Chuyên đề Sóng điện từ: Đặc điểm và Ứng dụng trong truyền thông

Đây là tài liệu tổng hợp kiến thức trọng tâm và đầy đủ nhất về sóng điện từ, một phần quan trọng trong chương trình Vật Lý lớp 12, giúp học sinh nắm vững lý thuyết và áp dụng vào giải quyết bài tập.

Phần 1: Đại cương về Sóng điện từ

1. Điện từ trường

Khi một từ trường biến thiên theo thời gian, nó sinh ra một điện trường xoáy (là điện trường có các đường sức là những đường cong khép kín). Ngược lại, khi một điện trường biến thiên theo thời gian, nó sinh ra một từ trường xoáy. Trường xoáy là trường biến thiên. Điện trường và từ trường biến thiên cùng tồn tại trong không gian, liên quan mật thiết với nhau và là hai thành phần của một trường thống nhất, gọi là **điện từ trường**.

2. Sóng điện từ là gì?

Sóng điện từ là quá trình lan truyền trong không gian của điện từ trường biến thiên tuần hoàn theo thời gian. Khi một điện tích điểm dao động, nó sẽ tạo ra một điện từ trường lan truyền trong không gian dưới dạng sóng. Sóng này được gọi là sóng điện từ.

VIDOCU.COM

3. Đặc điểm của sóng điện từ

- **Là sóng ngang:** Véc-tơ cường độ điện trường **E** và véc-tơ cảm ứng từ **B** luôn vuông góc với nhau và cùng vuông góc với phương truyền sóng (**v**). Ba véc-tơ này tạo thành một tam diện thuận.
- **Dao động cùng pha:** Tại một điểm trên phương truyền, điện trường và từ trường luôn dao động cùng pha.
- **Tốc độ truyền sóng:** Trong chân không, sóng điện từ lan truyền với tốc độ lớn nhất bằng tốc độ ánh sáng: **c = 3.10^8 m/s**. Trong các môi trường khác (chất điện môi), tốc độ truyền sóng (v) nhỏ hơn c (**v c**).
- **Mang năng lượng:** Sóng điện từ mang năng lượng. Năng lượng của sóng điện từ tỉ lệ với lũy thừa bậc 4 của tần số. Mật độ năng lượng điện từ trường là **W = W$_E$ + W$_B$**.
- **Phản xạ, khúc xạ, nhiễu xạ:** Giống như các loại sóng cơ học, sóng điện từ cũng có thể phản xạ, khúc xạ, giao thoa, nhiễu xạ.
- **Bước sóng:** Sóng điện từ có bước sóng được tính bằng công thức: **λ = c/f = c.T**, trong đó c là tốc độ ánh sáng trong chân không, f là tần số, và T là chu kì của sóng.

Ví dụ 1: Một đài phát thanh phát sóng ở tần số 100 MHz. Tính bước sóng của sóng điện từ này trong chân không.

Giải: Áp dụng công thức λ = c/f. Ta có f = 100 MHz = 100.10^6 Hz. Vậy λ = (3.10^8) / (100.10^6) = 3 mét.

VIDOCU.COM

Ví dụ 2: Một sóng điện từ có bước sóng 600m đang lan truyền trong không khí. Tính chu kì của sóng này.

Giải: Từ công thức $\lambda = c.T$, ta có $T = \lambda/c = 600 / (3.10^8) = 2.10^{-6}$ s = 2 μs.

Phần 2: Thang sóng điện từ

Thang sóng điện từ là một dải liên tục tất cả các bức xạ điện từ, được sắp xếp theo thứ tự bước sóng giảm dần (hoặc tần số tăng dần). Không có ranh giới rõ rệt giữa các vùng sóng.

VIDOCU.COM

Tên gọi	Bước sóng (λ)	Nguồn phát	Tính chất và Ứng dụng

VIDOCU.COM

Sóng vô tuyến	Vài m đến vài km	Máy phát vô tuyến, các ngôi sao, tia lửa điện...	Dùng trong thông tin liên lạc vô tuyến (radio, TV, di động, Wi-Fi, radar, GPS). • **Sóng dài (>1000m):** Năng lượng thấp, bị nước hấp thụ mạnh, dùng trong thông tin dưới nước. • **Sóng trung (100-1000m):** Ban ngày bị tầng điện li hấp thụ, ban đêm phản xạ tốt, truyền đi xa. Dùng trong phát thanh AM. • **Sóng ngắn (10-100m):** Phản xạ rất tốt trên tầng điện li và mặt đất, có thể truyền đi rất xa. Dùng trong phát thanh, liên lạc cự ly xa. • **Sóng cực ngắn (10m):** Không bị tầng điện li phản xạ, truyền thẳng. Dùng trong truyền hình, viễn thông, di động.

Tia hồng ngoại	760 nm đến vài mm	Vật có nhiệt độ cao hơn 0K (mặt trời, bóng đèn, cơ thể người).	• **Tác dụng nhiệt:** Nổi bật nhất, dùng để sấy khô, sưởi ấm. • **Gây ra phản ứng hóa học:** Tác dụng lên phim ảnh hồng ngoại. • **Ứng dụng:** Điều khiển từ xa (remote), camera hồng ngoại quan sát ban đêm, bếp hồng ngoại, cảm biến chuyển động.
Ánh sáng nhìn thấy	380 nm (tím) đến 760 nm (đỏ)	Mặt trời, đèn điện, các vật được nung nóng đến nhiệt độ cao.	• **Tác dụng sinh học:** Quang hợp ở cây xanh. • **Tác dụng quang điện:** Gây ra hiện tượng quang điện. • **Ứng dụng:** Giúp con người nhìn thấy, phân biệt màu sắc, dùng trong đèn chiếu sáng, màn hình, laser.

Tia tử ngoại (UV)	Vài nm đến 380 nm	Mặt trời, hồ quang điện, đèn hơi thủy ngân.	• **Tác dụng sinh học mạnh:** Hủy diệt tế bào, diệt khuẩn, nấm mốc. Gây ung thư da. Giúp tổng hợp vitamin D. • **Kích thích phát quang:** Nhiều chất có khả năng phát quang dưới tác dụng của tia UV. • **Ứng dụng:** Tiệt trùng dụng cụ y tế, thực phẩm; chữa bệnh còi xương; phát hiện tiền giả, vết nứt trên bề mặt kim loại.

VIDOC

Tia X (Tia Rơn-ghen)	10^{-11} m đến 10^{-8} m	Ống Rơn-ghen (chùm electron nhanh đập vào kim loại có nguyên tử lượng lớn).	• **Khả năng đâm xuyên mạnh:** Đi qua được các vật cản mềm như gỗ, giấy, thịt. Bị kim loại nặng cản lại. • **Ion hóa không khí.** • **Tác dụng sinh lý mạnh:** Hủy diệt tế bào sống. • **Ứng dụng:** Chụp X-quang trong y tế, kiểm tra hành lý ở sân bay, dò khuyết tật trong sản phẩm công nghiệp.
Tia Gamma (γ)	10^{-11} m	Phản ứng hạt nhân, phân rã phóng xạ.	• **Năng lượng rất lớn, khả năng đâm xuyên cực mạnh.** • **Gây nguy hiểm cho sinh vật.** • **Ứng dụng:** Trong y học để xạ trị, tiêu diệt tế bào ung thư; khử trùng dụng cụ y tế; trong công nghiệp để kiểm tra các mối hàn dày.

Phần 3: Nguyên tắc thông tin liên lạc bằng sóng vô tuyến

Để truyền thông tin (âm thanh, hình ảnh) đi xa, người ta phải dùng sóng điện từ cao tần (gọi là sóng mang) để mang các tín hiệu âm tần hoặc thị tần đi. Quá trình này gọi là biến điệu sóng.

1. Sơ đồ khối của một máy phát thanh vô tuyến đơn giản

Máy phát thanh có nhiệm vụ tạo ra sóng điện từ cao tần đã được biến điệu (chứa thông tin) và phát ra không gian.

1. **Micro:** Chuyển dao động âm thanh thành dao động điện có cùng tần số (gọi là tín hiệu âm tần).
2. **Mạch phát sóng điện từ cao tần:** Tạo ra dao động điện cao tần (gọi là sóng mang).
3. **Mạch biến điệu:** Trộn tín hiệu âm tần với sóng mang. Phổ biến nhất là biến điệu biên độ (AM), làm cho biên độ của sóng mang thay đổi theo nhịp điệu của tín hiệu âm tần.
4. **Mạch khuếch đại:** Khuếch đại tín hiệu cao tần đã biến điệu lên công suất đủ lớn.
5. **Anten phát:** Bức xạ sóng điện từ đã biến điệu ra không gian.

2. Sơ đồ khối của một máy thu thanh vô tuyến đơn giản

Máy thu thanh có nhiệm vụ thu nhận sóng điện từ, chọn lọc, tách tín hiệu và tái tạo lại âm thanh.

VIDOCU.COM

1. **Anten thu:** Thu nhận tất cả các sóng điện từ truyền tới, tạo ra các suất điện động cảm ứng trong mạch.
2. **Mạch chọn sóng:** Gồm một tụ điện có điện dung C thay đổi và một cuộn cảm L. Mạch này hoạt động dựa trên hiện tượng cộng hưởng điện. Khi điều chỉnh C để tần số riêng của mạch **f = 1/(2π√LC)** bằng với tần số của sóng cần thu (f_0), máy sẽ thu được sóng đó.
3. **Mạch tách sóng:** Tách tín hiệu âm tần ra khỏi sóng mang cao tần.
4. **Mạch khuếch đại âm tần:** Khuếch đại tín hiệu âm tần vừa tách được cho đủ lớn.
5. **Loa:** Chuyển dao động điện âm tần thành dao động âm thanh có cùng tần số.

Ví dụ 3: Một máy thu thanh có mạch chọn sóng với cuộn cảm L = 2μH. Để thu được sóng có bước sóng 18.84m, điện dung của tụ điện phải có giá trị bao nhiêu?

Giải:

Tần số của sóng cần thu là: $f = c/\lambda = (3.10^8) / 18.84 \approx 1.592.10^7$ Hz.

Để thu được sóng này, tần số riêng của mạch phải bằng f. Áp dụng công thức cộng hưởng: $f = 1/(2\pi\sqrt{LC})$

$\Rightarrow C = 1 / (4\pi^2 f^2 L) = 1 / (4\pi^2 * (1.592.10^7)^2 * 2.10^{-6}) \approx 5.10^{-11}$ F = 50 pF.

VIDOCU.COM