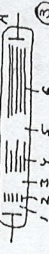


K-61

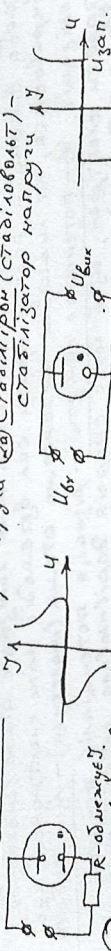
Типи самостійного розряду

I Тліючий розряд (низький тиск $P \sim 10^3 \text{ Па}$, $U_a = 100-200 \text{ В}$) використовується в електроніці з катода відбудовується внаслідок бомбардування його потоком електронів (вторинна емісія) фотонами, що утворюються в газі (фотоелектричний ефект)



1) Тліюче світіння - рекомбінація іонів, переход атомів в збудженого - паростання лавин
2) Тельний фарфоровий простір 3) Позитивний світлий стовп - аніодний стан
Застосування: 1) Розпалювання матеріалу катода - металеві джерела високі яскоти

2) Неонові лампи - індикатор напруги 2а) Стабілізатор (стабілізатор напруги) - стабілізатор напруги



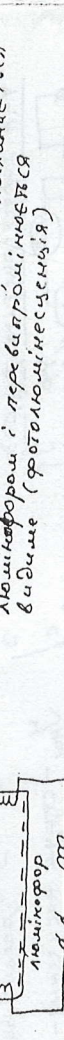
2б) Цифровий індикатор - неонові лампи з одним-двома андами і десь кілька катодів з дрітним у вигляді цифр, газ світиться навколо того катода на який подає напругу

3) Газорозрядні джерела світла - газодіодні трубки низького тиску - рекламні вогні (Ne-оранжеві, Ar-Nv-голубі...) $U = 10 \text{ кВ}$

3а) Рухлива лампа - монохроматичне світло (пелючий колір, певна частота)

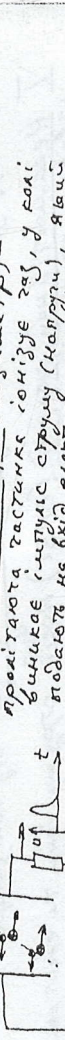
4) Газорозрядна люмінесцентна лампа - лампа денного світла

4а) стартер (неоновий) Заповнюється газом, що при розряді випромінює УФ світло, боко починається люмінесценція і перешкоди і починається видиме (фотоломінесценція)

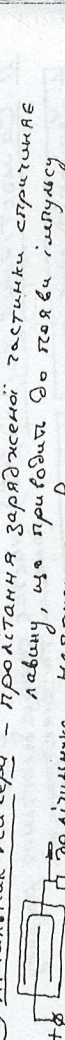


5) Детектори елементарних частинок - для реєстрації елементарних частинок ($\alpha, \beta, \gamma, \dots$)

Уонізаційна камера (дозиметр) - пролітають частинки іонізує газ, у колі виникає імпульс струму (напруги), який подається на вхід електронної лінійки імпульсів



5а) Лінійний Гейгера - пролітаючи зарядженої частинки спричиняє лавину, що приводить до появи імпульсу напруги на R.



II. Дуговий розряд (торкають електроди їх силко радіусу; бачити, потім розводять - термоелектронна емісія)

$U = 40-50 \text{ В}$ $I = 10-20 \text{ А}$ при $P = 1 \text{ Вт}$ $T = 4000 \text{ }^\circ\text{C}$ при $P = 20 \text{ Вт}$ $T = 7000 \text{ }^\circ\text{C}$

Застосування: 0 зварювання металів 1 електричні лінії - металургія

3) Потужні джерела світла (видиме, УФ)

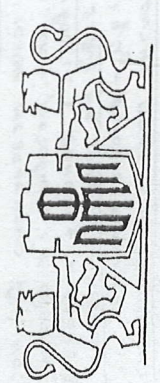
III Ускривий розряд (УР) пробій газового діелектрика при $E > E_{критична}$ (електронні лавини, фотоіонізація)

Блискавка ($U = 10000-500000 \text{ В}$, $I = 10^8 \text{ А}$, $\tau = 10^{-6}$ с, $d \approx 350 \text{ кВ}$)

Лави... блискавка на Землі: Кульова блискавка...

IV Тліючий розряд ($E > E_{кр}$) у вигляді: атомки, або корони, що оточує електрод (стріати в АЕД, електроріометри...)

Плазма... (90% Всесвіту)



Львівський фізико-математичний лицей

Алексейчук Володимир Іванович

Конспекти з фізики
10 клас II семестр
Електродинаміка

(Електричне поле. Електричний струм. Магнітне поле.)

М.Львів 1998-2000

K-31

Способи передачі взаємодії тлі

Близькодія... (здея Фарадея...) Далекодія (діє на відстані) ...
 поле, $i \neq 0$
 швидкість е. м. взаємодії: $c = 300000 \frac{km}{s}$
 через повітря, $i = 0$

Матеріальні носіїч взаємодії нерухомих зарядів є електричне поле:

- I Матеріальне, воно існує незалежно від нас, від наших знань про нього (поле реальне, як і речовина і є одним з видів матерії)
- II має певні властивості: 1. виникає навколо зарядів (заряд - джерело електричного поля) 2. діє на заряди з певною силою $F = qE$ 3. здатне виконати роботу $A_1 = qU_1$ - вимодіє енергію
- Стаціонарне електричне поле- електричне поле (незмінне з часом створюється нерухомих ел. зарядами) виваюте за допомогою прямого токового позитивного заряду - q_1 - пробний заряд...

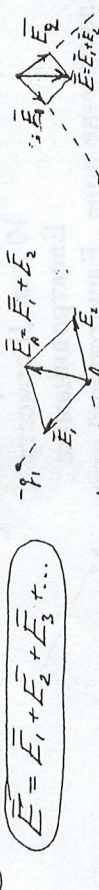
I E - напрямленість ел. поля - сила характеристика поля (основна)

$E = \frac{F}{q_1}$ що діє на q_1 в даній точці поля $E = \left[\frac{H}{km \cdot m} \right]$
 Напрямок E співпадає з F на q_1 з боку поля $F = \left[\frac{H}{km \cdot m} \right]$
 Напруженість поля точкового заряду (сфери, кулі для $R > R_0$)

$E = k \frac{q}{r^2} \frac{R}{R^2}$
 +q - - - - - A - - - - - E_A - - - - - E_B - - - - - +q
 -q - - - - - B - - - - - E_B - - - - - +q

Поле точкового заряду - центральне-симетричне

II Принцип суперпозиції полів... (з дослідів)



III Електричне поле зображають за допомогою силових ліній або ліній напруженості: 1) Математична лінія, дотична до якої у кожній точці збігається з напрямком напруженості E у цій точці

2) Потік ліній на q_1 і закінчуються на q_2 3) Не перериваються, не перетинаються 4) За густотою ліній оцінюють величину E поля.



IV Електричний диполь... (полярні молекули)

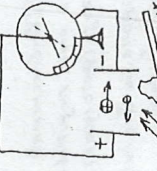
$|q_1| = |q_2| = q$ l - плече диполя $P = q \cdot l$ електричний дипольний момент
 l - напрямленість від q_2 до q_1 в однорічному полі на ліпелі діє пара сил яка намагається повернути диполь (пояризація)
 $M = q E l \sin \alpha = p \cdot E \sin \alpha$ момент сил на диполь.

В неоднорідному полі сили F на молекулу пари сил, на диполь діє сила F напруженість поля (цим пояснюється притягання до населектризованих тіл легких предметів)

$F = F_1 - F_2 = qE - q(E - \frac{dE}{dx} l) = q \frac{dE}{dx} l$ сила що діє на диполь в неоднорідному полі.

K-60

Струм у газах - газовий розряд



Збитий умов - діелектрик (УФ, рентгенівське, γ - проміння)

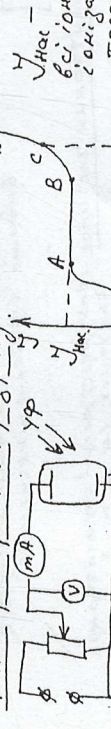
Носії струму у газах - електрони, \oplus і \ominus іони

Носії струму виваюте при іонізації - відбив від атома або молекули газу одного або декількох електронів. Відбувається під дією різних факторів (електромагнітне проміння - фотонна; удари електронів, іонів; інших атомів-уверна; підвищення температури - термічна). Для іонізації атома (молекули) треба виконати роботу проти сил взаємодії між електронами, що виваютеся, та інших сил тастинки атома (молекули) - A_1 - робота іонізації; U_1 - потенціал іонізації; різниця потенціалів яку має пройти електрон, щоб його енергія дорівнювала роботі іонізації; (A_1 - з та жиме).



При відсутності струму процес іонізації = рекомбінації (молекули) Рекомбінація супроводжується збільшенням енергії, тасткова вона збільнюється у вигляді світла (е. м. випромінювання)

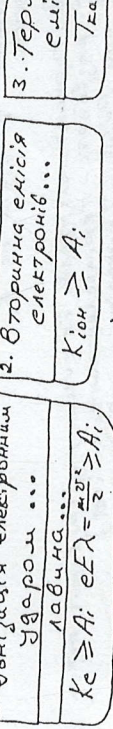
Газовий розряд супроводжується світінням (одна з причин рекомбінації)



У нас - струм насхнення - всі іони, що виваютеся при іонізації досягають електродів - замикають тіліку від іонізатора.

I Несамостійний розряд (ДВАС) Носії струму іони та електрони, створені сторонами іонізатором, витрачаються на утворення струму та на рекомбінацію. Існує ток діє іонізатор

II Самостійний розряд (СД) - настає самоуделетення розряду іонами та електронами.



1. Іонізація електронних ударом... $K_e \geq A_1$; $eE \geq \frac{U_1}{l}$
 лавина...
 іон \oplus \ominus e e e e e
 КАТОД

2. Вторинна емісія електронів... $K_{ion} \geq A_1$
 іон \oplus \ominus e e e e e
 КАТОД \uparrow

3. Термоелектронна емісія... $\uparrow e$ $\uparrow e$ $\uparrow e$ $\uparrow e$ $\uparrow e$
 КАТОД \uparrow
 При бомбардуванні іонами КАТОД катривається

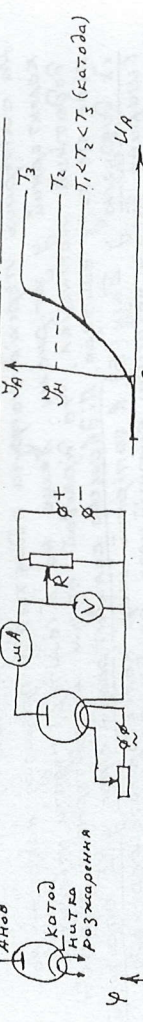
4. Фотоіонізація...
 іон \oplus \ominus e e e e e
 КАТОД \uparrow
 При бомбардуванні іонами КАТОД катривається

Вислывості самостійного розряду: починається з певного потенціалу - $U_{зап.}$ супроводжується світінням, не підлягає зміну Ома, виділяється теплота, виникають збуджені атоми, змінюється структура молекули.

K-57

Струм у вакуумі ($R < 10^{-4} \text{ Па}$)
(вільні електрони носії струму - треба вносити енергію вільних зарядів - електронів (розігрітий катод))

Емісія електронів - вивільнення електронів з металу при нагріванні. Термоелектронна емісія - випускання електронів з металу при нагріванні (зупинене тепловим рухом, якщо $kT > A\phi$, то електрон вилітає з металу, утворюючи навколо нього певну електронну хмару) $E_{\text{випуск}} = E_{\text{випуск}} + E_{\text{випуск}}$. Вакуумний діод - електронна лампа - одностороння провідність!

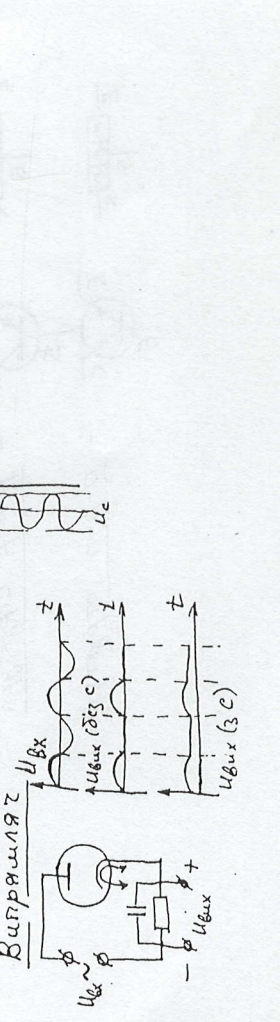
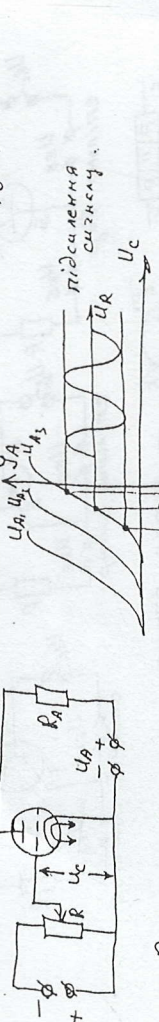


Нелінійну залежність I_A від U_A можна пояснити впливом просторового заряду між A і K на розподіл потенціалу в діоді. Якщо катод холодний (ефективна температура відсутня) тоді графік 1. Якщо між A і K є просторовий заряд (хмара) тоді розподіл 2. (При наявності просторового заряду швидкість руху електронів зменшується).
 U_A - струм насичення - всі електрони, що вилітають з катода з T_e , досягають анода.
Кількість емітують електронів визначається: 1. род металу 2. температура з довжинки U_A 3. розмір катода.

Триод - триелектродна електронна лампа (підсилювач).



Принцип дії триода пояснює U_A і U_C .
в керуванні величиною I_A анодного струму за допомогою напруги U_C між сіткою і катодом. Точку сітки треба назувати керуваною. Зміна U_C впливає зміну ел. поля, що діє на просторовий заряд біля катода. Незначна зміна U_C призводить до значних змін I_A . При невеликих тастотах триод безінерційний (інерційність втрачається коли час проходження електрона від катода до анода одного порядку з періодом зміни U_C). Оскільки сітка ближче до катода, ніж анод, то її поле впливає сильніше на U_A , ніж поле анода. Для отрицання однакової зміни U_A , сіткову напругу необхідно змінити значно менше, ніж анодну. Це дає можливість підсилювати напругу в емісії, за рахунок енергії джерела. При прохідженні анодного струму I_A на отворі сітки створюється U_C незначна зміна U_C - значна зміна I_A (підсилення напруги)

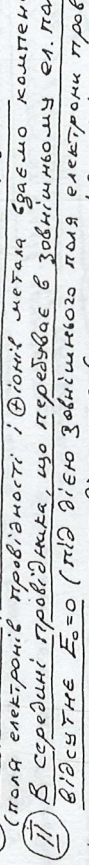


K-34

Електричне поле в резонансі - мікрополе...
Електростатична індукція (наведення) - виникнення електричних полів у тілі (індуктовані заряди) різних матеріалів в резонансі при ввісненні її в ел. поле, внаслідок зміщення позитивних і негативних зарядів (ядер, ядра) індуктовані заряди створюють додаткове поле. яке разом з зовнішнім полем утворює результуюче (воно завжди менше зовнішнього)

Електрополе $E_{\text{зовні}} + E_{\text{індуков.}} = E_0$
Провідники в електричному полі.
Провідник - ретовина в яких є вільні носії зарядів (у металах електрони вони вільні) при з'явленні переході таз -> рідше або т.т. внаслідок успішлення валентних електронів, що відділяються від "своїх" атомів;
у формують електронний шар.

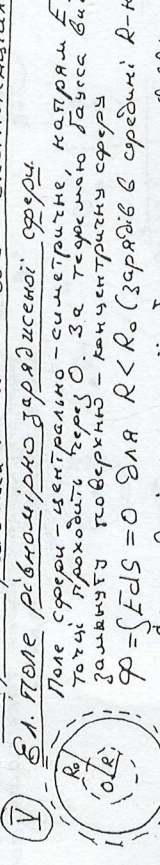
I) В середній провідника ел. поле відсутнє $E_0 = 0$
(поля електронів провідності і іонів металу взаємно компенсуються)
II) В середній провідника, що перебуває в зовнішньому ел. полі, поле відсутнє $E_0 = 0$ (ліній дією зовнішнього поля електронів провідності перерозподіляються (електростат. індукція) так, що поле електронів провідності і іонів (E_інд.) компенсує E_зовні.)
Поле не протікає у провідник.
 $E_0 = E_{\text{зовні}} + E_{\text{інд}} = 0$



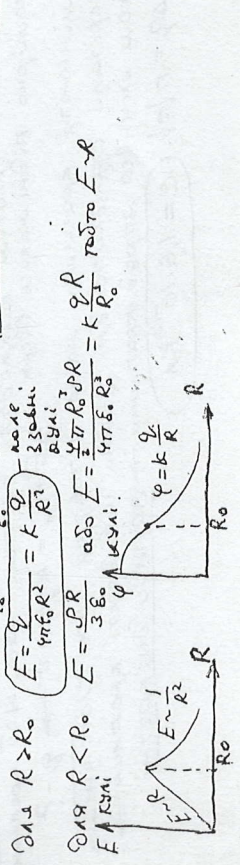
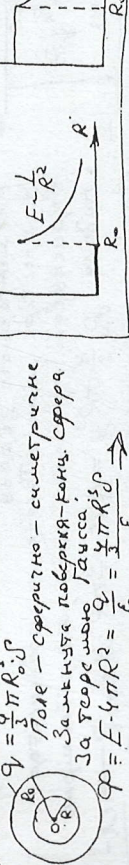
III) В середній зарядженого провідника $E_0 = 0$, а надлишкові заряди розподілені по поверхні. $E_{\text{зовні}} = E_{\text{інд}} = E_0$ - т.т. менший радіус кривизни поверхні (вістря) т.т. більша $E_{\text{інд}}$ - т.т. менший радіус кривизни $E_{\text{зовні}}$ біля поверхні зарядженого провідника.
но $dE_{\text{інд}} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} ds$ з теоремою Гауса, для циліндричної поверхні $E_{\text{інд}} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ напруженість поля біля поверхні зарядженого провідника.

IV) Ел. поле E на поверхні провідника $E_{\text{зовні}} = E_{\text{інд}} = E_0$ інакше, дотична до поверхні складає E_0, а нормальна складова зарядів по поверхні, що зустрічає з.з.б.

V) Ел. поле рівномірно зарядженої сфери.
Точка проходить через O. За теоремою Гауса виберемо замкнуту поверхню - концентричну сферу $\varphi = \int E ds = 0$ для $R < R_0$ (зарядів в середній R-маліє)
ПОЛЯ в середній сферичної оболонки немає (довідити це за принципом суперпозиції...)

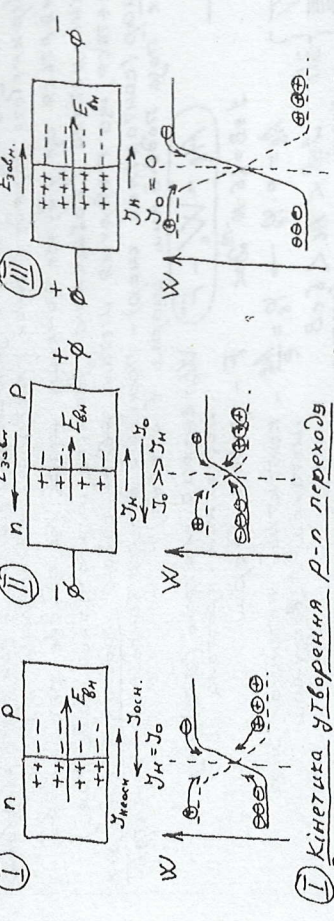


VI) Ел. поле рівномірно зарядженої кулі.
Для $R > R_0$ $\varphi = \int E ds = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2}$ - поле зовні сфери.
Для $R < R_0$ $\varphi = \int E ds = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R^2}$ - поле всередині сфери.



K-55 Блестронно-дюркович переход (р-п-переход)

Контакт двух n и p различных типов домишковой проводимости (контакт неоможливо втримати шляхом протискання кристалів)



I Кінетика утворення р-п переходу

Вактрони з n -області гастрково перейдуть у p -область, а дірки-наблики внаслідок цього на межі області утвориться відємний заряд (n -область \ominus , p -область \oplus) цей гравітаційний електричний шар утворює місцеве контактне поле E_n , яке перешкоджає дальшому дифузії основних носіїв струму (товщина запереного шару l_0 , для контакту металіс 10^{-3} м). $J_{осн} = J_{носч} \approx i_{сн}$

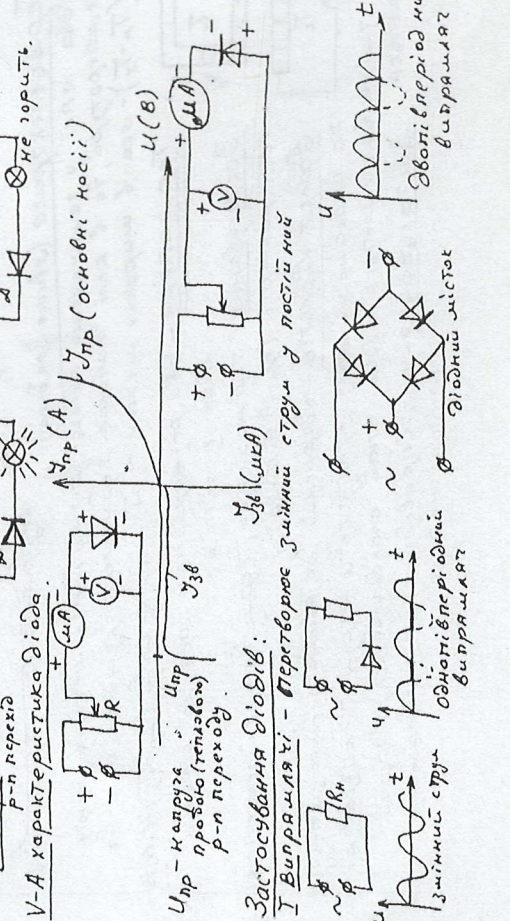
II Упр-прямий струм. Якщо до р-п переходу прикласти зовнішнє поле, протилежно до E_n , то енергетичний бар'єр знизиться, зросте струм основних носіїв через контакт $J_{осн} \gg J_{носч}$.

III Узв-зворотній струм. Якщо зовнішнє поле $E_{зов}$ збільшить енергетичний бар'єр (до $\phi_0, \phi_0 > \phi$), то рух основних носіїв через контакт припиниться, існують лише рух неосновних носіїв $J_{носч} = J_{зв} \sim i_{сн}$

Основна властивість р-п переходу - вдностороння провідність (таку властивість має контакт метал- n п-типу, якщо $F_{нп} > F_{метал}$)

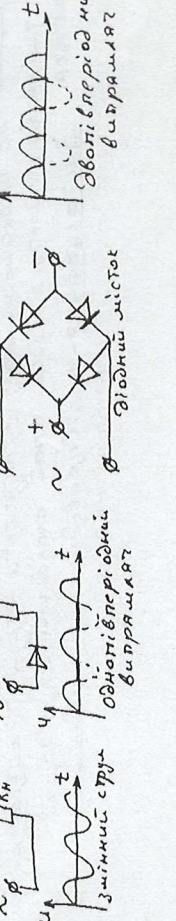
n п діод - використовується одностороння провідність р-п переходу, або контакту метал- n п

Діод - одностороння провідність!!!



Застосовання діодів:

I Випрямлячі - створюють змінний струм у постійний



K-36

Максимальний заряд провідника обмежений (отікання зарядів, пробій діелектрика) (зумовлений C - електроємністю (ємністю) - величина, що характеризує здатність провідника утримувати заряд на даній провідності, щоб його потенціал збільшився на 1 В.

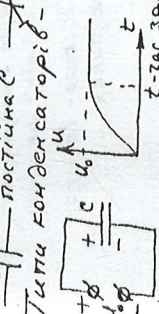
$C = \frac{q}{\phi}$
 $C = \frac{q}{\phi} = \frac{q}{\frac{q}{4\pi\epsilon_0 R}} = 4\pi\epsilon_0 R$
 Ємність кулі $C_{кулі} = 4\pi\epsilon_0 R$ в СІСЄ $C = [Cm]$
 Землі: $C_{землі} = 71 \mu F$

Залежить - форма і розміри провідника, оточуючий діелектрик незалежить ϵ , ϵ аргетатний стм ретовини, хімічна склад, наявність порожнин. Ємність відносного провідника сильно залежить від наявності: в залежності розташування оточуючих тіл які здійснюють C (ϵ_1)

C - конденсатор - система, що складається з двох близько розташених провідників (обкладок) розділених шаром діелектрика, служить для накопичення зарядів. Ємність практично повністю зосереджена між обкладками конденсатора, тому: C незалежить від оточуючих тіл, ϵ зоря - C на обкладках = за величиною і протилежні за знаком

$C = \frac{q}{U}$ - електроємність конденсатора визначається його формою, розмірами і діелектриком. q - заряд позитивної обкладки U - напруга між конденсатором характеризує: роботою напруженої C і $U = \frac{q}{C}$ - об'єм роботи пробію діелектрика

C - постійна C змінна C підстроений конденсатор Типи конденсаторів - по типу діелектрика: повітряні, паперові, слюдяні, При підключенні конденсатора до джерела напруги він заряджається (на обкладках $\pm q$), викає короткочасний струм.

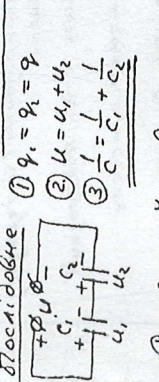


Плоский конденсатор $C = \frac{q}{U} = \frac{q}{\frac{q}{\epsilon_0 S}} = \epsilon_0 S$

Тоді $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$ - Ємність плоского конденсатора

З'єднання конденсаторів

Паралельно $q_1 = q_2 = q$
 $U = U_1 = U_2$
 $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$

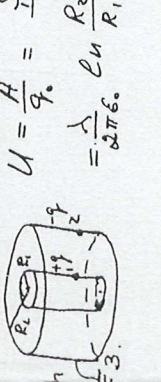


Сферичний конденсатор $C_{12} = \frac{4\pi\epsilon_0}{r_1} = kq \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$

$C = \frac{q}{U} = k \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$

Цилиндричний конденсатор $U = \frac{A}{q} = \frac{\int E q \cdot dr}{q} = \int_{r_1}^{r_2} \frac{\lambda dr}{2\pi\epsilon_0 R} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{r_2}{r_1}$

$C = \frac{q}{U} = \frac{q}{\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{r_2}{r_1}} = \frac{2\pi\epsilon_0 h}{\ln \frac{r_2}{r_1}}$



Ємність сферичного конденсатора

$C = \frac{4\pi\epsilon_0 R_1 R_2}{R_2 - R_1}$
 $C = \frac{2\pi\epsilon_0 h}{\ln \frac{R_2}{R_1}}$

K-53

Напівпровідники (НП) - широкій діапазон, які за своєю провідністю займають проміжне місце між металом і діелектриком ΔE_{33}

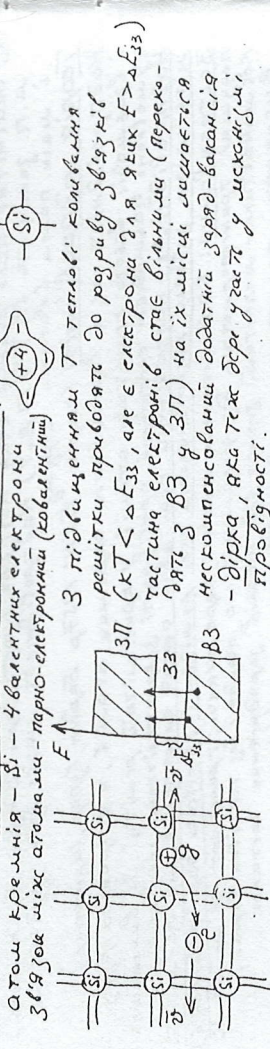
Властивості НП:

- 1) їх електропровідність, а отже, і концентрація носіїв струму сильно залежать від зовнішніх факторів (температура, опромінення, домішки...)
- 2) якщо $T \rightarrow$ опір різко зменшується
- 3) терморезистор (термістор)

НП: 1 атомарні Be, Si, Ge (алмаз) & галієв-сурьміди Zn, Pb з ліквідуєрні-власна провідність чистих НП

атом кремнія - Si - 4 валентних електронів

зв'язок між атомами - парно-електронний (ковалентний)



Носіїв струму у НП - електронів (провідність n-типу) $n_e = N_{gr} \rho_{gr}$

Дірка - кваліфікація - рухається так, як рухалась би частинка з tg і певною масою

Власна провідність чистого НП - рух електронів + рух дірок

Резонансна електронів - дірка приводить до встановлення рівноважної концентрації електронів і дірок. Чистий Si: $T = 300^\circ C$, $n_e = 10^{16} m^{-3}$, $T = 700^\circ C$, $n_e = 10^{24} m^{-3}$

Роторезистор (фототеріст) - опір сильно залежить від освітленості.

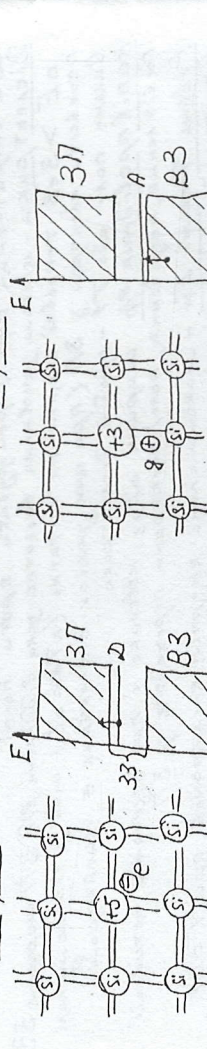
зв'язок: (частинка світла поглинається валентним електроном, який розриває зв'язок і стає вільним (переходить у зону провідності ЗП) - внутрішній фотоефект)

Домішкова провідність НП - при внесенні у кристал НП 0,001% домішки (заб'євалентних атомів) опір зменшується у 10000 разів

n-типу - кристали НП \rightarrow p-типу

донорна $n_e \gg n_g$ - валентність домішки \rightarrow акцепторна

електрони - домішка \rightarrow дірки



K-38

W - енергія заряду в ел. полі

$A_{ел.п.} = q \cdot U = q(\varphi_1 - \varphi_2) = q\varphi_1 - q\varphi_2 = W_1 - W_2$

потенціальна енергія заряду q в ел. полі = роботи ел. поля по переміщенню заряду q з даної точки поля в точку з $\varphi = 0$

$W = q_1 k \frac{q_2}{R}$ - потенціальна енергія заряду q_1 в полі заряду q_2 - енергія взаємодії двох точкових зарядів

або $W = q_1 k \frac{q_2}{R} = \frac{1}{2} (q_1 k \frac{q_2}{R} + q_2 k \frac{q_1}{R}) = \frac{1}{2} (q_1 \varphi_1 + q_2 \varphi_2)$

Енергія взаємодії системи точкових зарядів

$W = W_{12} + W_{13} + W_{23} + \dots = \frac{1}{2} (q_1 \varphi_1 + q_2 \varphi_2 + q_3 \varphi_3 + \dots)$

q_i - потенціальні точки де знаходяться заряди q_1, q_2, \dots

$W = \frac{1}{2} \sum q_i \varphi_i$ - енергія системи точкових зарядів

Енергія поля в докременого провідника

$W = \frac{1}{2} q \varphi = \frac{C \varphi^2}{2}$

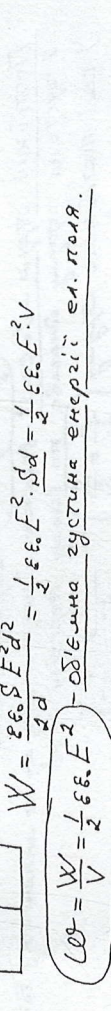
Енергія конденсатора

$W = \frac{1}{2} (q_1 \varphi_1 + q_2 \varphi_2) = \frac{1}{2} q(\varphi_1 - \varphi_2) = \frac{1}{2} q U$

$W = \frac{qU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{q^2}{2C}$ - енергія зарядженого конденсатора \equiv енергія ел. поля конденсатора

сталі $W = \frac{C U^2}{2}$ $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$ $U = E \cdot d$

$W = \frac{\epsilon \epsilon_0 S E^2 d}{2} = \frac{1}{2} \epsilon \epsilon_0 E^2 \cdot S \cdot d = \frac{1}{2} \epsilon \epsilon_0 E^2 V$



Сили, що діють на діелектрик в ел. полі (електростриція)

Питання: Діа неорідного поля на діелектрику міжпл. конденсатора

Енергетичний спосіб визначення сил - якщо провідники відключити від джерела $q = const$

$dA = -dW_{q=const}$ - робота А всіх внутрішніх сил системи при повільних переміщеннях провідників і діелектриків

ракунок зменшення ел. енергії системи

Питання: Викатили силу, що діє на одну з обкладок конденсатора в рідкому діелектрику в.

$A = F \cdot \Delta x = -\Delta W = W_1 - W_2 = \frac{q^2}{2C_1} - \frac{q^2}{2C_2} = \frac{q^2}{2} \left(\frac{1}{C_1} - \frac{1}{C_2} \right) = \frac{q^2}{2} \left(\frac{x}{\epsilon \epsilon_0 S} - \frac{x-x}{\epsilon \epsilon_0 S} \right) = \frac{q^2}{2\epsilon \epsilon_0 S} (x - x + x) = \frac{q^2 x}{2\epsilon \epsilon_0 S} = F \cdot \Delta x \Rightarrow$

сила, що діє на одну з пластин конденсатора

але $E = \frac{q}{\epsilon \epsilon_0 S} \rightarrow q = \epsilon \epsilon_0 S E$ тоді $F = -\frac{\epsilon \epsilon_0^2 E^2 S^2}{2\epsilon \epsilon_0 S} = -\frac{1}{2} \epsilon \epsilon_0 E^2 S$

$\frac{F}{S} = F_{об} = \frac{1}{2} \epsilon \epsilon_0 E^2$ - поверхнева густина сил - електричний тиск

K-39

Блектричний струм - упорядкований (напряжений) рух електричних зарядів (провідності, конвекційний...)

Струм провідності - створюється рухом вільних зарядів носії струму - заряди, що створюють ел. струм (метал-електрони, електроніт-іони, H^+ -електрони, дірки, поз-електроніт-іони, вакуум-електрони)

Носії струму - заряди, що створюють ел. струм (метал-електрони, електроніт-іони, H^+ -електрони, дірки, поз-електроніт-іони, вакуум-електрони)

Умови існування струму

1. електричне поле повинно діяти замкнутим (складається тільки з провідників)
2. у коді має бути джерело струму - пристрій для створення електричного поля, різниці потенціалів, за рахунок роботи будь-яких сил, неелектростатичної природи

Напрямок струму - напрям руху \oplus зарядів (сторонні сили) протилежний до руху \ominus (від \oplus джерела до \ominus)

Напрявності струму виваляють за його дією:

- I Магнітна (1820р. Ерстед) - основна дія - замкнута
- II Хімічна - електроніз - в електронітах
- III Теплова - нагрівання провідників (Крім надпровідників і вакууму)

Всі дії струму визначаються його електричними характеристиками:

1. $J = \frac{q}{t}$ сила струму $J = q$, що проходить через переріз провідника за t . Амперметр (послідовно розрив кола)

2. $J = \frac{I}{S}$ густина струму (напряж. струму (рух Φ)). $j = \frac{I}{A}$

Постійний струм - $J = const$ - величина і напрям струму не міняються з часом, і густина струму однакова по всьому перерізу $J_1 = J_2$

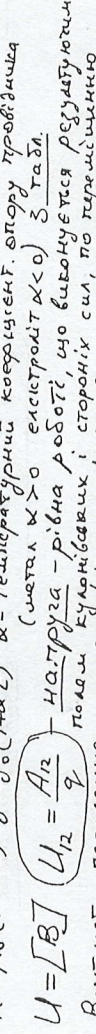
у колі постійного струму $\frac{dI_1}{dt} = \frac{dI_2}{dt}$

Струм у провіднику = хаотичний + упорядкований рух носіїв

$J = \frac{q}{\Delta t} = \frac{q_0 n v}{\Delta t} = \frac{q_0 n v}{\Delta t} \Delta t = q_0 n v$

$j = q_0 n v$ $v^2 = \frac{q_0 n S}{\Delta t} \approx 10^{-4} \text{ м/с}$

Закон Ома (н.м. 1827р.) - експериментально



$U = \frac{U_1}{R} = \frac{U_2}{R}$

K-52

Призвичною ел. опору є стигання електронів з позитивними іонами кристалічної решітки (розсіяння електронів на неоднорідностях густини атомів). При T , теплові коливання іонів змінюються, зменшується і розсіяння електронів провідності зростає провідність

Надпровідність (1911р. Камерлінг-Оннес Hg $T_c = 4,2K$) - явище різкого зменшення опору деяких металів (сталав, сплав) при $T \rightarrow 0$ ($R < 10^{-25} \text{ Ом.м.}$)

Теорія надпровідності (Торія БКШ 1957р Бардін, Купер, Шріффер)

Надпровідність не є властивістю окремих атомів, а є проявом руху і взаємодії всього колективу атомів у кристалічній решітці. У виключення зумовлене взаємодією електрич. провідності з кристалічною решіткою

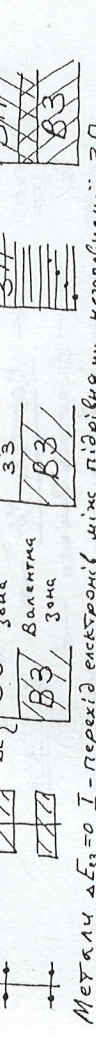
Надпровідність - колективний квантовий ефект електронів, що взаємодіє між собою завдяки посередничій ролі решітки (фунірісева пара електронів)

Застосування: БОМ - елементи пам'яті, перемикачі, транспорт на магнітній ленті; трансформатори без феромагнітного осердя; без теплових втрат; касетна лентка - магнітний захист від локатів заряджених часточок...
Високотемпературна надпровідність...!!!

Зонна теорія - квантова теорія електронів, що ґрунтується у виробничому енергетичній зоні кристалічної решітки

Енергетична зона - це сукупність безліччезного тисля (10²³) динько розташованих підрівні, які практично зливаються в одну сузу

Енергетична зона більшає внаслідок взаємодії зближених атомів кристала, яка веде до змищення розщеплення та розширення тих дискретних енергетичних рівнів, які електрони займають до утворення кристала



Метали $\Delta E_{33} = 0$ I - перехід електронів між підрівнями металічного ЗП II - перекриття зон провідності і валентної зонки

Незнаного впливу зон. поля достатньо, щоб змусити електрон змінювати діелектричну константу (зрештувати проти поля)

$\Delta E > 3eV$, теплової енергії не достатньо валентна зона відділена від ЗП широтою 33 перевети електрон у ЗП (при цих умовах діелектрич є діелектром)

Сильне поле або T - пробій діелектрика

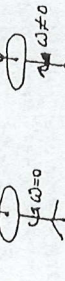
Напівпровідник Hg ширина ΔE_{33} невелика і при незначній активності (освітлення, нагрівання, пом.) електрони переходять у ЗП

Рівні Фермі E_F - максимальна енергія електронів при $T=0K$, при такій температурі електрони поспідають заробити усі можливі місця енергетичні рівні аче до найбільшого допустимого E_F вклясно.

Магніто механічне явище - виміщення обертання тіла

Уявлення про те, що молекулярні струми в речовині є рухомі, сприяє розумінню механічних явищ. Так як $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$ для об'єму ΔV механічний момент імпульсу $\vec{L} = \sum \vec{L}_i$.

$\vec{L} = \sum \vec{L}_i$



Аналогом механічного моменту імпульсу являється досвід на лаві Жуківського

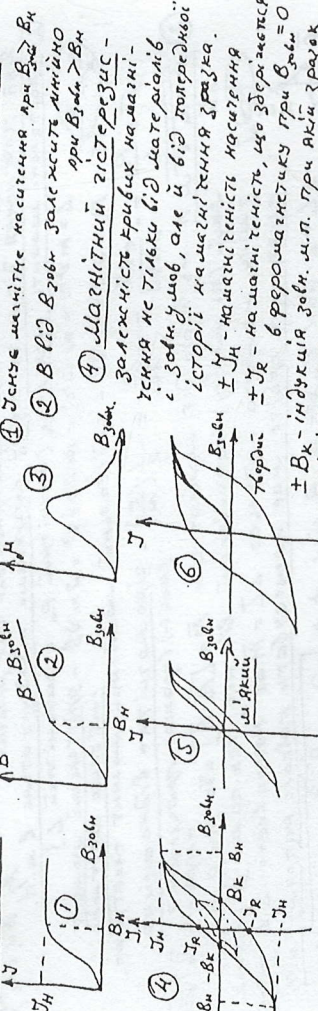
Дослід Бінчестена-де Гааза (1915р) - залізний циліндр на магнітували - він починає поводитися як вимірювач. При зміні напрямку току змінюється напрямок повороту. Була резонанс: частота крутильних коливань циліндра рівно частоті струму (магнітний).

Механомагнітне явище - намагнічення при обертанні (дослід Барнетта)

Результат досвіду: для ферромагнетиків $\vec{M} = \chi \vec{H}$ а не $\vec{M} = \chi \vec{H}_0$

Висновок: в атомі окремі орбітальні рухи електрона є і механічний тип руху, що призводить до виміщення магнітного моменту. Механічний момент і масою, магнітний і механічний момент з'єднують своїм з'явленням.

III Ферромагнетик $M = 10^{10} - 10^{16}$ - розгобач, які можуть вважатися спонтанною (самодовільною) намагніченістю. Табто намагнічені при відсутності зовн. м.п. - Fe, Co, Ni; і їхні сплави (стали, красталі).



Вк - мале - магніто-міякі матеріали 6 - вк-власні - магніто-тверді матеріали

Тодка (температура Кюри) - температура, при якій тепловий рух руйнує області спонтанної намагніченості - доменів $T_c(Fe) = 1043K$ ($\chi(Fe) = 623K$)

Теорія ферромагнетиків вдалося зрозуміти тільки за допомогою експерименту. При певних умовах у кристалах виникають так звані доменні стіни. Їх заставляють стінової магнітні моменти електронів встановлюються паралельно друг другу. Виникають області (1-10 мкм) спонтанного (самодовільного) намагнічення - доменів. У межах домена ферромагнетик намагнічен до насичення.

Намагнічення ферромагнетиків (т. доменів, що орієнтовані по певному напрямку) відбувається механічно. При певних умовах у кристалах виникають так звані доменні стіни. Їх заставляють стінової магнітні моменти електронів встановлюються паралельно друг другу. Виникають області (1-10 мкм) спонтанного (самодовільного) намагнічення - доменів. У межах домена ферромагнетик намагнічен до насичення.

1. Зміщення доменів (т. доменів, що орієнтовані по певному напрямку) відбувається механічно. При певних умовах у кристалах виникають так звані доменні стіни. Їх заставляють стінової магнітні моменти електронів встановлюються паралельно друг другу. Виникають області (1-10 мкм) спонтанного (самодовільного) намагнічення - доменів. У межах домена ферромагнетик намагнічен до насичення.

2. Процес обертання - поворот вектора намагніченості домена у напрямку поля

IV Антиферромагнетик... у ферромагнетиків...

У-К.К.Д. створювати і джерела струму

$R = U/I = \frac{U^2}{I^2} = \frac{U^2}{R^2} R$

Потужність у зовнішній ділянці кола (корисна) при умові: $\frac{dP}{dR} = 0 \Rightarrow R = r$ - Умова макс P

$P = I^2 R = \frac{U^2}{R} = \frac{U^2}{r + R}$

2. $P = I^2 R = \frac{U^2}{R} = \frac{U^2}{r + R}$ - втрачена потужність на виділення теплоти в джерелі струму

$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{I^2 R}{I^2 (R + r)} = \frac{R}{R + r}$

але $P = I^2 R = \frac{U^2}{R} = \frac{U^2}{r + R}$ так як $U \leq \epsilon$ то $\eta \leq 1$

Завдання. Побудувати графіки $P = f(I)$ $R = f(I)$ $\eta = f(I)$ (без енергії виділяється в джерелі - жак!).

Правила Кірхгофа (ніч. 1845р.)

$\sum I = 0$

Аналогічна сума струмів, що сходяться у будь-якому вузлі, дорівнює нулю

(Кількість вхідних струмів - кількість вихідних струмів)

Т. А. $U_3 = U_1 + U_2$ обов'язково на схемі позначити напрямки струмів!

$\sum U R + \sum U_2 = \sum \epsilon$

У будь-якому довільно обраному електричному колі сума струмів на опори дорівнює алгебраїчній сумі електрорушійних сил у цьому контурі.

1. Виділяють найбільш прості контури (мінімумом джерел, опорів) так щоб у наступному контурі містилася хоч одна нова гілка. 2. Обхід всіх контурів треба здійснювати в одному напрямку (найчастіше за годинниковою стрілкою) 3. $U > 0$ якщо напрямку струму збігається з напрямком обходу контура 4. $U < 0$ якщо напрямку струму збігається з напрямком обходу контура 5. Контурів (рівнянь) пишуть стільки, щоб охопити всі джерела, опори кола.

6. Якщо при розв'язуванні рівнянь вийшло $U < 0$ це означає, що дійсний напрямку струму протилежний до обраного

Контур 1 $-U_1 - U_2 + U_3 + U_4 + U_5 + U_6 = \epsilon_1 - \epsilon_2$

Контур 2 $-U_2 - U_3 + U_4 + U_5 + U_6 = \epsilon_2 - \epsilon_1$

3. Єдинання джерел струму (обзначення)

Послідовне



$\epsilon = n \cdot \epsilon_i$

$r = n \cdot r_i$

$Y = \frac{\epsilon}{R+r} = \frac{n \epsilon_i}{R+n r_i}$

Місток Уїтстона

Вимірювання опорів



$R_x = \frac{R_1 R_3}{R_2}$

Опоры R1, R2, R3 підбирають так, щоб струм через гальванометр Г був 0 тоді $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$

Компенсаційний метод (нуль-метод) вимірювання ЕРС.

У-0 - так виміряють показання К



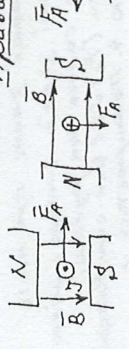
$\epsilon_x = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \epsilon_0$

Контур 1 $-U_1 = -\epsilon_x$

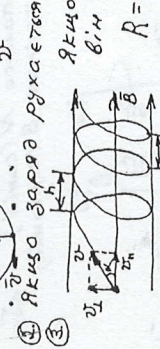
Контур 2 $U_1 + U_2 = \epsilon_0$

K-45

Сила Лоренца
 $F_L = qvB \sin \alpha$
 $F_L = qvB \sin \alpha = qvB \sin \alpha$
 $F_L = qvB \sin \alpha$
Напряма сили Лоренца для q -пробітника ліній руху, для q -пробітника правої руху
Правильно ліній руху...



Якщо $\vec{v} \perp \vec{B}$ - заряд в м.п. рухається по колу, так як $F_L \perp \vec{v}$
 $R = \frac{mv^2}{qB}$
 $T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$ - період обертання заряду в м.п.
Не залежить від v (фактусування)
Якщо заряд рухається вздовж або проти \vec{B} $F_L = 0 \Rightarrow \vec{v} = \text{const}$



Принцип суперпозиції: $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \dots = \sum \vec{B}_i$
Закон Біо-Савара-Лапласа (досвід) - визначає вектор індукції м.п. dB
 $d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\vec{l} \times \vec{r}}{r^2}$
 $\alpha = (\vec{dl}, \vec{r})$
 $d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I}{r^2} [d\vec{l} \times \vec{r}]$

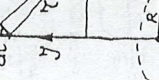
Індукція м.п. рухомого заряду
 $B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{qv \sin \alpha}{R^2}$
Магнітний потік $\Phi = \int S \vec{B} \cos \alpha$
Поліодворідне $\Phi = \int S \vec{B} \cos \alpha$
Теорема Гауса-Отроудовського: $\oint S \vec{B} \cos \alpha = 0$
Суть теорем: 1) Ліній вектора B не мають ні початку, ні кінця 2) потік вектора B крізь поверхню S, обмежену замкнутим контуром, не залежить від форми поверхні S 3) у природі не існує магнітних зарядів, на яким би позначилися і зарядувалися лінії м.п. (м.п. не має джерел у протилежному до електричного).

Теорема про циркуляцію вектора B
вектора B по замкнутому контурі рівна добутку магнітної сили I на алгебраїчну суму струмів, що охоплює контуром (струм $I > 0$ якщо його напрям збігається з обходом контура правим правилом збита).

Суть теорем: магнітне поле - вихрове (не потенціальне)
Роль теорем - та сама, що і теоремі Гауса для ел. поля.

K-46

Поліодворідне
Поліодворідне
Поліодворідне



Поліодворідне
Поліодворідне
Поліодворідне

Поліодворідне
Поліодворідне
Поліодворідне

Поліодворідне
Поліодворідне
Поліодворідне

Поліодворідне
Поліодворідне
Поліодворідне

Поліодворідне
Поліодворідне
Поліодворідне

Поліодворідне
Поліодворідне
Поліодворідне

Поліодворідне
Поліодворідне
Поліодворідне