

Лекція № 32

Тема: Вимушені коливання. Резонанс. Поперечні та поздовжні хвилі. Довжина хвилі, частота і швидкість поширення

Мета: дати студентам поняття про вимушені коливання, про резонанс коливань. Мати уявлення про види хвиль. Знати характеристики хвиль: довжину, частоту і швидкість поширення

Методи: словесний (лекція, бесіда), практичний

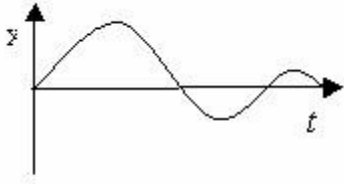
План:

- 1 Вимушені коливання. Резонанс
- 2 Поперечні і поздовжні хвилі
- 3 Довжина хвиль, частота і швидкість поширення

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН: дошка, калькулятор.

Література:

- 1 Гончаренко С.У. Фізика, 11 кл.: Підруч. - К.: Освіта, 2004. - 320 с.
- 2 Коршак Є.В. та ін. Фізика, 11 кл.: Підруч. для серед. загальноосвіт. шк. - К.: Перун, 2005. - 232 с.
- 3 Римкевич А.П. Збірник задач з фізики.- М.: Просвещение, 1986.-191 с.



Практично будь-які вільні коливання є затухаючими, тому що рух супроводжується тертям, при цьому енергія переходить в теплоту. Амплітуда коливань поступово зменшується. Коли вся енергія перейде в теплоту, коливання згасне.

Для того, щоб система здійснювала незатухаючі коливання, необхідно поповнювати ззовні витрати енергії коливань на тертя. Для цього необхідно діяти на систему періодично змінною силою: $F = F_0 \sin \omega t$,

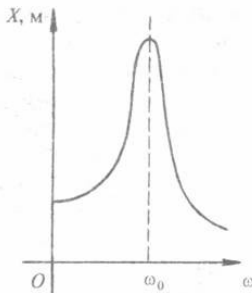
де F_0 – амплітудне (максимальне) значення сили; ω – колова (циклічна) частота коливань; t – час коливань.

Зовнішня сила, що забезпечує незатухаючі коливання системи, називається вимушеною, а коливання системи – вимушені.

Очевидно, що вимушені коливання відбуваються з частотою, що дорівнює частоті вимушеної сили. Амплітуда вимушених коливань:

$$A = \frac{F_0}{m(\omega^2 - \omega_0^2)},$$

де ω – власна колова частота; ω_0 – вимушена колова частота.



Якщо частота вимушених коливань співпадає з частотою власних коливань, то відбувається різкий зріст амплітуди вимушених коливань. Це явище отримало назву резонансу: $\omega = \omega_0$

Застосування резонансу: в акустиці – для підсилення звуку, вібраторах для ущемлення ґрунту та бетонної суміші, для занурення паль і труб у ґрунт, для очистки лиття, у вібростендах – для випробовування виробів на міцність і вібростійкість; в електротехніці – для підсилення електричних коливань.

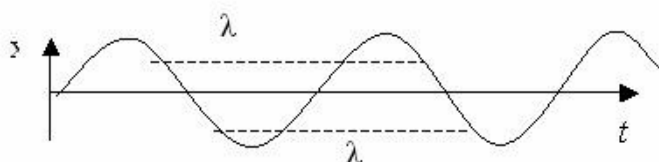
Резонанс відіграє і негативну роль: вібрація будівель, мостів, опор, станків, двигунів.

Процес розповсюдження коливань у середині якого-небудь середовища називається хвилею. Процес передачі коливань у середовищі називається хвильовим процесом. Хвилі можна утворити на поверхні води або на довгій мотузці. Поширення хвиль не супроводжується перенесенням частинок середовища, вони коливаються тільки біля свого положення рівноваги.

Повздовжні хвилі можуть розповсюджуватись у твердих, рідких та газоподібних середовищах. В рідинах та газах роль пружного середовища відіграє тиск, що збільшується в місцях стиснення та зменшується в місцях розрідження. Приклад: хвилі повітря від дзвону, що звучить.

В твердих тілах можуть виникати хвилі як поздовжні, так і поперечні, при розповсюдженні яких частинки в середовищі рухаються в напрямках, перпендикулярних до напрямку розповсюдження хвиль. Для виникнення таких хвиль необхідні пружні сили, що виникають при зсуві одного шару середовища відносно іншого.

Поперечні хвилі в рідких та газоподібних середовищах не розповсюджуються, але вони спостерігаються на поверхні рідини (падіння каменя на поверхню води).



Відстань, на яку розповсюджується коливання в середовищі за час одного періоду, називають довжиною хвилі λ (м), або довжина хвилі – це відстань

між сусідніми точками хвилі, що коливаються в однакових фазах: $\lambda = vT$.

Ми живемо у світі звуків. Звуки - це те, що чує вухо.

Розділ фізики, в якому вивчаються звукові явища, називають акустикою.

Джерелом звуку є тіло, що коливається. Це підтверджено експериментально.

Тіло, що коливається, в навколишньому середовищі створює механічні хвилі, які можуть поширюватися тільки завдяки пружним властивостям середовища, тобто є пружними.

Коли такі хвилі досягають вуха людини, вони спричиняють виникнення вимушених коливань барабанної перетинки і людина чує звук. Отже, механічні хвилі, що викликають у людини відчуття звуку, називаються звуковими. Оскільки при цьому звукові хвилі поширюються в повітрі, то ці хвилі поздовжні.

У твердих тілах звук поширюється у вигляді поздовжніх і поперечних хвиль. У рідинах і газах, оскільки в них деформація зсуву неможлива, звукові хвилі поширюються тільки у вигляді поздовжніх хвиль.

Відчуття звуку виникає тільки за певних частот коливань у хвилі. Для того, щоб людина чула звук, потрібне джерело звуку. Джерелами звуку можуть бути будь-які тіла, що коливаються з частотою, яка потрапляє у чутний діапазон. У більшості випадків - це тверді тіла (струни, мембрани, деки, дифузори, п'єзопластинки тощо). Існують й інші джерела: повітряні стовпи у духових інструментах, завихрення повітря під час турбулентного обтікання куль, мін, снарядів, надзвукових літаків, досить рідко - коливання рідин.

Між джерелом і вухом має знаходитись пружне середовище. Дослід показує, що для органу слуху людини звуковими є тільки такі хвилі, в яких коливання відбуваються з частотами від 16 до 20000 Гц.

Звук ще повинен мати потужність, достатню для його сприйняття. Звуки поділяють на музикальні тони і шуми. Музикальним тоном називають звук

довільної частоти, який створюється коливним тілом. Шум є складним звуком, що утворюється в результаті тривалих неперіодичних коливань різних джерел звуку (шум моря, дерев у лісі, натопту тощо).

За частотою коливань звукові хвилі класифікують так: інфразвук (0 - 16 Гц), чутний звук (16 - 20000 Гц), ультразвук (20000 Гц - 10^3 МГц), гіперзвук (понад 10^3 МГц).

Музикальні тони мають різну гучність і висоту. Гучність звуку залежить від амплітуди коливань у звуковій хвилі, тобто визначається інтенсивністю. Ця залежність складна, адже гучність звуку це його суб'єктивна характеристика, а інтенсивність - об'єктивна. Про звук різної гучності кажуть, що один гучніший від іншого не в стільки-то разів як інтенсивність, а на стільки-то одиниць. З метою порівняння інтенсивності звуку, що має різну гучність, використовують одиницю рівня гучності звуку бел (Б).

Як і будь-яка хвиля, звукова хвиля характеризується швидкістю поширення коливань у ній. Тому швидкість звуку в рідинах більша, ніж в газах, а в твердих тілах більша, ніж в рідинах.

Швидкість звуку залежить від температури середовища. Наприклад, у повітрі, якщо його температура 0°C , швидкість звуку 332 м/с, а якщо 15°C - 340 м/с. У воді швидкість звуку приблизно у 4,25 рази більша, ніж у повітрі. У твердих тілах вона ще більша. Будемо вважати, що в повітрі швидкість звуку 340 м/с, у воді 1400 м/с.

Для звукових хвиль характерні деякі цікаві явища, наприклад, відбивання звуку від перешкод, що й спричиняє відлуння. У перешкодах з пористих матеріалів звук поглинається і тому їх використовують для звукової ізоляції.

Практичне завдання:

1. По поверхні води в озері хвиля поширюється зі швидкістю 6 м/с. Який період і частота коливання буйка, якщо довжина хвилі 3 м?

2. Довжина звукової хвилі для самого низького чоловічого голосу становить 4,3 м, а для самого високого жіночого – 25 см. Знайти частоту коливань цих голосів.

Домашнє завдання:

1. Риболов помітив, що за 10 с поплавок здійснив на хвилях 20 коливань, а відстань між сусідніми горбами хвиль 1,2 м. Яка швидкість поширення хвиль?

2. Частотний діапазон рояля від 90 до 9000 Гц. Знайти діапазон довжин звукових хвиль.

Лекція № 33

Тема: Змінний струм. Індуктивність та ємність у колі змінного струму. Частота вільних коливань. Формула Томсона

Мета: дати студентам розуміння поняття змінного струму, діючого і амплітудного значення сили струму і напруги. Ввести поняття реактивного, ємнісного та індуктивного опору в колах змінного струму. Вивести формулу Томсона для визначення періоду електромагнітних коливань

Методи: словесний (лекція, бесіда), практичний

План:

- 1 Змінний струм. Вільні та вимушені електромагнітні коливання
- 2 Реактивний, ємнісний та індуктивний опори в колі змінного струму
- 3 Формула Томсона

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН: дошка, калькулятор.

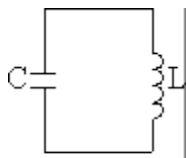
Література:

- 1 Гончаренко С.У. Фізика, 11 кл.: Підруч. - К.: Освіта, 2004. - 320 с.
- 2 Коршак Є.В. та ін. Фізика, 11 кл.: Підруч. для серед. загальноосвіт. шк. - К.: Перун, 2005. - 232 с.
- 3 Римкевич А.П. Збірник задач з фізики.- М.: Просвещение, 1986.-191 с.

Періодичні зміни заряду, сили струму і напруги називають електромагнітними коливаннями. Зазвичай ці коливання відбуваються з дуже великою частотою. Їх досліджують за допомогою спеціального приладу - осцилографа. Як і механічні коливання, електромагнітні коливання можуть бути вільними і вимушеними.

Вільні електромагнітні коливання виникають під час розряджання конденсатора через котушку індуктивності.

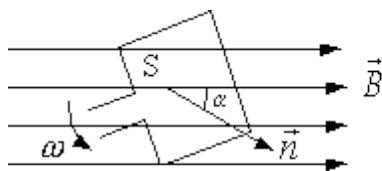
Вимушеними електромагнітними коливаннями називаються коливання в колі під дією зовнішньої періодичної ЕРС. Змінна ЕРС виникає під час обертання замкненого провідника в однорідному магнітному полі.



Найпростіша система, в якій можуть виникнути вільні електромагнітні коливання, складається із послідовно з'єднаних конденсатора ємністю C і котушки індуктивності L , приєднаної до його обкладок. Таку систему називають коливальним контуром.

Вільні електромагнітні коливання в контурі зазвичай швидко загасають через втрати тепла на активному опорі котушки і на випромінювання електромагнітних хвиль, тому частіше використовують вимушені електромагнітні коливання, які виникають під дією зовнішньої періодичної ЕРС. Оскільки магнітний потік, який пронизує рамку, періодично змінюється відповідно до закону електромагнітної індукції, то періодично змінюється і ЕРС індукції. Під час замикання в колі змінна ЕРС створює змінний струм. Значення такого струму і напруги в колі змінюються з часом за гармонічним законом. Ці періодичні зміни викликають періодичні коливання швидкості впорядкованого руху заряджених частинок.

Існує декілька способів отримання змінного струму, але якщо частота не перевищує 1000 Гц, то зазвичай його отримують методом обертання рамки в магнітному полі.



Нехай плоска рамка площею S рівномірно обертається в магнітному полі з індукцією \vec{B} і кутовою швидкістю ω . У будь-який проміжок часу рамку пронизує магнітний потік:

$$\Phi = BS \cos \alpha$$

де α - кут між вектором магнітної індукції \vec{B} і вектором нормалі, перпендикулярним до площини рамки; на опорі виникає спад напруги, яка також змінюється за гармонічним законом: $U = U_{\max} \sin \omega t$; $U = U_{\max} \cos \omega t$.

Під дією прикладеної напруги через навантаження буде проходити змінний струм $I = I_{\max} \sin(\omega t + \phi)$ де I_{\max} , U_{\max} - максимальне значення струму; ϕ - зсув за фазою між коливаннями сили струму і напруги.

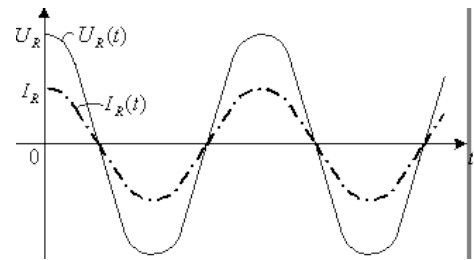
У промислових колах значення струму і напруги змінюються гармонічно з частотою 50 Гц.

На відміну від постійного струму в колах змінного струму є три види опорів:

1. Активний опір R.

Коло з активним опором мусить мати значний опір і дуже малу індуктивність та ємність. У провіднику з активним опором коливання значення струму за фазою збігаються з коливаннями напруги, а амплітуду струму визначають за формулою:

$$I_{\max} = \frac{U_{\max}}{R} .$$



На провідниках з активним опором виділяється теплова потужність. Для того, щоб її розрахувати, потрібно визначити діюче значення струму і напруги.

Діюче значення змінного струму дорівнює такому значенню постійного струму, яке виділяє в провіднику таку саму кількість теплоти, що і змінний

струм. Воно дорівнює: $I = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}} .$

Діючим значенням змінної напруги, називають таку напругу постійного струму, яка, будучи прикладеною до активного опору, сприяє виділенню на ньому такої самої потужності, як і під час проходження змінного струму:

$$U = \frac{U_{\max}}{\sqrt{2}} .$$

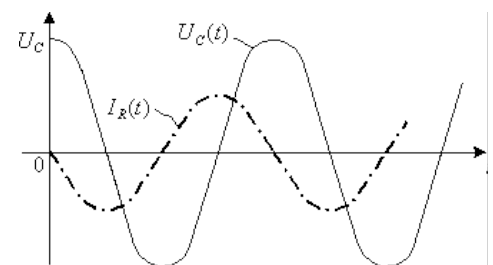
2. Ємнісний X_c або опір кола з конденсатором.

Таке коло мусить мати значну ємність і дуже малу індуктивність.

Коливання струму випереджають коливання

напруги на конденсаторі на $\frac{\pi}{2} .$

Можна показати, що величина ємнісного опору дорівнює: $X_c = \frac{1}{\omega C} .$



3. Індуктивний опір X_L мусить мати значну індуктивність і дуже малі значення опорів X_c і R (наприклад, котушка індуктивності).

Відповідно коливання струму
коливань напруги на $\frac{\pi}{2} .$

$$R_L = X_L = \omega L$$

Амплітуда струму в котушці дорівнює:

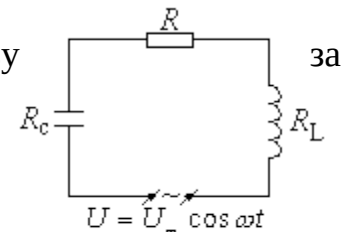
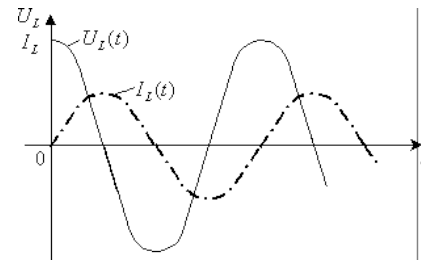
Індуктивний опір залежить від частоти. Якщо електричне поле містить ємнісний і індуктивний опори, це означає, що в колі є реактивний опір

З урахуванням зсуву за фазою між струмом і напругою реактивний опір:

$$X_{\text{реак}} = \frac{1}{\omega C} - \omega L$$

Якщо електричне коло містить активний, індуктивний і ємнісний опори, то з урахуванням зсуву фазою між струмом і напругою повний опір кола буде дорівнювати:

$$Z = \sqrt{R^2 + (1/\omega C - \omega L)^2}$$



Визначивши повний опір кола для змінного струму, можна застосувати також закон Ома для ділянки кола:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (1/\omega C - \omega L)^2}}$$

, тобто закон Ома для змінного

струму.

У колах змінного струму спостерігається резонанс. Резонанс спостерігається в тому разі, коли частота власних коливань системи

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

збігається з частотою зовнішньої сили.

Формула Томсона - формула, що виражає залежність періоду незатухаючих власних коливань, що виникають у коливальному контурі, від індуктивності і ємності цього контуру: $T = 2\pi\sqrt{LC}$

Практичне завдання:

- У мережу змінного струму з діючою напругою 120 В ввімкнули активний опір 30 Ом. Визначити діюче і амплітудне значення сили струму
- Коливальний контур складається із котушки індуктивністю 80 мкГн, конденсатора ємністю 100 пФ і резистора опором 0,5 Ом. Визначити силу струму в колі змінного струму, якщо напруга дорівнює 4 В?
- Індуктивність коливального контуру 20 мкГн. Треба настроїти контур на частоту 5000 кГц. Яку ємність слід вибрати?

Домашнє завдання:

- На яку напругу треба розраховувати ізолятори лінії передачі, якщо діюча напруга 430 кВ?

2. В коло змінного струму ввімкнено ємність 50 мкФ та індуктивність 50 Гн. Визначити частоту резонансу в колі.

Лекція 34

Тема: Утворення і поширення електромагнітних хвиль. Досліди Герца. Винайдення радіо

Мета: дати студентам уявлення про методи утворення електромагнітних хвиль та про принципи радіозв'язку. Ознайомитись з історією винайдення радіо та найпростішим радіоприймачем Попова. Розвивати вміння аналізувати, порівнювати, робити висновки, працювати з додатковою літературою. Сприяти виникненню інтересу до фізики, формувати науковий світогляд, сприяти усвідомленню соціально-економічного значення розвитку засобів зв'язку.

Методи: словесний (лекція, бесіда), практичний

План:

- 1 Поняття про електромагнітну хвилю
- 2 Досліди Герца. Принцип радіозв'язку
- 3 Винайдення радіо

Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН: дошка, калькулятор.

Література:

- 1 Гончаренко С.У. Фізика, 11 кл.: Підруч. - К.: Освіта, 2004. - 320 с.
- 2 Коршак Є.В. та ін. Фізика, 11 кл.: Підруч. для серед. загальноосвіт. шк. - К.: Перун, 2005. - 232 с.
- 3 Римкевич А.П. Збірник задач з фізики.- М.: Просвещение, 1986.-191 с.

Хід заняття

«Розв'язування однієї задачі завжди породжує нові
І останньої задачі не буде» О. Смородинський

Проблемна ситуація:

Для того щоб передати в Петербург звістку про коронацію імператриці Єлизавети, яка відбулась в Москві, на всьому шляху між цими містечками була вишикувана колона солдат з прапорцями. В момент коронації перший солдат махнув прапорцем, потім наступний і т. д. ,так звістка про коронацію дійшла до Петербургу, де вистрілила гармата. Ось таким способом користувались для передачі інформації.

Нині ми на стільки звикли бачити на екрані телевізора події, які відбулися на іншому кінці світу, що навіть не дивуємося цьому. В сучасному світі радіо, телебачення, телефону дозволяють дуже просто отримувати і передавати необхідну інформацію.

Записані на екрані прізвища вчених та дати наукових досліджень, відкриттів, пов'язаних з їх іменами.

Розкрити суть події:

Джеймс Клерк Максвелл 1865 рік
Передбачив існування електромагнітних хвиль та їхні властивості, висловив припущення, що світло-електромагнітна хвиля.

Генріх Герц 1886 – 1884 рік
Перейшов від закритого коливального контура до відкритого
Відкритий коливальний контур: один бік заземлено, а до другого підключений натягнутий вертикальний провід (антену)
Вібратор Герца: провід розрізаний посередині, щоб залишився невеликий повітряний проміжок (іскровий), обидві частини проводу зарядженими до великої різниці потенціалів; при деякому граничному значенні напруги проскакувала іскра, коло замикалося, виникали електромагнітні коливання, що поширювались в просторі. Герц встановив залежність інтенсивності коливань від розміру і виду іскри; яскраве і коротке, що супроводжується тріском, збуджує коливання краще (вібратор Герца на екрані) Герц прожив всього 37 років. Значне навантаження на очі в затемнених кімнатах призвело до втрати зору. Хвилі можна було виявити тільки по маленькій

іскрі, яку помічали в лупу невтомленим оком в темноті, причому на відстані всього декількох метрів від вібратора. Герц вважав, що його відкриття має тільки науково-теоретичне значення.

Е. Брайтлі 1890 рік

Збільшення провідності металічних порошоків під дією електричного розряду

Олівер Лодж 1894 рік

Використав трубку з ошурками, яку назвав когерером, як індикатор електромагнітних коливань. Дія когерера полягає в тому, що під впливом електромагнітних хвиль в ньому утворюється змінний струм високої частоти і дуже маленькі іскри, що виникають, зменшують опір провідника в сотні разів. Але Лодж не бачив можливості використовувати електромагнітні хвилі для зв'язку.

Після отриманих відповідей стосовно відкриттів студентам пропонується інтерактивний метод «Мозковий штурм» в результаті якого збираються ідеї щодо даного питання

Вивчення нового матеріалу:

Вивчення явища електромагнітної індукції показало, що зміна магнітного поля, в якому знаходиться провідний контур, викликає появу в цьому контурі індукційного електричного поля. Максвелл розвинув уявлення Фарадея про електромагнітну індукцію, довівши, що вихрове електричне поле з'являється в довільній частині простору, де існує змінне магнітне поле (незалежно від того, чи є там провідники, чи немає). А в середині 60-х років XIX ст. Максвелл дійшов висновку, що існує і зворотний процес: змінне електричне поле викликає появу змінного магнітного поля. Отже, магнітне поле може створюватися не тільки електричним струмом (тобто рухомими електричними зарядами), але і змінним електричним полем

Сукупність нерозривно взаємопов'язаних змінних вихрових електричного і магнітного полів називають електромагнітним полем. У природі взагалі немає відокремлених одне від одного електричних і магнітних полів, а існують електромагнітні поля як особливий вид матерії, через який відбувається електромагнітна взаємодія.

Процес поширення змінного електромагнітного поля в просторі з плином часу називають електромагнітною хвилею. Максвелл показав, що швидкість поширення електромагнітної хвилі є величиною скінченною і у вакуумі дорівнює швидкості світла (тобто $c \approx 3 \cdot 10^8$ м/с). Електромагнітні хвилі є поперечними,

Властивості електромагнітних хвиль найлегше вивчати, використовуючи передавач і приймач, які працюють на сантиметровому діапазоні. Випромінювання і приймання таких хвиль можна зробити спрямованими.

Для отримання електромагнітних хвиль Г. Герц використав простий пристрій, який нині називають вібратором Герца.



Цей пристрій є відкритим коливальним контуром - в ньому створюються коливання заряду

високої частоти.

Значення ємності та індуктивності вібратора Герца малі. Тому частота коливань досить велика.

Інтенсивність випромінювання електромагнітної хвилі пропорційна 4-у ступеню частоти.

Пристрій, що здатний випромінювати електромагнітні хвилі, Герц назвав **антенною**, що в перекладі означає вуса. Низькочастотні коливання (звукові) антена не випромінює. Вібратор є найпростішим випромінювачем електромагнітних хвиль.

Досліди Герца і пізніше проведені експерименти показали, що електромагнітні хвилі мають такі властивості:

- 1) в однорідному середовищі поширюються рівномірно і прямолінійно;
- 2) відбиваються діелектриками, а ще краще провідниками, при цьому виконуються закони відбивання хвиль;
- 3) заломлюються;
- 4) фокусуються;
- 5) дають явища дифракції і інтерференції;
- 6) поляризуються.

Властивості електромагнітних хвиль виявились такими ж, як і властивості хвиль будь-якої іншої природи.

Для одержання електромагнітних хвиль, як і хвиль будь-якої природи, потрібна система, в якій відбуваються коливання. Для електромагнітних коливань такою системою може бути коливальний контур.

Основні принципи радіозв'язку показано на рис.



Промодульована електромагнітна хвиля відходить від антени передавача і, досягнувши антени приймача, викликає в ній модульовані високочастотні коливання електричного струму. Приймач виділяє з них звукову частоту, і гучномовець передає звук.

Завдання будь-якого приймача - приймання потрібної промодульованої електромагнітної хвилі, виділення із множини частот тільки частоти тієї радіостанції, яку хочуть чути, виділення із цих коливань звукової частоти і відтворення її.

За допомогою передавача і приймача Герца здійснювати радіозв'язок на великі відстані неможливо через дуже низьку чутливість приймача Герца. Це пояснюється тим, що приймач Герца працює лише за рахунок енергії електромагнітної хвилі, яку він сприймає. Російський вчений О. С. Попов 1885 року продемонстрував радіоприймач, який працював за рахунок енергії вмонтованої в нього батареї. Електромагнітні хвилі, які надходять до антени, лише керують роботою приймача. Спочатку дальність зв'язку становила 250 м, з часом її вдалось збільшити до 150 км, а через декілька років зв'язок було здійснено через Атлантичний океан. Удосконаленням радіоприймачів займалась фірма, організована італійським інженером Г. Марконі.

Проблема:

Олександр Попов і Марконі... ці імена нерозривно пов'язані з одним із найважливіших людських винаходів – радіо. Проте, хто ж з них насправді є «батьком бездротового зв'язку»?

Відкриттів і ідей дуже багато.

Наприклад, Ілайно Том сон у 1889 році висловив ідею про застосування відкритих Г. Герцем електромагнітних хвиль для бездротового зв'язку.

Радіо пройшло відстань від ідеї до реалізації за дуже короткий час. Створення комплексного приймача сигналів було вирішальною ланкою, що ефір наповнився звуками. Першим цю науково-технічну вершину здолав Олександр Степанович Попов (*виступ учня про Попова*)

Познайомимося з самими винаходами (*виступ учня про радіо Попова та про грозовідмітник*)

А тепер - про трагедію вченого й винахідника О. Попова. На своє відкриття радіо він не взяв патенту, хоча про час винаходу засвідчує й опублікована вже через п'ять днів у газеті «Кронштадтський весник» повідомлення про виступ вченого на засіданні Російського фізико-хімічного товариства, і детальний опис системи приладу, вміщений в січневому номері за 1896 рік наукового журналу «Журнал Российского физико – химического общества». Попов був викладачем провідного військового навчального закладу – Кронштадтського мінного офіцерського класу. Військово – морські чини імперії попередили його про необхідність суворого дотримання таємниці винаходу і подальшого вдосконалення моделі зв'язку. Тож Попов не поспішив до Департаменту торгівлі і промисловості Міністерства фінансів, який відав патетичною справою в Росії. Кредо Попова: «Якщо ми залюбки користуємося перевагами від чужих винаходів, то ми повинні радіти долі прислужитися й іншим своїм винаходам, і зробити це великодушно і безкорисливо». Так думав великий вчений з берегів Балтики.

Радіокавальєре з Болоньї
(*біографія Марконі*)

А слава кому?

Диспут з проблемного питання

Цікавий факт: Попов і Марконі зустрілися на крейсері «Карло Альберто». За три роки після зустрічі Попов помер. Марконі пережив його на тридцять один рік.

1906 року Марконі і Брауну присуджено Нобелівську премію в галузі радіотехніки.

Висновок

У жорсткому комерціалізованому світі, де винахід розглядається як товар. Виявляється неважливо, хто винайшов, а суттєвіше – хто зміг запатентувати і прибутково використовувати винахід. Марконі запатентував радіо першим – це факт. Але людська пам'ять віддає належне і першопрохідникові ефіру – Олександрові Степановичу Попову

Проблемна задача:

Одна освічена аристократка попросила Попова розповісти, за яким принципом діє трансляційний кабель. Учений пояснив. Дама посміхаючись, дякувала:

- Мені довелося розмовляти з багатьма видатними вченими, але ніхто не говорив так переконливо і просто як Ви. Ваша доповідь прекрасна, вона захоплює, але в мене до вас одне питання:
- Скажіть, чому ж усе-таки телеграми, які посилають з Європи до Америки, надходять сухими? Адже вони йдуть крізь воду...

Спробуйте себе в ролі великого винахідника і дайте відповідь на запитання дами.

Практичне завдання:

1. Обчислити швидкість електромагнітної хвилі.
2. Обчислити енергію і густину електромагнітного поля, який займає об'єм 2 м^3 , якщо напруженість поля 10 кВ/м , а індукція магнітного поля 4 мТл .

Лекція № 34

Тема: Світло як електромагнітна хвиля. Інтерференція світла. Дифракція світла. Поляризація світла.

Мета: дати студентам уявлення про хвильові властивості світла. Зрозуміти суть явищ інтерференції, дифракції та поляризації та вміти пояснювати їх з точки зору хвильових властивостей світла

Методи: словесний (лекція, бесіда), практичний

План:

- 1 Світло як електромагнітна хвиля. Інтерференція світла.
- 2 Дифракція світла.
- 3 Поляризація світла.

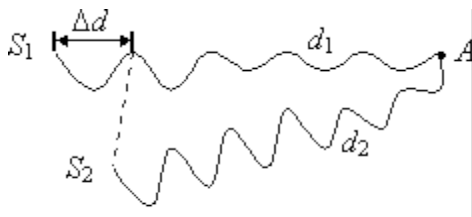
Матеріально-технічне забезпечення та дидактичні засоби, ТЗН: дошка, калькулятор, дифракційна решітка.

Література:

- 1 Гончаренко С.У. Фізика, 11 кл.: Підруч. - К.: Освіта, 2004. - 320 с.
- 2 Коршак Є.В. та ін. Фізика, 11 кл.: Підруч. для серед. загальноосвіт. шк. - К.: Перун, 2005. - 232 с.
- 3 Римкевич А.П. Збірник задач з фізики.- М.: Просвещение, 1986.-191 с.

Інтерференція - додавання двох світлових хвиль у просторі, внаслідок чого спостерігається стійка в часі картина підсилення або послаблення результуючих світлових коливань у різних точках простору. Зони підсилення називають зонами максимумів, зони послаблення - мінімумів. Щоб положення цих зон було незмінним і картина інтерференції залишалась стійкою в часі, хвилі мають зберігати свої властивості, не змінюючи їх з часом. Якщо ця умова виконана (різниця фаз у хвилях з часом їх частота є однаковою), то хвилі називають когерентними.

Оскільки світло - це електромагнітна хвиля, тому, якщо в просторі одночасно поширюються дві чи більше хвиль, то в кожній точці (зокрема і в точці А) хвилі будуть накладатись одна на одну, утворюючи інтерференційну картину. Вона складається із повторюваних мінімумів (min) і максимумів (max) освітленості.



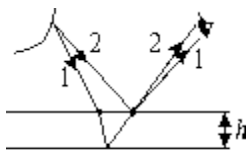
Нехай від джерел S_1 і S_2 поширюються дві хвилі, які збігаються в точці А. d_1 і d_2 - довжина ходу першої і другої хвиль; $\Delta d = d_1 - d_2$ - різниця ходу.

Якщо в різницю ходу Δd вкладається парна кількість півхвиль, то обидві хвилі надійдуть в точку A в однакових фазах і підсилять одна одну - в точці A буде максимальним. Якщо в різницю ходу Δd вкладається непарне число півхвиль, то хвилі прийдуть в точку A в протифазах і погасять одна одну - в точці A буде мінімум інтенсивності світла.

Математично умови максимум і мінімум можна виразити так:

$$\Delta d = 2k \frac{\lambda}{2} \quad -$$

умова максимуму; $\Delta d = (2k+1) \frac{\lambda}{2}$ - умова мінімуму. де $k = 1, 2, 3, \dots, n$ (ціле число); λ - довжина хвилі.

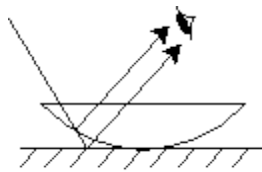


Цікавий випадок інтерференції спостерігав Юнг на початку ХІХ століття, розглядаючи у відбитому світлі **тонкі плівки**.

Одна частина світлового потоку відбивається від верхньої поверхні плівки, а друга - після заломлення від нижньої. Після цього обидва промені збігаються в оці спостерігача. При цьому виникає різниця ходу, що дорівнює подвоєній товщині плівки $\Delta d = 2h$. У результаті цього і виникає інтерференційна картина. Якщо освітлюється плівка одним кольором, спостерігається чергування чорних і білих смуг, а якщо білим, то зазвичай кольори веселки.

Інтерференцією світла в тонких плівках пояснюється забарвлення мильних бульбашок і тонких п'ятен з оливи на воді, хоча розчин мила й олива не мають такої гама кольорів.

Ще один випадок явища інтерференції світла спостерігав Ньютон, коли на плоскопаралельну пластину накладали лінзу, що мала великий радіус кривизни ($R \approx 13$ м). У результаті між пластинкою і лінзою утворився повітряний клин, на якому і спостерігається інтерференційна картина, яка має форму кільця - **кільця Ньютон**. Якщо відомий радіус кілець r , радіус кривизни лінзи R і швидкість світла, то можна визначити довжину хвилі. Виявилось, що $l_{\text{ч}} \approx 8 \cdot 10^{-7}$ м; $l_{\text{ф}} \approx 4 \cdot 10^{-7}$ м, інші кольори мають значення у цих границях.



Радіуси світлих кілець Ньютон у відбитому світлі

$$r_m = \sqrt{\left(m - \frac{1}{2}\right) R \lambda}, \quad m = 1, 2, \dots,$$

де R – радіус сферичної поверхні лінзи; λ - довжина світлових хвиль у проміжку між лінзою та скляною підставкою; m – номер світлого кільця Ньютон.

Радіуси темних кілець Ньютон у відбитому світлі $r_m = \sqrt{m R \lambda}, \quad m = 1, 2, \dots$

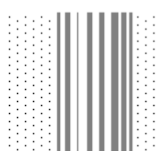
де m – номер темного кільця Ньютона.

Застосування інтерференції дуже важливі й широкі. Інтерференцію світла застосовують для визначення довжини хвилі світла, показників заломлення прозорих речовин, вимірювання товщини пластинок, перевірки якості шліфування поверхні, вимірювання малих кутів тощо.

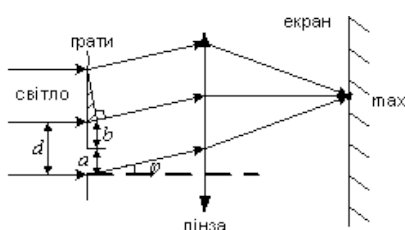
На інтерференції в тонких плівках ґрунтується просвітлення оптики. Це відкриття зробив український вчений Олександр Смакула (1900-1983). Якщо світло падає перпендикулярно до поверхні, то від кожної поверхні відбивається 5-9 % усієї енергії. Тому через прилад часто проходить тільки 10 - 20 % світла, що надходить до нього. Це спричиняє погіршення якості зображення. Неприємні наслідки відбиття світла від поверхонь оптичних стекел можна усунути, якщо зменшити ту частину енергії, яка відбивається. Тоді зображення, що його забезпечує прилад, буде яскравішим, "просвітленим". Від цього і походить термін "просвітлення" оптики.

Якщо процес поширення світла є хвильовим процесом, то, окрім інтерференції, має бути і дифракція світла. Адже **дифракція** - це огинання хвилями країв перешкод - властива будь-якому хвильовому руху. Але спостерігати дифракцію світла важко, оскільки хвилі відхиляються від перешкод на помітні кути лише за умови, що розміри перешкод приблизно дорівнюють довжині хвилі, а вона дуже мала.

Уперше, відкривши інтерференцію, Юнг виконав дослід з дифракції світла, за допомогою якого були вивчені довжини хвиль, що відповідають світловим променям різного кольору. Вивчення дифракції отримало своє завершення в працях О. Френеля, який і побудував **теорію дифракції**, яка в принципі дозволяє розраховувати дифракційну картину, яка виникає внаслідок огинання світлом будь-яких перешкод.



Явище відхилення світла від прямолінійного поширення називається **дифракцією світла**. Оскільки довжина світлової хвилі є дуже малою, то і розміри перешкод чи щілини мають бути малими. Наприклад, під час проходження монохроматичного світла через круглий отвір, розмір якого сумірний з довжиною падаючих світлових хвиль, на екрані навколо центральної світлової плями спостерігаються темні і світлі кільця, що чергуються.



Особливо чітку дифракційну картину утворюють дифракційні ґрати. Дифракційні ґрати - це сукупність дуже вузьких щілин, розділених непрозорими проміжками.

Якщо a - ширина прозорої частини, а b - непрозорої, то: $d = a + b = \frac{l}{N}$. де l - ширина ґрат; N - кількість щілин.

Різниця ходу при цьому: $\Delta d = d \sin \phi$.Якщо в цю різницю ходу вкладеться ціла кількість довжин хвиль, то на екрані спостерігатиметься дифракційний максимум, а якщо непарна кількість півхвиль, - мінімум.

Таким чином, для умови максимуму дифракційної ґратки, отримаємо: $d \sin \phi = k\lambda$, де $k = 1, 2, 3, \dots, n$ (ціле число), λ - довжина падаючої світлової хвилі.

Внаслідок дифракції на дифракційних ґратах білого світла всі головні максимуми, крім центрального нульового максимуму, будуть забарвленими. Зі збільшенням довжини хвилі головні максимуми всередині розміщуються під великим кутами від центрального. Райдужна полоска, що містить сім кольорів - від фіолетового до червоного (підрахунок ведеться від центрального максимуму), називають **дифракційним спектром**.

Якщо відомо період ґрат d , і виміряно кут ϕ , під яким спостерігається максимум і порядок спектра k , тоді можна визначити довжину світлової

хвилі: $\lambda = \frac{d}{k} \sin \phi$. Вона дорівнює: $l_{\text{ч}} \approx 8 \cdot 10^{-7}$ м; $l_{\text{ф}} \approx 4 \cdot 10^{-7}$ м. Інші кольори мають проміжні значення.

Явище хвильової оптики, в якому проявляється поперечні світлові хвилі, називають **поляризацією світла**. Світлову хвилю називають плоскополяризованою, якщо вектори напруженості електричного поля \vec{E} і магнітної індукції \vec{B} в цій електромагнітній хвилі коливаються в певній площині. У природному світлі вектори \vec{E} і \vec{B} коливаються в довільних площинах, перпендикулярних до напрямку поширення хвилі.

Поляризатором називають пристрій, який перетворює природне світло в поляризоване. Простим поляризатором є одновісний кристал турмаліну, який має властивість пропускати світлові хвилі з коливаннями, що лежать в одній довільній площині. Якщо пучок світлових променів, які стали плоскополяризованими після проходження крізь кристал турмаліну, пропустити через другий кристал, можна встановити положення площини поляризації цього пучка. Другий кристал в цьому разі називають аналізатором і спостерігають зміну інтенсивності світла під час його обертання. Коли осі кристалів турмаліну є взаємно перпендикулярними, світло крізь аналізатор не проходить зовсім.

Закон Брюстера $\text{tg } i_B = n_{21}$,

де i_B - кут падіння, при якому відбита світлова хвиля повністю поляризована;

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} \quad - \text{відносний показник заломлення.}$$

Закон Малюса $I = I_0 \cos^2 \alpha$,

де I - інтенсивність світла, що пройшло через аналізатор; I_0 - інтенсивність світла, що падає на аналізатор; α - кут між головними площинами поляризатора і аналізатора.

Плоскополяризоване світло отримують і за допомогою плівкових поляризаторів. Це використовують під час фотографування скляних вітрин, наприклад, для гасіння відблисків скла. За допомогою поляризованого світла досліджують деформації тіл.

Практичне завдання:

1. Визначити кут відхилення променів зеленого світла ($\lambda = 550$ нм) в спектрі першого порядку, отриманий від дифракційної ґратки, період якої дорівнює 0,02 мм.
2. Дифракційна ґратка містить 120 штрихів на 1мм. Знайти довжину хвилі монохроматичного світла, який падає на ґратку, якщо кут між двома спектрами першого порядку дорівнює 8° .
3. Плоскоопукла лінза, радіус кривини якої $R = 3$ м, випуклою стороною лежить на скляній пластинці (пристрій Ньютона). Пристрій освітлюється монохроматичним світлом з довжиною хвилі $\lambda = 0,6$ мкм, яке падає нормально. Визначити у відбитому світлі радіуси другого світлого і п'ятого темного кілець.