

# 21

## DAO ĐỘNG ĐIỆN TỬ

### I - MỤC TIÊU

- Biết được cấu tạo của mạch dao động  $LC$  và hiểu được khái niệm dao động điện từ.
- Thiết lập được công thức về dao động điện từ riêng của mạch  $LC$  (các biểu thức phụ thuộc thời gian của điện tích, cường độ dòng điện, hiệu điện thế, năng lượng điện từ).
- Hiểu được nguyên nhân làm tắt dần dao động điện từ và nguyên tắc duy trì dao động.
- Hiểu được sự tương tự giữa dao động điện và dao động cơ.

### II - CHUẨN BỊ

#### Giáo viên

- In phóng trên giấy khổ lớn Hình 21.3 về dao động của mạch  $LC$  và dao động của con lắc đơn trong SGK.
- Nên chuẩn bị thí nghiệm ảo minh họa rất chi tiết diễn biến dao động điện trong mạch  $LC$  với đồ thị dao động khá tường minh. Có thể sử dụng ngay phần mềm đã nêu trong Bài 13.

#### Học sinh

- Ôn tập các kiến thức cơ bản về :
  - Dao động cơ (dao động tự do, dao động tắt dần, dao động duy trì).
  - Định luật Ôm cho các loại mạch điện, các công thức về tụ điện và cuộn cảm, năng lượng tụ điện tích điện (năng lượng điện trường) và năng lượng ống dây có dòng điện (năng lượng từ trường).
  - Giúp GV chuẩn bị tranh ảnh hoặc thí nghiệm ảo (hoặc thí nghiệm thực).

### III - NHỮNG ĐIỀU CẦN LƯU Ý

1. Nên khai thác Hình 21.3 SGK để hiểu rõ quá trình hình thành dao động điện từ điều hoà trong mạch  $LC$  theo *quan điểm năng lượng*.

– Giả sử ở trạng thái ban đầu, khi hai bản ở tụ điện đã được tích đầy điện, điện tích của tụ điện là  $q_0$ , hiệu điện thế giữa hai bản là  $u_0 = \frac{q_0}{C}$ , năng lượng điện trường của tụ điện  $W_0 = \frac{q_0^2}{2C}$ . Khi  $K$  chuyển sang phía cuộn dây  $L$  (Hình 21.1 SGK), tụ điện  $C$  bắt đầu phóng điện qua cuộn dây  $L$ , dòng điện do tụ điện phóng ra tăng lên từ giá trị bằng 0. Dòng điện này tạo một từ thông *tăng dần* qua cuộn dây  $L$ . Trong cuộn dây  $L$  xuất hiện một dòng điện tự cảm ngược chiều với dòng điện do tụ điện phóng ra (theo định luật Len-xơ). Kết quả là dòng điện tổng hợp  $i$  trong mạch tăng dần từ giá trị 0 đến giá trị cực đại.

Năng lượng từ trường  $W_L = \frac{Li^2}{2}$  của ống dây sẽ tăng dần. Như vậy đã có sự chuyển hoá dần năng lượng điện trường thành năng lượng từ trường. Khi tụ điện  $C$  phóng hết điện tích ( $q = 0$ ), năng lượng điện trường  $W_C = 0$ , dòng điện trong mạch đạt giá trị cực đại:  $I_{\max} = I_0$ , năng lượng từ trường của ống dây  $L$  cũng đạt cực đại  $W_{L\max} = \frac{LI_0^2}{2}$ .

Sau đó, vì tụ điện  $C$  không còn điện tích nên tác dụng duy trì dòng điện không còn nữa, và dòng điện  $i$  chạy qua cuộn dây bắt đầu giảm. Nhưng khi đó, trong cuộn dây  $L$  lại xuất hiện một dòng điện tự cảm cùng chiều với dòng điện  $i$  do tụ điện phóng ra (theo định luật Len-xơ). Kết quả là, dòng điện tổng hợp trong mạch giảm dần (bắt đầu từ giá trị  $I_0$ ). Trong giai đoạn này, cuộn dây  $L$  đóng vai trò của một nguồn điện, tích điện lại cho tụ điện  $C$ , nhưng theo chiều ngược với trước. Điện tích  $q$  của tụ điện lại tăng dần từ giá trị 0 đến giá trị cực đại  $q_0$ . Năng lượng từ trường của cuộn dây giảm dần, còn năng lượng điện trường của tụ điện tăng dần. Vậy đã có sự chuyển hoá dần từ năng lượng từ trường thành năng lượng điện trường. Khi cuộn dây  $L$  đã giải phóng hết năng lượng từ trường ( $i = 0$ ) thì điện tích của tụ điện  $C$  lại đạt đến giá trị cực đại  $q_{\max} = q_0$ , nhưng đổi dấu ở hai bản so với ban đầu. Năng lượng điện trường lại đạt giá trị cực đại  $W_C = \frac{q_0^2}{2C}$ .

Từ đây, toàn bộ quá trình biến đổi trên lại lặp lại, tụ điện  $C$  lại phóng điện, nhưng ngược với chiều ban đầu, cuộn dây được tích năng lượng, sau đó cuộn dây  $L$  lại giải phóng năng lượng để tụ điện  $C$  được nạp điện. Cuối cùng, mạch dao động trở về trạng thái ban đầu và một dao động điện từ toàn phần đã được thực hiện.

Toàn bộ diễn biến quá trình tuần hoàn trên có thể quan sát rất chi tiết nhờ thí nghiệm ảo như đã gợi ý ở trên. Để dễ quan sát, dao động phải diễn biến chậm, tức là chu kỳ lớn. Muốn vậy, ta cần chọn các trị số điện dung và độ tự cảm lớn. Ví dụ  $C = 1\,000\ \mu\text{F}$ ;  $L = 10\ \text{H}$  và độ chia trên trục thời gian quét vào cỡ 0,2 s như ở Hình 21.1. HS có thể quan sát rõ sự biến đổi về điện tích trên tụ điện, dòng điện trong mạch, độ giảm thế... nhờ khả năng hoạt hình của thí nghiệm ảo này.

2. Để tìm được phương trình dao động điện từ điều hoà, ta cũng có thể xuất phát từ định luật bảo toàn năng lượng : năng lượng toàn phần của mạch dao động (bao gồm năng lượng điện trường và năng lượng từ trường) không đổi theo thời gian.

Nghĩa là :

$$W_C + W_L = W = \text{hằng số}$$

hay 
$$\frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2} = \text{hằng số}$$

Lấy đạo hàm hai vế theo thời gian :

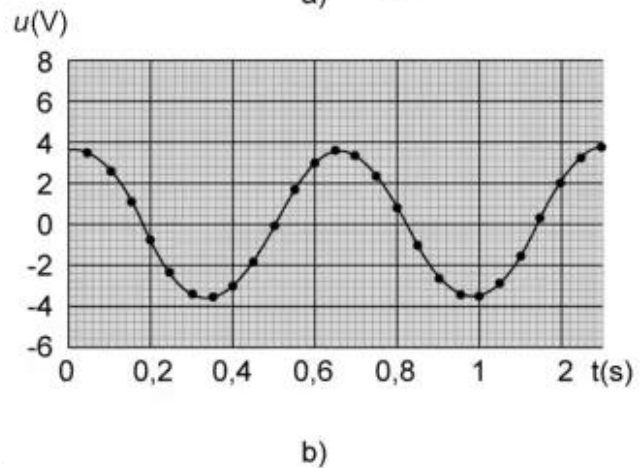
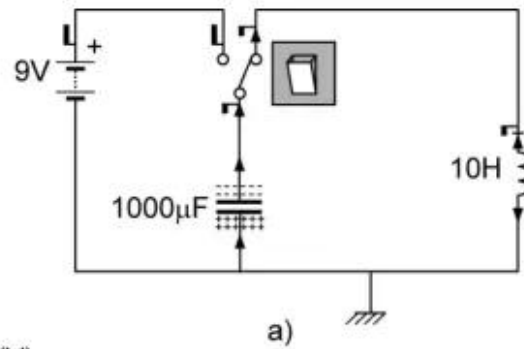
$$\frac{q}{C} \frac{dq}{dt} + Li \frac{di}{dt} = 0$$

Nhưng  $i = \frac{dq}{dt}$ , và do đó  $\frac{di}{dt} = \frac{d^2q}{dt^2}$ , nên ta suy ra :

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{LC}q = 0$$

Đặt  $\frac{1}{LC} = \omega_0^2$ , ta có :

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \omega_0^2q = 0 \quad \text{hay} \quad q'' + \omega_0^2q = 0$$



Hình 21.1

Phương trình này có nghiệm :  $q = q_0 \cos(\omega_0 t + \varphi)$ . Vậy điện tích hai bản tụ điện biến thiên (dao động) điều hoà với tần số góc  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$  (là tần số góc riêng của mạch  $LC$ ) theo phương trình :

$$q = q_0 \cos(\omega_0 t + \varphi)$$

Theo điều kiện đặt ra, khi  $t = 0$ ,  $q = q_0$ , ta có  $\varphi = 0$ . Vì vậy :

$$q = q_0 \cos \omega_0 t$$

Từ đó ta tìm biểu thức của cường độ dòng điện trong mạch  $LC$  và hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện :

$$i = \frac{dq}{dt} = -\omega_0 q_0 \sin(\omega_0 t) = \omega_0 q_0 \cos(\omega_0 t + \frac{\pi}{2})$$

$$u = \frac{q}{C} = \frac{q_0}{C} \cos \omega_0 t$$

Các phương trình trên chứng tỏ dao động điện từ riêng của mạch  $LC$  là một dao động điều hoà với chu kì riêng :

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi\sqrt{LC}$$

Trong thực tế, ở mạch dao động bao giờ cũng có điện trở thuần của dây dẫn. Người ta coi như có một điện trở  $R$  thay thế cho điện trở của toàn mạch mắc nối tiếp với  $L$ .

Bây giờ, tiến hành nạp điện cho tụ điện  $C$ , sau đó cho tụ điện này phóng điện qua điện trở  $R$  và cuộn dây  $L$ . Tương tự như đã trình bày ở trên, ở đây cũng có sự chuyển hoá giữa năng lượng điện trường của tụ điện  $C$  và năng lượng từ trường của cuộn dây  $L$ . Nhưng khác với trước đây, bây giờ năng lượng của mạch bị giảm dần do sự *toả nhiệt* trên điện trở  $R$ . Chính vì vậy mà sự biến thiên theo thời gian của cường độ dòng điện xoay chiều trong mạch, cũng như của điện tích tụ điện, hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện... không tuân theo quy luật dạng sin nữa, mà trở thành các dao động có biên độ giảm dần theo thời gian. Ta nói trong mạch có dao động điện từ tắt dần (Hình 21.2).



Hình 21.2. Dao động điện từ tắt dần.

Ta hãy thiết lập phương trình dao động điện từ tắt dần. Ta biết trong quá trình dao động điện từ tắt dần, một phần năng lượng của dao động biến thành nhiệt toả trên điện trở  $R$ . Giả sử trong khoảng thời gian  $dt$ , năng lượng của dao động giảm một lượng  $dW$  và nhiệt toả trên điện trở  $R$  là  $Ri^2 dt$ . Theo định luật bảo toàn năng lượng, ta có :

$$-dW = Ri^2 dt$$

Nhưng  $W = W_C + W_L = \frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2}$ , nên :

$$-d\left(\frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2}\right) = Ri^2 dt$$

hay 
$$\frac{d}{dt}\left(\frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2}\right) = -Ri^2 \Rightarrow \frac{q}{C} \frac{dq}{dt} + Li \frac{di}{dt} = -Ri^2$$

Vì  $i = \frac{dq}{dt}$  nên ta có thể viết :

$$\frac{q}{C} i + Li \frac{di}{dt} = -Ri^2 \text{ hay } \frac{q}{C} + L \frac{di}{dt} = -Ri$$

Lấy đạo hàm hai vế phương trình này theo thời gian, ta được :

$$L \frac{d^2 i}{dt^2} + R \frac{di}{dt} + \frac{i}{C} = 0$$

hay 
$$\frac{d^2 i}{dt^2} + 2\beta \frac{di}{dt} + \omega_0^2 i = 0$$

Do đó : 
$$i'' + 2\beta i' + \omega_0^2 i = 0$$

trong đó ta đặt  $\frac{R}{L} = 2\beta$  và  $\omega_0^2 = \frac{1}{LC}$ , với  $\omega_0$  là tần số góc riêng của mạch dao động.

Phép tính chi tiết cho kết quả sau :

Khi  $\omega_0 > \beta$  hay  $\frac{1}{LC} > \left(\frac{R}{2L}\right)^2$ , (hay  $R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ ), nghiệm của phương trình

có dạng : 
$$i = I_0 e^{-\beta t} \cos(\omega' t + \varphi)$$

Phương trình này chính là phương trình của dao động điện từ tắt dần. Các đại lượng  $I_0$  và  $\varphi$  được xác định từ điều kiện ban đầu. Còn  $\omega'$  là tần số góc của dao

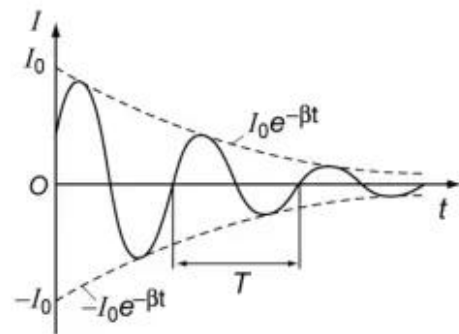
động tắt dần có giá trị : 
$$\omega' = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}$$

Từ đó, chu kì dao động điện từ tắt dần bằng :

$$T = \frac{2\pi}{\omega'} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}} > T_0$$

Đại lượng  $I = I_0 e^{-\beta t}$  chính là biên độ của dao động tắt dần. Ta thấy biên độ dao động giảm dần với thời gian theo quy luật hàm mũ.

Đường biểu diễn của  $I$  theo thời gian  $t$  trên Hình 21.3 cho thấy rõ tính chất đó (đường này nằm *nội tiếp* giữa hai đường cong  $-I_0 e^{-\beta t}$  và  $I_0 e^{-\beta t}$ ).



Hình 21.3

Ta thấy chu kì dao động điện từ tắt dần lớn hơn chu kì riêng  $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0}$  của dao động điện từ riêng của mạch.

Cần chú ý rằng, dao động điện từ trong mạch  $RLC$  chỉ xảy ra khi  $\omega_0 > \beta$  hay  $R < 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ . Trị số điện trở  $R_0 = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$  được gọi là *điện trở tới hạn* của mạch. Nếu  $R \geq R_0$  ( $\omega_0 \leq \beta$ ) thì trong mạch không có hiện tượng dao động (cường độ dòng điện giảm theo quy luật *hàm mũ*).

Lưu ý thêm rằng, mạch dao động "LC thực" bao giờ cũng có bức xạ sóng điện từ, không có mạch kín tuyệt đối, cho nên năng lượng của nó còn bị tiêu hao do bức xạ nữa,

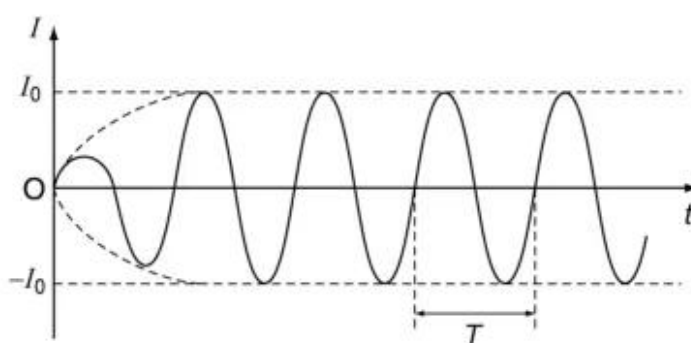


3. Để tạo dao động điện từ duy trì trong mạch  $RLC$ , người ta có thể dùng một nguồn điện xoay chiều, hoặc một nguồn điện một chiều với mạch điều khiển nhằm bổ sung phần năng lượng bị tiêu hao do hiệu ứng Jun sau mỗi chu kì.

Ta hãy xét trường hợp mạch  $RLC$  được mắc vào một nguồn điện xoay chiều có dạng  $u = U_0 \cos \omega t$ .

Trong giai đoạn đầu, dao động trong mạch là chồng chất dao động của hai dòng điện :  $i_1$  dao động tắt dần với tần số góc  $\omega' = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}$  và  $i_2$  dao động cưỡng bức với tần số góc  $\omega$  (của nguồn  $u$ ). Sau thời gian quá độ, thành phần dao động tắt dần gần như không còn nữa ; trong mạch chỉ còn dao động cưỡng bức với tần số góc bằng tần số góc  $\omega$  của nguồn. Dao động cưỡng bức này chính là dòng điện xoay chiều chạy trong mạch (sẽ xét ở chương V).

Hình 21.4 vẽ đường biểu diễn dao động cưỡng bức trong mạch, trong đó thể hiện rõ giai đoạn quá độ và giai đoạn trong mạch chỉ còn dao động điện cưỡng bức với tần số  $\omega$  của nguồn điện xoay chiều :



Hình 21.4

$$i = i_2 = I_0 \cos(\omega t + \varphi)$$

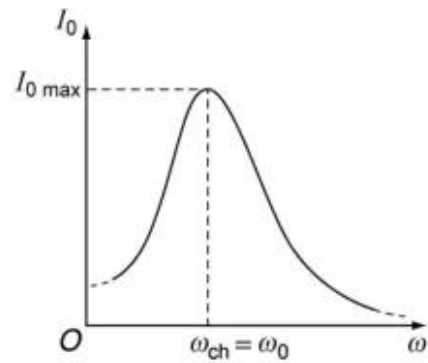
Tương tự như dao động cơ, biên độ  $I_0$  của dao động (dòng điện) cưỡng bức phụ thuộc giá trị của tần số góc  $\omega$  của nguồn điện xoay chiều đặt vào trong mạch (nguồn kích thích). Với một điện trở  $R$  nhất định của mạch và với một giá trị  $U_0$ , người ta thấy rằng biên độ  $I_0$  sẽ đạt giá trị cực đại khi tần số góc của nguồn kích thích có giá trị bằng tần số góc riêng của mạch dao động  $\omega = \omega_0$ .

Hiện tượng biên độ dòng điện của dao động điện từ cưỡng bức đạt giá trị cực đại khi tần số dao động cưỡng bức bằng tần số riêng được gọi là hiện tượng cộng hưởng điện.

$$\omega_{ch} = \omega_0$$

( $\omega_{ch}$  được gọi là tần số góc cộng hưởng)

Trên Hình 21.5 có vẽ đường biểu diễn sự biến thiên của biên độ  $I_0$  của dao động điện từ cưỡng bức theo tần số góc  $\omega$  của nguồn kích thích. Đường biểu diễn đó chứng tỏ khi  $\omega = \omega_{ch} = \omega_0$  thì  $I_0 = I_{ch} = \frac{U_0}{R}$ . Khi đó ta có cộng hưởng điện.



Hình 21.5

Trong thực tế muốn có hiện tượng cộng hưởng điện, người ta có thể thay đổi tần số góc  $\omega$  sao cho nó bằng tần số góc riêng  $\omega_0$  của mạch dao động, hoặc thay đổi hệ số tự cảm  $L$  và tụ điện  $C$  của mạch dao động sao cho tần số góc riêng  $\omega_0$  của mạch đúng bằng tần số góc kích thích  $\omega$ .

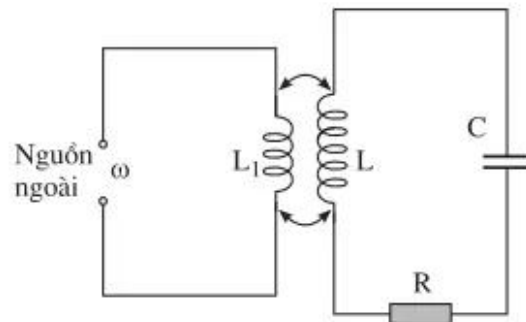
Hiện tượng cộng hưởng điện được ứng dụng rất rộng rãi trong kĩ thuật truyền thông, chẳng hạn trong mạch thu sóng điện từ (mạch chọn sóng), mạch lọc, hoặc mạch khuếch đại.

4. Hình 21.7 SGK trình bày một mạch dao động điện từ nhằm hình thành khái niệm dao động điện từ cưỡng bức và hiện tượng cộng hưởng trong dao động điện từ.

Mạch này gồm 2 thành phần :

Mạch dao động riêng có 3 linh kiện  $L$ ,  $C$  và  $R$  là tượng trưng cho điện trở thuần của cuộn dây  $L$ .

Nguồn điện dao động hình sin bên ngoài được ghép với mạch  $LC$  bằng cảm ứng điện từ giữa hai ống dây  $L_1$  và  $L$  (Hình 21.6).



Hình 21.6

Lưu ý rằng, ban đầu chưa có kích thích (tác dụng điện hoặc từ) thì trong mạch  $LC$  không có dao động điện. Khi đặt một nguồn điện dao động với tần số góc  $\omega$  vào hai đầu  $L_1$  thì mạch trong mạch  $LC$  xuất hiện

dao động điện có cùng tần số góc  $\omega$  của nguồn điện ngoài. Nếu tần số của nguồn ngoài thay đổi thì tần số trong mạch  $LC$  cũng thay đổi theo và luôn bằng tần số của nguồn điện ngoài.

Lúc này, có thể coi là mạch  $LC$  bị cưỡng bức dao động bởi nguồn điện ngoài, đây chính là hiện tượng dao động điện cưỡng bức. Ta thấy hiện tượng này tương tự



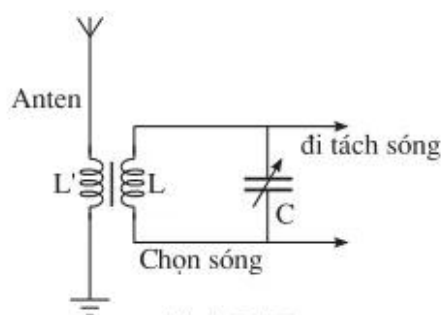
như dao động cưỡng bức trong cơ học và cân hướng dẫn học sinh thấy rõ mối liên hệ ấy.

Trong mạch  $LC$  có dao động cưỡng bức thì cũng có sự biến thiên tuần hoàn và lệch pha giữa  $u$  và  $i$  tương tự như trong mạch  $LC$  dao động tự do, chỉ khác là tần số dòng điện trong mạch không thể khác tần số của nguồn điện ngoài. Mặc dù mỗi mạch  $LC$  đều có một tần số dao động riêng xác định  $\omega_0$  tùy theo số trị của  $L$  và  $C$ .

Điều đặc biệt là khi ta biến đổi tần số  $\omega$  của nguồn điện ngoài (biên độ giữ không đổi), cho đến khi  $\omega = \omega_0$  thì dòng điện trong mạch  $LC$  sẽ có biên độ lớn rõ rệt. Lúc này xảy ra hiện tượng cộng hưởng điện, dòng điện trong mạch  $LC$  biến thiên tương tự như trên Hình 21.5. Trong chương sau, ta sẽ khảo sát định lượng và phân tích kĩ qua giản đồ vectơ.

Hiện tượng cộng hưởng điện được ứng dụng rất nhiều trong kĩ thuật truyền thông, ví dụ như mạch chọn sóng, mạch khuếch đại có chọn lọc.

Mạch chọn sóng được đặt ở lối vào của các máy thu thanh, thu hình. Mạch chọn sóng thông thường có một mạch  $LC$  (trong đó  $C$  có điện dung biến đổi được) ghép với hệ thống anten qua cuộn dây  $L'$  (Hình 21.7). Dòng điện trong mạch  $LC$  sẽ bị dao động cưỡng bức với nhiều tần số của các sóng điện từ mà anten thu được.



Hình 21.7

Khi muốn thu một sóng có tần số góc  $\omega_1$  nào đó thì người ta điều chỉnh tụ  $C$  để tần số dao động riêng của mạch  $LC$  trùng với tần số  $\omega_1$ , khi đó xảy ra cộng hưởng điện, dòng điện trong mạch  $LC$  sẽ có biên độ dao động rất mạnh ở tần số  $\omega_1$ , còn với các tần số khác thì rất yếu. Nhờ đó, ta sẽ chọn được sóng điện từ theo ý muốn.

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

**1.** Nếu có điều kiện, GV sử dụng dao động kí điện tử (thật hoặc ảo) để quan sát trên màn hình đồ thị biểu diễn dao động của mạch  $LC$ .

Nếu không, GV nên sử dụng tranh vẽ để trình bày và nhấn mạnh : hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện và giữa hai đầu cuộn cảm biến đổi tuần hoàn với thời gian. Từ đó, GV có thể gợi ý HS trả lời các câu hỏi, trong đó đặc biệt chú ý đến việc yêu cầu HS dự đoán về dạng của biểu thức diễn tả sự phụ thuộc vào thời gian của cường độ dòng điện trong mạch  $LC$ .

2. GV hướng dẫn HS khảo sát định lượng dao động điện trong mạch dao động  $LC$  dựa vào định luật Ôm và công thức  $i = q'$  (cần chú ý đến dấu của  $i$  theo chiều quy ước của dòng điện). Mức độ chi tiết cần hướng dẫn cho HS tùy thuộc vào trình độ HS của lớp.

3. GV hướng dẫn HS khảo sát năng lượng điện từ của mạch dao động dựa vào biểu thức đã biết về năng lượng điện trường và năng lượng từ trường. GV nên gợi ý HS về sự tương tự với năng lượng dao động điều hoà của con lắc đơn đã thể hiện trong Hình 21.3 SGK.

4. Mở đầu về dao động điện từ tắt dần, GV cần yêu cầu HS quan sát và phân tích đồ thị ở Hình 21.5 SGK.

5. Tiếp theo GV có thể đặt câu hỏi : Về nguyên tắc, làm thế nào để duy trì dao động điện từ ? . Sau đó giải thích khái quát sơ đồ mạch duy trì dao động dùng tranzito ở Hình 21.6 SGK (*không yêu cầu HS phải hiểu cặn kẽ và nhớ*).

6. GV hướng dẫn cho HS thấy những đặc điểm giống nhau giữa dao động điện từ và dao động cơ, nên gợi ý HS lập được hai bảng so sánh như SGK.

**C1** Dụng ý của câu hỏi này là luyện cho HS khả năng quan sát, tìm tòi, phát hiện một vấn đề mà trong hình vẽ không đưa ra một cách tường minh. Ta thấy trên hình vẽ dù có sẵn nhiều đại lượng nhưng không hề có giá trị nào của  $B$ .

GV nên gợi ý cho HS suy luận chứ không nên chỉ nêu giải đáp đúng. Ví dụ, có thể gợi ý : Từ trường trong lòng ống dây liên quan đến đại lượng nào ? (Liên quan đến cảm ứng từ  $B$ , suy ra liên quan đến  $i$ ).

Tiếp theo, gợi ý HS sao cho các em thấy rằng cần tìm trên hình vẽ các thời điểm mà giá trị của  $i$  là lớn nhất và bằng 0. Tình huống có thể xảy ra là có em sẽ cho rằng từ trường mạnh nhất là ở thời điểm  $q = q_{\max}$  và yếu nhất khi  $q = 0$ . Đây là một tình huống sự phạm hay để cho các em tranh luận.

**C2** Trên hình không biểu diễn tường minh sự biến đổi của  $u$  mà chỉ biểu diễn biến thiên của  $q$ . Ta nên khai thác điểm này để gợi ý HS liên hệ về bản chất vật lí giữa  $q$  và  $u$ . HS sẽ thấy  $q$  nhanh pha hơn  $i$  là  $\frac{\pi}{2}$ , suy ra  $u$  nhanh pha hơn  $i$  cũng là  $\frac{\pi}{2}$ .

**C3** Không thể được, vì nói như vậy thì cực gốc của tranzito sẽ đoản mạch với cực phát qua điện trở thuần rất nhỏ của cuộn dây thứ cấp.

**C4** Không tính như thế được vì trong khung dao động có cả cuộn cảm  $L$  và thêm cuộn sơ cấp của máy biến áp.

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

### Câu hỏi

1. Vì đều có tính chất tương tự như quán tính.

2. Không duy trì được, vì năng lượng từ pin được liên tục đưa vào mạch LC chứ không phù hợp với từng chu kỳ dao động.

**Bài tập**

1. D.

2. C.

3.  $L = \frac{1}{\omega^2 C} = 0,05 \text{ H}$  và  $q = 2,5 \cdot 10^{-5} \sin\left(2000t - \frac{\pi}{2}\right) \text{ (C)}$ .

4. Ta có  $W_C = \frac{Cu^2}{2} = \frac{2,5 \cdot 10^{-6} \cdot 3^2}{2} = 11,25 \cdot 10^{-6} \text{ J}$ .

Vì năng lượng toàn phần bảo toàn :  $W = W_L + W_C$ .

Suy ra :  $W_L = W - W_C = 36 \cdot 10^{-6} - 11,25 \cdot 10^{-6} = 24,75 \cdot 10^{-6} \text{ J}$ .