

CHƯƠNG 3. DAO ĐỘNG VÀ SÓNG ĐIỆN TỪ

A. LÝ THUYẾT

I. DAO ĐỘNG ĐIỆN TỪ TRONG MẠCH LC

1. Sự biến thiên điện tích và dòng điện trong mạch dao động

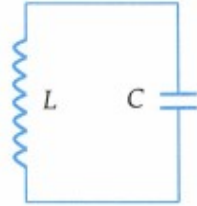
- **Mạch dao động** là một mạch điện khép kín gồm một tụ điện có điện dung C và một cuộn dây có độ tự cảm L , có điện trở thuần không đáng kể nối với nhau.

- Điện tích trên tụ điện C trong mạch dao động biến thiên điều hòa theo phương trình

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

- Cường độ dòng điện trên cuộn dây L :

$$i = q' = -\omega q_0 \sin(\omega t + \varphi) = I_0 \cos\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right)$$



Trong đó $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ và $I_0 = \omega q_0$

- Biến thiên của điện trường và từ trường ở trong mạch trên được gọi là dao động điện từ. Nếu không có tác động bên ngoài thì dao động điện từ này được gọi là dao động điện từ tự do.

- Chu kì và tần số riêng của mạch dao động:

$$T = 2\pi\sqrt{LC}; f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Nhận xét

Dòng điện biến thiên điều hòa cùng tần số và sớm pha $\frac{\pi}{2}$ so với điện tích trong mạch. Điều này tương tự như vận tốc v biến thiên sớm pha $\frac{\pi}{2}$ so với li độ x trong dao động điều hòa.

2. Năng lượng điện từ trong mạch dao động

- Giả sử phương trình của điện tích là $q = q_0 \cos(\omega t + \varphi)$

- Năng lượng điện trường tập trung trong tụ điện

$$W_C = \frac{1}{2} \cdot \frac{q^2}{C} = \frac{1}{2} \cdot \frac{q_0^2}{C} \cos^2(\omega t + \varphi)$$

- Năng lượng từ trường tập trung trong cuộn cảm

$$W_L = \frac{1}{2} \cdot Li^2 = \frac{1}{2} \cdot L\omega^2 q_0^2 \sin^2(\omega t + \varphi) = \frac{1}{2} \cdot \frac{q_0^2}{C} \sin^2(\omega t + \varphi)$$

- Năng lượng điện từ toàn phần trong mạch LC là

$$W = W_C + W_L = \frac{1}{2} \cdot \frac{q_0^2}{C} \cos^2(\omega t + \varphi) + \frac{1}{2} \cdot \frac{q_0^2}{C} \sin^2(\omega t + \varphi) = \frac{q_0^2}{2C} = \text{const}$$

Nhận xét

- + Năng lượng điện trường và năng lượng từ trường biến thiên điều hoà với tần số góc $\omega' = 2\omega$ và chu kì $T' = \frac{T}{2}$
- + Trong quá trình dao động của mạch, năng lượng từ trường và năng lượng điện trường luôn chuyển hóa lẫn nhau, nhưng tổng năng lượng điện từ là một hằng số không đổi.

3. Các loại dao động điện từ

- **Dao động điện từ tắt dần:** Trong thực tế, các mạch dao động LC luôn có sự tiêu hao năng lượng, do điện trở của cuộn dây thực tế là khác 0. Do đó, dao động sẽ dừng lại sau khi năng lượng bị tiêu hao hết. Biên độ của dao động giảm dần theo thời gian. Hiện tượng này được gọi là dao động điện từ tắt dần.
- **Dao động điện từ duy trì:** Để duy trì dao động, ta phải bù đủ và đúng phần năng lượng bị tiêu hao trong mỗi chu kì.
- **Dao động điện từ cưỡng bức:** Khi mắc mạch LC có tần số riêng ω_0 vào nguồn điện có suất điện động biến thiên theo thời $e = E_0 \cos \omega t$, dòng điện trong mạch LC buộc phải dao động với tần số ω của nguồn điện. Quá trình này gọi là dao động điện từ cưỡng bức. Khi $\omega = \omega_0$ thì hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch LC đạt giá trị cực đại, đó là sự cộng hưởng trong dao động điện từ.

4. Sự tương tự giữa dao động điện từ và dao động cơ

Đại lượng cơ	Đại lượng điện
x	q
v	i
m	L
k	$\frac{1}{C}$
F	u
μ	R
W_t	W_C
W_d	W_L

Bảng 3.1: Sự tương tự giữa đại lượng cơ và đại lượng điện.

Dao động cơ	Dao động điện
$x'' + \omega^2 x = 0$, với $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$	$q'' + \omega^2 q = 0$, với $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$
$x = A \cos(\omega t + \varphi)$	$q = q_0 \cos(\omega t + \varphi)$
$v = x' = -\omega A \sin(\omega t + \varphi)$	$i = q' = -\omega q_0 \sin(\omega t + \varphi)$

$W = \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}kA^2$	$W = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} + \frac{1}{2} Li^2 = \frac{1}{2} \frac{q_0^2}{C}$
---	--

Bảng 3.2: Sự tương tự giữa dao động cơ và dao động điện.

II. ĐIỆN TỬ TRƯỜNG - SÚNG ĐIỆN TỬ

1. Điện từ trường

1.1. Giả thuyết của Mắc-xoen

- Giả thuyết về từ trường biến thiên

Nếu tại một nơi có từ trường biến thiên theo thời gian thì tại nơi đó xuất hiện một điện trường xoáy. Điện trường xoáy là điện trường có các đường sức điện là những đường cong khép kín, bao quanh các đường cảm ứng từ.

- Giả thuyết về điện trường biến thiên

Nếu tại một nơi có điện trường biến thiên theo thời gian thì tại nơi đó xuất hiện một từ trường biến thiên. Từ trường này cũng có các đường sức từ là những đường cong khép kín như từ trường tĩnh, bao quanh các đường sức của điện trường.

Như vậy, điện trường biến thiên và từ trường biến thiên cùng tồn tại trong không gian. Chúng chuyên hóa lẫn nhau trong một trường thống nhất gọi là điện từ trường.

Dưới đây là bảng phân biệt giữa điện trường tĩnh và điện trường xoáy để chúng ta hiểu rõ hơn về điện trường tĩnh, điện trường xoáy:

Điện trường tĩnh	Điện trường xoáy
Được sinh ra xung quanh một điện tích đứng yên	Được sinh ra xung quanh một điện tích dao động hoặc xung quanh một từ trường biến thiên
Có đường sức là đường cong hở, đi ra ở điện tích dương và đi vào điện tích âm	Có đường sức là đường cong khép kín, không phân biệt điểm đầu và điểm cuối
Chỉ biến thiên trong không gian, không biến thiên theo thời gian	Biến thiên cả trong không gian và thời gian

Bảng 3.3: Phân biệt giữa điện trường tĩnh và điện trường xoáy

Chú ý
Không thể có từ trường hoặc điện trường tồn tại riêng rẽ

1.2. Dòng điện dẫn và dòng điện dịch

Khi mạch LC đang dao động thì:

Dòng điện dẫn là dòng điện chạy qua dây dẫn sinh ra từ trường có đường sức từ là đường cong khép kín, bao quanh dòng điện.

Theo Mắc-xoen, sự biến thiên của điện trường trong lòng tụ điện sẽ sinh ra một từ trường xoáy. Như vậy điện trường biến thiên trong lòng tụ cũng tạo ra từ trường xoáy giống như dòng điện chạy qua dây dẫn. Vì

vậy điện trường biến thiên trong lòng của tụ điện được coi như một loại dòng điện. Để phân biệt với dòng điện dẫn chạy qua dây dẫn, điện trường biến thiên trong lòng tụ điện được gọi là **dòng điện dịch**.

Vậy, mạch dao động LC tồn tại hai loại dòng điện: dòng điện dẫn chạy trong dây dẫn của cuộn cảm và dòng điện dịch do điện trường biến thiên trong lòng tụ điện sinh ra.

STUDY TIP

Dòng điện dịch chỉ là một dòng điện mang tính quy ước và không phải là dòng chuyển dời có hướng của các hạt mang điện

2. Sóng điện từ

Xét một điện tích q dao động điều hòa với tần số f . Cường độ điện trường do điện tích đó sinh ra tại một điểm cố định xung quanh điện tích sẽ biến thiên cùng tần số. Theo Mác-xoen, tại điểm đó có một từ trường xoáy biến thiên, từ trường xoáy biến thiên lại sinh ra một điện trường xoáy biến thiên khác, điện trường xoáy biến thiên lại sinh ra một từ trường xoáy khác,... cứ như vậy quá trình liên tiếp diễn ra và ta nói rằng sóng điện từ được truyền đi.

2.1. Định nghĩa

Sóng điện từ là quá trình lan truyền điện từ trường biến thiên trong không gian

2.2. Đặc điểm

- Sóng điện từ truyền được trong mọi môi trường vật chất, kể cả trong chân không. Đây chính là sự khác biệt giữa sóng điện từ và sóng cơ.

- Vận tốc lan truyền sóng điện từ trong chân không bằng vận tốc ánh sáng $c = 3.10^8$ (m/s).

- Sóng điện từ là sóng ngang. Trong quá trình truyền sóng, các vectơ \vec{B} và \vec{E} luôn vuông góc với nhau, và vuông góc với phương truyền sóng \vec{v} . Ba vectơ $\vec{E}, \vec{B}, \vec{v}$ tạo thành một tam diện thuận.

- Bước sóng của sóng điện từ trong chân không là $\lambda = cT$

Trong đó: c là tốc độ ánh sáng, T là chu kì của dao động điện từ.

STUDY TIP

Các vectơ \vec{B} và \vec{E} biến thiên tuần hoàn theo không gian và thời gian, và luôn cùng pha

2.3. Tính chất

- Sóng điện từ mang theo năng lượng khi lan truyền, tỉ lệ với lũy thừa bậc 4 của tần số. Sóng điện từ có tần số càng cao thì khả năng lan truyền càng xa.

- Sóng điện từ tuân theo các quy luật truyền thẳng, phản xạ, khúc xạ, giao thoa, nhiễu xạ,...

2.4. Một số chú ý quan trọng

- Khi sóng điện từ truyền đi, điện trường và từ trường biến thiên cùng pha và có phương vuông góc với nhau (chứ không phải vuông pha).

- Điện trường trong lòng tụ điện biến thiên cùng tần số và cùng pha với hiệu điện thế giữa hai đầu tụ điện:

$$E = \frac{u}{d}$$

Trong đó d là khoảng cách giữa hai tụ.

- Từ trường trong lòng cuộn cảm biến thiên cùng tần số và cùng pha với dòng điện qua cuộn cảm:

$$B = 4\pi 10^{-7} Li$$

Trong đó L là độ tự cảm của cuộn dây.

3. Sóng vô tuyến

3.1. Định nghĩa

Sóng vô tuyến là các sóng điện từ dùng trong vô tuyến, có bước sóng từ vài mét đến vài kilômét.

3.2. Phân loại

Theo tần số và bước sóng, sóng vô tuyến được phân chia thành 4 loại: sóng cực ngắn, sóng ngắn, sóng trung và sóng dài.

Loại sóng	Tần số (MHz)	Bước sóng (m)
Sóng dài	0,003 đến 0,3	10^3 đến 10^5
Sóng trung	0,3 đến 3,0	10^2 đến 10^3
Sóng ngắn	3,0 đến 30	10 đến 10^2
Sóng cực ngắn	30 đến 30000	10^{-2} đến 10

Bảng 3.4: Bảng phân loại sóng vô tuyến

3.3. Đặc tính

Tầng điện li là lớp khí quyển bị ion hóa mạnh bởi ánh sáng Mặt Trời và nằm trong khoảng độ cao từ 80 km đến 800 km, có ảnh hưởng rất lớn đến sự truyền sóng vô tuyến điện.

Sóng dài có năng lượng thấp, bị nước hấp thụ ít nên được dùng để truyền thông tin dưới nước. Sóng dài ít dùng để truyền thông tin trên mặt đất vì năng lượng nhỏ không thể truyền được đi xa.

Sóng trung ban ngày bị tầng điện li hấp thụ mạnh nên không truyền được đi xa. Ban đêm sóng ít bị hấp thụ, tầng điện li phản xạ nên truyền được đi xa. Do đó, vào ban đêm, ta nghe đài sẽ rõ hơn nghe ban ngày.

Sóng ngắn có năng lượng lớn hơn sóng trung, bị tầng điện li phản xạ đi phản xạ lại nhiều lần từ mặt đất đến tầng điện li. Do vậy, một đài phát sóng ngắn có công suất lớn có thể truyền sóng tới mọi điểm trên bề mặt Trái Đất.

Sóng cực ngắn có năng lượng lớn nhất trong 4 loại sóng kể trên, nó không bị tầng điện li hấp thụ và phản xạ, nên sóng cực ngắn có thể truyền đi rất xa theo đường thẳng, xuyên qua tầng điện li. Do đó, sóng cực ngắn được dùng để truyền thông tin vũ trụ.

Chú ý

Vô tuyến truyền hình dùng sóng cực ngắn, không truyền được đi xa trên bề mặt Trái Đất, không bị tầng điện li hấp thụ hay phản xạ. Muốn truyền hình đi xa, phải có vệ tinh nhân tạo hoặc các đài thu phát sóng trung gian

4. Truyền thông bằng sóng điện từ

4.1. Mạch dao động kín, mạch dao động hở

- Trong mạch dao động LC, điện trường biến thiên tập trung ở tụ điện C, từ trường biến thiên tập trung ở cuộn dây L. Điện từ trường hầu như không bức xạ ra bên ngoài, mạch này được gọi là mạch **dao động kín**.

- Trong mạch dao động LC, khi ta tách hai bản cực của tụ điện C và tách xa các vòng dây cuộn cảm, thì vùng không gian có điện trường biến thiên và từ trường biến thiên được mở rộng dần. Mạch như vậy gọi là mạch dao động hở.

STUDY TIP

Trong mạch dao động hở, điện từ trường lan tỏa trong không gian thành sóng điện từ và có khả năng đi rất xa

4.2. Anten

- Anten là một dạng của mạch dao động hở.

- Anten cấu tạo bởi 1 dây dẫn dài, có cuộn cảm ở giữa, đầu trên để hở còn đầu dưới tiếp đất.

4.3. Nguyên tắc phát và thu sóng điện từ

- Để phát sóng điện từ đi xa, người ta mắc phối hợp anten với một máy phát dao động điều hòa (gồm một mạch dao động LC, một tranzito và nguồn điện một chiều để bổ sung năng lượng cho mạch dao động LC). Anten phát ra sóng điện từ với tần số f.

- Để thu sóng điện từ, người ta mắc kết hợp anten với mạch dao động LC có tụ điện có điện dung thay đổi được. Điều chỉnh C để mạch xảy ra hiện tượng cộng hưởng với tần số cần thu, khi đó tín hiệu nhận được là rõ nét nhất, gọi là sự chọn sóng.

- Bước sóng của sóng điện từ mà mạch phát ra, hay thu được là:

$$\lambda = cT = \frac{c}{f} = 2\pi c\sqrt{LC}$$

4.4. Nguyên tắc truyền thông bằng sóng điện từ

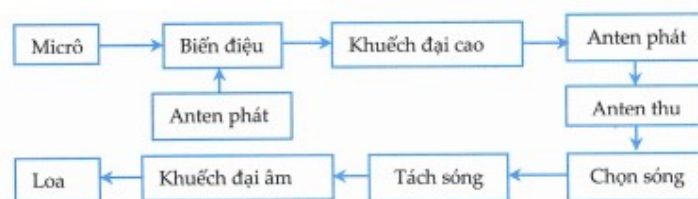
Để truyền được các thông tin như âm thanh, hình ảnh, ... đến những nơi xa, người ta đều áp dụng một quy trình chung là:

+ Biến âm thanh, hình ảnh, ... muốn truyền đi thành các dao động điện, gọi là các tín hiệu âm tần.

+ Dùng sóng điện từ có tần số cao (cao tần), gọi là sóng mang để truyền các tín hiệu âm tần đi xa qua anten phát.

+ Dùng máy thu với anten thu để chọn và thu lấy sóng điện từ cao tần.

+ Tách tín hiệu ra khỏi sóng cao tần, dùng loa để nghe âm thanh đã truyền tới (hoặc dùng màn hình để xem hình).



Sơ đồ khối của một hệ thống phát thanh và thu thanh dùng sóng điện từ

*** Hệ thống phát thanh gồm:**

- Dao động cao tần: Tạo ra sóng mang.
- Micro: Biến âm thanh ta nói thành dao động điện âm tần.
- Mạch biến điệu: trộn dao động âm tần và dao động cao tần, thành sóng cao tần biến điệu.
- Khuếch đại cao tần: khuếch đại dao động cao tần biến điệu để đưa ra anten phát.
- Anten phát: phát xạ sóng cao tần đã biến điệu đi xa.

*** Hệ thống thu thanh gồm:**

- Anten thu: thu sóng cao tần biến điệu.
- Chọn sóng: chọn lọc sóng muốn thu nhờ mạch LC có điện dung biến thiên, thay đổi C để xảy ra hiện tượng cộng hưởng, khi đó sẽ thu được sóng muốn thu.
- Tách sóng: lấy ra dao động âm tần từ dao động cao tần biến điệu đã thu được.
- Khuếch đại âm tần: làm cho dao động âm tần đã tách được mạnh lên, rồi đưa ra loa.

III. TRẮC NGHIỆM LÝ THUYẾT

1. Ví dụ minh họa

Ví dụ 1: Nếu biểu thức điện tích trên hai bản tụ trong mạch dao động LC là $q = q_0 \cos(\omega t + \varphi)$ thì biểu thức cường độ dòng điện trong mạch là:

A. $i = \omega q_0 \sin(\omega t + \varphi)$

B. $i = \omega q_0 \sin(\omega t + \varphi + \pi)$

C. $i = \omega q_0 \cos\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right)$

D. $i = \omega q_0 \sin\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right)$

Lời giải

Cường độ dòng điện trong mạch chính là đạo hàm hạng nhất theo thời gian của điện tích:

$$i = q' = -\omega q_0 \sin(\omega t + \varphi) = \omega q_0 \cos\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right)$$

Đáp án C

Ví dụ 2: Biểu thức năng lượng điện trường trong mạch dao động LC không chứa điện trở thuần là:

A. $W_c = \frac{q_0^2}{2C} \cos(\omega t + \varphi)$

B. $W_c = \frac{CU_0}{2} \cos^2(\omega t + \varphi)$

C. $W_c = \frac{CU_0^2}{2} \cos^2(\omega t + \varphi)$

D. $W_c = \frac{Uq_0}{2} \cos(\omega t + \varphi)$

Lời giải

Năng lượng điện trường được xác định bởi biểu thức

$$W_c = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} = \frac{1}{2} \frac{q_0^2}{C} \cos^2(\omega t + \varphi) = \frac{CU_0^2}{2} \cos^2(\omega t + \varphi)$$

Đáp án C

Ví dụ 3: Tìm câu phát biểu sai về sóng điện từ

- A. Là sự lan truyền của điện trường và từ trường biến thiên trong không gian

- B. Là sóng ngang
- C. Năng lượng tỉ lệ với lũy thừa bậc bốn của tần số
- D. Không truyền được trong chân không

Lời giải

Sóng điện từ truyền được trong chân không. Đây là điểm khác nhau giữa sóng cơ và sóng điện từ

Đáp án D

Ví dụ 4: Tìm câu phát biểu sai về điện trường và từ trường biến thiên

- A. Điện trường xoáy là điện trường có đường sức là những đường cong kín
- B. Tại nơi có từ trường biến thiên thì xuất hiện điện trường xoáy
- C. Tại nơi có điện trường biến thiên thì xuất hiện từ trường xoáy
- D. Điện trường nào cũng sinh ra từ trường biến thiên và ngược lại

Lời giải

Chỉ điện trường biến thiên thì mới sinh ra từ trường biến thiên và ngược lại

Đáp án D

Ví dụ 5: Sóng điện từ và sóng cơ học có điểm giống nhau là

- A. Truyền được trong chân không
- B. Là sóng ngang
- C. Có tính chất phản xạ, nhiễu xạ, giao thoa
- D. Có năng lượng sóng tại một điểm tỉ lệ với lũy thừa bậc hai của tần số

Lời giải

Xét các đáp án ta thấy:

- A. Sai, bởi vì sóng cơ học không truyền được trong chân không.
- B. Sai, bởi vì sóng điện từ là sóng ngang, còn sóng cơ học có thể là sóng ngang, hoặc cũng có thể là sóng dọc.
- C. Đúng, sóng điện từ và sóng cơ học đều có bản chất là sóng, nên có thể phản xạ, nhiễu xạ, giao thoa.
- D. Sai, bởi vì sóng điện từ có năng lượng tỉ lệ với lũy thừa bậc bốn của tần số

Đáp án C

Ví dụ 6: Trong sóng điện từ, dao động của điện trường \vec{E} và từ trường \vec{B} luôn luôn

- A. Đồng pha
- B. Ngược pha.
- C. Vuông pha
- D. Lệch pha nhau một góc bất kì

Lời giải

Véc tơ cường độ điện trường \vec{E} và véc tơ từ trường \vec{B} luôn vuông góc với nhau, và dao động đồng pha

Đáp án A

STUDY TIP

Rất nhiều học sinh nhầm lẫn rằng: Véc tơ cường độ điện trường \vec{E} và véc tơ từ trường \vec{B} luôn vuông góc

với nhau nên chúng dao động vuông pha với nhau

Ví dụ 7: Trong mạch dao động, dòng điện trong mạch có đặc điểm nào sau đây?

- A. Tần số rất lớn B. Cường độ rất lớn C. Năng lượng rất lớn D. Chu kì rất lớn

Lời giải

Trong mạch dao động, do tần số tỉ lệ nghịch với tích căn bậc hai của LC, mà L và C thường có giá trị nhỏ (L cỡ mH, C cỡ μF) nên tần số rất lớn

Đáp án A

Ví dụ 8: Tại Hà Nội, một máy đang phát sóng điện từ. Xét một phương truyền có phương thẳng đứng hướng lên. Vào thời điểm t, tại điểm M trên phương truyền, vectơ cảm ứng từ đang có độ lớn cực đại và hướng về phía Nam. Khi đó vectơ cường độ điện trường có

- A. độ lớn cực đại và hướng về phía Đông
B. độ lớn cực đại và hướng về phía Bắc
C. độ lớn cực đại và hướng về phía Tây
D. độ lớn bằng không

Lời giải

Ta có điện trường và từ trường dao động cùng pha nên khi vectơ cảm ứng từ đang có độ lớn cực đại thì vectơ cường độ điện trường cũng có độ lớn cực đại. Phương và chiều của \vec{E} và \vec{B}, \vec{v} xác định theo quy tắc bàn tay trái: Vectơ vận tốc đâm xuyên vào lòng bàn tay, chiều từ cổ tay đến các ngón tay là chiều vectơ cảm ứng từ, ngón cái choãi ra 90 độ chỉ chiều vectơ cường độ điện trường. Từ đó suy ra vectơ cảm ứng từ đang hướng về phía nam thì vectơ cường độ điện trường hướng về phía Tây

Đáp án C

2. Bài tập tự luyện

Câu 1: Mạch dao động điện từ điều hoà có cấu tạo gồm

- A. nguồn điện một chiều và tụ điện mắc thành mạch kín
B. nguồn điện một chiều và cuộn cảm mắc thành mạch kín
C. nguồn điện một chiều và điện trở mắc thành mạch kín
D. tụ điện và cuộn cảm mắc thành mạch kín

Câu 2: Mạch dao động điện từ điều hoà LC có chu kỳ

- A. phụ thuộc vào L, không phụ thuộc vào C B. phụ thuộc vào C, không phụ thuộc vào L
C. phụ thuộc vào cả L và C D. không phụ thuộc vào L và C

Câu 3: Mạch dao động điện từ điều hoà gồm cuộn cảm L và tụ điện C, khi tăng điện dung của tụ điện lên 4 lần thì chu kỳ dao động của mạch

- A. tăng lên 4 lần B. tăng lên 2 lần
C. giảm đi 4 lần D. giảm đi 2 lần

Câu 4: Mạch dao động điện từ điều hoà gồm cuộn cảm L và tụ điện c. Khi tăng độ tự cảm của cuộn cảm lên 2 lần và giảm điện dung của tụ điện đi 2 lần thì tần số dao động của mạch

- A. không đổi B. tăng 2 lần C. giảm 2 lần D. tăng 4 lần

Câu 5: Mạch dao động điện từ gồm tụ điện C và cuộn cảm L, dao động tự do với tần số góc

- A. $\omega = 2\pi\sqrt{LC}$ B. $\omega = \frac{2\pi}{\sqrt{LC}}$ C. $\omega = \sqrt{LC}$ D. $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

Câu 6: Nhận xét nào sau đây về đặc điểm của mạch dao động điện từ điều hoà LC là không đúng?

- A. Điện tích trong mạch biến thiên điều hoà
B. Năng lượng điện trường tập trung chủ yếu ở tụ điện
C. Năng lượng từ trường tập trung chủ yếu ở cuộn cảm
D. Tần số dao động của mạch phụ thuộc vào điện tích của tụ điện

Câu 7: Người ta dùng cách nào sau đây để duy trì dao động điện từ trong mạch với tần số riêng của nó?

- A. Đặt vào mạch một hiệu điện thế xoay chiều
B. Đặt vào mạch một hiệu điện thế một chiều không đổi
C. Dùng máy phát dao động điện từ điều hoà
D. Tăng thêm điện trở của mạch dao động

Câu 8: Khi mắc nối tiếp với C của mạch dao động kín LC một tụ C' có điện dung bằng C thì tần số dao động riêng của mạch sẽ

- A. tăng 2 lần B. giảm 2 lần C. tăng $\sqrt{2}$ lần D. giảm $\sqrt{2}$ lần

Câu 9: Phát biểu nào sau đây là không đúng?

- A. Điện trường tĩnh là điện trường có các đường sức điện xuất phát từ điện tích dương và kết thúc ở điện tích âm
B. Điện trường xoáy là điện trường có các đường sức điện là các đường cong kín
C. Từ trường tĩnh là từ trường do nam châm vĩnh cửu đứng yên sinh ra
D. Từ trường xoáy là từ trường có các đường sức từ là các đường cong kín

Câu 10: Phát biểu nào sau đây là không đúng?

- A. Một từ trường biến thiên tuần hoàn theo thời gian, nó sinh ra một điện trường xoáy
B. Một điện trường biến thiên tuần hoàn theo thời gian, nó sinh ra một từ trường xoáy
C. Một từ trường biến thiên tăng dần đều theo thời gian, nó sinh ra một điện trường xoáy biến thiên
D. Một điện trường biến thiên tăng dần đều theo thời gian, nó sinh ra một từ trường xoáy biến thiên

Câu 11: Phát biểu nào sau đây là không đúng?

- A. Dòng điện dẫn là dòng chuyển động có hướng của các điện tích
B. Dòng điện dịch là do điện trường biến thiên sinh ra
C. Có thể dùng ampe kế để đo trực tiếp dòng điện dẫn
D. Có thể dùng ampe kế để đo trực tiếp dòng điện dịch

Câu 12: Phát biểu nào sau đây là không đúng khi nói về điện từ trường?

- A. Khi một điện trường biến thiên theo thời gian, nó sinh ra một từ trường xoáy
B. Điện trường xoáy là điện trường có các đường sức là những đường cong
C. Khi một từ trường biến thiên theo thời gian, nó sinh ra một điện trường
D. Từ trường có các đường sức từ bao quanh các đường sức điện

Câu 13: Phát biểu nào sau đây là không đúng khi nói về điện từ trường?

- A. Một từ trường biến thiên theo thời gian sinh ra một điện trường xoáy biến thiên ở các điểm lân cận

-
- B.** Một điện trường biến thiên theo thời gian sinh ra một từ trường xoáy ở các điểm lân cận
 - C.** Điện trường và từ trường xoáy có các đường sức là đường cong kín
 - D.** Đường sức của điện trường xoáy là các đường cong kín bao quanh các đường sức từ của từ trường biến thiên

Câu 14: Phát biểu nào sau đây là đúng khi nói về điện từ trường?

- A.** Điện trường trong tụ điện biến thiên sinh ra một từ trường giống từ trường của một nam châm hình chữ U
- B.** Sự biến thiên của điện trường giữa các bản của tụ điện sinh ra một từ trường giống từ trường được sinh ra bởi dòng điện trong dây dẫn nối với tụ
- C.** Dòng điện dịch là dòng chuyển động có hướng của các điện tích trong lòng tụ điện
- D.** Dòng điện dịch trong tụ điện và dòng điện dẫn trong dây dẫn nối với tụ điện có cùng độ lớn, nhưng ngược chiều

Câu 15: Phát biểu nào sau đây về tính chất của sóng điện từ là không đúng?

- A.** Sóng điện từ là sóng ngang
- B.** Sóng điện từ mang năng lượng
- C.** Sóng điện từ có thể phản xạ, khúc xạ, giao thoa
- D.** Sóng điện từ không truyền được trong chân không

Câu 16: Phát biểu nào sau đây về tính chất của sóng điện từ là không đúng?

- A.** Sóng điện từ là sóng ngang
- B.** Sóng điện từ mang năng lượng
- C.** Sóng điện từ có thể bị phản xạ, khúc xạ, giao thoa
- D.** Vận tốc sóng điện từ gần bằng vận tốc ánh sáng

Câu 17: Hãy chọn câu đúng?

- A.** Điện từ trường do một tích điểm dao động sẽ lan truyền trong không gian dưới dạng sóng
- B.** Điện tích dao động không thể bức xạ sóng điện từ
- C.** Vận tốc của sóng điện từ trong chân không nhỏ hơn nhiều vận tốc ánh sáng trong chân không
- D.** Tần số của sóng điện từ chỉ bằng nửa tần số dao động của điện tích

Câu 18: Sóng điện từ là quá trình lan truyền trong không gian của một điện từ trường biến thiên. Kết luận nào sau đây là đúng nhất khi nói về quan hệ giữa vectơ cường độ điện trường và vectơ cảm ứng từ của điện từ trường đó?

- A.** Vectơ cường độ điện trường và cảm ứng từ biến thiên tuần hoàn cùng tần số
- B.** Vectơ cường độ điện trường và cảm ứng từ biến thiên tuần hoàn có cùng pha
- C.** Vectơ cường độ điện trường và cảm ứng từ biến thiên tuần hoàn cùng phương
- D.** Vectơ cường độ điện trường và cảm ứng từ biến thiên tuần hoàn cùng tần số, cùng pha và có phương vuông góc với nhau

Câu 19: Sóng điện từ nào sau đây có khả năng xuyên qua tầng điện li?

- A.** Sóng dài
- B.** Sóng trung
- C.** Sóng ngắn
- D.** Sóng cực ngắn

Câu 20: Sóng điện từ nào sau đây bị phản xạ mạnh nhất ở tầng điện li?

- A.** Sóng dài
- B.** Sóng trung

C. Sóng ngắn

D. Sóng cực ngắn

Câu 21: Sóng điện từ nào sau đây được dùng trong việc truyền thông tin trong nước?

A. Sóng dài

B. Sóng trung

C. Sóng ngắn

D. Sóng cực ngắn

Câu 22: Sóng điện từ và sóng âm không có tính chất chung nào sau đây:

A. mang năng lượng

B. phản xạ, khúc xạ

C. truyền được trong nước biển

D. là sóng ngang

Câu 23: Sóng siêu âm là

A. sóng điện từ có bước sóng cực ngắn

B. sóng có thể truyền được trong chân không

C. sóng cơ học dọc có tần số lớn hơn 20 KHz

D. sóng cơ học có vận tốc truyền sóng lớn hơn vận tốc âm

Câu 24: Loại sóng nào sau đây được dùng trong thông tin liên lạc bằng vệ tinh

A. sóng vô tuyến có bước sóng ngắn

B. vi sóng

C. sóng vô tuyến có bước sóng trung

D. sóng siêu âm

Câu 25: Đặc điểm nào sau đây không phải là của sóng điện từ?

A. làm cho các phần tử vật chất dao động với tần số bằng tần số sóng khi sóng truyền qua

B. là sóng ngang

C. mang năng lượng

D. truyền được trong chân không

Câu 26: Sóng nào sau đây được dùng trong truyền hình bằng sóng vô tuyến điện?

A. Sóng dài

B. Sóng trung

C. Sóng ngắn

D. Sóng cực ngắn

Câu 27: Nguyên tắc thu sóng điện từ dựa vào

A. hiện tượng cộng hưởng điện trong mạch LC

B. hiện tượng bức xạ sóng điện từ của mạch dao động hở.

C. hiện tượng hấp thụ sóng điện từ của môi trường

D. hiện tượng giao thoa sóng điện từ

Câu 28: Để sóng âm truyền đi rất xa, giải pháp nào sau đây là tối ưu

A. dựng loa phóng thanh

B. dùng sóng điện từ làm sóng mang bằng cách biến điệu rồi đưa ra anten phát

C. dùng anten phát được sóng âm

D. dựng dây cáp dạng ống như cáp quang để truyền sóng âm

Câu 29: Tốc độ lan truyền của sóng điện từ

A. bằng tốc độ ánh sáng trong chân không và giảm khi truyền trong môi trường điện môi

B. phụ thuộc vào L và C là hai đại lượng đặc trưng cho mạch dao động

C. dao động điều hòa với tần số góc bằng tần số riêng của mạch dao động tạo ra sóng điện từ

D. luôn luôn là một hằng số

Câu 30: Sóng điện từ là quá trình lan truyền của điện từ trường biến thiên, trong không gian. Khi nói về quan hệ giữa điện trường và từ trường của điện từ trường trên thì kết luận nào sau đây là đúng?

- A. Vectơ cường độ điện trường và cảm ứng từ cùng phương và cùng độ lớn
- B. Tại mỗi điểm của không gian, điện trường và từ trường luôn luôn dao động ngược pha
- C. Tại mỗi điểm của không gian, điện trường và từ trường luôn luôn dao động lệch pha nhau $\frac{\pi}{2}$
- D. Điện trường và từ trường biến thiên theo thời gian với cùng chu kì

Câu 31: Phát biểu nào sai khi nói về sóng điện từ?

- A. Sóng điện từ là sự lan truyền trong không gian của điện từ trường biến thiên theo thời gian
- B. Trong sóng điện từ, điện trường và từ trường luôn dao động lệch pha nhau $\frac{\pi}{2}$
- C. Trong sóng điện từ, điện trường và từ trường biến thiên theo thời gian với cùng chu kì
- D. Sóng điện từ dùng trong thông tin vô tuyến gọi là sóng vô tuyến

Câu 32: Khi nói về sóng điện từ, phát biểu nào dưới đây là sai?

- A. Trong quá trình truyền sóng điện từ, vectơ cường độ điện trường và vectơ cảm ứng từ luôn cùng phương
- B. Sóng điện từ truyền được trong môi trường vật chất và trong chân không
- C. Trong chân không, sóng điện từ lan truyền với vận tốc bằng vận tốc ánh sáng
- D. Sóng điện từ bị phản xạ khi gặp mặt phân cách giữa hai môi trường

Câu 33: Đối với sự lan truyền sóng điện từ thì

- A. vectơ cường độ điện trường \vec{E} cùng phương với phương truyền sóng còn vectơ cảm ứng từ \vec{B} vuông góc với vectơ cường độ điện trường \vec{E}
- B. vectơ cường độ điện trường \vec{E} và vectơ cảm ứng từ \vec{B} luôn cùng phương với phương truyền sóng
- C. vectơ cường độ điện trường \vec{E} và vectơ cảm ứng từ \vec{B} luôn vuông góc với phương truyền sóng
- D. vectơ cảm ứng từ \vec{B} cùng phương với phương truyền sóng còn vectơ cường độ điện trường \vec{E} vuông góc với vectơ cảm ứng từ \vec{B}

Câu 34: Trong sơ đồ của một máy phát sóng vô tuyến điện, không có mạch (tầng)

- A. tách sóng
- B. khuếch đại
- C. phát dao động cao tần
- D. biến điệu

Câu 35: Khi nói về sóng điện từ, phát biểu nào dưới đây là sai?

- A. Sóng điện từ bị phản xạ khi gặp mặt phân cách giữa hai môi trường
- B. Sóng điện từ truyền được trong môi trường vật chất và trong chân không
- C. Trong quá trình truyền sóng điện từ, vectơ cường độ điện trường và vectơ cảm ứng từ luôn cùng phương.
- D. Trong chân không, sóng điện từ lan truyền với vận tốc bằng vận tốc ánh sáng

Câu 36: Trong mạch dao động LC lí tưởng đang có dao động điện từ tự do, điện tích của một bản tụ điện và cường độ dòng điện qua cuộn cảm biến thiên điều hòa theo thời gian

- A. luôn ngược pha nhau
- B. với cùng biên độ
- C. luôn cùng pha nhau
- D. với cùng tần số

Câu 37: Sóng điện từ

- A. là sóng dọc hoặc sóng ngang
- B. là điện từ trường lan truyền trong không gian
- C. có thành phần điện trường và thành phần từ trường tại một điểm dao động cùng phương
- D. không truyền được trong chân không

Câu 38: Trong sơ đồ khối của một máy phát thanh dùng vô tuyến không có bộ phận nào dưới đây?

- A. Mạch tách sóng
- B. Mạch khuếch đại
- C. Mạch biến điệu
- D. Anten

Câu 39: Phát biểu nào sau đây là sai khi nói về sóng điện từ?

- A. Sóng điện từ truyền được trong chân không
- B. Khi sóng điện từ gặp mặt phân cách giữa hai môi trường thì nó có thể bị phản xạ hoặc khúc xạ
- C. Trong sóng điện từ thì dao động của điện trường và của từ trường tại một điểm luôn đồng pha với nhau
- D. Sóng điện từ là sóng ngang nên nó chỉ truyền được trong chất rắn

Câu 40: Khi nói về sóng điện từ phát biểu nào sau đây là sai?

- A. Sóng điện từ mang năng lượng
- B. Sóng điện từ là sóng ngang
- C. Sóng điện từ tuân theo các quy luật giao thoa, nhiễu xạ
- D. Sóng điện từ không truyền được trong chân không

Câu 41: Tại Hà Nội, một máy đang phát sóng điện từ. Xét một phương truyền có phương thẳng đứng hướng lên. Vào thời điểm t , tại điểm M trên phương truyền, vectơ cảm ứng từ đang có độ lớn cực đại và hướng về phía Nam. Khi đó vectơ cường độ điện trường có

- A. độ lớn cực đại và hướng về phía Tây
- B. độ lớn bằng không
- C. độ lớn cực đại và hướng về phía Bắc
- D. độ lớn cực đại và hướng về phía Đông

Câu 42: Trong sóng điện từ, dao động của điện trường và của từ trường tại một điểm luôn luôn

- A. ngược pha nhau
- B. lệch pha nhau $\frac{\pi}{4}$
- C. đồng pha nhau
- D. lệch pha nhau $\frac{\pi}{2}$

Câu 43: Một mạch dao động LC lí tưởng đang có dao động điện từ tự do với tần số f . Biết giá trị cực đại của cường độ dòng điện trong mạch là I_0 và giá trị cực đại của điện tích trên một bản tụ là q_0 . Giá trị của f được xác định là:

- A. $\frac{I_0}{2q_0}$
- B. $\frac{q_0}{\pi I_0}$
- C. $\frac{I_0}{2\pi q_0}$
- D. $\frac{q_0}{2\pi I_0}$

Câu 44: Trong mạch dao động LC lí tưởng đang có dao động điện từ tự do thì:

- A. năng lượng điện từ của mạch được bảo toàn
- B. năng lượng điện trường tập trung ở cuộn cảm
- C. năng lượng điện trường và năng lượng từ trường luôn không đổi
- D. năng lượng từ trường tập trung ở tụ điện

Câu 45: Trong một mạch dao động LC, điện tích trên một bản tụ biến thiên theo phương trình

$$q = q_0 \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right). \text{ Như vậy:}$$

- A. Tại các thời điểm $\frac{T}{4}$ và $\frac{3T}{4}$, dòng điện trong mạch có độ lớn cực đại, chiều ngược nhau
- B. Tại các thời điểm $\frac{T}{2}$ và T , dòng điện trong mạch có độ lớn cực đại, chiều ngược nhau
- C. Tại các thời điểm $\frac{T}{4}$ và $\frac{3T}{4}$, dòng điện trong mạch có độ lớn cực đại, chiều như nhau
- D. Tại các thời điểm $\frac{T}{2}$ và T , dòng điện trong mạch có độ lớn cực đại, chiều như nhau

Câu 46: Điện tích của tụ điện trong mạch dao động LC biến thiên theo phương trình $q = q_0 \cos\left(\frac{2\pi}{T}t + \pi\right)$. Tại thời điểm $t = \frac{T}{4}$, ta có:

- A. Hiệu điện thế giữa hai bản tụ bằng 0 B. Dòng điện qua cuộn dây bằng 0
- C. Điện tích của tụ cực đại D. Năng lượng điện trường cực đại

Câu 47: Sự hình thành dao động điện từ tự do trong mạch dao động là do hiện tượng nào sau đây?

- A. Hiện tượng cộng hưởng điện B. Hiện tượng từ hoá
- C. Hiện tượng cảm ứng điện từ D. Hiện tượng tự cảm

Câu 48: dan số dao động của mạch LC tăng gấp đôi khi:

- A. Điện dung tụ tăng gấp đôi B. Độ tự cảm của cuộn dây tăng gấp đôi
- C. Điện dung giảm còn 1 nửa D. Chu kì giảm một nửa

Câu 49: Trong mạch thu sóng vô tuyến người ta điều chỉnh điện dung của tụ điện $C = \frac{1}{4000\pi}$ (F) và độ tự cảm của cuộn dây $L = \frac{1,6}{\pi}$ (H). Khi đó sóng thu được có tần số bao nhiêu? Lấy $\pi^2 = 10$.

- A. 100Hz B. 25Hz C. 50Hz D. 200 Hz

Câu 50: Mạch dao động bắt tín hiệu của một máy thu vô tuyến điện gồm một cuộn cảm $L = 2\mu\text{H}$ và một tụ điện $C_0 = 1800 \text{ pF}$. Nó có thể thu được sóng vô tuyến điện với bước sóng là:

- A. 11,3 m B. 6,28 m C. 13,1 m D. 113 m

ĐÁP ÁN

1.D	2.C	3.B	4.A	5.D	6.D	7.C	8.C	9.C	10.C
11.D	12.B	13.A	14.B	15.D	16.D	17.A	18.D	19.D	20.C
21.A	22.D	23.C	24.A	25.A	26.D	27.A	28.B	29.A	30.D
31.B	32.A	33.C	34.A	35.C	36.D	37.B	38.A	39.D	40.D
41.A	42.C	43.C	44.A	45.D	46.A	47.D	48.D	49.B	50.D

B. PHÂN DẠNG BÀI TẬP VÀ PHƯƠNG PHÁP GIẢI

I. BÀI TOÁN ĐẠI CƯƠNG VỀ DAO ĐỘNG VÀ SÓNG ĐIỆN TỪ

1. Phương pháp

- Sử dụng các công thức về tần số góc, chu kì, tần số, bước sóng của mạch dao động.

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}; T = 2\pi\sqrt{LC}; f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

- Bước sóng của sóng điện từ trong chân không:

$$\lambda = \frac{c}{f} = cT$$

- Bước sóng của sóng điện từ trong môi trường có chiết suất n:

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{c}{nf}$$

- Máy phát hoặc máy thu sóng điện từ sử dụng mạch dao động LC thì tần số sóng điện từ phát hoặc thu được bằng tần số riêng của mạch. Mạch chọn sóng của máy thu vô tuyến thu được sóng điện từ có bước sóng:

$$\lambda = \frac{c}{f} = cT = 2\pi c\sqrt{LC}$$

- Nếu mạch chọn sóng có cả L và C biến đổi thì bước sóng mà máy thu vô tuyến thu được sẽ thay đổi trong giới hạn:

$$2\pi\sqrt{L_{\min} C_{\min}} = \lambda_{\min} \leq \lambda \leq \lambda_{\max} = 2\pi\sqrt{L_{\max} C_{\max}}$$

- Ghép cuộn cảm:

+ Giả sử ta có hai cuộn cảm có độ tự cảm lần lượt là L_1 và L_2 được ghép thành bộ có độ tự cảm L_b

+ Nếu hai cuộn cảm ghép song song thì L_b giảm, cảm kháng giảm.

$$\frac{1}{L_{//}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$$
$$\frac{1}{Z_{L_b}} = \frac{1}{Z_{L_1}} + \frac{1}{Z_{L_2}}$$

+ Nếu hai cuộn cảm ghép nối tiếp thì L_b tăng, cảm kháng tăng.

$$L_{nt} = L_1 + L_2$$
$$Z_{L_b} = Z_{L_1} + Z_{L_2}$$

- Ghép tụ điện:

+ Giả sử có hai tụ điện có điện dung lần lượt là C_1 và C_2 được ghép thành bộ tụ có điện dung $C_{b0} = C_b$.

+ Nếu 2 tụ được ghép song song thì điện dung C_b tăng, dung kháng giảm

$$\begin{cases} C_{//} = C_1 + C_2 \\ \frac{1}{Z_{C_b}} = \frac{1}{Z_{C_1}} + \frac{1}{Z_{C_2}} \end{cases}$$

+ Nếu 2 tụ được ghép nối tiếp thì điện dung C_b giảm, dung kháng tăng.

$$\begin{cases} \frac{1}{C_{nt}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \\ Z_{C_b} = Z_{C_1} + Z_{C_2} \end{cases}$$

2. Ví dụ minh họa

Ví dụ 1: Một mạch dao động gồm có một cuộn cảm có độ tự cảm $L = 10^{-3} \text{ H}$ và một tụ điện có điện dung điều chỉnh được trong khoảng từ 4 pF đến 400 pF ($1\text{pF} = 10^{-12} \text{ F}$). Mạch này có tần số biến thiên trong khoảng nào?

Lời giải

Vì $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ nên tần số tỉ lệ nghịch với căn bậc hai của điện dung C .

Do đó f_{\max} ứng với C_{\min} và f_{\min} ứng với C_{\max}

$$\text{Ta có } \begin{cases} f_{\min} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{\max}}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{10^{-3} \cdot 400 \cdot 10^{-12}}} = 2,52 \cdot 10^5 \text{ Hz} \\ f_{\max} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{\min}}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{10^{-3} \cdot 4 \cdot 10^{-12}}} = 2,52 \cdot 10^6 \text{ Hz} \end{cases}$$

Vậy tần số biến đổi $2,52 \cdot 10^5 \text{ Hz}$ đến $2,52 \cdot 10^6 \text{ Hz}$

Ví dụ 2: Một mạch dao động điện từ LC gồm cuộn dây thuần cảm có độ tự cảm $L = 2\text{mH}$ và tụ điện có điện dung $C = 0,2\mu\text{F}$. Biết dây dẫn có điện trở thuần không đáng kể và trong mạch có dao động điện từ riêng. Xác định chu kì và tần số riêng của mạch.

A. $6 \cdot 10^3 \text{ Hz}$

B. $7 \cdot 10^3 \text{ Hz}$

C. $8 \cdot 10^3 \text{ Hz}$

D. $5,5 \cdot 10^3 \text{ Hz}$

Lời giải

Chu kì của mạch dao động LC là: $T = 2\pi\sqrt{LC} = 4\pi \cdot 10^{-5} = 12,57 \cdot 10^{-5} \text{ s}$.

Tần số $f = \frac{1}{T} = 8 \cdot 10^3 \text{ Hz}$.

Đáp án C

Ví dụ 3: Cho mạch dao động LC. Khi thay $C = C_1$ thì tần số và chu kì dao động trong mạch là f_1 và T_1 . Khi thay $C = C_2$ thì tần số và chu kì dao động trong mạch là f_2 và T_2 . Hỏi khi thay C bằng một bộ C_1 và C_2 nối tiếp thì tần số và chu kì dao động trong mạch là bao nhiêu?

Lời giải

Khi thay $C = C_1$ thì tần số và chu kì dao động trong mạch là

$$\begin{cases} T_1 = 2\pi\sqrt{LC_1} \\ f_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_1}} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \left(\frac{2\pi}{T_1}\right)^2 = \frac{1}{LC_1} \\ f_1^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC_1} \end{cases} \text{ (I)}$$

Khi thay $C = C_2$ thì tần số và chu kì dao động trong mạch là

$$\begin{cases} T_2 = 2\pi\sqrt{LC_2} \\ f_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_2}} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \left(\frac{2\pi}{T_2}\right)^2 = \frac{1}{LC_2} \\ f_2^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC_2} \end{cases} \text{ (II)}$$

Khi thay C bằng một bộ C_1 và C_2 nối tiếp, ta có điện dung của bộ là

$$\frac{1}{C_b} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Cộng về theo về các phương trình của hệ (I) và (II) ta có

$$\begin{cases} \left(\frac{2\pi}{T_1}\right)^2 + \left(\frac{2\pi}{T_2}\right)^2 = \frac{1}{LC_1} + \frac{1}{LC_2} = \frac{1}{L} \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right) = \frac{1}{LC_b} = \left(\frac{2\pi}{T_b}\right)^2 \\ f_1^2 + f_2^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC_1} + \frac{1}{4\pi^2 LC_2} = \frac{1}{4\pi^2 L} \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right) = \frac{1}{4\pi^2 LC_b} = f_b^2 \end{cases}$$

Từ đó ta có:

$$\begin{cases} \frac{1}{T_b^2} = \frac{1}{T_1^2} + \frac{1}{T_2^2} \\ f_b^2 = f_1^2 + f_2^2 \end{cases}$$

Ví dụ 4: Cho mạch dao động LC. Khi thay $L = L_1$ thì tần số và chu kì dao động trong mạch là f_1 và T_1 .

Khi thay $L = L_2$ thì tần số và chu kì dao động trong mạch là f_2 và T_2 . Hỏi khi thay C bằng một bộ L_1 và L_2 mắc nối tiếp thì tần số và chu kì dao động trong mạch là bao nhiêu?

Lời giải

Khi thay $L = L_1$ thì tần số và chu kì dao động trong mạch là

$$\begin{cases} T_1 = 2\pi\sqrt{L_1 C} \\ f_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C}} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T_1^2 = 4\pi L_1 C \\ \frac{1}{f_1^2} = 4\pi^2 L_1 C \end{cases} \text{ (I)}$$

Khi thay $L = L_2$ thì tần số và chu kì dao động trong mạch là

$$\begin{cases} T_2 = 2\pi\sqrt{L_2 C} \\ f_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2 C}} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T_2^2 = 4\pi L_2 C \\ \frac{1}{f_2^2} = 4\pi^2 L_2 C \end{cases} \text{ (II)}$$

Khi thay C bằng một bộ L_1 và L_2 mắc nối tiếp, ta có độ tự cảm của bộ là $L_b = L_1 + L_2$. Cộng về theo về các phương trình của hệ (I) và (II) ta có

$$\begin{cases} T_1^2 + T_2^2 = 4\pi^2 C(L_1 + L_2) = T_b^2 \\ \frac{1}{f_1^2} + \frac{1}{f_2^2} = 4\pi^2 C(L_1 + L_2) = \frac{1}{f_b^2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T_b = \sqrt{T_1^2 + T_2^2} \\ f_b = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{f_1^2} + \frac{1}{f_2^2}}} \end{cases}$$

Ví dụ 5: Mạch dao động LC có tụ phẳng không khí hình tròn có bán kính $R = 48\text{cm}$, hai bản tụ cách nhau $d = 4\text{cm}$ phát ra sóng điện từ có bước sóng 100m . Nếu đưa tấm điện môi cùng kích thước với bản tụ nằm sát 1 bản và có hằng số điện môi là 7, dày 2 cm thì mạch sẽ phát ra sóng điện từ có bước sóng là

- A. 100 m B. 132,29 m C. 125 m D. 175 m

Lời giải

Ban đầu khi chưa thay đổi, ta có tụ phẳng không khí với ϵ và $\begin{cases} \lambda = 2\pi.c.\sqrt{LC} \\ C = \frac{1.S}{k.4\pi.d} \end{cases}$

Khi thêm bản mỏng, tụ lúc này coi như 1 tụ không khí nối tiếp với tụ có hằng số điện môi là 7. Ta có

$$\begin{cases} \lambda_{nt} = 2\pi.c.\sqrt{LC_{nt}} \\ C_{nt} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \\ C_1 = \frac{7.S}{k.4\pi.\frac{d}{2}} = 14C \Rightarrow \begin{cases} \lambda_{nt} = 2\pi.c.\sqrt{LC_{nt}} \\ C_{nt} = 1,75C \end{cases} \\ C_1 = \frac{1.S}{k.4\pi.\frac{d}{2}} = 2C \end{cases}$$

Từ đó ta có bước sóng mạch phát ra là

$$\frac{\lambda_{nt}}{\lambda} = \sqrt{\frac{C_{nt}}{C}} \approx 1,33 \Rightarrow \lambda_{nt} = 1,3229.\lambda = 132,29\text{ m}$$

Đáp án B

Ví dụ 6: Một mạch dao động LC lý tưởng gồm cuộn thuần cảm có độ tự cảm không thay đổi và 1 tụ điện có hai bản tụ phẳng đặt song song và cách nhau 1 khoảng cố định. Để phát ra sóng điện từ có tần số dao động tăng gấp 2 lần thì diện tích đối diện của bản tụ phải:

- A. tăng 4 lần B. giảm 2 lần C. giảm 4 lần D. tăng 2 lần

Lời giải

Ta có $\begin{cases} f_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_1}}; C_1 = \frac{\epsilon S_1}{k4\pi d} \\ f_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_2}} = 2; C_2 = \frac{\epsilon S_2}{k4\pi d} \end{cases} \Rightarrow \frac{f_1}{f_2} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}} \Rightarrow \frac{1}{2} = \sqrt{\frac{S_2}{S_1}} \Rightarrow S_2 = \frac{S_1}{4}$

Đáp án C

Ví dụ 7: Một mạch dao động gồm cuộn dây thuần cảm L và tụ điện C . Nếu gọi I_{\max} là dòng điện cực đại trong mạch thì hệ thức liên hệ điện tích cực đại trên bản tụ Q_{\max} và I_{\max} là

A. $Q_{\max} = \frac{\sqrt{C}}{\pi L} I_{\max}$ B. $Q_{\max} = \frac{\sqrt{LC}}{\pi} I_{\max}$ C. $Q_{\max} = \sqrt{LC} \cdot I_{\max}$ D. $Q_{\max} = \frac{1}{\sqrt{LC}} I_{\max}$

Lời giải

Ta có $I_{\max} = \omega \cdot Q_{\max} = \frac{1}{\sqrt{LC}} Q_{\max} \Rightarrow Q_{\max} = I_{\max} \cdot \sqrt{LC}$

Đáp án C

Ví dụ 8: Hai mạch dao động điện từ lý tưởng đang có dao động điện từ tự do. Điện tích của tụ điện trong mạch dao động thứ nhất và thứ hai lần lượt là q_1 và q_2 với $4q_1^2 + q_2^2 = 1,3 \cdot 10^{-17}$ tính bằng C. Ở thời điểm t , điện tích của tụ điện và cường độ dòng điện trong mạch dao động thứ nhất lần lượt là 10^{-9} C và 6 mA , cường độ dòng điện trong mạch dao động thứ hai có độ lớn bằng:

A. 10 mA B. 6 mA C. 4 mA D. 8 mA

Lời giải

Thay $q_1 = 10^{-9} \text{ C}$ vào $4q_1^2 + q_2^2 = 1,3 \cdot 10^{-17} \Rightarrow q_2 = 3 \cdot 10^{-9} \text{ (C)}$

Lấy đạo hàm hai vế thời gian phương trình $4q_1^2 + q_2^2 = 1,3 \cdot 10^{-17}$ thu được

$$8q_1 i_1 + 2q_2 i_2 = 0$$

Từ đó tính được $|i_2| = 8 \text{ mA}$.

Đáp án D

Ví dụ 9: Một mạch dao động LC lý tưởng đang có dao động điện từ tự do. Biết điện tích cực đại của tụ điện là q_0 và cường độ dòng điện cực đại trong mạch là I_0 . Tại thời điểm cường độ dòng điện trong mạch bằng $0,5I_0$ thì điện tích của tụ điện có độ lớn

A. $\frac{q_0 \sqrt{2}}{2}$ B. $\frac{q_0 \sqrt{3}}{2}$ C. $\frac{q_0}{2}$ D. $\frac{q_0 \sqrt{5}}{2}$

Lời giải

Ta có hệ thức liên hệ: $q_0^2 = q^2 + \frac{i^2}{\omega^2} \Rightarrow |q| = \sqrt{q_0^2 - \frac{i^2}{\omega^2}} = \sqrt{q_0^2 - \frac{(0,5I_0)^2}{\left(\frac{I_0}{q_0}\right)^2}} = \frac{q_0 \sqrt{3}}{2}$

Đáp án B

Ví dụ 10: Một tụ điện có điện dung C tích điện Q_0 . Nếu nối tụ điện với cuộn cảm thuần có độ tự cảm L_1 hoặc với cuộn cảm thuần có độ tự cảm L_2 thì trong mạch có dao động điện từ tự do với cường độ cực đại

20 mA hoặc 10 mA. Nếu nối tụ điện với cuộn cảm thuần có độ tự cảm $L_3 = (9L_1 + 4L_2)$ thì trong mạch có dao động điện từ tự do với cường độ dòng điện cực đại là

- A. 9 mA B. 4 mA C. 10 mA D. 5 mA

Lời giải

Ta có $I_0 = \omega Q_0 = \frac{Q_0}{\sqrt{LC}}$ suy ra $L = \frac{Q_0^2}{C \cdot I_0^2}$, tức là L tỉ lệ với $\frac{1}{I_0^2}$.

Do đó $\frac{1}{I_{03}^2} = 9 \frac{1}{I_{01}^2} + 4 \frac{1}{I_{02}^2}$

Từ phương trình trên suy ra $I_{03} = 4mA$

Đáp án B

Ví dụ 11: Hai mạch dao động điện từ lí tưởng đang có dao động điện từ tự do với cùng cường độ dòng điện cực đại I_0 . Chu kì dao động riêng của mạch thứ nhất là T_1 , của mạch thứ hai là $T_2 = 2T_1$. Khi cường độ dòng điện trong hai mạch có cùng độ lớn và nhỏ hơn I_0 thì độ lớn điện tích trên một bản tụ của mạch dao động thứ nhất là q_1 và của mạch dao động thứ hai là q_2 . Tỉ số $\frac{q_1}{q_2}$ là

- A. 2 B. 1,5 C. 0,5 D. 2,5

Lời giải

Ta có i và q vuông pha nhau, nên ta có $q^2 + \left(\frac{i}{\omega}\right)^2 = Q_0^2$, suy ra

$$\begin{cases} q_1^2 + \left(\frac{i_1}{\omega_1}\right)^2 = Q_{01}^2 \\ q_2^2 + \left(\frac{i_2}{\omega_2}\right)^2 = Q_{02}^2 \end{cases} \xrightarrow{|i_1|=|i_2|=i} \begin{cases} q_1^2 = \left(\frac{I_0}{\omega_1}\right)^2 - \left(\frac{i_1}{\omega_1}\right)^2 = \frac{1}{\omega_1^2}(I_0^2 - i^2) \\ q_2^2 = \left(\frac{I_0}{\omega_2}\right)^2 - \left(\frac{i_1}{\omega_2}\right)^2 = \frac{1}{\omega_2^2}(I_0^2 - i^2) \end{cases}$$

$\Rightarrow \frac{|q_1|}{|q_2|} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{T_1}{T_2} = 0,5$

Đáp án C

II. BÀI TOÁN VIẾT BIỂU THỨC q, i, u

1. Phương pháp

- Giả sử phương trình điện tích có dạng

$$q = q_0 \cos(\omega t + \varphi_0)$$

- Cường độ dòng điện tức thời trong mạch là

$$i = \frac{dq}{dt} = -\omega q_0 \sin(\omega t + \varphi_0) = \omega q_0 \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right), I_0 = \omega q_0$$

Vậy cường độ dòng điện tức thời trong mạch sớm pha $\frac{\pi}{2}$ so với điện tích

- Điện áp tức thời

$$u = \frac{q}{C} = \frac{q_0}{C} \cos(\omega t + \varphi_0) = U_0 \cos(\omega t + \varphi_0), U_0 = \frac{q_0}{C}$$

- Hệ thức độc lập thời gian đối với điện tích và cường độ dòng điện trong mạch

$$\text{Ta có } \begin{cases} q = q_0 \cos(\omega t + \varphi_0) \\ i = -\omega q_0 \sin(\omega t + \varphi_0) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \left(\frac{q}{q_0}\right)^2 = \cos^2(\omega t + \varphi_0) \\ \left(\frac{i}{-\omega q_0}\right)^2 = \sin^2(\omega t + \varphi_0) \end{cases} \Rightarrow \boxed{\left(\frac{q}{q_0}\right)^2 + \left(\frac{i}{-\omega q_0}\right)^2 = 1}$$

2. Ví dụ minh họa

Ví dụ 1: Một mạch dao động gồm một tụ điện có điện dung C , cuộn cảm L . Điện trở thuần của mạch không đáng kể. Dòng điện qua mạch có phương trình $i = 2 \cdot 10^{-2} \sin(2 \cdot 10^6 t)$ (A). Viết phương trình dao động của điện tích trong mạch

A. $q = 10^{-8} \sin\left(2 \cdot 10^6 t - \frac{\pi}{2}\right)$

B. $q = 10^{-8} \sin\left(2 \cdot 10^6 t + \frac{\pi}{2}\right)$

C. $q = 10^{-8} \sin\left(2 \cdot 10^6 t - \frac{\pi}{3}\right)$

D. $q = 10^{-8} \sin\left(2 \cdot 10^6 t - \frac{2\pi}{3}\right)$

Lời giải

$$\text{Ta có } Q_0 = \frac{I_0}{\omega} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^6} = 10^{-8} \text{ (C)}$$

Vì cường độ dòng điện tức thời trong mạch sớm pha $\frac{\pi}{2}$ so với điện tích, nên điện tích sẽ dao động trễ pha $\frac{\pi}{2}$ so với cường độ dòng điện.

$$\text{Vậy phương trình dao động của điện tích là } q = 10^{-8} \sin\left(2 \cdot 10^6 t - \frac{\pi}{2}\right)$$

Đáp án A

Ví dụ 2: Một mạch dao động gồm 1 tụ điện có điện dung $C = 10 \text{ pF}$, cuộn cảm thuần có hệ số tự cảm $L = 10 \text{ mH}$. Điện trở thuần của mạch không đáng kể. Chọn gốc thời gian lúc cường độ dòng điện qua có mạch có giá trị bằng một nửa giá trị cực đại và đang giảm. Viết biểu thức điện tích dao động trong mạch?

Biết cường độ dòng điện cực đại trong mạch $I_0 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ A}$

A. $q = 6,32 \cdot 10^{-9} \cos\left(3,16 \cdot 10^6 t + \frac{\pi}{3}\right)$ (C)

B. $q = 6,32 \cdot 10^{-9} \cos\left(3,16 \cdot 10^6 t - \frac{\pi}{6}\right)$ (C)

C. $q = 6,32 \cdot 10^{-9} \cos\left(3,16 \cdot 10^6 t + \frac{\pi}{6}\right)$ (C)

D. $q = 6,32 \cdot 10^{-9} \cos\left(3,16 \cdot 10^6 t - \frac{\pi}{2}\right)$ (C)

Lời giải

Tần số góc của mạch dao động: $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{10 \cdot 10^{-12} \cdot 10 \cdot 10^{-3}}} = 3,16 \cdot 10^6$

Để viết được biểu thức điện tích dao động trong mạch, ta cần có điện tích cực đại Q_0 và pha ban đầu của điện tích.

Điện tích cực đại trong mạch là $Q_0 = \frac{I_0}{\omega} = I_0 \sqrt{LC} = 2,10^{-2} \cdot \sqrt{10 \cdot 10^{-12} \cdot 10 \cdot 10^{-3}} = 6,32 \cdot 10^{-9} \text{ (C)}$

Vì gốc thời gian lúc cường độ dòng điện qua mạch có giá trị bằng một nửa giá trị cực đại và đang giảm, nên dựa vào đường tròn ta thấy pha ban đầu của dòng điện là $\frac{\pi}{3}$, suy ra pha ban đầu của điện tích trong

mạch $\frac{\pi}{3} - \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{6}$

Vậy phương trình dao động của điện tích trong mạch là

$$q = 6,32 \cdot 10^{-9} \cos\left(3,16 \cdot 10^6 t - \frac{\pi}{6}\right) \text{ (C)}$$

Đáp án B

Ví dụ 3: Mạch dao động gồm tụ điện có điện $C = 10 \mu\text{F}$ và cuộn dây thuần cảm có hệ số tự cảm $L = 10 \text{ mH}$. Tụ điện được tích điện đến hiệu điện thế cực đại 12V . Sau đó cho tụ phóng điện trong mạch. Lấy $\pi^2 = 10$ và gốc thời gian là lúc tụ bắt đầu phóng điện. Biểu thức của dòng điện trong cuộn cảm là:

- A. $i = 0,24 \cos\left(3,16 \cdot 10^3 t + \frac{\pi}{2}\right) \text{ (A)}$ B. $i = 0,38 \cos\left(3,16 \cdot 10^3 t + \frac{\pi}{2}\right) \text{ (A)}$
 C. $i = 0,24 \cos\left(3,16 \cdot 10^3 t - \frac{\pi}{2}\right) \text{ (A)}$ D. $i = 0,12 \cos(3,16 \cdot 10^3 t) \text{ (A)}$

Lời giải

Tần số góc của mạch dao động $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{10 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^{-3}}} = 3,16 \cdot 10^3 \text{ (rad/s)}$

Điện tích cực đại trong mạch $q_0 = CU_0$, suy ra cường độ dòng điện cực đại trong mạch là:

$I_0 = q_0 \omega = CU_0 \omega = 10 \cdot 10^{-6} \cdot 12 \cdot 3,16 \cdot 10^3 = 0,38 \text{ (A)}$

Gốc thời gian lúc tụ phóng điện, nên pha ban đầu của điện tích là 0, suy ra pha ban đầu của cường độ dòng điện là $\frac{\pi}{2}$. Vậy biểu thức của dòng điện trong mạch đầu phóng điện. Biểu thức của dòng điện trong

cuộn cảm là $i = 0,38 \cos\left(3,16 \cdot 10^3 t + \frac{\pi}{2}\right) \text{ (A)}$

Đáp án B

3. Bài tập tự luyện

Câu 1: Một mạch dao động gồm một tụ điện có điện dung C , cuộn cảm L . Điện trở thuần của mạch $R = 0$. Dòng điện qua mạch $i = 4 \cdot 10^{-11} \sin(2 \cdot 10^{-2} t) \text{ (A)}$, điện tích của tụ điện là

A. $Q_0 = 10^{-9} \text{C}$

B. $Q_0 = 4 \cdot 10^{-9} \text{C}$

C. $Q_0 = 2 \cdot 10^{-9} \text{C}$

D. $Q_0 = 8 \cdot 10^{-9} \text{C}$

Câu 2: Phương trình dao động của điện tích trong mạch dao động LC là $q = Q_0 \cos(\omega t + \varphi)$. Biểu thức của dòng điện trong mạch là:

A. $i = \omega Q_0 \cos(\omega t + \varphi)$

B. $i = \omega Q_0 \cos\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right)$

C. $i = \omega Q_0 \cos\left(\omega t + \varphi - \frac{\pi}{2}\right)$

D. $i = \omega Q_0 \sin(\omega t + \varphi)$

Câu 3: Biểu thức của cường độ dòng điện trong mạch dao động LC là $q = I_0 \cos(\omega t + \varphi)$. Biểu thức của điện tích trong mạch là:

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

B. $i = \frac{I_0}{\omega} \cos\left(\omega t + \varphi - \frac{\pi}{2}\right)$

C. $i = \omega Q_0 \cos\left(\omega t + \varphi - \frac{\pi}{2}\right)$

D. $i = \omega Q_0 \sin(\omega t + \varphi)$

Câu 4: Phương trình dao động của điện tích trong mạch dao động LC là $q = Q_0 \cos(\omega t + \varphi)$. Biểu thức của hiệu điện thế trong mạch là

A. $i = \omega Q_0 \cos(\omega t + \varphi)$

B. $i = \frac{Q_0}{C} \cos(\omega t + \varphi)$

C. $i = \omega Q_0 \cos\left(\omega t + \varphi - \frac{\pi}{2}\right)$

D. $i = \omega Q_0 \sin(\omega t + \varphi)$

Câu 5: Mạch dao động LC gồm cuộn dây thuần cảm có độ tự cảm $L = 2 \text{mH}$ và tụ điện có điện dung $C = 5 \text{pF}$. Tụ được tích điện đến hiệu điện thế 10V , sau đó người ta để cho tụ phóng điện trong mạch. Nếu chọn gốc thời gian là lúc tụ bắt đầu phóng điện thì biểu thức của điện tích trên bản tụ điện là:

A. $q = 5 \cdot 10^{-11} \cos(10^6 t)(\text{C})$

B. $q = 5 \cdot 10^{-11} \cos(10^6 t + \pi)(\text{C})$

C. $q = 2 \cdot 10^{-11} \cos\left(10^6 t + \frac{\pi}{2}\right)(\text{C})$

D. $q = 2 \cdot 10^{-11} \cos\left(10^6 t - \frac{\pi}{2}\right)(\text{C})$

Câu 6: Mạch dao động gồm tụ điện có điện dung C và cuộn dây có độ tự cảm $L = 10^{-4} \text{H}$. Điện trở thuần của cuộn dây và các dây nối không đáng kể. Biết biểu thức của điện áp giữa hai đầu cuộn dây là:

$u = 80 \cos\left(2 \cdot 10^6 t - \frac{\pi}{2}\right)(\text{V})$, biểu thức của dòng điện trong mạch là:

A. $i = 4 \sin(2 \cdot 10^6 t)(\text{A})$

B. $i = 0,4 \cos(2 \cdot 10^6 - \pi)(\text{A})$

C. $i = 0,4 \cos(2 \cdot 10^6)(\text{A})$

D. $i = 0,4 \sin(2 \cdot 10^6 - \pi)(\text{A})$

Câu 7: Một mạch dao động LC gồm một cuộn cảm $L = 640 \mu\text{H}$ và một tụ điện có điện dung $C = 36 \text{pF}$.

Lấy $\pi^2 = 10$. Giả sử ở thời điểm ban đầu điện tích của tụ điện đạt giá trị cực đại $q_0 = 6 \cdot 10^{-6} \text{C}$. Biểu thức điện tích trên bản tụ điện và cường độ dòng điện là:

A. $q = 6 \cdot 10^{-6} \cos(6 \cdot 10^7 t)(\text{C}); i = 6,6 \cos\left(1,1 \cdot 10^7 t - \frac{\pi}{2}\right)(\text{C})$

B. $q = 6.10^6 \cos(6,6.10^7 t)(C); i = 6,6 \cos\left(1,1.10^7 t + \frac{\pi}{2}\right)(C)$

C. $q = 6.10^6 \cos(6,6.10^6 t)(C); i = 6,6 \cos\left(1,1.10^6 t - \frac{\pi}{2}\right)(C)$

D. $q = 6.10^{-6} \cos(6,6.10^6 t)(C); i = 39,6 \cos\left(6,6.10^6 t + \frac{\pi}{2}\right)(C)$

Câu 8: Cường độ dòng điện tức thời trong một mạch dao động là $i = 0,05 \cos 100\pi t (A)$. Hệ số tự cảm của cuộn dây là 2 mH. Lấy $\pi^2 = 10$. Điện dung và biểu thức điện tích của tụ điện có giá trị nào sau đây?

A. $C = 5.10^{-2} F$ và $q = \frac{5.10^{-4}}{\pi} \cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{2}\right)(C)$

B. $C = 5.10^{-3} F$ và $q = \frac{5.10^{-4}}{\pi} \cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{2}\right)(C)$

C. $C = 5.10^{-3} F$ và $q = \frac{5.10^{-4}}{\pi} \cos\left(100\pi t + \frac{\pi}{2}\right)(C)$

D. $C = 5.10^{-2} F$ và $q = \frac{5.10^{-4}}{\pi} \cos(100\pi t)(C)$

Câu 9: Mạch LC gồm cuộn dây có $L = 1mH$ và tụ điện có điện dung $C = 0,1\mu F$ thực hiện dao động điện từ. Khi $i = 6.10^{-3} A$ thì điện tích trên tụ là $q = 8.10^{-8} C$. Lúc $t = 0$ thì năng lượng điện trường bằng năng lượng từ trường và điện tích của tụ dương nhưng đang giảm. Biểu thức điện tích trên tụ là

A. $q = 10^{-7} \cos\left(10^5 t + \frac{\pi}{4}\right)(C)$

B. $q = 10^{-7} \cos\left(10^5 t - \frac{\pi}{4}\right)(C)$

C. $q = 10^{-7} \cos\left(10^5 t + \frac{3\pi}{4}\right)(C)$

D. $q = 10^{-7} \cos\left(10^5 t - \frac{3\pi}{4}\right)(C)$

Câu 10: Mạch LC gồm $L = 10^{-4} H$ và $C = 10nF$. Lúc đầu tụ được nối với nguồn một chiều $E = 4V$. Sau khi tụ tích điện cực đại, vào thời điểm $t = 0$ nối tụ với cuộn cảm và ngắt khỏi nguồn. Biểu thức điện tích trên tụ là

A. $q = 4.10^{-8} \cos(10^6 t)(C)$

B. $q = 4.10^{-8} \cos\left(10^6 t + \frac{\pi}{2}\right)(C)$

C. $q = 4.10^{-8} \cos\left(10^6 t - \frac{\pi}{2}\right)(C)$

D. $q = 4.10^{-8} \cos\left(10^6 t + \frac{\pi}{4}\right)(C)$

ĐÁP ÁN

1-C	2-B	3-B	4-B	5-A	6-C	7-D	8-B	9-A	10-A
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

HƯỚNG DẪN GIẢI CHI TIẾT

Câu 1: Đáp án C

Dòng điện qua mạch có phương trình dao động là: $i = 4.10^{-11} \sin 2.10^{-2} t$ nên ta suy ra:

$$I_0 = 4.10^{-11} \Rightarrow Q_0 = \frac{I_0}{\omega} = \frac{4.10^{-11}}{2.10^{-2}} = 2.10^{-9}$$

Câu 2: Đáp án B

Dòng điện cực đại trong mạch là: $I_0 = Q_0\omega$

Biểu thức của dòng điện trong mạch là:

$$i = \omega Q_0 \cos\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right)$$

Câu 3: Đáp án B

Điện tích cực đại trong mạch là: $Q_0 = \frac{I_0}{\omega}$

Biểu thức của điện tích trong mạch là

$$i = \frac{I_0}{\omega} \cos\left(\omega t + \varphi - \frac{\pi}{2}\right)$$

Câu 4: Đáp án B

Phương trình dao động của điện tích trong mạch là: $q = Q_0 \sin(\omega t + \varphi)$

Hiệu điện thế cực đại trong mạch là: $U_0 = \frac{Q_0}{C}$

Nên phương trình dao động của hiệu điện thế trong mạch là: $i = U_0 \cos(\omega t + \varphi) = \frac{Q_0}{C} \cos(\omega t + \varphi)$

Câu 5: Đáp án A

Theo đề ta có: $L = 2\text{mH}$; $C = 5\text{pF}$ nên tần số góc dao động của vật là:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \frac{1}{\sqrt{2.10^{-3}.5.10^{-12}}} = 10^6 \text{ (rad/s)}$$

Tụ được tích đến hiệu điện thế 10 V nên điện tích cực đại trong mạch là: $Q_0 = U_0.C = 10.5.10^{-12} = 5.10^{-11}$.

Khi chọn gốc thời gian lúc đầu tụ phóng điện thì biểu thức dao động của điện tích trên bản tụ điện là:

$$q = 5.10^{-11} \cos(10^6 t)(C)$$

Câu 6: Đáp án C

Cường độ dòng điện cực đại trong mạch là: $I_0 = U_0 \sqrt{\frac{L}{C}} = 0,4\text{A}$

Biểu thức của điện áp giữa hai đầu cuộn dây là: $u = 80 \cos\left(2.10^6 t - \frac{\pi}{2}\right)$

Vậy biểu thức của dòng điện trong mạch là:

$$i = 0,4 \cos\left(2.10^6 t - \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{2}\right) = 0,4 \cos(2.10^6 t)$$

Câu 7: Đáp án D

$$L = 640\mu\text{H}; C = 36\text{pF} \Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 6,6 \cdot 10^6 \text{ (rad/s)}$$

Cường độ dòng điện cực đại là: $I_0 = Q_0 \cdot \omega = 39,6 \text{ A}$.

Vậy biểu thức điện tích trên bản tụ điện và cường độ dòng điện qua mạch là:

$$q = 6 \cdot 10^{-6} \cos(6,6 \cdot 10^6 t) \text{ (C)}; i = 39,6 \cos\left(6,6 \cdot 10^6 t + \frac{\pi}{2}\right) \text{ (C)}$$

Câu 8: Đáp án B

Cường độ dòng điện tức thời trong mạch là: $i = 0,05 \cos 100\pi t$

Ta có

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow L = \frac{1}{\omega^2 C} = \frac{1}{(100\pi)^2 \cdot 2 \cdot 10^{-3}} \text{ (F)}$$

Điện tích cực đại qua mạch là:

$$Q_0 = \frac{I_0}{\omega} = \frac{0,05}{100\pi} = \frac{5 \cdot 10^{-4}}{\pi} \text{ (C)}$$

Vậy biểu thức điện tích của tụ điện là:

$$q = \frac{5 \cdot 10^{-4}}{\pi} \cos\left(100\pi t - \frac{\pi}{2}\right) \text{ (C)}$$

Câu 9: Đáp án A

Theo đề cho ta có:

$$L = 1\text{mH}; C = 0,1\mu\text{F} \Rightarrow \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 10^5 \text{ (rad/s)}$$

Khi $i = 6 \cdot 10^{-3} \text{ A}$ thì điện tích trên tụ điện là: $q = 8 \cdot 10^{-8} \text{ C}$.

Ta có biểu thức liên hệ độc lập với thời gian là:

$$\left(\frac{i}{I_0}\right)^2 + \left(\frac{q}{Q_0}\right)^2 = 1 \Rightarrow \left(\frac{i}{Q_0 \omega}\right)^2 + \left(\frac{q}{Q_0}\right)^2 = 1$$
$$\Rightarrow Q_0 = 10^{-7} \text{ (C)}$$

Lúc $t = 0$, năng lượng điện trường bằng năng lượng từ trường và điện tích của tụ dương nhưng đang giảm

$$\text{nên } \varphi = \frac{\pi}{4}$$

Vậy biểu thức điện tích trên tụ là:

$$q = 10^{-7} \cos\left(10^5 t + \frac{\pi}{4}\right) \text{ (C)}$$

Câu 10: Đáp án A

Theo đề cho ta có: $L = 10^{-4} \text{ H}$ và $C = 10\text{nF}$ nên

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 10^6 \text{ (rad/s)}$$

Ban đầu tụ được nối với nguồn một chiều: $E = 4V$ nên điện tích cực đại trên tụ điện là:

$$Q_0 = U_0 = EC = 4 \cdot 10^{-8} \text{ (C)}$$

Vậy biểu thức điện tích trên tụ là:

$$q = 4 \cdot 10^{-8} \cos(10^6 t) \text{ (C)}$$

III. BÀI TOÁN NĂNG LƯỢNG TRONG MẠCH DAO ĐỘNG LC

1. Phương pháp

a) Năng lượng điện trường

Là năng lượng tập trung trong tụ điện.

Giả sử điện tích tức thời trong mạch là $q = Q_0 \cos(\omega t + \varphi) \text{ (C)}$, hiệu điện thế tức thời giữa hai đầu tụ điện là u thì năng lượng điện trường được xác định bởi

$$W_C = \frac{1}{2} Cu^2 = \frac{q^2}{2C} = \frac{Q_0^2}{2C} \cos^2(\omega t + \varphi) = \frac{Q_0^2}{4C} + \frac{Q_0^2}{4C} \cos(2\omega t + 2\varphi)$$

b) Năng lượng từ trường

Là năng lượng tập trung trong cuộn dây.

Nếu điện tích tức thời có dạng $q = Q_0 \cos(\omega t + \varphi) \text{ (C)}$, thì cường độ dòng điện tức thời là

$$i = -\omega Q_0 \sin(\omega t + \varphi)$$

Năng lượng từ trường

$$W_L = \frac{1}{2} Li^2 = \frac{1}{2} L\omega^2 Q_0^2 \sin^2(\omega t + \varphi) = \frac{Q_0^2}{2C} \sin^2(\omega t + \varphi) = \frac{Q_0^2}{4C} - \frac{Q_0^2}{4C} \cos(2\omega t + 2\varphi)$$

c) Năng lượng điện từ

Là tổng của năng lượng điện trường và năng lượng từ trường trong mạch.

$$W = W_C + W_L = \frac{1}{2} Cu^2 = \frac{Q_0^2}{2C} = \frac{CU^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2} = \text{const}$$

Nhận xét:

- Năng lượng trong mạch dao động bao gồm năng lượng điện trường tập trung ở tụ điện và năng lượng từ trường tập trung ở cuộn cảm.

- Năng lượng điện trường và năng lượng từ trường biến thiên tuần hoàn với tần số góc gấp 2 lần tần số góc của điện tích, chu kì bằng 1 nửa chu kì của điện tích: $\omega = 2\omega = \frac{2}{\sqrt{LC}}$, với chu kì $T = \frac{T}{2} = \pi\sqrt{LC}$

- Tại mọi thời điểm, tổng của năng lượng điện trường và năng lượng từ trường là một hằng số. Năng lượng điện từ trong mạch là một đại lượng bảo toàn.

- Khoảng thời gian giữa hai lần liên tiếp năng lượng điện trường bằng năng lượng từ trường là $\frac{\pi}{4}$

- Trong một chu kì có 4 lần năng lượng điện trường bằng năng lượng từ trường.

2. Ví dụ minh họa

Ví dụ 1: Mạch dao động lí tưởng LC, cường độ dòng điện cực đại qua cuộn dây là 36 mA. Khi năng lượng điện trường bằng 3 lần năng lượng từ trường thì cường độ dòng điện qua mạch là

- A. 9 mA B. 3 mA C. 12 mA D. 18 mA

Lời giải

Đề bài cho $W = 3W_t, I_0 = 36 \text{ mA}$ nên ta nghĩ đến việc dùng bảo toàn năng lượng điện từ trong mạch.

$$\text{Ta có } W + W_t = W \Rightarrow 4W_t = W \Leftrightarrow 4 \frac{Li^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2} \Rightarrow i_0 = \pm \frac{I_0}{2} = \pm 18 (\text{mA})$$

Đáp án D

Ví dụ 2: Mạch dao động lí tưởng LC, điện dung $C = 2\mu\text{F}$. Biết khoảng thời gian giữa hai lần liên tiếp năng lượng điện trường bằng năng lượng từ trường là 8.10^{-5}s . Cuộn cảm có hệ số tự cảm là?

- A. 0,69 mH B. 0,16 mH C. 0,32 mH D. 0,12 mH

Lời giải

Khoảng thời gian giữa hai lần liên tiếp năng lượng điện trường bằng năng lượng từ trường 8.10^{-5}s nên ta

$$\text{có } \frac{T}{4} = 8.10^{-5}\text{s} \Rightarrow T = 32.10^{-5}\text{s}.$$

Mặt khác, $T = 2\pi\sqrt{LC}$, suy ra

$$L = \frac{T^2}{4^2\pi^2C} = \frac{(32.10^{-5})^2}{4^2.10.2.10^{-6}} = 0,32.10^{-3}\text{H}$$

Đáp án C

Ví dụ 3: Cho một mạch dao động điện từ gồm một tụ điện có điện dung $C = 5\mu\text{F}$ và một cuộn thuần cảm có độ tự cảm $L = 5\text{mH}$. Biết điện áp cực đại trên tụ là 6 V. Tìm năng lượng điện trường và năng lượng từ trường trong mạch khi điện áp trên tụ điện là 4 V và cường độ dòng điện i khi đó.

- A. 0,045 A B. $\pm 0,045 \text{ A}$ C. 0,09 A D. 0,09 A

Lời giải

$$\text{Năng lượng điện từ trong mạch } W = \frac{1}{2}CU_0^2 = 9.10^{-5}\text{ J}$$

$$\text{Năng lượng điện trường trong mạch } W_c = \frac{1}{2}Cu^2 = 4.10^{-5}\text{ J}$$

$$\text{Năng lượng từ trường trong mạch } W_t = W - W_c = 5.10^{-5}$$

$$\text{Từ đó suy ra cường độ dòng điện tức thời trong mạch là } i = \pm \sqrt{\frac{2W_t}{L}} = \pm 0,045 \text{ A}$$

Đáp án B

Phân tích

- Đề bài cho C và U_0 nên ta sẽ tính được năng lượng điện trường trong mạch.

- Tính được ngay năng lượng điện trường vì đề bài cho u, C.

- Có năng lượng điện từ, năng lượng điện trường, sẽ tính được năng lượng từ trường, từ đó tính được i.

Ví dụ 4: Cường độ dòng điện tức thời trong một mạch dao động LC lí tưởng là $i = 0,08 \cos(2000t)$ (A).

Cuộn dây có độ tự cảm $L = 50$ mH.

a) Tính điện dung của tụ điện.

b) Xác định điện áp giữa hai bản tụ điện tại thời điểm cường độ dòng điện tức thời trong mạch bằng giá trị cường độ dòng điện hiệu dụng.

Lời giải

a) Từ biểu thức của cường độ dòng điện, ta có $\omega = 2000 \text{ rad/s}$, do đó điện dung của tụ điện:

$$C = \frac{1}{L\omega^2} = \frac{1}{50 \cdot 10^{-3} \cdot 2000^2} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ F}$$

b) Vì dữ kiện đề bài cho ta $i = I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$; I_0, L, C đã có nên ta sẽ dùng bảo toàn năng lượng từ trường để tính

$$u. \text{ Ta có } \frac{1}{2} Li^2 + \frac{1}{2} Cu^2 = \frac{1}{2} LI_0^2$$

Suy ra hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện lúc này là

$$u = \pm I_0 \sqrt{\frac{L}{2C}} = \pm 0,08 \sqrt{\frac{50 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 5 \cdot 10^{-6}}} = \pm 4\sqrt{2} \text{ V}$$

Đáp án

Ví dụ 5: Cho mạch dao động gồm cuộn dây thuần cảm L và hai tụ nối tiếp với $C_1 = 2C_2$, hai đầu tụ C_1 có gắn khóa K. Lúc đầu khóa mở mạch đang hoạt động thì ta đóng khóa vào thời điểm năng lượng trong cuộn cảm triệt tiêu. Năng lượng toàn phần sau đó sẽ:

A. không đổi

B. Giảm còn $\frac{2}{3}$ lúc đầu

C. Giảm còn $\frac{4}{9}$ lúc đầu

D. Giảm còn $\frac{1}{9}$ lúc đầu

Lời giải

Năng lượng trong cuộn cảm triệt tiêu \Rightarrow năng lượng tập trung trong các tụ

$$\text{Đối với tụ ghép nối tiếp thì ta có } \begin{cases} W_{C_1} + W_{C_2} = W \\ \frac{W_{C_1}}{W_{C_2}} = \frac{C_2}{C_1} \end{cases},$$

Theo bài ra $C_1 = 2C_2$ nên ta có $\frac{W_{C_1}}{W_{C_2}} = \frac{C_2}{C_1} = \frac{1}{2} \Rightarrow W_{C_1} = \frac{1}{3} W$. Tụ C_1 bị nối tắt thì năng lượng trong tụ đó

bị mất đi, do đó năng lượng của mạch lúc này là $\frac{2}{3} W$

Ví dụ 6: Một mạch dao động lí tưởng gồm cuộn cảm thuần có độ tự cảm 5 mH và tụ điện có điện dung 50 μ F. Trong mạch đang có dao động điện từ tự do với hiệu điện thế cực đại giữa hai bản tụ điện là 6 V. Tại thời điểm hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện là 4 V thì cường độ dòng điện trong mạch có độ lớn bằng

- A. $\frac{\sqrt{5}}{5}$ A B. $\frac{\sqrt{5}}{2}$ A C. $\frac{3}{5}$ A D. $\frac{1}{4}$ A

Lời giải

Năng lượng của mạch dao động:

$$E = \frac{1}{2}CU_0^2 = \frac{1}{2}Cu^2 + \frac{1}{2}Li^2 \Rightarrow i = \sqrt{\frac{C}{L}(U_0^2 - u^2)} = \sqrt{\frac{50 \cdot 10^{-6}}{5 \cdot 10^{-3}}(6^2 - 4^2)} = \frac{\sqrt{5}}{5} \text{ A}$$

3. Bài tập tự luyện

Câu 1: Trong mạch điện dao động điện từ LC, dòng điện tức thời tại thời điểm $W_t = nW_d$ được tính theo biểu thức:

- A. $i = \frac{\omega I_0}{\sqrt{n+1}}$ B. $i = \frac{Q_0}{\sqrt{n+1}}$ C. $i = \frac{I_0 \sqrt{n}}{\sqrt{n+1}}$ D. $i = \frac{I_0}{2\omega \sqrt{n+1}}$

Câu 2: Trong mạch điện dao động điện từ LC, điện tích trên tụ tại thời điểm $W_d = \frac{1}{n} W_t$ được tính theo biểu thức:

- A. $q = \frac{Q_0}{\sqrt{n+1}}$ B. $q = \frac{2Q_0}{\omega C \sqrt{n+1}}$ C. $q = \frac{\omega Q_0}{\sqrt{n+1}}$ D. $q = \frac{2Q_0}{\sqrt{n+1}}$

Câu 3: Trong mạch điện dao động điện từ LC, hiệu điện thế trên tụ tại thời điểm $W_d = \frac{1}{n} W_t$ được tính theo biểu thức:

- A. $u = \frac{U_0}{2} \sqrt{n+1}$ B. $u = \frac{U_0}{\sqrt{n+1}}$ C. $u = 2U_0 \sqrt{n+1}$ D. $u = \frac{U_0}{\omega} \sqrt{n+1}$

Câu 4: Nếu điện tích trên tụ của mạch LC biến thiên theo công thức $q = q_0 \sin \omega t$. Tìm biểu thức sai trong các biểu thức năng lượng của mạch LC sau đây:

A. Năng lượng điện: $W_d = \frac{Cu^2}{2} = \frac{qu}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{Q_0^2}{2C} \sin^2 \omega t = \frac{Q_0^2}{4C} (1 - \cos 2\omega t)$

B. Năng lượng từ: $W_t = \frac{Li^2}{2} = \frac{Q_0^2}{2C} \cos^2 \omega t = \frac{Q_0^2}{2C} (1 + \cos 2\omega t)$

C. Năng lượng dao động: $W = W_d + W_t = \frac{Q_0^2}{2C} = \text{const}$

D. Năng lượng dao động: $W = W_d + W_t = \frac{LI_0^2}{2} = \frac{L\omega^2 Q_0^2}{2} = \frac{Q_0^2}{2C}$

Câu 5: Trong mạch điện dao động điện từ LC, khi điện tích giữa hai bản tụ có biểu thức: $q = -Q_0 \cos \omega t$ thì năng lượng tức thời của cuộn cảm và của tụ điện lần lượt là:

A. $W_t = \frac{1}{2}L\omega^2Q_0^2 \sin^2 \omega t$; $W_d = \frac{Q_0^2}{2C} \cdot \cos^2 \omega t$

B. $W_t = \frac{1}{2}L\omega^2Q_0^2 \sin^2 \omega t$; $W_d = \frac{Q_0^2}{2C} \cdot \cos^2 \omega t$

C. $W_t = \frac{Q_0^2}{2C} \cdot \sin^2 \omega t$; $W_d = \frac{Q_0^2}{2C} \cdot \cos^2 \omega t$

D. $W_t = \frac{Q_0^2}{2C} \cdot \cos^2 \omega t$; $W_d = \frac{1}{2}L\omega^2Q_0^2 \sin^2 \omega t$

Câu 6: Một mạch dao động gồm một tụ điện có điện dung 3500 pF, một cuộn cảm có độ tự cảm 30μH và một điện trở thuần 1,5Ω. Phải cung cấp cho mạch một công suất bằng bao nhiêu để duy trì dao động của nó, khi hiệu điện thế cực đại trên tụ điện là 15V? Hãy chọn kết quả đúng trong các kết quả sau:

A. $P = 19,69 \cdot 10^{-3} \text{ W}$

B. $P = 20 \cdot 10^{-3} \text{ W}$

C. $P = 21 \cdot 10^{-3} \text{ W}$

D. Một giá trị khác

Câu 7: Một mạch dao động điện từ có điện dung của tụ là $C = 4\mu\text{F}$. Trong quá trình dao động, hiệu điện thế cực đại giữa hai bản tụ là 12V. Khi hiệu điện thế giữa hai bản tụ là 9V thì năng lượng từ trường của mạch là:

A. $2,88 \cdot 10^{-4} \text{ J}$

B. $1,62 \cdot 10^{-4} \text{ J}$

C. $1,26 \cdot 10^{-4} \text{ J}$

D. $4,5 \cdot 10^{-4} \text{ J}$

Câu 8: Hiệu điện thế cực đại giữa 2 bản tụ điện của 1 mạch dao động là $U_0 = 12\text{V}$. Điện dung của tụ điện là $C = 4\mu\text{F}$. Năng lượng từ của mạch dao động khi hiệu điện thế giữa 2 bản tụ điện là $U = 9\text{V}$ là

A. $1,26 \cdot 10^{-4} \text{ J}$

B. $2,88 \cdot 10^{-4} \text{ J}$

C. $1,62 \cdot 10^{-4} \text{ J}$

D. $0,18 \cdot 10^{-4} \text{ J}$

Câu 9: Một mạch dao động LC có cuộn thuần cảm có độ tự cảm $L = 5\text{H}$ và tụ điện có điện dung $C = 5\mu\text{F}$. Hiệu điện thế cực đại giữa hai bản tụ là 10V. Năng lượng dao động của mạch là

A. $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ J}$

B. 2,5mJ

C. 2,5J

D. 25J

Câu 10: Một mạch dao động LC có cuộn thuần cảm có độ tự cảm $L = 0,4\text{H}$ và tụ điện có điện dung $C = 40\mu\text{F}$. Cường độ dòng điện qua mạch có biểu thức: $i = 2\sqrt{2} \cos 100\pi t \text{ (A)}$. Năng lượng dao động của mạch là

A. 1,6 mJ

B. 3,2 mJ

C. 1,6 J

D. 3,2 J

Câu 11: Một mạch dao động LC có điện trở thuần không đáng kể, tụ điện có điện dung $L = 5\mu\text{H}$. Dao động điện từ riêng (tự do) của mạch LC với hiệu điện thế cực đại ở hai đầu tụ điện bằng 6V. Khi hiệu điện thế ở hai đầu tụ điện là 4V thì năng lượng từ trường trong mạch bằng

A. $4 \cdot 10^{-5} \text{ J}$

B. $9 \cdot 10^{-5} \text{ J}$

C. $5 \cdot 10^{-5} \text{ J}$

D. 10^{-5} J

Câu 12: Mạch dao động LC, với cuộn dây có $L = 5\mu\text{H}$. Cường độ dòng điện cực đại trong mạch là 2A. Khi cường độ dòng điện tức thời trong mạch là 1A thì năng lượng điện trường trong mạch là

A. $7,5 \cdot 10^{-6} \text{ J}$

B. $75 \cdot 10^4 \text{ J}$

C. $5,7 \cdot 10^{-4} \text{ J}$

D. $2,5 \cdot 10^{-5} \text{ J}$

Câu 13: Mạch dao động LC có điện tích cực đại trên tụ là 9 nC. Điện tích của tụ điện vào thời điểm năng lượng điện trường bằng $\frac{1}{3}$ năng lượng từ trường bằng:

A. 3,0 nC

B. 4,5 nC

C. 2,5 nC

D. 5,0 nC

Câu 14: Mạch dao động LC có hiệu điện thế cực đại trên tụ là $5\sqrt{2}V$. Hiệu điện thế của tụ điện vào thời điểm năng lượng điện trường bằng $\frac{1}{3}$ năng lượng từ trường bằng:

- A. $5\sqrt{2}V$ B. $2\sqrt{5}V$ C. $10\sqrt{2}V$ D. $2,5\sqrt{2}V$

Câu 15: Mạch dao động LC có dòng điện cực đại qua mạch là 12 mA. Dòng điện trên mạch vào thời điểm năng lượng từ trường bằng 3 năng lượng điện trường bằng

- A. 4 mA B. 5,5 mA C. 2 mA D. $6\sqrt{3}$ mA

Câu 16: Mạch chọn sóng máy thu thanh có $L = 2 \mu H$; $C = 0,2 nF$. Điện trở thuần $R = 0$. Hiệu điện thế cực đại 2 bản tụ là 120 mV. Tổng năng lượng điện từ của mạch là

- A. $144 \cdot 10^{-14} J$ B. $24 \cdot 10^{-12} J$
C. $288 \cdot 10^{-4} J$ D. Tất cả đều sai

ĐÁP ÁN

1.C	2.A	3.B	4.B	5.A	6.A	7.C	8.A	9.A	10.C
11.B	12.A	13.B	14.D	15.D	16.A				

HƯỚNG DẪN GIẢI CHI TIẾT

Câu 1: Đáp án C

Trong mạch điện dao động LC, dòng điện tức thời tại thời điểm $W_t = nW_d$ thì ta sẽ có:

$$W_t + W_d = W \Leftrightarrow W_t + \frac{1}{n} W_t = W$$

$$\Leftrightarrow \frac{n+1}{n} W_t = W \Leftrightarrow W_t = \frac{n}{n+1} W$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} Li^2 = \frac{n}{n+1} \frac{Q_0^2}{2C}$$

$$\Rightarrow i^2 = \frac{n}{n+1} \cdot \frac{Q_0^2}{LC} = \frac{n}{n+1} \cdot I^2 \Rightarrow i = \sqrt{\frac{n}{n+1}} I$$

Câu 2: Đáp án A

Trong mạch điện dao động LC, ta có:

$$W_d = \frac{1}{n} W_t \Rightarrow W_t = nW_d \Rightarrow (n+1)W_d = W$$

$$\Rightarrow \frac{q^2}{2C} = \frac{1}{n+1} \cdot \frac{Q_0^2}{2C} \Rightarrow q = \frac{Q_0}{\sqrt{n+1}}$$

Câu 3: Đáp án B

Theo đề bài ta có:

$$W_d = \frac{1}{n} W_t \Rightarrow (n+1) W_d = W$$

$$\Rightarrow \frac{Cu^2}{2} = \frac{1}{n+1} \cdot \frac{CU_0^2}{2} \Rightarrow U = \frac{U_0}{\sqrt{n+1}}$$

Câu 4: Đáp án B

Điện tích trên tụ biến thiên theo công thức $q = q_0 \sin \omega t$ nên:

$$\text{Năng lượng điện: } W_d = \frac{Cu^2}{2} = \frac{qu}{2} = \frac{q^2}{2C} = \frac{(Q_0 \sin \omega t)^2}{2C} = \frac{Q_0^2}{4C} (1 - \cos 2\omega t)$$

$$\text{Năng lượng từ: } W_t = \frac{Li^2}{2} = \frac{L \left(Q_0 \omega \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \right)^2}{2}$$

$$= \frac{LQ_0^2 \omega^2}{4} \left(1 - 2 \cos \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right) \right)$$

$$\text{Năng lượng dao động: } W = W_d + W_t = \frac{Q_0^2}{2C} = \text{const}$$

$$\text{Năng lượng dao động: } W = W_d + W_t = \frac{LI_0^2}{2} = \frac{L\omega^2 Q_0^2}{2} = \frac{Q_0^2}{2C}$$

Câu 5: Đáp án A

Khi điện tích giữa hai bản tụ có biểu thức: $q = -Q_0 \cos \omega t$ thì năng lượng tức thời của cuộn cảm và của tụ

$$\text{điện lần lượt là: } W_t = \frac{1}{2} L \omega^2 Q_0^2 \sin^2 \omega t; W_d = \frac{Q_0^2}{2C} \cdot \cos^2 \omega t$$

Câu 6: Đáp án A

Mạch dao động với tụ có điện dung là: $C = 3500 \text{ pF}$. Cuộn cảm có độ tự cảm $L = 30 \mu\text{H}$ và điện trở thuần có $R = 1,5 \Omega$

Khi hiệu điện thế cực đại trên tụ điện là 15V thì để duy trì dao động của mạch phải cung cấp cho mạch công suất có giá trị là:

$$P = RI^2 = R \left(\frac{I_0}{\sqrt{2}} \right)^2 = \frac{RI_0^2}{2} = \frac{R \cdot U_0^2 \cdot \frac{C}{L}}{2} = 19,69 \cdot 10^{-3}$$

Câu 7: Đáp án C

Theo đề cho: $C = 4 \mu\text{F}$.

$$\text{Hiệu điện thế cực đại giữa hai bản tụ là 12V nên năng lượng dao động là: } W = \frac{1}{2} CU_0^2 = 2,88 \cdot 10^{-4}$$

Khi hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện là 9V thì năng lượng điện trường của tụ điện là:

$$W_d = \frac{1}{2} Cu^2 = 1,62 \cdot 10^{-4}$$

Vậy năng lượng từ trường của cuộn dây là: $W_t = W - W_d = 1,26 \cdot 10^{-4}$

Câu 8: Đáp án A

Giống câu 7

Câu 9: Đáp án A

Năng lượng dao động của mạch là: $W = \frac{1}{2}CU_0^2 = 2,5 \cdot 10^{-4}$

Câu 10: Đáp án C

Phương trình dao động của cường độ dòng điện qua mạch có biểu thức: $i = 2\sqrt{2} \cos 100\pi t$

Nên $I_0 = 2\sqrt{2}$

Vậy năng lượng dao động của mạch là: $W = \frac{1}{2}CL_0^2 = 1,6J$

Câu 11: Đáp án B

Năng lượng từ trường của mạch là: $W = \frac{1}{2}CU_0^2 = \frac{1}{2}Cu^2 = 9 \cdot 10^{-5}J$

Câu 12: Đáp án A

Năng lượng điện trường trong mạch là: $W_d = \frac{1}{2}CL_0^2 - \frac{1}{2}Li^2 = 7,5 \cdot 10^{-6}J$

Câu 13: Đáp án B

Vào thời điểm

$$W_d = \frac{1}{3}W_t \Rightarrow W_d = \frac{1}{4}W$$

$$\Rightarrow \frac{q^2}{2C} = \frac{1}{4} \cdot \frac{Q_0^2}{2C} \Rightarrow q = 4,5nC$$

Câu 14: Đáp án D

Tương tự câu 13 ta suy ra được $u = 2,5\sqrt{2}V$

Câu 15: Đáp án D

Năng lượng từ trường bằng 3 lần năng lượng điện trường thì suy ra $i = 6\sqrt{3} \text{ mA}$

Câu 16: Đáp án A

Tổng năng lượng điện từ của mạch là: $W_d = \frac{1}{2}CU^2 = 1,44 \cdot 10^{-12}$

IV. BÀI TOÁN VỀ TRUYỀN THÔNG SÓNG ĐIỆN TỪ

1. Phương pháp

Trên thực tế, có rất nhiều đài phát ra sóng điện từ có tần số khác nhau, và anten của máy thu sẽ thu được rất nhiều các sóng điện từ khác nhau đó. Để thu được sóng như mong muốn, phải mắc hỗn hợp anten với một mạch chọn sóng.

Mạch chọn sóng là một mạch dao động LC, trong đó tụ điện thường là một tụ xoay có điện dung thay đổi được.

Khi anten thu được sóng điện từ, dao động từ anten sẽ truyền sang mạch chọn sóng làm cho mạch bị dao động cưỡng bức. Điều chỉnh điện dung của mạch chọn sóng thì tần số riêng của mạch này thay đổi. Khi tần số của mạch chọn sóng bằng tần số của đài cần thu thì xảy ra hiện tượng cộng hưởng, tín hiệu rõ nhất. Như vậy, để thu được tín hiệu rõ nét nhất thì ta phải điều chỉnh điện dung sao cho tần số riêng của mạch bằng đúng với tần số của sóng cần thu.

2. Ví dụ minh họa

Ví dụ 1: Mạch chọn sóng của một máy thu vô tuyến điện gồm một cuộn dây có độ tự cảm $L = 4\mu\text{H}$ và một tụ điện $C = 50 \text{ nF}$.

a) Tính bước sóng điện từ mà mạch thu được.

b) Để mạch bắt được sóng có bước sóng trong khoảng từ 80 m đến 800 m thì cần phải thay tụ điện C bằng tụ xoay C_v có điện dung biến thiên trong khoảng nào?

Lấy $\pi^2 = 10$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$.

Lời giải

a) Bước sóng điện từ mà mạch thu được là: $\lambda = 2\pi c\sqrt{LC} = 843\text{m}$

$$\text{b) Ta có } \begin{cases} C_{\min} = \frac{\lambda_{\min}^2}{4\pi^2 c^2 L} = \frac{80^2}{4\pi^2 c^2 \cdot 4 \cdot 10^{-6}} = 0,45 \cdot 10^{-9} \text{ F} \\ C_{\max} = \frac{\lambda_{\max}^2}{4\pi^2 c^2 L} = \frac{800^2}{4\pi^2 c^2 \cdot 4 \cdot 10^{-6}} = 45 \cdot 10^{-9} \text{ F} \end{cases}$$

Vậy $0,45 \cdot 10^{-9} \text{ F} < C_v < 45 \cdot 10^{-9} \text{ F}$

Ví dụ 2: Mạch dao động để chọn sóng của một máy thu thanh gồm một cuộn dây có độ tự cảm $L = 11,3\mu\text{H}$ và tụ điện có điện dung $C = 1000 \text{ pF}$.

a) Mạch dao động nói trên có thể thu được sóng có bước sóng λ_0 bằng bao nhiêu?

b) Để thu được dải sóng từ 20m đến 50m, người ta phải ghép thêm một tụ xoay C_v với tụ C nói trên. Hỏi phải ghép như thế nào và giá trị của C_v thuộc khoảng nào?

c) Để thu được sóng 25m, C_v phải có giá trị bao nhiêu? Các bản tụ di động phải xoay một góc bằng bao nhiêu kể từ vị trí điện dung cực đại để thu được bước sóng trên, biết các bản tụ di động có thể xoay từ 0 đến 180°?

Lời giải

a) Bước sóng mạch thu được:

$$\lambda_0 = 2\pi c\sqrt{LC} = 2\pi \cdot 3 \cdot 10^8 \sqrt{11,3 \cdot 10^{-6} \cdot 1000 \cdot 10^{-12}} = 200,27\text{m}$$

b) Vì dải sóng cần thu có bước sóng nhỏ hơn bước sóng λ_0 nên điện dung của bộ tụ phải nhỏ hơn C. Do đó phải ghép C_v nối tiếp với C. Khi đó:

$$\lambda = 2\pi c \sqrt{L \frac{CC_V}{C+C_V}} \Rightarrow C_V = \frac{\lambda^2 C}{4\pi^2 c^2 LC - \lambda^2} = \frac{C}{\frac{4\pi^2 c^2 LC}{\lambda^2} - 1}$$

Từ biểu thức trên, ta thấy với $\lambda > 0$ thì C_V biến thiên đồng biến theo λ

Khi đó ta có

$$C_{V_{\max}} = \frac{\lambda_{\max}^2 C}{4\pi^2 c^2 LC - \lambda_{\max}^2} = \frac{50^2 \cdot 1000 \cdot 10^{-12}}{4\pi^2 (3 \cdot 10^8)^2 \cdot 11,3 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-9} - 50^2} = 66,4 \cdot 10^{-12} \text{ F}$$

$$C_{V_{\min}} = \frac{\lambda_{\min}^2 C}{4\pi^2 c^2 LC - \lambda_{\min}^2} = \frac{20^2 \cdot 1000 \cdot 10^{-12}}{4\pi^2 (3 \cdot 10^8)^2 \cdot 11,3 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-9} - 20^2} = 10,1 \cdot 10^{-12} \text{ F}$$

Vậy $10,1 \text{ pF} \leq C_V \leq 66,4 \text{ pF}$

c) Để thu được sóng $\lambda_1 = 25 \text{ m}$ thì

$$C_V = \frac{\lambda_1^2 C}{4\pi^2 c^2 LC - \lambda_1^2} = \frac{25 \cdot 10^{-9}}{4\pi^2 (3 \cdot 10^8)^2 \cdot 11,3 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-9} - 25^2} = 15,8 \cdot 10^{-12} \text{ F}$$

Vì C_V tỉ lệ với góc xoay nên ta có

$$\frac{C_{V_{\max}} - C_{V_1}}{C_{V_{\max}} - C_{V_{\min}}} = \frac{\Delta\varphi}{180} \Rightarrow \Delta\varphi = 180 \left(\frac{C_{V_{\max}} - C_{V_1}}{C_{V_{\max}} - C_{V_{\min}}} \right) = 180 \left(\frac{66,4 - 15,8}{66,4 - 10,1} \right) = 162^\circ$$

Đáp án B

Ví dụ 3: Cho mạch chọn sóng của máy thu vô tuyến điện gồm tụ C_0 ghép song song với tụ xoay C_X (điện dung của tụ xoay tỉ lệ hàm bậc nhất với góc xoay α). Cho góc xoay α biến thiên từ $0^\circ \rightarrow 120^\circ$ khi đó C_X biến thiên từ $10 \mu\text{F}$ đến $250 \mu\text{F}$, nhờ vậy máy thu được bước sóng từ 10 m đến 30 m . Điện dung C_0 có giá trị bằng

A. $40 \mu\text{F}$

B. $20 \mu\text{F}$

C. $30 \mu\text{F}$

D. $10 \mu\text{F}$

Lời giải

Vì ghép song song với C_0 nên ta có điện dung tương đương $C_b = C_X + C_0$. Từ đó ta có:

$$C_{b1} = C_0 + C_{X1} = C_0 + 10 (*)$$

$$C_{b2} = C_0 + C_{X2} = C_0 + 250$$

Từ đó ta có $C_{b2} - C_{b1} = 240 (1)$. Mặt khác

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{2\pi c \sqrt{LC_{b2}}}{2\pi c \sqrt{LC_{b1}}} = 3 \Rightarrow C_{b2} = 9C_{b1} (2)$$

Từ (1) và (2) suy ra $C_{b1} = 30 \mu\text{F}$, $C_{b2} = 270 \mu\text{F}$. Thay C_{b1} vào (*) suy ra $C_0 = 20 \mu\text{F}$

Đáp án B

Ví dụ 4: Mạch chọn sóng của máy thu vô tuyến điện gồm một cuộn cảm thuần và một tụ điện là tụ xoay. Điện dung của tụ xoay hàm số bậc nhất của góc xoay. Khi chưa xoay tụ là 45 độ thì mạch thu sóng có bước sóng là 10m. Khi góc xoay tụ là 45 độ thì mạch thu được sóng có bước sóng là 20m. Để mạch bắt được sóng có bước sóng 30m thì phải xoay tụ tới góc xoay bằng bao nhiêu độ

A. 120

B. 135

C. 75

D. 90

Lời giải

Bước sóng trong mỗi trường hợp là

$$\lambda = 2\pi\sqrt{LC} \Rightarrow \begin{cases} \lambda_0 = 2\pi\sqrt{LC_0} \\ \lambda_1 = 2\pi\sqrt{LC_1} \\ \lambda_2 = 2\pi\sqrt{LC_2} \end{cases}$$

Điện dung $C = C_0 + k\alpha$

$$\text{Ta có } \begin{cases} \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_0}\right)^2 = \frac{C_1}{C_0} = 4 \Leftrightarrow C_1 = 4C_0 \Rightarrow 4C_0 = C_0 + 45k \Rightarrow k = \frac{C_0}{45} \\ \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_0}\right)^2 = \frac{C_2}{C_0} = 9 \Leftrightarrow C_2 = 9C_0 \Rightarrow 9C_0 = C_0 + \alpha \frac{C_0}{45} \Rightarrow \alpha = 120^\circ \end{cases}$$

Đáp án A

Ví dụ 5: Trong thông tin liên lạc bằng sóng vô tuyến, người ta sử dụng cách biến điệu biên độ, tức là làm cho biên độ của sóng điện từ cao tần (sóng mang) biến thiên theo thời gian với tần số bằng tần số của dao động âm tần. Cho tần số sóng mang là 800 kHz, tần số của dao động âm tần là 1000 Hz. Xác định số dao động toàn phần của dao động cao tần khi dao động âm tần thực hiện được một dao động toàn phần

A. 800.

B. 1000.

C. 850.

D. 620.

Lời giải

Thời gian để dao động âm tần thực hiện được một dao động toàn phần là:

$$T_A = \frac{1}{f_A} = 10^{-3} \text{ s}$$

Thời gian để dao động cao tần thực hiện được một dao động toàn phần

$$T_C = \frac{1}{f_C} = 0,125 \cdot 10^{-5} \text{ s}$$

Số dao động toàn phần của dao động cao tần khi dao động âm tần thực hiện được một dao động toàn phần là

$$N = \frac{T_A}{T_C} = 800 \text{ (dao động toàn phần)}$$

Đáp án A