

## УРОК 10/52

**Тема.** Електромагнітні хвилі

**Мета уроку:** ознайомити учнів з механізмом утворення електромагнітних хвиль.

**Тип уроку:** урок вивчення нового матеріалу.

### ПЛАН УРОКУ

<b>Контроль знань</b>	4 хв	1. Незатухаючі коливання. 2. Автоколивальні системи. 3. Генератор на транзисторі
<b>Демонстрації</b>	5 хв	Фрагменти відеофільму «Електромагнітні хвилі»
<b>Вивчення нового матеріалу</b>	26 хв	1. Як утворюється електромагнітна хвиля. 2. Відкритий коливальний контур. 3. Фізичні величини, що характеризують електромагнітну хвилю. 4. Досліди Герца
<b>Закріплення вивченого матеріалу</b>	10 хв	1. Якісні питання. 2. Навчаємося розв'язувати задачі

## ВИВЧЕННЯ НОВОГО МАТЕРІАЛУ

### 1. Як утворюється електромагнітна хвиля

Електричний заряд, що рухається в порожнечі рівномірно, не випромінює енергії. Це впливає із принципу відносності, згідно з яким всі інерціальні системи відліку рівноправні. У системі, що рухається із зарядом, він нерухомий, а нерухомі заряди не випромінюють.

Інша картина виникає в тому випадку, коли заряд під дією зовнішніх сил рухається із прискоренням. Поле, що має енергію, а значить і масу, образно кажучи, відривається від заряду й випромінюється в простір зі швидкістю світла. Випромінювання відбувається, поки на заряд діє зовнішня сила, що передає йому прискорення.

Тільки заряди, які рухаються із прискоренням, можуть передавати енергію за посередництвом створюваного ними електромагнітного поля.

Якщо пропускати через провідник змінний струм, то біля провідника періодично буде змінюватися магнітне поле. Змінне магнітне поле створює змінне електричне поле, що, у свою чергу, створює змінне магнітне поле, і т. ін. Тобто ми спостерігаємо поширення в просторі коливань електромагнітного поля.

Як відомо, поширення в просторі коливань речовини або поля називають хвилею.

➤ **Електромагнітна хвиля** — це процес поширення в просторі із часом вільного електромагнітного поля.

Отже, джерелом електромагнітної хвилі може бути або заряджене тіло, що прискорено рухається, або провідник, через який тече змінний струм.

## 2. 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, що не випромінює в простір електричну енергію, називають закритим.**

Щоб зробити випромінювання більш інтенсивним, потрібно істотно підвищити частоту. Якщо судити за формулою:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}},$$

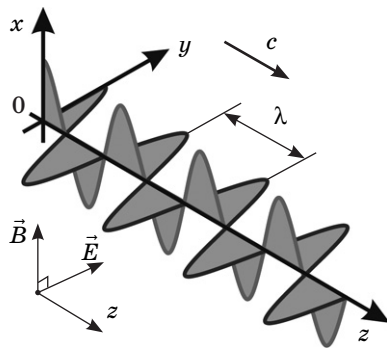
то для цього треба зменшити  $L$  і  $C$ . Віддалення котушки індуктивності й розсування пластин конденсатора призводить до різкого збільшення частоти. Щоб коливальний контур добре випромінював електромагнітні хвилі, необхідно збільшити об'єм простору, у якому утворюється електромагнітне поле. Для цього контур необхідно розгорнути (зробити відкритим), чого найпростіше досягти, розсунувши пластини конденсатора на максимально можливу відстань.

Саме прямий провідник (вібратор) являє найпростіший приклад відкритого коливального контуру.

### 3. Фізичні величини, що характеризують електромагнітну хвилю

Відповідно до теорії Максвелла електромагнітна хвиля переносить енергію. Енергія електромагнітного поля хвилі в цей момент часу змінюється періодично в просторі зі зміною векторів  $\vec{E}$  і  $\vec{B}$ . Електричне й магнітне поля в електромагнітній хвилі перпендикулярні одне до одного, причому кожне з них перпендикулярно до напрямку поширення хвилі.

На рисунку схематично зображена залежність від координат вектора напруженості електричного поля й вектора індукції магнітного поля в електромагнітній хвилі в певний момент часу. У кожній точці простору, крізь який рухається електромагнітна хвиля, модуль вектора напруженості електричного поля пропорційний вектору індукції магнітного поля, а напрямлені ці вектори завжди під прямим кутом один до одного. Гребені хвилі переміщуються в просторі зі швидкістю світла  $c$ .



Таким чином, електромагнітна хвиля є поперечною хвилею. Електромагнітна хвиля, як і механічна, характеризується періодом і частотою коливань, довжиною хвилі й швидкістю поширення.

Швидкість поширення електромагнітної хвилі — це відстань, на яку поширюється хвиля за одиницю часу:  $v = s / t$ .

Швидкість поширення електромагнітної хвилі у вакуумі є постійною й дорівнює швидкості світла у вакуумі:

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с.}$$

Довжина хвилі  $\lambda$  — це відстань, на яку поширюється електромагнітна хвиля за час одного періоду.

Для електромагнітної хвилі у вакуумі період  $T$ , частота  $\nu$  й довжина хвилі  $\lambda$  пов'язані співвідношеннями  $\lambda = cT = \frac{c}{\nu}$ . Протягом одного періоду хвиля проходить відстань, що дорівнює довжині хвилі.

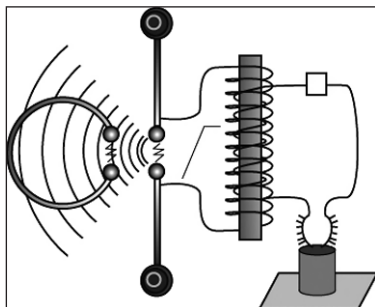
#### 4. Досліди Герца

Багато вчених піддавали сумніву правильність теорії електромагнітного поля Максвелла. 1886 р. Генріх Герц вирішив поставити дослід з метою спростувати теорію Максвелла. Дослід полягав у тому, що у вузькому проміжку незамкнутої контуру збуджувалася іскра за допомогою високої напруги.

Вібратор Герца випромінював електромагнітні хвилі переважно в напрямку, перпендикулярному до провідника. Вектор  $\vec{E}$  цієї хвилі коливався паралельно до вібратора, а вектор  $\vec{B}$  — перпендикулярно до вібратора. У напрямку осі вібратора випромінювання не відбувається.

Необхідно було знайти спосіб виявлення й дослідження електромагнітних хвиль. Герц використав для цього другий (приймальний) вібратор.

Цей вібратор не приєднували до якогось джерела високої напруги. Тому коливання в ньому могли виникнути тільки під дією електромагнітної хвилі. Про виникнення коливань могли свідчити малюсінькі іскри в іскровому проміжку приймального вібратора. Щоб збільшити амплітуду коливань у цьому вібраторі, було використане явище резонансу: власна частота коливань у прийомному вібраторі збіглася із власною частотою коливань у випромінювачі. Схема досліду Герца показана на рисунку.



Герц не тільки одержав електромагнітні хвилі, але й вивчив їхні властивості. Досліди Герца показали, що електромагнітні хвилі відбиваються від провідника, заломлюються на границі з діелектриком, можуть інтерферувати, огинати перешкоди, їх можна поляризувати. При цьому відбиття, заломлення, інтерференція й дифракція електромагнітних хвиль відбуваються за тими ж законами, що й для світла. Таким чином, Герц експериментально підтвердив висновок Максвелла про електромагнітну природу світла.

Герц писав: «...описані досліди доводять ідентичність світла, теплових променів й електродинамічного хвильового руху».

## **ЗАКРІПЛЕННЯ ВИВЧЕНОГО МАТЕРІАЛУ**

### **1. Якісні питання**

1. Горизонтальний провідник, у якому протікає змінний струм високої частоти, розташований уздовж паралелі. У яких напрямках (переважно) поширюються електромагнітні хвилі від цього провідника?
2. Передавальний і приймальний вібратори розташовані взаємно перпендикулярно. Чи виникнуть коливання в прийомному вібраторі?

### **2. Навчаємося розв'язувати задачі**

1. У деякій точці простору індукція магнітного поля електромагнітної хвилі змінюється від нуля до максимального значення за 2 мкс. Чому дорівнює довжина хвилі?
2. Довжина радіохвилі у вакуумі дорівнює 60 м. За який час напруженість електричного поля хвилі зменшиться від максимуму до нуля?

## **ЩО МИ ДОВІДАЛИСЯ НА УРОЦІ**

- Тільки заряди, що рухаються із прискоренням, можуть передавати енергію опосередковано, за допомогою створюваного ними електромагнітного поля.
- Електромагнітна хвиля — це процес поширення в просторі із часом вільного електромагнітного поля.

- Швидкість поширення електромагнітної хвилі — це відстань, на яку поширюється хвиля за одиницю часу:

$$v = \frac{s}{t}.$$

- Довжина хвилі  $\lambda$  — це відстань, на яку поширюється електромагнітна хвиля за час одного періоду.
- Існування електромагнітних хвиль було передбачено Максвеллом. Для перевірки цієї теорії Г. Герц використав відкритий коливальний контур (вібратор), що дозволило переконатися в правильності висновків теорії.
- Герц зміг визначити швидкість електромагнітної хвилі за формулою:

$$v = \lambda\nu.$$

### Домашнє завдання

1. Підр-1: § 34; підр-2: § 17 (п. 2).
2. Зб.: № 12.18; 12.19; 12.23; 12.25.