

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ НАЦІОНАЛЬНОГО
АВІАЦІЙНОГО УНІВЕРСИТЕТУ СЛОВ'ЯНСЬКИЙ КОЛЕДЖ
НАЦІОНАЛЬНОГО АВІАЦІЙНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

МЕТОДИЧНА РОЗРОБКА

відкритого заняття

Магнітне поле струму

з дисципліни «Фізика»

для вищих навчальних закладів 1-2 рівнів акредитації,
які здійснюють підготовку молодших спеціалістів
на основі базової загальної середньої освіти

Методична розробка відкритого заняття з дисципліни «Фізика». Підготувала Балабаєва О.О. - викладач Відокремленого структурного підрозділу Національного авіаційного університету Слов'янського коледжу Національного авіаційного університету – 2017.

Викладено методику проведення лекції, спрямованої на набуття теоретичних знань з теми «Магнітне поле струму»

Для викладачів фізики вищих навчальних закладів 1-2 рівнів акредитації, які здійснюють підготовку молодших спеціалістів на основі базової загальної середньої освіти

Рецензент: О.І. Чайченко - голова циклової комісії фундаментальних дисциплін Відокремленого структурного підрозділу Національного авіаційного університету Слов'янського коледжу Національного авіаційного університету, спеціаліст вищої категорії

Розглянуто та схвалено на засіданні циклової комісії фундаментальних дисциплін.

Передмова

Фізика - одна з фундаментальних природничих наук, знання якої необхідне для плідної творчої діяльності сучасного фахівця будь-якої спеціальності. Вивчення фізики в курсі загальноосвітніх дисциплін має на меті дві основні задачі:

1. Загальнонаукова й розвиваюча, що полягає у формуванні правильного світогляду курсанта й студента коледжу й у розвитку у нього наукового матеріалістичного мислення.
2. Конкретно-практична, щоб одержані знання курсант і студент міг застосовувати при експлуатації, обслуговуванні чи ремонті комп'ютерної техніки й автоматизованого обладнання, при використанні нових технологій, при розробці методів підвищення надійності й працездатності сучасної техніки.

Методична розробка відкритого заняття з дисципліни «Фізика» присвячена темі «Магнітне поле струму» та пропонує варіант викладення матеріалу у формі лекції. Вивчення теми забезпечує формування наукового світогляду, розвиває в студентів здібність до аналізу, виховує усвідомлене відношення до свого здоров'я.

Зазначена тема є складовою при вивченні розділу «Електромагнетизм». На її вивчення відведено загалом 8 годин, з яких 2 години-самостійне вивчення. Задачі, які вирішуються при розгляді теми:

1. Опанування засобами й методами розв'язання конкретних завдань з поняттям «магнітне поле», яке дуже поширено у фахових дисциплінах.
2. Створення й теоретичне обґрунтування фізичних методів дослідження об'єктів.
3. Ознайомлення з експериментальною методологією відтворення результату досліду та його пояснення, формування навичок проведення експерименту та аналізу отриманих результатів.

Актуальність теми полягає в досить частому використанні приладів, які є джерелом магнітних полів різного походження, у практиці спеціаліста технічної галузі господарства. Також дана тема важлива для розуміння багатьох природних явищ: магнітної бурі, полярного сяйва та ін.

Таким чином, вивчаючи вказану тему, викладач має реалізувати такі цілі:

Навчальна: З метою формування наукового світогляду підкреслити реальність та об'єктивність існування магнітного поля, вказуючи на експериментальні факти, які доводять це положення. Закріпити у студентів знання теорії магнітного поля, вміння давати порівняльну характеристику електричного та магнітного полів, визначати властивості полів. Сформувати знання про характеристики магнітного поля. Довести вплив магнітного поля на живі організми і навести конкретні приклади. Навчити студентів висувати гіпотези та робити висновки.

Виховна: Через проблемний метод навчання розкрити науковий шлях пізнання через доказ гіпотези, сприяти переходу знань у переконання. За допомогою експерименту прищепити навички працьовитості, дбайливого ставлення до приладів, до природи; естетичні якості.

Розвиваюча: На прикладі розповсюдження магнітних полів продовжити розвиток умінь спостерігати, порівнювати явища, що вивчаються, виявляти причинно-наслідкові зв'язки, робити відповідні висновки.

ПЛАН ЗАНЯТТЯ

Тема заняття: Магнітне поле струму

Мета заняття:

Методична – удосконалення методики проведення лекції з використанням евристичної бесіди, демонстрації дослідів і слайдів.

Навчальна – формування знань про реальність та об'єктивність існування магнітного поля.

Знати: визначення магнітного поля, його властивості, величини, які дозволяють кількісно описувати магнітне поле струму, характеристики парамагнетиків, діамагнетиків, феромагнетиків, властивості магнітного поля Землі.

Вміти: виконувати розрахунки сили Ампера, сили Лоренца, магнітного потоку, застосовувати правило буравчика, правила правої та лівої руки.

Виховна – сприяти формуванню світоглядної ідеї пізнання явищ і властивостей навколишнього світу; розкрити значення нагромадження фактів та їхнього уточнення при пізнанні явищ; реалізувати на матеріалах теми екологічне, професійне й моральне виховання.

Розвиваюча – формування та розвиток пізнавального інтересу студентів; сприяти розкриттю індивідуальних здібностей студентів; розвивати вміння самостійно працювати з додатковою літературою при підготовці повідомлень, доповідей; сприяти розвитку риторики.

Вид заняття: лекція

Форма проведення заняття: викладення нового матеріалу за допомогою евристичної бесіди, демонстрації дослідів і слайдів.

Міжпредметні зв'язки:

Забезпечуючі - математика

Забезпечувані – основи електротехніки, комп'ютерна схемотехніка, комп'ютерні мережі, проектування автоматизованих інформаційних систем

Методичне забезпечення: рефлексивні картки, слайди.

Обладнання: магніти, джерело струму, штатив, магнітофон, магнітна стрічка, магнітний залізняк, дискета, компас.

Література:

Обов'язкова:

1. Гончаренко С.У. Фізика: Пробний навчальний посібник для шкіл III ступеня, гімназій і класів гуманітарного профілю. 10 кл. – К.: Освіта, 1995
2. Зачек І.В. Курс фізики – Львів: Видавництво Бескид Біт. 2002.
3. Бушок Г.Ф., Левандовський В.В., Півень Г.Ф. Курс фізики – К: Либідь. 2001

Додаткова:

1. Кудрявцев П.С. История физики. 2 том -М.: Просвещение, 1956
2. Пушкаръов М.А., Чорний Є.П. Книга для читання з фізики. Частина III. –Київ: Видавництво «Радянська школа», 1959

Технічні засоби навчання: мультимедійний проектор.

ХІД ЗАНЯТТЯ:

- 1. Організаційний момент** **2 хв.**

Вітання студентів. Викладач приймає рапорт чергового студента, вітається з навчальною групою студентів.

Підготовка аудиторії до заняття, перевірка наявності студентів.

Викладач перевіряє наявність студентів на занятті, заповнює класний журнал.
- 2. Ознайомлення студентів з темою та навчальними цілями заняття** **2 хв.**

Тема заняття: Магнітне поле струму

Мета заняття:

Знати: визначення магнітного поля, його властивості, величини, які дозволяють кількісно описувати магнітне поле струму, характеристики парамагнетиків, діамагнетиків, феромагнетиків, властивості магнітного поля Землі.

Вміти: виконувати розрахунки сили Ампера, сили Лоренца, магнітного потоку, застосовувати правило буравчика, правила правої та лівої руки
- 3. Мотивація навчання** **2 хв.**

Людину пронизують міриади магнітних полів різного походження. Вона звикла до магнітних явищ і ставиться до них поблажливо, часом навіть не підозрюючи, скільки магнітів навколо і яку дію (добру або погану) вони здійснюють на живі організми. Досить сказати, що Земля – гігантський блакитний магніт, а Сонце – жовта плазмова куля – ще більш грандіозний магніт. Як майбутні програмісти, що працюють із комп'ютерною технікою студенти повинні знати про магнітне поле та не забувати про його шкідливий вплив на живі організми.
- 4. Актуалізація опорних знань** **5 хв.**

4.1. Проводиться в усній формі (див. додаток А слайд 2)

Питання для актуалізації опорних знань:

 1. Що таке матерія? (Відповідь: Матерія – це усе те, що реально існує поза нашою свідомістю і що може сприйматися нашими органами чуття безпосередньо чи за допомогою приладів.)
 2. Назвіть форми існування матерії. (Відповідь: поле і речовина)
 3. Вивчення, якого поля закінчили? (Відповідь: електричного)

4.2. Письмове опитування

<p>Рефлексивна картка</p> <p>ГПБ _____ група _____</p> <p>Питання для повторення «Електричне поле»</p> <p>1. Дати визначення електричного поля _____</p> <p>_____</p> <p>2. Чим породжується електричне поле? _____</p> <p>_____</p> <p>3. Чим виявляється електричне поле? _____</p> <p>_____</p> <p>4. Яка величина характеризує дію електричного поля? _____</p> <p>_____</p> <p>5. Які види зарядів існують? _____</p> <p>_____</p>

Взаємоперевірка відповідей студентами (див. додаток А слайд 3)

5. Коментар відповідей студентів.**2 хв.**

Викладач визначає рівень засвоєння студентами матеріалу попередніх лекцій і відзначає студентів, які брали активну участь у відповідях і які допустили характерні неточності, дає рекомендації по відвідуванню консультацій тим, хто показав недостатні знання.

6. Викладання та вивчення нового матеріалу (див. додаток А слайд 4).... 65 хв.**План лекції**

- 6.1. Магніт та його властивості. Використання магніту.
- 6.2. Дослідне обґрунтування наявності магнітного поля.
- 6.3. Визначення і властивості магнітного поля.
- 6.4. Характеристики магнітного поля.
- 6.5. Магнітне поле в речовині.
- 6.6. Земля – це великий магніт.

Хід викладання та вивчення програмних питань лекції**6.1. Магніт та його властивості. Використання магніту**

Питання для активізації розумової діяльності: Що спільного в предметах, які перебувають на столі? (магнітофон, магнітна стрічка, магніт, магнітний залізник, дискета, компас).

Правильна відповідь: магнітні явища.

Перші відомості про магніти губляться в далекій давнині. У стародавніх літописах зберіглася згадка про те, що в 1110 р. до н.е. у Китаї були пристрої (очевидно, магнітні), що показували напрямок на південь. Перші магніти були природного походження. Виявилося, що це були шматки руди — магнітного залізняку (магнетиту). Про магніти ще в 1269 р. П'єром Перегріном з Марикута була написана книга, що називалася «Листи про магніти». У цій книзі були зібрані майже всі відомі в той час властивості магнітів. П. Перегрін встановив, що якщо сталеву спицю потерти магнітом природного походження, тобто природним, то спиця теж стане магнітом, як ми говоримо, намагнітиться. Такі магніти одержали назву штучних магнітів.

Питання для активізації розумової діяльності: Звідки виникло слово – магніт?

Повідомлення студента. (див. додаток А Слайд 5)

Слово магніт виникло від слова «Магнесії», так називалося невелике місто в Туреччині. Історія така: пастух, відшукуючи вівцю, що загубилася, заблукав у незнайоме місце. Навкруги було багато чорних каменів, які нічим особливим не відрізнялися від звичайних. Але коли він наступив на один з них, то відчув, що підошви його взуття, підкованого залізом, прилипали до цього каменю. Пастух, зацікавившись, доторкнувся до каменю своїм ціпком із залізним наконечником і ледь утримав його. Він так само притягся до каменю, як і підошва взуття. Не знаю, де був знайдений перший магніт, але різні народи по-своєму називали магніт. Греки, наприклад, називали його «особливим каменем», або «тим каменем». Іноді, щоб підкреслити силу магніту, його називали «каменем Геркулеса». Магніт - і «люблячий камінь», тому що він притискає до себе залізо, як мати своє дитя, і «мудре залізо», і «царствений камінь» - які тільки назви йому не давали в різні століття й у різних країнах. Назв у магніту багато, але остаточна назва походить від міста Магнесії (тепер це місто Маниса в Туреччині). Камені, знайдені недалеко від цього міста, мали дивну властивість, будучи вільно підвішені, завжди орієнтувалися в певному напрямку.

Питання для активізації розумової діяльності: Якому вченому належить перший науковий твір про магнетизм?

Правильна відповідь: Вільяму Гільберту.

Повідомлення студента: Вільям Гільберт (див. додаток А слайд 6, додаток В)

У книзі «Про магніт, магнітні тіла та про великий магніт — Землю», опублікованої в 1600 р., В. Гільберт описав наступні властивості магнітів: (див. додаток А слайд 7)

- магніт володіє в різних частинах різною притягальною силою; на полюсах ця сила найбільш помітна;
- магніт має два полюси: північний і південний, вони різні за своїми властивостями;
- різнойменні полюси притягаються, однойменні відштовхуються;
- магніт, підвішений на нитці, розташовується певним чином у просторі, указуючи північ і південь;
- неможливо одержати магніт з одним полюсом;
- земна куля — великий магніт;
- при сильному нагріванні магнітні властивості природних і штучних магнітів зникають;
- магніти роблять свою дію через скло, шкіру й воду.

Для чого використовуються магніти?

Існують сотні способів використання магнітів. Так, дехто вважає, що магніти потрібні для утримання улюбленої фотографії на дверцятах холодильника, але це тільки одне застосування магнітів. У загальному випадку, магніти використовуються для утримання, поділу, контролю, транспортування й підняття різних об'єктів, а також для перетворення електричної енергії в механічну й навпаки.

Ось зразок, далеко не повного списку використання магнітів: (див. додаток А слайд 8)

Усередині житла: навушники, стереоколонки, слухавка, електродзвоник, утримувач по периметру дверцят холодильника, що записують і відтворюють голівки аудіо - і відеоапаратури, що записують і відтворюють голівки дисководу й жорсткого диска комп'ютера, магнітна смужка на банківській карті, що управляють і розмагнічують магнітні системи в телевізорі, вентилятори, трансформатори, магнітні замки

Усередині двигунів: двигуни для обертання CD/DVD дисків і для позиціонування голівок, стрічкопротягуючі двигуни для аудіо - і відеоапаратури, насос і таймер у посудомийній і пральній машинах, компресор у холодильнику, електрична зубна щітка, двигун для вібратора в стільниковому телефоні.

В автомобілі: двигун стартера, внутрішній вентилятор двигуна, блокатори дверей, склопідйомники, регулятор бічного дзеркала, насос для рідини, що очищає, датчики швидкості, генератор змінного струму, реле стартера.

6.2. Дослідне обґрунтування наявності магнітного поля.

Довгий час магнітні й електричні явища вважалися різними сутностями, не зв'язаними одне з одним. Уперше зв'язок між цими явищами встановив Ганс Християн Ерстед. Історія цього відкриття досить курйозна.

Дослід Ерстеда (див. додаток А **слайд 9**)

15 лютого 1820 року Ерстед, уже заслужений професор, читав своїм студентам лекцію по фізиці. На лабораторному столі перебували вольтов стовп, дроти, що замикають його, затискачі і компас. У той час, коли Ерстед замикав ланцюг, стрілка компаса здригалася й поверталася в напрямку до дроту. Це було перше безпосереднє підтвердження зв'язків електрики й магнетизму. Це було те, що так довго шукали всі європейські й американські фізики. Рішення проблеми було неймовірно просте. Здавалося б, все зрозуміло. Ерстед продемонстрував студентам ще одне підтвердження своєї давньої ідеї про загальний зв'язок різнорідних явищ. Але чому ж виникають сумніви, чому навколо цієї події згодом розгорілося так багато палких суперечок? Справа в тому, що студенти, що були присутнім на лекції, розповідали потім зовсім інше. За їхніми словами, Ерстед хотів продемонструвати на лекції всього лише цікаву властивість електрики нагрівати дріт, а компас виявився на столі зовсім випадково. Саме випадковістю пояснили вони те, що компас лежав поруч із цим дротом, і зовсім випадково, на їхню думку, один із уважних студентів звернув увагу на стрілку, що повертається, а подив професора, за їхніми словами, був непоміченим. Сам Ерстед у своїх пізніших роботах писав: «Всі присутні в аудиторії - свідки того, що я заздалегідь оголосив про результат експерименту. Відкриття, таким чином, не було випадковістю, як би не це хотів скласти професор Гільберт із тих виразів, які я використав при першому оповіщенні про відкриття». Потрібно сказати, що відхилення стрілки компаса в лекційному досвіді було незначним, і тому в липні 1820 року Ерстед знову повторив експеримент, використовуючи могутніші батареї. Зараз ефект став значно сильніший, причому тим сильніший, чим товщий був дріт, яким він замикав контакти батареї. (Чим більше діаметр дроту, тим менше його опір й, стало бути, більше струм короткого замикання). Крім того, він з'ясував одну дивну річ, що не укладалася в ньютонівські подання про дію й протидію. Виражаючись його ж словами, «магнітний ефект електричного струму має круговий рух довкола нього».

Дослід, поставлений ним в 1820 р., може здатися вам дуже простим і навіть очевидним. Але тоді зв'язок між електричними й магнітними явищами не тільки не був відомий, але його було навіть важко припустити. Однак Г. Ерстед виявив, що магнітна стрілка, розташована над (або під) провідником з електричним струмом, при замиканні ланцюга повертається й розміщується перпендикулярно провіднику. Цей досвід свідчить про те, що електричний струм якимось чином діє на магнітну стрілку. З досвіду Г. Ерстеда випливає, що навколо цього провідника існує магнітне поле.

Питання для активізації розумової діяльності:

1. Про що говорить відхилення магнітної стрілки при замиканні електричного ланцюга? (Відповідь: Навколо провідника зі струмом існує магнітне поле. На нього - й реагує магнітна стрілка. Джерелом магнітного поля є електричні заряди, що рухаються, або струми) (див. додаток А **слайд 10**).

2. Про що говорить той факт, що магнітна стрілка повернулася на 180° ? (Відповідь: Це означає, що напрямок струму в провіднику змінився на протилежний) (див. додаток А **слайд 11**).
3. Про що говорить той факт, що кут відхилення магнітної стрілки змінився? (Відповідь: Це означає, що сила струму в провіднику змінилася) (див. додаток А **слайд 12**).

Французький учений Ампер (див. додаток А **слайд 13**) спостерігав механічну взаємодію струмів. Провідники зі струмом електрично нейтральні, електричне поле поза провідниками практично дорівнює нулю. Як пояснити той факт, що провідники зі струмом взаємодіють між собою? (див. додаток А **слайд 14**). Ампер припустив, що взаємодія провідників зі струмом - це не електрична, а магнітна взаємодія: перший струм створює в просторі власне магнітне поле, яке діє на другий провідник зі струмом. І навпаки.

Питання для активізації розумової діяльності:

1. Як взаємодіють струми одного напрямку? (див. додаток А **слайд 15**) (Відповідь: Струми одного напрямку притягаються)
2. Як взаємодіють струми протилежних напрямків? (Відповідь: Струми протилежних напрямків відштовхуються) (див. додаток А **слайд 16**)

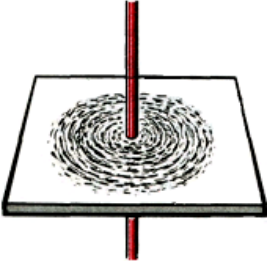
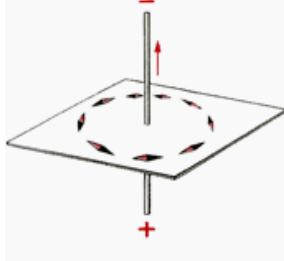
6.3. Властивості магнітного поля

Відповідно до теорії дальності, запропонованої Фарадеєм, у просторі, що оточує струми, виникає поле, назване магнітним. Тобто, ***магнітне поле – це особлива форма матерії, яка існує незалежно від нас та від наших знань про неї.*** (див. додаток А **слайд 17**)

Властивості магнітного поля:

- 1) МП породжується електричними зарядами, що рухаються, тобто струмами.
 - 2) МП виявляється по дії на електричний струм, на заряди, що рухаються.
 - 3) З віддаленням від джерела магнітного поля воно послаблюється.
- Експериментальним доказом реальності магнітних полів є факт існування електромагнітних хвиль.

МП можна виявити (див. додаток А **слайд 18**)

а) <u>за допомогою залізних обпилювань</u>	б) <u>по дії на провідник зі струмом.</u>
<p>Потрапляючи в МП, залізні обпилювання намагнічуються й розташовуються уздовж магнітних ліній.</p> 	<p>Потрапляючи в МП, провідник зі струмом починає рухатися, тому що з боку МП на нього діє сила Ампера.</p> 

Графічно магнітне поле можна зобразити за допомогою магнітних ліній. ***Магнітні лінії*** – це уявлені лінії, уздовж яких розташувалися б осі маленьких магнітних стрілочок, поміщених у МП. (див. додаток А **слайд 19**). Опис МП за

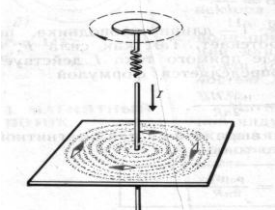
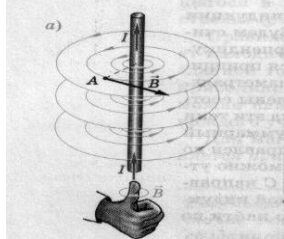
допомогою магнітних ліній дозволяє наочно уявити собі картину магнітного поля провідника зі струмом будь-якої конфігурації.

Властивості магнітних ліній

1. Магнітні лінії - замкнуті криві, тому МП називають вихровим. Це означає, що в природі не існує магнітних зарядів (див. додаток А **слайд 20**).
2. Якщо магнітні лінії розташовані паралельно одна одній з однаковою густотою, то таке МП називають однорідним (див. додаток А **слайд 21**).
3. Якщо магнітні лінії скривлені - це значить, що сила, що діє на магнітну стрілку в різних крапках МП, різна. Таке МП називають неоднорідним (див. додаток А **слайд 22**).

Напрямок магнітних ліній пов'язаний з напрямком струму в провіднику. Варто тільки поміняти напрямок струму в провіднику, відразу ж напрямок магнітних ліній змінюється на протилежний.

Магнітні лінії прямого струму являють собою концентричні окружності із центром на осі провідника. Для визначення напрямку магнітної лінії застосовують правило правої руки або правило буравчика (див. додаток А **слайд 23**).

Правило буравчика	Правило правої руки
 <p>Якщо напрямок поступального руху долонею буравчика збігається з напрямком струму в провіднику, то напрямок обертання ручки буравчика збігається з напрямком магнітних ліній</p>	 <p>Якщо обхопити провідник правої руки, направивши чотири пальця по напрямку магнітних ліній, тоді відставлений на 90° великий палець покаже напрямок струму в прямолінійному провіднику</p>

6.4. Характеристики магнітного поля

Величини, що дозволяють кількісно описувати магнітне поле струму. (див. додаток А **слайд 24**).

1. Вектор магнітної індукції.

У МП токи магнітна стрілка встановлюється не як-небудь, а в певному напрямку. Це говорить про те, що величина, яка характеризує МП, повинна бути векторною пов'язаною з орієнтацією магнітної стрілки.

Величина, що характеризує МП у даній його крапці, називається **вектором магнітної індукції, B** .

Магнітна індукція дорівнює відношенню сили F , з якою МП діє на провідник довжиною l , по якому тече струм I

$$B = \frac{F}{I \cdot l}$$

Вимірюється в $1 \frac{H}{A \cdot m} = 1 \text{ Тл (тесла)}$

2. Потік магнітної індукції.

Потік магнітної індукції – це величина, рівна добутку модуля вектора магнітної індукції B на площу контуру S і на \cos кута між напрямком вектора індукції й нормаллю (перпендикуляром) до рамки.

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha.$$

Вимірюється у веберах: $1 \text{ Вб} = 1 \text{ Тл} \cdot \text{м}^2$.

Увага! Обережніше з визначенням кута α .

Залежність Φ від кута α

- 1) Якщо кут $\alpha = 0^\circ$. В цьому випадку лінії B і нормаль n до площини паралельні. Але B та площина S перпендикулярні одна одній. Тоді $\cos 0^\circ = 1$, магнітний потік приймає максимальне значення: $\Phi = B \cdot S$ (див. додаток А слайд 25).
- 2) Якщо кут $\alpha = 90^\circ$. В цьому випадку лінії B і нормаль n до площини перпендикулярні. Але B та площина S паралельні одна одній. Тоді $\cos 90^\circ = 0$, магнітний потік буде мінімальним: $\Phi = 0$ (див. додаток А слайд 26).
- 3) При обертанні рамки певної площини S у постійному магнітному полі B , кут між B и S постійно змінюється від α_1 до α_2 . Тоді магнітний потік визначається за формулою: $\Phi = B \cdot S \cdot (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)$ (див. додаток А слайд 27).

Сила Ампера

Потрапляючи в магнітне поле, провідник зі струмом починає рухатися, тому що з боку магнітного поля на нього починає діяти сила, що називають **силою Ампера**. (див. додаток А слайд 28). Сила Ампера – це сила, з якою магнітне поле з індукцією B діє на провідник довжиною l , по якому тече струм I . Крім цього, важливо, під яким кутом до ліній магнітної індукції розташований провідник.

$$\text{Виходить, } F_A = B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha.$$

Питання для активізації розумової діяльності:

1. При якому значенні кута, сила Ампера буде максимальною? (Відповідь: при $\alpha = 90^\circ$ сила Ампера буде визначатися $F_A = B \cdot I \cdot l$.)
2. При якому значенні кута, сила Ампера буде мінімальною? (Відповідь: при $\alpha = 0^\circ$ сила Ампера буде дорівнювати нулю)

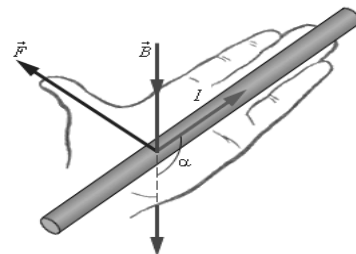


Рис. 1

Напрямок сили Ампера знаходять за **правилом лівої руки**: ліву руку треба розташувати так, щоб лінії магнітної індукції входили в долоню, чотири витягнутих пальця були спрямовані по напрямку струму, тоді відігнутий на 90° великий палець покаже напрямок дії сили, з якою магнітне поле діє на провідник зі струмом – сили Ампера. (див. рис. 1)

Завдання: Визначити напрямок сили Ампера (див. додаток А слайд 29).

Відповідь: Сила Ампера направлена праворуч.

Застосування сили Ампера (див. додаток А слайд 30).

Сила Ампера застосовується в роботі електродвигуна, в електровимірювальних приладах, у яких головне – це те, що на рамку діє пари сил, у результаті чого вона повертається.

Дія, що орієнтує, МП на контур зі струмом, використовують в електровимірювальних приладах магнітоелектричної системи – амперметрах і вольтметрах. Сила, що діє на котушку, прямо пропорційна силі струму у ній. При

великій силі струму котушка повертається на більший кут, а разом з нею й стрілка. Залишається проградуйувати прилад – тобто встановити, яким кутам повороту відповідають відомі значення сили струму (див. додаток А **слайд 31**).

Сила Лоренца

Сила, з якої МП діє на електричний заряд, що рухається, *називається силою Лоренца*. (див. додаток А **слайд 32**)

Модуль сили Лоренца прямо пропорційний: індукції магнітного поля B , у Тл, модулю заряду частки, що рухається, q_0 , у Кл, швидкості частки V , у м/с. Крім цього, важливо, під яким кутом до ліній магнітної індукції розташований провідник.

$$\text{Виходить, } F_L = q_0 \cdot B \cdot v \cdot \sin \alpha$$

Напрямок сили Лоренца знаходять за **правилом лівої руки**:

Ліву руку треба розташувати так, щоб лінії магнітної індукції входили в долоню, чотири витягнутих пальці були спрямовані по напрямку руху позитивно зарядженої частки (або проти негативної), тоді відігнутий на 90° великий палець покаже напрямок дії сили, з якої МП діє на заряджену частку, що рухається, - тобто сили Лоренца. (рис. 2)

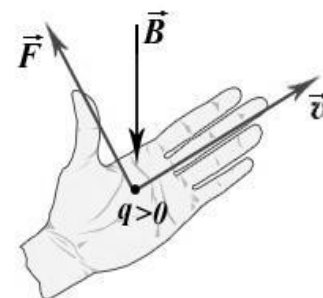


Рис. 2

Увага! Правило лівої руки сформульовано для позитивної частки.

Застосування сили Лоренца: прискорювачі елементарних часток, ЕПТ в моніторах комп'ютера.

6.5. Магнітне поле в речовині.

Питання для активізації розумової діяльності: Яким чином можна пояснити намагніченість деяких речовин?

Правильна відповідь: Згідно з гіпотезою Ампера в будь-якій речовині існують мікроскопічні струми, обумовлені рухом електронів в атомах і молекулах. Ці мікроскопічні струми створюють власне магнітне поле, тому магнітна індукція в речовині відрізняється від індукції зовнішнього магнітного поля.

Магнітна індукція в середовищі складається з індукції зовнішнього магнітного поля й власної індукції речовини. Вектор власної магнітної індукції середовища може бути як співнаправлений з вектором магнітної індукції зовнішнього поля, так і протилежний йому.

Різна магнітна сприйнятливість речовин визначає розходження їхніх магнітних властивостей. Існує три основних класи речовин з магнітними властивостями, що різко відрізняються: діамагнетики, парамагнетики й феромагнетики. Вони відрізняються значенням магнітної проникності середи.

Питання для активізації розумової діяльності: Що таке магнітна проникність середовища? (див. додаток А **слайд 33**)

Правильна відповідь: Магнітна проникність середовища – це фізична величина, що показує, у скільки разів індукція магнітного поля в однорідному середовищі відрізняється від магнітної індукції зовнішнього магнітного поля у вакуумі:

$$\mu = \frac{B}{B_0}$$

Діамагнетики – це речовини, у яких вектор індукції власного МП, спрямований протилежно вектору магнітної індукції зовнішнього МП, значно менше його по

модулю: тобто $B_c \uparrow \downarrow B_{\text{внеш}}$, $B_c \ll B_{\text{внеш}}$. У діамагнетиках зовнішнє МП послаблюється незначно, так що $\mu < 1$ (наприклад, для золота $\mu = 0,999961$). Діамагнетиками є багато газів: водень, гелій, азот, двоокис вуглецю, плазма, метали (золото, срібло, мідь, вісмут), скло, вода, сіль, гума, алмаз, дерево, пластики.

Парамагнетики – це речовини, у яких вектор індукції власного МП співнаправлений з вектором магнітної індукції зовнішнього МП, але менше його по модулю: $B_c \uparrow \uparrow B_{\text{внеш}}$, $B_c < B_{\text{внеш}}$. У парамагнетиках зовнішнє МП підсилюється, але незначно, так що $\mu > 1$ (наприклад, для платини $\mu = 1,00025$). Парамагнетиками є кисень, алюміній, платина, уран, лужні метали.

Феромагнетики – це речовини, у яких вектор індукції власного МП співнаправлений з вектором індукції зовнішнього МП і значно перевищує його по модулю, тобто $B_c \uparrow \uparrow B_{\text{внеш}}$, $B_c \gg B_{\text{внеш}}$. У феромагнетиках зовнішнє МП значно підсилюється, так що $\mu \gg 1$ (наприклад, для чистого заліза $\mu = 10000$). Феромагнетиками є залізо, кобальт, нікель, їхні сплави. **Фільм «Феромагнетики»**
Застосування феромагнетиків.

У природі феромагнетики зустрічаються досить рідко, але саме вони знаходять широке практичне застосування.

1.3 феромагнетиків виготовляють сердечники, які в багато разів підсилюють МП котушки зі струмом, не збільшуючи силу струму. Це приводить до економії електроенергії.

2. При вимиканні зовнішнього МП феромагнетики залишаються намагніченими. Так створюють постійні магніти, які застосовуються в електровимірювальних приладах, гучномовцях, телефонах, звукозаписних апаратах, компасах.

3.3 феромагнетиків виготовляють магнітні стрічки для звукозапису в магнітофонах і для відеозапису у відеоманітофонах.

6.6. Земля – це великий магніт.

Доведемо, що Земля – великий магніт.

Повідомлення студента: Земля — це великий магніт (див. додаток А слайд 34, додаток Г)

Повідомлення студента: Вивчення магнітного поля Землі. (див. додаток А слайд 35-36, додаток Д)

Повідомлення студента: Земний магнетизм (див. додаток А слайд 37, додаток Е)

Повідомлення студента: Магнітні бурі (див. додаток А слайд 38, додаток Ж)

З космічного простору на Землю рухається потік заряджених часток. Концепція цих часток така, що є небезпечною для життя. Однак магнітне поле захищає Землю від цієї небезпеки. Коли заряджені частки влітають у магнітне поле Землі, то на них починає діяти сила Лоренца. Вона змушує їх рухатися від одного магнітного полюса до іншого й назад. Частки опиняються у магнітній пастці. Крізь пастку пролітає лише невелика кількість часток, що не представляє небезпеки для життя на Землі. Області, у яких перебувають частки, затримані магнітним полем Землі, називаються радіаційними поясами. (див. додаток А слайд 39)

Повідомлення студента: Вплив Сонця на магнітне поле Землі. (див. додаток А слайд 40, додаток И)

Повідомлення студента: Дія магнітного поля на людину. (див. додаток А слайд 41, додаток К)

"Електромагнітне забруднення середовища", "Магнітна павутина", "Електромагнітний смог" - ці терміни якоюсь мірою характеризують лиха, що з недавніх пір стали долати людство, побачити їх не можна, але відчутти, говорять, можна, не одразу правда...

Відеокамери, телефакси, рентгенівські установки, телевізори, радіотелефони, комп'ютери - от тільки частковий перелік джерел магнітних полів.

КОМП'ЮТЕРИ?! Будь-який монітор, основним елементом якого є електронно-променева трубка, створює електричні й магнітні поля. По вітчизняним та закордонним даним, робота за комп'ютером приводить до серйозного погіршення здоров'я й працездатності.

Більше 90% скаржаться на утому, біль в області потилиці, шиї й плечового пояса. Далі йдуть хвороби: органів зору - до 60% користувачів, серцево-судинної системи - до 60%, шлунково-кишкового тракту - до 40%, шкірні захворювання - до 10%. Особливо небезпечне випромінювання комп'ютера для вагітних жінок. Імовірність викиднів у них вище в 1,5 рази. А дітей з уродженими вадами народжуються в 25 разів більше. Все сказане, природно, відноситься й до дітей, годинами граючи за комп'ютером, вони ще більше уразливі.

Ще тривають дослідження, але вже сьогодні достеменно відомо, що електромагнітне випромінювання впливає на ендокринну й імунну системи, органи статеві сфери, генетичний апарат.

Шлях боротьби із впливом електромагнітних полів - застосування пристроїв, розроблених для повної або часткової ізоляції людського організму від шкідливих випромінювань. Сучасні методи захисту досить актуальні в цей час, особливо для молодого віку. Кожен роботодавець або навчальний заклад зобов'язані обстежити радіоелектронне устаткування й мати засоби захисту.

7. Закріплення знань студентів.....10 хв

Проводиться тестування. (див. додаток **слайд 42-55**). Правильні відповіді підкреслені.

1. Джерелом магнітного поля є ...

- а) електричні заряди, що рухаються; б) заряджена тенісна куля;
в) полюсовий магніт.

2. Виявити магнітне поле можна ...

- А) по дії на будь-який провідник,
Б) по дії на провідник, по якому тече електричний струм,
В) по зарядженій тенісній кулі, яка підвішена на тонкій нерозтяжній нитці,
Г) по дії на електричні заряди, що рухаються.
а) А і Б, б) А і В, в) Б і В, г) Б і Г.

3. Закінчити фразу: «Якщо електричний заряд нерухомий, то довкола нього існує...

- а) магнітне поле, б) електричне поле, в) електричне й магнітне поле.

4. Закінчити фразу: «Якщо електричний заряд рухається, то довкола нього існує...

- а) магнітне поле, б) електричне поле, в) електричне й магнітне поле.

5. Закінчити фразу: «Навколо провідника зі струмом існує...

- а) магнітне поле, б) електричне поле, в) електричне й магнітне поле.

6. Які сили проявляються у взаємодії двох провідників зі струмом?

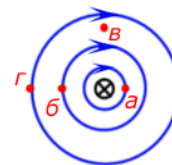
а) сили магнітного поля, б) сили електричного поля, в) сили всесвітнього тяжіння.

7. Які ствердження є правильними?

А. У природі існують електричні заряди. Б. У природі існують магнітні заряди. В. У природі не існує електричних зарядів.

Г. У природі не існує магнітних зарядів.

а) А и Б, б) А и В, в) А и Г, г) Б, У и Г.



8. На малюнку показана картина магнітних ліній прямого струму.

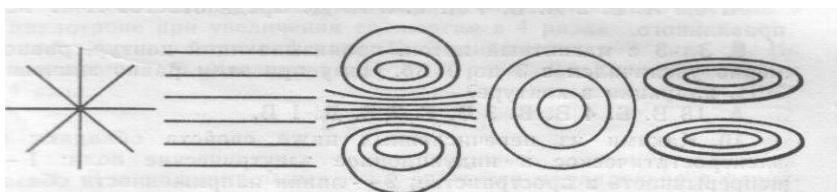
У якій крапці магнітне поле найдужче?

а) б) в) г)

9. Два паралельних провідники, по яких течуть струми протилежних напрямків...

а) взаємно притягаються, б) взаємно відштовхуються, в) ніяк не взаємодіють.

10. Який з варіантів відповідає схемі розташування магнітних ліній навколо прямолінійного провідника зі струмом, розташованого перпендикулярно площини малюнка?



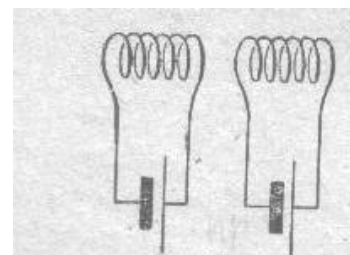
а) б) в) г) д)

11. Для характеристики магнітного поля в деякій його крапці служить...

а) вектор магнітної індукції, б) потік магнітної індукції.

12. Як будуть взаємодіяти між собою ці котушки зі струмом?

а) будуть притягатися, б) будуть відштовхуватися.



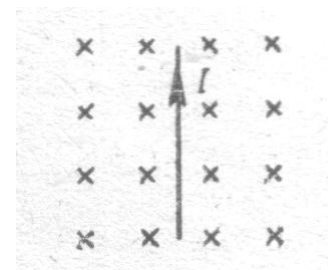
13. Визначити напрямок сили Ампера по малюнку.

Відповідь: ліворуч

14. Застосовуючи правило лівої руки, визначити напрямок сили, з якої магнітне поле буде діяти на провідник зі струмом.

Передбачувані напрямки сили Ампера зазначені стрілочками.

а) 1, б) 2, в) 3, г) 4



7. Коментар роботи студентів

2 хв

Викладач визначає рівень засвоєння студентами матеріалу лекції і відзначає прізвища студентів, які брали активну участь у відповідях і які допустили характерні неточності, дає рекомендації по відвідуванню консультацій тим, хто показав недостатні знання.

8. Підсумок заняття –

1 хв

Викладач підводить загальний підсумок по проведеному заняттю. Відмічає в цілому роботу групи і прізвища активних та пасивних студентів. У разі необхідності призначає консультації для окремих студентів.

Викладач вказує, що на наступному занятті буде продовження вивчення питань цієї теми.

9. Домашнє завдання -

1 хв

Підготуватися до фізичного диктанту за наступною літературою:

Гончаренко С.У. Фізика: 10 кл. § 53-55, вправа № 18 (див. Додаток А слайд 56)

Висновки

В даній методичній розробці викладачем показана методика проведення лекції із застосуванням ТЗН, в якій поєднуються теоретичні основи і практичні аспекти обраної теми для найкращого досягнення навчальної, виховної та розвиваючої мети заняття.

Активізація опорних знань і розумової діяльності студентів проводиться у вигляді усного опитування по основним поняттям та письмовому опитуванню за допомогою рефлексивних карток.

Викладання та вивчення нового матеріалу супроводжується демонстрацією слайдів з основними означеннями та правилами. Викладач спонукає студентів до бесіди постановкою питань, відповідаючи на які, можна вести самостійний аналіз наукових фактів і робити необхідні висновки, формувати поняття та їх властивості, що сприяє більш глибокому і свідомому розумінню та засвоєнню матеріалу.

Успіх проведення лекції залежить не тільки від майстерності викладача, а великою мірою і від готовності студентів сприймати новий матеріал, від їх емоційного настрою. Використання технічних засобів навчання, лабораторного обладнання, прикладів з повсякденності поживає зацікавленість і викликає інтерес до лекції.

Закріплення та узагальнення навчального матеріалу лекції проводиться усно у формі тестування, що дозволяє ще раз акцентувати увагу на основні питання лекції.

Можлива інша методика викладання цієї теми. Автор навів свої напрацювання.

Додаток А

Слайди презентації додаються

Додаток Б

Рефлексивна картка	
ПІБ _____	група _____
Питання для повторення «Електричне поле»	
3. Дати визначення електричного поля	

2. Чим породжується електричне поле? _____	

3. Чим виявляється електричне поле? _____	

4. Яка величина характеризує дію електричного поля? _____	

5. Які види зарядів існують?	

Додаток В

Вільям Гільберт (1540-1603)

Вільям Гільберт народився в 1540 р. Відучившись спочатку в Кембриджі, а потім в Оксфорді, Вільям в 20 років одержав ступінь бакалавра, в 24 - магістра мистецтв, в 29 - доктора медицини, а згодом став ще й доктором філософії. В 1560-х успішно займався лікарською практикою. Після переїзду в 1573 р. у Лондон був обраний членом Королівського коледжу лікарів, де займав високі посади аж до президента. Широта його інтересів простиралася від хімії до астрономії. Знав Гільберт і деякі ремесла, особливо добре освоїв ковальську справу. Зацікавившись цілющими властивостями магнітів, про які він прочитав у рукописах древніх і сучасних йому авторів, він приступився до фундаментального вивчення властивостей природних (магнетитів) і штучних магнітів. Ретельно вивчивши й критично оцінивши інформацію, що дійшла до нього, Гільберт зрозумів її приватний характер й явну недостатність результатів, що були. Він не тільки відтворив і перевірів вірогідність описаних дослідів, але й поставив ряд власних оригінальних експериментів. А головне, уперше узагальнив і систематизував всю сукупність отриманих відомостей і намалював цілком цільну картину властивостей магнітів, можливостей впливу на них й умов їхнього застосування. Учений установив, що найбільша сила кожного стрижневого магніту зосереджена на його полюсах, що володіють різними видами магнетизму - південним і північним, причому скільки не розламай магніт, кожен знову отриманий шматочок завжди буде мати два полюси. Далі лейб-медик показав, що силу природного магніту можна збільшити, якщо до нього прикласти залізний брусок, або оперезати його сталеву стрічкою, що проходить через обоє полюсів. А при нагріванні до певної температури магніт губить свої властивості. Проаналізувавши результати власних досліджень укупі з відомостями про поведінку стрілки компаса на різних широтах, Гільберт прийшов до геніального припущення: "Вся Земля - гігантський магніт! А полюси земної кулі - полюси магніту".

Гільберт першим відрізняв електричні явища від магнітних і сформулював розходження між ними. То був справжній прорив у науці. Дослідженням магнетизму й електрики Вільям Гільберт присвятив 18 років і поставив понад 600 досвідів, причому все це - у вільний від основної роботи час. В 1600 р. у Лондоні вийшов фундаментальна праця В. Гільберта "Про магніт, магнітні тіла й про великий магніт - Землю". Книга привернула широку увагу вчених, по достоїнству оцінюючи роль її автора в науці.

Додаток Г

Земля — це великий магніт

Найбільшого успіху у вивченні магнетизму досяг англієць Вільям Гільберт. Заслуга Гільберта в тому, що він використав експериментальний метод для вивчення природних явищ. Для підтвердження того, що Земля магніт, він намагнітив сталеву кулю й назвав її "тереллой", тобто маленькою Землею. Стосовно терелли магнітна стрілка поводитися так само, як і стосовно Землі. До Гільберта ніхто про магнетизм Землі навіть не підозрював. Він першим указав на наявність магнітного поля Землі й по праву вважається основоположником науки про магнетизм. Гільберт прийшов до висновку, що Земля являє собою великий магніт, тоді як довгий час люди були переконані, що магнітна стрілка випробовує притягання з боку Полярної зірки.

Геніальний росіянин учений М.В. Ломоносов в 1759 м рекомендував для вивчення земного магнетизму організувати мережу постійних пунктів (обсерваторій), у яких робити систематичні магнітні спостереження. Слід зазначити, що Росія була й залишається в цій області провідною країною.

Французький фізик Ш. Кулон в 1785 м поклав початок повному вивченню магнітного поля Землі, тобто визначенню не тільки його напрямку, але й чисельного значення сили геомагнітного поля. Аж до початку 20 ст. на питання про причину земного магнетизму часто відповідали так: Земля - великий магніт. Усередині Землі як би захований дуже сильний магніт. Він й управляє поведінкою стрілки компаса, змушуючи її встановлюватися уздовж магнітних силових полів, що оперізують земну кулю й створюють магнітне поле Землі. Напрямок силових ліній і вказує стрілка компаса.

Додаток Д

Вивчення магнітного поля Землі.

Відомо, що магнітні й географічні полюси не збігаються. Не збігаються магнітні й дійсні меридіани. Кут між магнітним і географічним меридіанами називається магнітним відмінюванням. Христофор Колумб відкрив, що магнітне відмінювання не залишається постійним, а перетерплює зміни зі зміною географічних координат. Відмінювання називається Західним (негативним), якщо стрілка компаса відхиляється на захід від географічного меридіана й Східним (позитивним), якщо відхиляється на схід. Відкриття Колумба послужило поштовхом до нового вивчення магнітного поля Землі: відомості про нього були потрібні мореплавцям. Знаючи відмінювання магнітної стрілки в даному місці можна легко визначити напрямок дійсного меридіана. А якщо відомо й широту, то визначають географічні координати.

Оскільки магнітні полюси перебувають усередині Землі, то магнітна стрілка не розташовується горизонтально, а нахилена до обрію. В 1544 р. німець Г. Гартман відкрив магнітне нахилення. Магнітним нахиленням називають кут, на який стрілка під дією магнітного поля Землі відхиляється від горизонтальної площини вниз або нагору. У міру наближення до магнітних полюсів кут нахилення збільшується. Відхилення від звичайного (нормального) положення магнітної стрілки для даного місця називається магнітними аномаліями.

Додаток Е

Земний магнетизм

У багатовіковій історії мореплавання магнітний компас був і залишається самим значним винаходом. Більшість істориків вважають, що компас у вигляді плаваючої у воді магнітної стрілки придумали в Китаї, а наприкінці XII - початку XIII ст. арабські мореплавці завезли його в Європу. З'єднавши магнітну стрілку з диском, італієць Флавій Джой в 1302 р. сконструював компактну катушку - згодом обов'язковий елемент всіх компасів.

Де б ви не перебували на земній кулі, стрілка компаса, похитнувшись, установиться в певному положенні, указуючи в північній півкулі на північ, у південній - на південь.

Земля - величезний магніт, що має два полюси - північний та південний, з'єднані магнітними силовими лініями, що утворюють магнітне поле Землі, уздовж яких і вибудовується стрілка компаса. Це магнітні меридіани, які не збігаються з географічними меридіанами.

В 1831 р. англійський полярний дослідник Джон Росс, що брав участь в одній з арктичних експедицій по відшукуванню морського проходу з Атлантичного океану в Тихий повз береги Північної Америки, відкрив північний магнітний полюс у Канадському архіпелазі.

В 1841 р. Джеймс Росс (племінник Джона Росса) досяг району іншого магнітного полюса Землі, що перебуває в Антарктиді.

Спостереження показали, що положення магнітних полюсів змінюється. Так в 1952 р. Північний магнітний полюс перебував на 74° с.ш. і на 100° з.д. У цей час його координати 75° с.ш. й 99° з.д. (північ Канади, півострів Бутия), магнітний полюс вилучений від географічного приблизно на 2100 км. Південний магнітний полюс перебуває на меридіані острова Тасманія на $66,5^{\circ}$ ю.ш. й 140° в.д.

Таким чином, магнітні полюси Землі не збігаються з її географічними полюсами. У зв'язку із цим напрямок магнітної стрілки не збігається з напрямком географічного меридіана. Тому магнітна стрілка компаса лише приблизно показує на північ.

Додаток Ж

Магнітні бурі

Учені з'ясували, що коливання геомагнітного поля залежать від стану іоносфери, від випромінювання Сонця. Коли на Сонце відбувається потужний спалах, підсилюється сонячний вітер. Це обурення земного магнітного поля й приводить до магнітної бури. У такі моменти геомагнітне поле стискується ще більше, а пролітаючи мимо Землі, частки сонячного вітру створюють додаткові магнітні поля.

Магнітні бурі заподіюють серйозну шкоду: вони впливають на радіозв'язок, на лінії електрозв'язку, багато вимірювальних приладів показують невірні результати. Таким чином, магнітні бурі призводять до значних економічних втрат.

Додаток И

Вплив Сонця на магнітне поле Землі

Для наочного подання магнітного поля Землі служить метод силових ліній. Картину геомагнітного поля можна представити за допомогою замкнутих силових ліній, що виходять з північного магнітного полюса й входять у південний.

Новітні дослідження показали, що його структура більше складна, тому що на геомагнітне поле істотно впливає сонячний вітер — потоки заряджених часток, що летять із величезною швидкістю. Удалині від землі її магнітне поле спотворюється сонячним вітром. На денній стороні Землі, поверненої до Сонця, воно стисле, а на нічний - розтягнуте, утворюючи довгий «хвіст».

Вторгаючись у земну атмосферу, частки сонячного вітру (в основному електрони й протони) направляються магнітним полем (на них діє сила Лоренца) і певним чином фокусуються. Зіштовхуючись із атомами й молекулами атмосферного повітря, вони іонізують і збуджують їх, у результаті чого виникає світіння, що називають *полярним сяйвом*.

Фізика полярних сяйв складна. Поява ж заряджених часток у певних районах атмосфери на певних висотах є результат взаємодії сонячного вітру з магнітним полем Землі.

Додаток К

Дія магнітного поля на людину

Сама природа та її зміна впливає на людину. Вивченням впливу різних факторів погодних умов на організм здорової й хворої людини займається спеціальна дисципліна - **біометрологія**.

У цей час накопичений матеріал, у якому підтверджується співвідношення діяльності Сонця й аварій на транспорті й виробництві.

Є дані про те, що інші зміни геомагнітного поля - магнітні бурі вносять розлад у роботу серцево-судинної, дихальної й нервової системи, а також змінюють в'язкість крові; у хворих атеросклерозом і тромбофлебітом вона стає густіше й швидше згортається, а в здорових людей, навпроти, підвищується.

Але магнітні бурі - це не вирок; більше того - їхній вплив на наше життя перебуває під великим сумнівом. Так вважають фахівці Центра Космічної Погоди. Саме тут дають щоденні прогнози про поведження Сонця, тобто становлять ті самі списки «несприятливих днів». Людям, найбільш чутливим, особливо важливо знати, «що день прийдешній нам готує».

Як би то не було, багато з людей, хоча далеко не всі, передчувають зміну погоди. Виходячи із чисто суб'єктивних відчуттів, вони визначають, як правило, за добу, наприклад, наближення грози й магнітні бурі.

Однак зводити все до метеорологічних явищ, зв'язаних тільки зі зміною електромагнітної обстановки, було б не правомірною. Як видно, діє цілий комплекс факторів, таких як зміна барометричного тиску, вологості, змісту кисню в повітрі, його іонізація й ін.