Список питань до заліку з фізики.

1.Простір та час. Система відліку. Системи координат. Перетворення координат.

Механіка - наука про рух тіл, взаємний рух або зміну їх механічної конфігурації.

Рух - зміна положення тіла з часом. Положення тіла завжди розглядається відносно інших тіл. Для того, щоб описати же положення багатьох тіл використовується система відліку.

Система відліку - тіло або система тіл, відносно яких визначається положення інших тіл. В якості СВ завжди обирається тверде тіло, і пов’язують з ним координатні вісі.

Координати тіла задаються або трійкою чисел (x,y,z) (в випадку трьохвимірної системи), або за допомогою вектора, що з’єдную тіло і початок координат - радіус-вектора точки. Радіус-вектор записується у вигляді **(**i,j,k - орти).

Довжини тіл вимірюються або прямими (за допомогою еталона), або не прямими методами. Час характеризується лише одним числом, і як не існує абсолютного положення (залежить від СВ), так і не існує абсолютного часу.

Вибір системи відліку залежить від умов задачі. Найчастіше використовувані:

Прямокутна декартова система координат (3D).

Прямокутна декартова система координат (2D).

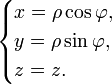
Полярна система координат (2D)

Визначається кутом і радіусом



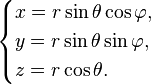
Циліндрична система координат (3D)

Кут , радіус і висота z



Сферична система координат (3D)

Визначається кутами і відстаню до центра r.

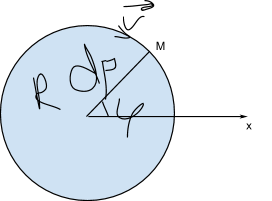


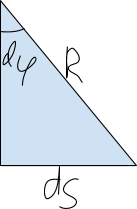
**2**. Кінематика поступального та обертального руху (швидкості, прискорення, середні та миттєві значення).

Прямолінійний рух — механічний рух, при якому вектор переміщення не змінюється у напрямку і за величиною, дорівнює довжині шляху, пройденого тілом.

, ,

, якщо





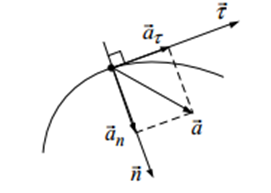
**Криволінійний рух матеріальної точки.**

Швидкість руху : , де w - кутова швидкість.

Тангенціальна складова направлена вздовж дотичної у бік руху тіла. Вона характеризує зміну швидкості за величиною і визначається формулою: , де - кутове прискорення.

Нормальна складова направлена перпендикулярно до дотичної, характеризує зміну швидкості за напрямом і визначається за формулою: , де – R радіус кривизни траєкторії у даній точці.

Тоді повне прискорення дорівнює: .



**3**.  Основні закони динаміки руху.

Динаміка - частина механіки, що вивчає рух тіл у зв’язку з діючими на них впливами. Фізична величина, що описує взаємодію 2х та більше тіл називається силою. В результаті цієї взаємодії тіла змінюють свої механічні характеристики.

І закон Ньютона. Існує принаймні одна інерційна система відліку.

Інерційна система відліку - така СВ, де тіла, на які не діють зовнішні сили або ці сили скомпенсовані знаходяться в стані спокою або рухаються рівномірно прямолінійно. Маса є мірою інертності тіла.

ІІ закон Ньютона. Сила - перша похідна від імпульсу (прискорення).

ІІІ закон Ньютона. Сила взаємодії двох матеріальних точок в ізольованій системі рівні і протилежні за напрямком (легко розповсюдити на випадок N).

Виводиться з того, що в системи є сумарний не змінний імпульс, який є сумою імпульсів кожного тіла. Взявши похідну, отримаємо закон.

**4.** Види взаємодії та сил. Теорема про рух центру мас.

**Си́ла** — векторна [фізична величина](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%96%D0%B7%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%B0), що характеризує ступінь [взаємодії](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B7%D0%B0%D1%94%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D1%96%D1%8F) [тіл](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%96%D0%B7%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B5_%D1%82%D1%96%D0%BB%D0%BE).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Фундаментальні | Пружні | Конт Контактні |
| Гравітаційна  електромагнітна  слабкі ядерні  сильні ядерні |  | сила реакції опори  сила тертя |

Гравітаційна взаємодія описується законом всесвітнього тяжіння:

= - ,

G- гравітаційна стала, n- вектор, що сполучає тіло 1 з тілом 2.

Сила електромагнітної взаємодії описується силою Лоренца. Вона діє з боку електричного і магнітного полів на тіла, які мають електричний заряд.

Закон Гука

Центром мас (центром інерції) системи матеріальних точок називається точка С, радіус-вектор якої рівний відношенню суми добутків мас всіх точок системи на їх радіус-вектори до маси всієї системи:

, .

**Теорема про рух центра мас**: центр мас механічної системи рухається як матеріальна точка, маса якої рівна масі всієї системи і на яку діє зовнішня сила, що дорівнює рівнодійній всіх зовнішніх сил, що діють на дану систему.



Зауваження. Внутрішні сили взаємодії частин системи між собою можуть викликати зміни швидкостей цих частин системи, але не можуть вплинути на сумарний імпульс системи, чи швидкість її центра мас.

**5.** Приведена маса. Рух тіл зі змінною масою.

Зведена маса - міра інерційності відносного руху [матеріальних точок](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%96%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0_%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BA%D0%B0). Зазвичай приведена маса визначається з рівності .Зведена маса двох тіл з масама та визначатиметься за формулою . Поняття зведеної маси виникає найчастіше в задачі двух тіл (рух двух точкових тіл, які взаємодіють тільки між собою).

Рух тіла зі змінною масою (реактивний).

Нехай у нас з часом маса буде зменшуватись, і відповідно, швидкість руху збільшуватись (наприклад, рух ракети).

.

Оскільки dm\*dv=0, dm(газ)=-dm, маємо

.

Те, що в дужках - відносна швидкість газу відносно ракети.

- рівняння Мещерського (рівняння руху тіла зі

змінною масою).

Припустимо, що .

Скоротивши dt, отримаємо диф. рівняння

Якщо t=0, v0=0, m=m0:

- рівняння Ціолковського.

**6**. Робота. Потенційна та кінетична енергія. Консервативні та неконсервативні сили. Закон збереження енергії. Потужність.

Роботою сили на переміщення називається проекція цієї сили на напрямок переміщення.

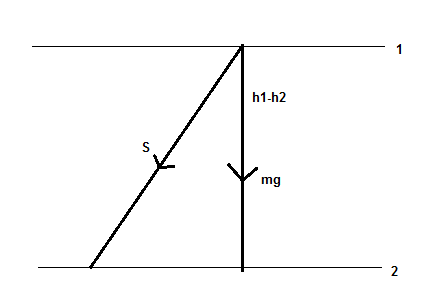
. Якщо dS -> 0, тоді роботу називають елементарною. Якщо ж тіло рухається по складній траекторії

Робота - величина аддитивна, тобто якщо вздовж траекторії діє не одна сила, то загальна робота цих сил буде сумою робіт цих сил.

Потужність - диференціал роботи по часу (робота, що виконується за одиницю часу).

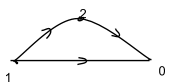
Якщо зауважити, що і , тоді

,тобто робота дорівнює зміні кінетичної енергії тіла.

*Розглянемо роботу сили тяжіння.*

Як бачимо, робота не залежить від траекторії, а тільки від початкового і кінцевого положення тіла

Якщо сили взаємодії залежать лише від конфігурації матеріальних точок і робота цих сил при переміщені з однієї довільної точки в іншу не залежить від шляху переходу, а лише початкового і кінцевого положення, то такі сили називаються консервативними (робота таких сил по замкнутому контуру =0). Всі центрально симетричні сили належать до консервативних (наприклад, сила Кулона). Всі інші сили - неконсервативні. До них належать дисипативні сили (наприклад, сила тертя).

Якщо на систему діють лише консервативні сили, тоді можна ввести поняття потенційної енергії. Нехай існує якесь нульове положення системи. Отже, робота, що виконують консервативні сили при переміщенні з розглядуваного положення в нульове, називається потенційною енергією (буде залежати від початкового і кінцевого положення).

.

, тоді

Приклади потенційних енергій: потенційна енергія сили тяжіння , потенційна енергія сили пружності , потенційна енергія сили гравітації

Якщо в системы наявні дисипативні сили

. Тоді - повна енергія системи. За відсутності дисипативних сил (система замкнута), повна енергія системи зберігається (закон збереження енергії) .

**Потужність-** це скалярна фізична величина, яка показує кількість роботи, що виконується за одиницю часу. Потужність вимірюють відношенням роботи до проміжку часу, протягом якого ця робота виконувалася: Потужність - величина скалярна. В СІ її вимірюють у ватах: http://elearn.univector.net/file.php/5/moddata/resource/2521/zmchp3_files/ff24.gif

**7**. Імпульс. Закон збереження імпульсу. Абсолютно пружний та абсолютно непружний удари.

Розглянемо систему двох з’єднаних невагомою пружиною тіл, що рухаються в різні сторони зі швидкостями v1 і v2. В точці першого тіла тоді буде діяти сила , в точці другого - . Оскільки система замкнена, тоді сума цих сил дорівнює 0: Оскільки прискорення - це перша похідна швидкості по часу, маємо, що:

Тобто, як бачимо, сумарний імпульс замкнутої системи зберігається (це легко можна розповсюдити і на систему з n тіл).

Імпульс передається. Два основні типи:

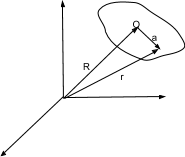
- абсолютно непружний удар - це таке зіткнення двох тіл, в результаті якого вони з’єднуються і рухаються далі як єдине ціле. В такому випадку енергія не зберігається (частина втрачається на нагрівання і з’єднання тіл).Швидкість, з якою буде рухатись тіло після зіткнення:

Кінетична енергія після зіткнення . Тоді втрата енергії після зіткнення

.

-абсолютно пружний удар. При такому ударі внутрішня енергія взагалі не змінюється, маси не змінюються і не деформуються. Записавши закони збереження енергії та імпульсу можна вивести формули для швидкостей після зіткнення.

**8.** Динаміка обертального руху твердого тіла. Момент сили та момент імпульсу. Закон збереження моменту імпульсу.

Абсолютно тверде тіло - тіло, частини якого по формі і розмірам та взаємному розташуванню залишаються незмінними під час руху.

Тоді відповідно вектор r, який з’єдную довільну точку тіла з центром СК , і під час руху модуль вектора а є сталим. .

Вектор w не залежний від СК.

Взагалі рух тіла можно описати як переміщення його центру мас. Нехай на нього діє сила . Момент імпульсу дорівнює сумі моментів, що діють на точки . В цілому це описується за допомогою тензора, який називається моментом інерції і . Тоді взявши похідну по часу отримаємо - основне рівняння обертального руху твердого тіла.

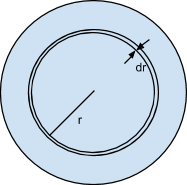
9. Момент інерції тіла відносно точки та відносно вісі. Теорема Штейнера. Рівняння руху твердого тіла.

- основне рівняння обертального руху твердого тіла.

Момент інерції - скалярна (в загальному випадку - тензорна) фізична величина, яка є мірою інертності тіла під час обертального руху (подібно до того, як маса є мірою інертності при поступальному). Характеризується в основному розподілом мас всередині тіла.

.

Приклад розрахунку моменту інерції для нескінчено тонкого диску:



Виділимо нескінчено тонке кільце всередині цього диску. Площа цього кільця . Тоді відповідно елемент маси dm відноситься до всієї маси m, як площа dS до S. Тоді . Звідси маємо

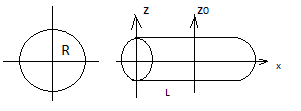
Теорема Гюйгенса-Штейнера встановлює зв`язок між моментами інерції тіла відносно двох паралельних вісей, що проходять скрізь тіло.

, де a - відстань між вісю і центром мас.

**10**. Момент інерції стержня та нескінченно тонкого кільця. Кінетична енергія твердого тіла

Кільце:

Стрижень:

**

Кінетична енергія твердого тіла

*Отже ;*

**11.** Тяжіння. Закони Кеплера. Закон всесвітнього тяжіння. Перша та друга космічні швидкості.

І: Всі планети рухаються по еліпсам, в одном із фокусів яких знаходиться Сонце.

ІІ: Радіус-вектор планети описує за однакові проміжки часу однакові площі.

ІІІ: Квадрати періодів обертання планет навколо Сонця відносяться як куби великих півосей їх орбіт.

Закон всесвітнього тяжіння: сила, з якою два тіла притягують один одного, пропорційна масам цих тіл і обернено пропорційна квадрату відстані між ними.

.G=6,67\*10^(-11) м^3/кг\*сек^2

Для того, щоб яке-небудь тіло стало супутником Землі, йому необхідно надати швидкість v1 - перша космічна швидкість. Її легко визначити з умови

Але цієї швидкості не достатньо, щоб покинути поле гравітації Землі. Для цього потрібно надати другу космічну швидкість. Її можна знайти з таких міркувань, що потрібно знайти роботу, яку потрібно виконати проти сил земного тяжіння для переміщення тіла в безкінечність. З закону тяжіння і взявши інтеграл маємо . Тіло має мати такий запас енергії, тоді

**12.** Рух відносно неінерціальних систем відліку.

Закони Ньютона справедливі лише в інерціальних СВ. Відносно всіх інерціальних СВ тіло буде рухатись з однаковим прискоренням w. Але оскільки будь-яка неінерціальна СВ рухається відносно інерціальних з деяким прискоренням, то прискорення тіла в неінерціальний СВ w` буде відмінним від w. Нехай їх різниця буде a: w-w`=a. Якщо неінерціальна СВ рухається відносно інерціальної поступально, то а співпадає з прискорення неінерціальної СВ. В іншому випадку не можна.

Нехай результуюча всіх сил, рівна f. Тоді за другим законом Ньютона w=f/m. Прискорення ж відносно неінерціальної СВ буде w`=w-a=f/m-a. Таким чином, навіть якщо результуюча всіх сил буде рівна 0, тіло буде рухаться по відношення до неінерціальної СВ з прискоренням -а, як ніби на нього діє сила рівна -ma.

Тобто, при опису руху в неінерціальних СВ можна використати рівняння динаміки для інерціальних, якщо ввести так звані сили інерції f(in), які варто приймати рівними добутку маси тіла на взяту з протилежним знаком різницю його прискорень по відношенню до інерціальної і неінерціальної СВ.

f(in)=-ma. Тоді рівняння другого закону Ньютона в неінерціальній СВ матиме вигляд

Самі сили інерції можна вважати фіктивними силами, вони пов’язані лише з особливостями СВ.

13. Перетворення Галілея. Постійність швидкості світла. Перетворення Лоренца

**Перетворення Галілея** — назва перетворень у [класичній механіці](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BB%D0%B0%D1%81%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D0%BC%D0%B5%D1%85%D0%B0%D0%BD%D1%96%D0%BA%D0%B0), згідно з якими змінюються значення фізичних величин при переході між різними [інерційними системами відліку](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BD%D0%B5%D1%80%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B0_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BB%D1%96%D0%BA%D1%83).  
Якщо осі [координат](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BE%D1%80%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D1%82%D0%B8) у двох системах відліку мають одинакові напрямки, а одна система рухається вздовж осі y другої системи з постійною швидкістю V, то перетворення мають вигляд:

x^\prime=x

y^\prime=y-Vt

z^\prime=z

t^\prime=t

Відповідно змінюються компоненти швидкості

v^\prime_x=v_x 

v^\prime_y=v_y-V 

v^\prime_z=v_z 

Чим більше зміна швидкості тим більше відхилення від формули додавання швидкості Галілея.

**Швидкість світла** — [фізичний](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%96%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0) термін, який використовується у двох, пов'язаних між собою, але концептуально різних значеннях. Перш за все швидкість світла — фундаментальна [фізична стала](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D1%96%D0%B7%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0_%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B0), швидкість розповсюдження [електромагнітної взаємодії](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D1%96%D1%82%D0%BD%D0%B0_%D0%B2%D0%B7%D0%B0%D1%94%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D1%96%D1%8F) у[вакуумі](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B0%D0%BA%D1%83%D1%83%D0%BC). Інше значення — швидкість розповсюдження [електромагнітних хвиль](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D1%96%D1%82%D0%BD%D0%B0_%D1%85%D0%B2%D0%B8%D0%BB%D1%8F), включно із [світлом](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%BB%D0%BE), у певному середовищі.

Найбільш розповсюджена форма запису перетворень Лоренца зв’язує координати події в [інерціальній системі відліку](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BD%D0%B5%D1%80%D1%86%D1%96%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0_%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BB%D1%96%D0%BA%D1%83) *K* з координатами тієї ж події в системі *K′*, яка рухається відносно *K* зі швидкістю *V* вздовж осі *x*:



Наслідки перетворення Лоренца.

Інваріантним відносно перетворень є лише просторово-часовий інваріант

Зміна довжини. Тоді маємо

Зміна часу. Якщо x1=x2=x0

**14**. Електростатичне поле. Закон Кулона. Напруженість та потенціал. Зв’язок між ними. Диполь

Електростатика - наука, що вивчає явища електричного поля, коли воно не змінюється з часом.

Взаємодія між зарядженими і магнітними тілами відбувається за допомогою електромагнітного поля. Поле - це особливий вид матерії.

Електричне поле - одна зі складових електромагнітного поля, яка існує навколо заряджених тіл або частинок. Якщо воно не змінюється з часом, воно називається електростатичним.

Заряджене тіло здатне до електромагнітної взаємодії, а заряд є мірою цієї взаємодії.

Є два види зарядів: позитивні і негативні . Заряд не може ділитись нескінченно, існує елементарний заряд електрона , інші заряди є лише . Також властивостями заряду є адитивність і те, що він інваріантний відносно системи відліку.

В замкнутій системі сумарний заряд завжди зберігається - закон збереження заряду.

Закон Кулона: сила взаємодії двох точкових зарядів пропорційна добутку їх величин і обернено пропорційна відстані між ними. Діє вздовж прямої, що з’єднує ці заряди.

Напруженість - силова характеристика електричного поля, яка дорівнює силі, яка діє в даній точці простору на точковий заряд у електричному полі.

. Напруженість величина адитивна, тому виконується принцип суперпозиції

Отже, різниця потенціалів двох точок поля - це фізична величина, що дорівнює відношенню з протилежним знаком роботи сил поля по переміщенню точкового заряду між цими точками до величини заряду.

.

Потенціал - різниця потенціалів між досліджуваною точкою і безкінечністю. .

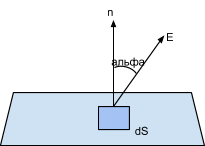
**Дипо́ль**— в електродинаміці: ідеалізована система, що слугує для наближеного опису статичного поля або розповсюдження електромагнітних хвиль далеко від джерела (особливо — від джерела з нульовим сумарно, але просторово розділеним зарядом).

Електричний диполь — це два різнойменних точкових [заряди](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B4) рівних за модулем.

1) [Двополюсник](http://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%94%D0%B2%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8E%D1%81%D0%BD%D0%B8%D0%BA&action=edit&redlink=1). Розрізняють диполь електричний і магнітний. Електричний диполь — сукупність двох рівних за абсолютною величиною різнойменних зарядів, які розташовані на певній відстані один від одного. Характеристикою диполя електричного є[дипольний момент](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BC%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82). Молекули багатьох речовин можна розглядати як диполі.

2) В радіотехніці диполь — [антена](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%B0) у вигляді двох симетрично розташованих провідників.

15. Теорема Гауса про потік вектора напруженості електричного поля. Поле рівномірно зарядженої кулі, площини.

Напруженість - силова характеристика електричного поля, яка дорівнює силі, яка діє в даній точці простору на точковий заряд у електричному полі.

. Напруженість величина адитивна, тому виконується принцип суперпозиції.

Потік вектора напруженості електричного поля

Виділимо елементарну площу dS. Тоді , де -вектор нормалі. Тоді відповідно потік вектора через цю елементарну площу . Тоді щоб знайти потік вектора через всю поверхню візьмемо інтеграл .

Теорема Гауса для електростатичного поля: потік вектора E через замкнену поверхню визначається лише зарядами, що знаходяться всередині цієї поверхні і не залежить від координат зарядів.

.

Теорема Гауса є узагальненим виглядом закону Кулону, який трактується з точки зору напруженостей. Умовами для використання теорми Гауса є постійність вектора Е і не змінність кута між нормалю і вектором Е.

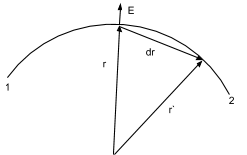
Приклад застосування теореми Гауса:

Рівномірно заряджена сфера радіуса R, на поверхні якої розподілений заряд q.

Розглянемо напруженість всередині сфери: оскільки весь заряд розподілений по поверхні сфери, то q=0. Як елементарну площу беремо сферу радіуса r. Тоді за теоремою Гауса .

Якщо ж r>R:

**16**. Робота сил електростатичного поля. Потенціал. Різниця потенціалів. Еквіпотенціальні поверхні.

Розглянемо поле стаціонарних зарядів і роботу, яку потрібно виконати для переміщення заряду з точки 1 в точку 2.

За визначенням роботи . Якщо спрямуємо dl і da до нуля, отримаємо Як бачимо, поле стаціонарних зарядів є центрально симетричним полем (робота не залежить від траекторії переміщення).

Як бачимо, робота прямо пропорційна заряду. І позначимо те, що в дужках як , а їх різниця - різниця потенціалів U.

Отже, різниця потенціалів двох точок поля - це фізична величина, що дорівнює відношенню з протилежним знаком роботи сил поля по переміщенню точкового заряду між цими точками до величини заряду.

.

Потенціал - різниця потенціалів між досліджуваною точкою і безкінечністю. .

Еквіпотенціальна поверхня - поверхня, вздовж якої потенціал є однаковим. Переміщуючи вздовж таких поверхонь робота поля дорівнює 0.

**17.** Електричне поле у провідниках. Електрична ємність провідників. Конденсатор. З’єднання конденсаторів.

**Провідник** — матеріал, що проводить тепло або електрику (на противагу [діелектрику](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%96%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%B8)). Для провідника характерні високі [тепло-](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C) або [електропровідність](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C). Найчастіше провідник є речовиною, яка має багато вільних електронів ([метали](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B8)). Діелектрики, типу [скла](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BA%D0%BB%D0%BE) чи [кераміки](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%BC%D1%96%D0%BA%D0%B0), мають мало вільних[електронів](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD). [Вуглець](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%83%D0%B3%D0%BB%D0%B5%D1%86%D1%8C) — єдиний [неметал](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B8), що є (у деяких формах) провідником тепла й електрики. Речовини типу кремнію і германію, електропровідність яких має проміжне значення у порівнянні з провідниками й діелектриками, називаються [напівпровідниками](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D0%BF%D1%96%D0%B2%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA). Їх електропровідність може змінюватися у широкому діапазоні під впливом тепла, [світла](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%BB%D0%BE) і напруги.

Конденсатор - система провідників та/або діелектрика, кожен з яких має власний заряд, і в результаті між ними створюється електричне поле.

**Є́мнність** — здатність тіла накопичувати [електричний заряд](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B7%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B4).

Ємність визначається, як відношення заряду тіла Q до його [потенціалу](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BF%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%96%D0%B0%D0%BB) V:

 C = \frac{Q}{U} 

Величина ємності визначається геометрією конденсатора, а також діелектриком. Найдемо формулу для ємності плоского конденсатора:

Якщо площа обкладки S, а заряд на ній q, то тоді напруженість поля між обкладками дорівнює

Різниця потенціалів .

Для сферичного конденсатора .

З’єднання конденсаторів:

При паралельному з’єднанні на одній з обкладок кожного конденсатора потенціа , на іншій . Отже, на кожній з двух систем обкладок накопичується сумарний заряд . Загальну ємність батареї знайдемо, розділивши на напругу: .

При послідовному з’єднанні на обкладках конденсаторів розміщується однаковий заряд q. Тоді . Сума цих напруг дорівнює загальній напрузі

**18.** Поляризація діелектриків. Діелектрична сприйнятливість та проникність. Вектор електричного зміщення. Умови на межі двох діелектриків.

За відсутності зовнішнього електричного поля дипольні моменти молекул діелектрика або рівні нулю (не полярні), або розподілене по напрямкам в просторі хаотичним чином (полярні). В обох випадках сумарний електричний момент діелектрика дорівнює нулю.

При дії зовнішнього поля діелектрик поляризується - електричний момент діелектрика стає відмінним від нуля. В якості величини, що характеризує степінь поляризації, природно взяти електричний момент одиниці об’єму. Щоб охарактеризувати поляризацію в даній точці, потрібно виділити фізично нескінченно малий об’єм , найти суму моментів і взяти відношення.

Величина Р називається вектором поляризації.Має розмірність Кл\*м^(-2),тобто співпадає з розмірністю .

У діелектриків любого типу вектор поляризації пов’язаний з напруженістю поля в тій же точці відношенням , де - незалежна від Е безрозмірна величина, яка називається діелектричною сприйнятністю діелектрика. Для діелектриків, побудованих з не полярних молекул, ця формула витікає з наступних міркувань.

В границі об’єму попадає кількість молекул, рівна , де - кількість молекул в одиниці об’єму. Кожний з моментів в цьому випадку визначається формулою . Таким чином

Розділивши цей вираз на отримаємо вектор поляризації . Ввівши позначення , приходимо до формули. (- поляризовність молекули).

**Теорема Гауса для діелектрика. Вектор зміщення. Діелектрична проникність.**

Вплив діелектрика на електричне поле зводиться до дії поляризаційних зарядів. Тому з загальної теореми Гауса (,де випливає

,підставимо

. Введемо новий вектор

.

Електричне зміщення - векторна величина, що дорівнює сумі вектора напруженості електричного поля і вектора поляризації (

Потік вектора крізь поверхню

Діелектрична проникність - безрозмірна величина, що характеризує ізоляційні властивості

середовища. Вона показує, у скільки разів взаємодія між зарядами в однорідному середовищі

менша, ніж у вакуумі.

**19**. Постійний електричний струм. Опір провідника. Закони Ома. Закон Джоуля-Ленца (в інтегральній та диференційній формі). Рівняння неперервності. Електрорушійна сила.

Якщо в провіднику створити електричне поле, то носії заряду прийдуть в впорядкований рух . Цей впорядкований рух називають електричним струмом. Його прийнято характеризувати силою струму - скалярною величиною, яка дорівнює заряду, що переноситься носіями через поверхню в одиницю часу. .Якщо ж переносяться і +, і - заряди, то тоді

Більш детально струм можна охарактеризувати вектором густини струму j. Цей вектор чисельно рівний силі струму di через розміщено в цій точці перпендикулярно до руху зарядів площадку dS, віднесеної до величини цієї площадки.

Електричний опір - здатність провідника перешкоджати впорядкованому руху електричних зарядів.

Закон Ома можна записати в диференційній формі за допомогою таких міркувань. Через поперечний переріз провідника протікає струм силою Напруга дорівнює а опір - . Підставивши в закон Ома, отримаємо . Таким чином можна записати, що де - коефіцієнт електропровідності.

Закон Джоуля-Ленца: . Можна перейти до диференційної форми запису. Виділимо, як і для закону Ома, елементарний об’єм у вигляді циліндру. Відповідно до закону, за час dt в ньому виділиться . Кількість тепла dQ відношене до одиниці часу і одиниці об’єму, називається питомою потужністю струму w. Тоді отримуємо Ці відношення виражають закон Джоуля-Ленца в диференційній формі.

Як було встановлено, за рахунок електростатичного поля струм не може підтримуватись, тому потрібні якісь зовнішні сили, які будуть переносити заряди проти сил електростатичного поля.

Ці звоніші сили можна охарактеризувати роботою, які вони виконують над переміщенням зарядів. Величина, яка дорівнює роботі зовнішніх сил, віднесена до одиниці заряду, називається електрорушійною силою (ЕРС)

Зовнішню силу, яка діє на заряд, можна записати у вигляді , а роботу, яку вони здійснюють . Розділивши на q, отримаємо ЕРС . Тобто, ЕРС може бути визначена як циркуляція вектора напруженості зовнішніх сил.

Закон Ома для повного кола: , де - ЕРС, яка діє в колі, - сумарний опір всього кола.

Правила Кіргхофа:

І: Алгебраїчна сума струмів, які сходяться в узлі, дорівнює нулю . Його справедливість витікає з міркувань, що якби це було не так, в узлі накопичувався або зменшувався б заряд, щою призвело до зміни струмів. Але цього не відбувається.

ІІ: Алгебраїчна сума падінь напруг в замкнутому контурі дорівнює алгебраїчній сумі ЕРС, що діють в заданому контурі.

**20.** Закон магнітної взаємодії елементів струмів. Магнітне поле. Індукція магнітного поля. Закон Біо-Саваро-Лапласа .

**Магні́тне по́ле** — складова [електромагнітного поля](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D1%96%D1%82%D0%BD%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5), за допомогою якої здійснюється [взаємодія](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B7%D0%B0%D1%94%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D1%96%D1%8F)між [рухомими](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D1%83%D1%85) [електрично зарядженими](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B7%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B4) [частинками](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%BA%D0%B0).

При русі зарядів створюється магнітне поле, яке в свою чергу впливає на інші рухомі заряди.

Магнітна індукція - векторна величина, яка є силовою характеристикою магнітного поля (його дії на заряджені частинки або провідники зі струмом) в даній точці простору. Визначає, з якою силою магнітне поле діє на заряджену частинку, що рухається в ньому.

В 1820 році Біо і Савар провели дослідження магнітних полів струмів різної форми. Було встановлено, що магнітна індукція пропорційна силі струму, обернено пропорційна квадрату відстані до точки, а також від форми провідника. Залежність від форми розраховується методом, який запропонував Лаплас, і який заснований на сумі полів, що створюються елементарними частинками струму.

В результаті отримана формула

Для прикладу розрахуємо поле нескінченного прямого провідника на відстані b від нього. Тоді Підставивши в формулу закону БСЛ і проінтегрувавши отримаємо

21. Теорема про циркуляцію *В.* Розрахунок магнітних полів для циліндра, соленоїда. Теорема Гауса для магнітного поля.

. Тобто, теорема про циркуляцію вектора індукції говорить, що циркуляція вектора В по замкнутому контуру дорівнює алгебраїчній сумі струмів, що охватує цей контур помножена на магнітну сталу. Також можна записати у вигляді . Тобто магнітне поле є вихровим полем, і йому не можна приписати потенціал.

Теорема Гауса.

Поток вектора магнітної індукції через будь-яку замкнуту поверхню дорівнює нулю . Це еквівалентно тому, що в природі не існує магнітних зарядів.

В результаті отримана формула

Для прикладу розрахуємо поле нескінченного прямого провідника на відстані b від нього. Тоді Підставивши в формулу закону БСЛ і проінтегрувавши отримаємо

Цилиндр: http://www.fizportal.ru/k/4789.jpghttp://www.fizportal.ru/k/4790.jpghttp://www.fizportal.ru/k/4791.jpg

http://www.fizportal.ru/k/4792.jpghttp://www.fizportal.ru/k/4793.jpghttp://www.fizportal.ru/k/4794.jpg

На поверхности цилиндра (при **r = R**)

http://www.fizportal.ru/k/4795.jpg

**22**. Магнетики. Вектор намагнічування. Теорема про циркуляцію у магнетиках.

Магнетики – речовини і тіла, які здатні під дією магнітного поля намагнічуватися, тобто набувати магнітного моменту.

Степінь намагнічення магнетика характеризується магнітним моментом одиниці об’єму.

Дану величину називають вектором намагнічення і позначають J.

магнітній момент окремої молекули (атома). Сумування проводиться по всім молекулам в данному об’ємі.

Представимо,що всі молекули в межах об’єму мають однаковий магнітний момент , тоді

Якщо вектор намаг. в усіх точках речовини однаковий, то така речовина - однорідна.

http://www.webpoliteh.ru/images/em/image538.png - теорема о циркуляции вектора магнитной индукции в магнетиках

23. Напруженість магнітного поля. Магнітна сприйнятливість та проникність. Умови на межі двох магнетиків. Енергія магнітного поля.

**Напру́женість магні́тного поля** — [векторна](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80) характеристика, яка визначає величину й напрям магнітного поля в даній точці в даний час.

Позначається зазвичай латинською літерою  \mathbf{H} , вимірюється в [ерстедах](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D1%80%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%B4) у системі [СГС](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%93%D0%A1)М і [ампер-витках на метр](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80-%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%BA%D0%B8) (А·в/м) у системі[СІ](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%86).

**Магнітна сприйнятливість** (найчастіше позначається  \chi_m ) характеризує здатність речовини намагнічуватись під дією зовнішнього [магнітного поля](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D1%96%D1%82%D0%BD%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5):

 \mathbf{M} = \chi_m \mathbf{H} 

Де  \mathbf{H}  - [вектор](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80) [напруженості магнітного поля](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%83%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C_%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D1%96%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8F);  \mathbf{M}  - [вектор намагніченості](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80_%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D1%96%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96) середовища.

У залежності від значення магнітної сприйнятливості речовини класифікуються так:

При \chi_m < 0  — речовина є [діамагнетиком](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%96%D0%B0%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA)

При \chi_m > 0  — речовина є [парамагнетиком](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA)

При \chi_m \gg 1  — речовина є [феромагнетиком](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA).

Магнітна сприйнятливість пов'язана з [магнітною проникністю](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D1%96%D1%82%D0%BD%D0%B0_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C)  \mu_r :

 \mu_r = 1 + \chi_m   (Система [СІ](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%86)).

**Магнітна проникність** — характеристика магнітних властивостей матеріалу, в якому [магнітна індукція](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D1%96%D1%82%D0%BD%D0%B0_%D1%96%D0%BD%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F) **лінійно** залежить від[напруженості магнітного поля](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%83%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C_%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D1%96%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8F). Найчастіше позначається грецькою літерою  \mu . Термін запропонував у вересні 1885 року [Олівер Хевісайд](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BB%D1%96%D0%B2%D0%B5%D1%80_%D0%A5%D0%B5%D0%B2%D1%96%D1%81%D0%B0%D0%B9%D0%B4).

В системі [СІ](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%86) магнітна проникність є безрозмірною величиною. В порожнечі магнітна проникність має значення  \mu_0  - [магнітна константа](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D1%96%D1%82%D0%BD%D0%B0_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%82%D0%B0) або "магнітна проникність вільного простору", і має точне (визначене) значення

 \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} Н·A-2.

[Енергія](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D1%96%D1%8F) магнітного поля в просторі задається формулою  W = \frac{1}{8\pi} \int \mathbf{B}\cdot\mathbf{H} dV  .

Відповідно, густина енергії магнітного поля дорівнює  w = \frac{1}{8\pi} \mathbf{B}\cdot\mathbf{H} .

Оскільки не існує магнітних монополей, то магнітне поле може виникати тільки внаслідок зміни електричної індукції. З цього слідує, що магнітне поле є вихровим - його силові лінії завжди замкнені.

Енергія магнітного поля може бути отримана за формулою .

**24**. Феромагнетики. Петля гістерезису. Температура Кюрі. Доменна структура.

Магнетики – речовини і тіла, що намагнічуються у зовнішньому магнітному полі, тобто навколо них утворюється додаткове магнітне поле.

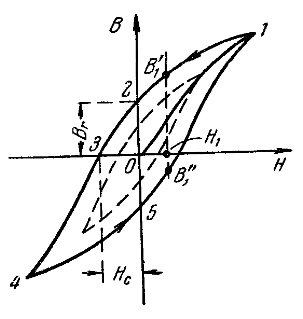
Три основні класи:

ДІамагнетики (ослаблюють зовнішнє поле своїми наведеними магнітними моментами атомів, які протилежні до зовнішнього поля)

Парамагнетики (підсилюють зовнішнє магнітне поле за рахунок орієнтації атомарних магнітних моментів уздовж магнітних ліній цього поля)

Феромагнетики (Мають доменну структуру і значно підсилюють зовнішнє магнітне поле)

Теорія феромагнетизму була створене Френкелем і Гейзенбергом в 1928 р. За магнітні властивості феромагнетиків відповідають власні (спінові) магнітні моменти електронів. При визначених умовах в кристалах можуть з’являтись сили, які змушують магнітні моменти електронів станоти паралельно . один одному. В результаті з’являються області спонтанного намагнічення - домени. При дії зовнішнього магнітного поля, магнітні моменти доменів також вистраюються паралельно друг другу.

Закон Кюрі описує магнітні сприйнятливість парамагнетиків, яка при постійній температурі приблизно прямо пропорційна звонішньому полю. При зміні температури і постійному зовнішньому полю, степінь намагнічення парамагнетиків обернено пропорційна температурі. де С - стала Кюрі для матеріалу.

Також для феромагнетиків характерна наявність гістерезису. Якщо довести намагнічення до насищення, і потім зменшувати напруженість магнітного поля, то намагнічення не слідує початковій кривій 0-1, а змінюється по кривій 1-2. В результаті, коли напруженість зовнішнього поля рівна 0, намагнічення не пропадає. Намагнічення стає рівним 0 (точка 3) лише під дією поля, що має напрямок, протилежний до початкового - коерцитивна сила.

тобто при дії на феромагнетик змінного магнітного поля індукція змінюється відповідно кривій 1-2-3-4-5-1 - петля гістерезису.

Доменна структура: При температурі, нижчій за температуру Кюрі, магнітні моменти електронів сусідніх атомів у феромагнетику орієнтовані паралельно, проте зазвичай ця орієнтація не поширюється на все тіло. Слабка магнітна взаємодія між окремими сумарними моментами значних областей стає на заваді їхньому зростанню. Тому феромагнетик розбивається на окремі області повної намагніченості, так звані [магнітні домени](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D1%96%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B4%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D0%BD). Магнітні домени можуть орієнтуватися довільним чином, тому для феромагнетика існує **розмагнічений стан**. У цьому стані, незважаючи на локальне намагнічення, тіло з феромагнітної речовини не є [магнітом](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D1%96%D1%82). Окрім розмагніченого стану, феромагнітне тіло може перебувати в **намагніченому стані**, коли переважна кількість доменів має однакову орієнтацію магнітних моментів. Намагнічений стан може зберігатися, коли зовнішнє магнітне поле відсутнє.

**25**. Явище електромагнітної індукції. Правило Ленца. Закон Фарадея. Явище самоіндукції та взаємоіндукції. Індуктивність.

В 1831 р. Фарадей відкрив, що в будь-якому замкнутому проводящем контурі при зміни потока магнітної індукції через поверхню, обмежену цим контуром, з’являється електричний струм. Це явище отримало назву електромагнітної індукції, струм - індукційний.

ЕРС виникаючого струму можна визначити за законом Фарадея: , тобто вона рівна швидкості зміни магнітного потоку.

Ленцом було встановлене правило, за допомогою якого можна знайти напрямок індукційного струму. Правило Ленца: “Індукційний струм завжди напрямлений так, щоб протидіяти причині, що його визвала”.

Оскільки не існує магнітних монополей, то магнітне поле може виникати тільки внаслідок зміни електричної індукції. З цього слідує, що магнітне поле є вихровим - його силові лінії завжди замкнені.

Енергія магнітного поля може бути отримана за формулою .

Для появи електромагнітної індукції не є важливим джерело зміни магнітного потоку. Якщо в деякому контурі тече змінний струм, то магнітне поле цього струму також буде змінюватись, що буде призводити до зміни магнітного потоку через контур. Таким чином, зміна струму в контурі веде до появи ЕРС індукції в тому самому контурі. Дане явище називається самоіндукцією. Отже, самоіндукція - це виникнення ЕРС індукції в замкненому провідному контурі при зміні струму в ньому.

Це явище є частковим випадком більш загального явища взаємоіндукції - це виникнення ЕРС індукції в одному провіднику внаслідок зміни сили струму в іншому, або внаслідок зміни розташування провідників.

З закону БСЛ випливає, що струм в контурі і створюваний ним повний магнітний потік прямо пропорційні один одному - де L - індуктивність, є характеристикою контура, залежить від розмірів та форми контура, а також магнітної проникності середовища. Лінійна залежність існує лише у випадку, якщо відносна магнітна проникність не залежить від напруженості поля.

При самоіндукції ЕРС буде рівна

**26.** Рівняння Максвела в диференційній та інтегральній формі

Рівняння Максвелла - система рівнянь в диференційній та інтегральній формі, які описують електромагнітне поле і його зв’язок з електричними зарядами і струмами в вакуумі і суцільних середовищах.

*Диференційна форма.*

Закон Гауса: (електричний заряд є джерелом електричної індукції)

Закон Гауса для магнітного поля: (магнітних зарядів не існує)

Закон індукції Фарадея: (зміна магнітної індукції породжує вихрове електричне поле)

Теорема о циркуляції магнітного поля: (електричний струм і зміна електричної індукції породжує вихрове магнітне поле)

*Інтегральна форма*





27. Діамагнетики та парамагнетики.

**Діамагне́́тик** — [речовина](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D1%87%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B0) з [від'ємною](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%96%D0%B4%27%D1%94%D0%BC%D0%BD%D0%B5_%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE) [магнітною сприйнятливістю](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D1%96%D1%82%D0%BD%D0%B0_%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%B9%D0%BD%D1%8F%D1%82%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C).

Явище [діамагнетизму](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D1%96%D0%B0%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%BC) зумовлене [ларморівською прецесією](http://uk.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%9B%D0%B0%D1%80%D0%BC%D0%BE%D1%80%D1%96%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B0_%D0%BF%D1%80%D0%B5%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%96%D1%8F&action=edit&redlink=1) [електронів](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD) у [магнітному полі](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D1%96%D1%82%D0%BD%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5).  
Ідеальний діамагнетик має магнітну сприйнятливість рівну −1, що призводить до виштовхування магнітного поля із речовини. Ідеальними діамагнетиками є [надпровідники](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D0%B4%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C).

**Парамагне́тики**  — речовини з невеликою позитивною [магнітною сприйнятливістю](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D1%96%D1%82%D0%BD%D0%B0_%D1%81%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%B9%D0%BD%D1%8F%D1%82%D0%BB%D0%B8%D0%B2%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C), які у зовнішньому магнітному полі намагнічуються вздовж поля і дещо підсилюють його.

Атоми парамагнетиків мають свій [магнітний момент](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D1%96%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%BC%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82). Магнітна сприйнятливість парамагнетиків завжди додатня і лежить у діапазоні 10−4 — 10−7. До парамагнетиків належать:

* речовини, атоми або молекули яких мають [непарне число](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B5%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%BD%D0%B5_%D1%87%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE) [електронів](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD) ([Na](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%82%D1%80%D1%96%D0%B9), [N](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B7%D0%BE%D1%82));
* вільні [атоми](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%82%D0%BE%D0%BC) ([іони](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BE%D0%BD)) з недобудованою внутрішньою [електронною оболонкою](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%BD%D0%B0_%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%BD%D0%BA%D0%B0) (елементи перехідної групи, їх солі і водні розчини, комплексні сполук перехідних елементів, [рідкісні землі](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D1%96%D0%B4%D0%BA%D1%96%D1%81%D0%BD%D1%96_%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D1%96), [актиніди](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%BD%D1%96%D0%B4%D0%B8), [вільні радикали](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%96%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%96_%D1%80%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D0%B8));
* багато [лужних](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%83%D0%B6%D0%BD%D1%96_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B8) і [лужноземельних металів](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%83%D0%B6%D0%BD%D0%BE%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%96_%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%B8), [Al](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D1%8E%D0%BC%D1%96%D0%BD%D1%96%D0%B9), [Sc](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BA%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D1%96%D0%B9), [V](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%B4%D1%96%D0%B9); [О2](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D1%81%D0%B5%D0%BD%D1%8C), [NO](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BA%D1%81%D0%B8%D0%B4_%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D1%82%D1%83(II)).
* [Феромагнетики](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B8) та [антиферомагнетики](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D1%82%D0%B8%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B8) при температурах, вищих від температур [Кюрі](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0_%D0%9A%D1%8E%D1%80%D1%96) та [Нееля](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0_%D0%9D%D0%B5%D0%B5%D0%BB%D1%8F), відповідно.

28. Використання закону Біо-Савара-Лапласа для нескінченого тонкого провідника зі струмо та для витка зі струмом.

**Закон Біо-Савара-Лапласа**  — закон, який визначає [магнітну індукцію](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D1%96%D1%82%D0%BD%D0%B0_%D1%96%D0%BD%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F) навколо провідника, в якому протікає [електричний струм](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BC).  ;

; - об’ємного елементу струму

; -для нескінченно тонкого провідника струму.

Розрахунок магнітних полів за допомогою закону **Біо-Савара-Лапласа**

1. Нескінченнодовгий прямолінійний провідник
2. Від витка зі струмом
3. В центрі витка