

ВИДАВНИЧИЙ ДІМ
ОСВІТА



В. Г. Сердюченко
А. М. Бойченко

Фізика

Physics



9
клас

Експерти, які здійснили експертизу даного підручника під час проведення конкурсного відбору проектів підручників для учнів 9 класу загальноосвітніх навчальних закладів і зробили висновок про доцільність надання підручнику грифа «Рекомендовано Міністерством освіти і науки України»:

Коробова І. В., доцент кафедри фізики та методики її навчання Херсонського державного університету, м. Херсон, кандидат педагогічних наук;

Гайналій Л. І., методист кабінету природничо-математичних дисциплін Закарпатського інституту післядипломної педагогічної освіти

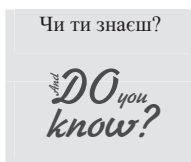
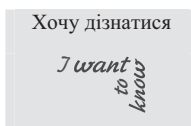
Науковий керівник: *І. С. Чернецький*, кандидат педагогічних наук, завідувач відділу створення навчально-методичних систем знань Національного центру «Мала академія наук України»

Авторська концепція підручника (тільки для проекту)

Сьогодення потребує не тільки якісних знань, а і вміння застосовувати їх на практиці. Саме тому авторською концепцією проекту підручника передбачено основні методи викладання предмету — проблемний і діяльнісний. При формуванні його змісту та викладу навчального матеріалу реалізовано: проблемний метод подання навчального матеріалу; стислість і доступність мови подання навчального матеріалу; обов'язкова наявність коротких підсумків до кожного розділу; подання навчального матеріалу через цікаві факти; наявність відеоматеріалів, які доступно демонструють об'єкти та процеси, описані в основній змістовій частині параграфів. Рубрика «Питання і проблеми» містить широкий вибір завдань різного рівня складності й характеру, надає змогу застосовувати диференційований та індивідуальний підходи щодо організації навчальної діяльності учнів.

У проекті підручника більшість теоретичного матеріалу подано за допомогою опису дослідів. Такий спосіб опанування новими знаннями розвиває наукове мислення учнів, вчить їх формулювати припущення, планувати власну діяльність для їх перевірки, робити висновки.

Умовні позначки:



Сердюченко В. Г.

С32 Фізика : підруч. для 9 кл. загальноосвіт. навч. закл. / В. Г. Сердюченко, А. М. Бойченко. — К.: Видавничий дім «Освіта», 2017.

© Сердюченко В. Г., Бойченко А. М., 2017

© Видавничий дім «Освіта», 2017

Шановні дев'ятикласники і дев'ятикласниці!

Чи замислювалися ви над тим, як із плином часу та стрімким розвитком комп'ютерних технологій, науки і техніки повністю змінилося життя людини на Землі?

Як ви вважаєте, які знання, вміння та навички потрібні людині XXI століття?

Перш за все, це вміння визначати мету та планувати власну діяльність для її досягнення, бачити проблеми та знаходити шляхи їх розв'язання, здобувати знання самостійно та критично мислити, вміння спілкуватися та працювати у команді.

Навчаючись у школі, ви не тільки здобуваєте знання з різних навчальних предметів, а і пізнаєте світ навколо себе, робите перші кроки на шляху до своєї мрії, до власного життєвого шляху. Фізика — особлива наука, яка не просто вивчає фізичні явища і процеси, а вчить спостерігати, моделювати, експериментувати та досліджувати.

Підручник з фізики — це ваш інструмент, за допомогою якого можна не лише опанувати навчальний матеріал, а і сформувані необхідні навички людини XXI століття.

А як же працювати із підручником?

Щоб опанувати навчальний матеріал та навчитися здобувати необхідні у житті знання, а також визначати проблеми та шукати шляхи їх вирішення, спробуйте самостійно знаходити відповіді на питання, що виділені блакитним кольором у кожному параграфі. Для самоперевірки виконайте завдання з рубрики «Питання і проблеми». За їх допомогою ви попрактикуєтесь



у розв'язанні теоретичних, практичних та експериментальних завдань.

Зверніть увагу, що всі основні визначення та правила виділено за допомогою шрифту та кольору для того, щоб вам було зручно їх знаходити.

У підручнику більшість теоретичного матеріалу подано за допомогою опису дослідів. Такий спосіб опанування новими знаннями допоможе вам розвинути наукове мислення, навчитися формулювати припущення, планувати власну діяльність для їх перевірки і робити висновки.

Радимо до кожного досліді спочатку формувати висновок самостійно і лише потім читати його формулювання у підручнику. Під час виконання лабораторних та практичних робіт, реалізації колективних та індивідуальних проектів учіться працювати у команді, висловлюйте свої думки, спільно досягати поставленої мети. Опрацьовуючи навчальний матеріал, робіть умовні позначки на сторінках підручника за допомогою олівця. Так ви позначите ті частини, що складно сприймаються з першого разу, щоб пізніше зняти питання до них самостійно або за допомогою вчителя.

Аби ви могли побачити і зрозуміти, що фізика зустрічається у нашому житті на кожному кроці, та навчитися застосовувати здобуті знання у повсякденні, ми підібрали та розробили для вас навчальні відео, доступ до яких легко здійснюється за допомогою qr-кодів.

Халіль Джебран сказав: «Значимість людини визначається не тим, чого вона досягла, а скоріше тим, чого вона дерзас досягти». Бажаємо ставити перед собою цікаві цілі, досягати їх і рухатися вперед. Сподіваємось, що разом із нашим підручником фізика стане для вас улюбленим навчальним предметом і допоможе вам стати успішною людиною XXI століття.

Автори





§ 1. Постійні магніти. Взаємодія магнітів. Магнітне поле Землі

*I want
to know*

1. Що таке постійний магніт?
2. Де використовують постійні магніти?
3. Які властивості постійних магнітів?
4. Що таке магнітне поле?

Людина зробила більшість наукових відкриттів, спостерігаючи за природними явищами, рослинами, тваринами та їхньою поведінкою. Наприклад, за легендою, біля міста Агнесс (нині Маніс) у Туреччині пастухом на ім'я Магнус було вперше знайдено каміння, яке притягувало залізні предмети (мал. 1.1).



Мал. 1.1. Магнус помітив, що залізний наконечник посоха і цвяхи від взуття «прилипають» до каменя

До яких роздумів та відкриттів привело це спостереження людини?

Так, дійсно, здавна було помічено, що деякі руди притягують до себе залізні предмети. Це явище було названо **магнетизмом**, а шматки магнітних руд — **природними магнітами**. Одним із природних магнітів є залізна руда (магнітний залізняк). Багаті поклади магнітного залізняка в Україні є у Дніпропетровській та Запорізькій областях, на Приазовській височині. Саме завдяки магнітному залізняку люди вперше ознайомилися з магнітними властивостями тіл.

Магніт — це ненаелектризоване тіло, яке має магнітні властивості, тобто притягує до себе залізні предмети.

Як можна скористатися такою властивістю магніту на практиці?

- Однією з основних частин електровимірювального приладу є постійний магніт (мал. 1.2).
- Тонке магнітне покриття на жорсткому диску забезпечує запис даних у комп'ютері (мал. 1.2).
- Навантаження на велотренажері регулюють за допомогою набору постійних магнітів (мал. 1.2).



Мал. 1.2. Використання магнітів

Для технічних потреб і проведення дослідів виготовляють штучні **постійні магніти** різноманітної форми та розмірів залежно від їх призначення. Наприклад, часто застосовують штабові (прямі) (мал. 1.3, *а*) і підковоподібні (мал. 1.3, *б*) магніти.

Найчастіше їх виготовляють із сплавів заліза, нікелю, кобальту та деяких домішок. Постійними їх називають тому, що вони



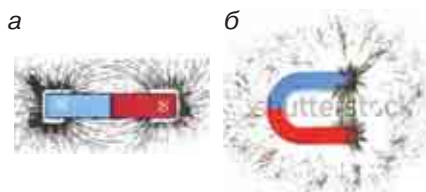
Мал. 1.3, а. Штабові магніти



Мал. 1.3, б. Підковоподібний магніт



Мал. 1.4. Магніт притягує залізні предмети



Мал. 1.5. Найбільша кількість ошуків притягується до кінців (полісів) магнітів:
а — штабовий (прямий) магніт;
б — підковоподібний магніт

практично необмежено довго зберігають свої магнітні властивості на відміну від електромагнітів (детально про них сказано в § 3), які можна вмикати і вимикати.

Спробуємо дізнатися про властивості постійних магнітів, виконавши з ними прості досліди.

Дослід 1. Покладемо на стіл дрібні предмети з різних матеріалів: залізні цвяшки, канцелярські скріпки, шматок мідного дроту, дерев'яний олівець, шматочки паперу, пластмасовий ковпачок від ручки, скляні бусини, ключ від замка. Піднесемо до них магніт.

Що відбувається? Бачимо, що до нього притягнулися тільки предмети, до складу яких входить залізо (мал. 1.4). Решта предметів залишилися на столі.

Висновок 1. Предмети, що містять залізо, сталь, нікель, чавун або їх сплави, притягуються магнітом. Ці речовини відносять до класу **феромагнетиків** (від лат. *ферум* — залізо).

Дослід 2. Перевіримо, у яких місцях магніту спостерігається найбільше і найменше притягання залізних ошуків. На один аркуш паперу покладемо штабовий магніт, а на інший — підковоподібний. Потім на кожний аркуш рівномірно натрусимо дрібних залізних ошуків.

Що відбувається? Спостерігаємо, що найбільше ошуків притягується до кінців магнітів (мал. 1.5, а, б).

Місця магніту, де магнітна дія виявляється найсильнішою, називають **ПОЛЮСАМИ магніту.**

Висновок 2. На малюнку 1.5, *а* видно, що чим далі від полюсів, тим менше ошурок притягнулося до магніту, а в середній частині їх зовсім немає. Отже, чим далі від полюсів магніту розмістити ошурки, тим слабша його магнітна дія.

Ділянку магніту, де його магнітна дія не виявляється, називають **середньою лінією** магніту.

Найпростіший магніт завжди має тільки два полюси. Якщо до середини штабового магніту прив'язати нитку й підвісити його, то він перебуватиме в горизонтальному положенні й зможе вільно обертатися. Якщо поряд немає масивних феромагнітних тіл, то з часом поздовжня вісь магніту набуде положення у напрямі північ—південь подібно до магнітної стрілки компаса (мал. 1.6).

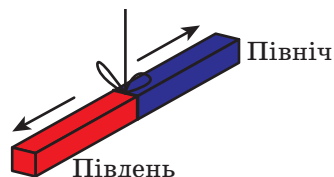
Полюс магніту, спрямований на географічний північний полюс, називають **північним** (позначають великою латинською літерою *N*, від англ. North), а спрямований на географічний південний полюс — **південним** (позначають великою латинською літерою *S*, від англ. South).

Звичайно демонстраційні та лабораторні магніти, а також магнітні стрілки фарбують у два кольори: найчастіше з боку північного полюса (*N*) — синім, з боку південного (*S*) — червоним. Межа пофарбування збігається із середньою лінією.

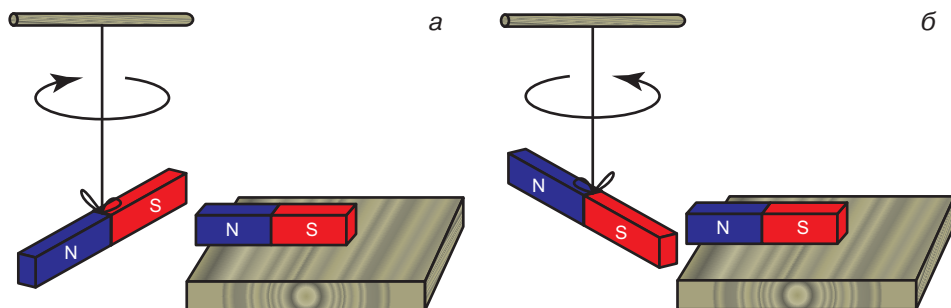
Дослід 3. Для цього досліду знадобляться два штабові магніти. Один із них покладемо на стіл так, щоб один полюс (наприклад,



Магніт притягує ошурки



Мал. 1.6. Штабовий магніт, орієнтований у напрямі північ—південь



Мал. 1.7. Взаємодія постійних магнітів: *а* — однойменні полюси відштовхуються; *б* — різнойменні полюси притягуються



північний) трохи виступав за край столу, а другий магніт підвісимо на нитці, як зображено на малюнку 1.7.

Що відбувається? Якщо до нерухомого магніту наближати північний полюс рухомого магніту, то побачимо, що однойменні полюси відштовхуються (мал. 1.7, а). У разі наближення до нерухомого магніту південного полюсу спостерігатимемо, що різноіменні полюси магнітів притягуються (мал. 1.7, б).

Висновок 3. За результатами цього дослідів сформулюємо правило взаємодії магнітів.

Різноїменні магнітні полюси двох магнітів притягуються, однойменні полюси — відштовхуються.

Висновок із попередніх дослідів. Взаємодія магнітів пояснюється тим, що навколо магніту є *магнітне поле*.

Магнітне поле — це вид матерії, основною особливістю якої є дія на рухомі тіла або частинки, які мають електричний заряд.

Магнітне поле можна виявити за допомогою дослідів.

Дослід 4. Перевіримо, чи проявляється дія магніту через папір, картон, скло, пластмасу, деревину. Покладемо на стіл купку сталевих канцелярських скріпок і накриємо дерев'яною дошкою. Поставимо на дошку магніт і піднімемо її.

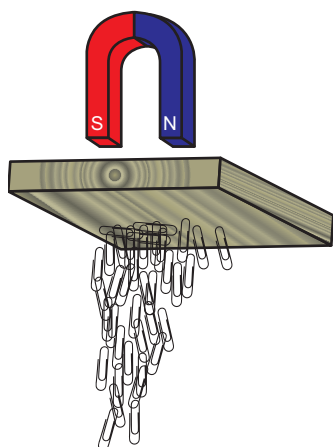
Що відбувається? Бачимо, що скріпки піднімаються разом із дошкою внаслідок дії магніту (мал. 1.8).

Висновок 4. Так само можна пересвідчитися, що й інші діелектрики не перешкоджають дії магнітного поля.

Саме на цій властивості магніту засновано «метод спектрів» дослідження магнітних полів, яким ми вже користувалися, вивчаючи вигляд магнітного поля прямолінійного провідника зі струмом і кругового струму.

Досліди, проведені із залізними ошурками на папері або склі, дають уявлення про картину магнітного поля і можливість графічно зображувати магнітне поле.

Дослід 5. Накриємо штабовий магніт аркушем паперу або картону. На картон насиплемо тонкий шар залізних ошурок і легенько постукаємо по картону.



Мал. 1.8. Діелектрики не перешкоджають дії магнітного поля

Що відбувається? Під дією магнітного поля магніту залізні ошурки розміщуються навколо магніту у вигляді ланцюжків, які називають лініями магнітного поля, або **лініями магнітної індукції** (мал. 1.9, а).

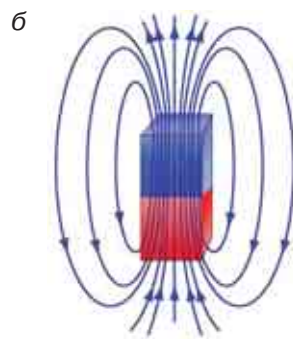
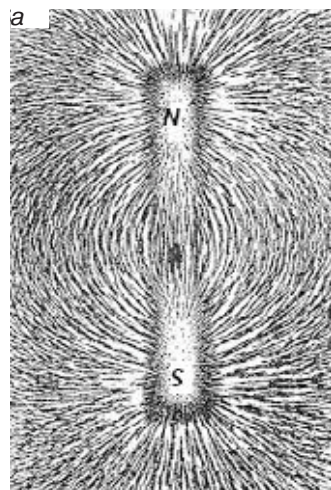
Лінії магнітного поля (магнітні лінії) магніту — це уявні замкнені лінії, які виходять з північного полюса магніту та входять у південний, замикаючись усередині магніту (мал. 1.9, б).

Висновок 5. Властивості ліній магнітного поля постійного магніту:

- магнітні лінії завжди замкнені (не мають ні початку, ні кінця);
- біля полюсів магніту лінії густіші, а далі — рідші, тобто біля полюсів магнітне поле сильніше;
- лінії ніде не перетинаються;
- магнітні лінії виходять із північного полюса магніту та входять у південний полюс.

Магнітне поле Землі

З давніх часів відомо, що магнітна стрілка, яка може вільно обертатися навколо вертикальної осі, завжди встановлюється в даному місці Землі в певному напрямі. (При цьому поблизу неї не повинно бути магнітів, предметів із феромагнетиків та провідників зі струмом.) Цей факт пояснюється тим, що навколо Землі існує магнітне поле. **Земля — це великий магніт** (мал. 1.10).



Мал. 1.9. Магнітне поле штабового магніту:
а — спектр магнітного поля із залізних ошурків;
б — лінії магнітного поля штабового магніту



Мал. 1.10. Магнітне поле Землі

And *DO* you know?

У 1595 р. англійський фізик В. Гілберт виготовив із природного магніту (магнетиту) кулю й помітив, що в неї є два полюси, а магнітна стрілка встановлюється з півночі на південь. Тоді Гілберт припустив, що Земля є великим магнітом. Пізніші дослідження підтвердили це припущення.



Спостереження і досліди за допомогою компаса виявили такі дані про магнітне поле Землі.

- При наближенні до Північного географічного полюса Землі магнітні лінії магнітного поля Землі під більшим кутом нахилиються до горизонту і в точці з координатами 75° пн. ш., 99° зх. д. стають вертикальними — входять в Землю. Це — Південний магнітний полюс Землі, віддалений від Північного географічного полюса приблизно на 2100 км. Він знаходиться на півострові Бутія.
- Північний магнітний полюс Землі знаходиться поблизу Південного географічного полюса в точці з координатами $66,5^\circ$ пд. ш., 140° сх. д.
- Магнітні полюси Землі не збігаються з її географічними полюсами, тому напрям магнітної стрілки компаса точно не збігається з напрямом географічного меридіана, а приблизно вказує на північ.
- У магнітному полі Землі можуть бути короточасні зміни — магнітні бурі. Це явище пов'язане з сонячною активністю.
- На Землі зустрічаються області, у яких стрілка постійно відхилена від напрямку магнітних ліній Землі. Ці області називають магнітними **аномаліями** (латиною — *ненормальні*). Причина магнітних аномалій — великі поклади залізної руди на невеликій глибині.
- Природу земного магнетизму ще до кінця не вивчено, але доведено, що в земній корі та в атмосфері існують різні електричні струми, які створюють магнітні поля. Це проблемне питання вивчається.
- Магнітне поле Землі захищає її від космічного випромінювання.



Мал. 1.11. Полярне сяйво



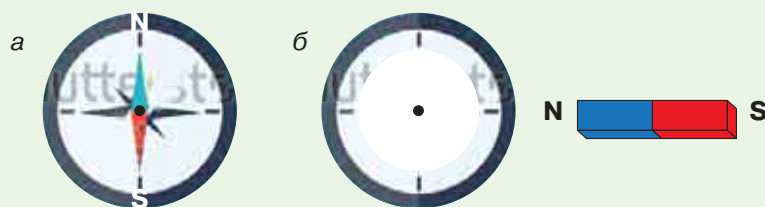
Місяць — супутник Землі — не має магнітного поля. Відсутнє магнітне поле і на Венері, а от на Марсі воно існує, але дуже слабке.

Відомо, що Сонце викидає в космос потоки швидких заряджених частинок: протонів, електронів тощо («сонячний вітер»). Частинки летять в усіх напрямках, у тому числі й у бік Землі. Магнітне поле Землі діє на ці частинки, відхиляє їх до магнітних полюсів планети. Там вони, влітаючи у верхні шари атмосфери, викликають їхню йонізацію та свічення. Так виникає яскраве природне явище — **полярне сяйво** (мал. 1.11).

Науковці-магнітологи стверджують, що магнітне поле Землі змінне і кожні 200 тис. років магнітні полюси міняються місцями. Крім того, у середині цього циклу магнітне поле взагалі відсутнє, унаслідок чого й відбулися еволюційні зміни життя на Землі. Це проблемне питання потребує вивчення.

Питання і проблеми

- 1*. Постійні магніти якої форми вам відомі?
- 2*. Що називають полюсами магніту? Що таке нейтральна зона?
- 3*. Скільки полюсів у кожного магніту?
- 4*. Чи можна полюси магніту розділити один від одного?
- 5*. Як взаємодіють між собою магніти?
- 6*. Як практично можна вивчати магнітні поля постійних магнітів?
- 7*. Які речовини притягуються до магніту?
- 8*. Що називають магнітним полем?
- 9**. У якому місці земної кулі магнітна стрілка вказує на північ обома кінцями? Поясніть. А на південь?
- 10***. На малюнку 1.12, а зображено компас. Його помістили поряд із магнітом, як це показано на малюнку 1.12, б. Накресліть на малюнку 1.12, б положення стрілки компаса і вкажіть на ній північний і південний полюси. Поясніть свою відповідь.



Мал. 1.12

Працюємо в групах

Інформацію отримайте в Інтернеті і підготуйте презентації.

- 11***. Які проблеми у теорії магнітного поля Землі не вивчені? Наведіть приклади.

Special for generalists

Рідини і гази теж можуть притягуватись або відштовхуватись від магніту, але він має бути дуже сильним. Наприклад, до магніту притягнеться чистий кисень: якщо мильну кульку наповнити киснем і розмістити її між полюсами сильного електромагніту, то вона відштовхнеться від одного полюса і притягнеться до іншого. Або якщо розмістити запалену свічку у проміжку між полюсами сильного магніту, її полум'я виштовхнеться з цього проміжку.



§ 2. Магнітні явища. Магнітне поле. Дослід Ерстеда

I want to know

1. Чим породжується магнітне поле?
2. Які властивості магнітного поля навколо провідника зі струмом?
3. Як пов'язані свертлик і магнітне поле провідника зі струмом?



Мал. 2.1. Ганс Крістіан Ерстед (1777–1851)



Мал. 2.2. Ерстед демонструє колегам явище відхилення магнітної стрілки під дією струму. Малюнок художника Р. Шторха

Довгий час дослідники розглядали властивості електрично заряджених тіл і постійних магнітів як цілком незалежні явища. Наприклад, пригадайте таке електричне явище, як блискавка, і явище магнетизму.

Чи може бути між ними щось спільне?

Так, довгий час природа магнетизму залишалася незрозумілою. Але, як виявилось згодом, такий зв'язок існує, і він дуже тісний.

Одним із перших важливих дослідів в історії вивчення магнітних явищ був дослід датського фізика Ерстеда (1820 р.) (мал. 2.1 і 2.2).

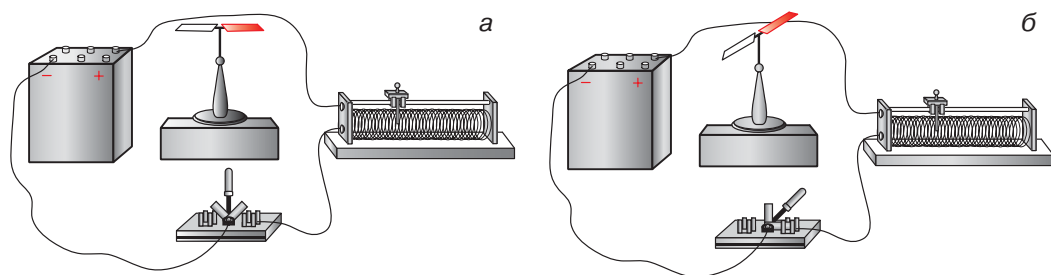
Демонструючи студентам теплову дію струму, Ерстед помітив, що стрілка компаса, який лежав поряд на столі, під час увімкнення струму в колі відхиляється від свого положення рівноваги.

Як струм впливає на магнітну стрілку? Чому це відбувається?

Визначимо це експериментально — відтворимо дослід Ерстеда (мал. 2.3).

Дослід 1. Встановимо на підставці магнітну стрілку, що може вільно обертатися на голці й у початковому положенні вказує напрям північ—південь. Над стрілкою паралельно її осі закріпимо у штативі провід, кінці якого з вимикачем і реостатом приєднаємо послідовно до джерела постійного струму.

Що відбувається? Якщо по провіднику струм не протікає, магнітна стрілка залишається в початковому положенні (мал. 2.3, а). Щойно підключимо до проводу джерело струму — стрілка одразу відхилиться на певний кут (максимум на 90°) (мал. 2.3, б). Якщо струм вимкнути, стрілка повертається у вихідне положення.



Мал. 2.3. Дослід Ерстеда: а — коло незамкнене; б — у провіднику протікає струм

Висновок 1. Це свідчить про те, що провідник зі струмом і магнітна стрілка взаємодіють одне з одним, внаслідок чого на стрілку діє момент сили, що змушує її обертатися відносно вістря голки.

Чому магнітна стрілка відхиляється від початкового напрямку, якщо її помістити біля провідника зі струмом?

Із курсів природознавства і географії ви знаєте, що магнітна стрілка компаса є індикатором¹ наявності магнітного поля Землі. Тому природно припустити, що у просторі навколо провідника зі струмом виникає магнітне поле, під дією якого і повертається магнітна стрілка.

У 8 класі ви вивчали електричне поле, яке виникає навколо заряджених тіл.

Магнітне поле — особливий вид матерії, який не сприймається органами чуття, але його прояви можна виявити за допомогою дослідів. **Магнітне поле** існує навколо будь-якого провідника зі струмом, тобто навколо рухомих електричних зарядів.

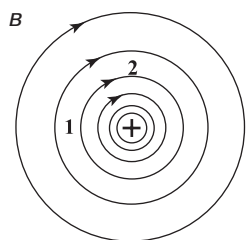
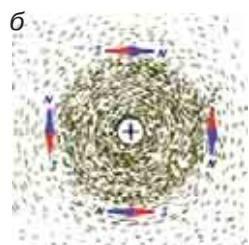
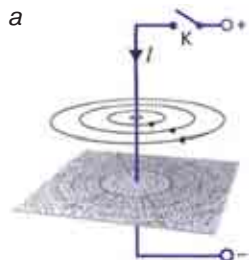
Електричний струм і магнітне поле нерозривно пов'язані між собою.

Чи є електричний струм джерелом магнітного поля?

Дізнаємося про це дослідним шляхом.

Дослід 2. Одним із способів вивчення магнітного поля навколо провідника зі струмом є використання дрібних залізних ошурок (мал. 2.4, а, б).

¹ *Індикатор* — пристрій, що відображає якийсь процес або стан спостережуваного об'єкту.



Що відбувається? Дрібні залізні ошурки в магнітному полі намагнічуються і перетворюються на маленькі магнітні стрілки, які встановлюються вздовж напрямку сили в даній точці магнітного поля (мал. 2.4, б). Хрестик у центрі малюнка означає, що струм спрямований за площину малюнка в напрямку від нас).

Висновок 2. У цьому досліді під дією магнітного поля залізні ошурки розташувалися навколо провідника зі струмом у вигляді концентричних кілець (мал. 2.4, б).

Лінії, уздовж яких в магнітному полі розміщуються осі маленьких магнітних стрілок, називають **магнітними лініями магнітного поля, або **лініями магнітної індукції**.**

Мал. 2.4. Магнітне поле прямого струму:

а — магнітне поле навколо провідника зі струмом;

б — залізні ошурки розмістилися навколо провідника

зі струмом у вигляді концентричних кілець (вигляд згори);

в — магнітні лінії прямого струму

Напрямок, на який вказує північний полюс магнітної стрілки в кожній точці поля, прийнято за напрям магнітної лінії магнітного поля (мал. 2.4, в).

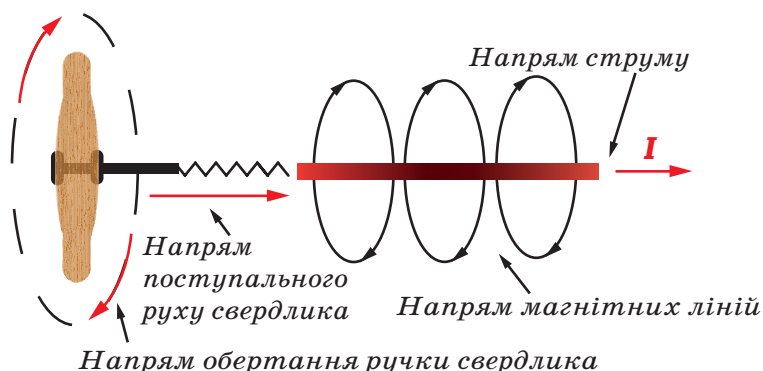
Властивості магнітних ліній магнітного поля:

- магнітні лінії завжди замкнені (не мають ні початку, ні кінця);
- біля провідника зі струмом лінії густіші, а далі — рідші, тобто магнітне поле сильніше біля провідника;
- лінії не перетинаються;
- напрям магнітних ліній залежить від напрямку струму в провіднику. Для визначення напрямку магнітних ліній використовують *правило свердлика*. (Пам'ятаємо, що спіральні різальні крайки свердлика спрямовані, як наріз правого гвинта.);
- дотична до магнітних ліній в кожній точці вказує на напрям магнітної сили, що може діяти на рухомі заряджені частинки або на полюси магнітної стрілки.

Правило свердлика

Напрямок обертального руху ручки свердлика збігається з напрямом магнітних ліній, якщо його гострий кінець вказує на напрямок струму в провіднику (мал. 2.5).

Мал. 2.5. Правило свердлика для прямолінійного провідника



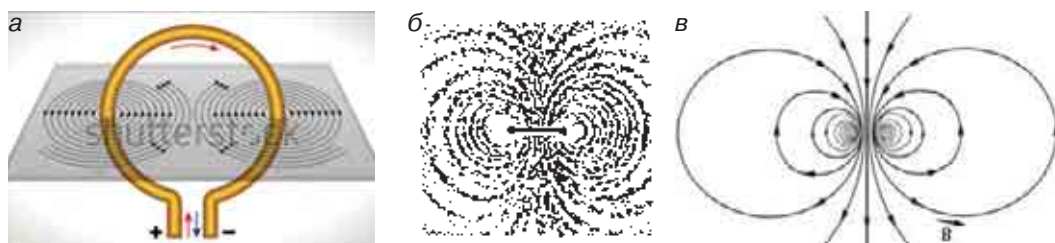
А як виглядатиме схематичне зображення магнітного поля провідника зі струмом, якщо провідник має форму кільця?

Магнітне поле **колового струму** можна спостерігати, виконавши такий дослід (мал. 2.6).

Дослід 3. Через два отвори в картоні пропустимо провід і надамо йому форми кільця (мал. 2.6, а). Потім притрусимо картон дрібними залізними ошурками й підключимо кінці провідника до джерела струму та легенько постукаємо по картону.

Що відбувається? Бачимо, що навколо кожного провідника магнітне поле має вигляд витягнутих кілець, схожих на магнітне поле прямолінійного провідника зі струмом. Результуюче магнітне поле від обох провідників показано на малюнку 2.6, б, а магнітні лінії колового струму — на малюнку 2.6, в.

Висновок 3. Відповідно до правила свердлика замкнені магнітні лінії колового струму виходять по один бік витка проводу і входять у нього з іншого боку.



Мал. 2.6. Магнітне поле колового струму: а — протікання струму по коловому витку провідника; б — розташування залізних ошурок уздовж магнітних ліній (вигляд згори); в — магнітні лінії колового струму



Питання і проблеми

- 1*. Як був проведений дослід Ерстеда?
- 2*. Що таке магнітне поле?
- 3*. Які досліді демонструють основні властивості магнітного поля?
- 4*. Чому в досліді магнітні стрілки можна замінити залізними ошурками?
- 5*. Що називають магнітними лініями?
- 6*. Які властивості мають магнітні лінії?
- 7*. Як визначити напрям магнітних ліній?
- 8*. Як графічно можна зобразити магнітне поле?
- 9**. Зобразіть графічно магнітне поле:
 - а) прямого струму;
 - б) колового струму.
- 10**. Дайте відповідь на запитання: чим відрізняється магнітне поле від електростатичного поля?
- 11**. **Поміркуйте**, чому полярне сяйво спостерігається лише у верхніх шарах атмосфери?
- 12***. На малюнку 2.7, а зображено штабовий магніт. Його розпиляли на 3 рівні частини. Визначте полюси середньої частини розпиленого магніту (мал. 2.7, б).



Мал. 2.7, а



Мал. 2.7, б

- 13***. **Поміркуйте**, чому в романі Жюль Верна «П'ятнадцятирічний капітан» стрілка компаса відхилилася саме туди, де лежала покладена піратом сталевий сокира.
- 14***. До якого полюса магніту притягуються залізні предмети?
- 15***. Відомо, що магнітні бурі створюють перешкоди для мобільного зв'язку. Поміркуйте, у яких місцях Землі зв'язок зникає або погіршується частіше. Чому?
- 16***. Як ви вважаєте, що може викликати штучну магнітну аномалію?

§ 3. Магнітне поле котушки зі струмом. Електромагніти

*I want
to know*

1. Яких магнітних властивостей набуде провідник зі струмом, якщо його намотати на котушку?
2. На що схоже магнітне поле котушки зі струмом?
3. Як визначити полюси магнітного поля котушки?
4. Якими способами можна посилити магнітне поле котушки зі струмом?
5. Як можна використати електромагніт на практиці?

Вам відомо, що електричний струм є джерелом магнітного поля.

Чи зміняться магнітні властивості провідника зі струмом, якщо витки дроту з'єднати послідовно, тобто намотати дріт на котушку?

Знайдемо відповідь на це запитання дослідним шляхом.

Дослід 1. Легеньку котушку зі струмом підвісимо на нитці.

Що відбувається? Бачимо, що з часом вісь котушки зорієнтувалася в магнітному полі Землі подібно до магнітної стрілки компаса в напрямі північ—південь.

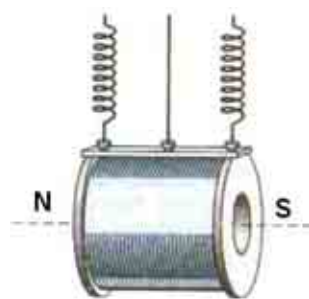
Висновок 1. Отже, котушка зі струмом має два полюси — північний та південний (мал. 3.1).

Примітка. Якщо дротяна котушка має довжину, набагато більшу за її діаметр, вона називається соленоїдом (від грецьк. *solen* — трубка, *eidos* — вид).

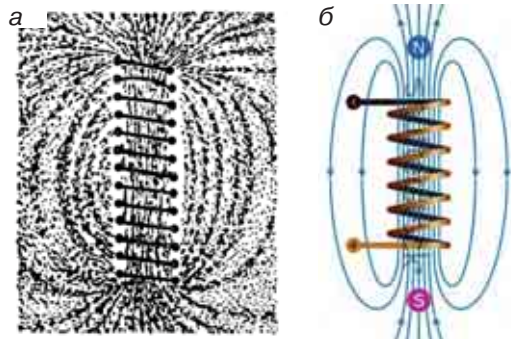
Який вигляд матиме схематичне зображення магнітного поля котушки зі струмом?

Дослід 2. Щоб спостерігати за магнітним полем котушки зі струмом, треба заздалегідь її «намотати»: сформувати витки котушки, пропускаючи мідний дріт крізь два паралельні ряди отворів у картоні, як це показано на малюнку 3.2, а. Потім притрусити картон дрібними залізними ошурками, підключити кінці котушки до джерела струму та легенько постукати по картону.

Що відбувається? Залізні ошурки утворять замкнені ланцюжки, при цьому спостерігається картина магнітного поля котушки зі струмом. На малюнку 3.2, а добре видно, що вона дуже схожа з малюнком магнітного поля штабового постійного магніту (мал. 2.6, б). На відміну від нього у випадку котушки зі струмом можна побачити хід магнітних ліній всередині котушки і



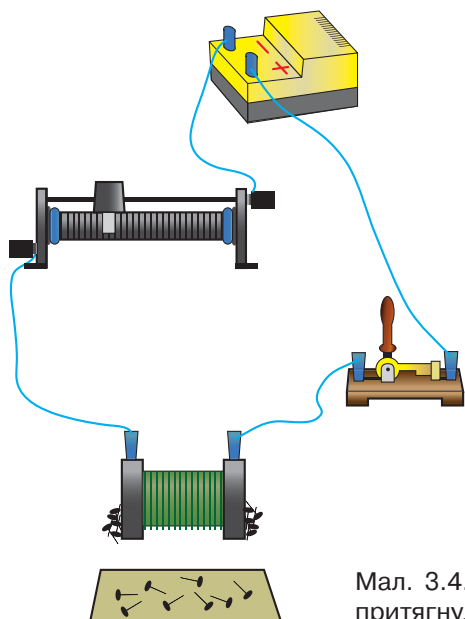
Мал. 3.1. Котушка зі струмом має магнітні полюси



Мал. 3.2. Магнітне поле котушки зі струмом: а — залізні ошурки розташовані уздовж магнітних ліній; б — магнітні лінії котушки зі струмом



Мал. 3.3. Правило правої руки



Мал. 3.4. Котушка зі струмом без осердя притягнула частину залізних цвяшків

пересвідчитися в замкненості ліній магнітного поля. Так само видно, що магнітні лінії згущилися біля полюсів котушки, а на відстані вони розріджуються — замкнені криві лінії, які поза котушкою спрямовані від північного полюсу до південного (мал. 3.2, а, б).

Висновок 2. Картина магнітного поля котушки зі струмом дуже схожа з картиною магнітного поля штабового магніту.

Як визначити полюси магнітного поля котушки зі струмом?

Правило правої руки. Полюси магнітного поля котушки зі струмом можна визначити за допомогою правила правої руки (мал. 3.3). Якщо правою рукою обхопити котушку зі струмом так, щоб чотири пальці показували, як іде струм у витках котушки, то відставлений великий палець вкаже напрям магнітних силових ліній (північний полюс котушки).

Дослід 3. Складемо коло із послідовно з'єднаних провідників: котушки, реостата, вимикача і джерела струму.

Що відбувається? Піднесемо котушку зі струмом до купи залізних цвяшків — частина з них притягнеться до котушки (мал. 3.4). Вставимо в котушку залізний стрижень — усі цвяшки притягнуться до електромагніту внаслідок посилення магнітного поля (мал. 3.5).

Висновок 3. Залізне осердя суттєво підсилює магнітне поле котушки зі струмом.

Котушку із залізним осердям називають **ЕЛЕКТРОМАГНІТОМ**.

Магнітне поле котушки зі струмом можна змінювати різними способами: змінити число витків у котушці, силу струму, вставляючи залізне осердя в середину котушки. (Такі дослідження ви проведете в ході виконання лабораторної роботи № 1.)

Як можна скористатися властивостями електромагнітів на практиці?

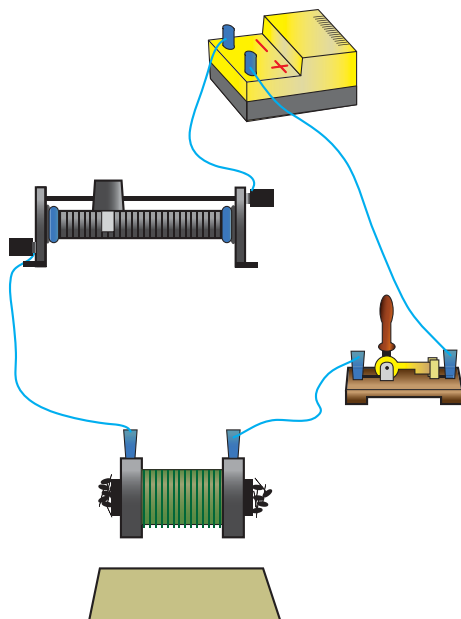
Електромагніти знаходять широке використання в техніці завдяки своїм властивостям:

- вони швидко розмагнічуються під час вимкнення електричного струму;
- їм можна надавати різної форми та виготовляти різними за розмірами;
- їхню магнітну дію можна регулювати, змінюючи силу струму в котушці або кількість витків.

Розглянемо деякі технічні пристрої з використанням електромагнітів.

Електромагнітний кран (мал. 3.6). Використовують на виробництві для транспортування злитків, заготовок і

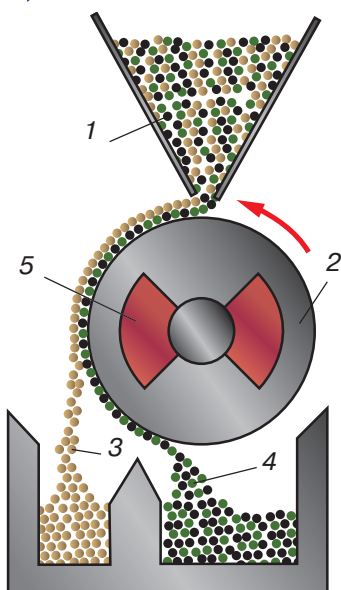
Використання
електромагнітного
крану



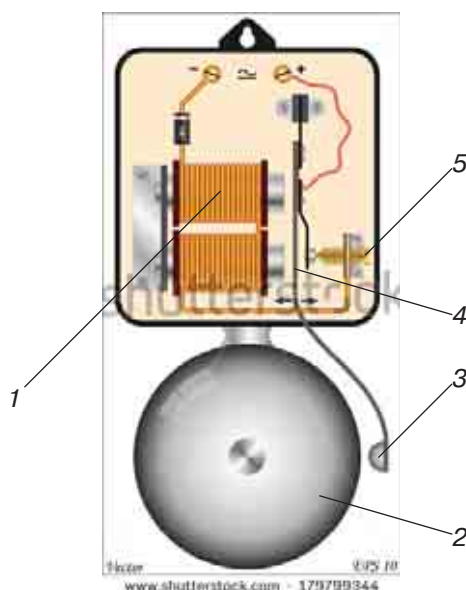
Мал. 3.5. Та сама котушка із залізним осердям притягнула всі цвяхи внаслідок підсилення магнітного поля



Мал. 3.6. Електромагнітний кран використовують для перевантаження залізного металобрухту



Мал. 3.7. Магнітний сепаратор для очищення зерна, засміченого насінням бур'янів:
1 — суміш засміченого зерна із дрібними залізними ошурками;
2 — барабан, що обертається;
3 — очищене зерно;
4 — насіння бур'янів з металевими ошурками; 5 — електромагніт

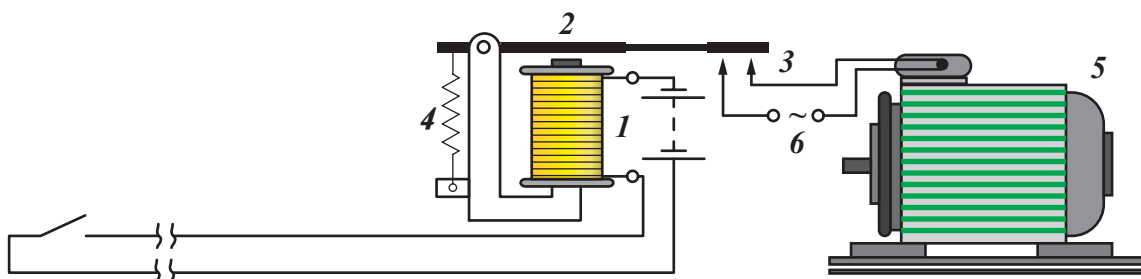


Мал. 3.8. Модель електричного дзвінка: 1 — електромагніт;
2 — дзвінкова чашка; 3 — ударник дзвінка, з'єднаний з рухомих якорем електромагніту; 4 — рухома контактна пластина, з'єднана з якорем; 5 — регулювальний гвинт контакту, з'єднаного з джерелом живлення

виробів із феромагнітних матеріалів, а також для перевантаження металобрухту. В останньому випадку автоматично відбувається й сортування: брухт кольорових металів не притягується магнітом.

Електромагнітний сепаратор (для очистки зерна) (мал. 3.7). Принцип його дії базується на тому, що зерна злакових культур мають гладку поверхню, до якої не пристають залізні ошурки, а зерна бур'янів мають шорстку поверхню, на яку «налипають» ошурки. Тому в бункер засипають суміш зерна і дрібних залізних ошурок.

Електричний дзвінок (мал. 3.8). Переривисте дзеленчання дзвінка забезпечується тим, що якір електромагніту, притягуючись до нього, рухає ударник й одночасно вимикає коло живлення котушки електромагніту. При цьому якір, закріплений на пружній пластині, «відлипає» від осердя електромагніту, знов замикаючи коло живлення електромагніту, і далі цикл повторюється.



Мал. 3.9. Будова електромагнітного реле і схема його включення в коло:
1 — електромагніт реле; 2 — рухомий якір реле з контактною пластиною, що замикає контакти 3 силового кола живлення потужного електродвигуна 5;
4 — пружина реле; 6 — контакти мережі живлення електродвигуна

Електромагнітне реле (мал. 3.9). Існує багато конструкцій реле, які спрацьовують від малих струмів живлення електромагніту, а рухомий якір при цьому забезпечує одночасно перемикання (а також розмикання і замикання) групи багатьох контактів. На малюнку 3.9 зображено конструкцію пускового реле і схему його включення в коло. Такі реле використовують для управління потужними споживачами електроенергії (наприклад, електродвигунами), розміщеними на великій відстані від місця вмикання. Реле споживає невеликий струм, тому лінію його живлення можна виконати тонким провідником, а його контакти замикають потужне коло на місці розташування споживача.

Жорсткий диск комп'ютера. Із курсу інформатики вам відомо, що основним накопичувачем даних в комп'ютері є жорсткий диск, який можна вважати справжнім «осередком» магнітів та електромагнітів (мал. 3.10). У конструкції жорсткого диска є постійний неодимовий магніт позиціонера, рухлива котушка позиціонера, магнітні диски — носії інформації, електродвигун (виглядатимете в § 6), головка запису і головка читання.

Мал. 3.10. Будова жорсткого диска:
1 — постійний магніт позиціонера;
2 — рухлива котушка позиціонера;
3 — магнітні диски;
4 — електродвигун;
5 — головка запису і головка читання;
6 — поворотна рамка позиціонера





Питання і проблеми

- 1*. Після того, як котушку, підвішену на тонких дротах, підключили до джерела струму, вона притягнулася до магніту. Чому?
- 2*. На тонких дротах підвішені дві котушки. Чому вони починають взаємодіяти, коли через них пропускають електричний струм?
- 3*. Чому при виготовленні електромагніту на осердя намотують ізолюваний провід?
- 4*. Чому в електромагнітах використовують залізне осердя?
- 5**. Запропонуйте спосіб, як за допомогою компаса визначити напрям струму у проводі.
- 6***. Чи можна котушку з дроту намотати так, щоб під час протікання струму в котушці магнітне поле було відсутнє?
- 7***. Чи можна електромагнітним краном переносити розпечене залізо?
- 8***. Як вирішується проблема уникнення катастроф під час перенесення вантажів електромагнітним краном? Прочитайте.
- 9***. Завдяки якій властивості провідника зменшується магнітна дія електромагніту при збільшенні теплових втрат на ньому?

Експериментальне завдання

Працюємо в групах

- 10***. Складіть електричне коло з гальванічного елемента та мідного дроту. Намотайте кілька витків дроту на цвях і, замкнувши коло, піднесіть до цвяха канцелярські скріпки. Полічіть кількість скріпок, що притягнуться до цвяха. Поступово намотуйте кілька витків дроту на цвях і повторюйте дослід. Складіть таблицю за результатами експерименту. Висновок оформіть графічно.

Special for generalists

На металургійних заводах можна побачити електромагнітні крани, які переносять вантажі: масивні залізні глиби, частини машин вагою десятки тонн, дроти тощо, перенесення яких іншим способом було б неможливе. За добу один магнітний кран може переносити більш ніж 600 т вантажу. Такий магнітний кран в діаметрі досягає 1,5 м. Існують електромагніти, які можуть підняти вантаж масою 75 т (електровоз). Щоб уникнути катастроф, відразу після підняття вантажу з боків крану спускають кліщі-захватки, які підтримують вантаж під час його переміщення.

Лабораторна робота № 1

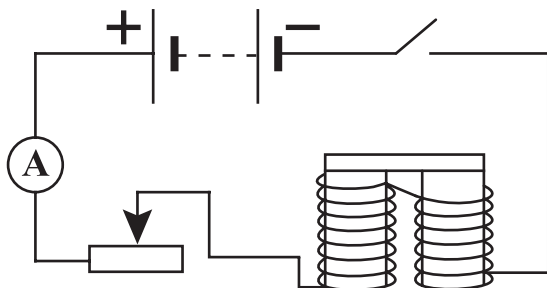
Складання та випробування електромагніту

Мета. Скласти електромагніт з готових деталей і дослідним шляхом перевірити, від яких факторів залежить його магнітна дія.

Обладнання: джерело струму, реостат, ключ, з'єднувальні провідники, компас, розбірний електромагніт, амперметр, мідний ізольований дріт завдовжки 1 м, цвях, канцелярські скріпки.

Хід роботи

1. Складіть електричне коло з джерела постійного струму, ключа, реостата, котушки електромагніту та амперметра (мал. 3.11).



Мал. 3.11. Схема кола для дослідження електромагніту

2. Користуючись правилом правої руки, визначте полюси котушки (позначте на схемі).

3. Увімкніть джерело струму та за допомогою компаса перевірте правильність попереднього визначення полюсів котушки.

4. Дослідіть залежність магнітної взаємодії котушки зі струмом і магнітної стрілки від сили струму. Зробіть висновок.

5. Дослідіть залежність магнітної взаємодії котушки зі струмом і магнітної стрілки від відстані між ними. Зробіть висновок.

6. Вставте залізне осердя в котушку та спостерігайте за дією електромагніту на стрілку. Збільшилась чи зменшилась сила магнітної взаємодії котушки зі струмом і магнітної стрілки?

7. Складіть електромагніт з готових деталей. За допомогою компаса визначте полюси електромагніту. Підвішуючи до електромагніту важки, визначте його підймальну здатність за певної сили струму.

8. Зробіть висновок за результатами спостережень.

9. Дайте відповідь на запитання: де можуть бути застосовані на практиці висновки із проведених досліджень?



Результати експерименту занесіть в таблицю і зробіть висновок.

Кількість витків									
Кількість скріпок, притягнутих до електромагніту									

Special for generalists

Історія відкриття компаса

Прийнято вважати, що саме у Стародавньому Китаї було винайдено перший компас, який називався «синань» (у перекладі — той, що відає півднем). Компас мав форму ложки, виготовленої з магнетиту (мал. 3.12).

Опуклою частиною ложка встановлювалася на ретельно відполіровану мідну або дерев'яну пластину так, щоб держак не торкався пластини, а вільно висів над нею, а сама ложка могла вільно обертатися. На пластині було нанесено позначення країн світу у вигляді зодіакальних знаків. Якщо штовхнути ложку, вона починала обертатися, а її держак, після того як вона зупиниться, показував точно на південь.

Форму компаса у вигляді ковшика або ложки було вибрано не випадково. На думку стародавніх китайців, вона нагадувала сузір'я Великої Ведмедиці, яке вони називали «Небесним ковшем».

Попри все, прилад мав ряд недоліків. Насамперед, він не був досить точним, тому що між ложкою і поверхнею пластини було сильне тертя. Крім того, магнетит, із якого виготовлявся прилад, погано оброблявся і був ламким.

Згодом китайські вчені вдосконалили прилад. Стали використовувати намагнічену голку. У китайців компас запозичили араби, в арабів — італійці. Потім почали використовувати португальські та іспанські моряки.

Компас був першим навігаційним приладом, що дав можливість прокласти курс у відкритому морі. Озброївшись компасом, іспанські та португальські моряки в кінці XV століття наважилися на далекі плавання. Вони залишили морські береги (до яких мореплавання було прив'язане протягом кількох тисячоліть) і вирушили у плавання через океан.



Мал. 3.12. Китайський компас-ложка з магнетиту



Робимо магніт власними руками