

Електромагнітна взаємодія належить до чотирьох фундаментальних видів взаємодій, що існують у природі. Вона виявляється між частинками, які мають електричний заряд, і визначає структуру речовини (зв'язує електрони та ядра в атомах і атоми в молекулах), хімічні й біологічні процеси. Різні агрегатні стани речовини, сили пружності, тертя тощо так само визначаються електромагнітною взаємодією. Електромагнітна взаємодія здійснюється за допомогою електромагнітного поля.



1 Що таке електромагнітне поле

Електромагнітне поле — вид матерії, за допомогою якого відбувається взаємодія між зарядженими тілами, зарядженими частинками, намагніченими тілами.

Умовно прийнято, що електромагнітне поле має дві складові (дві форми прояву): *електричну* і *магнітну*. Згадаємо основні властивості складових електромагнітного поля.

Складові електромагнітного поля	
Електричне поле	Магнітне поле
<i>Електричне поле</i> — складова електромагнітного поля, основною властивістю якої є дія на рухомі та нерухомі заряджені частинки. - Силова характеристика електричного поля — <i>вектор напруженості</i> $\vec{E}$. - Сила $\vec{F}_{\text{ел}}$, з якою електричне поле діє на частинку, прямо пропорційна заряду q частинки і <i>не залежить</i> від швидкості руху частинки: $\vec{F}_{\text{ел}} = q\vec{E}$. Напрямок сили $\vec{F}_{\text{ел}}$ збігається з напрямком вектора $\vec{E}$, якщо заряд q позитивний, і є протилежним напрямку вектора $\vec{E}$, якщо заряд q негативний: <i>Джерела електричного (електростатичного) поля</i>: заряджені частинки, заряджені тіла. <i>Лінії напруженості електричного поля, створеного зарядами</i>, починаються на позитивному заряді або в нескінченності й закінчуються на негативному заряді або в нескінченності. <i>Джерелами електричних полів є також змінні магнітні поля</i>. Такого висновку в 1831 р. дійшов М. Фарадей. <i>Лінії напруженості електричного поля, створеного змінним магнітним полем, замкнені — електричне поле, створене змінним магнітним полем, є вихровим</i>.	<i>Магнітне поле</i> — складова електромагнітного поля, основною властивістю якої є дія на рухомі заряджені частинки. - Силова характеристика магнітного поля — <i>вектор магнітної індукції</i> $\vec{B}$. - Сила, з якою магнітне поле діє на частинку (сила Лоренца $\vec{F}_L$), прямо пропорційна заряду q і швидкості v руху частинки: $F_L = q Bv \sin \alpha.$ Напрямок сили Лоренца визначають за <i>правилом лівої руки</i>: <i>Джерела магнітного поля</i>: рухомі заряджені тіла, рухомі заряджені частинки, провідники зі струмом, намагнічені тіла. <i>Лінії магнітної індукції магнітного поля завжди замкнені — магнітне поле є вихровим</i>. Напрямок ліній магнітної індукції <i>магнітного поля, створеного провідником зі струмом або рухомим зарядом</i>, визначають за допомогою <i>правила правої руки</i>: великий палець спрямовують у напрямку струму в провіднику або в напрямку руху позитивного заряду (протилежно напрямку руху негативного заряду); чотири зігнуті пальці вказують напрямку ліній магнітної індукції. <i>Лінії магнітної індукції поля, створеного намагніченим тілом</i>, виходять із його північного полюса і входять у південний. <i>Джерелами магнітних полів є також змінні електричні поля</i>. Такого висновку в 1867 р. дійшов Дж. Максвелл.

У 1867 р. британський фізик Дж. Максвелл висунув гіпотезу про те, що *електричне і магнітне поля не існують окремо*, незалежно одне від одного: якщо змінне магнітне поле створює електричне поле, то відповідно до принципу симетрії змінне електричне поле має створювати магнітне поле, тобто в просторі існує єдине електромагнітне поле. Через 21 рік після висунення цієї гіпотези електромагнітне поле було відкрито експериментально (див. § 22).

На частинку, яка має заряд q і рухається в електромагнітному полі зі швидкістю $\vec{v}$, діє *зведена сила Лоренца* $\vec{F}$, яку можна визначити за формулою: $\vec{F} = \vec{F}_{\text{ел}} + \vec{F}_{\text{Л}}$, де $\vec{F}_{\text{ел}} = q\vec{E}$ — електрична складова зведеної сили Лоренца; $F_{\text{Л}} = |q|Bv \sin \alpha$ — магнітна складова зведеної сили Лоренца.

Електромагнітне поле поширюється в просторі зі скінченною швидкістю, яка у вакуумі становить близько $3 \cdot 10^8$ м/с, тобто дорівнює швидкості поширення світла.

2 У чому відносність електричного і магнітного полів

Дехто з вас може не погодитися з висновком Максвелла про те, що електричне і магнітне поля завжди існують разом, адже добре знає, що, наприклад, біля нерухомого зарядженого тіла існує тільки електричне поле, а біля нерухомого постійного магніту — тільки магнітне поле. Проте згадайте: *рух і спокій залежать від вибору системи відліку*.

Уявіть, що ви, тримаючи в руках магніт, ідете від свого товариша. Якби людина мала здатність завжди виявляти електромагнітне поле, то в цьому випадку ви «бачили» б тільки одну його складову — магнітне поле, оскільки відносно вас магніт є нерухомим. Водночас ваш товариш «бачив» би як магнітне поле, так і електричне, тому що відносно нього магніт рухається й магнітне поле змінюється (див. рис. 16.1).

❓ Якщо ваш товариш візьме заряджену кульку і понесе її до вас (див. рис. 16.2), хто з вас «виявить» тільки електричне поле, а хто — і магнітне, й електричне? Обґрунтуйте свою відповідь.

Таким чином, твердження, що в даній точці існує тільки електричне (чи тільки магнітне) поле, не має сенсу, адже не зазначено систему відліку. Разом із тим ми *ніколи* не знайдемо систему відліку, відносно якої «зникли» б обидві складові електромагнітного поля, адже *електромагнітне поле є матеріальним*.



Рис. 16.1. У системі відліку, пов'язаній із дівчинкою, виявляється лише магнітна складова електромагнітного поля. У системі відліку, пов'язаній із хлопчиком, виявляються обидві складові — й електрична, й магнітна



Рис. 16.2. До завдання в § 16



Підбиваємо підсумки

- Електромагнітна взаємодія здійснюється через електромагнітне поле. Електромагнітне поле — вид матерії, за допомогою якого здійснюється взаємодія між зарядженими тілами та частинками і намагніченими тілами.
- Умовно прийнято, що електромагнітне поле має дві складові (дві форми прояву) — електричну (електричне поле), яка характеризується впливом поля як на рухомі, так і на нерухомі заряджені частинки, і магнітну (магнітне поле), яка характеризується впливом тільки на рухомі заряджені частинки.
- Електричне і магнітне поля не існують окремо, незалежно одне від одного: магнітне поле, що змінюється, створює електричне поле, а електричне поле, що змінюється, створює магнітне поле.

Контрольні запитання

1. Дайте означення електромагнітного поля, назвіть його складові. 2. Дайте означення електричного поля. Яка фізична величина є його силовою характеристикою? 3. Назвіть джерела електричного поля. Що являють собою лінії напруженості поля, створеного кожним типом джерел? 4. Дайте означення магнітного поля. Яка фізична величина є його силовою характеристикою? 5. Назвіть джерела магнітного поля. Що собою являють лінії магнітної індукції магнітного поля, створеного кожним типом джерел? 6. У чому полягає гіпотеза Дж. Максвелла? 7. Назвіть основні властивості електромагнітного поля.



Вправа № 16

- Заряд на пластинах повітряного конденсатора (рис. 1) зменшується. Чи існують між пластинами конденсатора і електрична, і магнітна складові електромагнітного поля?
- Чи будуть навколо провідника зі струмом у системі відліку, пов'язаній із цим провідником, існувати і електричне, і магнітне поля, якщо: а) сила струму в провіднику не змінюється? б) сила струму в провіднику збільшується?
- Електрон рухається в електромагнітному полі. У деякий момент електрон потрапляє в точку, де швидкість його руху становить 80 км/с і напрямлена вертикально вгору (рис. 2). Визначте силу, що діє на електрон з боку поля, якщо магнітна індукція $\vec{B}$ поля в цій точці дорівнює $0,05 \text{ Тл}$ і напрямлена від нас, а напруженість $\vec{E}$ поля дорівнює 3 кН/Кл і напрямлена вертикально вниз. Визначте прискорення руху електрона в цій точці.
- Коли в металевому провіднику тече постійний електричний струм, вільні електрони рухаються в певному напрямку і тому біля провідника існує магнітне поле. Електричне поле відсутнє, адже в цілому провідник є електрично нейтральним. Тепер уявіть, що ви рухаєтесь уздовж провідника зі швидкістю, яка дорівнює швидкості напрямленого руху електронів у провіднику. Відносно вас електрони не рухаються, а отже, і не створюють магнітне поле. При цьому провідник залишається нейтральним. Виходить, що в пов'язаній із вами системі відліку обидві складові електромагнітного поля зникли! Чи так це? Якщо ні, то де помилка?



Рис. 1

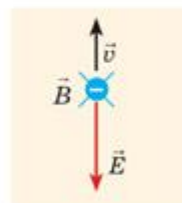


Рис. 2