

План уроку 100

Тема: Коливання та хвилі.

Тема уроку: Утворення і поширення електромагнітних хвиль.

Джеймс МАКСВЕЛЛ (1831—1879)

Видатний англійський вчений. Створив теорію електромагнітного поля і зробив висновок про його поширення у вигляді електромагнітних хвиль зі швидкістю світла. Розробив електромагнітну теорію світла. Йому належать великі відкриття і в інших галузях фізики, зокрема в галузі молекулярно-кінетичної теорії газів.

Генріх ГЕРЦ (1857—1894)

Видатний німецький фізик, який у 1886 р. експериментально довів існування електромагнітних хвиль і дослідив їх властивості. Він встановив тотожність основних властивостей електромагнітних і світлових хвиль. У 1886 р. учений вперше спостерігав фотоефект.

1. Електромагнітна взаємодія.

В основі усіх фізичних явищ лежить взаємодія між тілами або частинками, які беруть участь у цих явищах. Земля рухається навколо Сонця через те, що взаємодіє з ним. Цією взаємодією є притягання Землі та Сонця за законом *всесвітнього тяжіння*.

Притягання або відштовхування двох електричних зарядів — це їхня *електрична взаємодія*. Відштовхування або притягання магнітних полюсів чи струмів — це *магнітна взаємодія*.

Згідно з уявленнями сучасної фізики, будь-яка взаємодія передається через деяке поле. Земля взаємодіє із Сонцем через гравітаційне поле. Електричні заряди взаємодіють через електричне поле, яке вони створюють; магніти й електричні струми — через магнітне поле.

Якщо будь-яка взаємодія передається через поле, то виникає запитання, через яке ж поле взаємодіють рука й камінь, пружина й мотузка, що її зв'язує, підошва взуття і земля. Тобто чим пояснюється існування звичайних сил, які виникають під час зіткнення предметів? Виявляється, це електромагнітна взаємодія.

Атоми дотичних тіл зближаються на відстані порядку розмірів самих атомів. Негативно заряджені електрони, які швидко обертаються навколо ядер, і позитивно заряджені ядра створюють електромагнітне поле, котре здійснює взаємодію під час дотикання.

2. Електромагнітне поле.

Електромагнітне поле — вид матерії, якому властиві безперервність поширення в просторі, дискретність структури, здатність поширюватися у вакуумі зі швидкістю, близькою до $3 \cdot 10^8$ м/с, силова дія на зарядні частинки, яка залежить від швидкості їх руху.

Вивчаючи властивості електромагнітного поля, Максвелл замислився над запитанням: якщо змінне магнітне поле породжує електричне поле то чи не існує в природі зворотного процесу? Чи не породжує змінне електричне поле у свою чергу магнітне?

Висновки Максвелла: Електричне й магнітне поля перетворюються одне на одне під час переходу з однієї інерціальної системи в іншу. Можна сказати, що розділення поля на електричне й магнітне є відносним і залежить від системи відліку.

3. Основні характеристики електромагнітних хвиль.

df *Періодом хвилі* (T) називається період коливання частинок середовища.

df *Частотою хвилі* (ν) називається частота коливання частинок середовища.

df *Фазою хвилі* (φ) називається фаза коливання частинок середовища.

df *Циклічною частотою* (ω) називається циклічна частота частинок середовища.

df *Довжиною хвилі* (λ) називається найкоротша відстань між точками хвилі, які коливаються в однакових фазах. **Довжина хвилі дорівнює відстані, яку пробігає хвиля за один період.**

df *Амплітудою хвилі* (A) називається модуль найбільшого відхилення частинок середовища від положення рівноваги.

df Швидкістю хвилі (v) називається швидкість, з якою переміщується гребінь (западина) хвилі.

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda \nu$$

4. Поперечні й поздовжні електромагнітні хвилі.

df Поперечними називаються хвилі, в яких частинки середовища зміщуються в напрямі, перпендикулярному до напрямку поширення хвиль.

df Поздовжніми називаються хвилі, в яких частинки середовища зміщуються уздовж напрямку поширення хвилі.

5. Властивості електромагнітних хвиль.

Електромагнітні хвилі поглинаються, відбиваються й заломлюються подібно до всіх інших видів хвиль. Використовуючи генератор надвисоких частот (НВЧ), можна продемонструвати учням такі властивості електромагнітних хвиль:

- 1) поглинання;
- 2) відбивання;
- 3) заломлення;
- 4) поперечність.

6. Енергія електромагнітної хвилі.

Як відомо, електромагнітна хвиля переносить енергію. Енергія електромагнітної хвилі

складається з енергій електричного W_e і магнітного W_m полів: $W = W_e + W_m$.
Енергія електричного поля зарядженого конденсатора дорівнює:

$$W_e = \frac{CU^2}{2}$$

Підставляючи в цю формулу вирази для ємності плоского конденсатора ($C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$) і різниці потенціалів між обкладками ($U = Ed$),

дістаємо: $W_e = \frac{\epsilon\epsilon_0 S E^2}{2} d = \frac{1}{2} \epsilon\epsilon_0 E^2 V$, де $V = dS$ — об'єм конденсатора.

$$W_m = \frac{LI^2}{2}$$

Енергія магнітного поля котушки: . Індуктивність котушки

$$L = \mu\mu_0 \frac{n^2 S}{l}$$

дорівнює, де μ — магнітна проникність речовини осердя, n — кількість витків, S — площа поперечного перерізу, d — його довжина.

Якщо по котушці проходить струм силою I , то індукція магнітного поля всередині

$$B = \mu\mu_0 \frac{nI}{l} \quad I = \frac{Bl}{\mu\mu_0}$$

котушки

, звідки

Таким чином, для енергії магнітного поля ми дістаємо вираз:

$$W_{\text{м}} = \frac{B^2}{2\mu\mu_0} lS = \frac{B^2}{2\mu\mu_0} V$$

, де $V = lS$ — об'єм котушки індуктивності.
Отже, енергія електромагнітної хвилі дорівнює:

$$W = \frac{1}{2} \varepsilon \varepsilon_0 E^2 V + \frac{B^2}{2\mu\mu_0} V$$

7. Відкритий коливальний контур.

Будь-яке коло змінного струму випромінює енергію. Однак звичайний коливальний контур випромінює вкрай слабо. Це відбувається з двох причин:

- 1) недостатньо висока частота (інтенсивність випромінювання пропорційна частоті в четвертому ступені);
- 2) хвилі, випромінювані різними ділянками контуру, перебувають у протифазі й гасять одна одну.

Контур, який не випромінює у простір електричної енергії, називається, **закритим**.

8. Випромінювання електромагнітних хвиль відкритим коливальним контуром.

Коливальний процес у вібраторі відбувається аналогічно процесу в закритому коливальному контурі.

Під час збудження у відкритому коливальному контурі коливань із великою амплітудою навколо контуру виникають поля $\vec{E}_1$ і $\vec{B}_1$, пов'язані із зарядами і струмом у контурі. Змінні поля $\vec{E}_1$ і $\vec{B}_1$ індукують відповідно поля $\vec{E}$ і $\vec{B}$ (мал. 2), які «поводяться» зовсім інакше.

Електричне поле $\vec{E}$, створене змінним магнітним полем, і магнітне поле $\vec{B}$, створене змінним електричним полем, зменшуються з відстанню як $1/r$ (поля $\vec{E}_1$ і $\vec{B}_1$

Електромагнітна хвиля — це процес поширення в просторі з часом вільного електромагнітного поля.

Оскільки в електромагнітній хвилі $\vec{E}$ і $\vec{B}$ змінюються у взаємно перпендикулярних площинах, перпендикулярних до напрямку їх поширення (мал. 3), електромагнітна хвиля є поперечною хвилею.

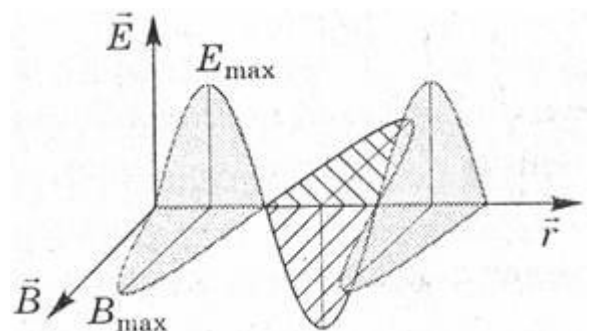
Мал.3

Швидкість поширення електромагнітних хвиль у вакуумі, визначається виразом:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}, \quad c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$$

ε_0 — електрична стала ($8,85 \cdot 10^{-12}$ Кл²/Н·м²)

μ_0 — магнітна стала ($1,26 \cdot 10^{-6}$ Гн/м)



Властивості електромагнітних хвиль:

- поглинання речовиною;
- заломлення;

- відбивання;
- дифракція;
- інтерференція;
- поляризація.

III ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО

ст. 179

- 1) У скільки разів потрібно змінити частоту електромагнітної хвилі, щоб її довжина зменшилася в 3 рази? (Відповідь: збільшити в 3 рази.)
- 2) Супутникові телефони передають сигнал через супутник, який «висить» на висоті 36 000 км над Землею. Якою буде мінімальна затримка сигналу під час використання таких телефонів? (Відповідь: 0,24с.)

Рекомендуємо ознайомитись із ресурсами: fizmat.7mile.net formula.kr.