Закон Ома для ділянки кола

У 1826 р. німецький фізик Г. Ом дослідно встановив, що

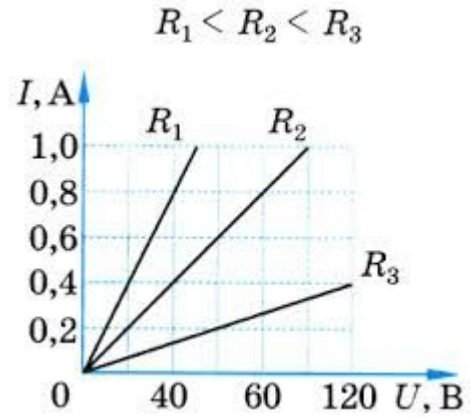
сила струму в провіднику прямо пропорційна напрузі на кінцях провідника і обернено пропорційна опору цього провідника.

$$I = \frac{U}{R}$$

Величину ***R*** прийнято називати електричним ***опором***. Провідник, що має електричний опір, називається ***резистором***.

У ***СІ*** одиницею електричного опору провідників служить ***ом (Ом).*** *Опір в 1 Ом має така ділянка кола, в якій при напрузі 1 В виникає струм силою в 1 А.*

Графік залежності сили струму ***I*** від напруги ***U*** (вольт-амперна характеристиками, скорочено ВАХ) зображається прямою лінією, що проходить через початок координат.



Опір характеризує ступінь протидії провідника проходженню струму.

Дослід засвідчує, що опір провідника залежить від його геометричних розмірів, матеріалу, зовнішніх умов (особливо температури). Згідно з експериментальними дослідженнями Г. Ома опір однорідного провідника пря й його довжині й обернено пропорційний площі поп ізу:

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

Коефіцієнт пропорційності ***ρ***, що характеризує матеріал, з якого виготовлено провідник, називають питомим опором речовини провідника.

Залежність опру провідника від температури

Питомий опір, а отже, і опір провідника залежать від температури. У загальному випадку така залежність досить складна. Проте для металевих провідників за невеликих інтервалів температур можна користуватися наближеними формулами

$$R = R_0(1 + \alpha t),$$

де R_0 — опір за температури 0 °С; ***a*** — температурний коефіцієнт опору; ***t*** — температура, °С.

Закон Джоуля — Ленца.

Проходження струму через провідник супроводжується його нагріванням. Це пояснюється тим, що електричні заряди, рухаючись напрямлено, зазнають опору в середовищі провідника. Вивчаючи теплову дію струму, англійський фізик Дж. Джоуль (1818—1889) і російський фізик Е. Х. Ленц (1804—1865) незалежно один від одного дійшли такого висновку:

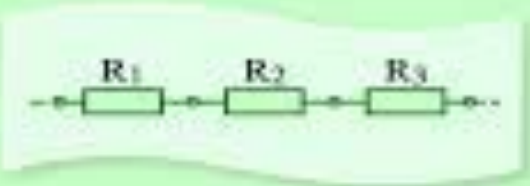
кількість теплоти Q, що виділяється на певній ділянці провідника, прямо пропорційна си провідник, напрузі на його кінцях $Q = A = IU\Delta t = I^2 R\Delta t = \frac{U^2}{R}\Delta t$

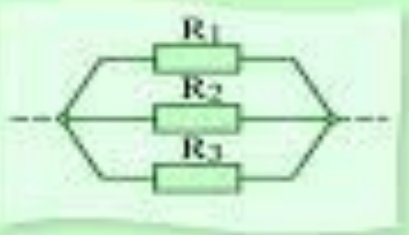
Цей висновок називається ***законом Джоуля — Ленца.***

Зєднання провідників

Провідники можна з’єднувати послідовно або паралельно та мішано

Законы последовательного и параллельного соединения





$I = I_1 = I_2 = I_3$

$U = U_1 + U_2 + U_3$

$R = R_1 + R_2 + R_3$

$I = I_1 + I_2 + I_3$

$U = U_1 = U_2 = U_3$

$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

Вимірювання сили струму та напруги

- *Сила струму вимірюють за допомогою **амперметра**, який включають послідовно*
- *Напругу вимірюють за допомогою **вольтметра**, який включають паралельно*

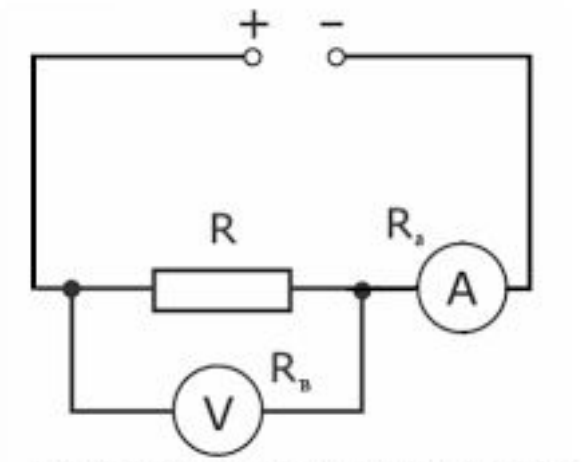


Рис. 6. Измерение сопротивления проводника методом амперметра и вольтметра. Схема I.

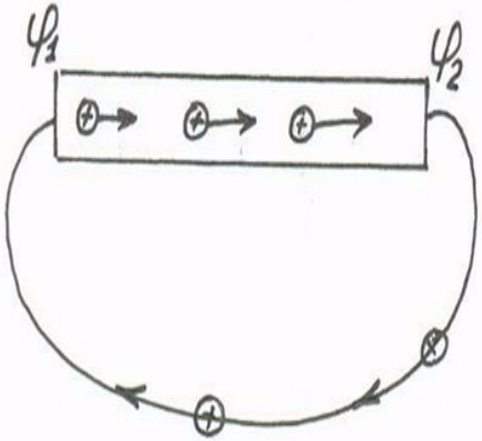
Електрорушійна сила

Умови існування електричного струму

1)Наявність носіїв струму;
2)Наявність електричного поля,
3)Наявність замкнутого кола

.

Електричне поле характеризується різницею потенціалів на кінцях провідника. Вільні заряди під дією поля починають рухатися – виникає струм. Проте переміщення зарядів досить швидко приводить до вирівнювання потенціалів і, отже, до припинення струму.



Для тривалого існування струму треба підтримувати сталу різницю потенціалів на кінцях провідника. Це й роблять джерела струму.

Розглянемо рух позитивних зарядів. Під дією електричного поля вони рухаються від + до --. Для того щоб струм був постійним, необхідно, щоб потенціали не змінювалися з часом, тобто переносити заряди обратно (виконувати роботу проти сил електричного поля. Таку роботу виконують сторонні сили (сили неелектричної природи).

Джерела струму – це пристрої, які забезпечують роботу таких сторонніх сил.

В джерелах струму за рахунок енергії неелектричного походження відбувається розділення зарядів і перенесення їх на відповідні полюси (+ на +, - на -) проти кулонівських сил.

Классификация источников тока

Источник тока	*Способ разделения зарядов*	*Применение*
Фотоэлемент	Действие света	Солнечные батареи
Термоэлемент	Нагревание спаев	Измерение температуры
Электромеханический генератор	Совершение механической работы	Производство промышленной эл. энергии
Гальванический элемент	Химическая реакция	Фонарики, радиоприемники
Аккумулятор	Химическая реакция	Автомобили

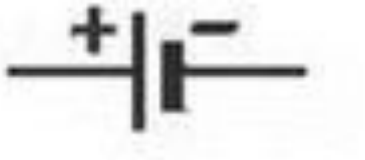
Сторонні сили своєю роботою замикають коло й забезпечують постійність струму.

ЕРС та її фізичний зміст

Кожне джерело струму характеризується роботою діючих у ньому сторонніх сил із переміщення одиниці позитивного заряду. Це називається електрорушійною силою (ЕРС).

ЕРС - це фізична величину, яка чисельно дорівнює роботі сторонніх сил із переміщення одиничного позитивного заряду по всьому замкнутому колу.

$$\varepsilon = \frac{A^{стор}}{Q}$$



Будь яке джерело струму по суті є перетворювачем енергії. В ньому енергія неелектричної природи перетворюється в електричну.

Фруктово-овочеві батарейки)))

https://www.youtube.com/watch?v=kNP5ezxqIT8

https://www.youtube.com/watch?v=RJqoSUeQ1Z4

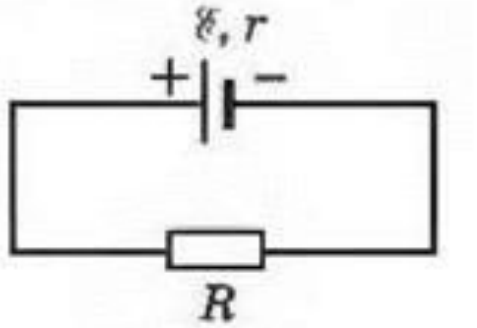
https://www.youtube.com/watch?v=95zA5jczwaU

Закон Ома для повного кола

Повне коло – це замкнене електричне коло, яке складається з джерела струму (внутрішня частина) з ЕРС і зовнішньої, яка з'єднує полюси джерела поза ним.

R — опір зовнішнього кола

r — внутрішній опір джерела



Нехай за час ***t*** через поперечний переріз провідника пройде заряд ***q=It***.

Тоді робота сторонніх сил з переміщення заряду q:

$$A = q\varepsilon = \varepsilon It$$

За рахунок цієї роботи на зовнішніх і внутрішніх опорах виділяється кількість теплоти рівна, за законом Джоуля-Ленца:

$$Q = I^2(R+r)t$$

Згідно закону збереження ен- або $\varepsilon It = I^2(R+r)t$,

Звідки

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r}$$

Сила струму в замкнутому колі прямо пропорційна ЕРС джерела струму і обернено пропорційна сумі зовнішніх і внутрішніх опорів.

Отже, сила струму в колі залежить від трьох величин, дві з яких (ЕРС і внутрішній опір) характеризують джерело, а третя – залежить від

Наслідки із закону Ома для повного кола

Закон Ома можна записати так:

$$\varepsilon = IR + Ir$$

IR – спад напруги на зовнішньому колі

Ir- спад напруги на внутрішньому колі

ЕРС дорівнює сумі спадів напруг на зовнішньому і внутрішньому колах.

З цього випливають такі наслідки:

1. *Напруга на полюсах замкнутого джерела струму:*

   $U = \varepsilon - Ir$

2. *Напруга на полюсах розімкнутого джерела:*

   $U = \varepsilon$

3. *Коротке замикання:*

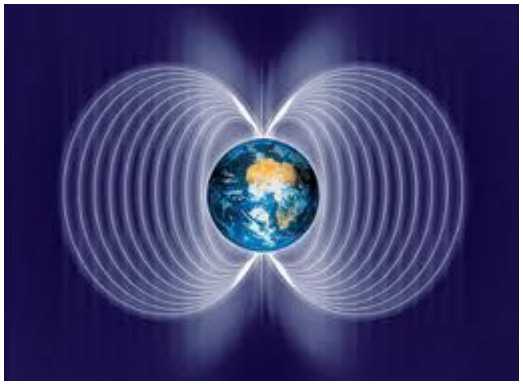
   якщо $R \to 0$, *то* $I \to I_{max}$, тоді

   $$I_{кз} = \varepsilon / r$$

4. *Холостий хід:*

   $I = 0$, тоді $U = \varepsilon$

МАГНІТНЕ ПОЛЕ



Більше як 2000 років тому була відкрита властивість магнітної стрілки орієнтуватись вздовж земного меридіана. Кінець стрілки, повернутий на північ, дістав назву ***північного магнітного полюса***, а протилежний – ***південного***. Було також відкрито взаємодію полюсів – ***різнойменні полюси притягуються, однойменні - відштовхувхуються.***

У 1820 році Ерстед відкрив явище відхилення магнітної стрілки електричним струмом, а ***Ампер*** – взаємодію паралельних струмів і висунув гіпотезу про те, що *магнітні поля створюються струмами, тобто рухомими електричними зарядами.*

В магнетизмі всі струми поділяються на ***макроструми,*** що зумовлені напрямленим рухом вільних носіїв (електронів, дірок, іонів), і ***мікроструми***, що зумовлені рухом електронів в атомах і молекулах; саме мікроструми створюють магнітні поля постійних магнітів. *Отже,*

магнітне поле – особливий вид матерії, що створюється рухомими електричними зарядами (струмами) і діє на рухомі заряди, провідники зі струмом та постійні магніти.

https://www.youtube.com/watch?v=-2K84X1gPaU

Властивості магнітного поля:

- *Виникає навколо лише рухомих зарядів або струмів.*
- *Діє лише на рухомі заряджені частинки і не чинить жодного впливу на нерухомі.*
- *Виникає навколо провідника зі струмом завжди (незалежно від наявності чи відсутності поблизу іншого провідника зі струмом)*

!!! Електричний струм є джерелом магнітного поля.

Магнітна індукція

Магнітна індукція – це силова характеристика магнітного поля, яка вимірюється силою, що діє на одиницю довжини провідника зі струмом в даній точці поля, якщо провідник розташований перпендикулярно до силових ліній і сила струму дорівнює 1 А.

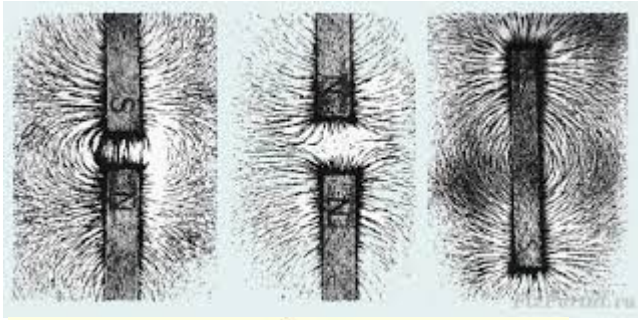
$$B = \frac{F}{Il}$$

В СІ : [B] = 1Н|1А 1м = 1 Тл (Тесла)*

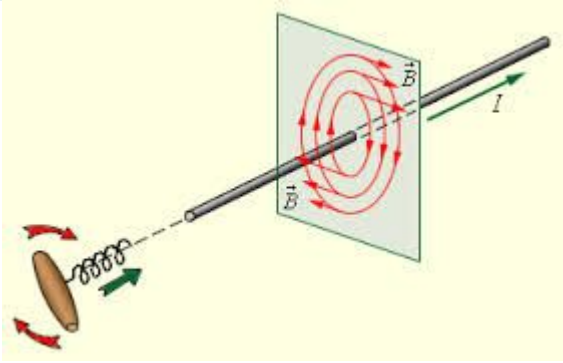
PS $E = \frac{F}{q_0}$

Лінії магнітної індукції (силові лінії магнітного поля)

Лінії магнітної індукції – це лінії, дотичні до яких у будь-якій точці збігаються з напрямком вектора магнітної індукції В у цих точках поля.

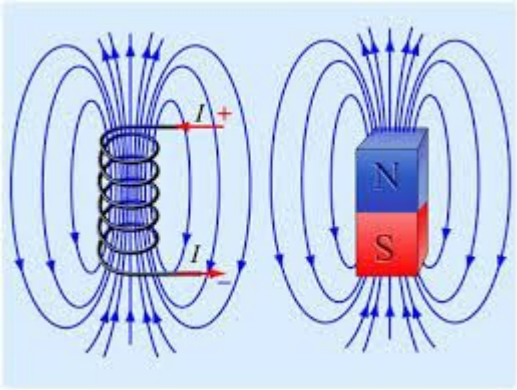


Ці лінії легко змоделювати з допомогою залізних ошурок, які у магнітному поля швидко намагнічуються та поводять себе як маленькі магніти. Тобто, ***лінії магнітної індукції*** *- це лінії, вздовж яких розташуються осі маленьких магнітних стрілок. Напрям, на який указує північний полюс магнітних стрілок є напрямком магнітного поля в даній точці.*



!!!Силові лінії – це метод графічного зображення магнітного поля

Лінії магнітної індукції завжди замкнуті і охоплюють провідник зі струмом.



Напрямок ліній магнітної індукції зручно визначати за *„**правилом свердлика”: якщо свердлик повертати, так, щоб його поступальний рух співпав з напрямком струму у провіднику, то обертальний рух рукоятки покаже напрямок***

Сила Ампера

Результати досліду:

F ~ I (пропускаємо струм різної сили)

F ~ l (беремо багато дротин)

F ~ B (змінюємо магніт)

F ~ sin α (повертаємо магніт)

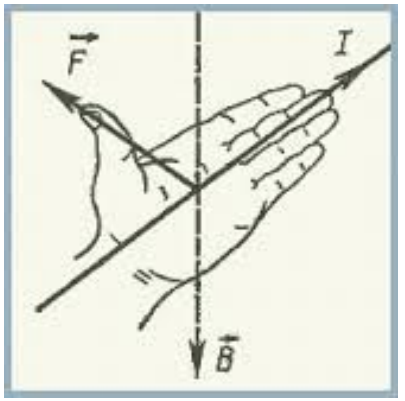
F *– сила, що дії на провідник зі струмом в магнітному полі (**сила Ампера**)*

α *– кут між напрямком струму і напрямком магнітної індукції B*

$$F_A = BI\ell \sin\alpha$$

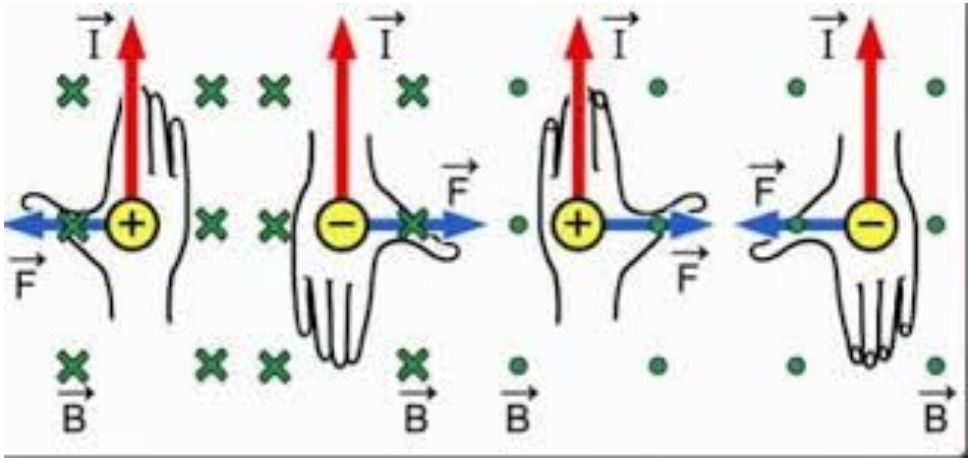
https://www.youtube.com/watch?v=dpDVYLYjljE

Правило лівої руки

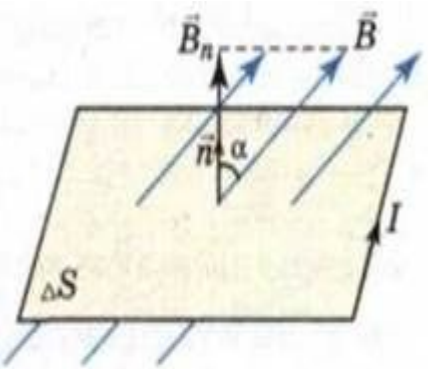


Для визначення сили Ампера користуються ***правилом лівої руки:***

Якщо розмістити ліву руку так, щоб вектор магнітної індукції входив у долонь, а чотири витягнуті пальці вказували напрямок струму, то відігнутий великий палець покаже напрямок сили Ампера.



Магнітний потік



Однією з характеристик вектора магнітної індукції є її потік. Магнітний потік позначають літерою ***Ф***.

Розглянемо плоску пластинку площею ΔS, розміщену в однорідному магнітному полі.

Магнітним потоком ***Ф*** крізь поверхню ΔS називають фізичну величину, яка визначається добутком ***Bn*** (проекції вектора магнітної індукції на нормаль до поверхні)

$$\Phi = B_n \Delta S \cos\alpha$$

де ***α*** — кут між напрямом нормалі ***n*** і вектором індукції ***B***
Оскільки ***Bn = Bcosα*** — величина скалярна, то скаляром є і магнітний потік.

Магнітний потік ***Ф*** характеризує кількість ліній магнітної індукції, що проходять крізь дану поверхню.

$$1\ \text{Вб} = 1\ \text{Тл} \cdot 1\ \text{м}^2.$$

Одиницею магнітного потоку в СІ є один вебер (***1 Вб***).

1 вебер — *потік через плоску поверхню площею 1 м^2, розміщену перпендикулярно до силових ліній однорідного магнітного поля, індукція якого дорівнює 1 Тл:*

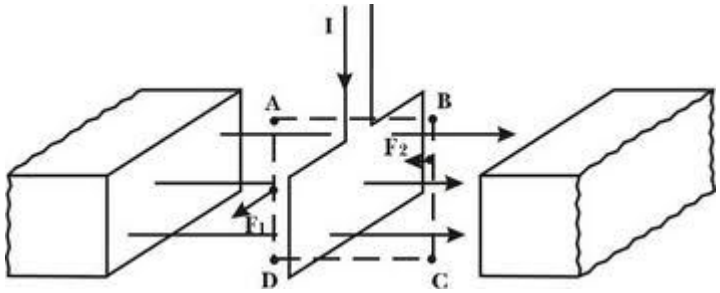
Замкнений контур в магнітному полі. Двигун постійного струму

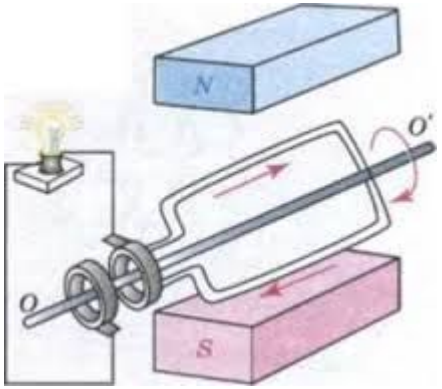
Розглянемо дію однорідного магнітного поля на прямокутну рамку зі струмом.

Контур зі струмом в магнітному полі повертається своєю площиною перпендикулярно до вектора магнітної індукції.

Це стосується контурів будь якої форми (колових витків, катушок).

Обертання рамки зі струмом в однорідному магнітному полі лежить в основі дії двигунів постійного струму.





https://www.youtube.com/watch?v=BvogFMQVkHc

Дія магнітного поля на рухомі заряджені частинки.

Сила Лоренца.

Як ми вже з'ясували, магнітне поле взаємодіє лише з провідниками, через які тече струм, і не впливає на провідники без струму. Це свідчить про те, що магнітне поле діє не на матеріал провідника, а на заряджені частинки (електрони чи йони), які в ньому переміщаються. В такому випадку сила Ампера є результуючою всіх сил, які діють на окремі рухомі заряджені частинки.

Визначимо силу, яка діє на заряджену частинку, що рухається в магнітному полі.

Нехай на провідник довжиною ***L***, по якому тече струм силою ***I*** і який знаходиться в магнітному полі з індукцією ***B***, діє сила

$$F_A = BLI\sin\alpha$$

Але сила струму визначається за формулою

$$I = envS$$

Тоді $F_A = nevSBL\sin\alpha$,

де добуток ***SL*** — об'єм провідника,

$N = nSL$ — кількість заряджених частинок, які рухаються в цьому провіднику.

Тоді силу, яка діє на одну рухому частинку, можна визначити, поділивши силу яка діє на всі частинки, на загальну кількість рухомих заряджених частинок ***N***;

$$F_Л = \frac{F_A}{N} = evB\sin\alpha.$$

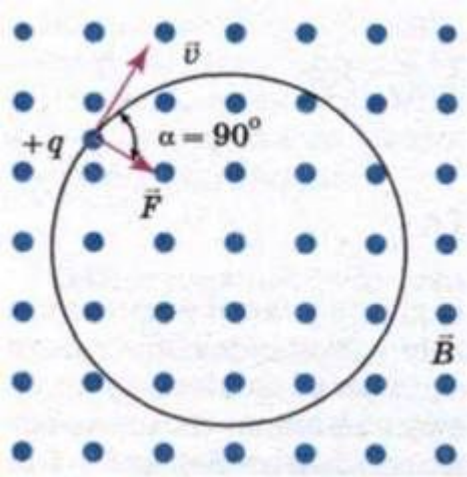
$$F_Л = evB\sin\alpha$$

*Отже, сила, яка діє на заряджену частинку, що рухається в магнітному полі (**сила Лоренца**), пропорційна заряду частинки, швидкості її переміщення та індукції магнітного поля.*

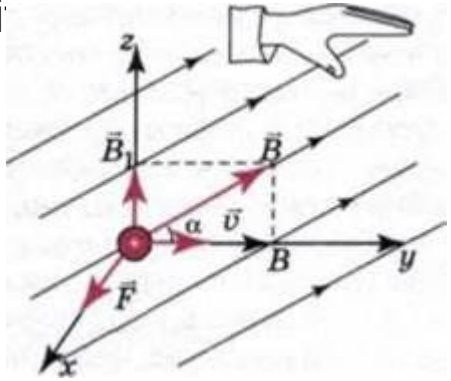
Цю формулу вперше одержав голландський фізик Г. Лоренц, і тому її звичайно називають формулою Лоренца, а силу, яка обчислюється за цією формулою, називають силою Лоренца.

З формули випливає, що сила Лоренца залежить від кута між напрямом руху зарядженої частинки і напрямом вектора індукції магнітного поля. Магнітне поле не діє на нерухомі заряджені частинки (***Fл = 0 при v = 0***) і на частинки, які рухаються вздовж ліній індукції поля (***sinα = 0***). Сила Лоренца буде максимальною, якщо частинка влітає в магнітне поле перпендикулярно до ліній його індукції. У цьому випадку $F_л = evB$.

Якщо поле однорідне (***B = const***), то заряджена частинка описуватиме коло , оскільки рух під дією сталої сили, напрямленої під прямим кутом до швидкості руху, згідно з другим законом динаміки.



Напрям сили Лоренца, як і сили Ампера, визначається за ***правилом лівої руки (якщо заряд позитивний)***: якщо ліву руку розмістити так, щоб складова магнітної індукції B входила в долоню, а випрямлені чотири пальці були напрямлені ***за рухом позитивного заряду (проти руху негативного)***, то відігнутий на 90° великий палець покаже напрям сили Лоренца ***Fл***, яка діє на заряд, вміщений у магні



https://www.youtube.com/watch?v=PPJZOcvV32w

Дія сили Лоренца застосовується в багатьох приладах і технічних установках. Так, зміщення електронного променя, що «малює» зображення на екрані кінескопа телевізора чи дисплея комп'ютера, здійснюється магнітним полем спеціальних котушок, в яких проходить електричний струм, що змінюється за певним законом. У наукових дослідженнях використовуються так звані циклічні прискорювачі заряджених частинок, в яких магнітне поле потужних електромагнітів утримує заряджені частинки на колових орбітах

Магнітні властивості речовини

Магнітне поле створюється не тільки електричними струмами, а й постійними магнітами. Постійні магніти можна виготовити тільки з небагатьох речовин, але всі ті речовини, вміщені в магнітне поле, намагнічуються, тобто самі створюють магнітне поле. Тому вектор магнітної індукції в однорідному магнітному середовищі $\vec{B}$ відрізняється від вектора у тій самій точці простору у вакуумі $\vec{B}_0$.

Для характеристики впливу середовища на магнітну взаємодію вводять поняття *відносної магнітної проникності речовини*. Якщо магнітна індукція в середовищі дорівнює $\vec{B}$, самий струм створює індукцію $\vec{B}_0$, то ***відношення***

$$\frac{\vec{B}}{\vec{B}_0} = \mu$$

яке показує, у скільки разів магнітна індукція в речовині більша за магнітну індукцію, створювану цим самим струмом у вакуумі, називають відносною магнітною проникністю.

Відносна магнітна проникність речовини є величиною безрозмірною .

Залежно від значення відносної магнітної проникності всі речовини можна поділити на

1. ***Парамагнетики***, для яких ***μ>1***

власне поле парамагнетика буде підсилювати зовнішнє магнітне поле, тобто зовнішнє магнітне поле буде підсилюватися.

Тепловий рух атомів і молекул руйнує взаємну орієнтацію магнітних моментів молекул, тому намагніченість парамагнетика залежить від температури, і відносна магнітна проникність парамагнетиків спадає із збільшенням температури.

Парамагнетиками є *лужні метали, кисень, алюміній, платина*.

2. ***Діамагнетики***, для яких ***μ<1***

Діамагнетики, вміщені в магнітне поле послаблюють його. Це послаблення можна пояснити виникненням у діамагнетику внутрішнього магнітного поля, напрямленого проти зовнішнього магнітного поля.

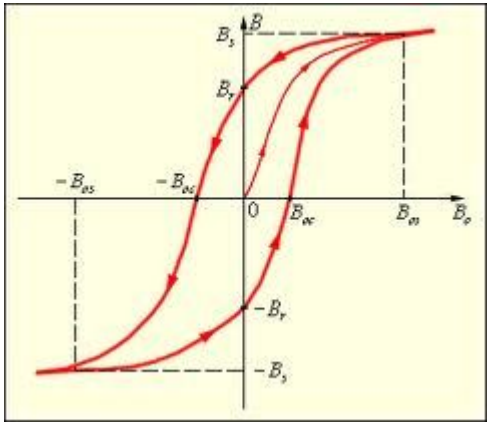
До діамагнетиків належать майже *всі гази, мідь, золото, срібло, алмаз, графіт тощо.*

3. ***Феромагнетики***, для яких ***μ>>1***

Магнітна проникність більшості феромагнетиків за звичайних температур вимірюється сотнями й тисячами одиниць, а деяких спеціально виготовлених феромагнетиків — може досягати одного мільйона. Це означає, що у феромагнетиках внутрішнє магнітне поле може в сотні й тисячі разів перевищувати зовнішнє магнітне поле.

До феромагнетиків, крім *заліза, належать нікель, кобальт, гадоліній, деякі сплави і хімічні сполуки*.

Феромагнетики мають ще ряд властивостей, які істотно відрізняють їх від діа- і парамагнетиків. Характерною особливістю феромагнетиків є складна залежність індукції внутрішнього поля намагніченого феромагнетику від індукції зовнішнього поля намагнічуючих струмів.



Для феромагнетиків характерна властивість, яку називають ***гістерезисом***. Суть її полягає в тому, що процеси намагнічення і розмагнічення проходять неоднаково. Феромагнетик, який перебував у магнітному полі, зберігає певне намагнічення навіть у разі відсутності поля. Прикладом цього можуть бути постійні магніти.

При певній температурі ***(температурі Кюрі***) феромагнетні властивості зникають (напр. для заліза температура Кюрі

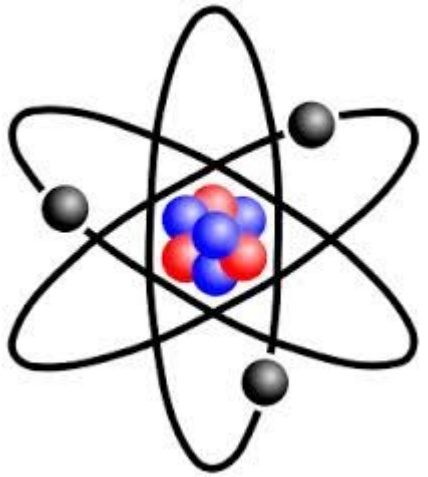
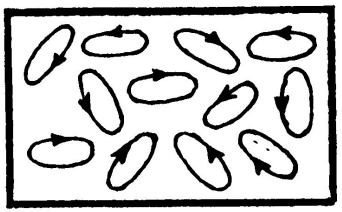
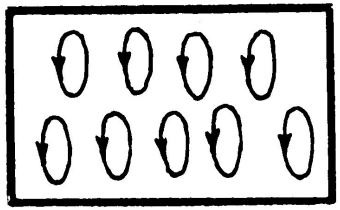
770^0 С), але після зниження температури феромагнетні властивості відновлюються.

Важко уявити сучасну радіоелектроніку без елементів із штучних феромагнетиків — феритів. З них виготовляються антени, осердя коливальних контурів та трансформаторів. Широко використовують феритові постійні магніти.

Без магнітних матеріалів не можна уявити сучасні методи запису інформації, наприклад на диску вінчестера в комп'ютері

Гіпотеза Ампера

Гіпотеза, чому тіла мають магнітні властивості , була висунута французьким вченим Ампером. Він пояснив магнітні властивості речовин струмами, які циркулюють всередині нього.

Як відомо, усі речовини складають з атомів, молекул чи йонів. У кожному атомі чи молекулі рухаються замкнутими орбітами електрони, і цей рух електронів не відрізняється за своїми магнітними властивостями від магнітних властивостей провідника зі струмом. Тому атоми чи молекули мають магнітні поля. Якщо речовина на намагнічена, то електронні струми розташовані в ній хаотично, а тому їхня сумарна магнітна дія дорівнює нулю.

Якщо ж помістити речовину в зовнішнє магнітне поле, розташування електронних струмів стає впорядкованим (дія магнітного поля на контур зі струмом). Тому намагнічену речовину можна розглядати як систему мікроскопічних орієнтованих струмів.