми аз нуқтаи ибтидоӣ то интиҳои кўчонидани заряд бар бузургии он баробар аст.

Шадидияти майдони якҷинсаи электрикӣ бо шиддат аз рӯи

формулаи $E = \frac{U}{\Delta d}$ алоқаманд мебошад, ки дар ин ҷо U шиддати байни

ду нуқтаи масофаашон Δd ва дар як хати шадидият хоби ҷа мебошад.

6. Бузургиеро ғунҷоиши электрикӣ ноқил меноманд, ки ба нисбати

заряди ноқил бар потенциали он $\left(C = \frac{q}{\varphi}\right)$ баробар аст. Ғунҷоиши

электрикӣ ноқил аз андоза ва шакли он вобаста аст.

Ғунҷоиши электрикӣ конденсатори ҳамвор ба масоҳати кори лавҳаҳо S ва нуфузпазирии нисбии диэлектрикӣ модда ε мутаносиби роста ва ба масофаи байни лавҳаҳо d мутаносиби чаппа мебошад:

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

7. Энергияи майдони электрикӣ конденсатори заряднок ба ҳосили зарби ғунҷоиши он ва квадрати шиддати байни лавҳаҳо мутаносиби роста аст:

$$W = \frac{1}{2} C U^2$$

Энергияи майдони электрикӣ конденсаторро инчунин аз рӯи

формулаҳои $W = \frac{1}{2} q U$ ва $W = \frac{q^2}{2C}$ ҳисоб кардан мумкин аст.

Зичии энергияи майдони электрикӣ ба квадрати шадидияти ин майдон мутаносиби роста аст:

$$W = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 E^2}{2}$$

8. Диэлектрик ба майдони электрикӣ воридшуда кутбнок мешавад ва майдони электрикӣ зарядҳои поляризатсияшуда ҳамеша нисбат ба майдони беруна самти муқобил дорад, бинобар ҳамин майдони берунаи диэлектрик суст мегардад.

3.2. ҚОНУНҲОИ ҶАРАЁНИ ДОИМӢ

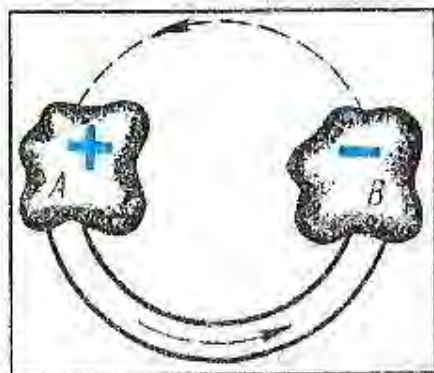
§ 67. Шартҳои зарури мавҷудияти ҷараёни доимӣ.

Манбаи ҷараён

Маълум аст, ки дар ноқилҳо зарядҳои озоди электрикӣ мавҷуданд ва ҳаракати ботартиби онҳоро дар ноқил ҷараёни электрикӣ меноманд. Вале ҳаракати ботартиби зарядҳо танҳо бо таъсири қуваҳои беруна ба амал меояд.

Барои он ки ҷараён дар ноқил бефосила ҷорӣ шавад, бояд он сарбаста бошад. Дар акси ҳол зарядҳо фақат дар нӯгҳои ноқил ҷамъ шуда, ҷараёнро ба вучуд оварда наметавонанд.

Агар зарядҳо дар ноқил бо дигар ҳиссаҳо таъсири мутақобил намедоштанд, пас мебоист доимӣ ҳаракати худро давом медоданд. Чунин ҷараёнро дар баъзе филизот ҳангоми ҳароратҳои ба сифри мутлақ наздик мушоҳида кардан мумкин аст. Муқовимати чунин филизот ба сифр баробар аст. Ва онҳоро фавқунноқилҳо меноманд. Дар ҳароратҳои муқаррарӣ, вақте ки зарядҳо бо атому ионҳо таъсири мутақобилдоранд, энергияи кинетикиашон кам мешавад. Барои доимӣ нигоҳ доштани ҷараён бефосила ба онҳо энергия илова бояд намуд, ки ин иҷрои корро талаб мекунад.

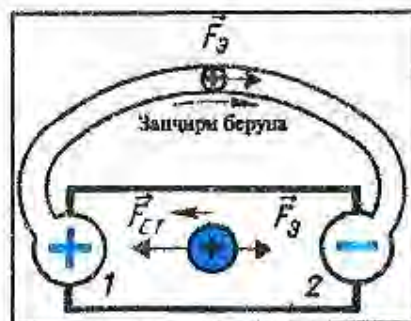


Расми 152

Ду қисми гуногунзаряди А ва В-ро тасаввур мекунем. Ин қисмҳоро тавассути ноқил пайваст мекунем (расми 152). Пас заряди мусбат таҳти таъсири майдони электрикӣ қадқади ноқил ва заряди манфӣ ба самти муқобил ҳаракат мекунанд. Аз ноқил ҷараён мегузарад, вале қўчиши зарядҳо то он дам давом мекунад, ки шиддат ба сифр баробар нагардад. Дар ин ҳангом майдони электрикӣ ҳам дар ноқил қатъ мегардад.

Барои доимӣ мондани бузургии ҷараён зарур аст, ки шиддати нӯгҳои ноқил тағйир наёбад, яъне дар ноқил майдони электрикӣ мавҷуд бошад, ки ин вазифаро дастгоҳи махсус – манбаи ҷараён таъмин мекунад.

Манбаи ҷараён. Барои қатъ нагаштани ҷараён лозим аст, ки зарядҳои мусбати аз қисми А ба қисми В қўчанда, масалан, бо ягон роҳи ВА боз ба қисми А (роҳи рах-рах дар расми 152) баргарданд. Яъне зарядҳо дар ин қитъаи роҳ бояд муқобили қуваҳои электростатикӣ ҳаракат кунанд. Барои ин бояд ба зарядҳо аз берун қуваҳои таъсирнамоянанд, ки онҳоро қуваҳои беруна меноманд. Манбаи ҷараён дастгоҳест, ки дар он маҳз ҳамин



Расми 153

кувваҳои беруна ба амал оварда мешаванд. Пайдоиши ин кувваҳо сабабҳои гуногун дошта метавонанд. Масалан, дар аккумулятор ва батареяҳо ин кувваҳо дар натиҷаи реаксияи химиявӣ ба вучуд меоянд. Дар фотоэлемент кувваҳои мазкур дар натиҷаи таъсири рӯшноӣ ба электронҳои филизот ё нимноқил пайдо мегарданд. Дар генераторҳои нерӯгоҳҳои барқии пуриқтидор кувваҳои беруна ба ҳаракати ноқил дар майдони магнитӣ сабаб мешаванд ва ғ.

§ 68. Кувваи электрҳаракатдиҳанда

Дар дохили манбаъ ҳарчанд кӯчиши зарядҳо зиёд бошад, ҳамон қадар қори бештар сарф мешавад. Нисбати қори мазкур бар заряди гузаранда барои манбаи додашуда бузургии доимӣ аст. Барои манбаъҳои дигар ин бузургӣ қимати дигар дорад. Аз ин рӯ вай ҳамчун тавсифдиҳандаи манбаъ хизмат мекунад.

Нисбати қори кувваҳои берунаро, ки барои қад-қади занҷир кӯчонидани заряд иҷро мешавад, бар бузургии ин заряд кувваи электрҳаракатдиҳанда (ҚЭХ)-и манбаъ меноманд. Онро бо ҳарфи \mathcal{E} ишорат мекунем ва мувофиқи таърифи боло

$$\mathcal{E} = \frac{A_6}{q} \quad (3.2.1)$$

мешавад, ки ин ҷо A_6 - қори кувваҳои беруна ҳангоми кӯчиши заряди q мебошад. Аз формула дида мешавад, ки ҚЭХ мисли шиддат бо V (вольтҳо) чен карда мешавад.

Манбаъҳо аз рӯи ҚЭХ-ашон фарқ мекунанд. Масалан, ҚЭХ-и элементҳои галванӣ ба 1-2В, аккумуляторҳои сурбӣ то 2В, генераторҳои индуксионӣ то 15000В баробар буда метавонанд.

Вақте ки ба қутбҳои манбаи қараён ноқилро пайваस्त мекунанд, дар он майдони электрикӣ пайдо мешавад (расми 153). Бо таъсири кувваҳои электростатикӣ дар ноқил зарядҳо аз қутби мусбат ба қутби манфӣ ҳаракат мекунанд. Дар дохили манбаъ бошад, ҳаракати зарядҳо ба тӯфайли кувваҳои беруна $/F_6/$ аз қутби манфӣ ба қутби мусбати манбаъ ҳаракат хоҳанд кард. Дар натиҷа зарядҳо аз рӯи роҳи сарбаста ҳаракат карда, қараёни бефосиларо ба вучуд меоранд.

Қори пурраи кӯчиши зарядро ҳисоб мекунем. Вай аз суммаи қори кувваҳои электростатикӣ дар қитъаи беруна $/A_{1,2}/$ ва қори қитъаи дохилӣ иборат аст. Қор дар қитъаи дохилӣ аз ҳосили ҷамъи қори кувваҳои электростатикӣ $/A_{2,1}/$ ва қори кувваҳои беруна $/A_6/$ иборат аст. Яъне $A_n = A_{1,2} + A_{2,1} + A_6$ мешавад.

Дар ин формула ду чамъшавандаи аввал кори қувваҳои электростатикиро ифода мекунад. Маълум аст, ки онҳо ба сифр баробаранд. Пас $A_n = A_\delta$ мешавад. Ҳамин тавр, кор дар тамоми роҳи сарбаста аз ҳисоби қувваҳои беруна иҷро мегардад. Кори қувваҳои беруна бо харчи энергияи зарядҳо ҷуброн мешавад. Акнун корро ҳангоми кӯчиши заряди воҳидии мусбат ҳисоб мекунем. Аз баробарии (3.2.1)

$$\frac{A_n}{q} = \frac{A_\delta}{q} = \varepsilon$$

ё ки

$$\boxed{\varepsilon = \frac{A_n}{q}} \quad (3.2.2)$$

ҳосил мекунем.

Яъне, ҚЭҲ-и манбаъ ба коре баробар аст, ки аз тарафи қувваҳои беруна ҳангоми дар занҷири сарбаста барои кӯчондани заряди воҳидии мусбат иҷро мегардад.

❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Барои чӣ қувваҳои электростатикӣ сабаби пайдоиши ҷараёни доимии электрикӣ шуда наметавонанд?
2. Шартҳои зарурии ба вучуд омадани ҷараёни доимии электрикиро шарҳ дода метавонед?
3. Вазифаи манбаи ҷараёни электрикӣ аз чӣ иборат аст?
4. ҚЭҲ чист?

§ 69. Қонуни Ом барои қитъаҳои якҷинса ва гайриякҷинсаи занҷир

Ҷараёни электрикӣ аз асбобу дастгоҳҳои электрикӣ мегузарад. Пас аз кадом омилҳо вобаста будани ҷараёнро мо бояд донем. Идораҷавии занҷирҳои электрикӣ асосан ба ченкунии қувваи ҷараён алоқамандӣ дорад.

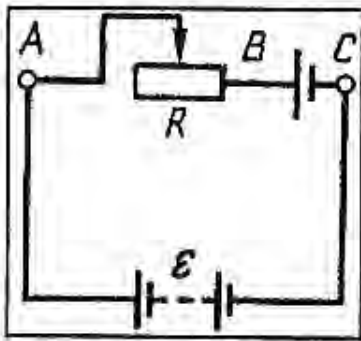
Ҳанӯз дар синфи 8 фаҳмидем, ки қувваи ҷараён дар ноқил аз рӯи қонуни Ом

$$\boxed{J = \frac{U}{R}} \quad (3.2.3)$$

муайян карда мешавад. Ин алоқамандӣ ба қитъаи занҷире тааллуқ дорад, ки дар он ҷараён ба тавассути майдони электрикӣ ба вучуд оварда мешавад. Ин қабил қитъаҳои занҷирро якҷинса мегӯянд.

Тавре дидем, дар занҷири электрикӣ гайр аз қувваҳои электростатикӣ, боз қувваҳои берунии гайриэлектростатикӣ низ таъсир

мекунанд. Қитъаи занчире, ки дар он ғайр аз қувваҳои электростатикӣ боз қувваҳои беруна таъсир мекунанд, қитъаи ғайриякҷинсаи занчир номида мешавад.



Расми 154

Занчиреро дида мебароем, ки онро барои зарядноккунии аккумуляторҳо истифода мебаранд (расми 154). Дар ин занчир \mathcal{E} (ҚЭХ)-и манбаест, ки аз он аккумулятор заряднок мешавад. Занчири беруна аз қитъаҳои АВ ва ВС иборат аст. Қитъаи АВ аз реостате иборат аст, ки ба тавассути он қувваи ҷараён дар занчир танзим мешавад, қитъаи ВС-ро аккумулятор ташкил медиҳад. Дар қитъаи ВС ҳангоми зарядноккунии аккумулятор ғайр аз қувваҳои электростатикӣ инчунин қувваҳои беруна низ таъсир мекунанд, яъне ин қитъа ғайриякҷинса аст.

Агар дар қитъаи занчир ғайр аз қувваҳои электростатикӣ боз қувваҳои беруна таъсир кунанд, он гоҳ кори кӯчиши зарядҳо аз суммаи кори қувваҳои электростатикӣ A_s ва кори қувваҳои беруна A_b иборат мешавад:

$$A = A_s + A_b \quad (3.2.4)$$

Шиддат дар чунин қитъа аз рӯи нисбати кори ҳамаи қувваҳо ҳангоми кӯчиши зарядҳо бар қимати заряди гузаранда q муайян карда мешавад.

$$U = \frac{A}{q} \quad (3.2.5)$$

Ба мақсади саҳеҳкунии мафҳуми шиддат умумияту фарқияти мафҳуми «шиддат» ва «фарқи потенциалҳо»-ро ошкор менамоем. Ин мафҳумҳо фақат дар ҳолати хусусии дар қитъа мавҷуд будани қувваҳои электростатикӣ мувофиқат мекунанд.

Тарафҳои рости чапи баробарии (3.2.4)-ро ба заряди q тақсим мекунем:

$$\frac{A}{q} = \frac{A_s}{q} + \frac{A_b}{q} \quad (3.2.6)$$

Дар ин баробарӣ тарафи чап $\left(\frac{A}{q}\right)$ шиддати U -ро дар қитъаи ғайриякҷинсаи занчир ифода мекунад. Узви аввали тарафи рости баробарӣ $\left(\frac{A_s}{q}\right)$ фарқи потенциалҳо $(\varphi_1 - \varphi_2)$, вале узви дуюм $\frac{A_b}{q}$ ҚЭХ -

(\mathcal{E}) - ро ифода мекунад.

Инро ба ҳисоб гирифта ифодаи (3.2.6)-ро ба таври зерин навиштан мумкин аст:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 + \mathcal{E} \quad (3.2.7)$$

Аз формулаи охирин дида мешавад, ки шиддат дар қитъаи додашуда ба суммаи фарқи потенциалҳо ва ҚЭХ-и қитъа баробар аст. Агар дар қитъа фақат қувваҳои электростатикӣ амал кунанд, пас

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 \quad (3.2.8)$$

мешавад.

Ҳамин тариқ, вақте ки дар қитъаи занҷир танҳо қувваҳои электростатикӣ таъсир мекунад, мафҳуми «шиддат» ва «фарқи потенциалҳо» як бузургиро ифода менамоянд.

Яъне барои қитъаи ғайриякҷинсаи занҷир дар Қонуни Ом барои

қитъаи занҷир $\left(J = \frac{U}{R} \right)$ қимати шиддатро аз (3.2.7) гузошта ҳосил

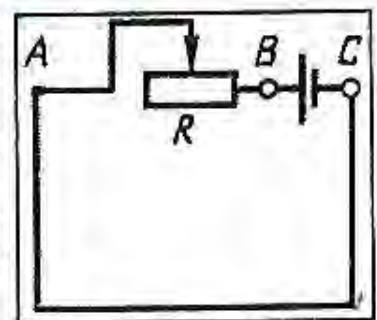
мекунем:

$$J = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + \mathcal{E}}{R} \quad (3.2.9)$$

Формулаи (3.2.9) Қонуни Омро барои қитъаи ғайриякҷинсаи занҷир ифода мекунад.

§ 70. Қонуни Ом барои занҷири сарбаста

Мо акнун медонем, ки қувваи ҷараён дар қитъаи ғайриякҷинсаи занҷир аз рӯи формулаи 3.2.9 (параграфи гузашта) муайян карда мешавад. Нуқтаҳои А ва С-ро дар расми 155 бѐа ҳам пайваста, занҷири сарбаста ҳосил мекунем. Аз ин занҷир ҷараёне ҷорӣ мешавад, ки онро манбаи ҚЭХ-аш \mathcal{E} ба вуҷуд меорад.



Расми 155

Азбаски нуқтаҳои ибтидоӣ ва интиҳоии занҷир ҳамчояанд, фарқи потенциалҳои байни онҳо баробари сифр аст. Пас аз рӯи формулаи (3.2.9) қимати қувваи ҷараён дар занҷири сарбаста

$$J = \frac{\mathcal{E}}{R_1} \quad (3.2.10)$$

мешавад, ки ин ҷо \mathcal{E} ҚЭХ-и манбаъ, R_1 - муқовимати тамоми занҷир

мебошанд. Ин муқовимат аз муқовиматҳои резистори (муқовимати иловагӣ) R , ки ба қитъаи берунаи занҷир тааллуқ дорад ва муқовимати дохилии худ манбаъ r иборат аст. Пас

$$J = \frac{\mathcal{E}}{R + r} \quad (3.2.11)$$

мешавад. Формулаи (3.2.11) Қонуни Ом барои занҷири сарбастаро ифода мекунад: дар занҷири сарбаста қувваи ҷараён ба ҚЭҶ-и манбаъ мутаносиби роста буда, ба муқовимати пурраи занҷир мутаносиби чаппа аст.

Чен кардани ҚЭҶ: Аз формулаи (3.2.11) ифодаи

$$\mathcal{E} = J(R + r) \quad (3.2.12)$$

ё ки

$$\mathcal{E} = JR + Jr \quad (3.2.13)$$

ҳосил мешаванд, ки дар ин ҷо JR -шиддати қитъаи берунаи занҷир (шиддати сиқонакҳои манбаъ) Jr - шиддати дохилии манбаъ мебошанд. Қонуни Ом нишон медиҳад, ки ҚЭҶ-и манбаъ ба суммаи шиддатҳои дохилӣ ва беруна баробар аст.

Агар муқовимати берунаи занҷир R аз муқовимати дохилии манбаъ r хеле калон бошад, ($R \gg r$) муқовимати r -ро ба эътибор нагирифта, мувофиқи формулаи (3.2.13)

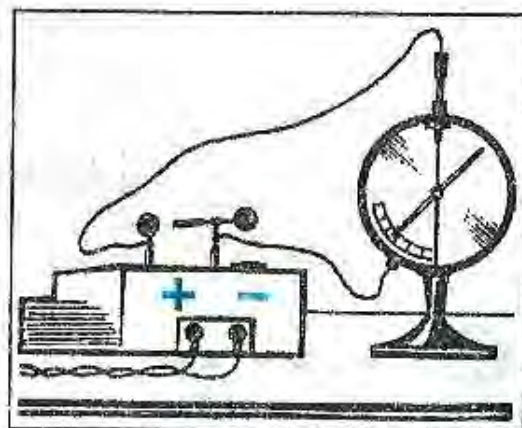
$$\mathcal{E} = JR \quad (3.2.14)$$

-ро ҳосил мекунем.

Ҳамин тариқ, шиддатро дар қутбҳои манбаъ чен карда, қимати тақрибии ҚЭҶ-и манбаъро муайян мекунем. Ҳарчанд муқовимати занҷири беруна R аз муқовимати дохилии манбаъ калон бошад, ҳамон қадар қимати саҳеҳи ҚЭҶ ҳосил мешавад.

Бо тарзи чен кардани шиддати байни қутбҳои манбаъ ҳангоми сарбаста набудани занҷир шинос мешавем. Ҳарчанд муқовимати вольтметр аз муқовимати дохилии манбаъ зиёд бошад, ҳамон қадар нишондоди он ба қимати аслии ҚЭҶ наздик мешавад.

Одатан шиддати байни қутбҳои манбаъро бо ёрии электрометр чен мекунанд (расми 156). Мила ва танан он, ки ба қутбҳои манбаъ пайваст карда мешаванд, аз ҳамдигар изолятсия (ҷудо) мебошанд.



Расми 156

Расмии кӯтоҳ. Қиматҳои ҳудудии қувваи ҷараёнро ҳангоми истифодаи манбаи додасуда муоина менамоем, ки ҚЭҶ-и манбаъ \mathcal{E} ва муқовимати дохилии он бузургҳои доимӣанд. Аз ин рӯ қувваи ҷараён

дар занҷир фақат аз муқовимати занҷири беруна R вобаста аст.

Мо аллақай қайд кардем, ки агар занҷир сарбаста набошад, яъне муқовимати беруна бузург $R \rightarrow \infty$ бошад, пас қувваи ҷараён ба сифр ва шиддати байни қутбҳои манбаъ ба ҚЭҶ баробар аст.

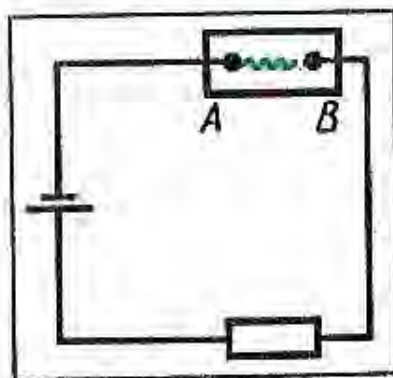
Акнун мавриди ҳудудии дигареро муоина мекунем, ки ҳангоми он муқовимати занҷири беруна ба сифр майл мекунад $R \rightarrow 0$ ё ба қутбҳои манбаъ ноқиле пайваستا шуда бошад, ки муқовимати он назар ба муқовимати дохилии манбаъ ночиз бошад. Ин мавридро дар техника расиши кӯтоҳ меноманд.

Аз Қонуни Ом бармеояд, ки агар $R=0$ бошад, шиддати байни қутбҳои манбаъ то сифр кам мешавад $U = IR$, вале қувваи ҷараёни расиши кӯтоҳ ба қимати максималии худ мерасад:

$$J_{p.k.} = \frac{\mathcal{E}}{r} \quad (3.2.15)$$

Аз ин ҷо дида мешавад, ки қувваи ҷараёни расиши кӯтоҳ на фақат аз ҚЭҶ-и манбаъ, балки аз муқовимати дохилии он низ вобастагӣ дорад. Дар манбае, ки муқовимати дохилии нисбатан зиёд дорад (масалан, элементҳои галванӣ), қувваи ҷараёни расиши кӯтоҳ на чандон бузург аст, аз ин рӯ ҷараён дар онҳо хавфнок нест (барои манбаъ).

Дар аккумуляторҳои сурбӣ бошад, қор дигар аст; муқовимати дохилии онҳо кам ($0,1 - 0,01$ Ом) аст. Аз ин сабаб қувваи ҷараёни расиши кӯтоҳ бузург буда, метавонад лавҳаҳои аккумуляторро вайрон кунад. Расиши кӯтоҳ хусусан дар занҷирҳои равшанидиҳӣ, хавфовар аст. Ҳангоми ҚЭҶ-и баланд (бештар аз 100В) муқовимати чунин манбаъҳо хеле хурд аст. Аз ин рӯ қувваи ҷараёни расиши кӯтоҳ ба ҳазорҳо ампер расида, боиси гармшавии симҳо ва сӯхтори биноҳо мегардад. Барои пешгирӣ кардани ин гуна ҳодисаҳо дар занҷирҳо муҳофизакҳо мегузоранд. Муҳофизак аз сими борики АВ (расми 157) иборат аст, ки ҳангоми қувваи ҷараёни на чандон баланд гудохта шуда, занҷирро ҷудо мекунад.



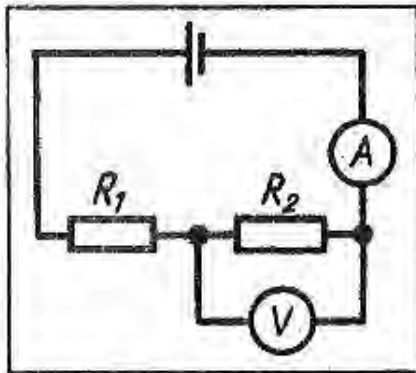
Расми 157

❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Кадом қитъаи занҷирро якҷинса меноманд?
2. Қонуни Ом барои қитъаи занҷир чӣ тавр таъриф дода мешавад?
3. Шиддат чист? Шиддати қитъаи якҷинса аз шиддати қитъаи ғайриякҷинсаи занҷир чӣ фарқ дорад?
4. Қонуни Ом барои занҷири сарбаста чӣ тавр таъриф дода мешавад?

Машқи 32

1. ҚЭХ-и манбаи чараён 4 В буда, ба қутбҳои он лампаи муқовиматаш 6 Ом пайваст карда шудааст. Дар натиҷа қувваи чараёни занҷир 0,4 А шуд. Аз рӯи ин маълумот муқовимати дохилии манбаъро муайян кунед.



Расми 158

2. Манбае, ки 20 В ҚЭХ ва 0,8 Ом муқовимат дорад, 5А қувваи чараён медиҳад. Шиддати байни нӯғҳои занҷири беруна дар ин вақт чанд аст?

3. Нишондоди вольтметр ва амперметрро (расми 158) дар занҷир муайян кунед. ҚЭХ-и манбаъ 6В, муқовимати дохилии он 0,2 Ом, муқовимати резисторҳои R_1 ва R_2 мувофиқан 1,8 ва 10 Ом мебошанд.

4. ҚЭХ-и батарея 6 В, муқовимати дохилиаш 1,5 Ом аст. Ба ин батарея лампаи электрикӣ муқовиматаш 7,5 Ом-ро пайваст кардаанд.

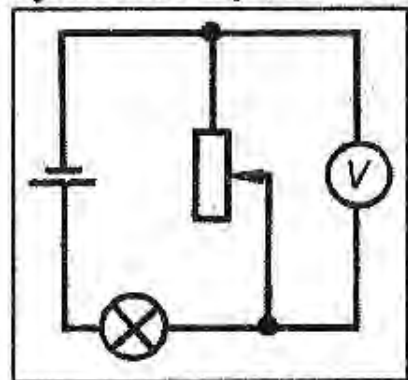
Шиддатро дар лампа ёбед.

5. Ба қутбҳои манбаи чараён, ки 8 В ҚЭХ дорад, ноқили муқовиматаш 30 Ом-ро пайваст кардаанд. Дар ин вақт шиддати байни нӯғҳои ноқил ба 6 В баробар гашт. Муқовимати дохилии манбаъ чӣ қадар аст?

6. Қувваи чараёни 20 мА барои ҳаёти инсон ҳавфнок аст. Муқовимати электрикӣ бадани одам қариб 2100 Ом бошад, пас барои ҳаёти инсон чӣ гуна шиддат ҳавфнок аст?

7. Дар занҷири дар расми 159 нишондодашуда лағжонаки реостатро тавре кӯчониданд, ки равшани лампа зиёд шуд. Дар ин маврид нишондоди вольтметр чӣ гуна тағйир меёбад?

8. ҚЭХ-и батареяи аккумуляторҳо ба 12 В ва муқовимати дохилиаш ба 0,04 Ом баробар аст. Қувваи чараёни расиши кӯтоҳи батарея чӣ қадар шуда метавонад?



Расми 159

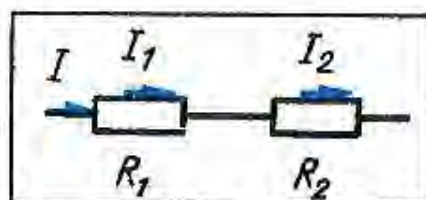
§ 71. Занҷири электрикӣ. Пайвасти пайдарпай ва мувозии ноқилҳо

Манбаи чараёнро якҷоя бо занҷири беруна занҷири сарбастаи электрикӣ мегӯянд. Ба занҷири беруна истеъмолкунандаҳои чараён (лампаҳои электрикӣ, асбобҳои гармидиҳанда, муҳаррикҳои барқӣ ва ғ.), симҳои васлкунӣ ва калидҳо дохил мешаванд. Асбобҳои танзиму назораткунандаи чараёну шиддат низ ба занҷири беруна тааллуқ доранд.

Муқовимати занҷири беруна муқовимати умумии тамоми элементҳои занҷири беруна аст. Ба тарзҳои муайян кардани муқовимати занҷири беруна ҳангоми маълум будани муқовимати қитъаҳои алоҳидаи он шинос мешавем.

Пайвасти пайдарпайи ноқилҳо. Ҳангоми пайдарпай пайваст

намудани ноқилҳо (расми 160) қувваи ҷараён дар тамоми ноқилҳо якхела аст. Зеро дар акси ҳол дар нуқтаҳои гуногуни занҷир ҷамъшавии зарядҳо ба амал меояд, яъне



Расми 160

$$J = J_1 = J_2 \quad (3.2.16)$$

аст.

Таҷриба нишон медиҳад, ки дар ин маврид шиддати занҷири беруна ба суммаи шиддатҳои қитъаҳои алоҳидаи он баробар аст:

$$U = U_1 + U_2 \quad (3.2.17)$$

Қонуни Омро барои қитъаи занҷир нисбат ба ҳар қитъаи пайдарпай пайваस्तшудаи занҷир алоҳида татбиқ намуда, ҳосил мекунем:

$$U = JR, \quad U_1 = JR_1, \quad U_2 = JR_2$$

Ифодаи (3.2.17)-ро истифода бурда:

$$JR = JR_1 + JR_2 = J(R_1 + R_2)$$

мебинем, ки

$$R = R_1 + R_2 \quad (3.2.18)$$

ҳосил мешавад. Яъне ҳангоми пайдарпай пайвасткунӣ муқовимати пурра ба суммаи муқовиматҳои резисторҳои алоҳида баробар аст.

Аз рӯи нисбати шиддатҳои

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{JR_1}{JR_2}$$

ё ки

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

дида мешавад, ки шиддат дар резисторҳои пайдарпай пайваस्तшуда ба муқовимати онҳо мутаносибан тақсим мешавад.

Ҳамин тавр, вобастагҳои (3.2.16)-(3.2.18) барои шумораи беохирӣ ноқилҳои пайдарпай пайваस्तшуда дуруст мебошанд:

$$J = J_1 + J_2 + \dots + J_n$$

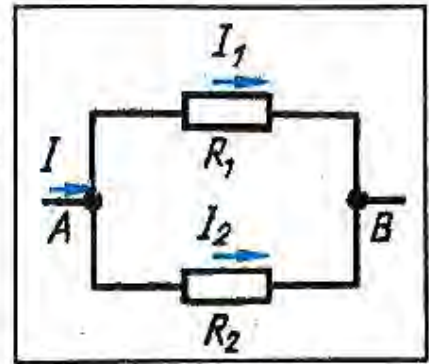
$$U = U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U_n$$

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (3.2.19)$$

$$\frac{U}{R} = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} = \frac{U_3}{R_3} = \dots = \frac{U_n}{R_n}$$

Пайвасти мувозии ноқилҳо. Ҳангоми пайвасти мувозии резисторҳо (расми 161) шиддати ҳамаи ноқилҳо якхела аст, зеро онҳо ба ҳамон нуқтаҳои якхелаи занҷир (А ва В) пайваस्त шудаанд.

$$U = U_1 = U_2 \quad (3.2.20)$$



Расми 161

Фаҳмош, ки дар ин маврид

$$J = J_1 + J_2 \quad (3.2.21)$$

аст.

Муқовимати пурраи ин қитъаи занҷир (байни нуқтаҳои А ва В)-ро R ва муқовимати ҳар як ноқилро бо R_1 ва R_2 ишорат мекунем.

Қонуни Омро барои ҳар як қитъаи занҷир татбиқ менамоем:

$$J = \frac{U}{R}, \quad J_1 = \frac{U_1}{R_1}, \quad J_2 = \frac{U_2}{R_2}$$

Мувофиқи вобастагии (3.2.21)

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

ва $\frac{J_1}{J_2} = \frac{R_2}{R_1}$ ё ки $J_1 R_1 = J_2 R_2$

мешаванд, ки аз онҳо хулосаҳои зерин мебароянд:

1). Бузургии чаппаи муқовимати ноқилҳо ба суммаи бузургҳои чаппаи муқовиматҳои резисторҳои мувозӣ пайваस्तшуда баробар аст.

2). Қувваи ҷараён дар ноқилҳои мувозӣ пайваस्तшуда ба муқовиматҳои онҳо мутаносиби чаппа аст.

Ғуфтаҳои боло на фақат барои ҷуфти ноқилҳо, балки барои миқдори зиёди онҳо низ дурустанд:

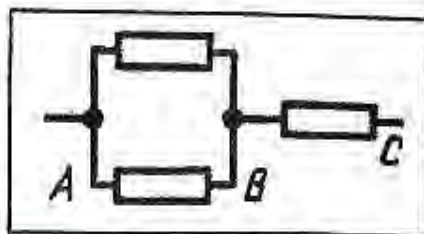
$$J = J_1 + J_2 + J_3 + \dots + J_n$$

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U_n$$

$$J = \frac{U}{R}, \quad J_1 = \frac{U_1}{R_1}, \quad J_2 = \frac{U_2}{R_2}, \quad J_3 = \frac{U_3}{R_3}; \dots; \quad J_n = \frac{U_n}{R_n}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (3.2.22)$$

Ҳангоми пайвасти омехтаи резисторҳо (масалан, расми 162) ба қитъаи АВ формулаҳои мувозӣ пайвасткунӣ татбиқ мешаванд ва занҷири берунаи ҳосилшударо чун қитъаи пайдарпайи АВ ва ВС ҳисоб кардан лозим аст.



Расми 162

§ 72. Қор ва тавоноии чараён

Ҳангоми ҳаракати бенизоми зарраҳои заряднок майдони электрикӣ дар ноқил қор иҷро мекунад, ки онро одатан қори чараён меноманд.

Қори чараён. Маълум аст, ки қори майдон ҳангоми кӯчиши заряди q иҷрошаванда ба $A = qU$ баробар аст. Азбаски $q = It$ аст, пас

$$A = UIt \quad (3.2.23)$$

мешавад. Бо назардошти қонуни Ом ($U = J \cdot R$) барои қори чараён формулаи

$$A = J^2 R t$$

-ро ҳосил мекунем, ки дар ин ҷо R - муқовимати ноқил аст.

Қонуни Ҷоул-Ленс. Чараёни электрикӣ боиси дар ноқил ҷудошавии миқдори гармӣ мегардад.

Гармшавии ноқилҳо аз он сабаб ба амал меояд, ки электронҳои бо таъсири майдон батартиб ҳаракаткунанда ба ионҳои панҷараи кристаллӣ бархӯрда, энергияи худро гум мекунанд. Дар натиҷа энергияи ҳаракати бенизоми онҳо меафзояд, ки сабаби афзоиши энергияи дохилии ноқил мегардад. Ҳамин тариқ гармшавии ноқил аз ҳисоби қори майдони электрикӣ ба вучуд меояд.

Агар чараён танҳо барои ҷудошавии гармӣ сарф шавад, дар асоси Қонуни бақои энергия миқдори гармии дар ноқил ҷудошударо ба қори чараён

$$Q = A = J^2 R t \quad (3.2.24)$$

баробар гирифта мумкин аст.

Формулаи (3.2.24)-ро беҳабар аз якдигар дар асоси таҷрибаҳои олими англис Ҷ. Ҷоул ва олими рус Э.Х.Ленс ҳосил намудаанд. Хулосаҳои онҳо ҳамчун Қонуни Ҷоул-Ленс маълум аст, ки таърифи он чунин аст:

Миқдори гармие, ки дар ноқили чараёндор ҷудо мешавад, ба ҳосили зарби квадрати қувваи чараён, муқовимати ноқил ва вақти ҷоришавии чараён баробар аст.

Тавоноии чараён. Ҳар як асбоби электрикӣ (ҷароғ, муҳарриқи барқӣ) барои истеъмоли миқдори муайяни энергия дар ягон лаҳзаи вақт

пешбинӣ шудааст. Аз ин рӯ ба қатори кори ҷараён мафҳуми «тавоноии ҷараён» низ дохил карда мешавад.

Мувофиқи таърифи тавоноӣ кори дар воҳиди вақт иҷрошуда аст. Азбаски $A = JUt$ аст. бинобар ин

$$P = \frac{A}{t} = \frac{JU t}{t} = JU \quad (3.2.25)$$

мешавад.

Дар формулаи (3.2.25) шиддати ҷуваии ҷараёнро мувофиқи Қонуни Ом ифода намуда, формулаи тавоноиро дар шакли

$$P = J^2 R \quad (3.2.26)$$

ё

$$P = \frac{U^2}{R} \quad (3.2.27)$$

ҳосил мекунем.

Ду формулаи охириро ҳангоми пайвастиҳои пайдарпай ва мувозии ноқилҳо истифода бурдан мувофиқ аст. Ҳангоми ҷоришавии ҷараёне, ки аз нерӯгоҳҳои барқ ба масофаҳои дур ба истеъмолкунандаҳо мерасад, харҷи номатлуби энергия ва гармшавии симҳо ногузир аст. Бо ин мақсад бояд ҷораҳои махсус дида шаванд.

Аз ҷи вобаста будан ва ҷи тавр пешгирӣ кардани сарфи беҳудаи энергияро ошкор месозем. Фарз мекунем, ки аз нерӯгоҳи барқ ба истеъмолкунанда тавоноии P дода мешавад ва P_1 тавоноист, ки дар симҳо харҷ мешавад. Ин тавоноӣ ба

$$P_1 = J^2 R \quad (3.2.28)$$

баробар аст, ки ин ҷо R - муқовимати симҳо, J - ҷуваии ҷараён аст.

Ҷуваии ҷараёнро дар хати электрикӣ аз рӯи тавоноии он муайян кардан мумкин аст:

$$J = \frac{P}{U}$$

ки дар ин ҷо U - шиддати қутбҳои манбаъ мебошад.

Қимати ҷуваии ҷараёнро ба формулаи (3.2.28) гузошта, бо

назардошти $R = \rho \frac{\ell}{S}$ ҳосил мекунем:

$$P_1 = \frac{P^2}{U^2} \cdot R = \frac{P^2}{U^2} \rho \frac{\ell}{S} \quad (3.2.29)$$

Формулаи (3.2.29) нишон медиҳад, ки тавоноии дар симҳо талафшаванда аз шиддат (U) ва масоҳати буриши симҳо (S) вобаста аст (дарозии симҳо l ва тавоноӣ P барои ҳар як хати электрикӣ бузургҳои муайянанд: ба сифати ноқилҳо мис ё алюминий, ки муқовимати хоси (ρ) камтарин доранд, истифода мешаванд).

Имкониятҳои кам кардани талафи тавоноӣ аз ҳисоби зиёд кардани гафсии сим маҳдуд аст. Аз ин сабаб талафотро аз ҳисоби баландкунии шиддат кам мекунанд. Дар ҳаҷҳои пуриқтидори электрикӣ то 13% талафотро ҷоиш мешуморанд.

Масъала. Ба манбаи ҷараёне, ки ҚЭҲ-аш 4 В ва муқовимати дохилиаш 1 Ом аст, реостати муқовиматаш 9 Ом пайваस्त карда шудааст. Қувваи ҷараёни занҷир, шиддати нӯғҳои занҷири беруна ва дохилии манбаъ дар ҳолатҳои зерин ёфта шаванд: а) ба занҷир тамоми муқовимати реостат; б) танҳо сеяки муқовимати реостат дохил шудааст.

Ҳал. а) Қувваи ҷараёнро аз рӯи Қонуни Ом барои занҷири сарбаста меёбем:

$$J = \frac{\mathcal{E}}{R + r} = \frac{4\text{ В}}{9\text{ Ом} + 1\text{ Ом}} = 0,4\text{ А}$$

Шиддати қитъаи берунаро аз рӯи Қонуни Ом барои қитъаи занҷир муайян кардан мумкин аст

$$U = J \cdot R = 0,4\text{ А} \cdot 9\text{ Ом} = 3,6\text{ В}$$

Шиддати дохилии манбаъ

$$U_s = J \cdot r = 0,4\text{ А} \cdot 1\text{ Ом} = 0,4\text{ В}$$

мешавад.

$$\text{б) } J = \frac{\mathcal{E}}{R + r} = \frac{4\text{ В}}{3\text{ Ом} + 1\text{ Ом}} = 1\text{ А}$$

$$U_1 = J_1 \cdot R_1 = 1\text{ А} \cdot 3\text{ Ом} = 3\text{ В}$$

$$U_s = J_1 \cdot r = 1\text{ А} \cdot 1\text{ Ом} = 1\text{ В}$$

Машқи 33

1. Дар элементи галвани ҚЭҲ-аш 1,8 В ва муқовимати дохилиаш 0,6 Ом қимати бештарини қувваи ҷараёни имконпазирро муайян кунед.

2. Агар қутбҳои батареяро бо ноқили муқовиматаш 17,5 Ом сарбаста кунем, қувваи ҷараёни занҷир 0,2 А мешавад. Агар онро бо ноқили муқовиматаш 2,3 Ом сарбаста кунем, пас қувваи ҷараён 1 А мешавад. ҚЭҲ ва муқовимати дохилии ин батарея чӣ қадар аст?

3. Муқовимати дохилии манбаи ҷараёнро ёбед, ки ҚЭҲ-аш 2В буда, ҳангоми бо резистори муқовиматаш 20 Ом сарбаста кардани занҷир шиддат дар резистор ба 1,6 В баробар мешавад.

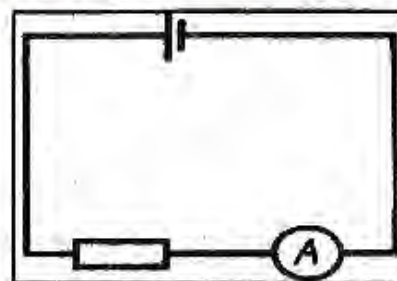
4. Тавре ки маълум аст, дар розеткаи (бумах) шабакаи равшандиҳи шиддати доимӣ нигоҳ дошта мешавад. Ба розетка ду резистори якхеларо аввал пайдарпай ва баъд мувозӣ пайваст мекунад. Дар кадом маврид дар ноқилҳо тавоноии бештар чудо мешавад?

§ 73. Чен кардани қувваи ҷараён ва шиддати занҷир

Чен кардани қувваи ҷараён. Хотиррасон мекунем, ки барои ченкунии қувваи ҷараён амперметрро ба занҷир пайдарпай пайваст мекунад.

Ҳар асбобе, ки ба занҷир пайваст мешавад, ҷараёни занҷирро тағйир медиҳад.

Амперметри ба занҷир пайдарпай пайваст-шуда (расми 163) муқовимати занҷирро зиёд мекунад ва муқовимати умумии он



Расми 163

$$R = R_1 + R_a \quad (3.2.30)$$

мешавад, ки ин ҷо R_a муқовимати амперметр, R_1 - муқовимати резистор мебошанд. Пас нишондоди амперметр бояд аз қувваи аслии ҷараён камтар шавад.

Барои ислоҳи ин камбудӣ муқовимати амперметр бояд нисбат ба муқовимати қитъаи занҷир хеле кам $/R_a \ll R_1/$ бошад. Ин аст, ки амперметрҳо даҳяк ва садяки Ом муқовимат доранд.

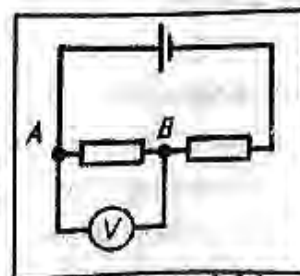
Чен кардани шиддат. Амали вольтметр аз амперметр чандон фарқ надорад. Дар ҳар ду асбоб ҳам рамкаи аз печаки симҳо иборатбуда ҳангоми аз он гузаштани ҷараён дар майдони магнитӣ давр мезанад. Кунҷи гардиши рамка ба қувваи ҷараёни аз он ҷоришаванда мутаносиб аст. Яъне вольтметр ҳам умуман мисли амперметр қувваи ҷараёнро чен мекунад. Пас ба тавассути чунин асбоб чӣ тавр шиддатро чен кардан мумкин аст?

Аз Қонуни Ом барои қитъаи занҷир медонем, ки шиддат дар вольтметр ба қувваи ҷараён мутаносиб аст. Бинобар ин, агар ба миқёси (шкала) вольтметр чунон дараҷа бандем, ки бузургии ченшаванда ба ҳосили зарби қувваи ҷараёну муқовимати вольтметр мутаносиб бошад, пас асбоб афтиши шиддати дар он ба амалояндаро нишон медиҳад:

$$U = JR_a \quad (3.2.31)$$

Барои дар қитъаи лозима муайян кардани шиддат (масалан, қитъаи АВ расми 164) вольтметрро ба ин қитъа бояд тавре пайваст кунем, ки шиддати вольтметр ва шиддати ҳамин қитъа якхела бошанд. Барои ин вольтметрро ба он қитъа мувозӣ мепайванданд.

Ҳар як асбоби ченкунандаи электрикӣ барои

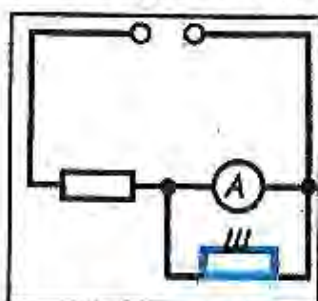


Расми 164

худуди муайяни қувваи ҷараён ва шиддат мувофиқ сохта мешавад. Вале дар ҳар маврид худуди ҷенкунии асбобро зиёд кардан мумкин аст.

Шунт ба амперметр. Ба тарзи зиёд намудани худуди ҷенкунии амперметр шинос мешавем.

Барои ин ба амперметр ноқили дигареро мувозӣ пайваस्त мекунанд, ки аз он қисме аз ҷараён ҷорӣ мегардад. Муқовимати ин ноқил, ки шунт (парчавак) ном дорад, чунон интиҳоб карда мешавад, ки қувваи ҷараёни аз амперметр гузаранда набояд аз қимати худудии асбоб зиёд бошад ва



Расми 165

ҷараёни боқимонда аз шунт гузарад. Дар ин маврид қимати тақсимои шкалаи асбоб дигар мешавад. Инро бо мисол мефаҳмонем. Фарз мекунем, ки бо амперметри муқовиматаш R_a , ки барои қувваи ҷараёни зиёдтарини J_a пешбинӣ шудааст, қувваи ҷараёни n маротиба зиёдро ҷен кардан лозим аст $[J=nJ_a]$. Муқовимати шунт $[R_{ш}]$ -ро барои ин маврид (расми 165) ҳисоб мекунем.

Муқовимати шунтро ҳамон вақт муайян кардан мумкин аст, ки агар шиддат ва қувваи ҷараён дар он маълум бошанд. Формулаи мувозӣ пайвасткунии ноқилҳоро истифода бурда, ҳосил мекунем:

$$J = J_a + J_{ш} \quad \text{ё ки} \quad J_{ш} = J - J_a \quad (3.2.32)$$

ва

$$\frac{J_{ш}}{J_a} = \frac{R_a}{R_{ш}} \quad (3.2.33)$$

Муодилаҳои (3.2.32) ва (3.2.33)-ро якҷоя ҳал карда муқовимати шунтро меёбем:

$$R_{ш} = R_a \cdot \frac{J_a}{J - J_a}$$

Азбаски $J = nJ_a$ аст, пас

$$R_{ш} = \frac{R_a}{n-1} \quad (3.2.34)$$

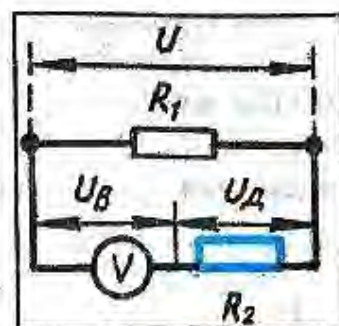
мешавад.

Маълум мешавад, ки агар бо амперметри барои қувваи ҷараёни 1А мувофиқ буда, ҷараёни бузургиаш 10 баробар зиёдро ($n=10$) ҷен кардан лозим бошад, пас бояд муқовимати шунт аз муқовимати амперметр 9 баробар кам бошад. Дар айни ҳол қимати ҳар як тақсимои 10 маротиба меафзояд.

Муқовимати ғловагӣ ба вольтметр. Барои зиёд кардани худуди

ченкунии вольтметр ба вай пайдарпай муқовимати иловагӣ пайваст мекунад.

Муайян мекунем, ки барои вольтметри ба шиддати максималии U_g пешбинишуда чен кардани шиддати $U = nU_g$ чӣ гуна резистори муқовиматаш R_2 -ро пайваст кардан лозим аст (расми 166).



Расми 166

Азбаски резистори R_2 ба вольтметр пайдарпай пайваст шудааст, бинобар ин

$$U_g + U_d = U \quad (3.2.35)$$

мешавад. Шиддатҳои вольтметр ва резистори R_2 ба муқовиматҳояшон мутаносибанд:

$$\frac{U_g}{U_d} = \frac{R_g}{R_2}$$

Аз ин ҷо

$$R_2 = \frac{U_d}{U_g} \cdot R_g \quad (3.2.36)$$

мешавад. Ба ифодаи (3.2.36) қимати U_d -ро аз формулаи (3.2.35) гузошта ҳосил мекунем:

$$R_2 = \frac{U - U_g}{U_g} \cdot R_g = \left(\frac{U}{U_g} - 1 \right) R_g$$

ё ки ба ин ҷо $U = nU_g$ -ро гузошта $R_n = (n - 1)R_g$ -ро ҳосил мекунем. Одатан, дар асбобҳои техникӣ шунт ба амперметр ва муқовиматҳои иловагӣ ба вольтметр дар дохили қуттии асбобҳо ҷойгир карда мешаванд.

❓ Саволҳои санҷишӣ

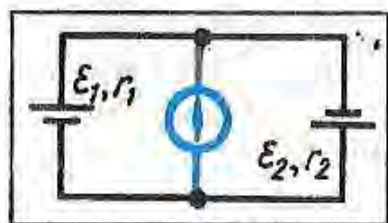
1. Чаро муқовимати амперметр бояд нисбат ба муқовимати резистор кам бошад?
2. Муқовимати вольтметр бояд нисбат ба муқовимати қитъаи ченшавандаи занҷир чӣ гуна бошад?
3. Саҳеҳии ченкунӣ бо амперметр ва вольтметр ҳангоми истифодаи шунт ва муқовиматҳои иловагӣ чӣ гуна тағйир меёбад?

⚠️ Машқи 34

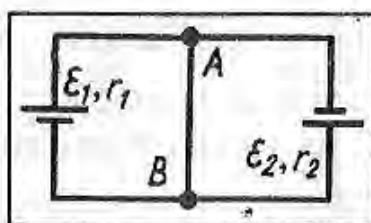
1. Бо амперметре, ки барои чен кардани қувваи ҷараёни то 3 А пешбинӣ шудааст, қувваи ҷараёни то 15 А-ро чен кардан лозим меояд. Ҳангоми 0,2 Ом

будани муқовимати амперметр муқовимати шунтро муайян намоед.

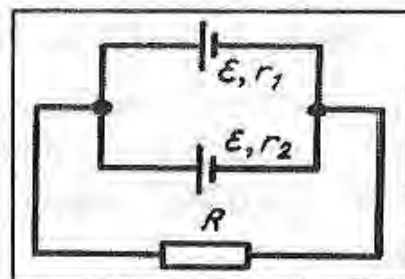
2. Вольтметри мактабии барои ченкунии шиддати то 6 В пешбинишуда 700 Ом муқовимат дорад. Ба он чӣ гуна резистори иловагиро бояд пайваस्त кард, ки шиддати то 120 В-ро чен карда тавонад. Дар ин маврид қимати тақсимоти шкалаи вольтметр чанд маротиба тағйир меёбад?



Расми 167



Расми 168



Расми 169

3. Ду манбаъ, ки ҚЭХ-и \mathcal{E}_1 ва \mathcal{E}_2 доранд мисли расми 167 пайваस्त шудаанд. Ҳангоми чӣ гуна будани нисбати муқовиматҳои манбаъҳо r_1 ва r_2 қувваи ҷараёни аз галванометр гузаранда ба сифр баробар мешавад?

4. Ду манбаи ҷараён бо ҚЭХ-и \mathcal{E}_1 ва \mathcal{E}_2 , муқовиматҳои дохилии r_1 ва r_2 (расми 168) дода шудаанд. Қувваи ҷараёни манбаъҳо ва қувваи ҷараёнро дар хати АВ, ки муқовиматаш сифр аст, ёбед.

5. Ду элемент, ки ҚЭХ-и яхелаи ба 2В баробар доранд, мувозӣ пайваस्त шуда, бо резистори R сарбаста шудаанд (расми 169). Муқовиматҳои дохилии манбаъҳо мувофиқан $r_1 = 1$ Ом ва $r_2 = 2$ Ом аст. Агар қувваи ҷараён дар элементи якум $J_1 = 1$ А бошад, муқовимати резистор R чӣ қадар аст? Қувваи ҷараёнро дар элементи дуюм ёбед.



Хулосаҳо аз фасли «Қонуниҳои ҷараёни доимӣ»

Ҷараёни электрикӣ аз ҳаракати бонизоми зарядҳои электрикӣ иборат аст. Зарядҳои электрикӣ ҳангоми ҳаракат бо атом ва ионҳои ноқил таъсири мутақобил карда, энергияи кинетикии худро гум мекунанд. Аз ин рӯ, барои нигоҳ доштани ҷараён дар занҷир манбаи ҷараён лозим аст. Қутбҳои он (электродҳо) аз ҳисоби кори қувваҳои беруна (гайриэлектростатикӣ) дар дохили манбаъ то ягон фарқи потенциалҳо заряднок мешаванд.

Ба ҳар як манбаъ аз рӯи ҚЭХ ва муқовимати дохилиаш баҳо медиҳанд. Нисбати кори қувваҳои берунаро бар қимати заряди мусбат, ки аз қутби манфии манбаъ ба қутби мусбати он мегузарад, ҚЭХ меноманд.

Азбаски кори қувваҳои электростатикӣ аз рӯи роҳи сарбаста ба сифр баробар аст, бинобар ин ҚЭХ-и манбаъ ададан ба кори қувваҳои

беруна ҳангоми кӯчиши заряди воҳидии мусбат баробар аст ва аз рӯи фарқи потенциалҳои байни қутбҳои манбаъ чен карда мешавад.

Шиддат дар қитъаи ғайриҷинсаи занҷир ба кори тамоми қувваҳо (электростатикӣ ва беруна) баробар аст:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 + \mathcal{E}$$

Қонуни Ом барои чунин қитъа шакли зайл мегирад:

$$J = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + \mathcal{E}}{R}$$

Қувваи ҷараён дар занҷири сӯрбастаи муқовиматҳои дохилию берунаш r ва R аз рӯи Қонуни Ом муайян карда мешавад.

$$J = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

Ҳангоми пайвасти пайдарпайи ноқилҳо қувваи ҷараён дар тамоми занҷир якхела аст. Муқовимати пурраи занҷир ба

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

баробар аст. Шиддат дар ноқилҳо бо муқовимати онҳо аз рӯи нисбати

$$\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} = \frac{U_3}{R_3} = \dots = \frac{U_n}{R_n}$$

вобастагӣ дорад.

Ҳангоми пайвасти мувозии ноқилҳо шиддат дар тамоми ноқилҳо якхела аст:

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$$

Қувваи ҷараён дар гирехҳо ба суммаи қувваи ҷараёни шохаҳо баробар аст:

$$J = J_1 + J_2 + \dots + J_n$$

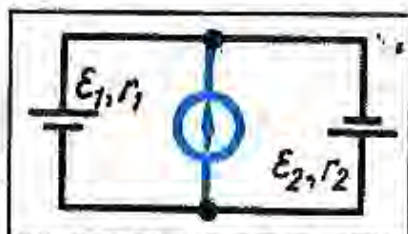
Муқовимати пурраи занҷири беруна ҳангоми пайвасти мувозии ноқилҳо аз рӯи ифодаи

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

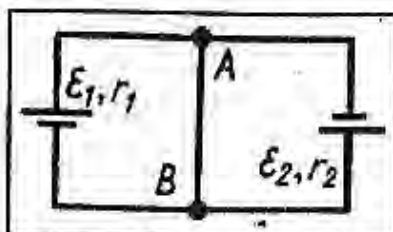
ҳисоб карда мешавад.

будани муқовимати амперметр муқовимати шунтро муайян намоед.

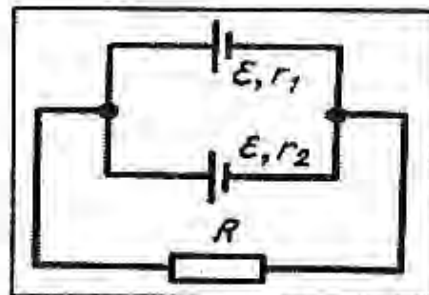
2. Вольтметри мактабии барои ченкунии шиддати то 6 В пешбинишуда 700 Ом муқовимат дорад. Ба он чӣ гуна резистори иловагиро бояд пайваст кард, ки шиддати то 120 В-ро чен карда тавонад. Дар ин маврид қимати тақсимои шкалаи вольтметр чанд маротиба тағйир меёбад?



Расми 167



Расми 168



Расми 169

3. Ду манбаъ, ки ҚЭХ-и \mathcal{E}_1 ва \mathcal{E}_2 доранд мисли расми 167 пайваст шудаанд. Ҳангоми чӣ гуна будани нисбати муқовиматҳои манбаъҳо r_1 ва r_2 қувваи ҷараёни аз галванометр гузаранда ба сифр баробар мешавад?

4. Ду манбаи ҷараён бо ҚЭХ-и \mathcal{E}_1 ва \mathcal{E}_2 , муқовиматҳои дохилии r_1 ва r_2 (расми 168) дода шудаанд. Қувваи ҷараёни манбаъҳо ва қувваи ҷараёнро дар хати АВ, ки муқовиматаш сифр аст, ёбед.

5. Ду элемент, ки ҚЭХ-и яхкелаи ба 2В баробар доранд, мувозӣ пайваст шуда, бо резистори R сарбаста шудаанд (расми 169). Муқовиматҳои дохилии манбаъҳо мувофиқан $r_1 = 1$ Ом ва $r_2 = 2$ Ом аст. Агар қувваи ҷараён дар элементи якум $J_1 = 1$ А бошад, муқовимати резистор R чӣ қадар аст? Қувваи ҷараёнро дар элементи дуюм ёбед.



Хулосаҳо аз фасли «Қонунҳои ҷараёни доимӣ»

Ҷараёни электрикӣ аз ҳаракати бонизоми зарядҳои электрикӣ иборат аст. Зарядҳои электрикӣ ҳангоми ҳаракат бо атом ва ионҳои ноқил таъсири мутақобил карда, энергияи кинетикии худро гум мекунанд. Аз ин рӯ, барои нигоҳ доштани ҷараён дар занҷир манбаи ҷараён лозим аст. Қутбҳои он (электродҳо) аз ҳисоби қори қувваҳои беруна (гайриэлектростатикӣ) дар дохили манбаъ то ягон фарқи потенциалҳо заряднок мешаванд.

Ба ҳар як манбаъ аз рӯи ҚЭХ ва муқовимати дохилиаш баҳо медиҳанд. Нисбати қори қувваҳои берунаро бар қимати зарди мусбат, ки аз қутби манфии манбаъ ба қутби мусбати он мегузарад, ҚЭХ меноманд.

Азбаски қори қувваҳои электростатикӣ аз рӯи роҳи сарбаста ба сифр баробар аст, бинобар ин ҚЭХ-и манбаъ ададан ба қори қувваҳои

аз буриши арзии ноқил гузарандаро қувваи чараён J меғўянд. Пас

$$J = q_0 n \vec{g} S \quad \text{ё ки} \quad \boxed{J = enS\vec{g}} \quad (3.3.1)$$

-ро ҳосил мекунем. Чунки дар филизот q_0 ба заряди электрон баробар аст.

Хотирнишон мекунем, ки дар ин формула n -адади зарраҳо дар воҳиди ҳаҷм, S - масоҳати буриши арзии ноқил ва g - суръати миёнаи ҳаракати ботартиби зарраҳо мебошанд. Самти чараёнро ҳамчун самти суръати ҳаракати зарраҳои мусбат заряднокшуда қабул мекунам.

Формулаи (3.3.1)-ро истифода карда, суръати миёнаи ҳаракати ботартибонаи электронҳоро, масалан дар ноқили мисин, ки масоҳати буриши 1 мм^2 дорад, ҳангоми 10 А будани қувваи чараён ҳисоб мекунем.

$$\vec{g} = \frac{J}{neS}$$

Миқдори ҳаҷмии электронҳо (ғаноиш) барои аксарияти филизот тахминан $10^{28} - 10^{29} \text{ м}^{-3}$ аст. Масалан, барои мис вай ба $n = 9 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$ баробар аст. Пас, суръати миёнаи онҳо

$$g = \frac{10 \text{ А}}{9 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 10^{-6} \text{ м}^2} \approx 7 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$$

мешавад.

Тавре ки мебинем ин суръат хеле хурд аст. Вай аз суръати миёнаи ҳаракати ҳароратии электронҳо садҳо миллион бор хурд аст. Ҳангоми бо ин суръат ҳаракат кардани электронҳо барои ба 5 м кӯчиш кардани онҳо вақти

$$t = \frac{5 \text{ м}}{7 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}} \approx 7000 \text{ с}$$

лозим аст.

Саволҳои санҷишӣ

1. Дар ноқили филизӣ электронҳо чӣ гуна ҳаракат мекунамд?
 - а) вақте ки ноқил ба майдони электрикӣ дохил карда нашудааст;
 - б) вақте ки майдон вучуд дорад.
2. Бо вучуди суръати хеле суст доштани электронҳо чаро асбобҳои электрикӣ дар тамоми занҷир фавран ба кор мебароянд?

Машқи 35

1. Электронҳо дар ноқили мисини масоҳати буриши арзиаш 4 мм^2 ҳангоми 10 А будани қувваи чараён дар 10 с ба кадом масофа мекӯчанд? Дар чунин фосолаи вақт чараён ба кадом масофа паҳн шуда метавонад? Миқдори

ҳаҷмии электронҳои озодро дар мис $9 \cdot 10^{28} \text{м}^{-3}$ қабул намоед.

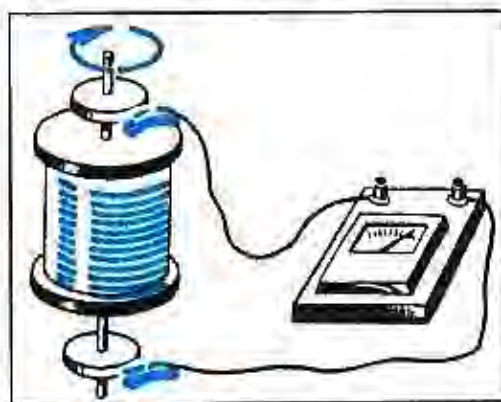
2. Агар ҳангоми 1А будани қувваи ҷараён дар ноқили масоҳати буришаш $0,2 \text{мм}^2$ миқдори электронҳои озод дар воҳиди ҳаҷм $5 \cdot 10^{28} \text{м}^{-3}$ бошад, пас суръати миёнаи ҳаракати ботартиби электронҳо чӣ қадар мешавад?

§ 75. Исроти таҷрибавии ноқилияти электрони фелизот

Исроти бозғимоди фарзия оид ба ноқилияти электрони фелизот таҷрибаҳои физикҳои рус Л.И. Манделштам ва Н.Д.Папалекси ва физикҳои англис Р.Толмен ва Б.Стюарт мебошанд.

Ин таҷрибаҳо ба тахмине асос ёфта буданд, ки дар фелизот ба ҷуз аз электронҳои гайриозод электронҳои озод низ мавҷуданд ва онҳо низ дар фазои байни ионҳои панҷараи кристаллӣ ҳаракат мекунанд.

Агар ноқили фелизии ҳаракатнок аз ҳаракат якбора бозмонад, пас электронҳои озод бояд аз рӯи инерсия ҳаракати худро нисбат ба ноқил давом бидиҳанд, яъне дар ноқил бояд дар ягон фосилаи кӯтоҳи вақт ҷараён пайдо гардад. Ҳаракати кӯтоҳмудати электронҳо дар ин маврид ба пешрабии мусофирони дохили автобусе шабоҳат дорад, ки якбора суръаташро суст мекунад.



Расми 171

Таҷрибае, ки дар фелиз аз рӯи инерсия ҳаракат кардани электронҳоро нишон медиҳад, чунин буд.

Ба ғалтак симе печонда шудааст, ки нӯғҳои он ба ду гирдаи аз ҳам изолятсияшуда пайваست шудаанд (расми 171). Ба сатҳи давраи гирдаҳо бо ёрии тамосҳои лағзанда галванометрро пайваст мекунанд. Ғалтакро бо суръати баланд ба гардиш дароварда, онро якбора аз ҳаракат

бозмедоранд. Ақрабаки галванометр ҳангоми тормозхӯрии ғалтак ба як тараф майл карда аз пайдоиши ҷараёни кӯтоҳмудат дарак медиҳад. Аз рӯи каноршавии ақрабаки галванометр муайян гашт, ки ҷараёнро маҳз зарраҳои манфизаряднокшуда ба вучуд меоранд.

Дар асоси ченкунии миқдори заряди аз галванометр гузаронда, маълумот оид ба ноқили ба ғалтак печонидашуда ва суръати ҳаракати ғалтак то тормозхӯрӣ имконпазир гардид, ки нисбати заряди зарраҳо

бар массаи онҳо (q_0/m) муайян карда шавад. Инро шарҳ медиҳем.

Баъди якбора қатъ шудани ҷарҳзании ғалтак электронҳои озод бо ягон суръати v ба ионҳои панҷараи кристаллӣ бар меҳӯранд, ки дар натиҷа энергияи кинетикӣ ба барои гармшавии ноқил сарф мешавад.

Ҳангоми N зарра энергияи кинетикии пурраи онҳо $N \frac{m\mathcal{G}^2}{2}$ мешавад. Ин энергияи кинетикӣ ба миқдори гармии аз ноқил ҷудошуда $Q = J^2 R t$ баробар аст:

$$\boxed{N \frac{m\mathcal{G}^2}{2} = J^2 R t} \quad (3.3.2)$$

Шумораи барандагони озоди ҷараёнро дар ноқили дарозии ℓ ва масоҳати буришаш S ба воситаи миқдори ҳаҷмии электронҳо n ва ҳаҷми ноқил $V = \ell S$ ифода мекунем $N = nV = n\ell S$, ки қувваи ҷараёнро дар ин маврид аз рӯи формулаи:

$$\boxed{J = q_0 n \bar{\mathcal{G}} S} \quad (3.3.3)$$

ҳисоб кардан мумкин аст. Азбаски суръати зарраҳо ҳангоми тормозхӯрии ноқил аз \mathcal{G} то сифр тағйир меёбад, пас $\bar{\mathcal{G}} = \frac{\mathcal{G}}{2}$ мешавад.

Бинобар ин барои қувваи ҷараён ифодаи $J = q_0 \frac{\mathcal{G}}{2} n S$ -ро

ҳосил мекунем.

Агар ифодаи охиринро ба формулаи (3.3.2) гузорем,

$$n S \ell \frac{m\mathcal{G}^2}{2} = q_0 \frac{\mathcal{G}}{2} S J R t \cdot n$$

мешавад ва аз ин ҷо бузургии матлуб

$$\boxed{\frac{q_0}{m} = \frac{\mathcal{G} \ell}{R J t}} \quad (3.3.4)$$

ёфт мешавад. Ҳамаи бузургиҳои дар тарафи ростии формулаи (3.3.4) бударо чен кардан мумкин аст. Барои он ки аз рӯи майлқунии ақрабаки галванометр ба заряди аз он гузаранда баҳо дода шавад, пешакӣ ба он дараҷа мебанданд¹.

Ҳамин тариқ муқаррар карда шуд, ки барандагони ҷараён дар

¹ Дараҷагузорӣ ба галванометр ба тавассути конденсатори ғунҷоишаш муайян, ки заряди манбаъро то шиддати маълум ($q=CU$) ҷамъ мекунад, ба ҷо оварда мешавад.

филизот электронҳо мебошанд.

Дар асоси ченкуниҳои ҳозиразамон қимати мутлақи нисбати заряди электрон $|q_0|$ ба массаи он m ба

$$\frac{e}{m} = 1,8 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$$

баробар аст.

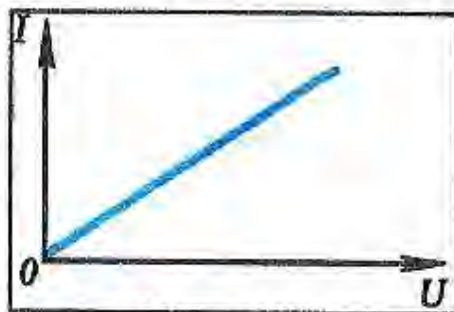
Дар асоси таҷрибаҳои А.Ф.Иоффе ва Р.Милликен барои модули заряди электрон қимати $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ ҳосил шуда буд. Ин имконият дод, ки массаи электрон низ ҳисоб карда шавад, ки он $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ аст. Мебинем, ки массаи электрон хеле хурд аст. Вай нисбат ба атоми сабуктарин – атоми гидроген 1836 маротиба хурдтар аст.

§ 76. Хусусиятҳои ҷараён дар филизот

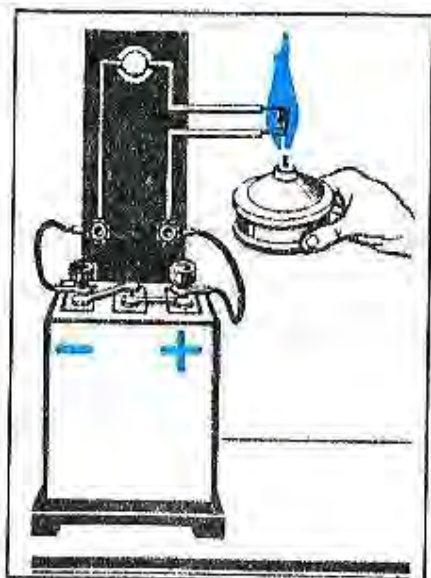
Таъсири вольт-амперии филизот. Вобастагии байни қувваи ҷараён ва шиддатро барои ноқилҳои филизӣ дар синфи 8 омӯхта будем. Ин вобастагӣ дар Қонуни Ом барои қитъаи занҷир

$I = \frac{U}{R}$ ифода меёбад. Аз Қонуни Ом бар-

меояд, ки ҳангоми доимӣ будани муқовимат қувваи ҷараён ба шиддат мутаносиби роста аст. Барои ноқили филизӣ ин вобастагӣ хаттӣ аст (расми 172). Қунҷи моилшавии ин хат ба тирӣ шиддат аз муқовимати ноқил вобастагӣ дорад.



Расми 172



Расми 173

Вобастагии муқовимати ноқил аз ҳарорат. Муқовимати ноқилҳои филизӣ ба таъсири мутақобили электронҳо ва ионҳои панҷараи кристаллӣ вобаста аст. Ҳангоми баланд шудани ҳарорати ноқил амплитудайи ларзиши ионҳо меафзояд ва шумораи бархӯрии электронҳо зиёд мешавад. Аз ин рӯ ба ҳулоса меоем, ки муқовимати филизҳо аз ҳарорат вобастагӣ дорад. Ба таҷриба муроҷиат мекунем.

Ба занҷире, ки батареяи аккумуляторҳо дорад, спирали пӯлодинро пайваст мекунем (расми 173). Пайдарпай ба спирал лампаи электрикиро пайваст мекунем, то ки аз рӯи

равшаннокии он ба қувваи ҷараён баҳо диҳем.

Спиралро бо шамъ гарм мекунем ва мебинем, ки ҷараён дар занҷир кам мешавад. Пас маълум мешавад, ки ҳангоми гармшавии ноқили пӯлодин муқовимати он меафзояд. Спирали пӯлодинро бо дигар ноқилҳои филизӣ иваз намуда, боварӣ ҳосил мекунем, ки ҳангоми баландшавии ҳарорат муқовимати филизот меафзояд.

Ба ҳар як модда аз рӯи бузургии барои он доимие, ки коэффитсиенти ҳароратии муқовимат (α) номида мешавад, баҳо додан мумкин аст. Ин доимӣ нишон медиҳад, ки тағйирёбии нисбии муқовимати хоси ноқил ҳангоми ба 1 К гарм кардани он чӣ қадар аст:

$$\alpha = \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0 \Delta T},$$

ки ин ҷо ρ_0 - муқовимати хос ҳангоми ҳарорати $T_0 = 273^0 K (0^0 C)$ ва ρ - муқовимати хос ҳангоми ҳарорати додашуда (T) мебошанд. Пас вобастагии муқовимати хоси ноқили филизӣ аз ҳарорат бо формулаи

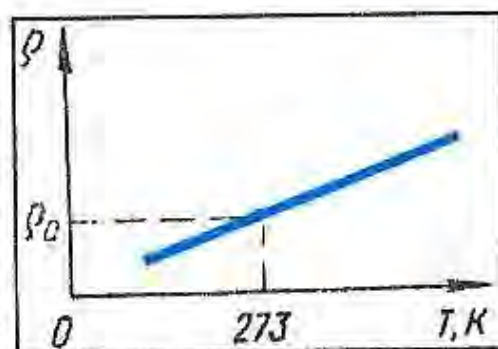
$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha \Delta T) \quad (3.3.5)$$

ифода меёбад.

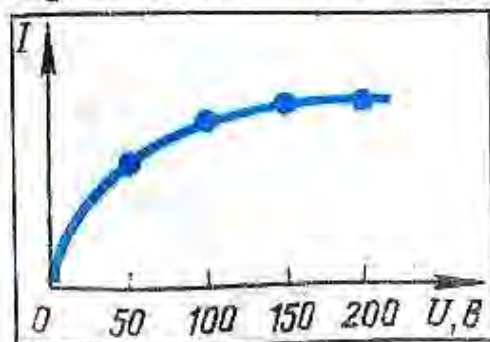
Азбаски $R = \rho \frac{\ell}{S}$ аст, формулаи (3.3.5)-ро ин тавр низ менависанд:

$$R = R_0 (1 + \alpha \Delta T) \quad (3.3.6)$$

Вобастагии муқовимати хоси ноқили филизӣ аз ҳарорат ба таври графикӣ дар расми 174 нишон дода шудааст. Аз он дида мешавад, ки график аз рӯи кунҷи хурд ба тири абсисса моил гаштааст. Ин аз он шаҳодат медиҳад, ки баъди баландшавии ҳарорат муқовимати филизот мунтазам меафзояд. Хулаҳои алоҳидае ёфт мешаванд, ки муқовимати онҳо ҳангоми гармшавӣ амалан тағйир намеёбанд. Масалан, хулаҳои константан ва манганин ҳамин хусусиятро доранд.



Расми 174



Расми 175

Тағйирёбии муқовимати ноқилҳо ҳангоми тағйирёбии ҳарорат сабаби он мешавад, ки тавсифоти волт-амперии онҳо аз хати рост фарқ менамояд. Инро хусусан ҳангоми хеле зиёд тағйирёбии ҳарорати онҳо, масалан, ҳангоми тафсидани мӯяки лампа бараъло мушоҳида кардан мумкин

аст. Дар расми 175 тавсифоти волт-амперии чунин мӯяк нишон дода шудааст. Тавре ки аз расм дида мешавад, дар айни ҳол қувваи ҷараён бо шиддат вобастагии ҳаттӣ надорад.

Хулосаи охирин Қонуни Ом барои қитъаи занҷирро инкор намекунад, чунки қонуни номбурда маҳз барои муқовимати доимии қитъаи занҷир дуруст аст.

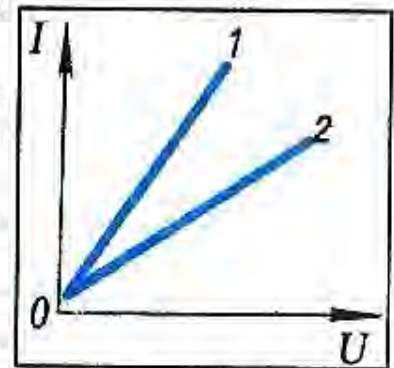
❓ Саволҳои санҷишӣ

1. Кунчи моилшавии тавсифоти волт-амперии муқовимати ноқил аз чӣ вобаста аст?

2. Бо кадом далел гуфта мешавад, ки барандагони заряд дар филизот маҳз электронҳо мебошанд?

3. Сабаби аз ҳарорат вобаста будани муқовимати ноқилро шарҳ диҳед?

4. Дар расми 176 тавсифоти волт-амперии ду ноқил (1 ва 2) нишон дода шудаанд. Муқовимати кадоме аз онҳо зиёд аст?



Расми 176

⚠️ Машқи 36

1. Муқовимати печакҳои дастгоҳи кафшеркунӣ, ки аз сими нихромӣ ($\alpha = 10^{-4} \text{ K}^{-1}$) сохта шудааст, ҳангоми ҳарорати 20° C ба 160 Ом баробар аст. Муқовимати печакҳоро ҳангоми 70° C будани ҳарорат муайян кунед.

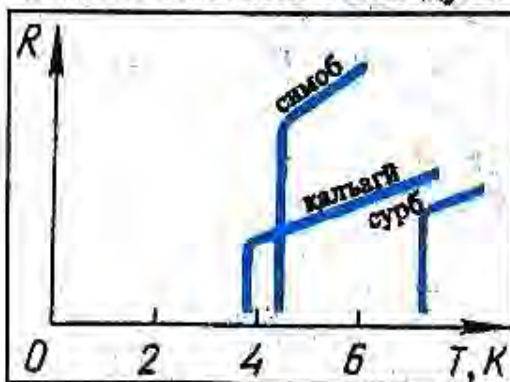
2. Барои ҳати интиқоли барқи дарознаш 200 км , сими алюминийи бурриши арзиаш 150 мм^2 истифода мешавад. Ҳангоми аз $+35^\circ \text{ C}$ (тобистон) то -35° C (зимистон) тағйирёбии ҳарорат муқовимат чӣ қадар тағйир меёбад?

3. Аз рӯи тағйирёбии зерини қиматҳои ҳарорат ва муқовимат $t_1 = 20^\circ \text{ C}$, $R_1 = 20 \text{ Ом}$, $t_2 = 500^\circ \text{ C}$, $R_2 = 59 \text{ Ом}$ коэффитсиенти ҳароратии ёкутро муайян кунед.

§ 77. Фавқунноқилият

То охири асри XIX вобастагии муқовимати ноқилҳо аз ҳарорат (дар ҳароратҳои хеле паст) маълум набуд. Фақат аввали асри XX ба олими голландӣ Камерлинг-Оннес (1853-1926) муяссар гашт, ки инро дар ҳолати моеъгии гази душвормоеъшаванда-гелий санҷад. Ҳарорати ҷӯшиши гелийи моеъ ба $4,2 \text{ К}$ баробар аст.

Соли 1911 тадқиқоти Камерлинг-Оннес бо кашфиёти хеле бузурге анҷом ёфт. Ӯ муқовимати симобро ҳангоми ботадрич хунуккунии он тадқиқ карда, ошкор намуд, ки дар ҳарорати $4,12 \text{ К}$ муқовимати симоб якбора то сифр кам мешавад (расми 177). Вай инчунин ба қайд гирифт, ки ҳамин ҳодиса бо сурб дар



Расми 177

харорати 7,12 К ва бо қалъагӣ ҳангоми 3,7 К рӯй медиҳад. Минбаъд маълум гашт, ки бештар аз 25 элементи химиявӣ-филизот ҳангоми ҳароратҳои паст ба ноқилҳое табдил мешаванд, ки муқовимати электрикӣ надоранд. Ҳар кадоми онҳо барои бе муқовимат шудан ҳарорати хоси T_{ϕ} (ҳарорати фавқуноқилӣ) атфӣ (критикӣ) доранд. Қимати пасттарини T_{ϕ} дар волфрам – 0,012К ва қимати баландтарин дар ниобий – 9К мушоҳида карда шудааст. Аҷибаш ин аст, ки ноқилҳои беҳтарин нукра ва мис муқовимати худро дар ҳеч гуна ҳарорати дигар гум намекунанд.

Ҳодисаи дар ҳарорати муайян гум гаштани муқовимати ноқилҳоро ҳодисаи фавқуноқилият меноманд. Ноқилҳоеро, ки чунин хусусият доранд фавқуноқилҳо меноманд.

Агар дар занҷири фавқуноқил, масалан, дар ҳалқаи аз фавқуноқил тайёршудаи то ҳарорати T_{ϕ} хунуккардашуда бо ягон роҳ чараёни электрикӣ пайдо шавад, пас он бе ягон манбаъ метавонад муддатҳои дароз давом ёбад. Электронҳои дар фавқуноқил ҳаракаткунанда ба ионҳо бар намехӯранд ва энергияи худро барои гармшавии ноқил сарф намекунанд. Дар таҷрибаи махсус гузарондашуда чараён бештар аз ду сол хомӯш нашуда давом кард. Аммо ҳамин ки ҳарорат аз T_{ϕ} баланд шуд, чараён ҳамон қатъ мегардид.

Дар техникаи ҳозиразамон аз фавқуноқилҳо сохтани хатҳои нақли энергияи электрикӣ проблемаи хеле зарурӣ ҳисоб меёбад. Ҳалли ин проблема боиси харчи ками энергия хоҳад шуд. Шумораи нерӯгоҳҳои барқӣ, ки муҳити атрофро заҳролуд мекунанд, кам мегардид. Худи энергия низ арзон мегашт. Татбиқи васеи фавқуноқилҳо имконият меод, ки дар мошинҳои электрикӣ (генератору муҳаррикҳо) аз дилакҳои оҳанини калонҳаҷм даст кашем. Дар соленоидҳои фавқуноқилӣ бо чараёнҳои электрикӣ майдонҳои нисбатан пурқувватро бе харчи гармӣ ҳосил кардан мумкин мебуд. Дар натиҷа мошину асбобҳо сабуку камхарч мешуданд.

Хатҳои электрикию мошинҳои электрикии фавқуноқилӣ ҳанӯз қариб вучуд надоранд, зеро чунин ноқилҳоро бо ҳароратҳои хеле паст хунук кардан зарур аст. Илова бар ин моддаҳоро ба монанди NbSn ва ғайра бо масолеҳи ҳамхӯрандаи ба соленоидҳо печонидашаванда табдил додан душвор аст. Умуман, таҳқиқи лаборатории фавқуноқилҳо идома дорад.

Фавқуноқилиятро дар дастгоҳҳои андозаашон хурд истифода мекунанд. Аз онҳо элементҳои МЭҲ, калиди занҷирҳо, асбобҳои ченкунандаи ҳассос тайёр карда мешаванд.

Умед аст, ки дар оянда доираи татбиқи техникаи фавқуноқилҳо васеъ мешавад. Аз соли 1987 сар карда, дар адабиёти даврӣ оид ба маводи наво, ки ҳароратҳои ба фавқуноқил табдилёбиашон ба 70-120К наздик аст, маълумот нашр мешавад. То чунин ҳароратҳо хунуккунӣ

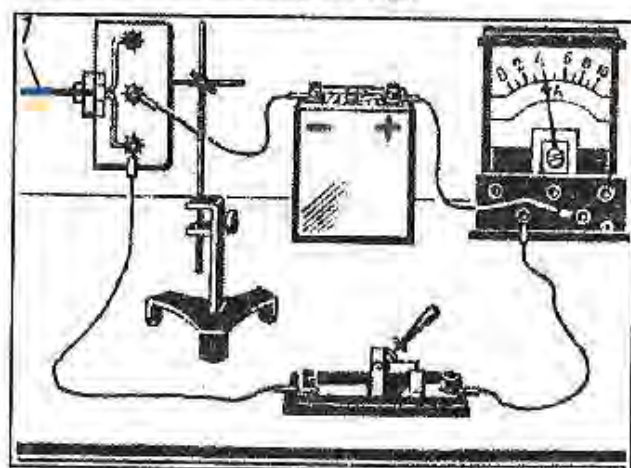
тавассути моеъи арзон ва безарари нитроген, ки ҳарорати чӯшишаш 77 К аст, ба даст оварда мешавад. Тааччубовар аст, ки фавқунноқилҳои нав (мисли Bi-Ca-Sr-CuO_4 , Bi-Ba-K-CuO_4 ва ғайра) системаҳои кристаллии мураккабанд. Холо ин моддаҳо татбиқи васеъ наёфтаанд, зеро муртанд ва аз онҳо симҳои ҳамхӯранда тайёр кардан мумкин нест. Дар оянда ба вучуд овардани чунин моддаҳои нав аз эҳтимол дур нест.

§ 78. Хосиятҳои электрикии нимноқилҳо

Муддатҳои дароз моддаҳоро аз рӯи гузаронидани ҷараёни электрикӣ ба ду гурӯҳ-ноқилҳо ва диэлектрикҳо (изоляторҳо) ҷудо мекарданд. Таҷрибавӣ исбот шуд, ки дар байни ин ду гурӯҳ ҳудуди муайян гузоштан мумкин нест. Моддаҳои бисёре вучуд доранд, ки онҳоро аз рӯи хосиятҳои электрикиашон на ба ноқилҳо дохил кардан мумкин аст, на ба диэлектрикҳо. Онҳо то андозае ҳам ба ин ҳам ба он гурӯҳ монандӣ доранд. Муқовимати хоси ин моддаҳо нисбат ба ноқилу изоляторҳо мавқеи мобайнӣ доранд. Чунин моддаҳо нимноқилҳо ном гирифтаанд.

Агар муқовимати хоси ноқилҳои муқаррарӣ қимати $\approx 10^{-8} - 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}$, муқовимати хоси диэлектрикҳо қимати $\approx 10^{10} - 10^{16} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ бошанд, пас муқовимати хоси нимноқилҳо дар ҳудуди аз 10^{-3} то $10^7 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ҷойгир аст.

Гурӯҳи зиёди моддаҳо ба нимноқилҳо тааллуқ доранд: массаи умумии онҳо қариб 45 – ҳиссаи массаи қишри Замиро ташкил медиҳад. Як гурӯҳ элементҳо (германий, силитсий, бор ва ғ.), аксарияти минералҳо, оксидҳо, сулфидҳо, теллуридҳо ва дигар пайвастагиҳои химиявӣ нимноқиланд.



Расми 178

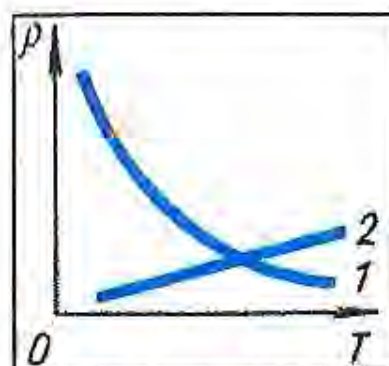
Вобастагии муқовимати нимноқилҳо аз шароитҳои беруна. Хосияти фарқкунандаи нимноқилҳо он аст, ки муқовимати хоси онҳо таҳти таъсири беруна якбора тағйир меёбад. Масалан, нимноқили аз германий сохташудаи 1-ро ба занҷири аз аккумулятор ва галванометр иборат буда (расми 178) пайваस्त мекунем. Мебинем, ки ақрабаки галванометр ҳаракат

мекунад, яъне қувваи ҷараёни занҷир кам аст. Ин маънои онро дорад, ки нимноқил дар шароити муқаррарӣ муқовимати зиёд дорад.

Аввал ноқилро ба дастамон гарм карда, мебинем, ки ақрабака ба кунҷи калон майл мекунад, сипас ноқилро бо манқали (плитка) электрикӣ гарм карда, мушоҳида мекунем, ки ақрабаки галванометр

қариб ба тамоми шкала майл мекунад. Ин аз он гувоҳӣ медеҳад, ки ҳангоми гармшавӣ муқовимати хоси нимноқил кам мешавад. Агар нимноқилро ба оби хунук гузорем муқовимати он аз нав меафзояд. Дар ҳароратҳои ба сифри мутлақ наздик аксарияти нимноқилҳо ба диэлектрик табдил меёбанд.

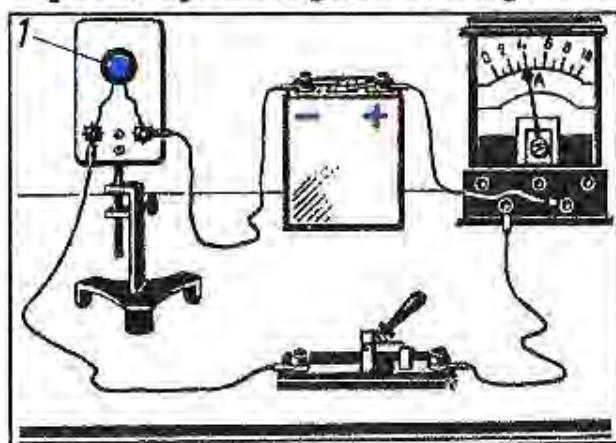
Дар расми 179 графикаи вобастагии муқовимати хоси нимноқил аз ҳарорат нишон дода шудааст (хати қачи 1). Барои муқоиса дар ҳамин расм графикаи (2) ин вобастагӣ барои ноқили филизӣ низ нишон дода шудааст. Тавре аз графикҳо дида мешавад, коэффициентҳои ҳарорати муқовимати нимноқилҳо бараксӣ филизот манфӣ аст, вале аз рӯи қимати мутлақаш назар ба филизот зиёд аст.



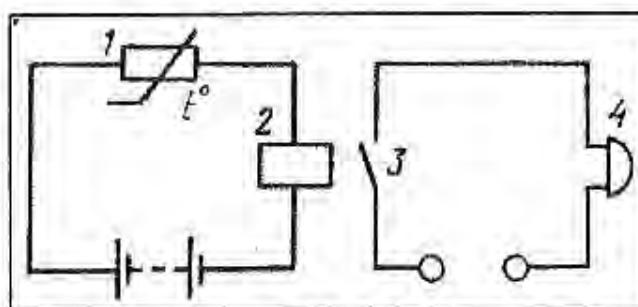
Расми 179

Аз нимноқилҳое, ки муқовимати хосашон вобаста аз ҳарорат якбора тағйир меёбанд, терморезисторҳо ё термисторҳоро тайёр мекунад. Онҳоро барои чен кардани ҳарорат ва элементҳои ҳассос (дар датчикҳо) ҳангоми тағйироти ҳарорат дар дастгоҳҳои автоматӣ истифода мебаранд.

Муқовимати нимноқилҳо ба таъсири равшанӣ низ кам мешавад. Ин ҳодиса фотаноқилият ном гирифтааст. Аз ин қабил нимноқилҳо фоторезисторҳое тайёр карда мешаванд, ки онҳо барои идоракунии чараён дар занҷирҳои тағйирдиҳандаи равшанӣ ба кор бурда мешаванд.



Расми 180



Расми 181

Дар таҷрибаи боло (расми 178) термисторро бо фоторезистори 1 (расми 180), ки пеш аз таҷриба бо экрани ношаффоф пӯшида шудааст, иваз мекунем. Экранро гирифта, аз рӯи майлқунии акрабак мебинем, ки равшаннокӣ боиси камшавии муқовимати фоторезистор мегардад.

Ҳамин тариқ, бо таъсири гармӣ ва равшанӣ муқовимати нимноқилҳо якбора кам мешавад. Ин имконият медеҳад, ки нимноқилҳоро дар бисёр дастгоҳҳои автоматӣ истифода баранд.

Ба сифати мисол бо кори терморелеи нимноқилии оддитарин шинос мешавем, ки схемаи он дар расми 181 нишон дода шудааст. Релеи

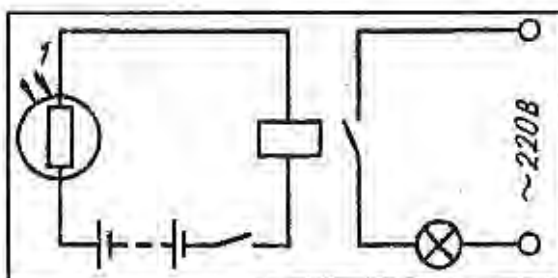
мазкурро барои фаҳмидани дараҷаи зарурии ҳарорати оташдони (печ) электрикӣ истифода бурдан мумкин аст.

Вақте ҳарорати печ, ки дар он термистори 1 гузошта шудааст, паст бошад, аз занҷир ҷараёни сусти мегузарад, ки қудрати ба кор даровардани релеи 2-ро надорад. Вақте ки ҳарорати печ ба қимати лозимааш мерасад, қимати қувваи ҷараён ба дараҷае мерасад, ки релеро ба кор дарорад. Дар ин вақт тавассути тамосҳои 3 занҷир сарбаста мешавад ва сигнализатор-занҷи 4 ба кор мебарояд.

? Саволҳои санҷишӣ

1. Вобастагии муқовимати ҳосро аз ҳарорат барои филизот ва нимноқилҳо муқоиса намоед.

2. Дар расми 182 схемаи фоторелеи оддитарин нишон дода шудааст. Фото-резистор бо адади 1 ишорат шудааст. Амали фоторелеро шарҳ диҳад.



Расми 182

§ 79. Табиати ҷараёни электрикӣ дар нимноқилҳо

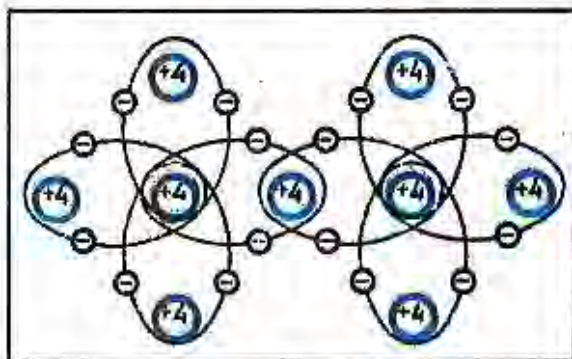
Таҷрибаҳо собит мекунанд, ки ҳангоми аз нимноқилҳо гузаштани ҷараён дар онҳо ягон тағйироти химиявӣ ба амал намеояд. Аз ин ҷо маълум мегардад, ки барандагони ҷараён дар нимноқилҳо мисли филизот ҳамон электронҳо мебошанд.

Бо вучуди ин таҷрибаҳои дигар собит мекунанд, ки дар байни нимноқилҳо ва филизот тафовутҳо мавҷуданд. Пас ин тафовутҳо дар чӣ зоҳир мегарданд?

Дар атомҳои филизот электронҳои ёфт мешаванд, ки бо ядроҳо алоқаи сусти доранд. Онҳо электронҳои валентие мебошанд, ки дар мадорҳои электрони берунаи он ҷой гирифтаанд. Электронҳои валентӣ аз атомҳо ба осонӣ ҷудо шуда, газии электрониро ташкил медиҳанд. Ин электронҳо мисли молекулаҳои газии муқаррарӣ дар тамоми ноқил озодона меҷуранд. Ноқилияти филизот маҳз аз ҳамин вобастагӣ дорад.

Дар нимноқилҳо миқдори чунин электронҳо нисбат ба филизот миллиардҳо маротиба кам аст. Аз ин рӯ муқовимати ҳоси нимноқилҳо дар ҳароратҳои пасту муқаррарӣ бо муқовимати ҳоси диэлектрикҳо наздик аст. Пас барои чӣ муқовимати нимноқил ҳангоми гармшавии он кам мешавад?

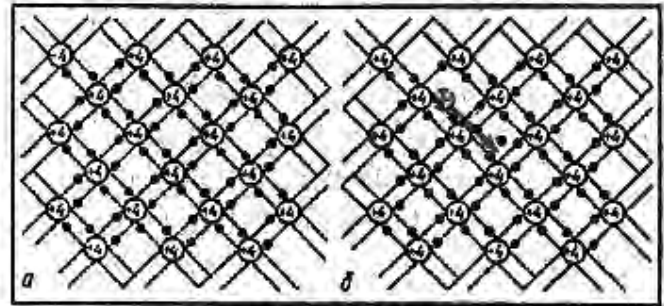
Барои ба ин савол ҷавоб додан сохти ягон нимноқили муқаррарӣ, масалан, силитсийро муоина менамоем



Расми 183

(расми 183). Атоми силитсий чорвалента аст. Дар кристалли силитсий ҳар як атом ба чорто чунин атомҳо ихота гаштааст, ки онҳоро чор электрони валентӣ алоқаманд месозанд. Атомҳои ҳамсои силитсий ба тавассути ҷуфти электронҳо, ки ҳар кадоми онҳо ба як атом тааллуқ доранд ва ҳангоми ташкилкунии кристалл электрон барои ду атом умумӣ ҳисоб мешавад, байни якдигар таъсири мутақобил мекунад. Албатта, манзараи ҳаракати электронҳоро дар кристалл тасвир кардан имконнопазир аст. Дар расм ба таври схематикӣ нишон дода шудааст, ки гӯё ҳар як электрон ба ҳар ду атом тааллуқ дорад.

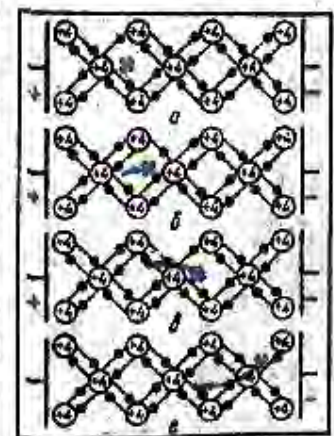
Аз фанни химия маълум аст, ки таъсири мутақобили атомҳо тавассути ҷуфти электронҳо алоқаи ковалентӣ номида мешавад. Дар (расми 184,а) панҷараи кристаллии силитсий, ки дар он электронҳои валентӣ дар шакли нуқтаҳо дар порчаҳои атомҳои ҳамсоиро пайваस्तкунанда меҳобанд, тасвир ёфтааст.



Расми 184

Ноқилияти электронӣ. Тамоми электронҳои валентӣ дар ҳароратҳои ба сифри мутлақ наздик ба атомҳо дар алоқаи мустаҳкаманд ва аз ин сабаб барандаи ҷараён шуда наметавонанд. Дар ин маврид нимноқил диэлектрик аст. Вале ҳангоми таъсири беруна ба кристалл (равшандихӣ ё гармкунӣ) амплитудайи ларзиши атомҳо меафзояд. Дар натиҷа баъзе электронҳо энергия қабул карда, имконият пайдо мекунад, ки атомро тарк кунанд. Чунин электронҳо озод гашта, ба барандагони ҷараён табдил меёбанд. Онҳо ба ҳаракат омада, мисли электронҳои озоди филизот ноқилияти электрони нимноқилро бештар мекунад.

Ноқилияти сӯроҳӣ (ҷавфӣ). Дар атомҳо агар электрон бо таъсири беруна ба ҳолати озод гузарад, ҷои он холӣ мешавад (расми 184,б), ки онро «сӯроҳӣ» (ҷавф) меноманд. «Сӯроҳӣ»-ро ҳамчун зарраи зарядаш мусбат муоина кардан мумкин аст. Ин ҷои холиро ягон электрони атомҳои ҳамсоя ишғол намуда, дар атоми дигар ҷои холӣ пайдо мешавад. Ин раванд пайи ҳам такрор мешавад. Аз ин сабаб «сӯроҳӣ» дар кристалл ҳаракат кардан мегирад. Ҳаракати сӯроҳиро дар кристалл аз рӯи расми 185, а, б, в, г тасаввур кардан мумкин аст. Ҳангоми дар нимноқил пайдошавии майдони электрикӣ «сӯроҳӣ»-ҳо ба самти зарядҳои мусбат ва электронҳо ба самти муқобил ҳаракат мекунад. Дар ин расм ҳаракати электронҳо бо ақрабақҳо нишон дода шудаанд.



Расми 185

Ҳамин тариқ, дар нимноқил ҷараёни электрикӣ тавассути

электронҳо ва «сӯроҳӣ»-ҳо ба вучуд меояд. Ин ҷо бояд дар хотир дошт, ки зери мафҳуми ҳаракати «сӯроҳӣ»-ҳо дар асл кӯчиши якҷояи (пай дар пай) электронҳоро мефаҳманд. Инҳо электронҳои озод не, балки электронҳои дар алоқаи ковалентибуда мебошанд. Ноқилияте, ки аз тарафи электронҳои озод ва «сӯроҳӣ»-ҳо ба амал меояд, ноқилияти хусусии нимноқил номида мешавад.

Ҳангоми афзоиши ҳарорати нимноқил шумораи электронҳо, яъне шумораи «сӯроҳӣ»-ҳо низ меафзояд. Камшавии муқовимати нимноқил вобаста аз ҳарорат бо ҳамин шарҳ дода мешавад.

❓ Саволҳои санҷишӣ

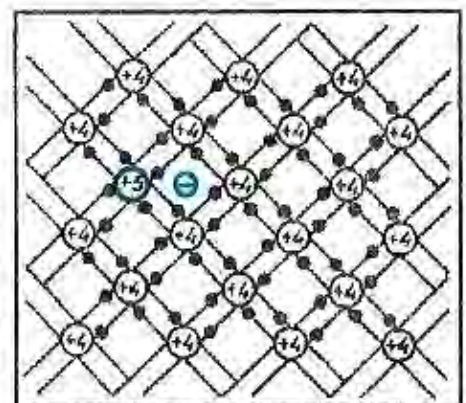
1. Ноқилияти электронӣ ва «сӯроҳӣ»-гии нимноқил чӣ тавр ба амал меояд?
2. Ҳангоми воҳурии электрон бо сӯроҳӣ чӣ рӯй медиҳад?
3. Ноқилияти хусусии нимноқил чист?
4. Барои чӣ муқовимати хоси нимноқилҳо бо баландшавии ҳарорат кам мешавад?

§ 80. Ноқилияти ғашии нимноқилҳо

Муқовимати нимноқилҳо ғайр аз таъсири беруна ба мавҷудияти ғашҳо (омехта) низ вобастагӣ дорад. Ҳангоми ба онҳо илова намудани миқдори ками ғашҳо муқовимати хоси онҳо вобаста аз миқдори электронҳои валентии зиёд ё ками моддаи ғашӣ якбора тағйир меёбад.

Нимноқилҳои навъи - п. Масалан, тасаввур мекунем, ки ба силитсий марги муш илова шудааст. Валентнокии атоми силитсий чор ва атоми марги муш панҷ аст. Дар кристалли силитсий ҳар як атом бо ҳамин гуна чор атом иҳота ғаштааст.

Ҳангоми ба атоми марги муш иваз шудани атоми силитсий чор электрони валентии марги муш бо чор атоми силитсий дар алоқа мешаванд ва электрони панҷуми марги муш дар алоқаи хеле суст мемонад (расми 186). Барои озодкунии он энергияи хеле ночиз зарур аст. Ҳатто дар ҳарорати мӯътадил энергияи ҳаракати ҳароратии атомҳо барои аз атом ҷудо кардани ин электрон ва ба электрони озод табдил додани он кифоягӣ мекунад.



Расми 186

Ҳамин тариқ, бо роҳи илова намудани ғашии мувофиқ, адади электронҳои нақлунандаро дар нимноқил зиёд кардан мумкин аст. Аммо шумораи «сӯроҳӣ»-ҳо чун пештара мемонад.

Агар дар чунин нимноқил электронҳои нақлунанда барандагони асосии ҷараён «сӯроҳӣ»-ҳо бошанд, ғайриасосӣ ҳисоб мешаванд.

Силитсий бо иловаи марги муш нимноқили электронӣ (нимноқили