

Магнітні явища. Постійні магніти. Магнітне поле Землі

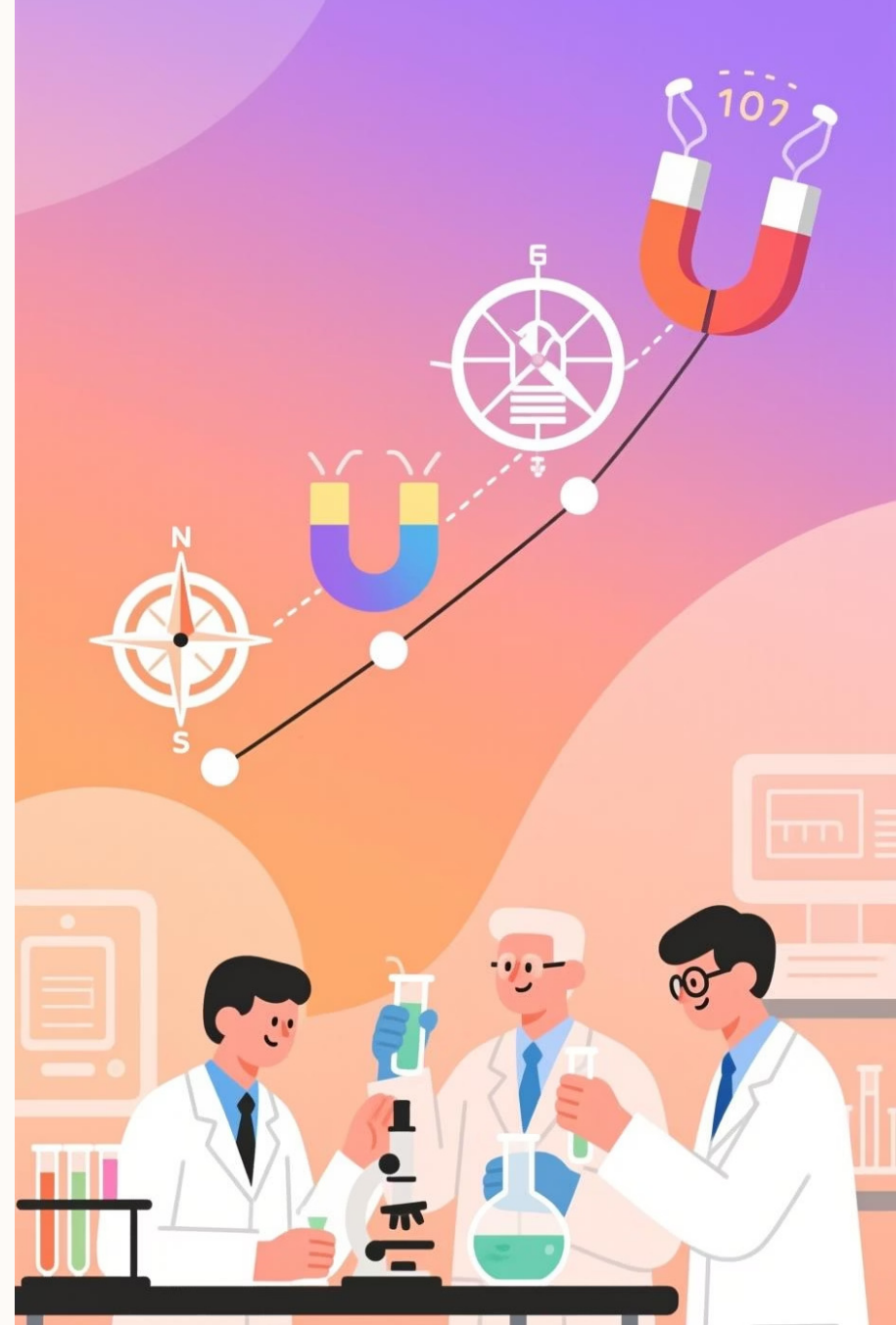
Дослідження магнітних явищ — захоплююча подорож у світ невидимих сил, що оточують нас повсюдно. Від простих постійних магнітів до величезного магнітного щита нашої планети, ці явища формують фундаментальну частину нашого життя і технологічного розвитку.



Частина 1

Магнітні явища — від відкриттів до сучасності

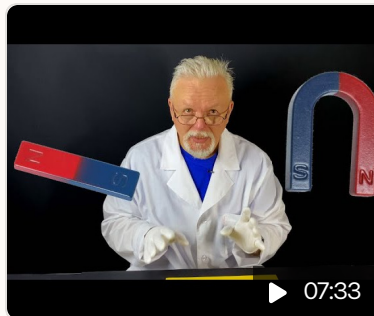
Магнітні явища супроводжують людство протягом тисячоліть. Від давніх спостережень за "магічними каменями" до складних квантових теорій — наше розуміння магнетизму постійно еволюціонує, відкриваючи нові можливості для технологічного прогресу та глибшого пізнання законів природи.



Магнетизм: Від випадковості до науки

Історія вивчення магнетизму — це шлях від випадкових відкриттів до систематичних наукових досліджень:

- 1600 рік: Вільям Гілберт у своїй праці "De Magnete" вперше описує Землю як гігантський магніт
- Стародавні цивілізації відкрили магнітні властивості заліза та магнітних каменів (магнетит, Fe_3O_4)
- Магнітні явища стали основою для розвитку навігації, що змінила хід історії людства



YouTube

9_01 Магнітні явища. Дослід Ерстеда....

Магнітні явища. Дослід Ерстеда. Магнітне поле. Фізика 9 клас



Вільям Гілберт (1544-1603) — англійський фізик і придворний лікар королеви Єлизавети I, якого вважають "батьком електрики та магнетизму"

Фізика магнітних явищ

Природа магнітного поля

Магнітні поля створюються рухом електричних зарядів на мікро- і макрорівнях. Кожен електрон, обертаючись навколо атомного ядра і навколо своєї осі, створює мініатюрне магнітне поле.

Магнітна сила

Магнітна сила діє як на інші магніти, так і на рухомі електричні заряди. Закон Лоренца описує цю силу, яка лежить в основі роботи електродвигунів і генераторів.

Взаємодія полів

Магнітні поля взаємодіють за принципом: різнойменні полюси притягуються, однойменні — відштовхуються. На відміну від електричних зарядів, магнітні полюси завжди існують парами.

Магнітне поле невидиме для людського ока, але його дію можна спостерігати через вплив на магнітні матеріали та прилади. Силкові лінії магнітного поля замкнені й не мають початку чи кінця, на відміну від електричних.

?Постійні магніти: Що це таке

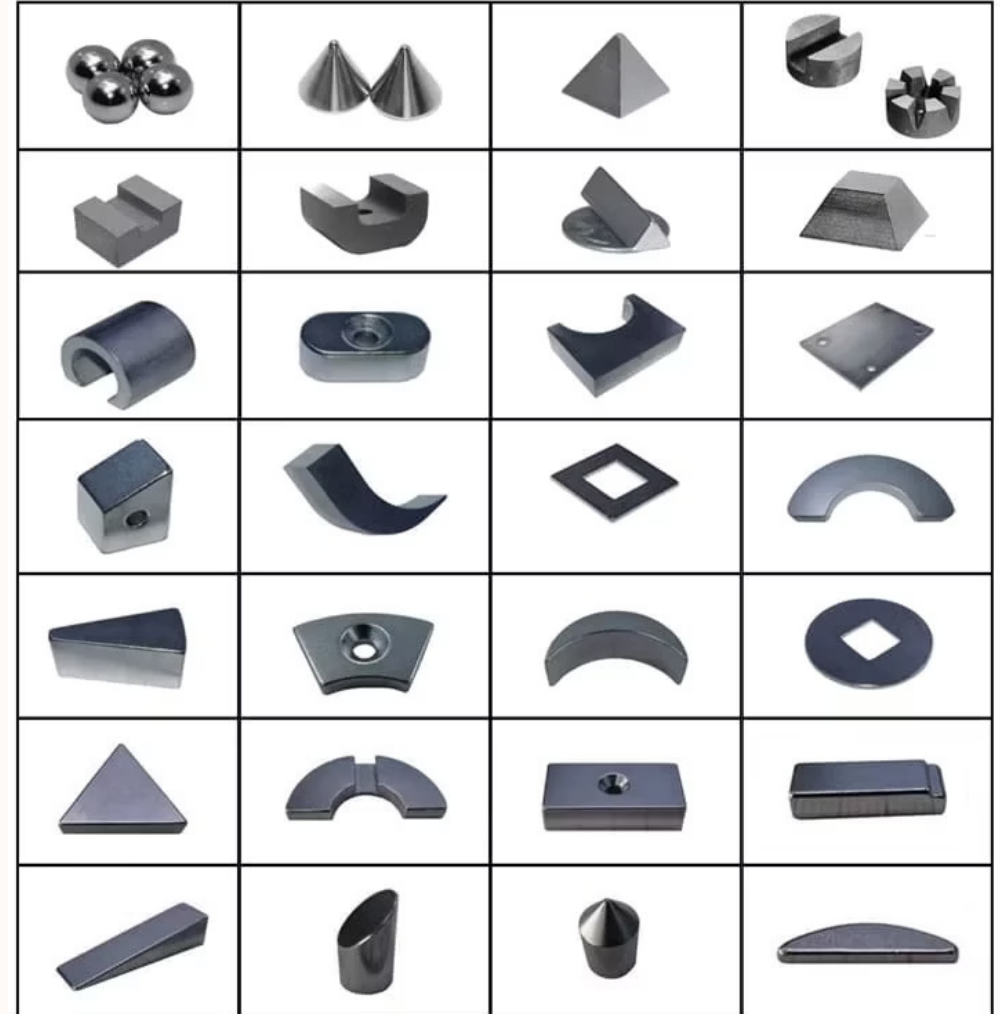
Постійні магніти — це об'єкти, що створюють власне магнітне поле
:без зовнішнього джерела енергії

Виготовляються з феромагнітних матеріалів — заліза, нікелю, •
кобальту та їхніх сплавів

Мають сталий магнітний момент навіть за відсутності •
зовнішнього магнітного поля

- Сучасні неодимові магніти ($\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$) у 10-20 разів сильніші за звичайні феритові

Застосування: електродвигуни, генератори, гучномовці, магнітні замки, магнітні підвіси та левітація, медичні прилади (МРТ).



Внутрішня будова постійного магніту



Магнітні домени

Мікроскопічні області з однаковим напрямком магнітних моментів атомів. У немагніченому стані домени орієнтовані хаотично.



Орієнтація доменів

При намагнічуванні домени переорієнтовуються в одному напрямку, посилюючи загальне магнітне поле матеріалу.



Характеристики магнітів

Магнітне насичення (максимальна намагніченість) та коерцитивна сила (опір розмагнічуванню) визначають якість магніту.

При нагріванні вище точки Кюрі (для заліза — 770°C) магнітні властивості зникають через руйнування упорядкованості магнітних моментів. Охолодження нижче цієї температури не відновлює намагніченість автоматично — потрібне повторне намагнічування.

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

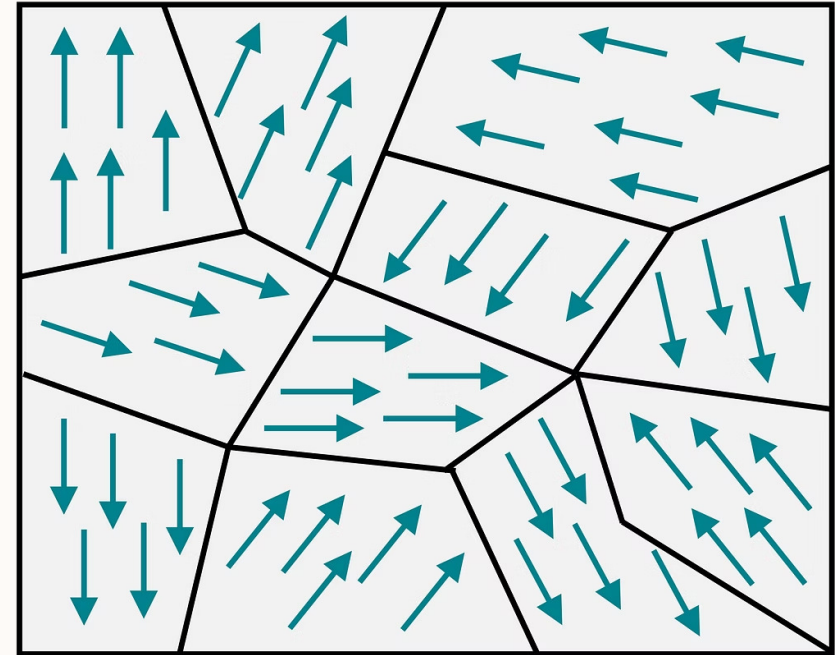
Місця магніту, де магнітна дія виявляється найсильнішою, називають полюсами магніту.

Будь-який магніт обов'язково має два полюси: північний і південний.

Різноріменні магнітні полюси двох магнітів притягуються, а однойменні — відштовхуються.

Мікросвіт магнетизму

Магнітні домени — це області розміром 1-100 мікрометрів, у межах яких магнітні моменти атомів спонтанно орієнтуються в одному напрямку. Межі між доменами називаються доменними стінками. Процес намагнічування полягає у переміщенні цих стінок та обертанні векторів намагніченості доменів, що впорядковує їх .орієнтацію

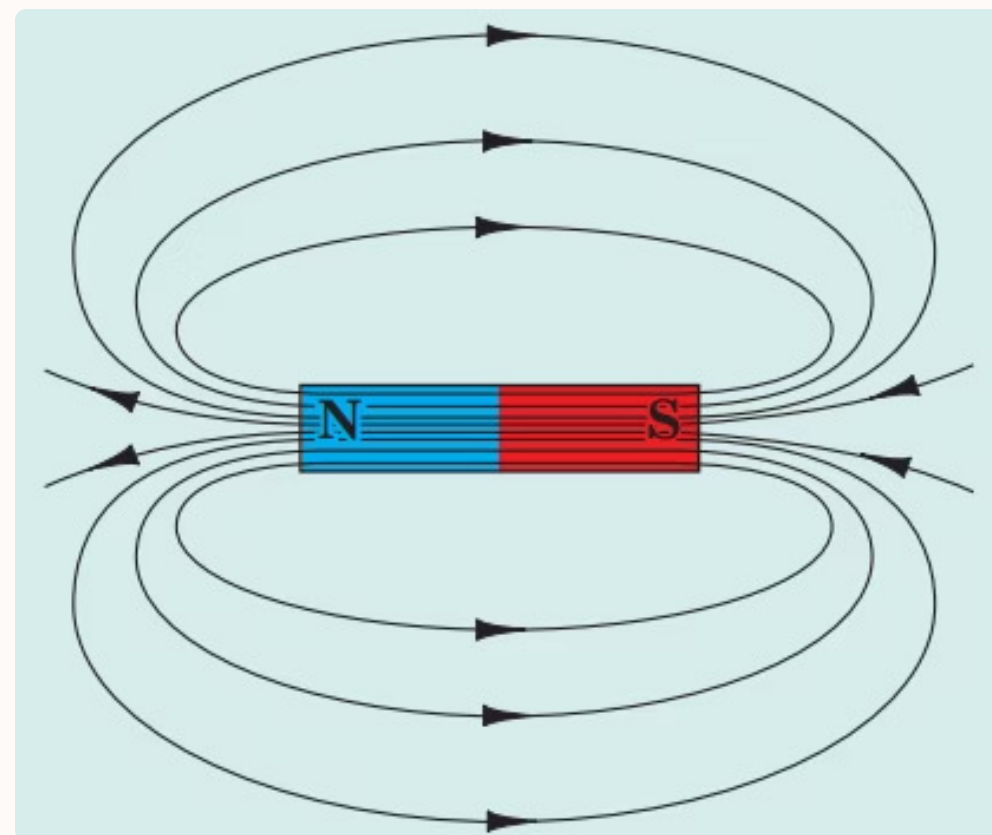


Магнітне поле. Лінії магнітного поля

Магнітне поле — це особлива форма матерії, що оточує рухомі електричні заряди та постійні магніти, через яку здійснюється їх взаємодія. Це поле невидиме для людського ока, але його присутність та вплив можна виявити за допомогою магнітних стрілок, залізних ошурків або спеціальних приладів.

Для візуалізації магнітного поля використовують поняття **ліній магнітного поля** (магнітних силових ліній):

- Це уявні лінії, які показують напрямок магнітного поля в кожній точці.
- Вони завжди виходять з північного полюса магніту (N+) і входять у південний полюс (S-) зовні магніту, замикаючись всередині нього.
- Лінії магнітного поля ніколи не перетинаються.
- Щільність ліній вказує на інтенсивність поля: де лінії густіші, там поле сильніше.

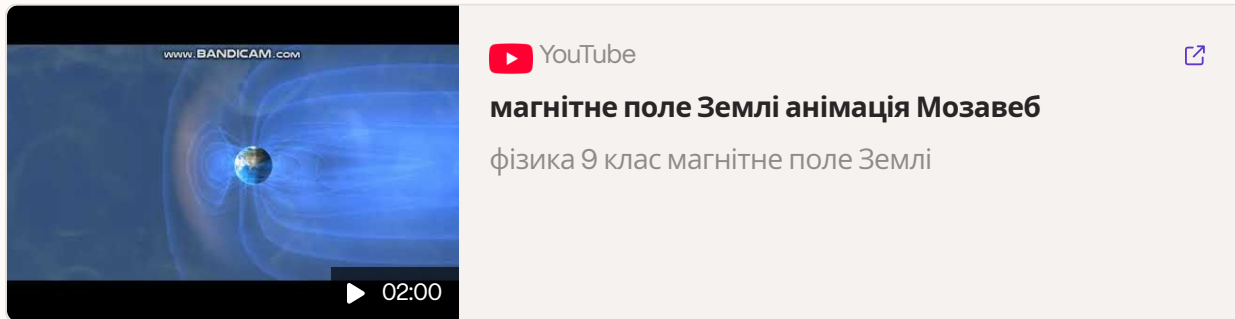


Лінії магнітного поля — це уявні замкнені лінії, які виходять з північного полюса магніту й входять у південний, замикаючись усередині магніту (мал. 11, б).

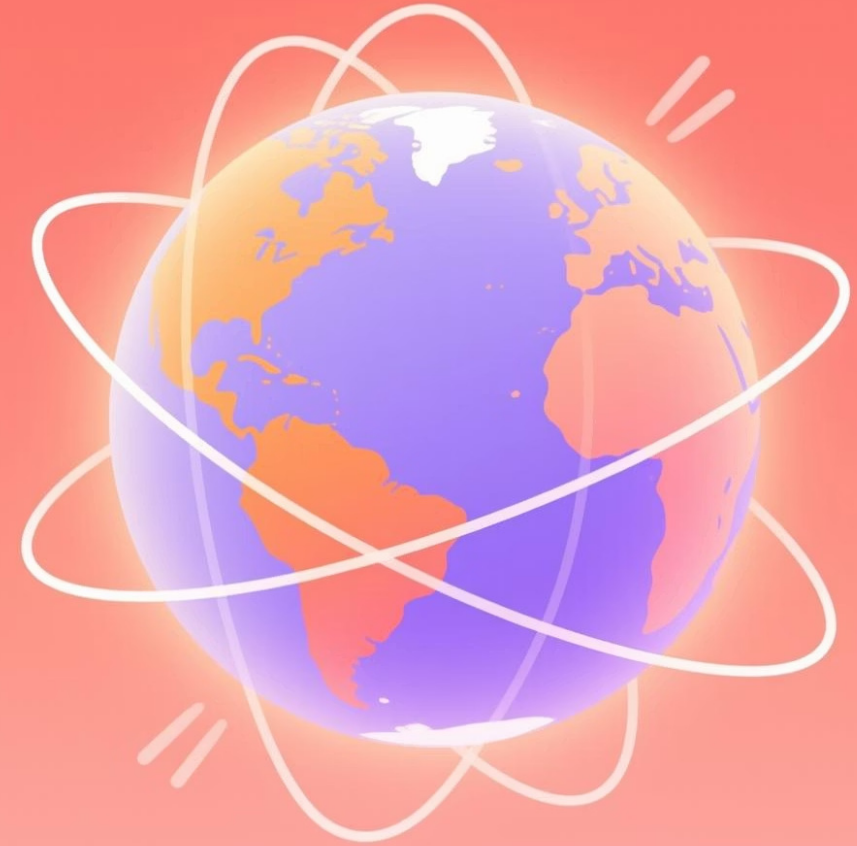
Частина 2

Магнітне поле Землі — гігантський природний магніт

Земля оточена невидимим магнітним щитом, що простягається на тисячі кілометрів у космос. Це поле не лише служить орієнтиром для компасів, але й захищає нашу планету від смертоносного сонячного вітру та космічного випромінювання, роблячи можливим саме існування життя на Землі.



Навколо Землі існує магнітне поле, яке умовно зображують магнітними лініями. У кожній точці однорідного магнітного поля магнітні стрілки встановлюються вздовж магнітних ліній, а в неоднорідному — по дотичних до них.



Перший інструмент, що змінив світ

Магнітний компас — найдавніший інструмент навігації, що використовує магнітні властивості Землі. Він уперше з'явився в Китаї близько 2000 років тому і здійснив революцію в мореплавстві та дослідженні світу, дозволивши морякам орієнтуватися без видимих орієнтирів.

Компас — це простий, але дуже важливий прилад для орієнтування на місцевості. Його **принцип роботи ґрунтується на властивостях магнітного поля Землі.**

Як працює компас:

1. **Стрілка компаса — це маленький магніт.**
2. Земля має власне магнітне поле, подібне до поля величезного магніту:
 - біля Північного географічного полюса розташований Південний магнітний полюс (S);
 - біля Південного географічного полюса — Північний магнітний (N).
3. Магнітна стрілка компаса завжди встановлюється **вздовж силових ліній магнітного поля Землі.**
4. Тобто:
 - один кінець стрілки показує на **північ**,
 - інший — на **південь**.

Приклад використання:

- Якщо ви тримаєте компас горизонтально, стрілка зупиниться у напрямку «північ–південь».
- Це дозволяє визначити сторони горизонту й орієнтуватися на місцевості.

Робимо компас!



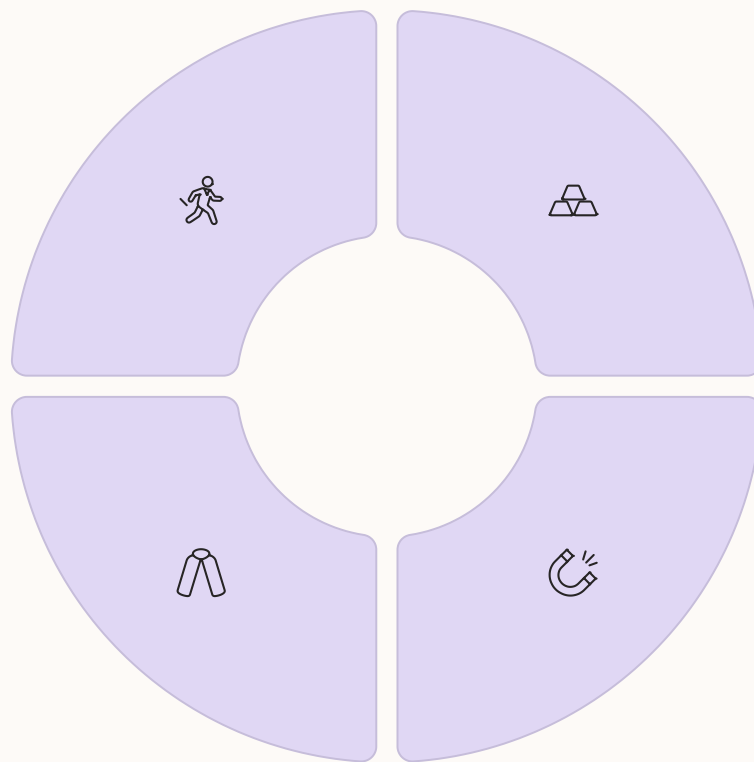
Походження магнітного поля Землі

Динамо-ефект

Магнітне поле Землі генерується у рідкому зовнішньому ядрі планети на глибині приблизно 2900–5100 км під поверхнею.

Вік поля

Магнітне поле існує на Землі щонайменше 3,5 мільярда років, про що свідчать палеомагнітні дослідження давніх гірських порід.



Рідке ядро

Рух розплавленого заліза і нікелю під впливом обертання планети та термічної конвекції створює потужні електричні струми.

Самопідтримка

Ці електричні струми породжують магнітне поле, яке у свою чергу підтримує потоки в ядрі, створюючи самопідтримуваний процес.

Характеристики магнітного поля Землі

Геометрія і структура

- Магнітні полюси не співпадають з географічними (відхилення близько 10°)
- Північний магнітний полюс наразі знаходиться в Арктиці, а південний — в Антарктиді
- Форма поля подібна до диполя (як у звичайного магніту), але з відхиленнями через зовнішні впливи

Фізичні параметри

- Магнітне поле змінюється з часом (секулярна варіація) — вікові зміни в силі та напрямку
- Інтенсивність поля варіюється від 22 000 нанотесла біля екватора до 67 000 нанотесла поблизу полюсів
- Магнітосфера простягається на ~ 10 радіусів Землі у напрямку Сонця і формує "хвіст" довжиною до 100 радіусів Землі у протилежному напрямку

Магнітні полюси Землі не збігаються з її географічними полюсами.



Магнітні полюси Землі: рух і зміни

Дрейф полюсів

Магнітні полюси постійно рухаються, змінюючи своє положення:

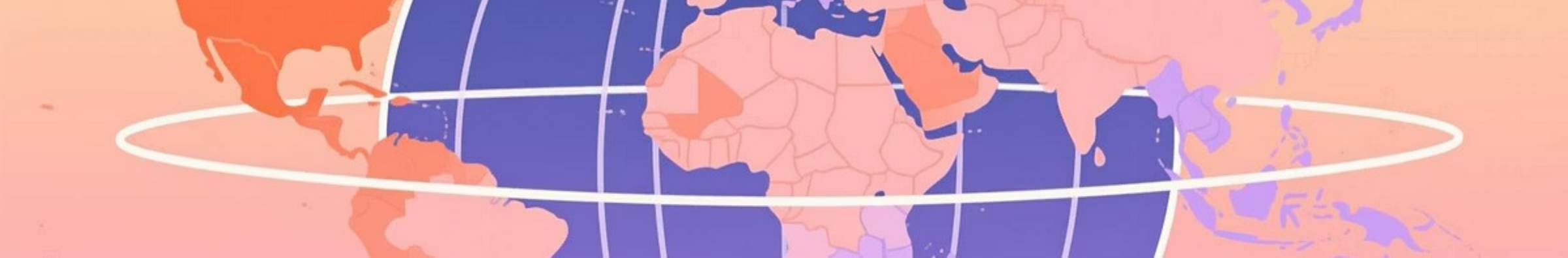
- Північний магнітний полюс прискорив своє переміщення з ~10 км/рік у 1990-х до ~50 км/рік після 2000 року
- За останнє століття він пройшов шлях від Канади у бік Сибіру
- Південний магнітний полюс також рухається, але повільніше

Зміни магнітного поля Землі мають важливе значення для навігації, технологій зв'язку та систем GPS, тому їх постійно відстежують і оновлюють магнітні карти.

Інверсії магнітного поля

Періодично відбуваються геомагнітні інверсії — зміна полярності поля:

- Остання повна інверсія сталася близько 780 000 років тому (подія Брюнес-Матуяма)
- За останні 20 мільйонів років відбулося понад 100 інверсій
- Під час інверсії, яка триває ~1000-10000 років, магнітний захист Землі послаблюється



Живий магнітний щит планети

Карта інтенсивності магнітного поля Землі демонструє нерівномірний розподіл його сили. Особливо помітна Південно-Атлантична аномалія — область ослабленого магнітного поля над Південною Америкою та Південною Атлантикою, де супутники найбільш вразливі до космічного випромінювання. Ця аномалія може бути ранньою ознакою майбутньої геомагнітної інверсії.



Магнітне відхилення і його значення

Магнітне схилення

Кут між напрямком на магнітний північний полюс і географічний північний полюс. В залежності від розташування на Землі, воно може бути східним або західним, і змінюється з часом.

Магнітне нахилення

Кут між горизонтальною площиною та напрямком магнітного поля Землі. Біля екватора магнітне поле майже паралельне поверхні, а поблизу полюсів — майже вертикальне.

Практичне значення

Точне визначення магнітного схилення критично важливе для навігації, геолого-геофізичних досліджень, буріння свердловин і прокладання тунелів. Помилки можуть призвести до серйозних наслідків.



Вплив Сонячної активності на магнітне поле Землі

Сонячний вітер і геомагнітні бурі

Сонячний вітер — потік заряджених частинок від Сонця — постійно взаємодіє з магнітосферою Землі:

- Під час спалахів на Сонці потужні викиди коронарної маси викликають геомагнітні бурі
- Магнітосфера деформується, утворюючи "магнітний хвіст" у напрямку від Сонця
- Під час сильних бур частинки можуть проникати глибше в атмосферу

Наслідки геомагнітних бур

- Полярні сяйва — видовищне світіння верхніх шарів атмосфери
- Порушення роботи супутників і систем навігації
- Наведені струми в лініях електропередач, що можуть спричиняти аварії
- Проблеми з радіозв'язком через іоносферні збурення
- Підвищений рівень радіації для екіпажів високо літаючих літаків

Сучасні методи дослідження магнітного поля Землі



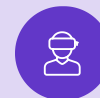
Супутникові спостереження

Супутники (Swarm, GOES) оснащені високоточними магнітометрами для вимірювання параметрів магнітного поля з орбіти, забезпечуючи глобальне покриття та постійний моніторинг.



Наземні обсерваторії

Мережа з понад 200 магнітних обсерваторій по всьому світу проводить безперервні спостереження за змінами локального магнітного поля з високою точністю.



Комп'ютерне моделювання

Складні числові моделі симулюють динамо-процеси в ядрі Землі та прогнозують майбутні зміни магнітного поля, використовуючи суперкомп'ютери для обробки даних.

Дані з усіх цих джерел використовуються для створення і регулярного оновлення Міжнародного еталонного геомагнітного поля (IGRF) — стандартизованої математичної моделі магнітного поля Землі, яка оновлюється кожні п'ять років.

Відкриваючи таємниці магнітного ядра

Європейське космічне агентство запустило місію Swarm у 2013 році — три ідентичні супутники, що працюють у формації для вимірювання тонких варіацій магнітного поля Землі. Завдяки надточним магнітометрам і багаторічним спостереженням, вчені отримали безпрецедентно детальну картину змін магнітного поля та виявили дивовижні "магнітні хвилі", що рухаються в ядрі планети зі швидкістю до 1500 км на рік.



Магнітне поле Землі як захист і навігаційний інструмент

Захисний щит планети

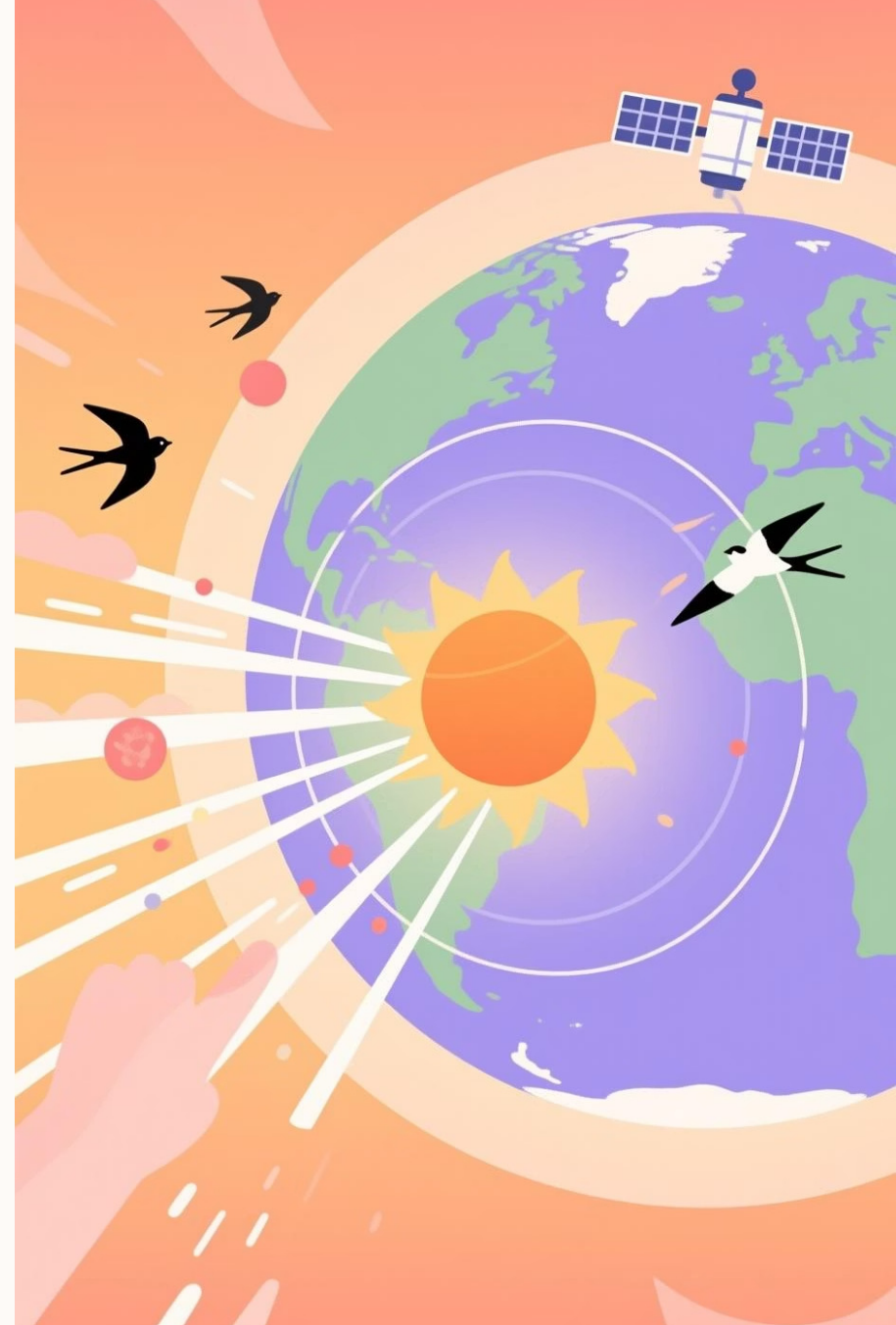
Магнітне поле Землі виконує критичну захисну функцію:

- Відхиляє більшість заряджених частинок сонячного вітру
- Захищає атмосферу від руйнування сонячним вітром
- Зменшує вплив космічної радіації на живі організми
- Без магнітного поля Земля могла б втратити значну частину атмосфери (як Марс)

Навігація і орієнтування

Практичне використання магнітного поля:

- Магнітні компаси — найдавніші прилади для навігації
- Сучасні навігаційні системи корегують свої дані з урахуванням магнітного схилення
- Птахи, морські черепахи та деякі ссавці використовують магнітне поле для міграції
- Науковці розробляють точні "магнітні карти" для автономних транспортних засобів



Висновки

01

Універсальність магнітних явищ

Магнітні явища є фундаментальною частиною фізики і природи, пронизуючи всі масштаби — від субатомних частинок до космічних об'єктів. Розуміння магнетизму відкриває двері до численних технологічних застосувань.

03

Динамічна природа магнітного поля Землі

Магнітне поле Землі — це складна, динамічна система, що постійно змінюється. Воно не лише захищає нашу планету від космічної радіації, але й слугує природним орієнтиром для навігації.

02

Важливість постійних магнітів

Постійні магніти залишаються ключовими елементами сучасних технологій, від побутових приладів до медичного обладнання. Нові матеріали і технології виготовлення дозволяють створювати все потужніші і компактніші магніти.

04

Перспективи досліджень і застосувань

Розуміння магнетизму допомагає розвивати науку, технології та підвищувати безпеку життєдіяльності. Дослідження магнітного поля Землі дозволяє краще зрозуміти внутрішню будову нашої планети та прогнозувати геомагнітні явища.

!Дякую за увагу

Запитання? Запрошую до обговорення

Магнітні явища — це не лише наукова теорія, але й частина нашого повсякденного життя. Від простих магнітів на холодильнику до захисту нашої планети від космічної радіації — магнетизм відіграє ключову роль у функціонуванні нашого .світу



Домашнє завдання

Пропоную вам самостійно дослідити та підготувати коротку презентацію (до 5 слайдів) або письмову відповідь (до 200 слів) на одну з наступних тем:

- Вплив магнітного поля Землі на міграцію тварин (птахів, черепах, риб).
- Застосування постійних магнітів у сучасній медицині (наприклад, МРТ).
- Історія відкриття та дослідження магнітного поля Землі.
- Роль магнітного поля Землі в захисті від сонячної радіації та космічних променів.

Будьте готові поділитися своїми знахідками на наступному уроці!

Головне на уроці

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

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

Будь-який магніт обов'язково має два полюси: північний і південний.

Різноріменні магнітні полюси двох магнітів притягуються, а однойменні – відштовхуються.

Лінії магнітного поля – це уявні замкнені лінії, які виходять з північного полюса магніту й входять у південний, замикаючись усередині магніту (мал. 11, б).

Навколо Землі існує магнітне поле, яке умовно зображують магнітними лініями. У кожній точці однорідного магнітного поля магнітні стрілки встановлюються вздовж магнітних ліній, а в неоднорідному – по дотичних до них.

Магнітні полюси Землі не збігаються з її географічними полюсами.