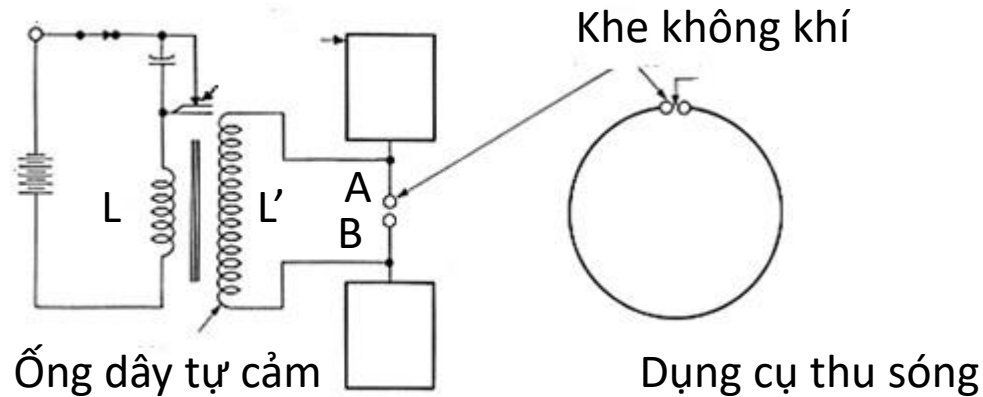


Chương 2. Sóng điện từ 8 g (6 LT, 1 BT, 1TH)

- 2.1. Thí nghiệm Hertz, chứng minh sự hiện diện của sóng điện từ
- 2.2. Sóng điện từ mặt, phương và tốc độ truyền sóng
- 2.3. Năng lượng sóng điện từ
- 2.4. Hiện tượng phát sóng điện từ, anten
- 2.5. Dải phổ của sóng điện từ
- 2.6. Một số ứng dụng thực tiễn của sóng điện từ

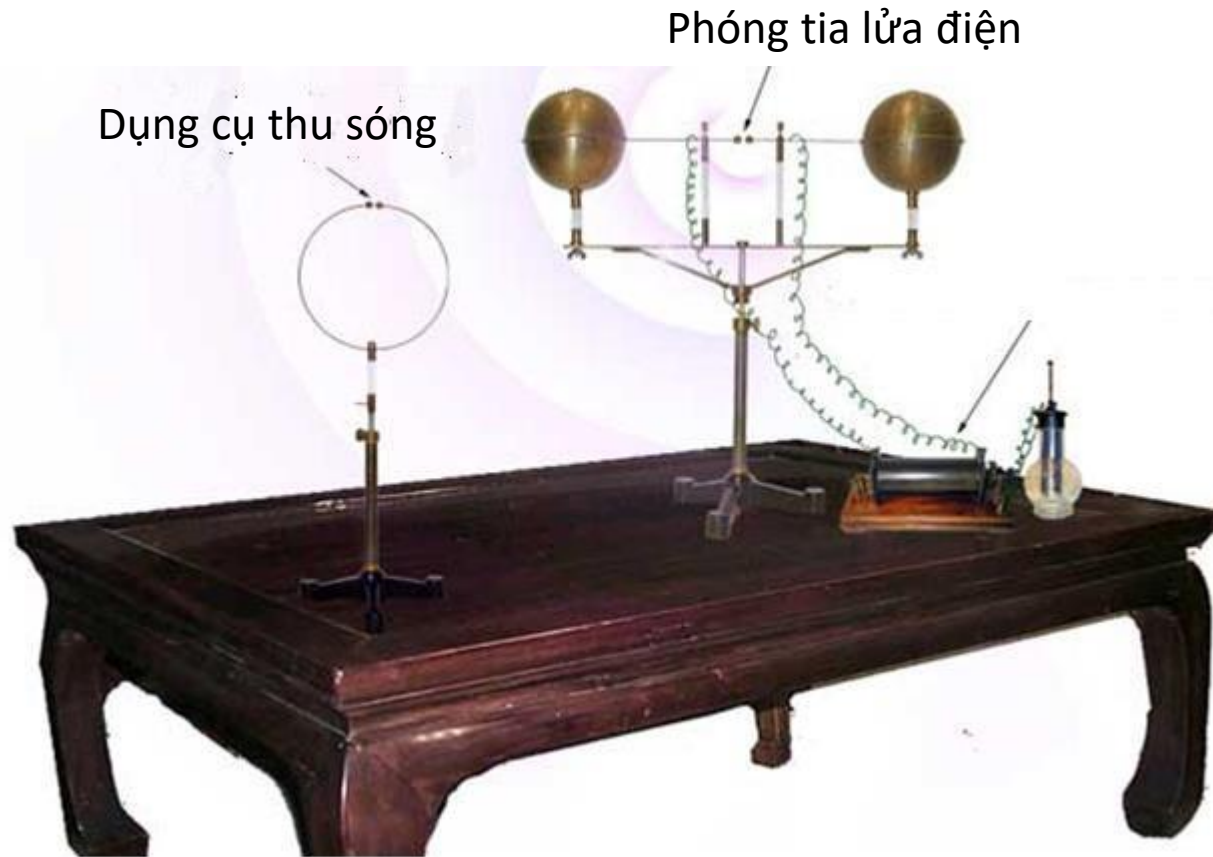
2.1. Thí nghiệm Hertz, chứng minh sự hiện diện của sóng điện từ

Thí nghiệm Hertz về sự tạo thành sóng điện từ



- Dùng một nguồn xoay chiều cao tần nối qua hai ống dây tự cảm L , L' đến hai thanh kim loại D và D' trên đầu có gắn hai quả cầu kim loại A và B khá gần nhau.
- Điều chỉnh hiệu điện thế và khoảng cách giữa AB để có hiện tượng phóng điện giữa A và B .
- Giữa AB đã xuất hiện một điện trường xoay chiều. Mọi điểm trong gian xung quanh đều có cặp vectơ cường độ điện trường \vec{E} và cường độ từ trường \vec{H} biến thiên theo thời gian.

Thí nghiệm Hertz về sự tạo thành sóng điện từ



*Heinrich Rudolf Hertz
(1857 – 1894)*

- Thí nghiệm Hertz chứng tỏ điện từ trường biến thiên đã được truyền đi trong không gian.

Sự tạo thành sóng điện từ

- Tại điểm O, ta tạo ra một điện trường biến thiên i.e. vecto cường độ điện trường \vec{E} biến thiên theo thời gian.
- Điện trường biến thiên này sẽ tạo ra từ trường \vec{H} ở xung quanh cũng biến thiên theo thời gian.
- Như vậy cặp vecto \vec{E}, \vec{H} đã được truyền đến mọi điểm trong không gian, quá trình đó tạo thành sóng điện từ.
- Sóng điện từ là trường điện từ biến thiên truyền đi trong không gian.

Tính chất của sóng điện từ

- a) Sóng điện từ tồn tại cả trong môi trường vật chất và trong môi trường chân không
- b) Sóng điện từ là sóng ngang: tại mỗi điểm trong không gian có sóng điện từ, các vecto \vec{E}, \vec{H} dao động vuông góc với phương truyền sóng
- c) Vận tốc truyền sóng điện từ trong một môi trường đồng chất và đẳng hướng

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0 \epsilon \mu}} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon \mu}} = \frac{c}{n}$$
$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

trong đó

ϵ và μ là hằng số điện môi và độ từ thẩm của môi trường
 $\sqrt{\epsilon \mu} = n$ là chiết suất tuyệt đối của môi trường ($n \geq 1$)

Trong chân không

$$\epsilon = 1, \mu = 1, v = c$$

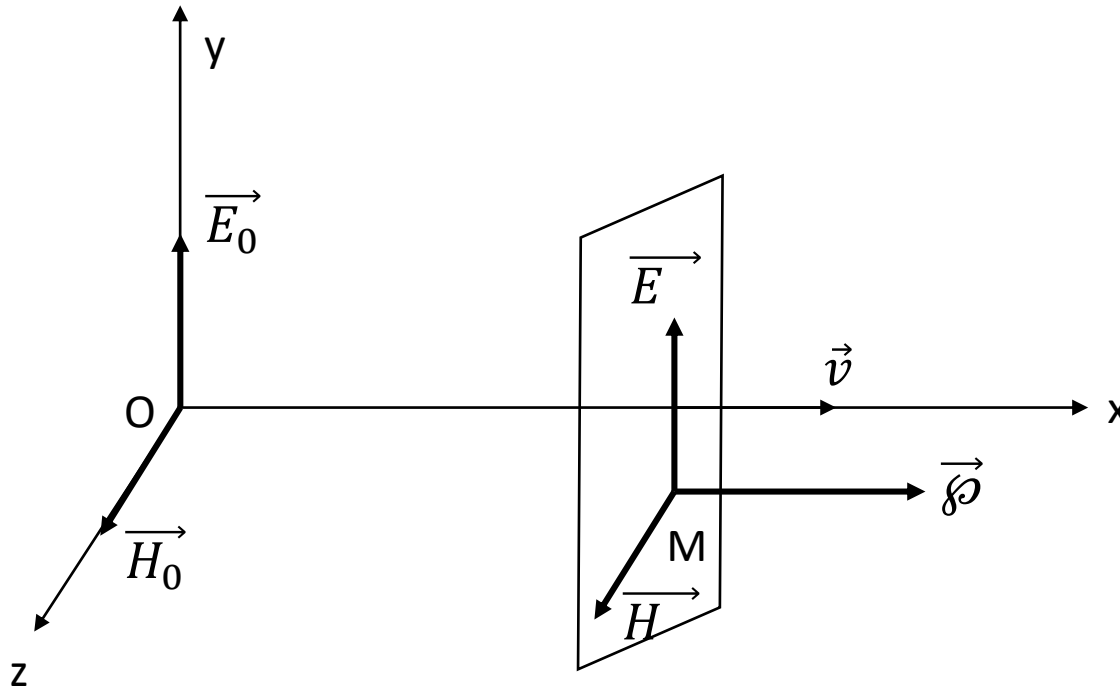
2.2. Sóng điện từ mặt, phương và tốc độ truyền sóng

Sóng điện từ phẳng đơn sắc

Có các đặc tính sau đây:

- a) Các mặt sóng là những mặt phẳng song song
- b) Các vectơ \vec{E} và \vec{H} có phương không thay đổi và có trị số là hàm sin của thời gian
- c) Trong một môi trường nhất định, nó có bước sóng xác định

$$\lambda = vT$$

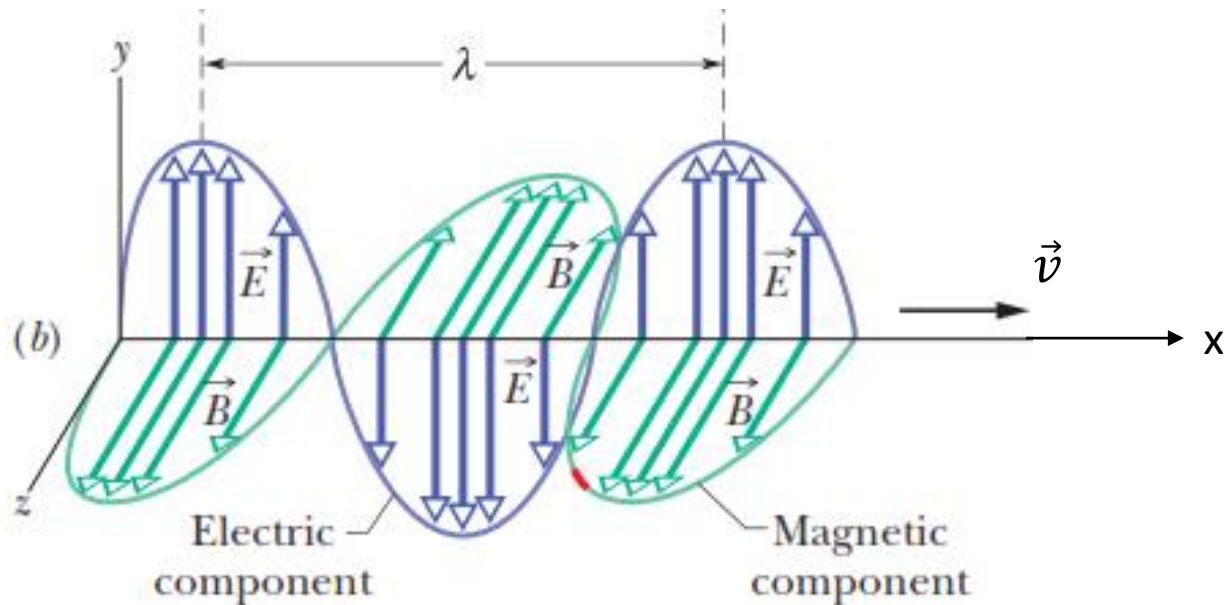


Sóng điện từ phẳng đơn sắc

Đối với sóng điện từ phẳng đơn sắc

- a) Hai vecto \vec{E} và \vec{H} luôn vuông góc nhau
- b) Ba vecto \vec{E} , \vec{H} và \vec{v} hợp thành tam diện thuận
- c) \vec{E} và \vec{H} luôn dao động cùng pha và có trị số tỉ lệ

$$\sqrt{\epsilon_0 \epsilon} |\vec{E}| \approx \sqrt{\mu_0 \mu} |\vec{H}|$$



2.3. Năng lượng sóng điện từ

Năng lượng sóng điện từ

- Bản chất sóng điện từ là trường điện từ biến thiên. Năng lượng sóng điện từ là năng lượng trường điện từ, năng lượng này định xứ trong khoảng không gian có sóng điện từ.
- Mật độ năng lượng sóng điện từ

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

- Nếu sóng điện từ là phẳng và đơn sắc

$$\sqrt{\epsilon_0\epsilon}|\vec{E}| = \sqrt{\mu_0\mu}|\vec{H}|$$

$$\epsilon_0\epsilon E^2 = \mu_0\mu H^2$$

$$w = \epsilon_0\epsilon E^2 = \mu_0\mu H^2 = \sqrt{\epsilon_0\epsilon}|\vec{E}| \cdot \sqrt{\mu_0\mu}|\vec{H}|$$

Mật độ năng thông sóng điện từ

- Năng thông sóng điện từ có trị số bằng năng lượng truyền qua một diện tích trong một đơn vị thời gian.

$$\mathcal{P} = w \cdot v = \sqrt{\epsilon_0 \epsilon} |\vec{E}| \cdot \sqrt{\mu_0 \mu} |\vec{H}| \cdot \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0 \epsilon \mu}} = |\vec{E}| \cdot |\vec{H}|$$

- Vecto mật độ năng thông sóng điện từ (vecto Poynting)

$$\vec{\mathcal{P}} = \vec{E} \wedge \vec{H}$$

Cường độ sóng điện từ

- Cường độ sóng điện từ có trị số bằng giá trị trung bình theo thời gian của mật độ năng thông tại một điểm

$$J = \bar{w} \cdot v$$

- Nếu sóng điện từ là phẳng và đơn sắc

$$J = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\epsilon_0 \epsilon}{\mu_0 \mu}} \cdot E_m^2 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\mu_0 \mu}{\epsilon_0 \epsilon}} \cdot H_m^2$$

E_m và H_m là biên độ của cường độ điện trường và cường độ từ trường

Cường độ sóng điện từ

- Cường độ của sóng điện từ là tốc độ trung bình theo thời gian mà năng lượng sóng truyền đi trên một đơn vị diện tích

$$I = \frac{1}{c\mu_0} E_{rms}^2$$

trong đó $E_{rms} = E_m/\sqrt{2}$

- Cường độ sóng ở khoảng cách r cách nguồn phát sóng điện từ (đẳng hướng) công suất P_s

$$I = \frac{P_s}{4\pi r^2}$$

Áp suất sóng điện từ

- Khi sóng điện từ chiếu tới một bề mặt nào đó thì bề mặt ấy chịu một áp suất và một lực tác dụng.
- Nếu bề mặt hấp thụ hoàn toàn bức xạ điện từ chiếu tới thì lực tác dụng bằng

$$F = \frac{IA}{c}$$

trong đó I là cường độ của bức xạ và A là diện tích bề mặt vuông góc nhận bức xạ.

- Nếu bức xạ phản xạ hoàn toàn và quay lại đường cũ thì lực tác dụng là

$$F = \frac{2IA}{c}$$

- Áp suất bức xạ là lực tác dụng tính trên đơn vị diện tích

$$p_r = \frac{I}{c} \quad (\text{tr/hợp: bức xạ điện từ được hấp thụ hoàn toàn})$$

$$p_r = \frac{2I}{c} \quad (\text{tr/hợp: bức xạ điện từ phản xạ hoàn toàn})$$

2.4. Hiện tượng phát sóng điện từ, anten

Sự phát sóng điện từ của một lưỡng cực nguyên tố dao động

- Thí nghiệm của Hertz đã cho ta một thí dụ về sự phát sóng điện từ: trong thí nghiệm đó điện tích trên hai quả cầu A, B đã biến thiên một cách tuần hoàn theo thời gian.
- Thực nghiệm chứng tỏ rằng khoảng cách $AB = l$ phải nhỏ hơn bước sóng λ của sóng điện từ.
- Đó là một lưỡng cực nguyên tố dao động.
- Lưỡng cực nguyên tố dao động tạo bởi hai điện cực A và B cách nhau một khoảng l , điện tích trên hai điện cực trái dấu nhau và biến thiên tuần hoàn theo thời gian nhờ một nguồn cung cấp. Nếu nguồn cấp những dao động điện điều hòa thì điện tích trên hai cực của lưỡng cực điện biến thiên theo hàm số sin của thời gian

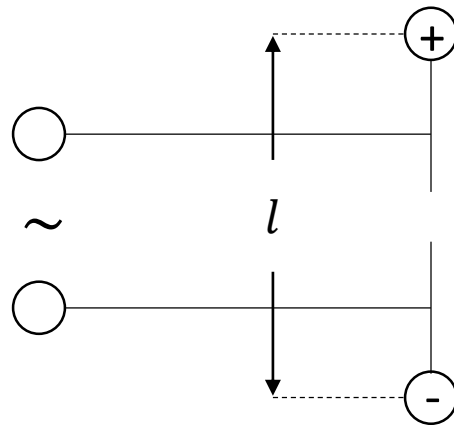
$$q = q_0 \sin \omega t$$

và mômen điện của lưỡng cực

$$p = ql = q_0 l \sin \omega t$$

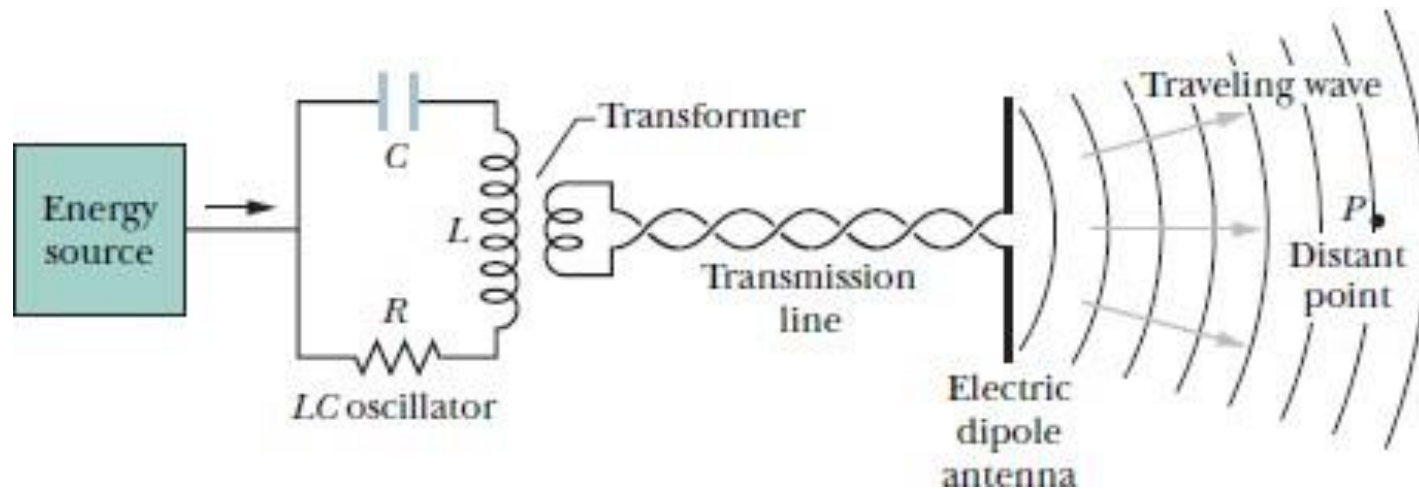
- Lưỡng cực nguyên tố dao động phát ra sóng điện từ.

Sự phát sóng điện từ của một lưỡng cực nguyên tử dao động



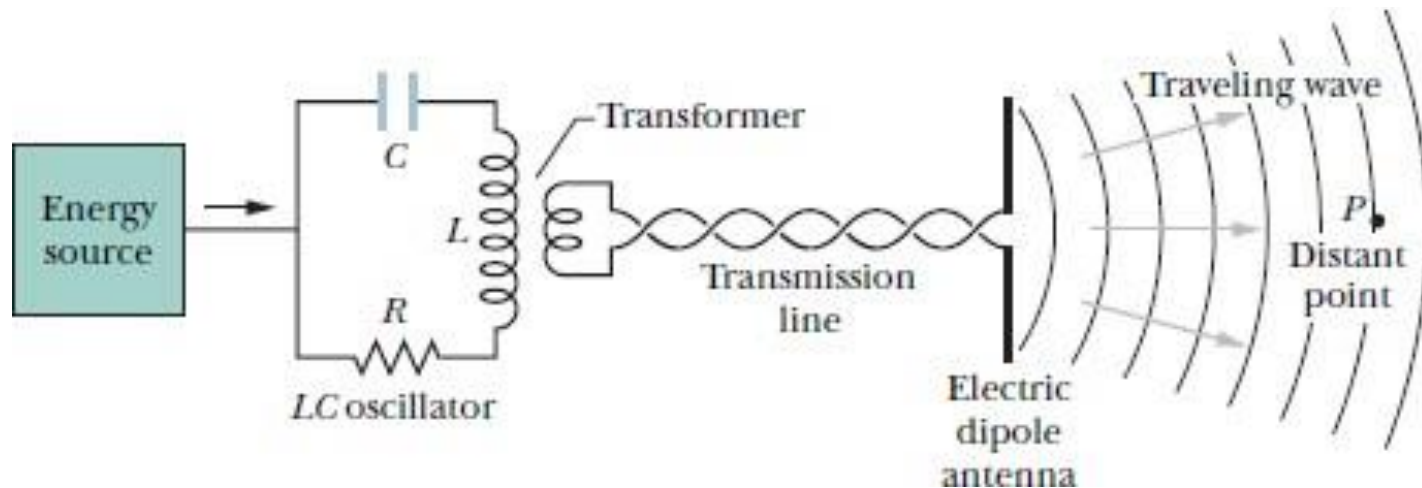
Lưỡng cực nguyên tử

Hệ phát sóng điện từ



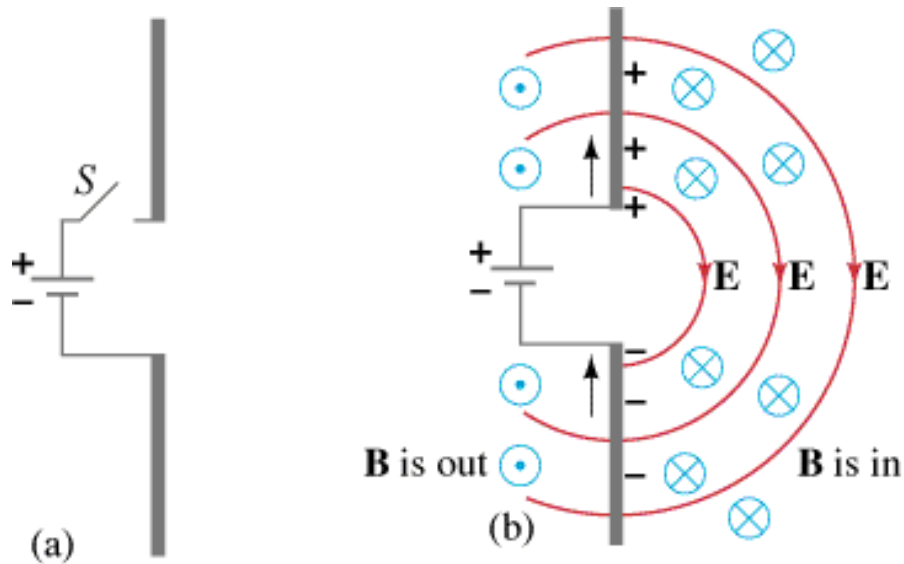
- **Mạch dao động LC** tạo ra dòng điện hình sin: điện tích và dòng trong mạch này biến thiên hình sin theo tần số
- Một **nguồn cung cấp năng lượng** để bù lại mất mát nhiệt trong mạch và năng lượng phát sóng điện từ.
- Mạch dao động LC này kết hợp với **một biến thế** và một đường truyền tới **một ăngten** (gồm hai dây dẫn mỏng).
- Qua sự kết hợp này, dòng điện dao động hình sin trong mạch dao động sẽ làm cho điện tử dao động hình sin dọc theo dây của anten với cùng tần số .

Hệ phát sóng điện từ



- Ăngten có hiệu ứng của lưỡng cực điện, có **momen lưỡng cực điện** dao động hình sin dọc theo ăngten.
- Do momen lưỡng cực biến thiên về độ lớn và hướng, điện trường tạo ra bởi lưỡng cực cũng biến thiên về độ lớn và hướng.
- Và vì dòng điện thay đổi, từ trường sinh ra bởi dòng điện cũng biến thiên về độ lớn và hướng.

Hệ phát sóng điện từ



- Đóng khóa S và dòng điện xuất hiện. Tạo ra điện trường \mathbf{E} .
- Điện trường thay đổi theo thời gian tạo ra từ trường xung quanh nó.
- Năng lượng lưu giữ trong không gian của trường.

2.5. Dải phổ của sóng điện từ

Dải phổ sóng điện từ

- Sóng điện từ đơn sắc là sóng điện từ phát ra bởi một nguồn có tần số xác định.
- Trong một môi trường nhất định có chiết suất n xác định, sóng điện từ đơn sắc có một bước sóng λ xác định. Với T là chu kì, v là vận tốc truyền sóng điện từ trong môi trường.

$$\lambda = vT$$

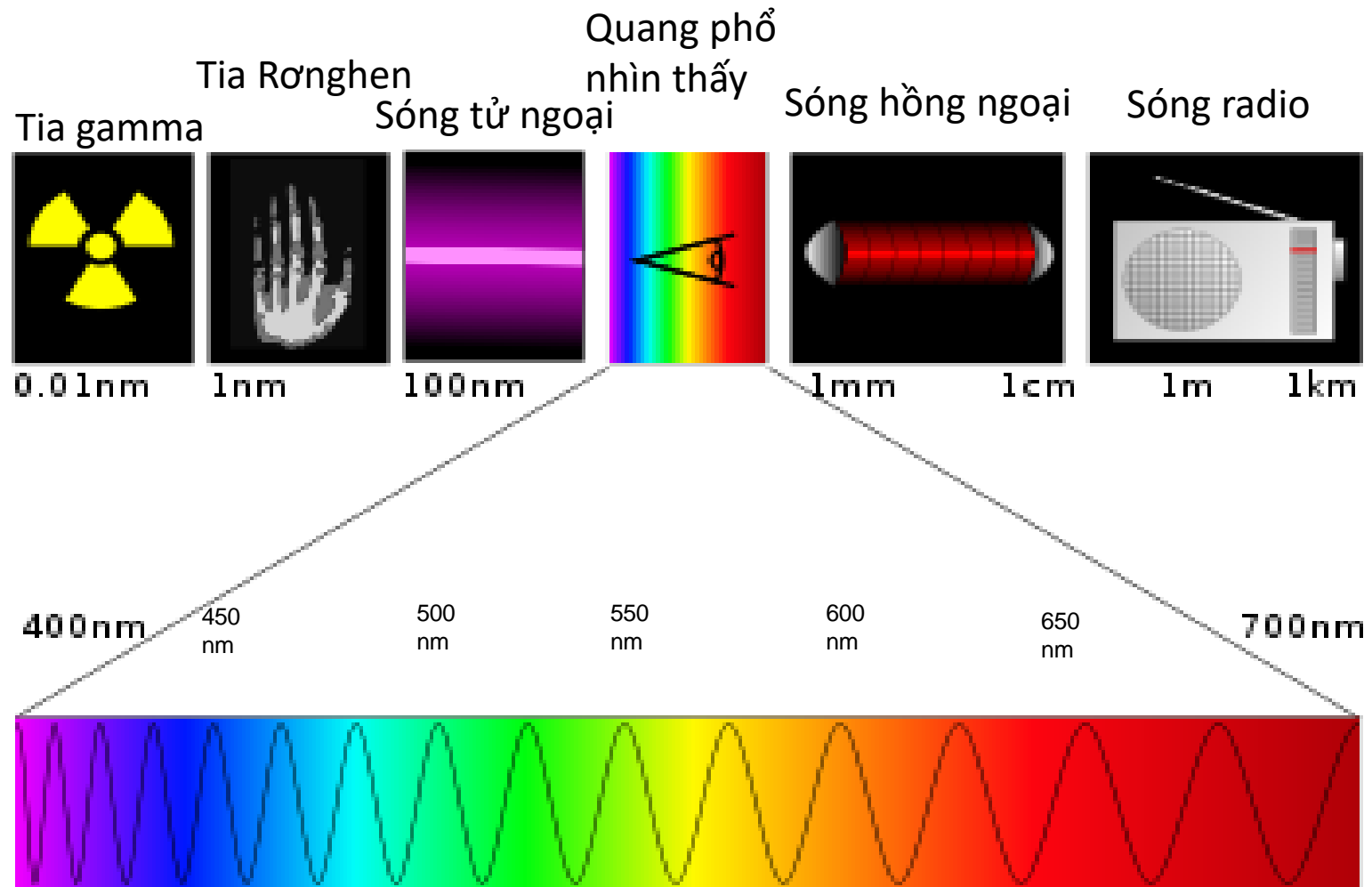
$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}} = \frac{c}{n}$$

$$\lambda = \frac{cT}{n} = \frac{\lambda_0}{n}$$

Với λ_0 là bước sóng điện từ trong chân không

- Bước sóng của sóng điện từ phụ thuộc môi trường, nó có trị số lớn nhất trong chân không.

Dải phổ sóng điện từ



2.6. Một số ứng dụng thực tiễn của sóng điện từ