

24 SÓNG ĐIỆN TỪ

I - MỤC TIÊU

- Hiểu được một cách sơ lược sự lan truyền của tương tác điện từ và sự hình thành sóng điện từ, quan hệ giữa sóng điện từ và điện từ trường.
- Nắm vững các đặc điểm của sóng điện từ, những điểm tương ứng với sóng cơ.

- Biết các tính chất của sóng điện từ.
- Biết sơ lược về vai trò của hai nhà khoa học Mắc-xoen và Héc trong việc nghiên cứu điện từ trường và sóng điện từ.

II - CHUẨN BỊ

Giáo viên

- Vẽ Hình 24.1 và Hình 24.2 SGK vào giấy khổ lớn.
- Nếu có điều kiện thì nên dùng phần mềm mô phỏng sự lan truyền của sóng điện từ trong không gian 3D. Loại phần mềm này hiện nay đang lưu hành khá đa dạng và đều hữu ích.

Học sinh

- Ôn lại về sóng cơ và điện từ trường.
- Ôn lại khái niệm sóng dọc, sóng ngang và sự truyền sóng cơ.
- Sưu tầm các hiện tượng thực tế liên quan đến sóng điện từ.

III - NHỮNG ĐIỀU CẦN LUÔN Ý

Một số điểm lí thuyết cơ bản về sóng điện từ

- Từ hệ phương trình Mắc-xoen, sau khi biến đổi ta thu được các phương trình cho \vec{E} và \vec{H} :

$$\Delta \vec{E} - \epsilon \epsilon_0 \mu \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = \vec{0}$$

và

$$\Delta \vec{H} - \epsilon \epsilon_0 \mu \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2} = \vec{0}$$

Từ hai phương trình trên ta thấy các vectơ cường độ điện trường \vec{E} và vectơ cường độ từ trường \vec{H} thoả mãn phương trình truyền sóng. Nếu tại một điểm nào đó trong không gian (trong chân không hoặc điện môi đồng tính *đẳng hướng*), cường độ điện trường và cường độ từ trường biến đổi theo thời gian thì điện từ

trường sẽ lan truyền với vận tốc v sao cho $\epsilon \epsilon_0 \mu \mu_0 = \frac{1}{v^2}$, tức là $v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \epsilon_0 \mu \mu_0}}$

Biết $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$ và $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$, ta có thể tính được tốc độ truyền sóng điện từ trong chân không ($\epsilon = 1$ và $\mu = 1$) là $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

Kết quả này trùng với kết quả thực nghiệm.

Như vậy, điện từ trường biến đổi theo thời gian, lan truyền trong môi trường (kể cả chân không) với tốc độ $v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon \mu}} = \frac{c}{n}$, với $n = \sqrt{\epsilon \mu}$ chính là chiết suất của môi trường.

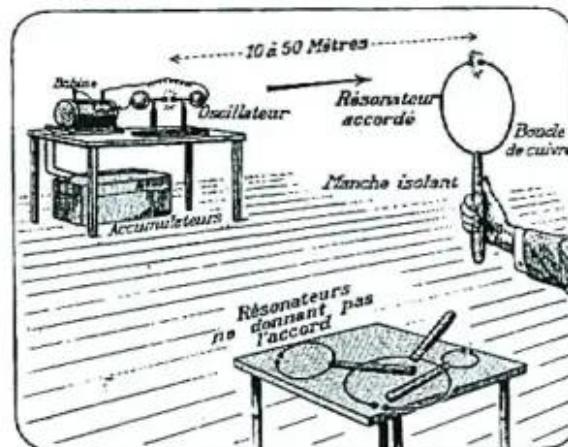
Sự lan truyền điện từ trường biến đổi theo thời gian tạo thành sóng điện từ. Như vậy, thuyết Mác-xoen về điện từ trường đã tiên đoán được sự tồn tại của sóng điện từ. Sau đó Mác-xoen đã cho rằng ánh sáng là sóng điện từ.

Sau khi Mác-xoen mất 9 năm, vào năm 1887 Héc mới tạo ra được sóng điện từ bằng thực nghiệm. Sau này, tất cả các kết quả thực nghiệm đều dẫn đến kết luận ánh sáng cũng là một loại sóng điện từ.

Quan sát bức tranh cổ mô tả thí nghiệm về sóng điện từ (Hình 24.1), ta thấy có hai bộ phận chính :

- Bộ phận phát sóng điện từ gồm có :
 - Một máy Romkop (*Bobine* là cuộn dây của máy) được cấp điện từ bộ acquy (*Accumulateurs*).
 - Hai quả cầu nối với đầu ra của máy Romkop, nó sẽ phát tia lửa điện và tạo ra sóng điện từ (hai quả cầu có vai trò *đao động từ* : *Oscillateur*).
- Bộ phận thu sóng gồm các vòng dây cứng bằng đồng (*Boucle de cuivre*) có một khe hở. Chọn vòng dây có kích thước và có hướng thích hợp thì sẽ thấy nó phát tia lửa điện ở khe hở do đã cộng hưởng với sóng điện từ thu được từ máy phát (*Résonateur accordé*). Nếu dùng những vòng dây có kích thước khác thì không phát tia lửa điện vì không cộng hưởng (*Résonateurs ne donnant pas l'accord*).

Hai bộ phận này đặt cách nhau từ 10 đến 50 mét (*10 à 50 Mètres*). Vòng dây có cán cách điện (*Manche isolant*).



Hình 24.1

Hình 24.2 là ảnh chụp các dụng cụ thật đã được sử dụng để tiến hành thí nghiệm trên.

– Sóng điện từ là sóng ngang.

Dựa vào hệ phương trình Mắc-xoen, có thể chứng minh : khi có một sóng phẳng điện từ lan truyền theo trục Ox với phương trình truyền sóng là $\vec{E} = \vec{f}\left(t - \frac{x}{v}\right)$ và $\vec{H} = \vec{g}\left(t - \frac{x}{v}\right)$ thì

$$E_x = 0, H_x = 0, \text{ nghĩa là các vectơ } \vec{E}$$

và \vec{H} vuông góc với phương truyền sóng Ox . Nói cách khác, sóng điện từ là *sóng ngang*.

Ngoài ra cũng từ đó thu được các kết quả sau :

- $\vec{E} \cdot \vec{H} = 0$: Hai vectơ \vec{E} và \vec{H} vuông góc với nhau.

- Ba vectơ $\vec{E}, \vec{H}, \vec{v}$ hợp thành một *tam diện thuận*.

- $H = \sqrt{\frac{\epsilon\epsilon_0}{\mu\mu_0}} E$, nghĩa là luôn có sự tỉ lệ thuận giữa E và H . Do đó hai vectơ

\vec{E} và \vec{H} trong sóng điện từ luôn luôn dao động cùng pha.

Hình 24.3 minh họa sóng điện từ là sóng ngang, phương dao động của \vec{E} và \vec{B} luôn vuông góc với phương truyền sóng x . Đồng thời, hình vẽ cũng thể hiện tương quan giữa các vectơ theo *quy tắc cái định ốc* (còn gọi là *quy tắc vặn nút chai*, hoặc *quy tắc tam diện thuận*) : "Khi ta xoay mũ định ốc theo chiều từ \vec{E} sang \vec{B} thì định ốc sẽ tiến theo chiều truyền sóng".

Đặc biệt, cần làm rõ tính tuần hoàn theo không gian và tuần hoàn theo thời gian của quá trình truyền sóng điện từ, tương tự tính tuần hoàn của sóng cơ.

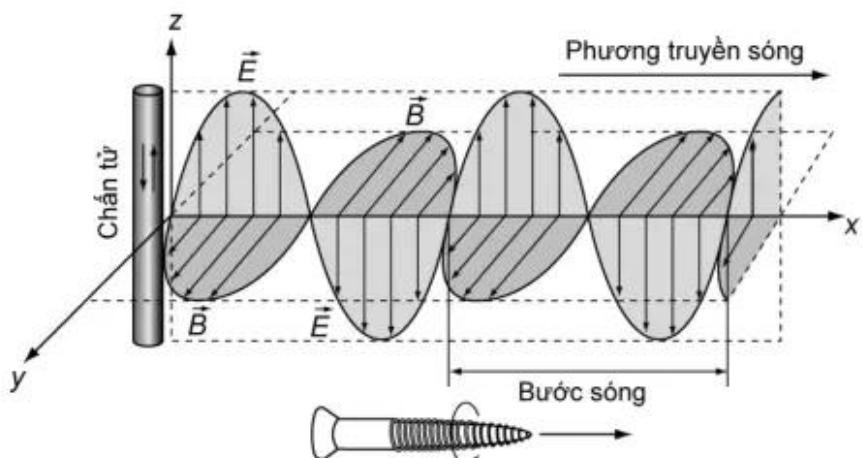
– Mật độ năng lượng sóng điện từ :

$$w = \frac{1}{2} \epsilon\epsilon_0 E^2 + \frac{1}{2} \mu\mu_0 H^2 = \epsilon\epsilon_0 E^2 = \mu\mu_0 H^2$$

$$w = \frac{1}{v} EH$$



Hình 24.2



Hình 24.3. Sự lan truyền của sóng điện từ.

– Tốc độ truyền năng lượng của sóng chạy đơn sắc bằng tốc độ pha của sóng.

$$\text{Vectơ mật độ dòng năng lượng là : } \vec{p} = w\vec{v} = \vec{E} \wedge \vec{H}$$

IV - GỢI Ý VỀ PHƯƠNG PHÁP VÀ TỔ CHỨC HOẠT ĐỘNG DẠY HỌC

1. Vấn đề cần làm nổi rõ ở phần đầu là : tương tác điện từ xảy ra *không tức thời*, mà phải cần một khoảng thời gian nào đó để truyền đi trong không gian. Cũng nên nhắc lại là, ở lớp 10 ta đã coi tương tác hấp dẫn (lực vạn vật hấp dẫn) là tương tác tức thời và chưa bao giờ nói tới thời gian truyền tương tác hấp dẫn. Thực ra thì tương tác hấp dẫn cũng lan truyền trong một thời gian nào đó. Nhưng bởi vì cho đến nay chưa phát hiện được sóng hấp dẫn trong thí nghiệm, nên người ta chưa quan tâm đến thời gian truyền tương tác hấp dẫn. Còn sóng điện từ thì đã được ứng dụng rộng rãi trong khoa học kỹ thuật và trong đời sống hằng ngày, nên ta không thể không tính đến thời gian truyền tương tác và tốc độ lan truyền tương tác (tức là tốc độ sóng điện từ).

– Khái niệm sóng điện từ luôn gắn liền với điện từ trường đã nêu ở bài trước. Khái niệm về điện từ trường khá trừu tượng, nhưng sóng điện từ thì lại khá cụ thể, gắn密切 với cuộc sống hằng ngày.

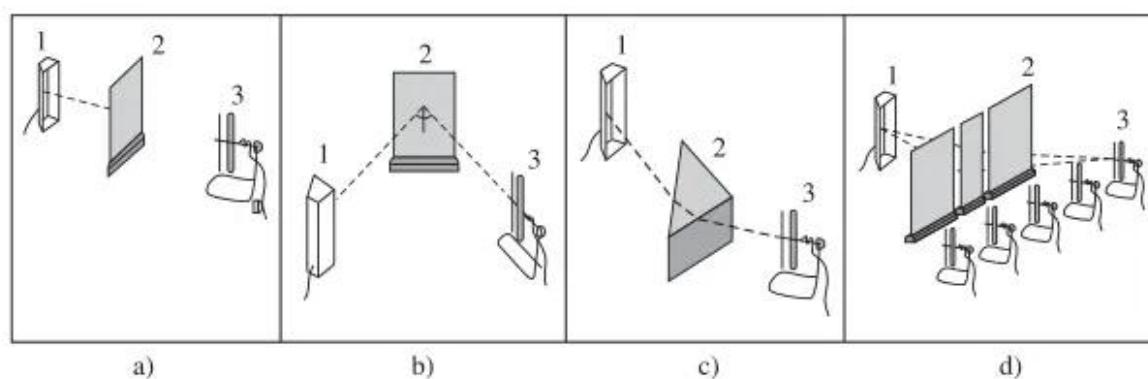
– Trong mục 3 SGK, có nêu một số tính chất cơ bản của sóng điện từ, trong đó, đặc biệt chú ý đến tính chất : Sóng điện từ truyền đi trong môi trường vật chất và cả trong chân không (*Sóng điện từ tự nó truyền đi trong chân không, mà không cần dựa vào sự biến dạng của một môi trường vật chất dàn hồi như nước, không khí, thép...*). Điều đó chứng tỏ sóng điện từ và sóng cơ tuy có những tính chất giống nhau, nhưng lại khác nhau về bản chất.

2. Phương pháp giảng dạy bài này chủ yếu là thông báo, giảng giải kết hợp với việc gợi ý HS phân tích tiếp cận kiến thức. Ví dụ, có thể dùng Hình 24.1 và 24.2 SGK để gợi ý HS phân tích, tiếp cận kiến thức một cách tự nhiên, hấp dẫn với những câu hỏi gợi ý, chẳng hạn :

– Vectơ cảm ứng từ \vec{B}_2 có biến thiên không ?

3. Sau khi trình bày đoạn mở bài (GV cũng có thể đặt vấn đề vào bài theo cách khác), GV đặt vấn đề về sự lan truyền tương tác giữa hai điện tích điểm. GV có thể yêu cầu HS trình bày lập luận của mình, sau đó GV tổng kết (tóm tắt một số ý chính trong đoạn in chữ nhỏ SGK). Căn cứ vào đó, GV thông báo khái niệm về sóng điện từ.

Nên khai thác Hình 24.4 dưới đây (là Hình 24.4 SGK), đó là những tính chất cơ bản của sóng điện từ.



Hình 24.4. Các thí nghiệm về tính chất sóng điện từ với các thiết bị gồm nguồn sóng (1), vật chắn (2), anten thu (3).

– Hình 24.4a. Gồm hộp phát sóng, vật chắn là các thanh bằng kim loại đặt thẳng đứng, anten thu sóng (tương tự anten tivi). Thí nghiệm cho thấy anten sẽ thu được sóng hoặc không thu được tùy theo tư thế của các thanh anten là song song hay vuông góc với các thanh chắn.

Hình 24.4b. Gồm hộp phát sóng, tấm kim loại phản xạ, anten thu. Thí nghiệm cho thấy, khi đặt với góc thích hợp thì anten sẽ thu được sóng phản xạ.

– Hình 24.4c. Gồm hộp phát sóng, vật chắn khúc xạ, anten thu. Tương tự thí nghiệm về lăng kính trong Quang hình học.

– Hình 24.4d. Gồm hộp phát sóng, hai khe chắn bằng kim loại, năm chiếc anten thu. Thí nghiệm cho thấy, hiện tượng giao thoa sóng được phát hiện nhờ thay đổi vị trí các anten thu.

C1 Câu hỏi này có dụng ý tập cho HS một cách làm ngược lại với thói quen trước đây. Ở các lớp dưới, HS được biết quy luật trước rồi vận dụng quy luật đó cho từng trường hợp cụ thể. Còn ở đây thì ngược lại, yêu cầu các em từ thực tế rồi tự rút ra quy luật. Chính vì vậy, HS có thể có nhiều cách phát biểu khác nhau. Đó sẽ là một tình huống sư phạm tốt để hướng HS tìm cái chung. Thực ra, quy luật này HS đã quen ở các lớp dưới với quy tắc nắm tay phải, quy tắc cái định ốc hoặc quy tắc tam diện thuận... Từ hình vẽ, HS có thể rút ra quy tắc là nếu xoay định ốc theo chiều từ \vec{E} sang \vec{B} thì chiều dịch chuyển của vít sẽ trùng với chiều truyền sóng điện từ.

V - HƯỚNG DẪN TRẢ LỜI CÂU HỎI VÀ GIẢI BÀI TẬP

Câu hỏi

1. Vì phương dao động của \vec{E} và \vec{B} vuông góc với phương truyền sóng.
2. Khác nhau ở môi trường truyền sóng và phương dao động.

Bài tập

1. A. 2. B.
3. Không, vì có giao thoa.
4. Dùng quy tắc vặn định ốc (hoặc quy tắc tam diện thuận).
5. Bài tập này tương đối khó so với thói quen học xuôi chiều của HS.

Hình này mô tả bốn thí nghiệm, lần lượt từ trái sang phải là các thí nghiệm về :

- a) Phương dao động của vectơ cường độ điện trường. Chấn tử phát sóng đặt thẳng đứng, vật chấn là những thanh kim loại cũng đặt thẳng đứng, và anten thu cũng có phương thẳng đứng, lúc này anten thu tín hiệu mạnh. Nếu đặt các dụng cụ trên có phương khác nhau thì tín hiệu thu được sẽ yếu, hoặc không thu được. Sóng điện từ là sóng ngang.
- b) Tính chất phản xạ của sóng điện từ. Vật chấn là một tấm kim loại phẳng, nhẵn tương tự như một gương phẳng phản xạ ánh sáng.
- c) Tính chất khúc xạ của sóng điện từ. Vật chấn là một khối chất điện môi có tác dụng tương tự như lăng kính trong Quang học.
- d) Tính chất giao thoa của sóng điện từ. Vật chấn là tấm kim loại có hai khe hẹp thẳng đứng song song với chấn tử và các anten thu. Các anten thu đặt ở các vị trí khác nhau và sẽ thu được các tín hiệu rất mạnh hoặc rất yếu tương tự như giao thoa của sóng cơ.