

ЗАНЯТТЯ 4 (2 семестр)

Тема: ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ХВИЛІ. ВЛАСТИВОСТІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ХВИЛЬ. ДОСЛІДИ ГЕРЦА

Електромагнітні хвилі.

Хвилею називають коливання, що розповсюджуються в просторі з часом. Найважливішою характеристикою хвилі є її швидкість. Хвилі будь-якої природи не розповсюджуються в просторі миттєво.

Хвилі бувають двох видів: *поперечні і подовжні*. **Поперечними** називають хвилі, що розповсюджуються в перпендикулярному напрямі розповсюдженню хвилі. **Подовжними** хвилями називають хвилі, що розповсюджуються вздовж напрямку розповсюдженню хвилі. *Основна властивість всіх хвиль незалежно від їх природи полягає в переміщенні енергії без перенесення речовини.*

Довжиною хвилі називається відстань між найближчими точками, що коливаються в однакових фазах. Хвилі різної довжини використовуються в різних галузях людської діяльності. Різні види механічних хвиль, як поперечні, так і подовжні можуть розповсюджуватися тільки в безперервному середовищі, в твердих тілах, рідинах і газах. У вакуумі механічні хвилі розповсюджуватися не можуть. Максвел на підставі вивчення експериментальних праць Фарадея з електрики і магнетизму в 1864г. висунув *гіпотезу про існування в природі особливих хвиль, здатних розповсюджуватись у вакуумі*. Ці хвилі Максвел назвав *електромагнітними хвилями*.

Для висунення гіпотези про можливість виникнення електромагнітних хвиль Максвел мав підстави. Винайдення індукційного струму Фарадеєм. Максвел пояснив появу індукційного струму виникненням вихрового електричного поля при будь-якій зміні магнітного поля. Потім він припустив, що електричне поле володіє такими ж властивостями: при будь-якій зміні електричного поля в оточуючому просторі виникає *вихрове електричне поле*.

Процес взаємного породження магнітного і електричного полів, який одного разу почався, повинен далі безперервно продовжуватися і охоплювати все нові і нові області в оточуючому просторі. Процес розповсюдження змінних магнітного і електричного полів і є електромагнітна хвиля. Електромагнітні хвилі можуть існувати і розповсюджуватися у вакуумі.

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.

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 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.

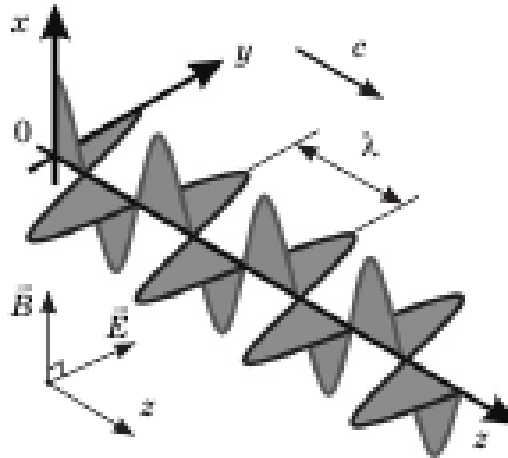
Саме прямий провідник (вібратор) являє найпростіший приклад відкритого коливального контуру.

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 λ — це відстань, на яку поширюється електромагнітна хвиля за час одного періоду.

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

Досліди Герца

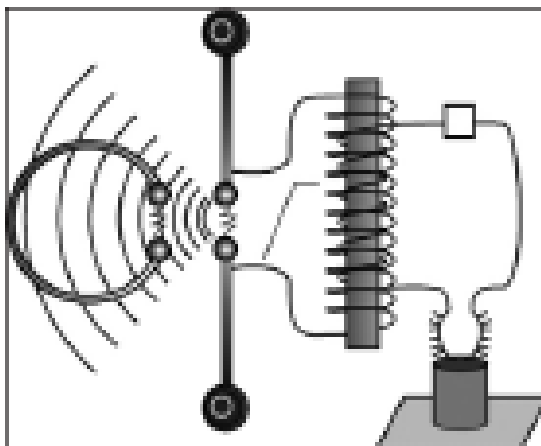
Багато вчених піддавали сумніву правильність **теорії електромагнітного поля Максвелла**. 1886 р. **Генріх Герц** вирішив поставити дослід з метою спростувати теорію Максвелла. Дослід полягав у тому, що у вузькому проміжку незамкнутого контуру збуджувалася іскра за допомогою високої напруги.

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 малюсінкі 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».