



NGUYỄN VĂN KHÁNH (Tổng Chủ biên kiêm Chủ biên)  
PHẠM THUYỀN GIANG – CAO TIẾN KHOA – ĐOÀN THỊ HẢI QUỲNH  
TRẦN BÁ TRÌNH – TRƯƠNG ANH TUẤN

# Vật lí

11

BẢN MẪU



CÔNG TY CỔ PHẦN ĐẦU TƯ  
XUẤT BẢN - THIẾT BỊ GIÁO DỤC VIỆT NAM



**Hội đồng Quốc gia thẩm định sách giáo khoa Vật lí 11**  
**ĐỖ HƯƠNG TRÀ (Chủ tịch) – NGUYỄN ANH THUẤN (Phó Chủ tịch)**  
**NGUYỄN VĂN NGHIỆP (Thư kí) – PHÙNG VIỆT HẢI –**  
**NGUYỄN QUANG LINH – PHẠM ĐÌNH MẶN –**  
**MAI HOÀNG PHƯƠNG – NGÔ THỊ QUYÊN –**  
**NGUYỄN VŨ ÁNH TUYẾT**



NGUYỄN VĂN KHÁNH (Tổng Chủ biên kiêm Chủ biên)  
PHẠM THUYỀN GIANG – CAO TIẾN KHOA – ĐOÀN THỊ HẢI QUỲNH  
TRẦN BÁ TRÌNH – TRƯƠNG ANH TUẤN

# Vật lí 11

**BẢN MẪU**



CÔNG TY CỔ PHẦN ĐẦU TƯ  
XUẤT BẢN - THIẾT BỊ GIÁO DỤC VIỆT NAM





# LỜI NÓI ĐẦU

Bạn thân mến

Quyển sách *Vật lí 11* này sẽ giúp bạn tiếp tục quá trình khám phá thế giới tự nhiên kì thú dưới góc độ vật lí. Những kiến thức, kĩ năng cốt lõi về dao động, sóng, tương tác của hạt mang điện, dòng điện sẽ đến với bạn qua các bài học gần gũi, thú vị đầy hấp dẫn. Chúng sẽ góp phần giúp bạn cảm nhận được vẻ đẹp của thiên nhiên qua hệ thống các quy luật vật lí, nâng cao nhận thức của mình về trách nhiệm công dân trong việc tôn trọng các quy luật của thiên nhiên, trân trọng, giữ gìn, bảo vệ và ứng xử với thiên nhiên phù hợp với yêu cầu phát triển bền vững. Thông qua đó, giúp bạn hình thành và phát triển thế giới quan khoa học, rèn luyện tính trung thực, tình yêu lao động và tinh thần trách nhiệm.

Bạn hãy tích cực học tập theo hướng dẫn của sách cũng như của thầy cô giáo.

Chúc bạn hứng thú và học tập tốt với quyển sách này!



# HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG SÁCH

## MỘT BÀI HỌC THƯỜNG CÓ

**Sau khi học xong bài học này, bạn có thể**

Đây là những yêu cầu cốt lõi về kiến thức, kĩ năng mà bạn cần đạt được sau bài học.

## CÁC HOẠT ĐỘNG

### Mở đầu



Thực hiện hoạt động này sẽ giúp bạn hướng đến những điều sẽ được khám phá của bài học.

### Hình thành kiến thức, kĩ năng



#### Quan sát, trả lời câu hỏi, thảo luận

Thực hiện hoạt động này sẽ giúp bạn hình thành được cho mình các kiến thức, kĩ năng thông qua bài học.



#### Thực hành, khám phá

Thực hiện hoạt động này là một trong những cách tốt nhất để giúp bạn khám phá các hiện tượng vật lí và hình thành được cho mình các kĩ năng.



Thực hiện hoạt động này sẽ giúp bạn rèn luyện kiến thức, kĩ năng đã học.



#### Vận dụng

Thực hiện hoạt động này sẽ giúp bạn vận dụng kiến thức và kĩ năng đã học qua các câu hỏi, bài tập và các yêu cầu về xử lí tình huống thực tiễn.

### Mở rộng

#### Bạn có biết

Những thông tin trong phần này sẽ giúp bạn mở rộng thêm tri thức của mình về những vấn đề lí thú của thế giới tự nhiên dưới góc độ vật lí.

#### Tìm hiểu thêm

Bạn hãy thực hiện những yêu cầu ở đây để nhận thức thêm những điều mới.

### Kiến thức, kĩ năng cốt lõi



Đây là những kiến thức, kĩ năng cốt lõi mà bạn cần đạt được sau khi học.





## CHỦ ĐỀ DAO ĐỘNG

# 1

- Dao động điều hoà
- Dao động tắt dần
- Dao động cưỡng bức và hiện tượng cộng hưởng

Hằng ngày chúng ta gặp rất nhiều dao động như chuyển động của chiếc thuyền nhấp nhô tại chỗ neo, các pít-tông lên xuống trong động cơ ô tô, sự rung động của dây đàn ghita, mặt trống, chuông,...

Trong chủ đề này, chúng ta sẽ tìm hiểu loại dao động cơ bản nhất là dao động điều hoà, dao động tắt dần, dao động cưỡng bức và hiện tượng cộng hưởng.

# 1

## DAO ĐỘNG ĐIỀU HOÀ

Học xong bài học này, bạn có thể

- Thực hiện thí nghiệm đơn giản tạo ra được dao động và mô tả được một số ví dụ đơn giản về dao động tự do.
- Dùng đồ thị li độ – thời gian có dạng hình sin (tạo ra bằng thí nghiệm hoặc hình vẽ cho trước), nêu được định nghĩa: biên độ, chu kì, tần số, tần số góc, độ lệch pha.
- Vận dụng được các khái niệm: biên độ, chu kì, tần số, tần số góc, độ lệch pha để mô tả dao động điều hoà.
- Sử dụng đồ thị, phân tích và thực hiện phép tính cần thiết để xác định được: độ dịch chuyển, vận tốc và gia tốc trong dao động điều hoà.



Hằng ngày, chúng ta thấy rất nhiều chuyển động, trong đó, vật chuyển động qua lại quanh một vị trí cân bằng. Chuyển động của người chơi đu là một ví dụ như vậy (Hình 1.1).

Những chuyển động đó được gọi là dao động.

Mô tả dao động như thế nào?



Hình 1.1. Chơi đu ngày Tết

### I. DAO ĐỘNG

#### 1. Thí nghiệm tạo dao động

Để tìm hiểu về dao động, bạn có thể dùng các dụng cụ đơn giản, làm thí nghiệm như ở Hình 1.2.





### Dụng cụ

Quả cầu kim loại nhỏ, sợi dây mảnh nhẹ, giá thí nghiệm.

### Tiến hành

- + Treo quả cầu vào giá thí nghiệm.
- + Khi quả cầu đứng yên tại vị trí cân bằng, dây treo có phương thẳng đứng, kéo quả cầu khỏi vị trí cân bằng một đoạn nhỏ rồi buông tay cho quả cầu chuyển động (Hình 1.2).
- + Mô tả chuyển động của quả cầu.



Hình 1.2. Quả cầu được treo bằng sợi dây

Trong thí nghiệm trên đây, khi kéo quả cầu khỏi vị trí cân bằng một đoạn nhỏ rồi buông ra thì quả cầu sẽ chuyển động qua lại quanh vị trí cân bằng. Ở Hình 1.3, nếu thả quả cầu từ vị trí 1, nó sẽ đi sang trái qua O đến vị trí 2 thì dừng, rồi sẽ đi ngược lại về phía phải qua O và trở về 1. Sau đó, chuyển động sẽ được lặp lại liên tiếp như vậy nếu không có lực cản. Chuyển động của quả cầu trong thí nghiệm này là một ví dụ về dao động.

*Chuyển động qua lại quanh một vị trí cân bằng được gọi là dao động.*

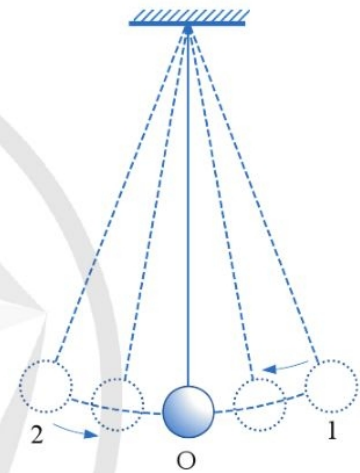
Có thể thấy rất nhiều dao động quanh ta như chuyển động của chiếc thuyền nhấp nhô tại chỗ neo, rung động của dây đàn ghita,... Các chuyển động này đều là chuyển động qua lại quanh vị trí cân bằng.

## 2. Dao động tự do

Ở Hình 1.3, khi đi từ vị trí 1 qua vị trí cân bằng O đến vị trí 2 rồi quay ngược lại, đi qua O trở về vị trí cũ 1 thì quả cầu đã thực hiện được một dao động. Nếu không có lực cản thì chuyển động của quả cầu cứ thế tự tiếp diễn, dao động của quả cầu là dao động tự do.



1. Dùng một lò xo, một quả cầu nhỏ bằng kim loại, sợi dây và giá thí nghiệm, thảo luận với bạn xây dựng phương án và thực hiện phương án tạo ra dao động của quả cầu treo ở một đầu lò xo.



Hình 1.3. Sơ đồ biểu diễn chuyển động của quả cầu nhỏ



2. Nêu ví dụ về dao động mà bạn quan sát được trong thực tế.



**Hình 1.5.** Gõ vào âm thoa làm âm thoa dao động

Nếu ta gảy một dây đàn ghita, nó dao động (Hình 1.4) và dao động đó tạo ra một nốt nhạc mà ta nghe được. Dùng búa cao su gõ vào âm thoa (Hình 1.5), âm thoa dao động và phát ra âm thanh. Dao động của dây đàn ghita và dao động của âm thoa trong những trường hợp này là hai trong rất nhiều ví dụ về dao động tự do. Trong điều kiện không có lực cản, các vật này đều dao động tự do sau một tác động ban đầu.



**Hình 1.4.** Dao động của dây đàn ghita



3. Với một cái thước mỏng đàn hồi, hãy đề xuất phương án tạo ra dao động tự do của thước và mô tả cách làm.



1. Nếu bỏ qua lực cản, chuyển động nào sau đây là dao động tự do:

- A. Một con muỗi đang đập cánh
- B. Tòa nhà rung chuyển trong trận động đất
- C. Mặt trống rung động sau khi gõ
- D. Bông hoa rung rinh trong gió nhẹ

Tuy nhiên, trong các tình huống thực tế, lực cản làm cho năng lượng dao động của vật bị giảm dần và năng lượng này cuối cùng được chuyển hoá thành năng lượng nhiệt. Các dao động sẽ bị tắt dần. Một khoảng thời gian ngắn sau khi được gảy, gõ, dây đàn ghita, âm thoa sẽ ngừng dao động.

### 3. Biên độ, chu kì, tần số của dao động

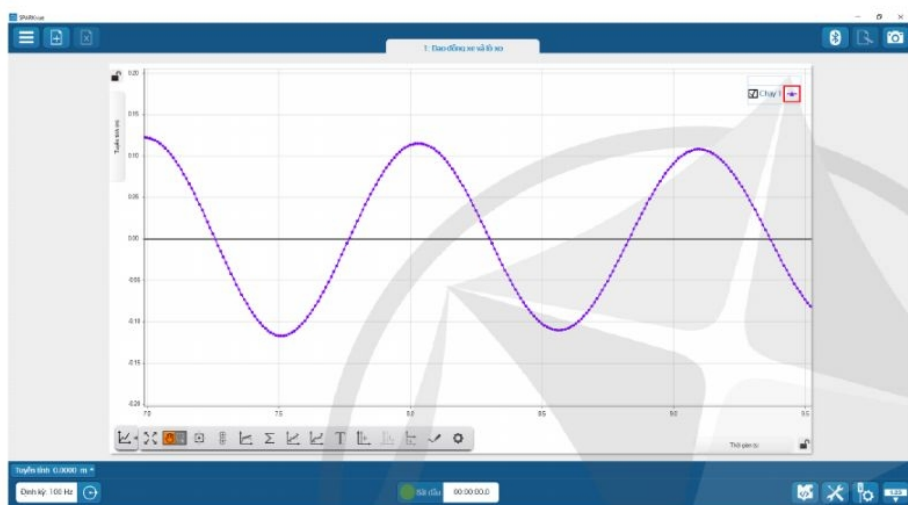
Lắp đặt xe kĩ thuật số có tích hợp cảm biến bên trong, giá đỡ, lò xo như Hình 1.6. Kéo xe theo phương trùng với trục của lò xo ra khỏi vị trí cân bằng (vị trí xe đứng yên) rồi buông tay, xe sẽ dao động.

Trong quá trình dao động, ta gọi độ dịch chuyển của xe so với vị trí cân bằng là li độ. Hình 1.7 là ảnh chụp màn hình hiển thị một phần đồ thị biểu diễn sự liên hệ giữa li độ và thời gian khi xe dao động.





Hình 1.6. Thí nghiệm chuyển động của xe kĩ thuật số

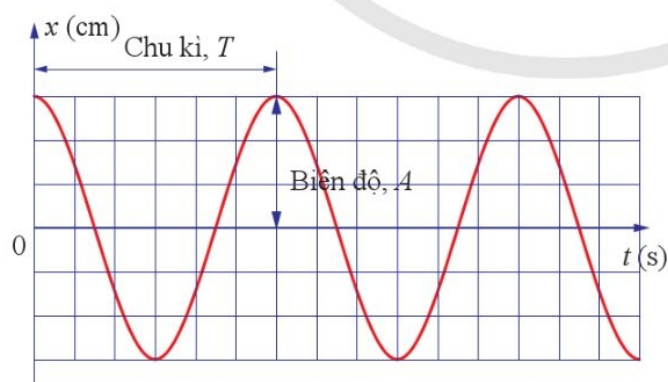


Hình 1.7. Ảnh chụp màn hình một phần đồ thị mô tả dao động của xe kĩ thuật số

Vẽ lại đồ thị Hình 1.7 để diễn tả sự liên hệ giữa li độ (kí hiệu là  $x$ ) và thời gian (kí hiệu là  $t$ ) của xe kĩ thuật số như trong Hình 1.8.



4. Từ đồ thị Hình 1.7, mô tả sự thay đổi li độ của xe theo thời gian.



Hình 1.8. Đồ thị mô tả sự liên hệ giữa li độ và thời gian của xe kĩ thuật số.

Từ đây, ta có thể định nghĩa biên độ, chu kỳ và tần số của dao động.

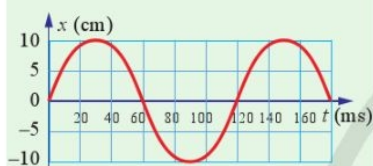




5. Tìm mối liên hệ giữa chu kì  $T$  và tần số  $f$  của dao động.



2. Xác định biên độ, chu kì và tần số của dao động có đồ thị li độ – thời gian được biểu diễn ở Hình 1.9.



**Hình 1.9.** Đồ thị li độ – thời gian của một dao động

*Độ dịch chuyển lớn nhất của vật dao động so với vị trí cân bằng được gọi là biên độ của dao động, kí hiệu là  $A$ . Biên độ của dao động là một số dương.*

*Khoảng thời gian để vật thực hiện một dao động được gọi là chu kì của dao động, kí hiệu là  $T$ .*

Đơn vị của chu kì là giây.

*Số dao động vật thực hiện được trong một giây được gọi là tần số của dao động, kí hiệu là  $f$ .*

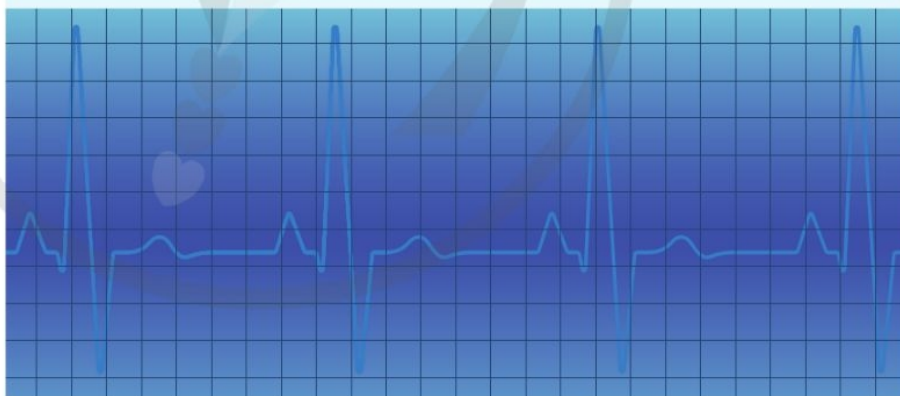
Đơn vị của tần số là hertz (kí hiệu là Hz).

1 Hz là một dao động trong một giây.



Tim co bóp theo nhịp do được điều khiển bằng một hệ thống các xung điện dẫn truyền trong cơ tim. Máy điện tim ghi nhận những xung điện này và hiển thị dưới dạng đường điện tâm đồ. Đó là những đường gấp khúc, lên xuống biến thiên theo nhịp co bóp của tim.

Dựa vào hình ảnh điện tâm đồ ở Hình 1.10, xác định chu kì đập của tim. Biết rằng mỗi khoảng vuông (theo chiều ngang) tương ứng với khoảng thời gian 0,12 s.



**Hình 1.10.** Một hình ảnh điện tâm đồ

## II. DAO ĐỘNG ĐIỀU HOÀ

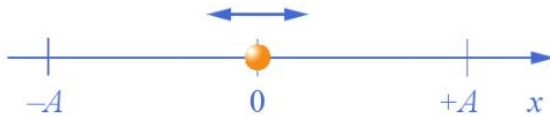
### 1. Định nghĩa

Trong điều kiện không có lực cản, đồ thị mô tả dao động của xe kĩ thuật số có dạng *hình sin* như đã thấy ở Hình 1.8. Trong môn Toán, ta biết mỗi đồ thị dạng sin tương ứng với một hàm số sin hoặc cosin.

Với dao động có đồ thị như Hình 1.8, độ dịch chuyển tức là li độ của vật, tính từ gốc toạ độ (Hình 1.11), liên hệ với thời gian theo phương trình sau đây:

$$x = A\cos(\omega t + \varphi) \quad (1.1)$$

Trong đó,  $A$ ,  $\omega$  và  $\varphi$  là các hằng số.



Hình 1.11. Một vật dao động điều hoà theo trục  $x$ , giữa hai giá trị  $x = +A$  và  $x = -A$ .

Từ đây, ta có định nghĩa:

*Dao động điều hoà là dao động trong đó li độ của vật là một hàm cosin (hoặc sin) của thời gian.*

Dao động điều hoà cũng có các đại lượng biên độ  $A$ , chu kỳ  $T$ , tần số  $f$  như đã được định nghĩa ở phần trước.

Phương trình (1.1) được gọi là phương trình của dao động điều hoà.

## 2. Tần số góc

Li độ  $x(t)$  của vật dao động điều hoà có thể trở lại giá trị ban đầu của nó sau một chu kỳ, tức là  $x(t) = x(t + T)$ , với mọi  $t$ . Nếu chọn  $\varphi = 0$  thì ta được:

$$A\cos\omega t = A\cos\omega(t + T) \quad (1.2)$$

Hàm số cosin (hoặc sin) tuần hoàn với chu kỳ  $2\pi$  nên ta có:

$$\cos\omega t = \cos(\omega t + 2\pi) \quad (1.3)$$

Từ (1.2) và (1.3) ta có:

$$\omega T = 2\pi$$

Kết hợp với  $T = \frac{1}{f}$ , suy ra

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad (1.4)$$

Đại lượng  $\omega$  được gọi là *tần số góc* của dao động và có đơn vị là radian trên giây (rad/s).



6. Thế nào là dao động điều hoà?



7. Tần số góc và tần số của dao động điều hoà có liên hệ như thế nào?

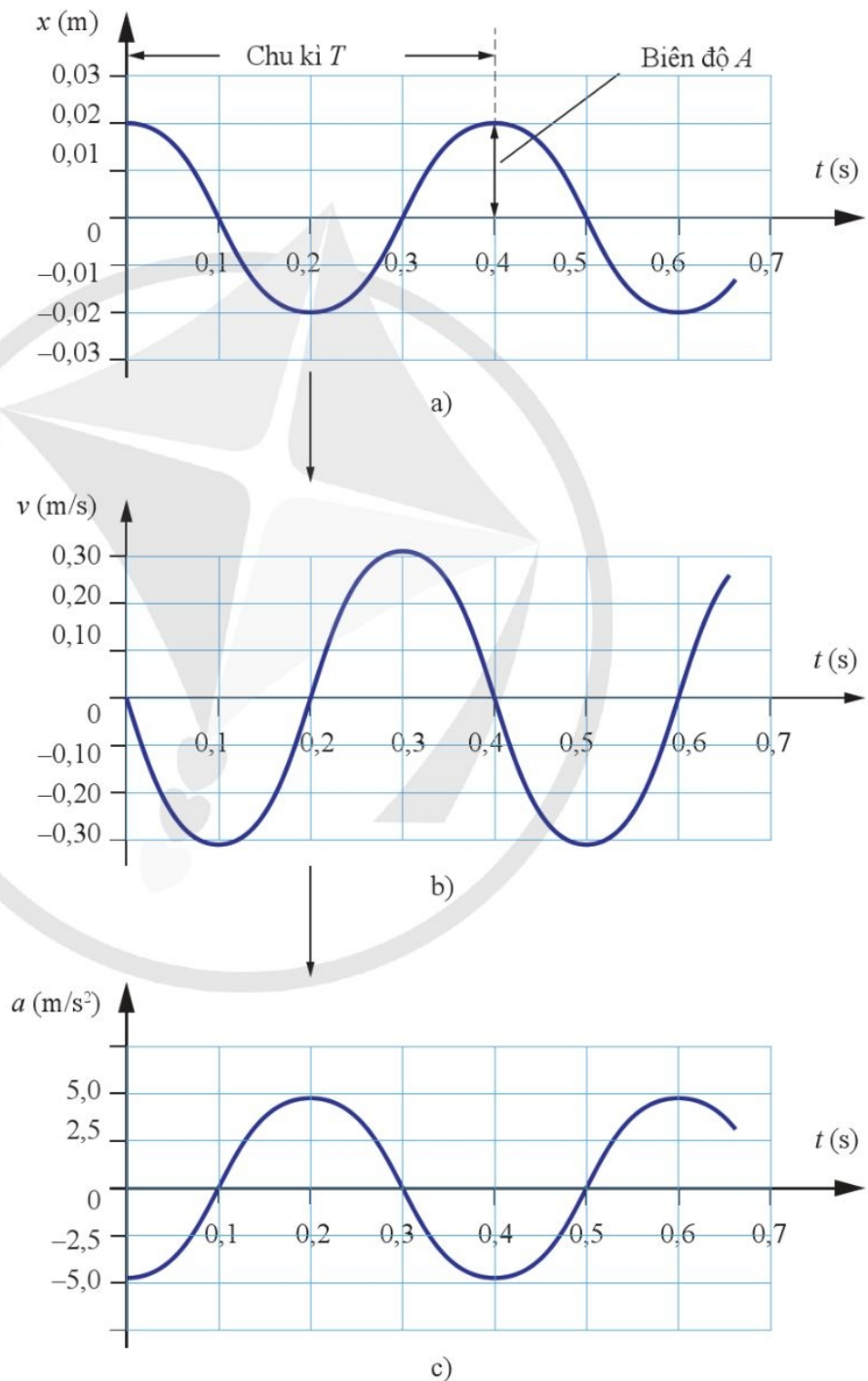
### 3. Vận tốc và gia tốc trong dao động điều hoà

Ở thí nghiệm với xe kĩ thuật số (Hình 1.6), nếu không có lực cản, các đồ thị biểu diễn li độ, vận tốc và gia tốc của xe kĩ thuật số theo thời gian là đồ thị hình sin. Trong Hình 1.12 là một số ví dụ.



8. Dựa vào đồ thị Hình 1.12, xác định các đại lượng sau:

- Tần số góc của dao động.
- Biên độ của dao động.
- Vận tốc cực đại của vật dao động.
- Gia tốc cực đại của vật dao động.



**Hình 1.12.** Đồ thị li độ, vận tốc, gia tốc theo thời gian của một vật dao động điều hoà



Như đã nói ở trên, mỗi đồ thị hình sin tương ứng với một hàm số sin hoặc cosin. Vì thế, mỗi đồ thị trong Hình 1.12 sẽ tương ứng với một phương trình.

- Phương trình li độ của xe tương ứng với đồ thị Hình 1.12a có dạng:

$$x = 0,02\cos(5\pi t) \text{ (m)}$$

Trong đó, biên độ  $A = 0,02 \text{ m}$ , tần số góc  $\omega = 5\pi \text{ rad/s}$  và pha ban đầu  $\varphi = 0 \text{ rad}$ .

- Phương trình vận tốc của xe tương ứng với đồ thị Hình 1.12b có dạng:

$$v = -0,31\sin(5\pi t) \text{ (m/s)}$$

Trong đó, vận tốc cực đại của vật:

$$v_{\max} = 0,31 = 5\pi \cdot 0,02 = \omega A \text{ (m/s)}$$

- Phương trình gia tốc của xe tương ứng với đồ thị Hình 1.12c có dạng:

$$a = -4,9\cos(5\pi t) \text{ (m/s}^2\text{)}$$

Trong đó, gia tốc cực đại của vật

$$a_{\max} = 4,9 = (5\pi)^2 \cdot 0,02 = \omega^2 A \text{ (m/s}^2\text{)}$$

Nếu vật dao động điều hòa có phương trình li độ dạng sin như biểu thức (1.1) thì vận tốc và gia tốc của vật đó có biểu thức lần lượt là:

$$v = -\omega A \sin(\omega t + \varphi) \quad (1.5)$$

và

$$a = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi) \quad (1.6)$$

Từ đây, ta có:

- Vận tốc và gia tốc của vật dao động điều hòa cũng biến thiên tuần hoàn theo quy luật hàm số sin (cosin) cùng chu kỳ  $T$  của li độ.
- Mối liên hệ giữa gia tốc và li độ của vật dao động điều hòa là

$$a = -\omega^2 x \quad (1.7)$$

### Tìm hiểu thêm

Dựa vào độ dốc của đồ thị li độ - thời gian, ta có thể xác định vận tốc của xe kỹ thuật số tại mỗi thời điểm. Từ các số liệu này, có thể vẽ được đồ thị hình sin biểu diễn sự liên hệ giữa vận tốc và thời gian (Hình 1.12b).

Ví dụ, trong Hình 1.12a, tại  $t = 0$ , độ dốc của đồ thị li độ - thời gian bằng 0, vận tốc bằng 0. Khi  $t$  tăng từ 0 s đến 0,2 s, độ dốc âm, vận tốc có giá trị âm. Tại  $t = 0,2 \text{ s}$ , độ dốc bằng 0 một lần nữa. Từ  $t = 0,2 \text{ s}$  đến  $t = 0,4 \text{ s}$ , độ dốc dương, vận tốc có giá trị dương. Độ dốc của đồ thị li độ - thời gian có độ lớn cực đại tại các thời điểm  $t = 0,1 \text{ s}; 0,3 \text{ s}; 0,5 \text{ s}; \dots$

Bằng cách tương tự, dựa vào độ dốc của đồ thị vận tốc - thời gian ở Hình 1.12b, ta có thể tìm được gia tốc của xe tại mỗi thời điểm và vẽ được đồ thị hình sin như Hình 1.12c.

Dựa vào các đồ thị ở Hình 1.12, tìm:

Các thời điểm gia tốc của xe bằng 0.

Các thời điểm gia tốc của xe cực đại.

Giải thích cách làm.

#### 4. Pha của dao động và độ lệch pha

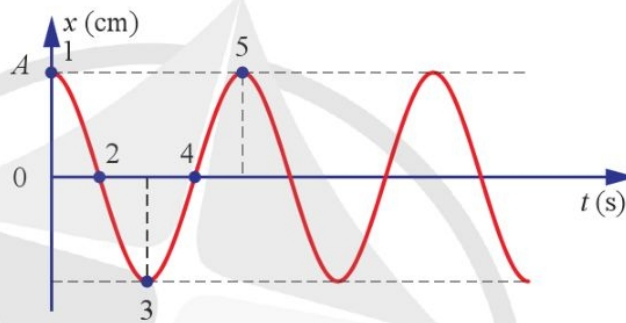
##### Pha của dao động

Xét một dao động (12345) ở đồ thị biểu diễn sự liên hệ giữa li độ và thời gian như Hình 1.13.

Từ vị trí 1 với  $x = A$ , đến vị trí 2 ( $x = 0$ ), vị trí 3 ( $x = -A$ ), vị trí 4 ( $x = 0$ ), vị trí 5 ( $x = A$ ) vật đã lần lượt thực hiện được một phần tư dao động, một phần hai dao động, ba phần tư dao động và một dao động; tương ứng với một phần tư, một phần hai, ba phần tư và một chu kì.



9. Xác định pha của dao động tại vị trí 3 và vị trí 4



**Hình 1.13.** Trên đồ thị li độ - thời gian, đoạn 1-2-3-4-5 mô tả một dao động của vật.

Vì vật thực hiện một dao động trong một chu kì nên:

*Pha của dao động* tại một thời điểm được tính bằng số phần đã thực hiện của một chu kì, kể từ khi bắt đầu chu kì đó. Vì một dao động tương ứng với góc  $2\pi$  rad nên pha của dao động cũng được đo bằng đơn vị rad.

Trong phương trình (1.1), đại lượng  $(\omega t + \varphi)$  chính là pha của dao động điều hoà tại thời điểm  $t$ . Với một biên độ đã cho thì pha của dao động giúp xác định vị trí của vật tại thời điểm đang xét.

Tại thời điểm  $t = 0$ , pha của dao động là  $\varphi$ . Do đó  $\varphi$  được gọi là pha ban đầu của dao động.

##### Dao động cùng pha

Hình 1.14 biểu diễn đồ thị li độ – thời gian của hai dao động có cùng chu kì nhưng khác biên độ. Tại mỗi thời điểm, hai vật dao động đều có trạng thái giống nhau. Ví dụ, tại thời điểm  $t_1$  hai vật đều đang ở vị trí cân bằng và di chuyển theo chiều



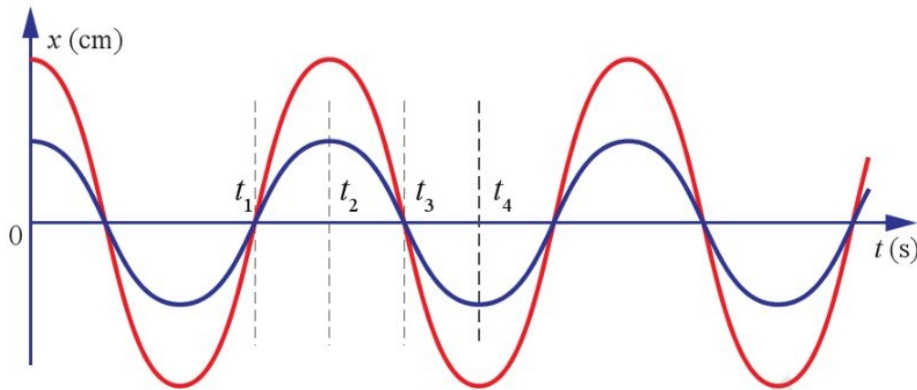
3. Một vật dao động điều hoà với phương trình li độ:

$$x = 5 \cos(10\pi t + \frac{\varphi}{2}) \text{ (cm).}$$

Xác định pha của dao động tại thời điểm 1/30 s.



đương của trục toạ độ. Tại thời điểm  $t_2$ , hai vật đều đang ở vị trí  $x = +A$ . Ta nói hai dao động này cùng pha.

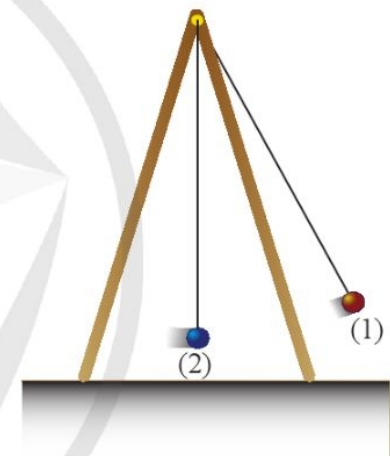


Hình 1.14. Đồ thị li độ - thời gian của hai dao động cùng pha

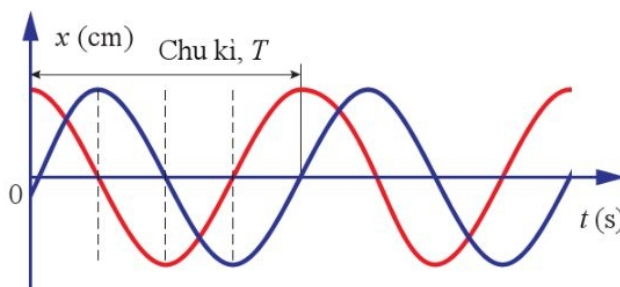
### Dao động lệch pha

Hình 1.15 biểu diễn hai quả cầu treo trên dây giống hệt nhau, dao động với cùng chu kỳ  $T$ . Tại thời điểm đang xét, quả cầu 1 đã đạt li độ cực đại về một phía, sớm hơn quả cầu 2 một khoảng thời gian  $\Delta t$ . Hai quả cầu đang dao động lệch pha. Độ lệch pha của chúng không đổi khi chúng dao động, luôn ứng với một phần của chu kỳ, tức là bằng  $\frac{\Delta t}{T}$ .

Ví dụ, nếu cả hai quả cầu đều dao động với chu kỳ là 2,4 s và quả cầu 2 đạt độ dịch chuyển tối đa về một phía muộn hơn 0,6 s so với quả cầu 1, thì nó sẽ luôn đi sau quả cầu 1 là  $0,6/2,4$  tương đương  $1/4$  chu kỳ. Do đó, hai dao động này luôn lệch pha nhau một phần tư chu kỳ. Đồ thị li độ - thời gian của chúng được biểu diễn trên Hình 1.16.



Hình 1.15. Minh họa hai dao động lệch pha



Hình 1.16. Đồ thị li độ - thời gian của hai dao động lệch pha nhau  $1/4$  chu kỳ



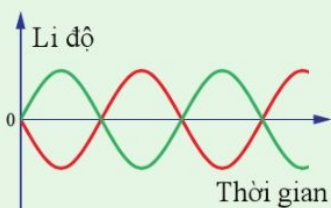
4. Mô tả trạng thái của hai vật dao động ở thời điểm  $t_3$  và  $t_4$  trong đồ thị Hình 1.14.





5 Đồ thị Hình 1.18 biểu diễn hai dao động ngược pha.

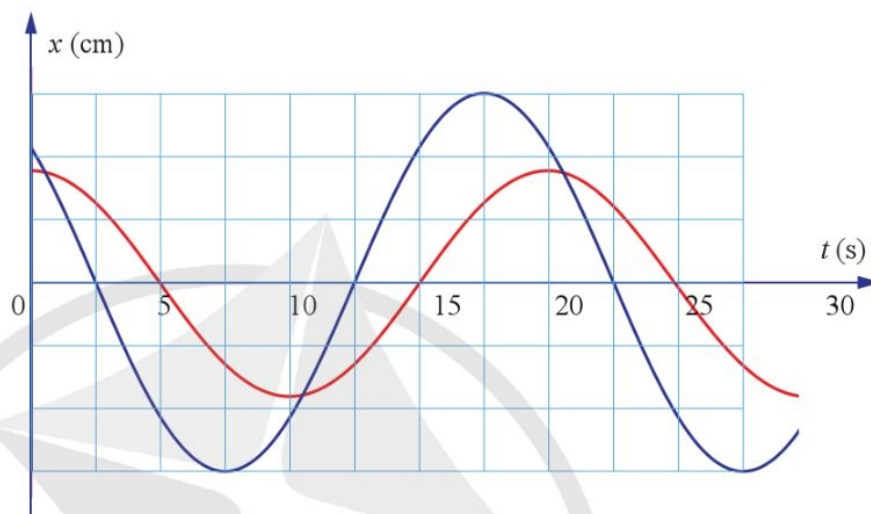
Dựa vào đồ thị, xác định độ lệch pha của hai dao động này.



**Hình 1.18.** Đồ thị li độ – thời gian của hai dao động ngược pha

Độ lệch pha giữa hai dao động có thể được đo bằng số phần của chu kì dao động hoặc bằng đơn vị độ hay radian. Trong thực tế, độ lệch pha được đo bằng đơn vị là radian.

*Ví dụ:* Xác định độ lệch pha của hai dao động được biểu diễn trong đồ thị li độ – thời gian ở Hình 1.17.



**Hình 1.17.** Đồ thị li độ – thời gian của hai dao động có cùng chu kì

+ Chu kì dao động

$$T = 20 \text{ s}$$

+ Độ lệch thời gian của hai dao động khi cùng trạng thái

$$\Delta t = 2,5 \text{ s}$$

+ Độ lệch pha

Kí hiệu độ lệch pha là  $\Delta\varphi$ , ta có

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta t}{T} = \frac{2,5}{20} = \frac{1}{8} \text{ dao động}$$

+ Đổi sang đơn vị độ và radian:

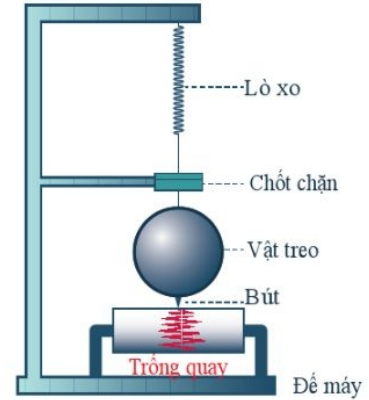
Một dao động tương ứng với  $360^\circ = 2\pi \text{ rad}$

$$\Delta\varphi = 0,125.360^\circ = 45^\circ$$

$$\Delta\varphi = 0,125.2\pi = \frac{\pi}{4} \text{ rad}$$

**Bạn có biết**

Máy ghi địa chấn là thiết bị dùng để phát hiện và ghi lại các trận động đất. Một máy ghi địa chấn đơn giản gồm có vật treo vào đế cố định có gắn trống quay như trong Hình 1.19. Khi xảy ra động đất, đế máy sẽ rung lắc theo mặt đất còn vật treo thì không. Khi đó đầu bút gắn với vật treo vẽ lên băng giấy ở trống quay đồ thị độ dịch chuyển tương đối của vật treo so với đế máy (mặt đất) theo thời gian.



**Hình 1.19.** Mô hình máy ghi địa chấn

- Dao động là chuyển động lặp đi, lặp lại quanh một vị trí cân bằng.
- Biên độ của dao động là độ dịch chuyển lớn nhất của vật dao động so với vị trí cân bằng, kí hiệu là  $A$ .
- Chu kì của dao động là khoảng thời gian để vật thực hiện một dao động, kí hiệu là  $T$ .
- Đơn vị của chu kì là giây.
- Tần số của dao động là số dao động vật thực hiện được trong một giây, kí hiệu là  $f$ .
- Đơn vị của tần số là hertz (kí hiệu là Hz).
- Độ lệch pha giữa hai dao động đo bằng số phần của một chu kì dao động.
- Dao động điều hoà là dao động trong đó li độ của vật là một hàm cosin (hoặc sin) theo thời gian

$$x = A\cos(\omega t + \varphi)$$

Trong đó

- +  $x$  là li độ của dao động.
- +  $A$  là biên độ của dao động,
- +  $\omega$  là tần số góc của dao động, có đơn vị là rad/s,
- +  $(\omega t + \varphi)$  là pha của dao động, có đơn vị là rad,
- +  $\varphi$  là pha ban đầu của dao động, có đơn vị là rad.
- Tần số góc của dao động điều hoà liên hệ với chu kì  $T$  hoặc với tần số  $f$  bằng các hệ thức:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

- Vận tốc và gia tốc của vật dao động điều hoà biến thiên tuần hoàn theo quy luật dạng sin với cùng chu kì  $T$  của li độ:

$$v = -\omega A \sin(\omega t + \varphi)$$

$$a = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi)$$

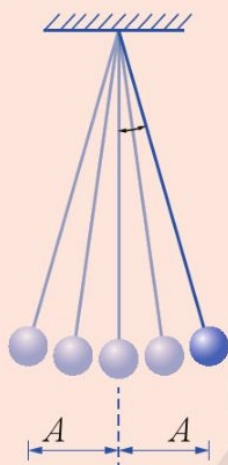
- Mối liên hệ giữa gia tốc  $a$  và li độ  $x$  của vật dao động điều hoà là:

$$a = -\omega^2 x$$

## 2 MỘT SỐ DAO ĐỘNG ĐIỀU HOÀ THƯỜNG GẶP

Học xong bài học này, bạn có thể

- Vận dụng được các phương trình về li độ, vận tốc và gia tốc của dao động điều hoà.
- Vận dụng được phương trình  $a = -\omega^2 x$  của dao động điều hoà.



Hình 2.1. Quả cầu dao động với biên độ  $A$

Trong bài học trước, chúng ta đã tìm hiểu dao động điều hoà và định nghĩa các đại lượng mô tả dao động điều hoà. Trong bài học này, chúng ta sẽ sử dụng các đại lượng đó để mô tả một số dao động điều hoà thường gặp trong cuộc sống.

Ở Hình 2.1, trong điều kiện không có lực cản, dao động của quả cầu với biên độ nhỏ là một ví dụ về dao động điều hoà. Mô tả dao động điều hoà này như thế nào?

### I. CON LẮC ĐƠN

#### 1. Cấu tạo của con lắc đơn

Con lắc đơn gồm một vật nhỏ, khối lượng  $m$ , treo ở đầu một sợi dây hoặc một thanh nhẹ không giãn có chiều dài  $l$ . Khi vật ở vị trí cân bằng, dây treo có phương thẳng đứng. Con lắc đơn được biểu diễn trong Hình 2.1 sẽ thực hiện dao động điều hoà sau khi quả cầu được kéo lệch khỏi vị trí cân bằng một đoạn nhỏ rồi buông tay.

#### 2. Chu kì của con lắc đơn

Người ta đã chứng minh được chu kì dao động của con lắc đơn không phụ thuộc vào biên độ dao động mà chỉ phụ thuộc vào chiều dài dây treo và gia tốc rơi tự do tại nơi treo con lắc:



$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad (2.1)$$

Trong đó,  $l$  là chiều dài dây treo, đơn vị đo là m.

$g$  là gia tốc rơi tự do tại nơi treo con lắc, đơn vị đo là  $\text{m/s}^2$ .

$T$  là chu kì dao động của con lắc, đơn vị đo là s.

## II. CON LẮC Lò XO

### 1. Cấu tạo của con lắc lò xo

Treo một vật nhỏ vào đầu dưới của một lò xo, đầu trên của lò xo gắn cố định (Hình 2.3). Khi vật đứng yên, lò xo dãn ra một đoạn. Tại vị trí đó, lực đàn hồi của lò xo cân bằng với trọng lực tác dụng lên vật. Ta gọi vị trí của vật khi đó là vị trí cân bằng. Nâng vật khỏi vị trí cân bằng theo phương thẳng đứng một đoạn rồi buông tay, vật sẽ dao động xung quanh vị trí cân bằng.

Vật nhỏ và lò xo có một đầu gắn cố định như vậy tạo thành một hệ dao động, gọi là con lắc lò xo.

### 2. Chu kì của con lắc lò xo

Dao động của con lắc lò xo là dao động điều hoà theo phương trình (1.1), với chu kì được xác định bằng:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad (2.2)$$

Trong đó:

$k$  là độ cứng của lò xo, đơn vị đo là  $\text{N/m}$ .

$m$  là khối lượng của vật gắn với lò xo, đơn vị đo là kg.

$T$  là chu kì dao động của con lắc, đơn vị đo là s.

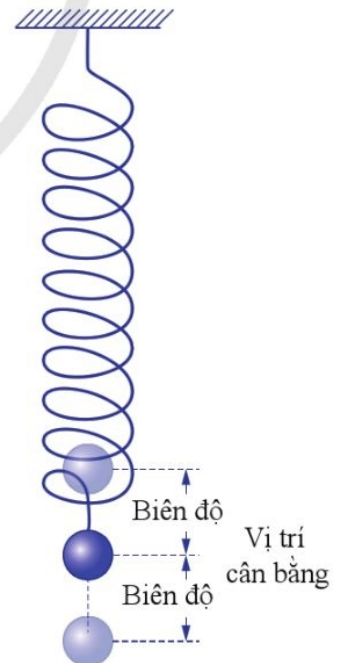
Ta thấy rằng, chu kì dao động của cả con lắc lò xo và con lắc đơn đều không phụ thuộc vào biên độ dao động mà chỉ phụ thuộc vào đặc điểm cấu tạo của các con lắc.



1. Con lắc đơn trong đồng hồ quả lắc ở Hình 2.2 gồm một thanh nhẹ có chiều dài 0,994 m. Tính chu kì dao động của con lắc nếu đồng hồ được đặt ở nơi có gia tốc rơi tự do  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ .



Hình 2.2. Đồng hồ quả lắc



Hình 2.3. Con lắc lò xo treo thẳng đứng



**Hình 2.4.** Đồ chơi thú nhún



1. Pít-tông bên trong động cơ ô tô dao động lên và xuống khi động cơ ô tô hoạt động (Hình 2.5). Các dao động này được coi là dao động điều hoà với phương trình li độ của pít-tông là

$$x = 12,5 \cos(60\pi t)$$

Trong đó,  $x$  tính bằng cm,  $t$  tính bằng s. Xác định:

- Biên độ, tần số và chu kỳ của dao động.
- Vận tốc cực đại của pít-tông.
- Gia tốc cực đại của pít-tông.
- Li độ, vận tốc, gia tốc của pít-tông tại thời điểm  $t = 1,25$  s.



**Hình 2.5.** Dao động của các pít-tông bên trong động cơ ô tô

### III. VẬN DỤNG CÁC PHƯƠNG TRÌNH CỦA DAO ĐỘNG ĐIỀU HOÀ

*Ví dụ:* Đồ chơi thú nhún như trong Hình 2.4 là một con lắc lò xo thẳng đứng. Trong đó, lò xo có độ cứng  $k = 150$  N/m và khối đầu gắn trên lò xo có khối lượng  $m = 0,15$  kg. Khi con lắc đang ở vị trí cân bằng, dùng búa gỗ nhẹ vào khối đầu thú nhún theo phương thẳng đứng. Bỏ qua lực cản, con lắc dao động với phương trình:

$$x = 1,2 \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

Trong đó,  $x$  tính bằng cm,  $t$  tính bằng s.

- Xác định chu kỳ và tần số góc của con lắc lò xo.
- Viết phương trình li độ, phương trình vận tốc và phương trình gia tốc của con lắc lò xo này.
- Xác định li độ, vận tốc và gia tốc của khối đầu thú nhún tại thời điểm  $t = 1,5$  s.

*Bài giải:*

- Xác định chu kỳ và tần số góc của con lắc lò xo

+ Chu kỳ dao động của con lắc lò xo được xác định bằng:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Thay số, ta có

$$T = 0,20 \text{ s}$$

+ Tần số góc của con lắc lò xo:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0,20} = 10\pi \text{ (rad/s)}$$

- Viết phương trình li độ, vận tốc và gia tốc của con lắc lò xo

+ Phương trình li độ của con lắc lò xo là:

$$x = 1,2 \cos\left(10\pi t + \frac{\pi}{2}\right) \text{ (cm)}$$

Trong đó, biên độ dao động  $A = 1,2$  cm và pha ban đầu

$$\varphi = \frac{\pi}{2} \text{ rad}$$

+ Phương trình vận tốc của dao động điều hoà có dạng:

$$v = -v_{\max} \sin(\omega t + \varphi)$$

Với  $v_{\max} = \omega A$ .

Thay số, ta có  $v_{\max} = 12\pi \text{ cm/s}$ .

Vậy phương trình vận tốc của con lắc lò xo là:

$$v = -12\pi \sin\left(10\pi t + \frac{\pi}{2}\right) (\text{cm/s})$$

+ Phương trình gia tốc của con lắc lò xo:

$$a = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi)$$

Thay số, ta có

$$a = -1200 \cos\left(10\pi t + \frac{\pi}{2}\right) (\text{cm/s}^2)$$

c. Tại thời điểm  $t = 1,5 \text{ s}$ , khối đầu thú nhún có:

+ Li độ

$$x = 1,2 \cos\left(10\pi t + \frac{\pi}{2}\right) (\text{cm})$$

Thay số, ta có:  $x = 0 \text{ cm}$ .

+ Vận tốc

$$v = -12\pi \sin\left(10\pi t + \frac{\pi}{2}\right) (\text{cm})$$

$$v = 12\pi \text{ cm/s}$$

+ Gia tốc

$$a = -1200 \cos\left(10\pi t + \frac{\pi}{2}\right) (\text{cm/s}^2)$$

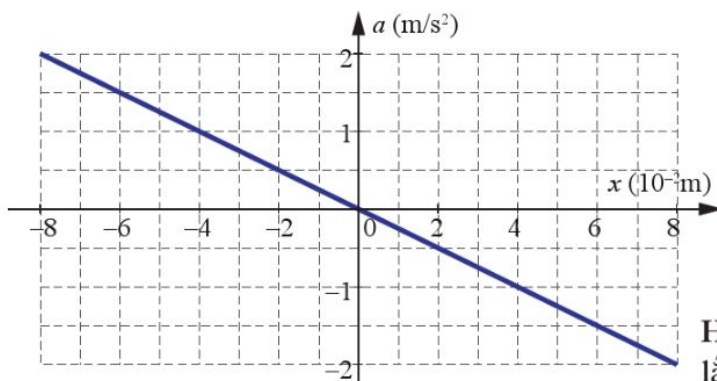
$$a = 0 \text{ cm/s}^2$$

Kết quả tính cho thấy, tại thời điểm  $t = 1,5 \text{ s}$ , khối đầu thú nhún đang ở vị trí cân bằng, chuyển động với vận tốc cực đại theo chiều dương của trục tọa độ và có gia tốc bằng 0.



2. Hình 2.6 biểu diễn đồ thị gia tốc của quả cầu con lắc đơn theo li độ của nó.

Tính tần số của con lắc đơn đó.



Hình 2.6. Đồ thị gia tốc – li độ của quả cầu con lắc đơn





Khi làm việc dài ngày trên các trạm không gian vũ trụ, việc theo dõi các chỉ số sức khỏe như chiều cao, khối lượng cơ thể của các nhà du hành vũ trụ là rất quan trọng. Hình 2.7 chụp cảnh một nhà du hành vũ trụ đang ngồi trên dụng cụ đo khối lượng được lắp đặt tại trạm vũ trụ Skylab 2.

Dụng cụ này được thiết kế để cho phép các nhà du hành xác định khối lượng của họ ở điều kiện không trọng lượng. Nó là một cái ghế có khối lượng 12,47 kg gắn ở đầu một lò xo có độ cứng  $k = 605,6 \text{ N/m}$ . Đầu kia của lò xo được gắn vào một điểm cố định của trạm.

Một máy đếm điện tử được kết nối với chiếc ghế có thể đo được chu kỳ dao động của ghế. Một nhà du hành ngồi trên ghế và đo được chu kỳ dao động là 2,08832 s. Xác định khối lượng của người đó.



**Hình 2.7.** Thiết bị đo khối lượng trong môi trường không trọng lượng

### Tìm hiểu thêm

Một ứng dụng quan trọng của con lắc đơn là trong lĩnh vực địa chất. Các nhà địa chất quan tâm đến những tính chất đặc biệt của lớp bề mặt Trái Đất và thường xuyên phải đo gia tốc rơi tự do ở một nơi nào đó. Ví dụ như trầm tích khoáng sản hay các mỏ quặng có thể làm thay đổi giá trị gia tốc rơi tự do tại nơi đó. Nhờ vậy, các nhà địa chất đo gia tốc rơi tự do để phát hiện các vị trí có mỏ quặng. Một máy đo gia tốc rơi tự do đơn giản nhất chính là một con lắc đơn. Đo thời gian con lắc đơn có chiều dài  $l$  thực hiện một số dao động, từ đó suy ra chu kỳ  $T$ . Sau đó tính  $g$  dựa vào công thức (2.1). Lặp lại thí nghiệm nhiều lần với các con lắc đơn có chiều dài dây treo khác nhau. Lấy giá trị trung bình  $g$  ở các lần đo, ta được gia tốc rơi tự do tại nơi đó.

Trong thí nghiệm đo gia tốc rơi tự do tại một địa phương, các nhà địa chất sử dụng đồng hồ để đo thời gian các con lắc đơn có chiều dài khác nhau thực hiện 100 chu kỳ dao động. Kết quả đo được cho trong Bảng 2.1. Xác định gia tốc rơi tự do tại địa phương đó.

**Bảng 2.1.** Kết quả đo thời gian thực hiện 100 dao động của các con lắc đơn có chiều dài khác nhau

| Chiều dài dây treo con lắc (mm) | Thời gian con lắc thực hiện 100 dao động (s) |
|---------------------------------|----------------------------------------------|
| 500                             | 141,7                                        |
| 1000                            | 200,6                                        |
| 1500                            | 245,8                                        |
| 2000                            | 283,5                                        |



- Con lắc lò xo là một hệ dao động điều hoà với chu kỳ:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

Trong đó

$m$  là khối lượng của vật, có đơn vị là kg

$k$  là độ cứng của lò xo, có đơn vị là N/m

- Khi dao động với biên độ nhỏ, con lắc đơn dao động điều hoà với chu kỳ:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Trong đó

$l$  là chiều dài dây treo, có đơn vị là m

$g$  là gia tốc rơi tự do tại nơi treo con lắc, có đơn vị là  $\text{m/s}^2$

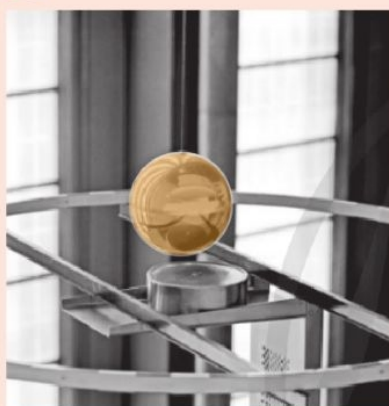


# 3

## NĂNG LƯỢNG TRONG DAO ĐỘNG ĐIỀU HOÀ

Học xong bài học này, bạn có thể

Sử dụng đồ thị, phân tích và thực hiện phép tính cần thiết để mô tả được sự chuyển hoá động năng và thế năng trong dao động điều hoà.



Một con lắc đơn lớn được treo ở sảnh của toà nhà Liên Hợp Quốc tại thành phố New York, Mỹ. Quả cầu có khối lượng 91 kg và sợi dây treo dài 22,9 m. Con lắc liên tục dao động với chu kì 9,6 s.

Khi con lắc đơn dao động, nó có những dạng năng lượng nào?

Hình 3.1. Con lắc đơn treo tại sảnh của toà nhà Liên Hợp Quốc

### I. SỰ CHUYỂN HOÁ NĂNG LƯỢNG TRONG DAO ĐỘNG ĐIỀU HOÀ

Khi con lắc đơn dao động với biên độ nhỏ, nó thực hiện dao động điều hoà. Trong quá trình dao động đó, luôn có sự biến đổi qua lại giữa động năng và thế năng.

Trong Hình 3.2, chọn mốc thế năng ở vị trí cân bằng của quả cầu. Cơ năng của con lắc đơn là tổng động năng và thế năng:

$$W = W_d + W_t = \frac{1}{2}mv^2 + mgh$$

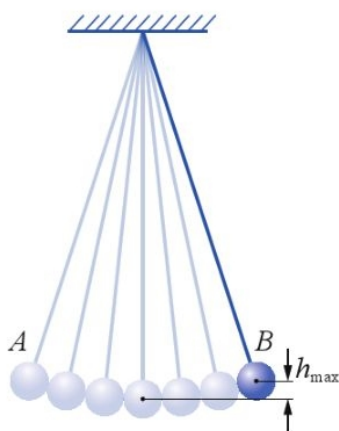
trong đó,  $h$  là độ cao của quả cầu so với vị trí cân bằng.

Động năng của con lắc đơn là:

$$W_d = \frac{1}{2}mv^2$$

Thế năng của con lắc đơn là:

$$W_t = mgh$$



Hình 3.2. Dao động của con lắc đơn



Trong quá trình dao động, vận tốc và độ cao của quả cầu thay đổi liên tục theo thời gian, do đó động năng và thế năng của con lắc đơn cũng thay đổi liên tục.

Ở vị trí biên B, vật bắt đầu dao động:  $v = 0$ , vật có độ cao cực đại so với mốc thế năng,  $h = h_{\max}$ .

$$\text{Do đó: } W_d = \frac{1}{2}mv^2 = 0; W_t = mgh_{\max} = W_{t\max}.$$

Cơ năng của con lắc khi đó:  $W = W_{t\max}$ .

Khi con lắc di chuyển từ vị trí biên B vào vị trí cân bằng O, tốc độ của vật tăng dần làm cho động năng của nó tăng dần. Trong khi đó, độ cao của vật giảm dần làm cho thế năng của nó giảm dần.

Tại vị trí cân bằng, vật có tốc độ cực đại và độ cao bằng 0, do đó:  $W_d = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 = W_{d\max}; W_t = 0$ . Cơ năng của con lắc khi

$$\text{đó: } W = W_{d\max}.$$

Khi con lắc tiếp tục di chuyển từ vị trí cân bằng sang vị trí biên A, tốc độ của nó giảm dần làm cho động năng giảm dần. Đồng thời, độ cao của vật tăng dần làm cho thế năng của nó tăng dần.

Như vậy, trong quá trình con lắc đơn dao động, liên tục có sự biến đổi qua lại giữa động năng và thế năng. Nếu như con lắc dao động trong môi trường không có lực cản, không có sự hao phí năng lượng, động năng giảm đi bao nhiêu thì thế năng tăng lên bấy nhiêu và ngược lại. Do đó, cơ năng của con lắc luôn không đổi.

## II. ĐỒ THỊ NĂNG LƯỢNG TRONG DAO ĐỘNG ĐIỀU HOÀ

Có thể biểu diễn sự biến đổi năng lượng của con lắc đơn dao động điều hoà theo li độ và theo thời gian.

Hình 3.3 biểu diễn sự thay đổi của động năng và thế năng của con lắc theo li độ của vật. Từ đồ thị ta thấy:

- Động năng đạt cực đại khi vật đi qua vị trí cân bằng  $x = 0$ .



1. Mô tả sự biến đổi động năng và thế năng của con lắc đơn khi quả cầu đi từ vị trí biên A, qua vị trí cân bằng O rồi sang vị trí biên B.

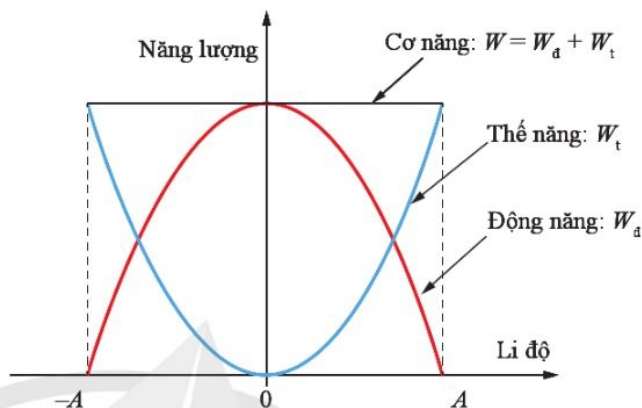


2. Chứng minh rằng cơ năng dao động của con lắc đơn tỉ lệ thuận với bình phương của biên độ dao động.



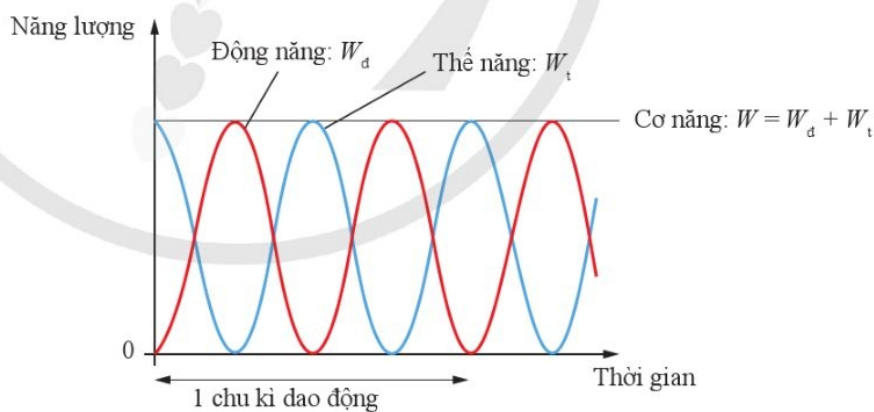
3. Dựa vào đồ thị Hình 3.3, mô tả sự thay đổi của động năng và thế năng của con lắc đơn khi vật đi từ vị trí biên về vị trí cân bằng và từ vị trí cân bằng đến vị trí biên.

- Thế năng đạt cực đại khi vật ở hai vị trí biên  $x = \pm A$ .
- Ở bất kì vị trí nào, tổng của động năng và thế năng, tức là cơ năng không đổi.



**Hình 3.3.** Đồ thị biểu diễn sự thay đổi động năng, thế năng và cơ năng dao động của con lắc đơn theo li độ

Hình 3.4 biểu diễn sự thay đổi của động năng và thế năng của con lắc đơn theo thời gian. Trong mỗi chu kỳ dao động, luôn có sự biến đổi qua lại giữa động năng và thế năng: Khi động năng tăng thì thế năng giảm và ngược lại nhưng tổng của chúng luôn không đổi.



**Hình 3.4.** Đồ thị biểu diễn sự thay đổi động năng, thế năng và cơ năng dao động theo thời gian

Các đặc điểm về sự biến đổi năng lượng trong dao động điều hoà của con lắc đơn cũng đúng với các dao động điều hoà khác.



1. Dựa vào đồ thị Hình 3.4, tìm số lần vật có động năng bằng thế năng trong mỗi chu kỳ dao động của vật.

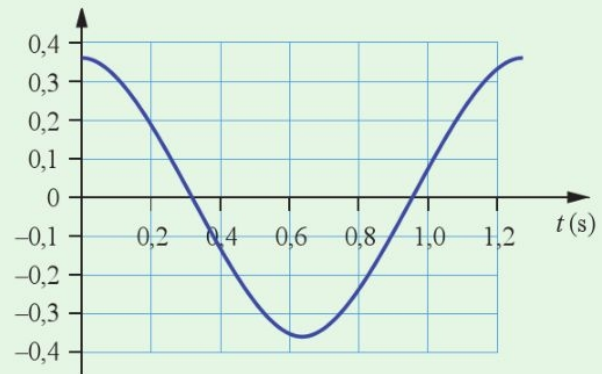
2. So sánh chu kỳ biến đổi của động năng và thế năng với chu kỳ dao động của vật.





3. Cho đồ thị vận tốc – thời gian của một con lắc đơn dao động như Hình 3.5. Biết rằng khối lượng của vật treo vào sợi dây là 0,2 kg. Xác định:

- Chu kì và tần số góc của con lắc.
- Vận tốc cực đại của vật.
- Cơ năng của con lắc.
- Biên độ của vật.



Hình 3.5. Đồ thị vận tốc – thời gian của con lắc đơn

### Tìm hiểu thêm

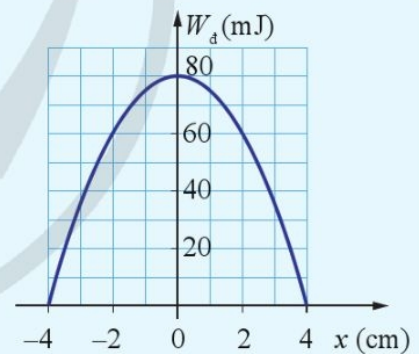
Khi nghiên cứu sự biến đổi năng lượng của con lắc đơn trong quá trình dao động, có bạn học sinh khẳng định rằng, nếu ta thay quả lắc đang dùng bằng một quả lắc khác có khối lượng lớn hơn nhưng vẫn giữ nguyên biên độ của dao động thì vận tốc của quả lắc mới sẽ lớn hơn khi qua vị trí cân bằng vì nó có cơ năng lớn hơn.

Nhận định này đúng hay sai? Vì sao?



Đồ thị Hình 3.6 mô tả sự thay đổi động năng theo li độ của quả cầu có khối lượng 0,4 kg trong một con lắc lò xo treo thẳng đứng. Xác định:

- Cơ năng của con lắc lò xo.
- Vận tốc cực đại của quả cầu.
- Thế năng của con lắc lò xo khi quả cầu ở vị trí có li độ 2 cm.



Hình 3.6. Đồ thị mô tả sự thay đổi của động năng theo li độ của quả cầu trong con lắc lò xo thẳng đứng



- Trong dao động điều hoà có sự biến đổi qua lại giữa động năng và thế năng nhưng tổng của chúng là cơ năng thì không thay đổi.
- Động năng của vật đạt giá trị cực đại khi vật ở vị trí cân bằng, lúc đó thế năng của hệ bằng không.
- Thế năng đạt giá trị cực đại khi vật ở vị trí biên, lúc đó động năng của vật bằng không.

# 4

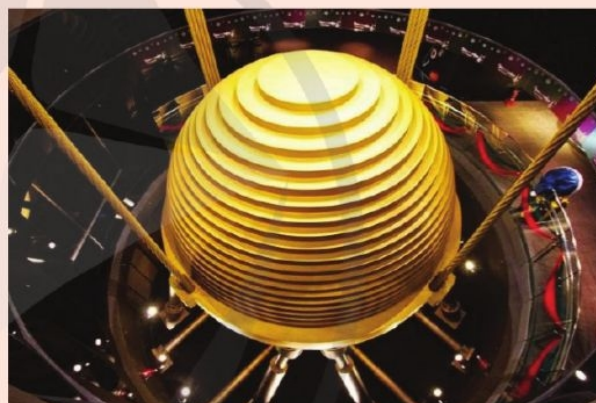
## DAO ĐỘNG TẮT DẦN. DAO ĐỘNG CƯỜNG BỨC VÀ HIỆN TƯỢNG CỘNG HƯỞNG

Học xong bài học này, bạn có thể

- Nêu được ví dụ thực tế về dao động tắt dần, dao động cưỡng bức và hiện tượng cộng hưởng.
- Thảo luận, đánh giá được sự có lợi hay có hại của cộng hưởng trong một số trường hợp cụ thể.



Toà nhà Đài Bắc 101 (Taipei 101) cao 509 m xác lập kỉ lục là toà nhà cao nhất thế giới vào năm 2004 và duy trì vị thế này cho đến năm 2010 khi toà nhà Buji Kalifa (Bu-zi Ca-li-fa) ở Dubai (Đu-bai) được khánh thành. Để bảo vệ toà nhà khỏi rung lắc mạnh dưới tác dụng của gió, bão hay động đất, một quả cầu giảm chấn khổng lồ đường kính 5,5 m, khối lượng 662 tấn được treo lơ lửng từ tầng 92 xuống tầng 87 của toà nhà. Khối cầu này giúp giảm rung lắc của toà nhà bằng cách nào?



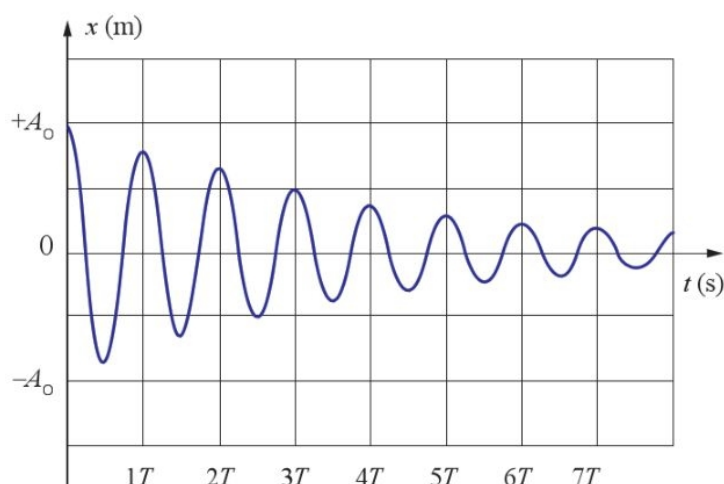
Hình 4.1. Con lắc giảm chấn treo tại nóc toà nhà Đài Bắc 101

### I. DAO ĐỘNG TẮT DẦN

Trong môi trường không có lực cản, cơ năng của vật dao động được bảo toàn và dao động của nó được duy trì mãi mãi. Tuy vậy, trong thực tế, dao động của các vật sẽ giảm dần biên độ. Trong trường hợp lực cản nhỏ, biên độ của dao động giảm dần theo quy luật như trong đồ thị Hình 4.2. Dao động như vậy được gọi là *dao động tắt dần*. Kí hiệu  $A_0$  để chỉ biên độ dao động của vật trong chu kì đầu. Sau mỗi chu kì, biên độ của dao động giảm dần.

Ví dụ, sau khi được đẩy, xích đu dao động. Nhưng dao động đó không tiếp diễn mãi nếu không có những lần đẩy tiếp theo.





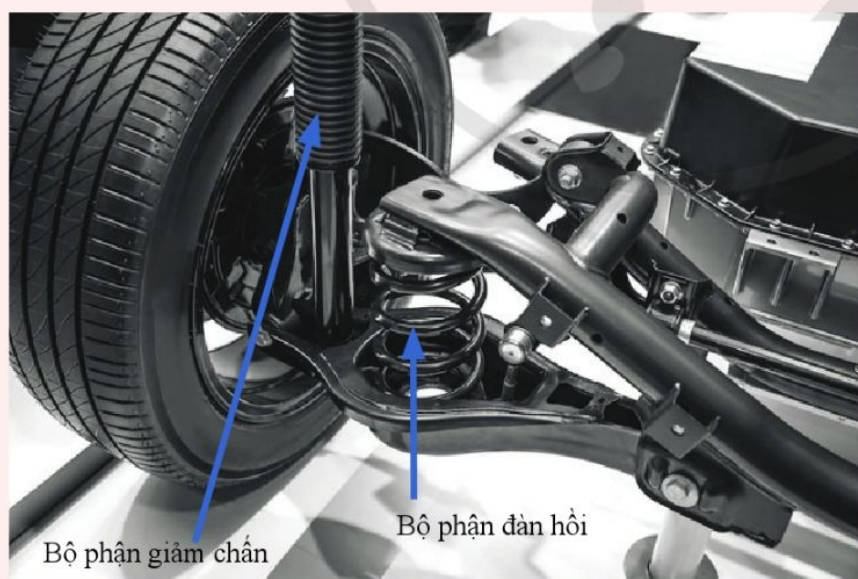
Hình 4.2. Đồ thị dao động tắt dần trong môi trường có lực cản nhỏ

### Bạn có biết

Hệ thống treo là bộ phận quan trọng kết nối vỏ khung ô tô với các cầu xe, giúp ô tô chuyển động êm ái và ổn định trên các dạng địa hình.

Trong hệ thống treo có bộ phận đàn hồi gồm: lò xo, thanh xoắn, nhíp và khí nén, giữ nhiệm vụ hấp thụ dao động từ mặt đường, làm giảm tác động của sức nặng lên khung xe, giúp bánh xe di chuyển êm ái, ổn định.

Bên cạnh đó, bộ phận giảm chấn có vai trò hạn chế dao động của bánh xe và thân xe bằng cách làm cho các dao động này tắt dần nhanh chóng. Nhờ đó, giảm sự khó chịu cho người ngồi trên xe và đảm bảo độ bám đường của bánh xe tốt hơn.



Hình 4.3. Bộ phận đàn hồi và bộ phận giảm chấn trong hệ thống treo của ô tô



1. Giải thích tại sao, trong môi trường có lực cản, dao động của các vật lại tắt dần.



2. Vì sao nếu chỉ đẩy một lần, xích đu sẽ dao động một vài chu kì rồi dừng lại?



1. Lấy ví dụ về dao động tắt dần trong thực tế.

## II. DAO ĐỘNG CƯỜNG BỨC VÀ HIỆN TƯỢNG CỘNG HƯỞNG

### 1. Dao động cưỡng bức

Sự tắt dần dao động của khung xe là có lợi vì nó giúp giảm sự khó chịu cho người ngồi trên xe. Trong một số trường hợp khác, sự tắt dần của dao động là không mong muốn. Khi đó, người ta phải tìm cách làm cho dao động không tắt dần.

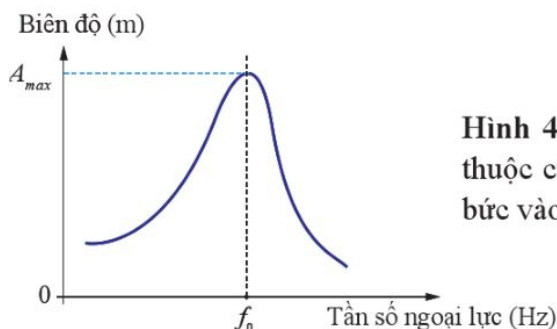
Để một vật dao động không tắt dần, người ta thường tác dụng vào nó một ngoại lực cưỡng bức biến thiên tuần hoàn. Khi đó, dao động của vật được gọi là *dao động cưỡng bức*. *Lúc này, vật dao động với tần số bằng tần số của ngoại lực cưỡng bức.*

Ví dụ, khi đến mỗi bến, xe buýt chỉ tạm dừng nên không tắt máy. Hành khách trên xe nhận thấy thân xe dao động. Đó là dao động cưỡng bức dưới tác dụng của lực cưỡng bức tuần hoàn gây ra bởi chuyển động của pit-tông trong xilanh của động cơ.

### 2. Hiện tượng cộng hưởng

Mỗi hệ dao động đều có một tần số dao động riêng đặc trưng. Nếu để cho hệ tự dao động sau một kích thích ban đầu, hệ sẽ dao động với tần số riêng của nó. Tần số dao động riêng này chỉ phụ thuộc vào đặc điểm cấu tạo của hệ mà không phụ thuộc vào cách kích thích dao động.

Trong trường hợp dao động cưỡng bức, ta đã tác động một ngoại lực vào hệ và bắt hệ dao động theo tần số của ngoại lực. Hình 4.4 biểu diễn sự thay đổi của biên độ dao động cưỡng bức theo tần số của ngoại lực tuần hoàn. Trong đó,  $f_0$  là tần số dao động riêng của hệ dao động.



**Hình 4.4.** Đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của biên độ dao động cưỡng bức vào tần số của ngoại lực

?

3. Lấy ví dụ các hệ dao động cưỡng bức trong thực tế.

?

4. Tìm tần số dao động riêng của con lắc lò xo trong Hình 2.4.

Tần số này phụ thuộc vào những yếu tố nào?

?

5. Dựa vào đồ thị Hình 4.5, mô tả sự thay đổi của biên độ dao động cưỡng bức theo tần số của ngoại lực tuần hoàn.



Hiện tượng biên độ dao động cưỡng bức tăng đến giá trị cực đại khi tần số  $f$  của lực cưỡng bức tiến đến bằng tần số riêng  $f_0$  của hệ dao động được gọi là *hiện tượng cộng hưởng*.

Điều kiện  $f = f_0$  được gọi là *điều kiện cộng hưởng*.

Khi xảy ra hiện tượng cộng hưởng, vật hấp thụ được năng lượng lớn nhất có thể từ ngoại lực do tốc độ tiêu hao năng lượng bởi lực cản bằng tốc độ cung cấp năng lượng của ngoại lực.

### 3. Lợi ích và tác hại của hiện tượng cộng hưởng

Trong nhiều trường hợp, hiện tượng cộng hưởng là có lợi. Ví dụ, hộp cộng hưởng của các nhạc cụ như đàn ghita, violon,... có vai trò giúp cho không khí trong hộp có thể dao động cộng hưởng với những tần số dao động khác nhau của dây đàn.

Hiện tượng cộng hưởng không chỉ có lợi mà còn có hại. Những hệ dao động như toà nhà, cầu, bệ máy, khung xe,... đều có tần số riêng. Không để cho các hệ ấy chịu tác dụng của các lực cưỡng bức mạnh có tần số bằng tần số riêng của hệ. Nếu không, nó làm cho các hệ ấy dao động mạnh, dẫn đến đổ hoặc gãy.

Vào tháng 6 năm 2000, ngay trong ngày đầu khánh thành, cầu đi bộ Millennium (Hình 4.5) ở Anh đã rung lắc cực mạnh dưới tác dụng của hơn 2000 người trên cầu.



#### Tìm hiểu thêm

Tìm hiểu các giải pháp đã được áp dụng để hạn chế rung lắc nguy hiểm cho các công trình xây dựng trước tác dụng của con người và thiên nhiên như gió bão, động đất,...

Hình 4.5. Cầu Millennium (Anh)

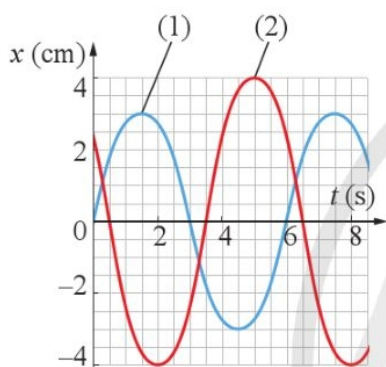


- Tìm ví dụ về hiện tượng cộng hưởng xảy ra trong cuộc sống.
- Đánh giá sự có lợi hay có hại của hiện tượng cộng hưởng trong trường hợp đó.



- Dao động có biên độ giảm dần theo thời gian được gọi là dao động tắt dần.
- Dao động gây ra bởi một ngoại lực cưỡng bức biến thiên tuần hoàn được gọi là dao động cưỡng bức. Dao động cưỡng bức có tần số bằng tần số của ngoại lực cưỡng bức.
- Hiện tượng biên độ dao động cưỡng bức tăng đến giá trị cực đại khi tần số  $f$  của lực cưỡng bức bằng tần số riêng  $f_0$  của hệ dao động được gọi là hiện tượng cộng hưởng.
- Hiện tượng cộng hưởng có nhiều lợi ích nhưng cũng có thể gây ra nhiều tác hại.

## BÀI TẬP CHỦ ĐỀ 1

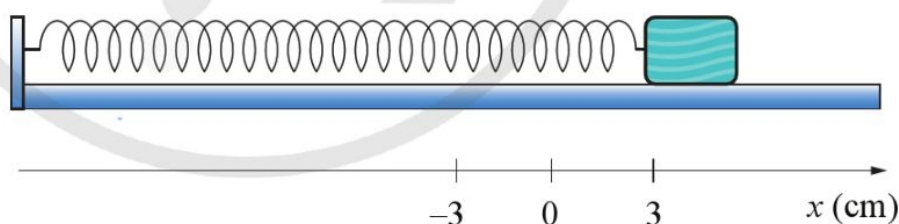


Hình 1

1. Cho hai vật dao động điều hoà (1) và (2) có đồ thị li độ – thời gian như Hình 1.

- Xác định biên độ, chu kì và tần số của hai dao động.
- Xác định độ lệch pha của hai dao động ra đơn vị độ và rad.
- Tìm vận tốc của vật (2) tại thời điểm 3,5 s.
- Tìm gia tốc của vật (1) tại thời điểm 1,5 s.

2. Cho con lắc lò xo dao động trên mặt phẳng nằm ngang không ma sát như trong Hình 2. Con lắc lò xo thực hiện mỗi dao động mất 2,4 s. Tại  $t = 0$ , vật bắt đầu dao động từ chỗ cách vị trí cân bằng  $x = 3$  cm.



Hình 2

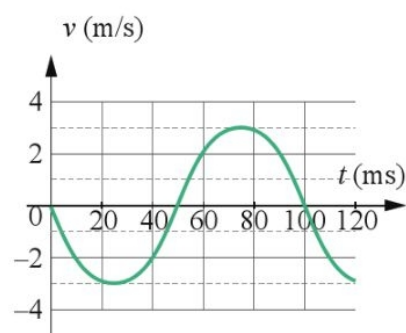
- Tìm vị trí và vận tốc của vật tại thời điểm 0,60 s.
- Tìm vị trí và vận tốc của vật tại thời điểm 1,20 s.

3. Trong một chuyến bay lên Mặt Trăng, các nhà du hành đã mang theo một con lắc đơn với dây treo có chiều dài 2,0 m. Phép đo chu kì dao động của con lắc đơn này trên Mặt Trăng cho kết quả  $T = 7,02$  s. Xác định gia tốc rơi tự do tại bề mặt Mặt Trăng.



4. Cho đồ thị vận tốc – thời gian của một vật dao động điều hoà như Hình 3. Biết rằng khối lượng của vật là 0,15 kg. Hãy xác định:

- Chu kì của vật dao động.
- Biên độ của vật dao động.
- Cơ năng của vật dao động.
- Vị trí và gia tốc của vật tại thời điểm 100 ms.



Hình 3

5. Dao động của vật sẽ tắt dần nhanh hơn nếu

- giảm lực ma sát.
- tăng lực cản của môi trường.
- tăng ngoại lực cưỡng bức tuần hoàn.
- đặt vật dao động trong môi trường chân không.

6. Phát biểu nào sau đây là **sai** khi nói về năng lượng của hệ dao động điều hoà:

- Hệ có thế năng cực đại khi vật ở vị trí biên dương.
- Vật có động năng cực đại khi ở vị trí cân bằng.
- Hệ có cơ năng không đổi trong suốt quá trình dao động.
- Hệ có thế năng bằng không khi vật ở vị trí biên âm.

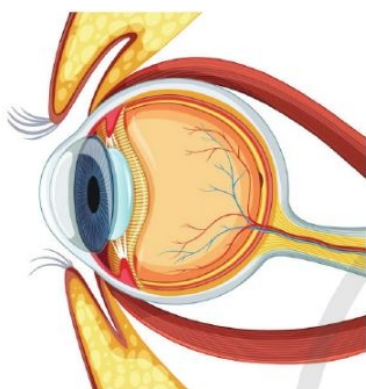
7. Gờ giảm tốc (Hình 4) có tác dụng cảnh báo (thông qua việc gây ra tác động nhẹ lên phương tiện) cho người tham gia giao thông biết trước đoạn đường nguy hiểm, cần phải giảm tốc độ và chú ý quan sát để bảo đảm an toàn giao thông.



Hình 4. Gờ giảm tốc

Một ô tô có khối lượng 1 465 kg chở hai người có tổng khối lượng 110 kg đi qua một đoạn đường có gờ giảm tốc, với những nếp gấp cách nhau 0,50 m. Ô tô nảy lên với biên độ cực đại khi tốc độ của nó là 20 km/h. Xác định độ cứng tương đương của hệ thống lò xo gắn với khung xe. Nhắc lại rằng ta có thể coi gần đúng hệ thống này như một con lắc lò xo có chu kì dao động tính bằng công thức

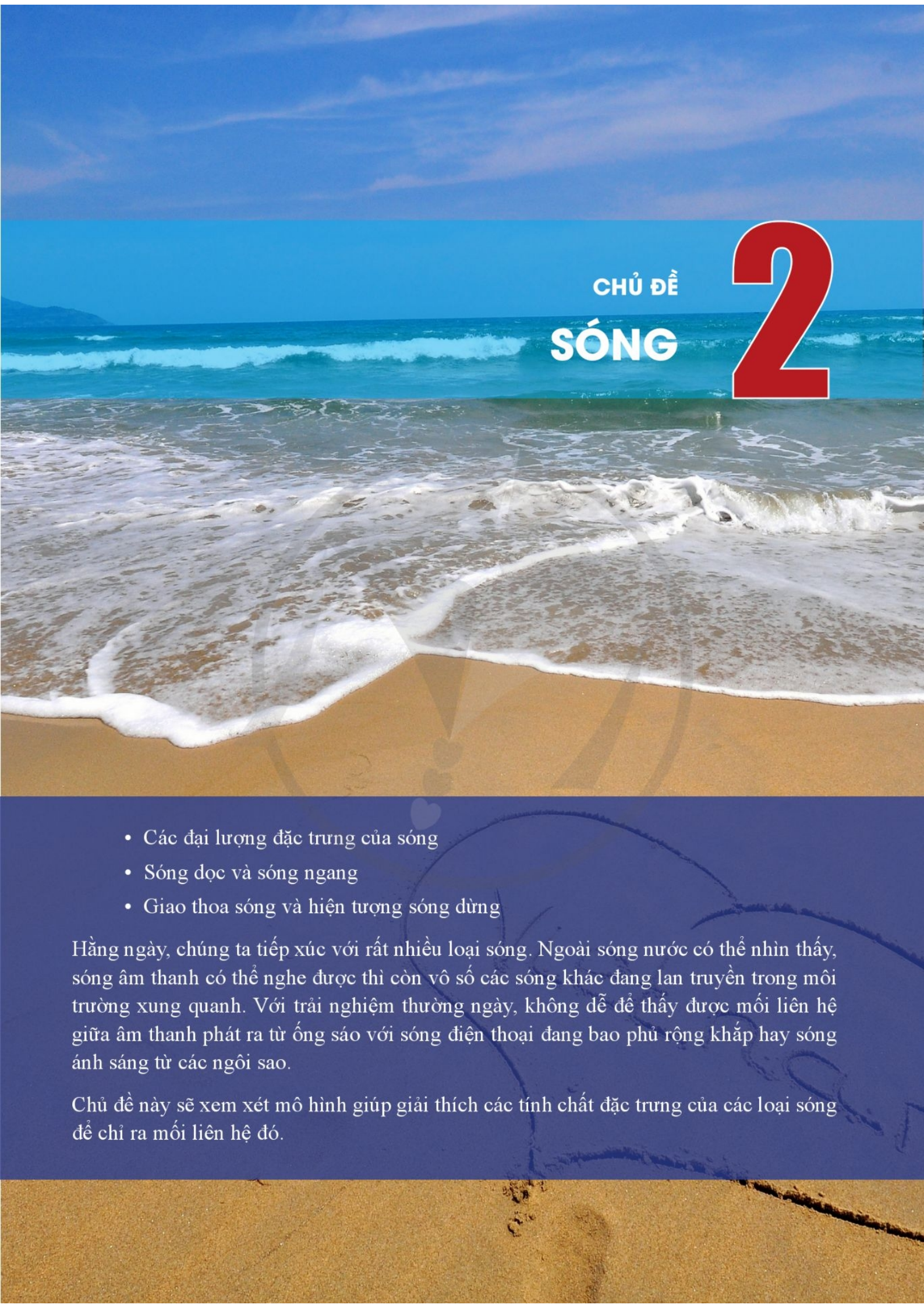
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$



**Hình 5.** Nhãn cầu được giữ bởi các cơ trong hốc mắt

8. Các cơ vận động nhãn cầu tạo ra chuyển động của nhãn cầu và chuyển động đồng bộ của mí mắt (Hình 5). Các cơ giữ nhãn cầu này co giãn và có thể coi gần đúng như những lò xo có độ cứng tương đương là  $k$ . Các nghiên cứu y khoa cho thấy, nếu đầu người bị rung lắc với tần số 29 Hz thì thị lực sẽ bị mờ đi do tần số rung lắc này cộng hưởng với tần số dao động riêng của nhãn cầu. Nếu khối lượng trung bình của một nhãn cầu người bình thường là 7,5 g thì độ cứng tương đương của hệ thống cơ giữ nhãn cầu là bao nhiêu?





## CHỦ ĐỀ SÓNG

# 2

- Các đại lượng đặc trưng của sóng
- Sóng dọc và sóng ngang
- Giao thoa sóng và hiện tượng sóng dừng

Hằng ngày, chúng ta tiếp xúc với rất nhiều loại sóng. Ngoài sóng nước có thể nhìn thấy, sóng âm thanh có thể nghe được thì còn vô số các sóng khác đang lan truyền trong môi trường xung quanh. Với trải nghiệm thường ngày, không dễ để thấy được mối liên hệ giữa âm thanh phát ra từ ống sáo với sóng điện thoại đang bao phủ rộng khắp hay sóng ánh sáng từ các ngôi sao.

Chủ đề này sẽ xem xét mô hình giúp giải thích các tính chất đặc trưng của các loại sóng để chỉ ra mối liên hệ đó.



# 1

## MÔ TẢ SÓNG

### Học xong bài học này, bạn có thể

- Từ đồ thị độ dịch chuyển – khoảng cách (tạo ra bằng thí nghiệm, hoặc hình vẽ cho trước), mô tả được sóng qua các khái niệm bước sóng, biên độ, tần số, tốc độ và cường độ sóng.
- Từ định nghĩa của vận tốc, tần số và bước sóng, rút ra được biểu thức  $v = \lambda f$  và vận dụng được biểu thức.
- Nêu được ví dụ chứng tỏ sóng truyền năng lượng.
- Thực hiện thí nghiệm (hoặc sử dụng tài liệu đa phương tiện), thảo luận để nêu được mối liên hệ các đại lượng đặc trưng của sóng với các đại lượng đặc trưng cho dao động của phần tử môi trường.
- Sử dụng mô hình sóng giải thích một số tính chất đơn giản của âm thanh và ánh sáng.



Ở bờ biển, ta thấy các con sóng nối tiếp nhau xô vào bờ. Các con sóng lớn có thể lan truyền hàng trăm kilômét trên mặt biển trước khi đập vào bờ.

Hình 1.1 mô tả các con sóng đến gần bờ sau quãng đường dài lan truyền trên mặt biển.

Vậy sóng được tạo ra và lan truyền như thế nào?



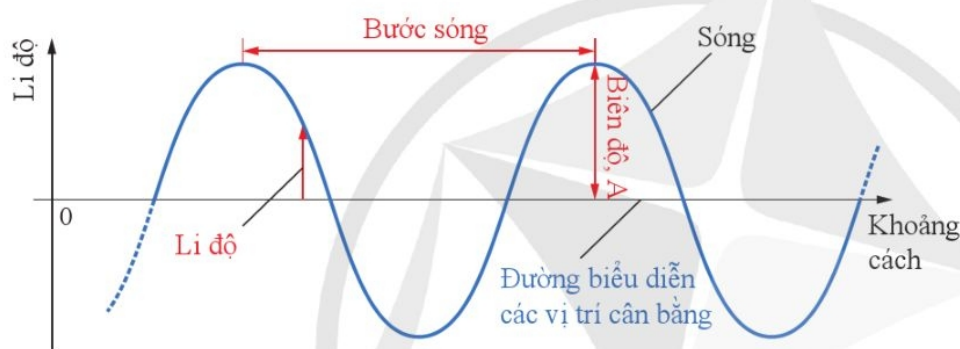
Hình 1.1. Sóng trên mặt biển



## I. CÁC ĐẠI LƯỢNG ĐẶC TRƯNG CỦA SÓNG

Hằng ngày, chúng ta được thấy rất nhiều dạng thể hiện của sóng. Ở bờ biển, ta thấy các con sóng nhấp nhô truyền trên bề mặt nước và liên tiếp xô vào bờ. Khi biểu diễn, người nghệ sĩ gảy dây đàn ghita, dây đàn sẽ dao động và tạo ra một sóng lan truyền trong không khí mà ta gọi là âm thanh. Sóng nước, âm thanh, ánh sáng,... đều được gọi chung là sóng.

Để mô tả sóng, ta tưởng tượng một mô hình sóng lí tưởng, có độ dịch chuyển tức là li độ của các điểm sóng và các đại lượng đặc trưng của nó được biểu diễn như Hình 1.2.



Hình 1.2. Đồ thị li độ – khoảng cách và các đại lượng đặc trưng của sóng

### 1. Biên độ sóng

Khoảng cách từ một điểm sóng đến vị trí cân bằng của nó là *li độ* của điểm sóng đó so với vị trí cân bằng.

Độ dịch chuyển lớn nhất khỏi vị trí cân bằng của một điểm sóng được gọi là *biên độ sóng*, kí hiệu là  $A$ .

Đơn vị của biên độ sóng là mét (m). Biên độ của sóng càng lớn, sóng càng mạnh. Hiện tượng tương ứng có thể quan sát được khi sóng âm có biên độ lớn thì âm thanh phát ra càng to; khi sóng biển có biên độ lớn thì ngọn sóng càng cao, xô vào bờ càng mạnh.

### 2. Tần số và chu kì sóng

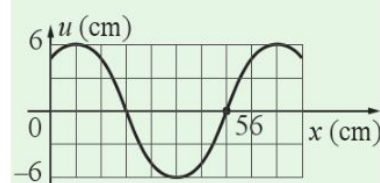
Thời gian thực hiện một dao động của một điểm sóng được gọi là *chu kì sóng*, kí hiệu là  $T$ . Đơn vị chu kì là giây (s).



1. Lấy một ví dụ về sóng.



1. Xác định biên độ và bước sóng của sóng được mô tả trong đồ thị li độ  $u$  (cm) – khoảng cách  $x$  (cm) ở Hình 1.3.



Hình 1.3

Số dao động mà mỗi điểm sóng thực hiện trong một đơn vị thời gian được gọi là *tần số sóng*, kí hiệu là  $f$  và đơn vị là hertz (Hz).

$$1 \text{ kHz} = 10^3 \text{ Hz}$$

$$1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz}$$

Tần số  $f$  của một sóng liên hệ với chu kì sóng  $T$  theo công thức:

$$f = \frac{1}{T} \quad (1.1)$$

### 3. Bước sóng

Quãng đường mà sóng truyền đi trong một chu kì sóng được gọi là *bước sóng* và kí hiệu là  $\lambda$ . Đơn vị của bước sóng là mét (m).

### 4. Tốc độ sóng

Tốc độ lan truyền năng lượng của sóng trong không gian được gọi là *tốc độ của sóng* và kí hiệu là  $v$ . Đây cũng là tốc độ lan truyền dao động trong môi trường.

Tốc độ này được đo bằng m/s.

Tốc độ của sóng âm trong không khí ở áp suất  $10^5$  Pa và nhiệt độ  $0^\circ\text{C}$  xấp xỉ 340 m/s; trong khi đó tốc độ ánh sáng trong chân không có giá trị cỡ  $3 \cdot 10^8$  m/s.

Từ định nghĩa quãng đường  $\lambda$ , chu kì  $T$ , ta có thể rút ra công thức tính tốc độ sóng:

$$v = f\lambda \quad (1.2)$$



2. Chứng tỏ rằng từ định nghĩa về bước sóng, tốc độ sóng, tần số sóng, có thể rút ra công thức (1.2).



2. Xác định bước sóng của các sóng ở Bảng 1.1. Cho rằng tốc độ sóng trong mỗi môi trường là hằng số với một nhiệt độ và áp suất xác định.

**Bảng 1.1.** Tốc độ ( $v$ ) và tần số ( $f$ ) của một số sóng

| Loại sóng               | Tốc độ truyền sóng (m/s) | Tần số (Hz)                    |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------------|
| Sóng nước trong bể chứa | 0,12                     | 6                              |
| Sóng âm trong không khí | 300                      | 20 đến 20 000 (vùng nghe được) |



## 5. Cường độ sóng

Cần chú ý là các điểm sóng không dịch chuyển theo chiều truyền sóng, chúng chỉ dao động xung quanh một vị trí xác định. Khi một điểm sóng dao động, nó làm cho điểm bên cạnh dao động theo, điểm bên cạnh lại tác động đến điểm tiếp theo. Do đó, năng lượng sẽ được truyền từ một điểm sóng này đến điểm sóng bên cạnh và do đó sóng lan truyền đi trong không gian.

Cường độ sóng  $I$  là năng lượng truyền qua một đơn vị diện tích vuông góc với phương truyền sóng trong một đơn vị thời gian:

$$\text{cường độ sóng} = \frac{\text{năng lượng}}{\text{diện tích vuông góc} \times \text{thời gian}}$$

$$\text{hay } I = \frac{E}{St}$$

Với  $E$  là năng lượng sóng truyền qua một diện tích  $S$  đặt vuông góc với phương truyền sóng trong thời gian  $t$ .

Cường độ sóng được đo bằng oát trên mét vuông ( $\text{W}/\text{m}^2$ ).

Ví dụ, khi Mặt Trời chiếu vuông góc với mặt đất, cường độ của bức xạ Mặt Trời xấp xỉ  $1,0 \text{ kW}/\text{m}^2$ . Điều này có nghĩa là trong một giây, có  $1 \text{ kJ}$  ( $1\,000 \text{ J}$ ) chiếu đến diện tích một mét vuông trên mặt đất. Ở mặt trên cùng của khí quyển Trái Đất, đại lượng này có giá trị lớn hơn, cỡ  $1,37 \text{ kW}/\text{m}^2$ .

## II. LIÊN HỆ GIỮA SÓNG VÀ DAO ĐỘNG CỦA ĐIỂM SÓNG

Sóng là quá trình diễn ra liên tục. Ngay cả với những hiện tượng quen thuộc như sóng nước hay sóng âm, rất khó quan sát được sự lan truyền dao động của các phần tử môi trường. Vì vậy, ta sử dụng mô hình dao động của phần tử môi trường để giúp hình dung về dao động của điểm sóng khi nghiên cứu về sóng nói chung.

Hình 1.4 biểu diễn vị trí các phần tử của một sợi dây đàn hồi khi sóng lan truyền trên dây.



3. Lấy ví dụ chứng tỏ sóng truyền năng lượng.



3. Cường độ của một sóng sẽ bị suy giảm khi truyền đi trong không gian. Khi sóng lan truyền, biên độ sóng giảm dần. Biết rằng cường độ sóng tỉ lệ với bình phương của biên độ sóng. Tại vị trí mà biên độ sóng giảm còn một nửa so với nguồn phát thì cường độ sóng tại đó thay đổi như thế nào so với tại nguồn?



4. Mô tả chuyển động của phần tử số 0 trên Hình 1.4 trong thời gian từ  $t = 0$  đến  $t = T$ .

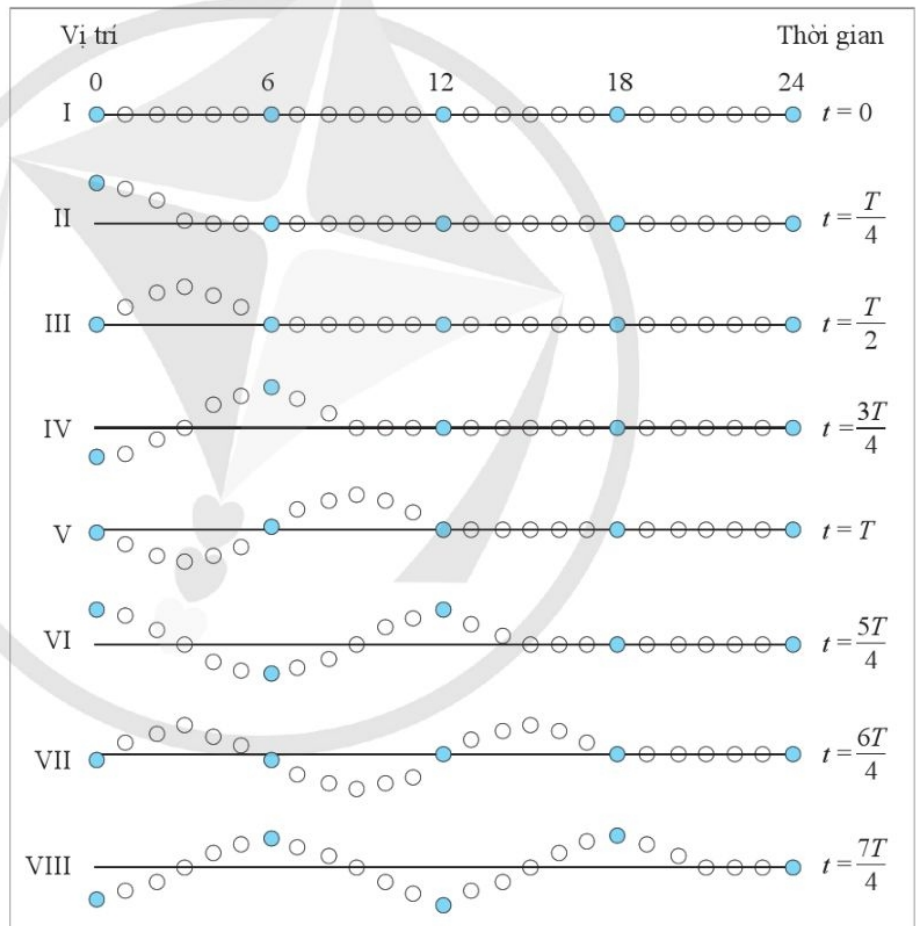
Từ đó, chỉ ra mối liên hệ giữa khoảng thời gian  $T$  biểu diễn trong Hình 1.4 với chu kỳ dao động của phần tử số 0 và với chu kỳ sóng trên dây.



5. Hãy chỉ ra hướng chuyển động của phần tử số 6 ở thời điểm  $\frac{T}{4}$ , phần tử số 12 ở thời điểm  $\frac{5T}{4}$ , phần tử số 18 ở thời điểm  $\frac{6T}{4}$  và so sánh với hướng truyền sóng. Từ đó, phân biệt tốc độ của phần tử môi trường đang dao động với tốc độ sóng.

Ở thời điểm  $t = 0$ , dây ở vị trí I thì bắt đầu truyền cho phần tử số 0 một dao động theo phương vuông góc với dây, phần tử số 0 được coi là nguồn sóng.

Trong khoảng thời gian  $\frac{T}{4}$ , phần tử số 0 chuyển động từ vị trí cân bằng lên vị trí cao nhất, đồng thời kéo phần tử số 1 ở lân cận chuyển động theo. Tương tự, chuyển động được truyền đến các phần tử số 2, số 3 khiến chúng chuyển động như phần tử số 0 nhưng chậm hơn phần tử phía trước một chút. Ở thời điểm  $\frac{T}{4}$  các phần tử trên dây có vị trí II.



**Hình 1.4.** Mô hình biểu diễn vị trí các phần tử của sợi dây ở những thời điểm liên tiếp

Phần tử số 0 tiếp tục thực hiện dao động và nhờ liên kết giữa các phần tử của dây, các phần tử ở xa cũng thực hiện dao động cùng chu kỳ với nguồn sóng. Theo thời gian, sợi dây sẽ có vị trí III, IV, ...



Với mô hình này có thể thấy các đại lượng đặc trưng cho dao động của phần tử môi trường như biên độ, tần số, chu kì dao động cũng là biên độ, tần số, chu kì của sóng.

### III. MỘT SỐ TÍNH CHẤT ĐƠN GIẢN CỦA ÂM THANH VÀ ÁNH SÁNG

#### 1. Sự phản xạ và khúc xạ sóng

Cả âm thanh và ánh sáng đều bị phản xạ khi gặp mặt chắn. Hướng truyền của tia phản xạ đến mắt giúp người quan sát thấy được ảnh của vật qua mặt phản xạ. Âm phản xạ đến tai chậm hơn âm trực tiếp từ 1/15 giây thì ta sẽ nghe được âm thanh trực tiếp và âm phản xạ lặp lại tạo thành tiếng vang.

Ta cũng đã biết ánh sáng bị khúc xạ khi truyền qua mặt phân cách giữa hai môi trường. Hiện tượng tương tự cũng xảy ra với âm thanh. Phương truyền của sóng âm không đổi nếu các yếu tố của môi trường ổn định. Nhưng nếu trong môi trường không khí có nhiệt độ không đồng đều thì các yếu tố khác của môi trường cũng biến thiên và sẽ khiến phương truyền của sóng âm bị lệch về nơi có nhiệt độ thấp hơn.

Đặc điểm này của âm thanh tạo nên hiện tượng khá thú vị. Ở trên sa mạc, nhiệt độ lớp không khí sát mặt đất rất cao. Vì thế, cách 20 m – 30 m có người đang hô hoán rất to nhưng bạn hầu như không nghe thấy là vì sau khi tiếng hô phát ra, nó đã nhanh chóng đi vòng lên trên cao. Ngược lại, ở những vùng lạnh giá, nhiệt độ mặt đất thấp hơn nhiều so với ở trên cao nên âm thanh hầu như đều truyền sát mặt đất. Vì thế ở vùng này, tiếng hét to có thể truyền đi rất xa, thậm chí ngoài 1 km – 2 km cũng nghe được.

#### 2. Hiệu ứng Doppler

Hiệu ứng Doppler (Đốp-lơ), được đặt theo tên của Christian Andreas Doppler (1803 – 1853). Trong hiệu ứng này, tần số của sóng mà người quan sát thu được bị biến đổi khi nguồn sóng chuyển động tương đối với người quan sát. Hiệu ứng này có thể giải thích như sau:



1. Hãy giải thích vì sao về đêm và sáng sớm, ta có thể nghe rõ tiếng chuông chùa hoặc chuông nhà thờ từ rất xa.

#### Bạn có biết

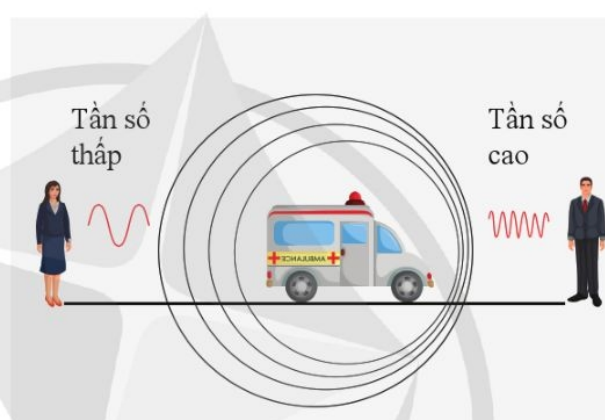
Năm 1923, một kho vũ khí của Hà Lan bị nổ. Những người trong phạm vi 100 km – 160 km quanh đó không nghe thấy gì nhưng cách xa 1 300 km, người ta lại nghe được âm thanh của vụ nổ đó. Hiện tượng này được giải thích là do nhiệt độ không khí ở gần mặt đất rất không đồng đều nên âm thanh sau khi vòng lên trên sẽ lại vòng xuống dưới, tạo nên hiện tượng lạ lùng này.

Khi nguồn sóng và người quan sát chuyển động lại gần nhau thì tốc độ sóng đối với người quan sát lớn hơn so với khi cả hai đứng yên với nhau. Như vậy, trong 1 giây, số bước sóng truyền qua vị trí người quan sát nhiều hơn và do đó, tần số sóng mà người quan sát thu được sẽ lớn hơn tần số do nguồn phát ra.

Ngược lại, khi nguồn sóng và người quan sát chuyển động ra xa nhau thì tần số sóng mà người quan sát thu được sẽ nhỏ hơn tần số do nguồn phát ra.



2. Bạn sẽ nghe được âm thanh bổng hơn hay trầm hơn của còi xe dẫn đường khi xe đó chạy lại gần bạn?



**Hình 1.5.** Tần số sóng thu được thay đổi khi nguồn phát chuyển động so với nguồn thu

Hiệu ứng Doppler được ứng dụng rộng rãi để đo tốc độ của vật chuyển động. Ví dụ: đo tốc độ của phương tiện tham gia giao thông, đo tốc độ bay của bóng trên sân thi đấu, đo tốc độ dòng chảy của máu trong động mạch,...



- Biên độ sóng là độ dịch chuyển lớn nhất khỏi vị trí cân bằng của một điểm sóng.
- Chu kỳ sóng  $T$  là thời gian thực hiện một dao động của một điểm sóng.
- Tần số sóng  $f$  là số dao động mà mỗi điểm sóng thực hiện trong một đơn vị thời gian.
- Bước sóng  $\lambda$  là quãng đường mà sóng truyền đi trong một chu kỳ sóng.
- Tốc độ sóng là tốc độ lan truyền năng lượng của sóng trong không gian.
- Tốc độ sóng được xác định bằng công thức:  $v = f \cdot \lambda$
- Cường độ sóng là năng lượng truyền qua một đơn vị diện tích vuông góc với phương truyền sóng trong một đơn vị thời gian.



## 2 SÓNG DỌC VÀ SÓNG NGANG

### Học xong bài học này, bạn có thể

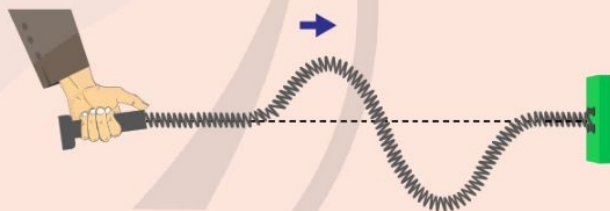
- Quan sát hình ảnh (hoặc tài liệu đa phương tiện) về chuyển động của phần tử môi trường, thảo luận để so sánh được sóng dọc và sóng ngang.
- Thảo luận để thiết kế phương án hoặc lựa chọn phương án và thực hiện phương án, đo được tần số của sóng âm bằng dao động kí hoặc dụng cụ thực hành.
- Nêu được trong chân không, tất cả sóng điện từ đều truyền với cùng tốc độ.
- Liệt kê được bậc độ lớn bước sóng của các bức xạ chủ yếu trong thang sóng điện từ.



Với một lò xo mềm, ta có thể làm cho đầu tự do của lò xo dao động dọc theo chiều dài của nó (Hình 2.1) hoặc làm cho đầu tự do của lò xo dao động vuông góc với trục lò xo (Hình 2.2).



Hình 2.1. Đầu lò xo dao động dọc theo chiều dài lò xo



Hình 2.2. Đầu lò xo dao động vuông góc với trục lò xo

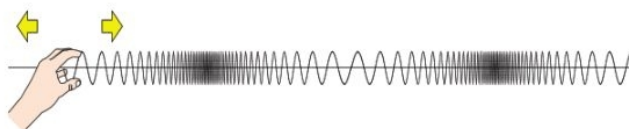
Trong mỗi trường hợp này, dao động được lan truyền trên lò xo như thế nào?

## I. SÓNG DỌC

### 1. Mô tả sóng dọc

Khi làm cho một đầu của lò xo dao động dọc theo chiều dài của nó thì các phần của lò xo sẽ lần lượt bị nén và giãn. Dao động này theo phương của trục lò xo và được truyền dọc theo lò xo tạo thành sóng.

*Sóng có các phần tử dao động theo phương truyền sóng được gọi là sóng dọc (Hình 2.3).*



Hình 2.3. Sóng dọc trên dây lò xo

Phần tử dao động có thể là phần tử của môi trường hoặc là điểm sóng theo mô hình. Chất rắn, chất lỏng, chất khí đều có thể có sự lan truyền dao động của các phần tử môi trường theo kiểu sóng dọc.

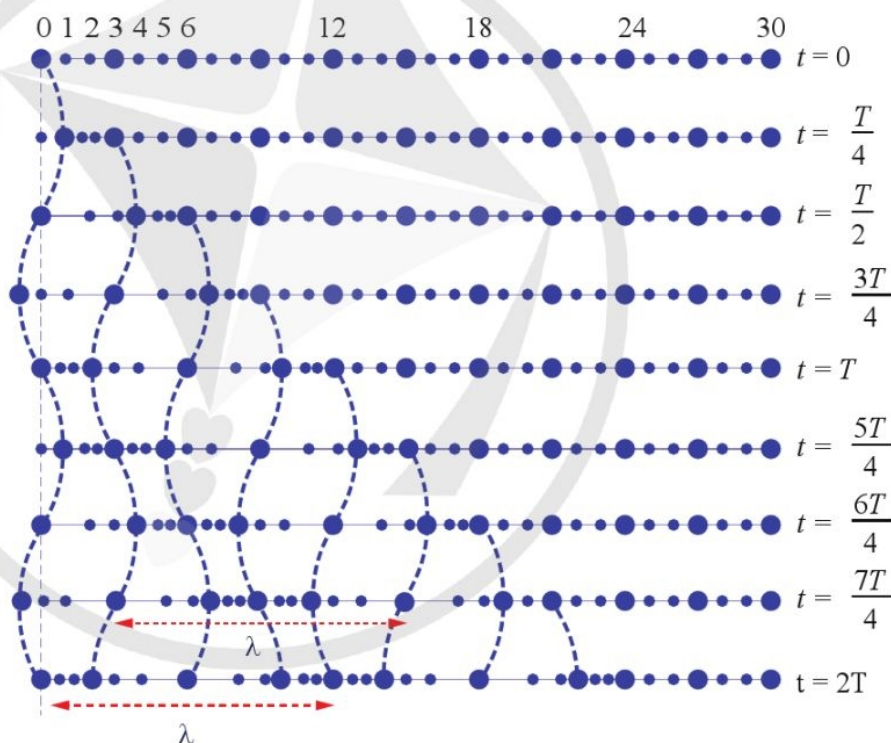
Ở bài trước, ta đã tìm hiểu sự truyền sóng qua mô hình vị trí các phần tử ở những thời điểm liên tiếp được biểu diễn cho sóng ngang trên dây (hình 1.4). Ta cũng sử dụng mô hình các phần tử để biểu diễn cho sóng dọc trên lò xo như hình 2.4.



1. Hãy chỉ ra hướng chuyển động của phần tử số 6 ở thời điểm  $\frac{T}{4}$ , phần tử số 12 ở thời điểm  $\frac{5T}{4}$ .



1. So sánh trạng thái chuyển động của phần tử số 12 ở thời điểm  $\frac{5T}{4}$  trong Hình 1.4 và Hình 2.4.



Hình 2.4. Mô hình biểu diễn vị trí các phần tử của lò xo có sóng dọc ở những thời điểm liên tiếp

## 2. Sóng âm

Âm thanh truyền trong không khí là một ví dụ về sóng dọc. Ở trung học cơ sở, ta đã biết các nguồn âm đều dao động. Vật dao động làm cho môi trường bên cạnh vật đó liên tục bị nén, giãn. Lực đàn hồi của môi trường khiến cho dao động đó được truyền đi, tạo thành sóng âm. Sóng âm có cùng tần số



với nguồn âm. Sóng âm mà con người có thể nghe được có tần số trong khoảng từ 20 Hz đến 20 000 Hz.

Sóng âm có thể truyền trong các chất rắn, lỏng, khí nhưng không truyền được trong chân không. Trong chất khí và chất lỏng, sóng âm là sóng dọc. Trong chất rắn, sóng âm gồm cả sóng dọc và sóng ngang.

### 3. Đo tần số sóng âm



#### Dụng cụ

- Đồng hồ đo điện đa năng có chức năng đo tần số (1).
- Micro (2).
- Bộ khuếch đại tín hiệu (3).
- Âm thoa và hộp cộng hưởng (4).
- Búa cao su (5).

#### Thiết kế phương án thí nghiệm

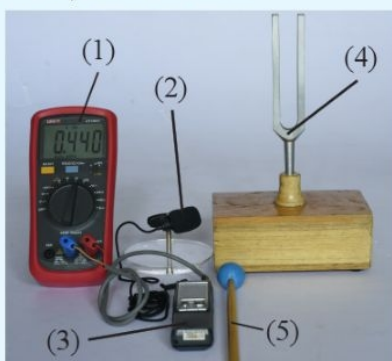
Tìm hiểu công dụng của từng dụng cụ đã cho. Thiết kế phương án thí nghiệm đo tần số của âm do âm thoa phát ra bằng các dụng cụ này.

#### Tiến hành

- Lắp đặt các dụng cụ như Hình 2.6.
- Đặt micro sát hộp cộng hưởng của âm thoa.
- Nối micro vào bộ khuếch đại và nối bộ khuếch đại vào đồng hồ (1).
- Dùng búa cao su gõ vào âm thoa.
- Đọc giá trị tần số ở đồng hồ (1) và ghi số đọc được vào vở theo mẫu ở Bảng 2.1.
- Lặp lại bước gõ vào âm thoa và ghi số liệu hai lần nữa.

**Bảng 2.1.** Kết quả đo tần số âm thoa

| Lần đo                            | Tần số (Hz) | Giá trị trung bình |
|-----------------------------------|-------------|--------------------|
| 1                                 | ?           |                    |
| 2                                 | ?           |                    |
| 3                                 | ?           |                    |
| Kết quả đo: $f = \dots\dots\dots$ |             |                    |



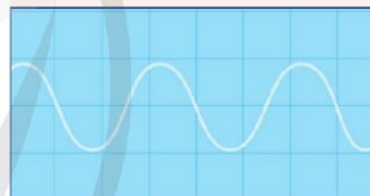
**Hình 2.6.** Đo tần số âm thanh của một âm thoa



2. Vì sao sóng âm không truyền được trong chân không?

#### Tìm hiểu thêm

Đường hiển thị trên màn hình dao động kí điện tử khi đo tần số của một sóng âm có dạng như hình 2.5. Bộ điều chỉnh thời gian của dao động kí được đặt sao cho giá trị của mỗi ô trên trục nằm ngang là 1 ms/độ chia. Hãy nêu cách xác định tần số của sóng âm theo thí nghiệm này.



**Hình 2.5.** Đường biểu diễn dao động của một phần tử sóng trên màn hình dao động kí



3. So sánh kết quả đo với tần số ghi ở âm thoa.



Khi tiến hành đo tần số của âm do âm thoa phát ra, để tránh tạp âm ảnh hưởng đến kết quả đo thì cần phải làm gì?



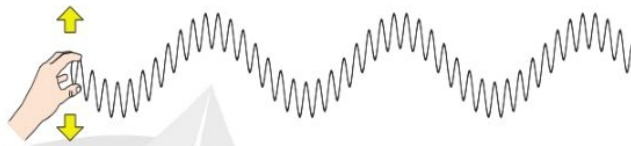
4. Phân biệt sóng dọc và sóng ngang.

## II. SÓNG NGANG

### 1. Mô tả sóng ngang

Nếu làm cho một đầu của lò xo dao động theo phương vuông góc với trục lò xo, các phần của lò xo cũng sẽ dao động tương tự và tạo ra một sóng lan truyền trên lò xo.

*Sóng có các phần tử dao động theo phương vuông góc với phương truyền sóng gọi là sóng ngang (hình 2.7).*



Hình 2.7. Sóng ngang trên dây lò xo

Sự lan truyền dao động của các phần tử môi trường theo kiểu sóng ngang khá phổ biến trong chất rắn. Có thể dễ dàng quan sát được sóng ngang trên sợi dây đàn hồi, tấm kim loại mỏng, ... Sóng nước cũng là một sóng ngang thường gặp.

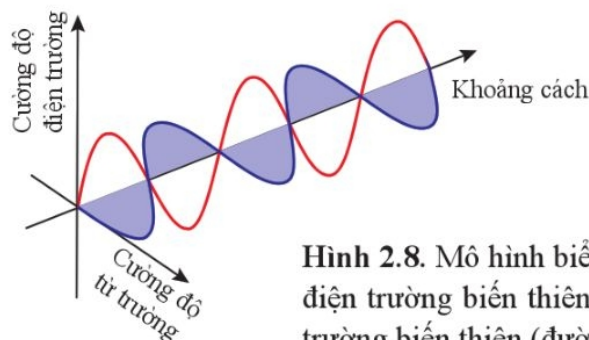
Ngoài ra, ánh sáng, sóng vô tuyến, ... là các sóng ngang được lan truyền không phải do dao động của các phần tử môi trường. Vì thế, ta sử dụng mô hình điểm sóng để mô tả về các sóng này.

Bảng 2.2. Tần số của các miền bức xạ

| Miền bức xạ        | Tần số (Hz)                                        |
|--------------------|----------------------------------------------------|
| Sóng vô tuyến      | $10^4$ đến $3 \cdot 10^{12}$                       |
| Hồng ngoại         | $3 \cdot 10^{11}$ đến $4 \cdot 10^{14}$            |
| Ánh sáng nhìn thấy | $4 \cdot 10^{14}$ (đỏ) đến $8 \cdot 10^{14}$ (tím) |
| Tử ngoại           | $8 \cdot 10^{14}$ đến $3 \cdot 10^{17}$            |
| Tia X              | $3 \cdot 10^{16}$ đến $3 \cdot 10^{19}$            |
| Tia gamma          | Trên $3 \cdot 10^{19}$                             |

### 2. Sóng điện từ

Sóng điện từ là sự lan truyền của điện trường biến thiên và từ trường biến thiên trong không gian. Trong quá trình truyền sóng, cường độ điện trường và cường độ từ trường biến thiên theo các phương vuông góc với nhau và cùng vuông góc với phương truyền của sóng (Hình 2.8). Do đó, *sóng điện từ là sóng ngang*.



Hình 2.8. Mô hình biểu diễn sóng điện từ với điện trường biến thiên (đường màu đỏ) và từ trường biến thiên (đường màu xanh).



Sóng điện từ có thể truyền qua cả chân không. Đây là điểm khác biệt giữa sóng điện từ với sóng âm và các loại sóng cơ khác. *Trong chân không, các sóng điện từ truyền với tốc độ ánh sáng, tức là xấp xỉ 300 000 km/s.*

Nguồn phát sóng điện từ rất đa dạng. Sóng điện từ còn gọi là bức xạ điện từ, được phát ra từ những vật đang tạo ra điện trường hoặc từ trường biến đổi như tia lửa điện, mạch điện biến thiên hoặc các ngôi sao. Trong nhiều thế kỉ, các loại bức xạ lần lượt được tìm ra riêng rẽ trước khi các nhà khoa học thấy được mối liên hệ giữa chúng:

- Sóng vô tuyến – phát hiện bởi Heinrich Hertz khi ông đang nghiên cứu về tia lửa điện.
- Tia hồng ngoại và tia tử ngoại – các tia này nằm ở hai đầu giới hạn của phổ ánh sáng nhìn thấy.
- Tia X – phát hiện bởi Wilhem Röntgen và được sinh ra khi một chùm electron đập vào một bia kim loại chẳng hạn như tungsten.
- Tia gamma – phát hiện bởi Paul Villard khi ông đang khảo sát các chất phóng xạ.

Mắt người quan sát được các bức xạ có tần số từ khoảng  $4 \cdot 10^{14}$  đến  $8 \cdot 10^{14}$  Hz nên các bức xạ thuộc miền này được gọi là ánh sáng nhìn thấy.

Các bức xạ điện từ có tần số trong khoảng giá trị rất rộng. Khoảng giá trị này được gọi là *thang sóng điện từ* và được chia thành các miền theo bậc độ lớn của tần số (Bảng 2.2) hoặc bước sóng. Có thể thấy ranh giới giữa các miền không quá rõ ràng, thậm chí miền tia X và miền tia tử ngoại còn bị chồng lên nhau. Để phân biệt loại bức xạ ở miền trùng nhau này, người ta cần xét đến nguồn phát ra bức xạ đó.



5. Xác định giới hạn bước sóng của miền ánh sáng nhìn thấy trong thang sóng điện từ.



2. Hãy biểu diễn các miền bức xạ trong Bảng 2.2 theo bậc độ lớn bước sóng của chúng trên cùng một thang đo.



- Sóng dọc là sóng có các phần tử dao động theo phương truyền sóng. Sóng âm trong không khí là một sóng dọc.
- Sóng ngang có các phần tử dao động theo phương vuông góc với phương truyền sóng. Sóng trên mặt nước là một sóng ngang.
- Ánh sáng là sóng điện từ.
- Trong chân không, tất cả sóng điện từ đều truyền với tốc độ  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s.
- Thang sóng điện từ được chia thành các vùng gồm: sóng vô tuyến, hồng ngoại, ánh sáng nhìn thấy, tử ngoại, tia X, tia gamma.

# 3

## GIAO THOA SÓNG

Học xong bài học này, bạn có thể

- Thực hiện (hoặc mô tả) được thí nghiệm chứng minh sự giao thoa hai sóng kết hợp bằng dụng cụ thực hành sử dụng sóng nước (hoặc sóng ánh sáng).
- Phân tích, đánh giá kết quả thu được từ thí nghiệm, nêu được các điều kiện cần thiết để quan sát được hệ vân giao thoa.
- Vận dụng được biểu thức  $i = \frac{\lambda D}{a}$  cho giao thoa ánh sáng qua hai khe hẹp.



Một quả cầu chạm nhẹ mặt nước thì khi quả cầu dao động, mỗi điểm trên mặt nước sẽ dao động khi nhận được sóng truyền đến (Hình 3.1a).



Hình 3.1a. Các điểm trên mặt nước dao động khi nhận được sóng truyền đến



Hình 3.1b. Một số điểm trên mặt nước đứng yên dù nhận được sóng từ hai nguồn truyền đến

Nhưng khi cho hai quả cầu chạm mặt nước và dao động đồng thời thì lại có những điểm đứng yên dù nhận được sóng từ hai nguồn truyền đến (Hình 3.1b). Tại sao có những điểm đứng yên đó?

### I. SỰ GIAO THOA CỦA HAI SÓNG MẶT NƯỚC

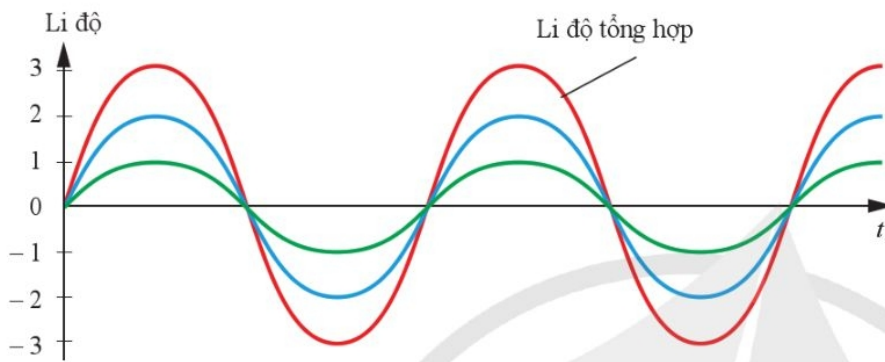
#### 1. Sự tạo thành vân giao thoa

Giả sử  $A$  và  $B$  là hai nguồn dao động cùng phương, cùng tần số và cùng pha. Sóng do hai nguồn tạo ra cùng truyền đến điểm  $M$  ở cách đó các khoảng lần lượt là  $x_1$  và  $x_2$  (Hình 3.2).



Khi hai sóng đến điểm  $M$  đồng pha thì dao động tại đó có biên độ lớn nhất,  $M$  dao động mạnh nhất (Hình 3.3). Những điểm dao động với biên độ lớn nhất là những điểm mà hiệu đường đi của sóng từ hai nguồn đến đó là:

$$x_2 - x_1 = k\lambda \quad (k \text{ là số nguyên}) \quad (3.1)$$

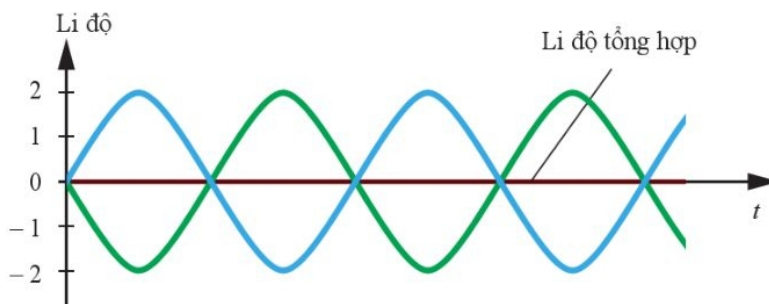


Hình 3.3. Dao động tổng hợp tại  $M$  khi hai sóng tới đồng pha

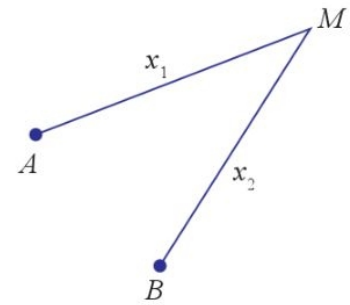
Khi hai sóng đến điểm  $M$  ngược pha thì biên độ dao động tại  $M$  là nhỏ nhất,  $M$  dao động yếu nhất, thậm chí triệt tiêu dao động nếu hai sóng có cùng biên độ (Hình 3.4). Những điểm dao động với biên độ nhỏ nhất là những điểm mà hiệu đường đi của sóng từ hai nguồn đến đó là:

$$x_2 - x_1 = \left(k + \frac{1}{2}\right)\lambda \quad (k \text{ là số nguyên}) \quad (3.2)$$

Tập hợp các điểm dao động với biên độ lớn nhất hoặc dao động với biên độ nhỏ nhất tạo thành các đường xác định trong vùng giao nhau của hai sóng. Các đường này được gọi là hệ vân giao thoa của hai sóng.



Hình 3.4. Dao động tổng hợp tại  $M$  khi hai sóng tới ngược pha



Hình 3.2. Đường truyền sóng từ hai nguồn  $A$  và  $B$  đến  $M$

#### Bạn có biết

Khi sóng truyền đi với tốc độ  $v$ , dao động của nguồn sóng truyền đến điểm  $M$  cách nguồn một khoảng  $x$  mất thời gian là:  $t = \frac{x}{v}$ .

Như vậy, dao động nhận được tại  $M$  trễ pha so với dao động của nguồn sóng là:

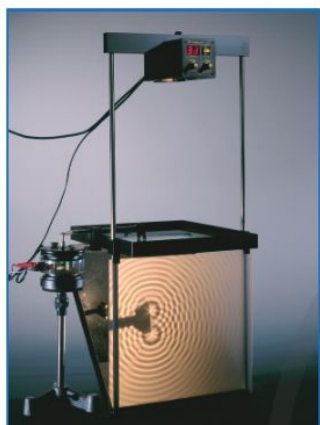
$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{T} \cdot t = 2\pi \frac{x}{\lambda}$$

$M$  cách hai nguồn sóng các khoảng lần lượt là  $x_1$  và  $x_2$  thì dao động của hai sóng truyền đến  $M$  sẽ lệch pha nhau:

$$\Delta\varphi_1 - \Delta\varphi_2 = 2\pi \frac{x_1 - x_2}{\lambda}$$



1. Điểm  $M$  nằm cách đều hai nguồn sóng cùng tần số 90 Hz thì có thuộc hệ vân giao thoa của hai sóng đó không?



**Hình 3.5.** Thí nghiệm chứng minh sự giao thoa của hai sóng mặt nước kết hợp



1. Biết bước sóng là khoảng cách giữa đỉnh hai gợn lồi hoặc đỉnh hai gợn lõm liên tiếp trên cùng một phương truyền sóng. Hãy nêu cách xác định bước sóng do hai nguồn phát ra trên hình 3.6

Vân giao thoa của hai sóng chỉ xuất hiện với hai sóng phát ra từ hai nguồn dao động cùng phương, cùng tần số và có độ lệch pha không đổi theo thời gian. Hai nguồn sóng như vậy là hai *nguồn kết hợp*. Hai sóng do hai nguồn kết hợp tạo ra là hai *sóng kết hợp*.

*Hiện tượng hai sóng kết hợp, khi gặp nhau tại những điểm xác định, luôn luôn hoặc làm tăng cường, hoặc làm yếu nhau được gọi là hiện tượng giao thoa của sóng.*

## 2. Thí nghiệm kiểm tra

Có thể chứng minh sự giao thoa của hai sóng mặt nước và xác định điều kiện cần thiết xảy ra hiện tượng giao thoa bằng thí nghiệm sau đây.



### Dụng cụ

Hai quả cầu nhỏ gắn với cần rung của máy phát tần số, khay chứa nước có đáy trong suốt, đèn, gương phẳng, màn chiếu.

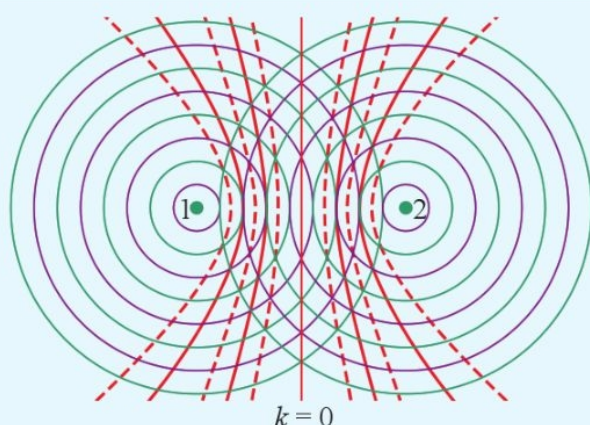
### Tiến hành

- Hai quả cầu nhỏ được đặt tiếp xúc với hai điểm trên mặt nước chứa trong khay.
- Lắp đặt đèn và gương phẳng sao cho ánh sáng chiếu qua khay nước được gương phẳng chiếu hắt lên màn (Hình 3.5).
- Bật máy phát âm tần cho cần rung hoạt động, vị trí mặt nước tiếp xúc với hai quả cầu trở thành hai nguồn sóng cùng tần số.
- Vẽ lại hình ảnh các vòng sóng nước quan sát thấy trên màn, ta thu được Hình 3.6. Xác định bước sóng do hai nguồn phát ra.
- Đánh dấu các điểm giao nhau giữa gợn lồi của sóng từ nguồn 1 với gợn lồi của sóng từ nguồn 2. Xác định khoảng cách từ hai nguồn đến mỗi điểm này của đường  $k = 0$  (Hình 3.6) và đối chiếu với công thức (3.2).

Thực hiện tương tự với các điểm đứng yên khác. Nối những điểm thỏa mãn công thức (3.2) với cùng giá trị  $k$  để thu được đường biểu diễn các vân giao thoa cực tiểu.

- Thay đổi tần số của một trong hai nguồn dao động bằng cách ngắt một quả cầu khỏi cần rung và dùng tay lắc cho dao động rồi quan sát hình ảnh mặt nước thu được trên màn sẽ không còn thấy các điểm dao động cực đại và cực tiểu nằm trên các đường xác định nữa.





**Hình 3.6.** Hình ảnh giao thoa của hai sóng nước: đường màu xanh biểu diễn các gợn sóng lồi, đường màu tím biểu diễn các gợn sóng lõm

Như vậy, chỉ khi sóng *xuất phát từ hai nguồn kết hợp*, ta mới có thể thấy được hệ vân giao thoa trên mặt nước như đã dự đoán.

*Điều kiện để có hiện tượng giao thoa sóng* là hai sóng phải xuất phát từ hai nguồn dao động có cùng tần số, cùng phương dao động và có độ lệch pha không đổi theo thời gian.

Hiện tượng giao thoa là hiện tượng đặc trưng của sóng.

## II. GIAO THOA ÁNH SÁNG

Kết quả giao thoa của hai sóng kết hợp cũng thu được trong thí nghiệm với ánh sáng và là minh chứng quan trọng giúp khẳng định ánh sáng là sóng. Sơ đồ thí nghiệm được bố trí như Hình 3.7.

Nguồn laser  $S_0$  chiếu sáng đồng thời hai khe hẹp  $S_1$  và  $S_2$ . Hai khe này trở thành hai nguồn sáng kết hợp, cho hai chùm sáng tới màn  $E$ . Tại vùng giao của hai chùm sáng trên màn  $E$ , ta thu được các vạch sáng, tối xen kẽ và cách đều nhau. Các vạch này được gọi là vân giao thoa của hai sóng ánh sáng từ  $S_1$  và  $S_2$ . Vạch sáng được gọi là *vân sáng*, vùng tối giữa hai vạch sáng liên tiếp được gọi là *vân tối*.

Tại điểm trên màn  $E$  và cách đều hai khe  $S_1, S_2$  thu được vạch sáng. Vạch này được gọi là *vân sáng trung tâm*. Khoảng cách giữa tâm hai vân sáng hoặc hai vân tối liên tiếp thì bằng nhau và được gọi là *khoảng vân*, kí hiệu là  $i$ .



2. Dùng bút chì vẽ đường nối các điểm giao nhau giữa các gợn lồi hoặc của các gợn lõm của hai nguồn sóng trên Hình 3.6 và đối chiếu kết quả với công thức (3.1).



3. Quan sát hình ảnh mặt nước thu được trên màn khi thay đổi tần số dao động của một quả cầu thì không còn thấy các điểm dao động cực đại và cực tiểu nằm trên các đường xác định nữa. Vậy điều kiện để quan sát được hệ vân giao thoa là gì?

**Bạn có biết**

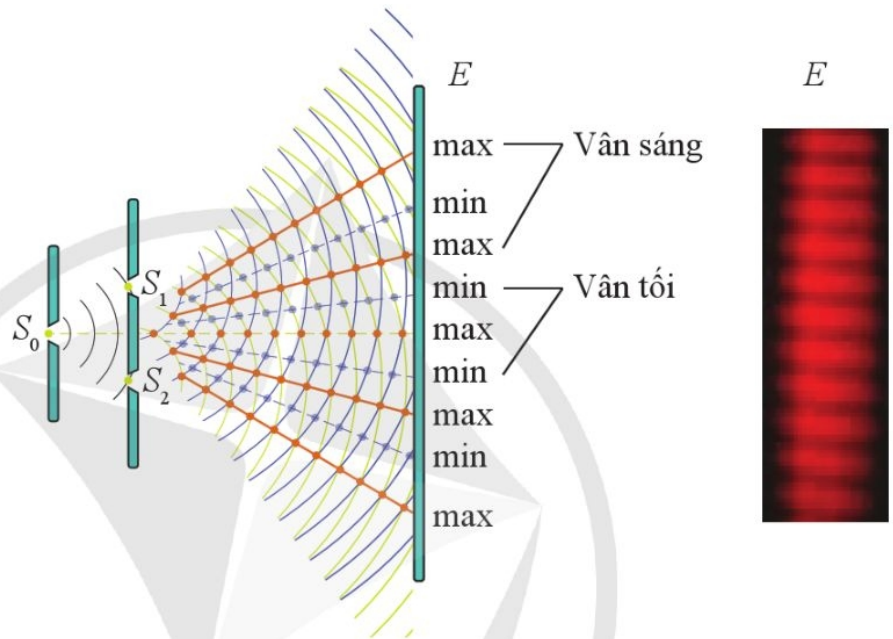
Sự tồn tại các vạch tối trong vùng giao nhau của hai chùm sáng trong thí nghiệm với hai khe sáng của Thomas Young (Tô-mát Y-âng) chỉ có thể giải thích khi coi ánh sáng là sóng. Vì vậy, thí nghiệm giao thoa với khe Young được coi là cơ sở quan trọng cho sự ra đời của lý thuyết sóng ánh sáng.



**Hình 3.8.** Thomas Young (1773 – 1829)

Trong các thí nghiệm tương tự, với  $a$  là khoảng cách giữa hai khe  $S_1, S_2$  và  $D$  là khoảng cách từ trung điểm hai nguồn sáng đến màn  $E$  thì khoảng vân  $i$  phụ thuộc vào bước sóng của ánh sáng giao thoa theo công thức:

$$i = \frac{\lambda D}{a} \quad (3.3)$$



**Hình 3.7.** Sơ đồ thí nghiệm giao thoa ánh sáng với khe Young và các vân giao thoa thu được trên màn E

Như vậy, khoảng cách từ vân sáng thứ  $k$  đến vân sáng trung tâm được tính bằng:  $x_s = ki$  và khoảng cách từ vân tối thứ  $k$  đến vân sáng trung tâm được tính bằng:

$$x_t = \left(k - \frac{1}{2}\right)i$$

Thực hiện thí nghiệm giao thoa Young với các ánh sáng màu khác nhau, ta đo được bước sóng của các ánh sáng trong vùng nhìn thấy có giá trị từ  $0,38 \mu\text{m}$  (ánh sáng tím) đến khoảng  $0,76 \mu\text{m}$  (ánh sáng đỏ).

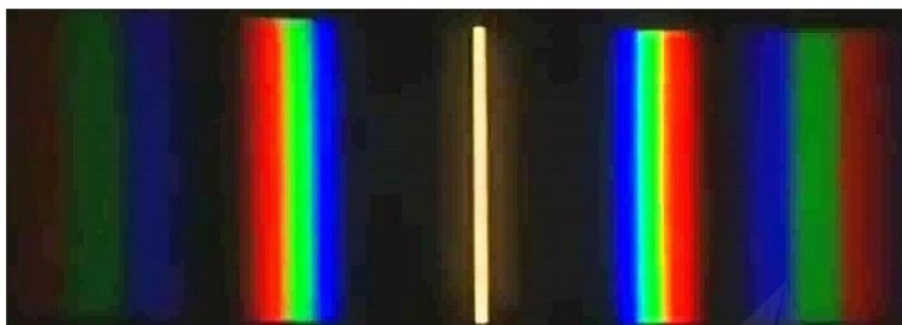
Nếu dùng nguồn phát ánh sáng trắng tại  $S_0$  thì trên màn quan sát, ta sẽ thấy vạch sáng trắng ở chính giữa, hai bên vạch này có những dải màu như cầu vồng (Hình 3.9).



2. Trong một thí nghiệm giao thoa ánh sáng với khe Young, người ta đo được khoảng cách từ vân trung tâm đến vân sáng thứ mười là  $4,0 \text{ mm}$ . Ở vị trí cách vân trung tâm  $1,0 \text{ mm}$  sẽ là vân sáng hay tối?



Dải màu liên tục từ vạch sáng tím thứ nhất đến vạch sáng đỏ thứ nhất từ vân trung tâm được gọi là quang phổ bậc 1. Tương tự như vậy với các quang phổ bậc 2, bậc 3,...



Hình 3.9. Vân giao thoa của hai nguồn phát ánh sáng trắng



Nêu phương án xác định bước sóng ánh sáng bằng thí nghiệm giao thoa với khe Young.

#### Tìm hiểu thêm

Trong giao thoa ánh sáng trắng, ngoài vân trung tâm có màu trắng, còn có các vân sáng màu trắng khác do sự chồng lấp của các quang phổ bậc khác nhau. Hãy tìm hiểu để nêu cách xác định vị trí của vân sáng màu trắng gần vân trung tâm nhất.



- Giao thoa là hiện tượng hai sóng kết hợp gặp nhau tại những điểm xác định tạo nên những điểm dao động với biên độ cực đại (hai sóng tăng cường lẫn nhau) và những điểm dao động với biên độ cực tiểu (hai sóng làm suy yếu lẫn nhau).
- Trong giao thoa sóng nước, các điểm dao động với biên độ cực đại hay cực tiểu nằm trên các đường xác định xen kẽ trên mặt nước.
- Trong thí nghiệm về giao thoa ánh sáng với hai khe sáng hẹp của Young, các vân sáng, vân tối nằm xen kẽ và cách đều nhau trên màn quan sát. Khoảng cách giữa hai vân sáng hoặc hai vân tối liên tiếp được gọi là khoảng vân và tính bằng công thức:

$$i = \frac{\lambda D}{a}$$

# 4

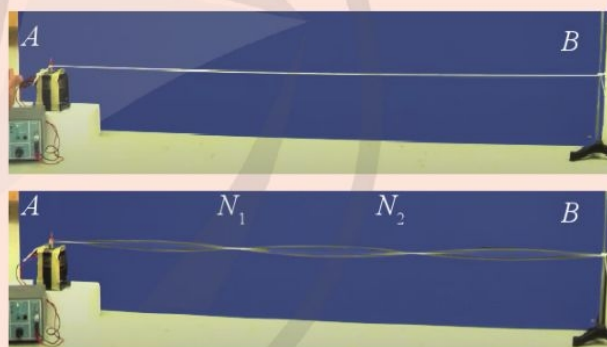
## SÓNG DỪNG

Học xong bài học này, bạn có thể

- Thực hiện thí nghiệm tạo sóng dừng và giải thích được sự hình thành sóng dừng.
- Sử dụng hình ảnh (tạo ra bằng thí nghiệm hoặc hình vẽ cho trước), xác định được nút và bụng của sóng dừng.
- Sử dụng các cách biểu diễn đại số và đồ thị để phân tích, xác định được vị trí nút và bụng của sóng dừng.
- Thảo luận để thiết kế phương án hoặc lựa chọn phương án và thực hiện phương án, đo được tốc độ truyền âm bằng dụng cụ thực hành.



Một sợi dây đàn hồi có một đầu cố định. Làm cho đầu tự do của dây dao động thì có những lúc ta thấy trên dây xuất hiện những điểm đứng yên. Những điểm đứng yên này có giống với những điểm đứng yên trong hiện tượng giao thoa của sóng nước không? Vì sao dao động tại những điểm đó lại triệt tiêu nếu chỉ nhận sóng từ đầu dao động truyền đến?



Hình 4.1. Một số điểm trên dây bị triệt tiêu dao động.

### I. HIỆN TƯỢNG SÓNG DỪNG TRÊN DÂY

Hiện tượng xuất hiện các điểm đứng yên ở những vị trí xác định khi đang có sóng lan truyền như trên được gọi là hiện tượng *sóng dừng*. Khi có sóng dừng, sẽ có các điểm đứng yên xen kẽ với những điểm dao động với biên độ lớn. Những điểm đứng yên được gọi là *nút sóng*, những điểm chính giữa hai nút sóng là những điểm dao động với biên độ lớn nhất được gọi là *bụng sóng*.



Để tạo sóng dừng trên dây và tìm liên hệ giữa tần số và số bụng sóng có thể làm thí nghiệm sau đây.

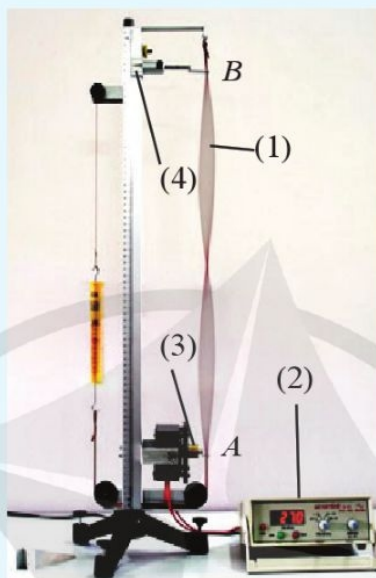


### Dụng cụ

- Dây đàn hồi AB (1),
- Máy phát dao động (2),
- Cần rung (3),
- Giá đỡ và kẹp (4).

### Tiến hành

- Đầu B được kẹp cố định, đầu A nối với cần rung để tạo dao động có tần số của máy phát (Hình 4.2).
- Bật công tắc máy phát dao động, điều chỉnh để tần số máy phát ra là nhỏ nhất.
- Tăng dần tần số dao động ở máy phát sao cho thấy được 1 điểm đứng yên trên dây (không kể hai đầu dây).
- Điều chỉnh tăng tần số ở máy phát để lần lượt quan sát được 2, 3, 4 bụng sóng trên dây.



**Hình 4.2.** Xuất hiện các điểm đứng yên khi sóng lan truyền trên dây đàn hồi

Ta sẽ sử dụng kết quả quan sát được để kiểm chứng các lập luận giải thích về sự tạo thành sóng dừng trên dây.

## II. GIẢI THÍCH SỰ TẠO THÀNH SÓNG DỪNG

Để giải thích sự tạo thành sóng dừng, ta xem xét sự truyền sóng trên lò xo đàn hồi AB có đầu B được gắn cố định. Cầm đầu tự do A của lò xo đưa lên xuống để gây ra một biến dạng cho lò xo. Biến dạng này truyền dọc theo lò xo đến B thì bị đổi chiều và truyền ngược lại (Hình 4.3). Nếu đầu tự do A của lò xo dao động điều hoà thì trên lò xo xuất hiện sóng truyền từ A đến B, gọi là sóng tới. Khi đến B, dao động bị đổi chiều và truyền ngược lại tạo thành sóng phản xạ. Lúc này, mỗi điểm trên lò xo nhận được đồng thời sóng tới và sóng phản xạ.

Trong thí nghiệm với sợi dây đàn hồi ở trên, mỗi điểm trên dây cũng sẽ nhận được đồng thời sóng tới từ đầu A dao động



1. Hãy chỉ ra các nút sóng và các bụng sóng trên các Hình 4.1 và 4.2.

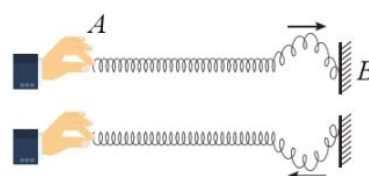


1. Tiến hành thí nghiệm tạo sóng dừng trên dây và lập bảng ghi kết quả vào vở như mẫu Bảng 4.1.

**Bảng 4.1.** Kết quả thí nghiệm sóng dừng trên dây

| Chiều dài dây AB = ... m |   |   |   |
|--------------------------|---|---|---|
| Số bụng sóng             | 2 | 3 | 4 |
| $f$ (Hz)                 | ? | ? | ? |

Nhận xét về mối liên hệ giữa tần số sóng trên dây và số bụng sóng quan sát được.



**Hình 4.3.** Biến dạng của lò xo đổi chiều khi đến đầu cố định

?

2. Hãy chỉ ra vị trí các nút sóng trên Hình 4.4. Xác định khoảng cách giữa hai nút sóng liên tiếp.

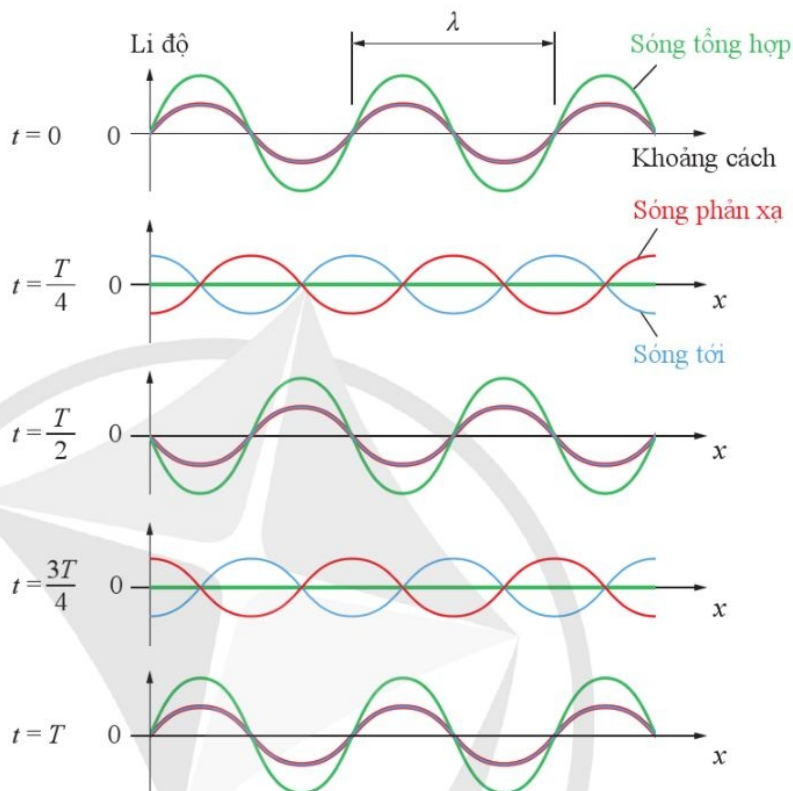
?

3. Hãy chỉ ra vị trí các bụng sóng trên Hình 4.4. So sánh biên độ của sóng tổng hợp tại bụng sóng với biên độ của sóng tới.

?

4. Có thể nói sóng dừng trên dây là hiện tượng giao thoa sóng được không? Nếu có thì đây là giao thoa của những sóng nào?

theo cần rung và sóng phản xạ từ đầu  $B$  cố định. Hai sóng này cùng tần số, cùng biên độ nên xảy ra hiện tượng giao thoa và sóng tổng hợp tạo ra tại mỗi điểm trên dây có thể được mô tả như trên Hình 4.4.



**Hình 4.4.** Sóng tổng hợp của một sóng tới và một sóng phản xạ trên dây tại các thời điểm trong một chu kỳ  $T$  của sóng tới

Có thể thấy trên dây những điểm xác định đứng yên do sóng tới và sóng phản xạ ở điểm đó ngược pha nên triệt tiêu lẫn nhau. Đó là vị trí các nút sóng. Chính giữa hai nút sóng liên tiếp là vị trí bụng sóng nên *khoảng cách giữa bụng sóng và nút sóng gần nhất bằng một phần tư bước sóng*. Bụng sóng dao động với biên độ lớn nhất do sóng tới và sóng phản xạ ở điểm đó đồng pha nên tăng cường lẫn nhau.

Trong thực tế, tại mỗi điểm trên dây có thể nhận được nhiều sóng phản xạ. Nếu các sóng phản xạ này đồng pha thì sẽ làm cho biên độ tại bụng sóng lớn gấp nhiều lần biên độ của sóng tới, cũng là biên độ dao động của đầu dây gắn với cần rung. Đối với sợi dây có hai đầu cố định hoặc một đầu cố định và một đầu dao động với biên độ nhỏ như trường hợp ta đang xét,



để quan sát được sóng dừng trên dây thì hai đầu dây phải tương ứng với hai nút sóng. Do đó, độ dài dây sẽ bằng một số nguyên lần nửa bước sóng của sóng lan truyền trên dây:

$$L = k \frac{\lambda}{2} \text{ với } k = 1, 2, 3, \dots \quad (4.4)$$

Đối với dây có một đầu tự do (Hình 4.5) thì đầu tự do sẽ là một bụng sóng. Khi đó, để quan sát được sóng dừng trên dây thì độ dài dây sẽ phải đáp ứng điều kiện:

$$L = (2k + 1) \frac{\lambda}{4} \text{ với } k = 0, 1, 2, \dots \quad (4.5)$$

### III. ĐO TỐC ĐỘ TRUYỀN ÂM

Sóng dừng là một trường hợp của giao thoa sóng. Vì thế, ta không chỉ thấy sóng dừng trên dây đàn hồi mà còn quan sát được hiện tượng này ở các sóng khác. Khi một âm thanh có tần số cố định  $f$  phát ra và bị phản xạ lại, âm phản xạ sẽ kết hợp với âm đến và có thể xảy ra hiện tượng sóng dừng. Tại các bụng sóng, âm thanh nghe được sẽ to nhất, tại các nút sóng, âm thanh nghe được sẽ nhỏ nhất. Hiện tượng này được ứng dụng để đo tốc độ truyền âm trong không khí như thí nghiệm sau đây.



#### Dụng cụ

(1) Máy phát âm tần, (2) loa nhỏ, (3) ống cộng hưởng là ống nhựa trong suốt (rải đều các hạt xốp trong lòng ống).

#### Thiết kế phương án thí nghiệm

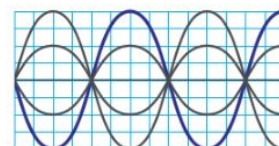
Tìm hiểu công dụng của từng dụng cụ đã cho. Thiết kế phương án thí nghiệm đo tần số của âm do âm thoa phát ra bằng các dụng cụ này.



**Hình 4.6.** Sóng dừng trong ống cộng hưởng tạo bởi sóng âm tần số  $f$  và sóng phản xạ của nó



2. Kiểm tra lại công thức (4.4) với kết quả của Bảng 4.1 thu được trong thí nghiệm quan sát sóng dừng trên dây đã thực hiện.



**Hình 4.5.** Sóng dừng trên dây có một đầu tự do



5. Từ công thức tính tốc độ sóng, hãy chỉ ra các đại lượng cần xác định khi muốn đo tốc độ truyền âm trong không khí.



6. Đề xuất phương án ứng dụng hiện tượng sóng dừng để đo tốc độ truyền âm trong không khí:

– Vì sao một đầu của ống cộng hưởng cần dịch chuyển được? Tìm phương án giúp thay đổi độ dài của cột khí trong ống.

– Vì sao cần xác định các vị trí mà âm thanh thu được có cường độ nhỏ nhất hoặc lớn nhất?

– Nêu cách tính bước sóng của sóng âm qua các giá trị độ dài cột khí trong ống của những lần xác định được vị trí nút sóng.



7. Tiến hành thí nghiệm và lập bảng ghi kết quả như mẫu Bảng 4.2. Tính sai số của phép đo.

### Tiến hành

- Đặt loa ở một đầu ống, loa nối với máy phát âm tần.
- Điều chỉnh để ống có chiều dài ngắn nhất.
- Điều chỉnh để máy phát âm tần phát ra tần số  $f = 650$  Hz và biên độ âm thanh không quá to.
- Thay đổi từ từ chiều dài ống sao cho tại đầu ống không đặt loa, có các vị trí mà các hạt xếp dồn lại nhiều nhất. Đó là các bụng sóng. Ghi lại khoảng cách giữa hai vị trí liên tiếp được xác định là bụng sóng. Thực hiện lại từ bước 3 với âm thanh có tần số  $f = 850$  Hz.
- Ghi kết quả vào vở theo mẫu Bảng 4.2.

**Bảng 4.2.** Kết quả đo tốc độ truyền âm trong không khí

| $f$<br>(Hz) | Đại lượng đo                            | Lần 1 | Lần 2 | Lần 3 | Giá trị trung bình |
|-------------|-----------------------------------------|-------|-------|-------|--------------------|
| 650         | Khoảng cách giữa hai bụng sóng, $d$ (m) | ?     | ?     | ?     | ?                  |
|             | Bước sóng (m)<br>$\lambda = 2d$         | ?     | ?     | ?     | ?                  |
|             | Tốc độ (m/s)<br>$v = \lambda f$         | ?     | ?     | ?     | ?                  |
| 850         | Khoảng cách giữa hai bụng sóng, $d$ (m) | ?     | ?     | ?     | ?                  |
|             | Bước sóng (m)<br>$\lambda = 2d$         | ?     | ?     | ?     | ?                  |
|             | Tốc độ (m/s)<br>$v = \lambda f$         | ?     | ?     | ?     | ?                  |

Vì sao ở thí nghiệm tạo sóng dừng trong ống cộng hưởng nếu một đầu ống để hở thì khi có sóng dừng, ta có thể nghe được âm rất to tại đầu ống đó?

Các phép đo có độ chính xác cao đo được tốc độ truyền âm trong không khí là  $342,2$  m/s ở mực nước biển, tại nhiệt độ  $20^\circ\text{C}$  và áp suất tiêu chuẩn  $1\text{atm}$ .



- Hiện tượng xuất hiện các điểm đứng yên ở những vị trí xác định khi đang có sóng lan truyền được gọi là hiện tượng sóng dừng.
- Những điểm đứng yên gọi là nút sóng. Chính giữa hai nút sóng liên tiếp là bụng sóng. Khoảng cách giữa bụng sóng và nút sóng gần nhất bằng một phần tư bước sóng.
- Hiện tượng sóng dừng được ứng dụng để đo tốc độ truyền âm trong ống cộng hưởng.



## Bài tập chủ đề 2

1. Cho sơ đồ một số phân tử không khí khi có một sóng âm truyền qua như Hình 1.

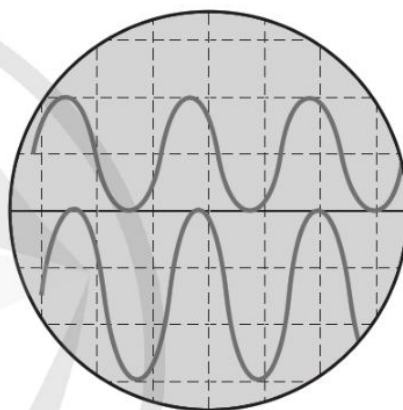


Hình 1

- Vẽ lại sơ đồ trên vào vở và đánh dấu một vùng sóng cho thấy khí bị nén (đánh dấu bằng điểm  $N$ ).
- Đánh dấu một vùng sóng cho thấy khí giãn (đánh dấu bằng điểm  $G$ ).
- Sóng âm có tần số 240 Hz. Điều này có ý nghĩa gì đối với mỗi phân tử không khí?
- Tốc độ sóng âm là 320 m/s. Tính bước sóng của sóng âm.

2. Hình 2 cho thấy hai sóng được hiển thị trên một màn hình máy hiện sóng.

- Các sóng có cùng pha hay không? Giải thích.
- Núm điều chỉnh thời gian của màn hình được đặt ở chế độ 500  $\mu\text{s}$ /độ chia. Xác định chu kì của mỗi sóng.
- So sánh bước sóng của chúng.
- Tính tỉ lệ cường độ của hai sóng với cùng hệ số khuếch đại.



Hình 2

3. Tín hiệu từ một sao nằm trong vùng tử ngoại của quang phổ với bước sóng  $7,5 \cdot 10^8 \text{ m}$ . Tính tần số của bức xạ này.

4. Khi xem xét quang phổ thu được từ một thiên thể, các nhà thiên văn nhận thấy các vạch phổ trong vùng ánh sáng nhìn thấy bị dịch về phía ánh sáng đỏ, tức là bước sóng của bức xạ ứng với vạch phổ thu được lớn hơn bước sóng của bức xạ do thiên thể đó phát ra. Hiện tượng này được gọi là **sự dịch chuyển đỏ**. Vật lí thiên văn ứng dụng sự dịch chuyển đỏ rộng rãi trong việc xác định chuyển động của các thiên thể.

Hãy so sánh tần số của bức xạ thu được với tần số của bức xạ do thiên thể phát ra, từ đó cho biết, thiên thể này đang chuyển động như thế nào so với thiết bị thu?

5. Sử dụng công thức tính khoảng vân  $i = \frac{\lambda D}{a}$  trong thí nghiệm giao thoa ánh sáng

Young để giải thích các kết quả quan sát sau:

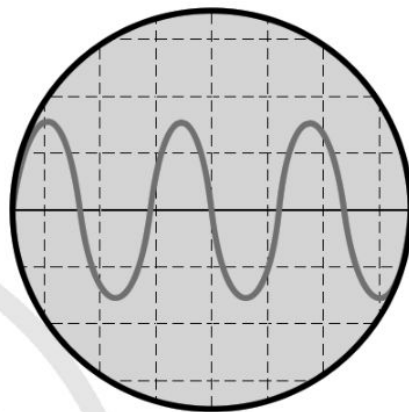
- Hai khe hẹp càng gần nhau thì các vân trên màn càng xa nhau.
- Các vân giao thoa của ánh sáng lam nằm gần nhau hơn các vân giao thoa của ánh sáng đỏ.

6. Người ta đặt lần lượt các tấm kính lọc trước nguồn phát ánh sáng trắng trong thí nghiệm giao thoa Young. Lúc đầu, khi dùng kính lọc màu đỏ ( $\lambda_d = 600 \text{ nm}$ ) thì khoảng vân đo được là 2,40 mm. Khi dùng kính lọc màu lam thì khoảng vân đo được là 1,80 mm. Xác định bước sóng của ánh sáng đi qua kính lọc màu lam.

7. Dao động của một nguồn âm được ghi lại trên màn hình máy hiện sóng như Hình 3.

a) Xác định tần số của nguồn âm biết đơn vị thời gian trên màn hình được đặt là 5,00 ms/độ chia.

b) Đặt nguồn âm này trước miệng một ống cộng hưởng. Thay đổi từ từ chiều dài ống cộng hưởng, đồng thời cho nguồn phát âm thanh thì thấy, giữa hai lần liên tiếp nghe được âm rất to tại miệng ống, chiều dài ống cộng hưởng đã thay đổi một khoảng là 0,99 m. Hãy xác định tốc độ truyền âm trong ống.



Hình 3





# CHỦ ĐỀ ĐIỆN TRƯỜNG

# 3

Ở trung học cơ sở, bạn đã biết các vật mang điện có thể tác dụng lực điện lên nhau. Trong chủ đề này, ta sẽ xét các vật mang điện tương tác với nhau như thế nào.

- Lực tương tác điện
- Điện trường
- Điện thế, hiệu điện thế, tụ điện

# 1

## LỰC TƯƠNG TÁC GIỮA CÁC ĐIỆN TÍCH

Học xong bài học này, bạn có thể

- Thực hiện thí nghiệm hoặc bằng ví dụ thực tế, mô tả được sự hút (hoặc đẩy) của một điện tích vào một điện tích khác.
- Phát biểu được định luật Coulomb và nêu được đơn vị đo điện tích.
- Sử dụng biểu thức  $F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ , tính và mô tả được lực tương tác giữa hai điện tích điểm đặt trong chân không (hoặc trong không khí).

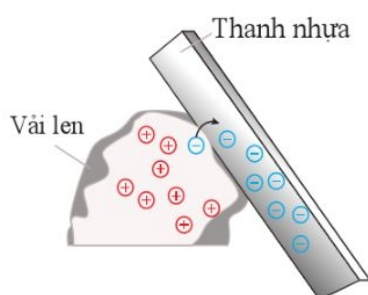


Lực tác dụng giữa các vật mang điện tuân theo quy luật nào?

### I. LỰC HÚT VÀ LỰC ĐẨY GIỮA CÁC ĐIỆN TÍCH

#### 1. Điện tích

1. Thế nào là một vật nhiễm điện?



**Hình 1.1.** Cọ xát thanh nhựa với mảnh vải len, thanh nhựa tích điện âm, vải len tích điện dương.

Ở lớp 8, bạn đã làm các thí nghiệm chứng tỏ rằng, khi cọ xát những vật như thanh thủy tinh, thanh nhựa,... vào dạ hoặc lụa,... thì những vật đó có thể hút được những vật nhẹ như mẩu xốp, vụn giấy,... Ta nói rằng những vật đó đã bị nhiễm điện.

Vật bị nhiễm điện còn được gọi là vật mang điện hoặc vật tích điện.

Có hai loại điện tích, một loại được gọi là điện tích dương, loại kia là điện tích âm.

Ví dụ, cọ xát thanh nhựa với mảnh vải len (Hình 1.1) thì thanh nhựa tích điện âm còn mảnh vải tích điện dương. Sở dĩ như vậy là do ma sát làm cho một số electron chuyển từ vải sang thanh nhựa làm cho thanh nhựa tích điện âm còn mảnh vải tích điện dương. Ngược lại, cọ xát thanh thủy tinh



với mảnh vải lụa thì thanh thuỷ tinh tích điện dương vì nó bị mất một số electron vào vải do cọ xát.

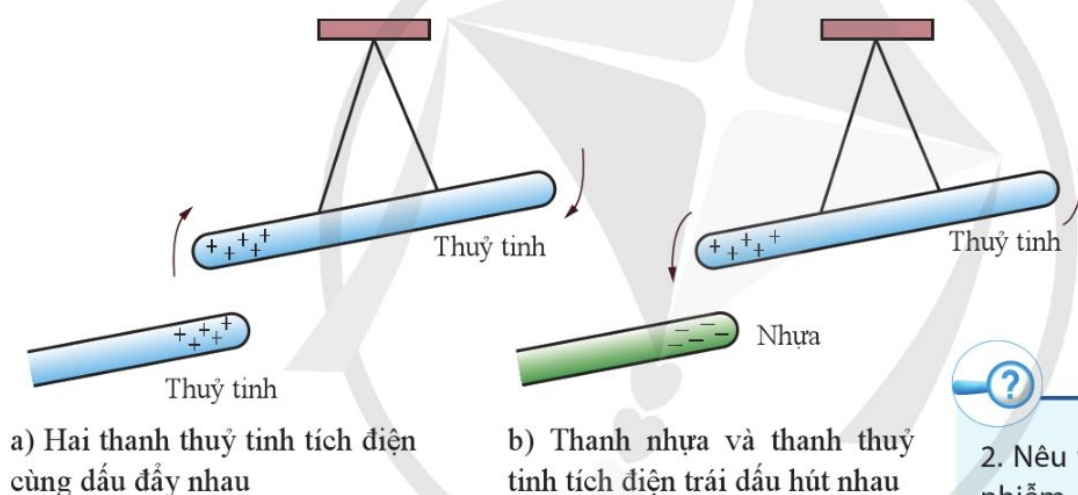
Các vật tích điện có thể có kích thước khác nhau. Ta gọi một vật tích điện có kích thước rất nhỏ so với khoảng cách đến điểm đang xét là một điện tích điểm.

## 2. Tương tác giữa các điện tích

Sự hút hoặc đẩy giữa các điện tích được gọi là sự tương tác điện.

Thực nghiệm cho biết các điện tích trái dấu thì hút nhau, các điện tích cùng dấu thì đẩy nhau.

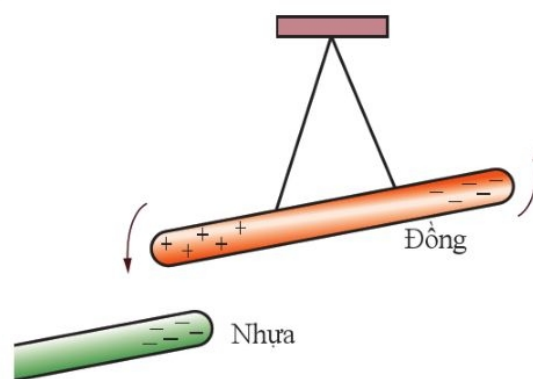
Treo một thanh thuỷ tinh có một đầu đã được tích điện dương bằng một sợi chỉ (Hình 1.2). Đưa một thanh thuỷ tinh khác có một đầu đã được tích điện dương lại gần, chúng đẩy nhau (Hình 1.2a). Đưa một thanh nhựa có một đầu đã được tích điện âm lại gần, chúng hút nhau (Hình 1.2b).



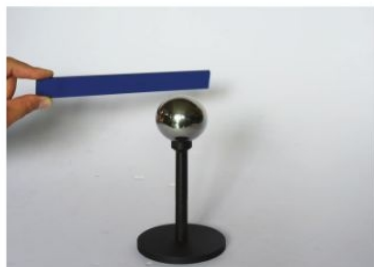
Hình 1.2

2. Nêu ví dụ về một vật nhiễm điện hút hoặc đẩy một vật khác.

Các vật đã tích điện cũng có thể hút các vật chưa được tích điện. Ví dụ, một thanh đồng trung hoà điện được treo bằng một sợi dây cách điện. Đưa thanh nhựa đã tích điện âm lại gần một đầu của thanh đồng thì các electron tự do trong thanh đồng bị đẩy về đầu xa, đầu gần với thanh nhựa tích điện dương nên bị hút về thanh nhựa (Hình 1.3). Hiện tượng đó được gọi là hiện tượng nhiễm điện do hưởng ứng. Khi lấy thanh nhựa đi, các electron tự do được sắp xếp lại như cũ, thanh đồng lại trung hoà điện.



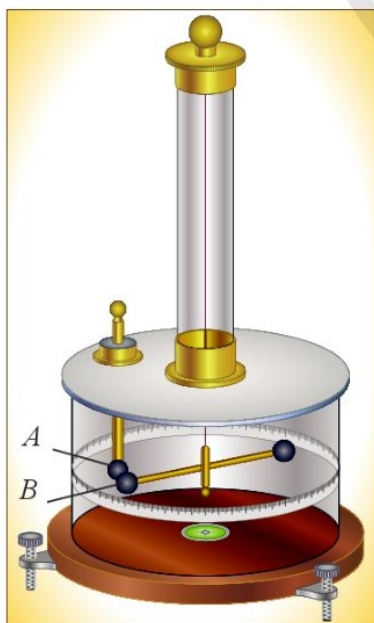
Hình 1.3. Thanh nhựa tích điện hút thanh đồng



**Hình 1.4.** Thí nghiệm với thanh nhựa và quả cầu kim loại.



3. Lực mà hai điện tích tác dụng lên nhau tuân theo quy luật nào?



**Hình 1.5.** Cân xoắn Coulomb

Có thể tích điện cho một quả cầu kim loại và thử nghiệm tương tác của nó với vật khác bằng thí nghiệm sau đây.



### Dụng cụ

Thanh nhựa, miếng vải len, quả cầu kim loại có đế cách điện.

### Tiến hành

#### • Tích điện cho quả cầu

Dùng vải len cọ xát thanh nhựa để nó tích điện âm.

Đưa thanh nhựa đến gần quả cầu kim loại nhưng không để chúng chạm vào nhau (Hình 1.4).

Trong khi thanh nhựa ở gần quả cầu, chạm đầu ngón tay vào quả cầu trong giây lát rồi bỏ ngón tay ra khỏi quả cầu.

Di chuyển thanh nhựa ra xa. Dự đoán quả cầu tích điện loại nào và giải thích tại sao.

#### • Thử nghiệm sự tương tác của quả cầu tích điện

Treo một thanh nhựa đã tích điện âm để nó có thể quay tự do. Đưa quả cầu tích điện lại gần xem chúng có hút nhau không.

Sử dụng quả cầu tích điện dương này để kiểm tra tương tác của nó với thanh thủy tinh, thanh nhựa khác,...

## II. ĐỊNH LUẬT COULOMB (CU-LÔNG)

Năm 1785, Coulomb đề xuất định luật mô tả lực tác dụng của một hạt mang điện lên hạt mang điện khác.

### 1. Lực tương tác giữa các điện tích điểm đặt trong chân không

Coulomb đã dùng một cân xoắn để đo lực đẩy giữa hai quả cầu nhỏ tích điện cùng dấu,  $A$  và  $B$  (Hình 1.5). Quả cầu kim loại  $A$  được gắn ở đầu một thanh thẳng đứng cố định. Quả cầu kim loại  $B$  được gắn ở đầu một thanh nằm ngang. Thanh này được treo bằng một sợi dây mảnh và đàn hồi. Khi hai quả cầu đẩy nhau, thanh ngang sẽ quay cho đến khi lực đẩy này cân bằng với lực đàn hồi của dây treo. Biết góc quay và chiều dài của thanh ngang, ta sẽ tính được lực đẩy tĩnh điện giữa hai quả cầu  $A$  và  $B$ . Hai quả cầu nhỏ này được coi là những điện tích điểm có điện tích là  $q_1$  và  $q_2$ .

Từ các kết quả thí nghiệm của mình, Coulomb đã phát biểu định luật sau đây:



Lực hút hoặc đẩy giữa hai điện tích điểm đặt trong chân không có phương trùng với đường thẳng nối hai điện tích điểm đó, có độ lớn tỉ lệ thuận với tích độ lớn của hai điện tích và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng.

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2} \quad (1.1)$$

Ở biểu thức này,  $F$  được đo bằng đơn vị niutơn (N);  $r$  được đo bằng đơn vị mét (m);  $q_1$  và  $q_2$  được đo bằng đơn vị culông, kí hiệu là C,  $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ .

$\epsilon_0$  là hằng số điện và có giá trị là  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N.m^2}$ , giá trị của  $k$  là:

$$k = 9.10^9 \frac{N.m^2}{C^2} \quad (1.2)$$

## 2. Lực tương tác giữa các điện tích điểm đặt trong điện môi (chất cách điện)

Thực nghiệm cho biết, khi đặt các điện tích điểm trong một điện môi đồng tính thì lực tương tác điện giữa chúng giảm đi  $\epsilon$  lần so với khi đặt chúng trong chân không. Đại lượng  $\epsilon$  được gọi là hằng số điện môi của môi trường. Trong trường hợp này, biểu thức của định luật Coulomb là:

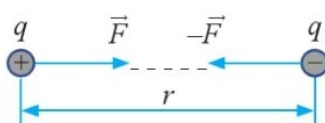
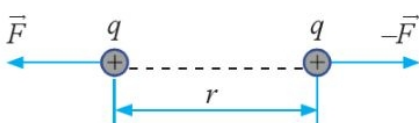
$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{\epsilon r^2} \quad (1.3)$$

Như vậy, hằng số điện môi của chân không là  $\epsilon = 1$ .

## III. VÍ DỤ ÁP DỤNG ĐỊNH LUẬT COULOMB

Cho hai điện tích điểm, mỗi điện tích có độ lớn  $q = 1,0.10^{-9}C$ , được đặt cách nhau 4,0 cm trong chân không. Tính và biểu diễn bằng hình vẽ lực điện tương tác giữa hai điện tích này.

**Lời giải**



a) Hai điện tích cùng dấu đẩy nhau b) Hai điện tích trái dấu hút nhau



1. Hãy biểu diễn bằng hình vẽ lực tương tác giữa hai điện tích trái dấu nhau.

**Bảng 1.1.** Hằng số điện môi của một số chất

| Chất                          | $\epsilon$            |
|-------------------------------|-----------------------|
| Không khí (ở điều kiện chuẩn) | 1,000594 (coi bằng 1) |
| Dầu hoả                       | 2,1                   |
| Nước nguyên chất              | 81                    |
| Parafin                       | 2                     |
| Giấy                          | 2                     |
| Mica                          | 5,7÷7                 |
| Êbônit                        | 2,7                   |
| Thuỷ tinh                     | 5÷10                  |
| Thạch anh                     | 4,5                   |

**Hình 1.6.**



2. Tính lực tương tác giữa hai electron ở cách nhau  $1,0 \cdot 10^{-10}$  m trong chân không. (Điện tích của electron  $e = -1,6 \cdot 10^{-19}$  C)



Một vật dẫn A cô lập không tích điện đang được nối đất.

Đưa một điện tích dương B lại rất gần vật dẫn này.

Vật dẫn A được tích điện dương, âm hay không tích điện khi:

- Đưa B ra xa rồi mới thôi nối đất vật dẫn A?
- Thoại nối đất vật dẫn A rồi mới đưa B ra xa.

### Độ lớn của lực

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

Thay số, với  $q_1 = q_2 = 1,0 \cdot 10^{-9}$  C;  $r = 4,0$  cm

ta được  $F = 5,6 \cdot 10^{-6}$  N

### Phương và chiều của lực

Phương trùng với đường thẳng nối hai điện tích, chiều như Hình 1.6.



- Các điện tích cùng dấu thì đẩy nhau, các điện tích trái dấu thì hút nhau.
- Lực hút hoặc đẩy giữa hai điện tích điểm đặt trong chân không có phương trùng với đường thẳng nối hai điện tích điểm đó, có độ lớn tỉ lệ thuận với tích độ lớn của hai điện tích và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng.

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2}; k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$$

- Đơn vị đo điện tích là culông (C).



# 2

## ĐIỆN TRƯỜNG

### Học xong bài học này, bạn có thể

- Nêu được khái niệm điện trường là trường lực được tạo ra bởi điện tích, là dạng vật chất tồn tại quanh điện tích và truyền tương tác giữa các điện tích.
- Nêu được ý nghĩa của cường độ điện trường và định nghĩa được cường độ điện trường tại một điểm được đo bằng tỉ số giữa lực tác dụng lên một điện tích dương đặt tại điểm đó và độ lớn của điện tích đó.
- Dùng dụng cụ tạo ra (hoặc vẽ) được điện phổ trong một số trường hợp đơn giản.
- Sử dụng biểu thức  $E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ , tính và mô tả được cường độ điện trường do một điện tích điểm  $Q$  đặt trong chân không hoặc trong không khí gây ra tại một điểm cách nó một khoảng  $r$ .
- Vận dụng được biểu thức  $E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ .
- Sử dụng biểu thức  $E = \frac{U}{d}$ , tính được cường độ của điện trường đều giữa hai bản phẳng nhiễm điện đặt song song, xác định được lực tác dụng lên điện tích đặt trong điện trường đều.
- Thảo luận để mô tả được tác dụng của điện trường đều lên chuyển động của điện tích bay vào điện trường đều theo phương vuông góc với đường sức và nêu được ví dụ về ứng dụng của hiện tượng này.

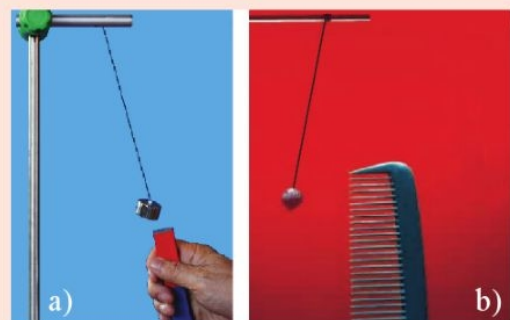


Trong Hình 2.1, thanh nam châm tác dụng lực lên vật bằng sắt mà không tiếp xúc với vật. Tương tự như vậy, chiếc lược tích điện tác dụng lực lên quả cầu tích điện cũng không tiếp xúc với quả cầu.

Ở trung học cơ sở, ta đã biết, giống như lực hấp dẫn giữa các vật có khối lượng được thực hiện thông qua trường hấp dẫn, lực tác dụng của nam châm lên vật có tính chất từ được thực hiện thông qua từ trường của nam châm.

Lực tác dụng giữa các vật tích điện có thông qua một trường nào không?

Trường đó được đặc trưng bởi đại lượng nào?

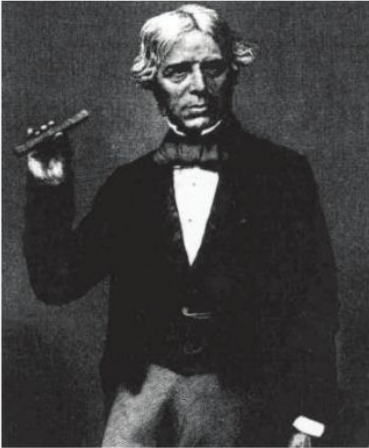


**Hình 2.1.** a) Thanh nam châm hút vật bằng sắt; b) Chiếc lược tích điện đẩy quả cầu mang điện.





1. Lấy một ví dụ lực hút của nam châm lên vật khác.



**Hình 2.2.** Michael Faraday (1791–1867), người phát hiện ra cảm ứng điện từ (1831) và xây dựng định luật Faraday (1834)

### Tìm hiểu thêm

Năm 1600, William Gilbert (Uy-li-am Ghin-bơ), (1540 – 1603) đưa ra giả thuyết rằng một số vật liệu, chẳng hạn như hổ phách, khi bị cọ xát sẽ tiết ra một loại “chất lỏng” vào môi trường xung quanh nó. Ông đề xuất rằng “chất lỏng” đó đã tiếp xúc với vật liệu khác và tạo ra lực điện giữa chúng. Bạn có ý kiến gì về đề xuất của Gilbert?

## I. KHÁI NIỆM ĐIỆN TRƯỜNG

Vấn đề một vật mang điện có thể tác dụng lực lên một vật mang điện khác mà không tiếp xúc với vật đó đã được giải quyết bởi Michael Faraday (Mai-con Fa-ra-đây, 1791–1867, Hình 2.2), người đề xuất khái niệm trường.

Chúng ta đã biết một vật tác dụng lực hấp dẫn lên các vật có khối lượng thông qua trường hấp dẫn của vật đó. Cũng như vậy, một nam châm tác dụng lực từ lên các vật có tính chất từ thông qua từ trường của nam châm.

Các nghiên cứu cũng đã chứng tỏ rằng, một điện tích tác dụng lực điện lên các điện tích thông qua trường, gọi là trường điện (điện trường) do nó gây ra.

Điện trường là trường được tạo ra bởi điện tích, là dạng vật chất tồn tại quanh điện tích và truyền tương tác giữa các điện tích.

Tính chất cơ bản của điện trường là tác dụng lực lên điện tích đặt trong nó.

## II. CƯỜNG ĐỘ ĐIỆN TRƯỜNG

Để nghiên cứu điện trường xung quanh một điện tích  $Q$ , có thể dùng điện tích thử. Đó là một vật có kích thước nhỏ, mang điện tích có độ lớn nhỏ hơn nhiều so với điện tích  $Q$  sao cho điện trường do nó tạo ra có giá trị không đáng kể so với điện trường do điện tích  $Q$  tạo ra.

### 1. Định nghĩa

Hình 2.3 minh họa điện trường tạo bởi một điện tích  $Q$ . Nếu đặt một điện tích thử  $q$  (dương) vào điện trường tại điểm  $P$  thì điện trường tác dụng lực lên  $q$ .

+ Lần lượt đặt tại  $P$  các điện tích thử dương  $q_1, q_2, q_3, \dots$  và xác định các lực do điện trường tác dụng lên chúng. Thí nghiệm cho biết các lực này có độ lớn khác nhau nhưng tỉ số  $\frac{\vec{F}}{q}$

thì bằng nhau. Tức là:

$$\frac{\vec{F}_1}{q_1} = \frac{\vec{F}_2}{q_2} = \frac{\vec{F}_3}{q_3} = \dots$$



Các tỉ số này đều có cùng độ lớn là  $\frac{F}{q} = k \frac{|Q|}{r^2}$

+ Làm thí nghiệm ở các điểm khác nhau  $P_1, P_2, P_3, \dots$  trong điện trường thì các tỉ số  $\frac{\vec{F}}{q}$  là khác nhau và độ lớn của chúng

không phụ thuộc vào độ lớn điện tích thử mà chỉ phụ thuộc vào vị trí của điểm đặt điện tích thử.

Đại lượng  $\frac{\vec{F}}{q}$  đặc trưng cho điện trường tại điểm đang xét về mặt tác dụng lực được gọi là cường độ điện trường và kí hiệu là  $\vec{E}$ .

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad (2.1)$$

Cường độ điện trường tại một điểm là đại lượng vector có phương và chiều là phương chiều của lực điện tác dụng lên điện tích thử  $q$  dương, có độ lớn bằng thương số giữa độ lớn của lực điện tác dụng lên một điện tích dương đặt tại điểm đang xét và độ lớn của điện tích đó.

Với điện tích điểm có giá trị  $Q$ , đặt trong chân không, độ lớn của cường độ điện trường là:

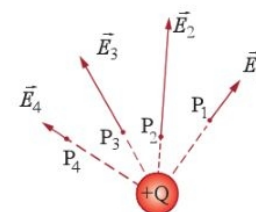
$$E = \frac{F}{q} = k \frac{|Q|}{r^2} \quad (2.2)$$

## 2. Đơn vị đo cường độ điện trường

Trong công thức (2.2), lực được đo bằng đơn vị niuton, điện tích được đo bằng đơn vị culông thì cường độ điện trường được đo bằng đơn vị là niuton/culông, kí hiệu là N/C. Thực tế thì người ta dùng đơn vị đo cường độ điện trường là vôn/mét, kí hiệu là V/m.

### Ví dụ

Đặt một điện tích điểm dương  $Q = 2,4 \cdot 10^{-9} \text{ C}$  trong chân không. Tính cường độ điện trường tại điểm ở cách nó 2 cm. Áp dụng biểu thức (2.2), ta có độ lớn của cường độ điện trường là:



**Hình 2.3.** Mô hình biểu diễn điện trường do điện tích  $Q$  tạo ra xung quanh nó.



2. Tính độ lớn và vẽ hướng của cường độ điện trường do một điện tích điểm  $4 \cdot 10^{-8} \text{ C}$  gây ra tại một điểm cách nó 5 cm trong môi trường có hằng số điện môi là 2.

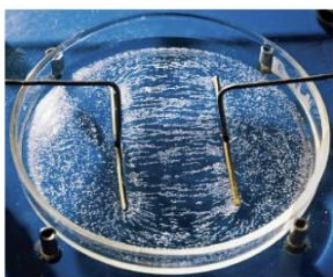
$$E = \frac{|Q|}{4\pi\epsilon_0 r^2} = k \frac{|Q|}{r^2} = \frac{9,0 \cdot 10^9 \cdot 2,4 \cdot 10^{-9}}{0,02^2} = 5,4 \cdot 10^4 \text{ V/m}$$

### III. ĐƯỜNG SỨC ĐIỆN TRƯỜNG

#### 1. Điện phổ

Đặt hai bản song song trong một chậu có thành bằng thủy tinh trong suốt, đựng dầu cách điện (Hình 2.4). Khuấy đều một ít hạt bột cách điện vào trong dầu. Tích điện trái dấu cho hai bản song song. Gõ nhẹ vào thành chậu thì các hạt bột sẽ sắp xếp thành các “đường hạt bột”. Ta gọi hệ các “đường hạt bột” đó là điện phổ của hai bản song song tích điện.

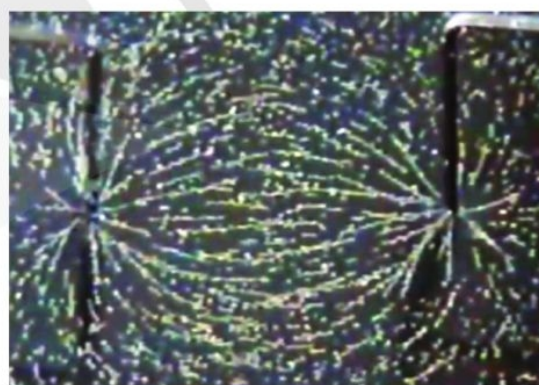
Ở Hình 2.5 và Hình 2.6 là ảnh một số điện phổ tạo bởi dụng cụ ở Hình 2.4.



Hình 2.4. Dụng cụ tạo điện phổ thể hiện dạng đường sức điện trường ở giữa hai tấm phẳng song song, tích điện trái dấu.



Hình 2.5. Điện phổ của một đầu thanh kim loại tích điện



Hình 2.6. Điện phổ của hai đầu thanh kim loại tích điện trái dấu

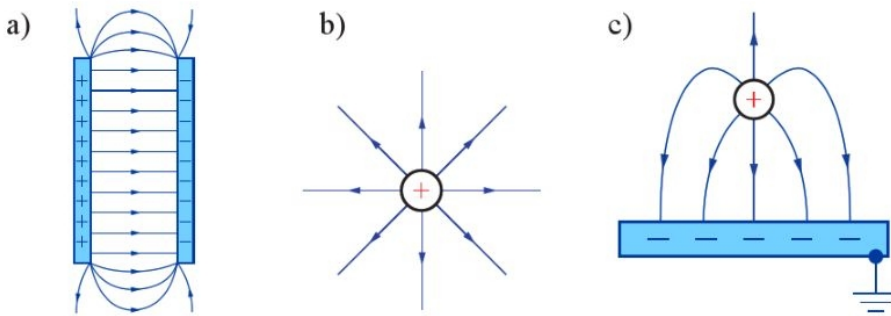
Sở dĩ có hiện tượng như vậy là do các hạt bột đã bị nhiễm điện và nằm dọc theo những đường mà tiếp tuyến tại mỗi điểm trùng với phương của cường độ điện trường tại đó.

#### 2. Đường sức điện

Đường sức điện là đường được vẽ trong điện trường sao cho tiếp tuyến tại một điểm bất kì trên đường trùng với phương của cường độ điện trường tại điểm đó. Hướng của đường sức điện tại một điểm là hướng của cường độ điện trường tại điểm đang xét.



Hình 2.7 trình bày các đường sức của một số điện trường.



**Hình 2.7.** Biểu diễn điện trường: a) điện trường đều được tạo ra ở khoảng không gian giữa hai bản tích điện trái dấu, b) điện trường bao quanh một quả cầu tích điện dương, c) điện trường giữa một quả cầu tích điện dương và một bản kim loại nối đất.

## IV. ĐIỆN TRƯỜNG ĐỀU

### 1. Định nghĩa

*Điện trường đều là điện trường có cường độ điện trường tại mọi điểm đều bằng nhau.*

Theo tính chất của đường sức, ta suy ra đường sức của điện trường đều là những đường thẳng song song cách đều nhau. Điện trường ở không gian bên trong hai bản song song tích điện trái dấu (Hình 2.7a) là một ví dụ.

### 2. Điện trường giữa hai bản phẳng song song

Ta có thể thiết lập một trường đều giữa hai bản kim loại phẳng song song bằng cách nối mỗi bản với một cực của nguồn điện có hiệu điện thế cao (Hình 2.9). Cường độ điện trường giữa hai bản phụ thuộc vào hai đại lượng:

- Hiệu điện thế  $U$  giữa hai bản. Hiệu điện thế càng cao thì điện trường càng mạnh,  $E$  tỉ lệ thuận với  $U$ .
- Khoảng cách  $d$  giữa hai bản. Khoảng cách giữa hai bản càng lớn thì điện trường càng yếu.  $E$  tỉ lệ nghịch với  $d$ .

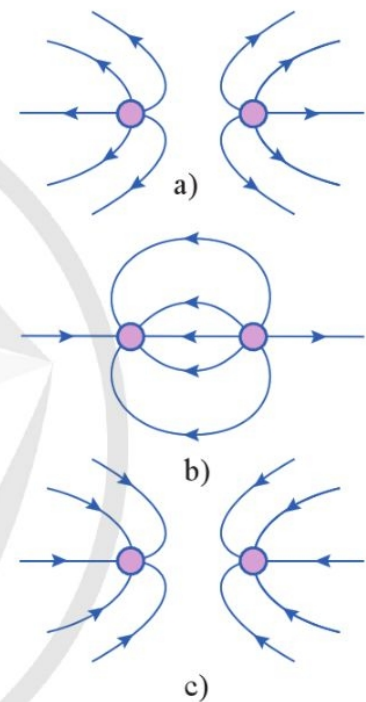
Nếu chỉ xét độ lớn của cường độ điện trường thì ta có biểu thức:

$$E = \frac{U}{d} \quad (2.3)$$

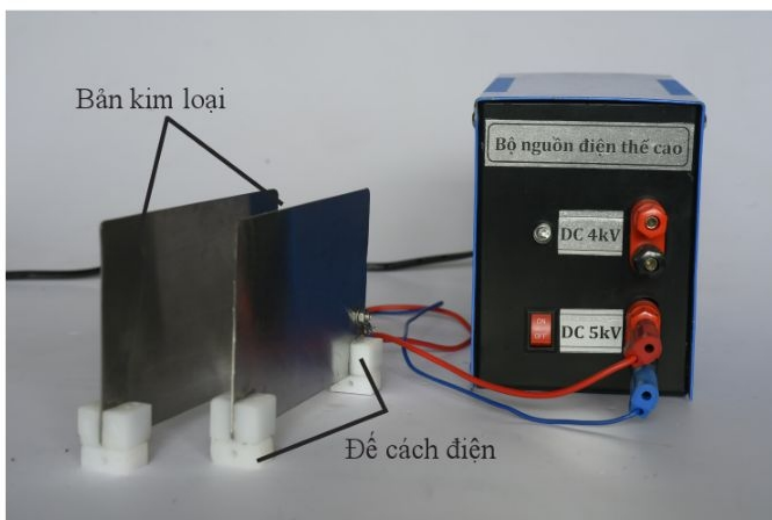


1. Hình 2.8 là hình dạng đường sức điện trường giữa hai điện tích.

Xác định dấu của các điện tích ở mỗi hình a), b), c).



**Hình 2.8.** Một số đường sức điện



**Hình 2.9.** Bộ dụng cụ tạo điện trường giữa hai bản kim loại phẳng song song

2. Khoảng cách giữa hai bản phẳng song song là 15 mm, hiệu điện thế giữa chúng là 750 V. Lực tác dụng lên một quả cầu nhỏ tích điện ở trong khoảng không gian giữa hai bản là  $1,2 \cdot 10^{-7}$  N. Tính:
- Độ lớn cường độ điện trường giữa hai bản.
  - Điện tích của quả cầu nhỏ.

### Ví dụ

Trên Hình 2.9, khoảng cách giữa hai bản kim loại song song là  $d = 2,0$  cm, hiệu điện thế giữa hai bản là  $U = 5,0$  kV. Tính độ lớn cường độ điện trường giữa hai bản kim loại và độ lớn lực điện tác dụng lên hạt bụi có điện tích  $8,0 \cdot 10^{-19}$  C ở trong vùng giữa hai bản.

Cường độ điện trường giữa hai bản có độ lớn là:

$$E = \frac{U}{d} = \frac{5,0 \cdot 10^3}{2,0 \cdot 10^{-2}} = 2,5 \cdot 10^5 \text{ V/m}$$

Lực tác dụng lên hạt bụi có độ lớn là:

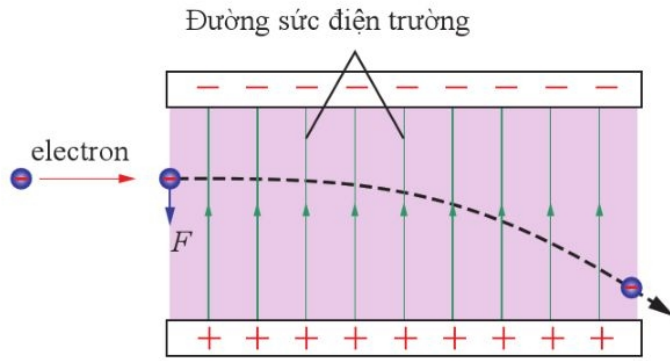
$$F = Eq = 2,5 \cdot 10^5 \cdot 8,0 \cdot 10^{-19} = 2,0 \cdot 10^{-13} \text{ N}$$

### 3. Điện tích chuyển động trong điện trường đều

Giả sử một electron bay theo phương nằm ngang vào khoảng không giữa hai bản song song tích điện trái dấu, Hình 2.10. Điện trường đều ở khoảng không gian giữa hai bản tác dụng lên electron một lực không đổi, hướng từ bản âm sang bản dương. Do khối lượng electron rất nhỏ nên có thể bỏ qua ảnh hưởng của trọng lực lên electron. Thành phần vận tốc theo phương ngang của nó sẽ không bị ảnh hưởng bởi lực của điện trường.

3. Trong Hình 2.10, nếu tốc độ ban đầu của electron trong điện trường bằng không thì nó sẽ chuyển động như thế nào?





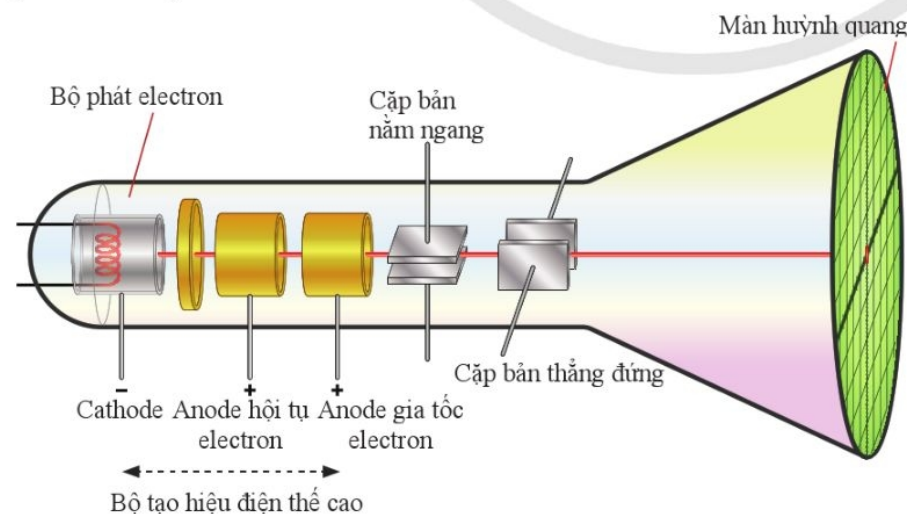
Hình 2.10. Quỹ đạo chuyển động của electron trong điện trường đều.

Cũng giống như một vật được ném theo phương ngang trong trường hấp dẫn của Trái Đất, electron chuyển động đều sang phải đồng thời với chuyển động nhanh dần xuống dưới. Nó sẽ đi theo một đường cong như biểu diễn trên Hình 2.10. Tương tự như quỹ đạo của một hạt được ném với vận tốc ban đầu theo phương nằm ngang, đường cong này có dạng parabol.

### Ống phóng điện tử

Chùm electron chuyển động trong khoảng không gian giữa hai bản cực song song tích điện có nhiều ứng dụng, ví dụ như trong ống phóng điện tử của các máy hiện sóng (dao động kí điện tử).

Ống phóng điện tử là một ống chân không mà mặt trước của nó là màn huỳnh quang, được phủ bằng chất huỳnh quang (như ZnS) phát ra ánh sáng khi bị electron đập vào (Hình 2.11).



Hình 2.11. Ống phóng điện tử

4. Trong ống phóng điện tử ở Hình 2.11, hiệu điện thế giữa hai cặp bản nằm ngang và giữa hai cặp bản thẳng đứng sẽ làm chùm electron bị lệch như thế nào?

5. Ống phóng điện tử có thể được sử dụng ở thiết bị nào?



Vẽ sơ đồ giải thích cách dùng lực điện để tách riêng các ion trong một chùm gồm các ion có khối lượng và điện tích khác nhau.

Từ bộ phát, electron được tăng tốc bằng một hiệu điện thế từ vài trăm cho đến vài nghìn vôn giữa cực âm và cực dương.

Trên đường đi đến màn huỳnh quang, chùm electron đi qua hai cặp bản song song: một cặp bản nằm ngang, một cặp bản thẳng đứng. Khi đặt các hiệu điện thế thích hợp vào hai cặp bản đó, ta có thể điều khiển chùm electron đập vào vị trí xác định trên màn huỳnh quang. Các cực dương trong bộ tạo hiệu điện thế cao được cấu tạo, xếp đặt và có các điện thế sao cho chùm electron một mặt được tăng tốc, mặt khác được hội tụ lại để chỉ gây ra một điểm sáng nhỏ trên màn huỳnh quang. Vì các electron có khối lượng rất bé, quán tính rất nhỏ, cho nên chúng hầu như phản ứng tức thời khi hiệu điện thế giữa các cặp bản thay đổi. Vì vậy, ống phóng điện tử trong các dao động kí điện tử dùng để nghiên cứu những quá trình biến thiên nhanh.



Điện trường là trường lực được tạo ra bởi điện tích, là dạng vật chất tồn tại quanh điện tích và truyền tương tác giữa các điện tích.

Cường độ điện trường tại một điểm đặc trưng cho điện trường tại điểm đang xét về mặt tác dụng lực

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Cường độ điện trường của một điện tích điểm trong chân không có độ lớn

$$E = k \frac{|Q|}{r^2}$$



# 3

## ĐIỆN THẾ, HIỆU ĐIỆN THẾ, TỤ ĐIỆN

### Học xong bài học này, bạn có thể

- Thảo luận qua quan sát hình ảnh (hoặc tài liệu đa phương tiện) nêu được điện thế tại một điểm trong điện trường đặc trưng cho điện trường tại điểm đó về thế năng, được xác định bằng công dịch chuyển một đơn vị điện tích dương từ vô cực về điểm đó; thế năng của một điện tích  $q$  trong điện trường đặc trưng cho khả năng sinh công của điện trường khi đặt điện tích  $q$  tại điểm đang xét.
- Vận dụng được mối liên hệ thế năng điện với điện thế,  $V = \frac{A}{q}$ ; mối liên hệ cường độ điện trường với điện thế.
- Định nghĩa được điện dung và đơn vị đo điện dung (fara).
- Vận dụng được (không yêu cầu thiết lập) công thức điện dung của bộ tụ điện ghép nối tiếp, ghép song song.
- Thảo luận để xây dựng được biểu thức tính năng lượng tụ điện.
- Lựa chọn và sử dụng thông tin để xây dựng được báo cáo tìm hiểu một số ứng dụng của tụ điện trong cuộc sống.

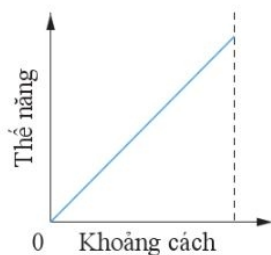


Để dịch chuyển một điện tích dương đến gần điện tích dương khác, cần phải đẩy nó để thắng lực đẩy giữa chúng, Hình 3.1. Trong trường hợp này, ta nói rằng cần phải thực hiện một công để di chuyển một điện tích lại gần một điện tích khác.

Năng lượng của một điện tích di chuyển trong điện trường được xác định như thế nào?



**Hình 3.1.** Để đẩy một điện tích dương này về phía một điện tích dương khác, phải thực hiện công.



Hình 3.2. Sự thay đổi thế năng điện trong điện trường đều.

## I. THẾ NĂNG CỦA ĐIỆN TÍCH TRONG ĐIỆN TRƯỜNG

### 1. Công của lực điện trường

Giả sử ta di chuyển một điện tích dương  $q$  một đoạn  $d$  từ phía bản tích điện âm về phía bản tích điện dương trong điện trường đều có cường độ  $E$  giữa hai bản tích điện song song. Vì lực cùng phương với độ dịch chuyển nên công mà ta thực hiện bằng và ngược dấu với công mà lực điện tác dụng lên điện tích dương  $q$  và có độ lớn là

$$A = Fd = qEd \quad (3.1)$$

### 2. Thế năng

Khi ta nâng một vật có khối lượng lên, ta đã thực hiện công để thắng lực hút của Trái Đất. Công này được chuyển thành thế năng hấp dẫn của vật đang xét.

Tương tự như vậy, khi đưa một điện tích dương đến gần điện tích dương khác, công mà ta thực hiện đã chuyển thành thế năng điện của điện tích và làm tăng thế năng của nó trong điện trường. Đường biểu diễn thế năng theo khoảng cách trong trường hợp ở biểu thức (3.1) được cho trên Hình 3.2. Chú ý rằng thế năng tăng theo chiều ngược với chiều của cường độ điện trường

Khi đặt một điện tích trong điện trường, lực của điện trường sẽ làm điện tích đang xét dịch chuyển theo chiều giảm thế năng.

Cũng như thế năng hấp dẫn, thế năng của một điện tích  $q$  trong điện trường đặc trưng cho khả năng sinh công của điện trường khi đặt điện tích  $q$  tại điểm đang xét.

Người ta lấy thế năng của một điện tích trong điện trường là công mà điện trường sinh ra khi làm dịch chuyển điện tích từ điểm đang xét đến điểm mốc tính thế năng.

Đối với một điện tích  $q$  dương ở điểm  $M$  trong điện trường đều thì từ (3.1) ta có:

$$W_M = A = qEd \quad (3.2)$$

Với  $W_M$  là thế năng của điện tích tại điểm  $M$  và  $d$  là khoảng cách giữa điểm  $M$  và bản âm.



1. Vì sao đường biểu diễn sự thay đổi thế năng điện trong điện trường đều ở Hình 3.2 là một đường thẳng?



2. Vì sao thế năng của điện tích tăng theo chiều ngược với chiều của cường độ điện trường?



Nếu điện tích  $q$  ở trong điện trường bất kì thì ta lấy thế năng bằng công của lực điện khi di chuyển điện tích  $q$  từ  $M$  ra xa vô cùng.

$$W_M = A_{M\infty} \quad (3.3)$$

## II. ĐIỆN THẾ VÀ HIỆU ĐIỆN THẾ

### 1. Điện thế

Từ biểu thức 2.1, ta thấy độ lớn của lực điện tỉ lệ thuận với điện tích thử  $q$ . Vì vậy, thế năng của điện tích tại một điểm trong điện trường cũng tỉ lệ thuận với  $q$ . Tức là:

$$W_M = V_M q \quad (3.4)$$

Trong biểu thức 3.4, đại lượng  $V_M$  không phụ thuộc điện tích  $q$  mà chỉ phụ thuộc điện trường tại vị trí đang xét. Đại lượng này đặc trưng cho điện trường về mặt thế năng của điện tích  $q$  trong điện trường và được gọi là điện thế tại điểm  $M$ .

Điện thế tại một điểm trong điện trường đặc trưng cho điện trường tại điểm đó về thế năng, được xác định bằng công của lực điện dịch chuyển một đơn vị điện tích dương từ điểm đang xét ra vô cực.

$$V_M = \frac{A_{M\infty}}{q} \quad (3.5)$$

Đơn vị đo điện thế là vôn, kí hiệu là V.

### 2. Hiệu điện thế

Lấy hiệu giữa điện thế  $V_M$  và điện thế  $V_N$  ta được hiệu điện thế giữa hai điểm  $M$  và  $N$  là:

$$U_{MN} = V_M - V_N \quad (3.6)$$

Từ đây ta có:

$$U_{MN} = V_M - V_N = \frac{A_{M\infty}}{q} - \frac{A_{N\infty}}{q}$$

Mà

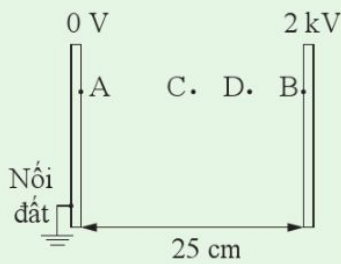
$$A_{M\infty} = A_{MN} + A_{N\infty}$$



3. So sánh công của lực điện dịch chuyển một đơn vị điện tích dương từ điểm đang xét ra vô cực và công thực hiện để dịch chuyển một đơn vị điện tích dương từ vô cực về điểm đang xét.



4. Điện thế tại một điểm trong điện trường là gì?



**Hình 3.3**

1. Cho hai bản cực song song, cách nhau 25 cm như hình 3.3. Hiệu điện thế giữa hai bản là 2 kV.

a) Hiệu điện thế giữa hai điểm A và B là bao nhiêu?

b) Cường độ điện trường tại C và tại D là bao nhiêu?

c) Tìm lực điện tác dụng lên một điện tích  $+5 \mu\text{C}$  đặt tại C.

Vậy

$$U_{MN} = \frac{A_{MN}}{q} \quad (3.7)$$

Hiệu điện thế giữa hai điểm  $M, N$  trong điện trường đặc trưng cho khả năng sinh công của điện trường khi di chuyển điện tích từ  $M$  đến  $N$ , được xác định bằng công của lực điện làm dịch chuyển một đơn vị điện tích từ điểm  $M$  đến điểm  $N$ .

Đơn vị hiệu điện thế cũng là vôn. Vôn là hiệu điện thế giữa hai điểm mà khi di chuyển điện tích  $q = 1 \text{ C}$  từ điểm này đến điểm kia thì lực điện sinh công là 1 J.

### 3. Liên hệ giữa cường độ điện trường và hiệu điện thế

Xét hai điểm  $M$  và  $N$  trên đường sức của một điện trường đều. Từ các biểu thức (3.1) và (3.7), ta có:

$$E = \frac{U_{MN}}{d} = \frac{U}{d} \quad (3.8)$$

với  $d = MN$ .

Đây là biểu thức biểu diễn mối liên hệ giữa cường độ điện trường và hiệu điện thế giữa hai điểm trong điện trường đều.

Biểu thức này cũng dùng được cho trường hợp điện trường không đều, nếu trong khoảng  $d$  rất nhỏ dọc theo đường sức điện, cường độ điện trường thay đổi không đáng kể.

## III. TỤ ĐIỆN

### 1. Khái niệm về tụ điện

Tụ điện là một dụng cụ chứa điện tích và có nhiều tác dụng. Hình 3.4 là hình ảnh một số loại tụ điện.

Một hệ hai vật dẫn ở gần nhau, ngăn cách với nhau bằng một lớp chất cách điện, được gọi là chất điện môi, tạo nên một tụ điện. Mỗi vật dẫn đó được gọi là một bản của tụ điện.

Hình 3.5 biểu diễn đơn giản cấu tạo của một loại tụ điện.



**Hình 3.4.** Một số loại tụ điện



Để tích điện cho tụ điện, nối hai bản tụ với hai cực của một nguồn điện. Khi tụ điện đã được tích điện, độ lớn của điện tích trên mỗi bản được gọi là điện tích của tụ điện.

Trong sơ đồ mạch điện, tụ điện được kí hiệu như Hình 3.6.

## 2. Điện dung của tụ điện

Ở một số tụ điện, giá trị điện dung của nó được ghi ở vỏ. Với một hiệu điện thế nhất định giữa hai bản, tụ điện nào có điện dung lớn thì có điện tích lớn.

*Điện dung của tụ điện* là đại lượng đặc trưng cho khả năng tích điện của tụ điện ở một hiệu điện thế nhất định và được xác định bằng thương số giữa điện tích của tụ điện và hiệu điện thế giữa hai bản:

$$C = \frac{Q}{U} \quad (3.9)$$

trong đó  $Q$  là độ lớn điện tích trên mỗi bản của tụ điện và  $U$  là hiệu điện thế giữa hai bản tụ điện.

Đơn vị điện dung là fara, kí hiệu là F.

Từ biểu thức (3.9), nếu cho  $Q = 1 \text{ C}$ ,  $U = 1 \text{ V}$  thì điện dung  $C = 1 \text{ F}$ .

Fara là điện dung của một tụ điện mà nếu đặt giữa hai bản của nó hiệu điện thế 1 V thì nó tích được điện tích 1 C.

Trong thực tế, fara là một đơn vị lớn. Rất ít tụ điện có điện dung 1 F. Thường dùng các ước của fara: micrôfara ( $\mu\text{F}$ ), nanôfara (nF) hoặc picôfara (pF). Với:

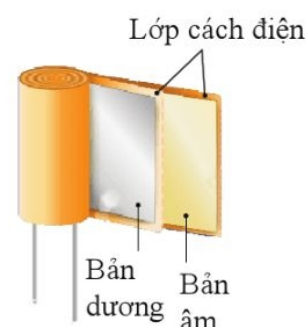
$$1 \mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}, 1 \text{ nF} = 10^{-9} \text{ F}, 1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F}.$$

## 3. Điện dung của bộ tụ điện ghép song song

Hai tụ điện được ghép với nhau như Hình 3.7 được gọi là hai tụ điện *ghép song song*. Trong cách ghép này, các tụ điện trong bộ đều có cùng hiệu điện thế giữa hai cực.

$$U = U_1 = U_2$$

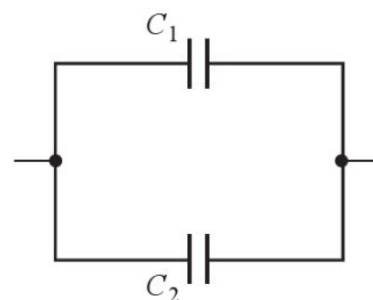
*Lưu ý:* Không được đặt vào giữa hai cực của tụ điện hiệu điện thế vượt giới hạn hiệu điện thế của mỗi tụ.



Hình 3.5. Mô tả cấu tạo đơn giản của tụ điện.



Hình 3.6. Kí hiệu tụ điện trong sơ đồ mạch điện.



Hình 3.7. Hai tụ điện ghép song song.

Gọi điện tích của các tụ điện lần lượt là  $Q_1, Q_2$  và điện dung của bộ tụ là  $Q$  thì

$$Q = Q_1 + Q_2$$

Điện dung tương đương  $C$  của bộ tụ là tổng các điện dung  $C_1$  và  $C_2$

$$C = C_1 + C_2$$

Sở dĩ như vậy là do khi hai tụ điện được ghép song song với nhau, chúng tương đương với một tụ điện có bản cực lớn hơn. Các bản cực càng lớn, càng nhiều điện tích có thể được lưu trữ (với một điện áp nhất định), do đó, điện dung của tụ điện càng lớn.

Đối với bộ gồm  $n$  tụ điện ghép song song, điện dung tương đương của bộ tụ là:

$$C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

### Ví dụ

Hai tụ điện, mỗi tụ có điện dung  $100 \mu\text{F}$ , được ghép song song với nhau thành bộ. Đặt vào hai đầu bộ tụ điện này một hiệu điện thế  $20 \text{ V}$ . Tính điện dung tương đương và điện tích của bộ tụ.

Điện dung tương đương của bộ tụ điện là:

$$C = C_1 + C_2 = 100 + 100 = 200 (\mu\text{F})$$

Điện tích của bộ tụ điện là:

$$Q = CU = 200 \cdot 10^{-6} \cdot 20 = 4,0 \cdot 10^{-3} (\text{C})$$

### 4. Điện dung của bộ tụ điện ghép nối tiếp

Hai tụ điện được ghép với nhau như Hình 3.8 được gọi là hai tụ điện ghép nối tiếp.



Hình 3.8. Hai tụ điện ghép nối tiếp.

Trong cách ghép này, bản thứ hai của tụ điện  $C_1$  được nối với bản thứ nhất của tụ điện  $C_2$ . Nếu số tụ điện được ghép nhiều hơn hai thì bản thứ hai của tụ điện  $C_2$  được nối với bản thứ nhất của tụ điện  $C_3, \dots$ . Bản thứ nhất của tụ điện  $C_1$  được nối với một cực và bản thứ hai của tụ điện cuối cùng được nối với cực kia của nguồn điện.

Gọi  $U$  là hiệu điện thế của bộ tụ điện ghép nối tiếp thì

$$U = U_1 + U_2.$$

Nếu trước khi ghép, các tụ điện chưa tích điện thì điện tích của bộ tụ điện là

$$Q = Q_1 = Q_2.$$

Điện dung tương đương  $C$  của bộ gồm hai tụ có điện dung lần lượt là  $C_1$  và  $C_2$  được xác định bằng:

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



Điện dung tương của bộ gồm  $n$  tụ điện ghép nối tiếp được xác định bằng:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

### Ví dụ

Ba tụ điện có điện dung lần lượt là  $200 \mu\text{F}$ ,  $300 \mu\text{F}$  và  $600 \mu\text{F}$  được ghép nối tiếp với nhau thành bộ. Tính điện dung tương đương của bộ tụ.

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{200} + \frac{1}{300} + \frac{1}{600} = \frac{1}{100}$$

$$C = 100 \mu\text{F}$$

### 3. Năng lượng của tụ điện

Để tích điện cho một tụ điện, nguồn điện thực hiện công đưa dần các điện tích đến các bản tụ điện. Tức là phải thực hiện công để đẩy các electron lên bản này và kéo chúng ra khỏi bản kia (Hình 3.9). Theo định luật bảo toàn năng lượng, công này bằng năng lượng của tụ điện. Vì vậy, để tính năng lượng của tụ điện, ta tính công cần thực hiện để đưa điện tích đến các bản.

Đầu tiên điện tích của tụ điện bằng không, hiệu điện thế của tụ điện cũng bằng không. Năng lượng của tụ điện lúc đó bằng không. Sau đó, điện tích của tụ điện tăng dần, hiệu điện thế cũng tăng và luôn luôn tỉ lệ với điện tích. Cuối cùng, điện tích của tụ điện bằng  $Q$ , hiệu điện thế của tụ điện bằng  $U$ .

Đường biểu diễn liên hệ giữa  $U$  và  $Q$  là một đường thẳng (Hình 3.10).

Chúng ta có thể sử dụng Hình 3.10 để tính công được thực hiện trong quá trình tích điện cho tụ điện.

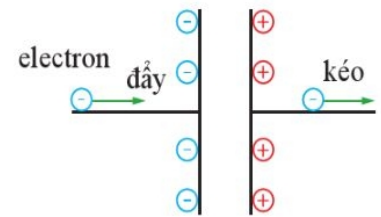
Diện tích tam giác tô màu trên hình có giá trị bằng công được thực hiện để tích điện cho tụ điện đến một hiệu điện thế  $U$ .

$$A = \frac{1}{2}QU$$

Từ đây, ta có năng lượng tụ điện là:

$$W = \frac{1}{2}QU \quad (3.10)$$

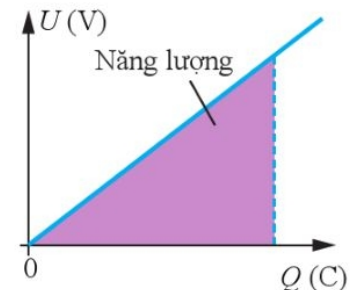
$$\text{Kết hợp với (3.9), ta được: } W = \frac{CU^2}{2} = \frac{Q^2}{2C} \quad (3.11)$$



**Hình 3.9.** Để tích điện cho tụ điện, phải thực hiện công để đẩy các electron lên bản này và kéo chúng ra khỏi bản kia.



5. Vì sao tụ điện có năng lượng?



**Hình 3.10.** Diện tích tam giác tô màu thể hiện độ lớn năng lượng được lưu trữ trong tụ điện.



2. Một tụ điện có điện dung  $2\,000\,\mu\text{F}$  được tích điện đến hiệu điện thế  $10\,\text{V}$ . Tính năng lượng của tụ điện.

### Bạn có biết

Tụ điện xoay là loại tụ điện có thể thay đổi được điện dung của nó (Hình 3.11).



**Hình 3.11.** Một loại tụ điện xoay.



Cho các dụng cụ sau:

Một tụ điện có điện dung  $100\,\mu\text{F}$  và hiệu điện thế định mức khoảng  $12\,\text{V}$ ; 4 pin  $1,5\,\text{V}$ ; Một LED; Một điện trở  $5\,\Omega$ ; công tắc, dây dẫn điện. Nêu phương án dùng các dụng cụ này chứng minh tụ điện có lưu trữ năng lượng.

Trong biểu thức (3.10) và (3.11),  $Q$  được đo bằng cu lông (C),  $U$  được đo bằng vôn (V),  $C$  được đo bằng fara (F) và  $W$  được đo bằng Jun (J).

Khi tụ điện tích điện, trong tụ điện có điện trường. Năng lượng của tụ điện chính là năng lượng của điện trường trong tụ điện. Với một hiệu điện thế xác định, tụ điện nào có điện dung lớn thì tích trữ nhiều năng lượng hơn.

### 4. Tìm hiểu một số ứng dụng của tụ điện trong cuộc sống

Ở môn Khoa học tự nhiên, bạn đã làm các báo cáo kết quả tìm hiểu tự nhiên. Các nội dung chính của một báo cáo bao gồm: tên báo cáo; tên người thực hiện; mục đích; dụng cụ và phương pháp; kết quả và thảo luận; kết luận.

Hãy lựa chọn và sử dụng thông tin để xây dựng báo cáo tìm hiểu ứng dụng của tụ điện trong cuộc sống như gợi ý dưới đây.

#### TÌM HIỂU ỨNG DỤNG CỦA TỤ ĐIỆN

Họ và tên: .....

Lớp, trường: .....

#### Mục đích

Tìm hiểu ứng dụng của tụ điện để lưu trữ năng lượng từ nguồn điện.

#### Dụng cụ và phương pháp

- Tụ điện; LED; pin  $1,5\,\text{V}$ ; điện trở; dây dẫn điện.
- Làm thí nghiệm.

#### Kết quả và thảo luận

- Tụ điện đã được tích điện thì làm LED phát sáng mà không cần pin.

#### Kết luận

Tụ điện đã lưu trữ năng lượng từ nguồn.

Năng lượng của tụ điện có thể được sử dụng thay thế nguồn điện trong một số trường hợp như ở đèn của máy chụp ảnh.





- Thế năng của một điện tích  $q$  trong điện trường đặc trưng cho khả năng sinh công của điện trường khi đặt điện tích  $q$  tại điểm đang xét

$$W_M = V_M q$$

- Điện thế tại một điểm trong điện trường đặc trưng cho điện trường tại điểm đó về thế năng

$$V_M = \frac{A_{M\infty}}{q} = \frac{W_M}{q}$$

- Hiệu điện thế giữa hai điểm  $M, N$  trong điện trường đặc trưng cho khả năng sinh công của điện trường khi di chuyển điện tích từ  $M$  đến  $N$

$$U_{MN} = V_M - V_N = \frac{A_{MN}}{q}$$

Đơn vị của điện thế và hiệu điện thế là vôn, kí hiệu là V.

- Điện dung của tụ điện là đại lượng đặc trưng cho khả năng tích điện của tụ điện ở một hiệu điện thế nhất định

$$C = \frac{Q}{U}$$

Đơn vị của điện dung là fara, kí hiệu F.

- Điện dung của  $n$  tụ điện ghép song song

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

- Điện dung  $n$  tụ điện ghép nối tiếp

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

- Năng lượng của tụ điện

$$W = \frac{QU}{2} = \frac{CU^2}{2} = \frac{Q^2}{2C}$$

## BÀI TẬP CHỦ ĐỀ 3

1. Quả cầu nhỏ thứ nhất mang điện tích  $-0,1 \mu\text{C}$ , quả cầu nhỏ thứ hai mang điện tích có độ lớn  $0,05 \mu\text{C}$ . Hai quả cầu hút nhau với lực điện có độ lớn  $0,05 \text{ N}$ .

a) Điện tích của quả cầu thứ hai mang dấu gì?

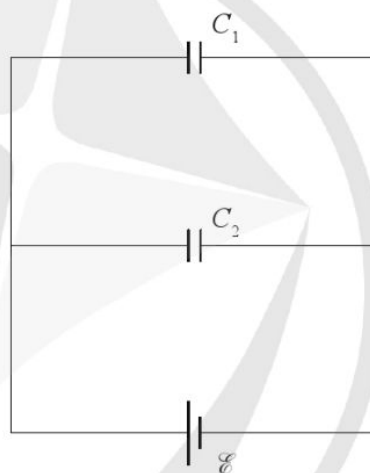
b) Tính khoảng cách giữa hai tâm của hai quả cầu.

2. Đặt một điện tích thử dương  $q_1 = 2,0 \cdot 10^{-9} \text{ C}$  trong một điện trường thì điện trường tác dụng lên nó lực có độ lớn là  $F = 4,0 \cdot 10^{-9} \text{ N}$ .

Tìm độ lớn của cường độ điện trường tại vị trí đặt điện tích thử.

3. Hai tụ điện có điện dung lần lượt là  $C_1 = 100 \mu\text{F}$ ;  $C_2 = 50 \mu\text{F}$  và được mắc vào nguồn điện như hình vẽ. Biết hiệu điện thế giữa hai cực của nguồn điện là  $U = 12 \text{ V}$ . Tính:

- Điện dung của bộ tụ điện,
- Hiệu điện thế giữa hai bản của mỗi tụ điện,
- Điện tích của mỗi tụ điện.

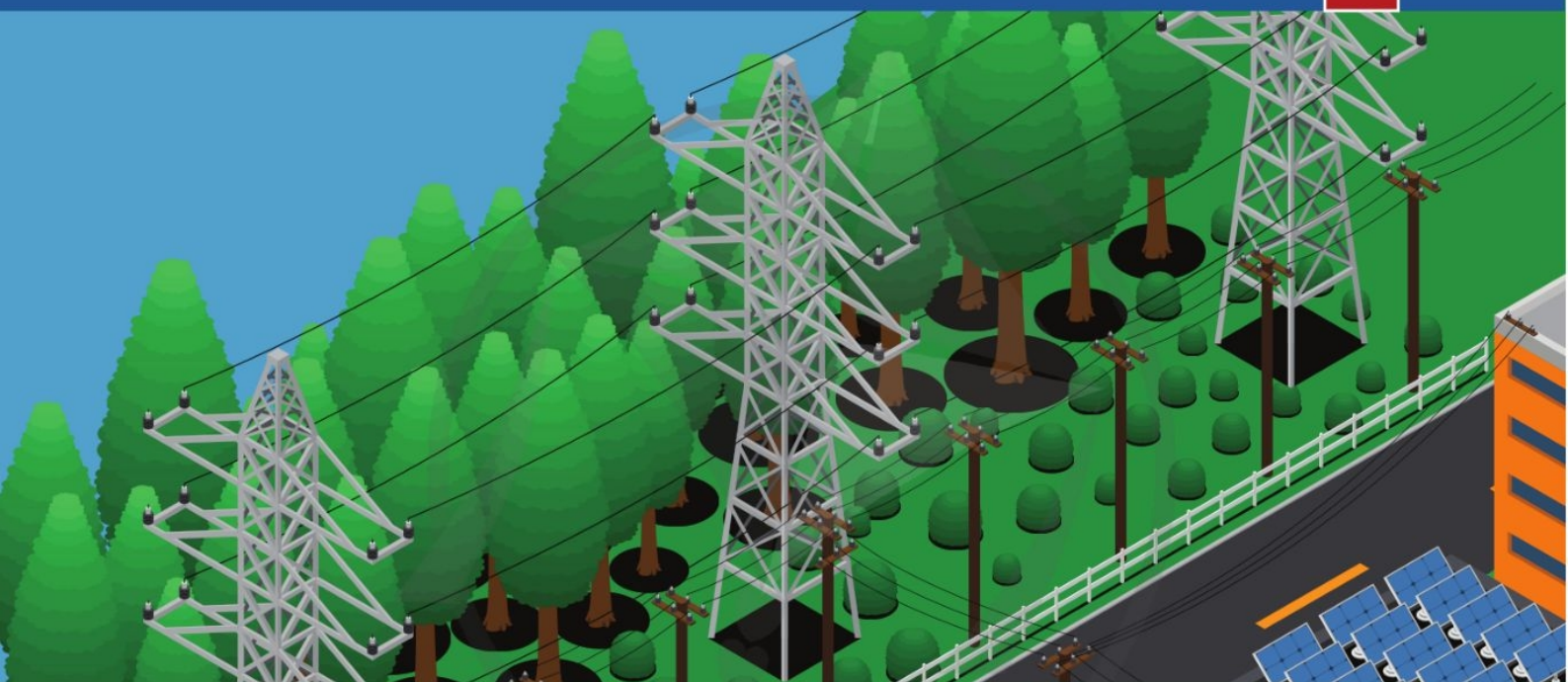


4. Một đèn flash máy ảnh sử dụng tụ điện có điện dung  $C_1 = 4\,700 \mu\text{F}$  và được sạc bằng pin 12 V. Sau đó, tụ điện được ngắt khỏi pin và phóng điện qua đèn để hiệu điện thế giữa hai bản tụ là 9,0 V. Tính năng lượng tụ điện đã chuyển qua đèn.



# CHỦ ĐỀ DÒNG ĐIỆN, MẠCH ĐIỆN

# 4



- Cường độ dòng điện
- Điện trở
- Nguồn điện, năng lượng điện và công suất điện

Năng lượng điện có vai trò quan trọng trong cuộc sống. Thông qua dòng điện trong các dây dẫn, năng lượng điện được truyền dẫn từ nguồn điện đến nơi tiêu thụ để thắp sáng, làm mát, sưởi ấm, làm chín thức ăn và vận hành máy móc. Khi được truyền đến các vùng sâu, vùng xa, biên giới, hải đảo, năng lượng điện góp phần phát triển kinh tế; nâng cao chất lượng cuộc sống của người dân và giữ vững an ninh, quốc phòng.

# 1

## CƯỜNG ĐỘ DÒNG ĐIỆN

Học xong bài học này, bạn có thể

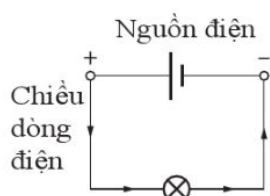
- Thực hiện thí nghiệm (hoặc dựa vào tài liệu đa phương tiện), nêu được cường độ dòng điện đặc trưng cho tác dụng mạnh yếu của dòng điện và được xác định bằng điện lượng chuyển qua tiết diện thẳng của vật dẫn trong một đơn vị thời gian.
- Định nghĩa được đơn vị đo điện lượng coulomb là lượng điện tích chuyển qua tiết diện thẳng của dây dẫn trong 1 s khi có cường độ dòng điện 1 A chạy qua dây dẫn.
- Vận dụng được biểu thức  $I = nSve$  cho dây dẫn có dòng điện, với  $n$  là mật độ hạt mang điện,  $S$  là tiết diện thẳng của dây,  $v$  là tốc độ dịch chuyển của hạt mang điện tích  $e$ .



Muốn truyền năng lượng điện từ nơi này đến nơi khác người ta dùng dây dẫn để truyền dòng điện. Với một đường dây dẫn điện, năng lượng điện truyền trên dây càng lớn, dòng điện chạy trong dây càng mạnh. Tác dụng mạnh yếu của dòng điện được đặc trưng bằng đại lượng nào?



1. Các hạt mang điện trong kim loại có đặc điểm gì?



**Hình 1.1.** Dây dẫn kim loại khi nối với nguồn điện sẽ có dòng điện chạy qua

### I. CHUYỂN ĐỘNG CÓ HƯỚNG CỦA HẠT MANG ĐIỆN

Ở trung học cơ sở ta đã biết, dòng điện là dòng chuyển dời có hướng của các hạt mang điện (các điện tích). Dòng điện trong các chất khác nhau có thể được tạo nên bởi các hạt mang điện khác nhau.

#### 1. Hạt mang điện chuyển động trong kim loại

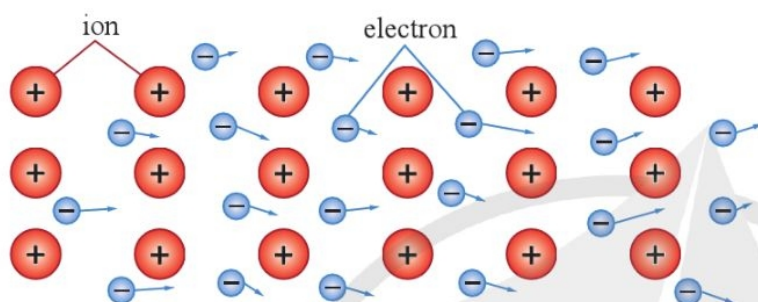
Khi nối dây dẫn kim loại với nguồn điện thì sẽ có dòng điện chạy qua dây dẫn (Hình 1.1). Chiều dòng điện được quy ước là chiều từ cực dương của nguồn điện đang tạo ra dòng điện, qua dây dẫn đến cực âm.

Bên trong kim loại có các electron tự do chuyển động (Hình 1.2). Chúng được gọi là các electron dẫn, bởi vì chúng là các hạt cho phép kim loại dẫn điện. Ngoài ra, bên trong kim loại



có ion dương liên kết chặt chẽ với nhau. Khi không có tác dụng của điện trường ngoài, các electron tự do chuyển động nhiệt hỗn loạn, không tạo ra dòng điện trong kim loại.

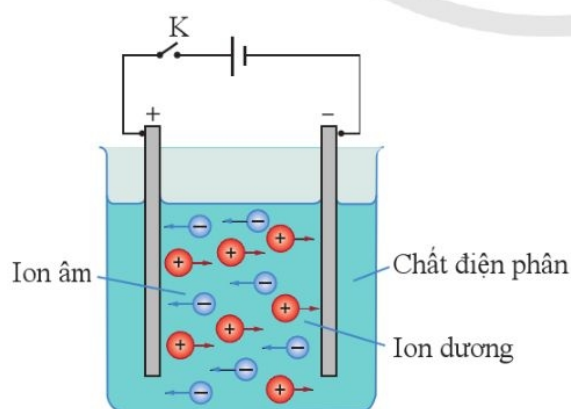
Khi nguồn điện được nối với dây dẫn kim loại, nguồn điện tác dụng lực lên các electron dẫn làm cho chúng vừa chuyển động hỗn loạn vừa di chuyển theo chiều từ cực âm hướng về cực dương.



**Hình 1.2.** Các electron dẫn trong kim loại chuyển động có hướng giữa các ion dương dao động quanh vị trí cân bằng cố định

## 2. Hạt mang điện chuyển động trong dung dịch chất điện phân

Dòng điện có thể chạy qua dung dịch muối, acid hoặc base; chúng được gọi chung là chất điện phân. Trong dung dịch, chất điện phân tách ra thành các ion trái dấu: ion dương và ion âm chuyển động tự do. Ví dụ, trong dung dịch muối ăn, phân tử NaCl phân li thành ion dương  $\text{Na}^+$  và ion âm  $\text{Cl}^-$ . Khi dung dịch chất điện phân được nối với nguồn điện, các ion mang điện tích trái dấu sẽ chuyển động ngược chiều nhau.



**Hình 1.3.** Ion dương và ion âm chuyển động thành dòng ngược chiều nhau và đều góp phần tạo thành dòng điện trong dung dịch



2. Tại sao các electron chuyển động có hướng khi nối dây dẫn với nguồn điện?

So sánh chiều chuyển động thành dòng của các electron trong kim loại với chiều dòng điện quy ước chạy qua dây dẫn.

### Bạn có biết

Các electron chuyển động hỗn loạn với tốc độ trung bình cỡ  $10^{-1} \text{ m/s} - 10^2 \text{ m/s}$ . Trong khi đó, tốc độ dịch chuyển có hướng của chúng dưới tác dụng của điện trường thì nhỏ hơn rất nhiều, chỉ vào cỡ  $10^{-4} \text{ m/s}$ .



3. Tại sao các ion mang điện tích trái dấu chuyển động ngược chiều nhau?

### Bạn có biết

Trong khi chuyển động tự do, một số ion dương có thể kết hợp lại với ion âm do va chạm để trở thành phân tử trung hoà.



4. Dòng điện có thể chạy qua nước sông, nước máy không? Tại sao?



1. Kể tên một số thiết bị điện. Thiết bị này hoạt động dựa trên tác dụng nào của dòng điện?

Thiết bị này hoạt động mạnh khi nào?



2. Nối hai đầu một đèn sợi đốt vào hai cực của một viên pin.

– Chiều và cường độ dòng điện qua đèn có thay đổi theo thời gian không?

– Cho biết trong 4 s có điện lượng 2 C chạy qua đèn. Xác định cường độ dòng điện chạy qua đèn.



Cho các dụng cụ: 01 đồng hồ đo điện đa năng, 01 pin 1,5 V, 01 biến trở 100 Ω, 01 bóng đèn sợi đốt loại 1,5V, dây điện, công tắc, bảng để lắp mạch điện.

Thực hiện thí nghiệm minh họa cường độ dòng điện đặc trưng cho tác dụng mạnh yếu của dòng điện

## II. CƯỜNG ĐỘ DÒNG ĐIỆN

### 1. Tác dụng mạnh yếu của dòng điện

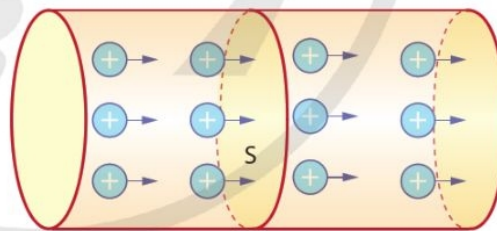
Dòng điện có thể gây ra tác dụng nhiệt, tác dụng phát sáng, tác dụng hoá học, tác dụng từ và tác dụng sinh lí. Cường độ dòng điện đặc trưng cho tác dụng mạnh yếu của dòng điện và được đo bằng đơn vị ampe, kí hiệu là A.

Để biểu diễn dòng điện có cường độ nhỏ, ta sử dụng các đơn vị miliampe (mA) hoặc microampe (μA):

$$1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}; 1 \text{ μA} = 10^{-6} \text{ A}$$

### 2. Định nghĩa cường độ dòng điện

Chiều quy ước của dòng điện là chiều dịch chuyển của các hạt mang điện tích dương. Hình 1.4 mô tả các hạt mang điện chuyển dời qua một tiết diện thẳng  $S$  của vật dẫn. Nếu số lượng hạt tải điện chuyển qua tiết diện  $S$  trong một đơn vị thời gian càng lớn thì cường độ dòng điện càng lớn. Số lượng hạt mang điện càng lớn thì lượng điện tích (điện lượng) càng lớn. Vì thế, ta cũng có thể nói điện lượng chuyển qua tiết diện  $S$  trong một đơn vị thời gian càng lớn thì cường độ dòng điện càng lớn.



Hình 1.4. Các điện tích dịch chuyển qua tiết diện thẳng  $S$  của vật dẫn theo phương vuông góc với tiết diện này

Cường độ dòng điện được xác định bằng điện lượng (lượng điện tích) chuyển qua tiết diện thẳng của vật dẫn trong một đơn vị thời gian:

$$\text{cường độ dòng điện} = \frac{\text{điện lượng}}{\text{thời gian}} \quad (1.1)$$

Nếu kí hiệu cường độ dòng điện là  $I$ , điện lượng là  $\Delta q$  và thời gian là  $\Delta t$  thì biểu thức (1.1) dưới dạng kí hiệu là:



$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

Như vậy, tốc độ chuyển dời điện tích qua tiết diện thẳng của vật dẫn càng lớn thì cường độ dòng điện tại đó càng lớn.

Cường độ dòng điện có thể thay đổi theo thời gian. Do vậy, biểu thức (1.1) xác định giá trị trung bình của cường độ dòng điện.

Dòng điện có chiều và cường độ không thay đổi theo thời gian được gọi là dòng điện không đổi.

Từ (1.1), suy ra biểu thức xác định điện lượng:

$$\Delta q = I \cdot \Delta t \quad (1.2)$$

Điện lượng là lượng điện tích nên cùng đơn vị với điện tích: coulomb (culông), kí hiệu là C.

Từ (1.2), có thể định nghĩa đơn vị đo điện lượng:

*1 coulomb là lượng điện tích chuyển qua tiết diện thẳng của dây dẫn trong 1 s khi có cường độ dòng điện 1 A chạy qua dây dẫn.*

Lưu ý rằng, ampe và coulomb đều là đơn vị SI, trong đó ampe là đơn vị cơ bản, còn coulomb là đơn vị dẫn xuất.

### 3. Tốc độ dịch chuyển có hướng của hạt mang điện

Đồng, bạc, vàng là các kim loại dẫn điện tốt, có rất nhiều electron dẫn trong các kim loại này. Ví dụ, trong mỗi mét khối đồng có khoảng  $10^{29}$  electron dẫn. Ta nói, mật độ electron dẫn trong đồng là:  $n = 10^{29} \text{ m}^{-3}$ .

Xét mô hình gồm các hạt mang điện có điện tích nguyên tố  $e$ , dịch chuyển có hướng với tốc độ  $v$  trong dây dẫn có chiều dài  $l$  và tiết diện thẳng  $S$ , tạo ra dòng điện có cường độ  $I$  (Hình 1.5). Mật độ hạt mang điện trong dây dẫn này là  $n$ . Giá trị điện tích nguyên tố:  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

Từ (1.1), có thể suy luận biểu thức xác định cường độ dòng điện:

$$I = Snve \quad (1.3)$$

#### Bạn có biết

Một số giá trị cường độ dòng điện hay gặp trong cuộc sống.

| Vật dẫn                 | $I$ (A)          |
|-------------------------|------------------|
| Đèn sợi đốt             | 0,1 – 5 A        |
| Bàn là điện             | 3 – 6 A          |
| Lò sưởi điện            | 5 – 15 A         |
| Động cơ của máy công cụ | khoảng 10 A      |
| Tàu điện                | khoảng 500 A     |
| Tia sét                 | 6 000 – 50 000 A |

#### Tìm hiểu thêm

Dòng điện không đổi là dòng điện một chiều. Nhưng ngược lại thì không đúng. Có những dòng điện không đổi chiều nhưng lại có cường độ thay đổi, ví dụ như xung điện một chiều trong vật lí trị liệu. Hãy tìm hiểu thêm về đặc điểm của xung điện một chiều.



3. Dòng điện chạy qua một dây dẫn bằng kim loại có cường độ là 1 A. Tính số electron dịch chuyển qua tiết diện thẳng của dây dẫn này trong khoảng thời gian 1 s.

Từ (1.3), rút ra biểu thức xác định tốc độ dịch chuyển có hướng của hạt mang điện:

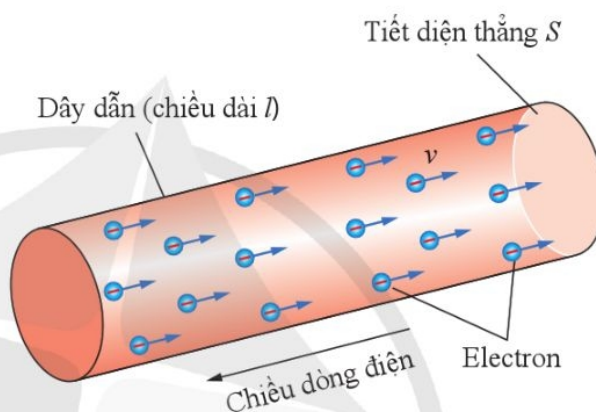
$$v = \frac{I}{Sne} \quad (1.4)$$

Từ (1.4), có thể thấy:

Một dòng điện đi qua hai đoạn dây dẫn đồng chất, ở đoạn dây mảnh hơn, tức tiết diện  $S$  nhỏ hơn thì tốc độ dịch chuyển có hướng của các hạt mang điện sẽ lớn hơn.



Đoạn dây đồng có tiết diện thẳng  $5.10^{-6} \text{ m}^2$ , mật độ electron dẫn  $8,5.10^{28}/\text{m}^3$  và đang có cường độ dòng điện 1 A chạy qua. Tính tốc độ dịch chuyển có hướng của electron trong đoạn dây này. Giải thích tại sao tốc độ dịch chuyển có hướng của electron rất nhỏ.



**Hình 1.5.** Mô hình hạt mang điện có điện tích  $e$ , dịch chuyển có hướng với tốc độ  $v$  trong dây dẫn có chiều dài  $l$  và tiết diện thẳng  $S$ , tạo ra dòng điện có cường độ  $I$



- Cường độ dòng điện đặc trưng cho tác dụng mạnh yếu của dòng điện và được xác định bằng điện lượng chuyển qua tiết diện thẳng của vật dẫn trong một đơn vị thời gian.

$$I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

Đơn vị đo cường độ dòng điện là ampe, kí hiệu A.

- Coulomb là lượng điện tích chuyển qua tiết diện thẳng của dây dẫn trong 1 s khi có cường độ dòng điện 1 A chạy qua dây dẫn.
- Cường độ dòng điện qua dây dẫn được xác định bằng biểu thức  $I = Snve$ , với  $n$  là mật độ hạt mang điện,  $S$  là tiết diện thẳng của dây,  $v$  là tốc độ dịch chuyển của hạt mang điện tích  $e$ .



## 2 ĐIỆN TRỞ

### Học xong bài học này, bạn có thể

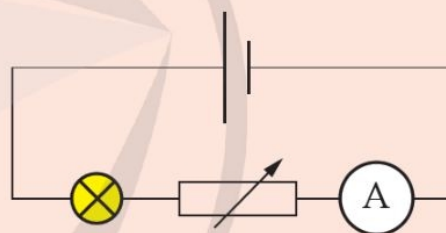
- Định nghĩa được điện trở, đơn vị đo điện trở và nêu được các nguyên nhân chính gây ra điện trở.
- Phát biểu được định luật Ohm cho vật dẫn kim loại.
- Vẽ phác và thảo luận được về đường đặc trưng  $I - U$  của vật dẫn kim loại ở nhiệt độ xác định.
- Mô tả được sơ lược ảnh hưởng của nhiệt độ lên điện trở của đèn sợi đốt, điện trở nhiệt (thermistor).



Trong thí nghiệm minh họa cường độ dòng điện đặc trưng cho tác dụng mạnh yếu của dòng điện ở trang 88, khi bạn nối bóng đèn với pin thì dòng điện qua đèn làm cho đèn phát sáng (Hình 2.1).

Kết quả thí nghiệm cho thấy: cường độ dòng điện qua đèn càng lớn thì đèn càng sáng.

Nhưng điều gì quyết định độ lớn của cường độ dòng điện?



Hình 2.1. Dòng điện làm đèn pin phát sáng

## I. ĐIỆN TRỞ

### 1. Khái niệm về điện trở

Khi ta nối một vật dẫn với hai cực của một nguồn điện, cường độ dòng điện qua đèn lớn hay nhỏ có liên hệ với:

- + Hiệu điện thế giữa hai đầu vật dẫn: hiệu điện thế này càng lớn, cường độ dòng điện qua đèn càng lớn,
- + Điện trở của vật dẫn: điện trở càng lớn, cường độ dòng điện qua đèn càng nhỏ (đối với hiệu điện thế đã cho).

Điện trở đặc trưng cho sự cản trở dòng điện của vật dẫn.



1. Tính cường độ dòng điện chạy qua một bóng đèn khi điện trở của nó là  $15\ \Omega$  và hiệu điện thế giữa hai đầu bóng đèn là  $3,0\text{ V}$ .



2. Tìm từ thích hợp cho vị trí của (?) trong định nghĩa về đơn vị đo điện trở:

1  $\Omega$  là điện trở của một dụng cụ điện, khi (?) ở hai đầu là 1 (?) thì có (?) chạy qua là 1 (?).



1. Tìm hiểu và vẽ sơ đồ mạch điện trong đèn pin (Hình 2.2).



Hình 2.2



3. Sử dụng biểu thức liên hệ (1.1) để chứng minh, ở nhiệt độ xác định, đường đặc trưng  $I - U$  là một đoạn thẳng.

Điện trở của một vật dẫn bất kì được xác định bằng tỉ số của hiệu điện thế giữa hai đầu vật dẫn và cường độ dòng điện qua nó.

$$R = \frac{U}{I} \quad (2.1)$$

Với  $R$  là điện trở,  $I$  là cường độ dòng điện và  $U$  là hiệu điện thế giữa hai đầu điện trở.

Đây là biểu thức thường dùng trong các thí nghiệm cần xác định điện trở.

**Lưu ý:** Điện trở  $R$  là thuộc tính riêng của vật dẫn và không thay đổi khi  $U$  hoặc  $I$  thay đổi.

Đơn vị điện trở

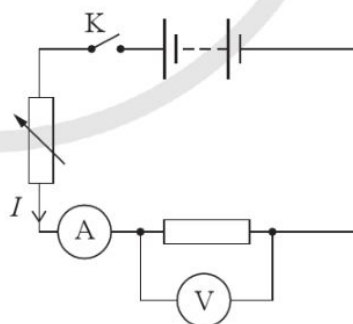
Từ biểu thức (1.1), ta có đơn vị của điện trở là ohm (ôm), kí hiệu là  $\Omega$ .

$$1 \Omega = 1 \text{ V/A}$$

Ohm là điện trở của một vật mà khi ở hai đầu có hiệu điện thế 1 vôn thì có dòng điện 1 ampe chạy qua.

## 2. Đường đặc trưng $I - U$ của vật dẫn kim loại

Để khảo sát đặc tính dẫn điện của vật dẫn, người ta thường đo cường độ dòng điện chạy qua vật dẫn và hiệu điện thế giữa hai đầu vật dẫn khi được nối với nguồn điện (Hình 2.3).

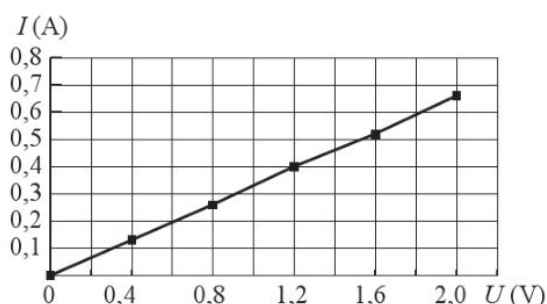


Hình 2.3. Sơ đồ mạch điện khảo sát tính dẫn điện của vật dẫn

Đường biểu diễn sự phụ thuộc của cường độ dòng điện  $I$  chạy qua vật dẫn vào hiệu điện thế  $U$  giữa hai đầu vật dẫn được gọi là đường đặc trưng  $I - U$ , hay còn gọi là đường đặc trưng vôn – ampe của vật dẫn.



Kết quả đo với dây dẫn kim loại, ở nhiệt độ nhất định được thể hiện bằng đồ thị trong Hình 2.4. Đường đặc trưng  $I - U$  của vật dẫn kim loại ở một nhiệt độ xác định là một đoạn thẳng qua gốc tọa độ.



Hình 2.4. Đường đặc trưng  $I - U$  của vật dẫn kim loại trong một thí nghiệm ở nhiệt độ xác định

### 3. Định luật Ohm cho vật dẫn kim loại

Một vật dẫn tuân theo định luật Ohm nếu dòng điện trong nó tỉ lệ thuận với hiệu điện thế giữa hai đầu của nó.

Với một vật dẫn ở nhiệt độ không đổi, cường độ dòng điện qua vật dẫn tỉ lệ thuận với hiệu điện thế giữa hai đầu của vật dẫn và tỉ lệ nghịch với điện trở của nó.

$$I = \frac{U}{R} \quad (2.2)$$

Với  $I$  là cường độ dòng điện, đơn vị là ampe (A).  $U$  là hiệu điện thế, đơn vị là vôn (V).  $R$  là điện trở của vật dẫn, đơn vị là ohm ( $\Omega$ ).

## II. NGUYÊN NHÂN CHÍNH GÂY RA ĐIỆN TRỞ

Điều kiện để có dòng điện là phải có một hiệu điện thế đặt vào hai đầu vật dẫn điện. Hiệu điện thế này tạo ra trong vật dẫn một điện trường. Dưới tác dụng của điện trường, ngoài chuyển động hỗn loạn, các hạt mang điện còn dịch chuyển có hướng. Sự dịch chuyển có hướng này tạo thành dòng điện trong vật dẫn.



2. Vẽ phác trên cùng một đồ thị và thảo luận về hai đường đặc trưng  $I - U$  của hai vật dẫn kim loại ở nhiệt độ xác định. Hai vật dẫn có điện trở là  $R_1$  và  $R_2$  với  $R_1 > R_2$ .

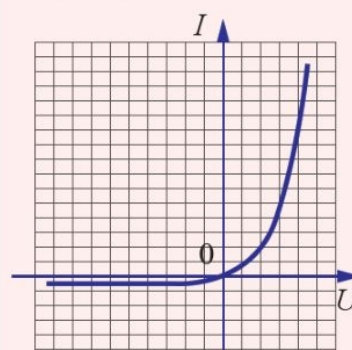
3. Vẽ phác đường đặc trưng  $I - U$  của điện trở rất nhỏ (vật dẫn điện rất tốt) và điện trở rất lớn (vật cách điện rất tốt).



4. Vẽ phác đường đặc trưng  $I - U$  của vật dẫn kim loại có điện trở 10  $\Omega$ .

### Bạn có biết

Đường đặc trưng  $I - U$  của chất bán dẫn có dạng đường cong (Hình 2.5) vì điện trở phụ thuộc hiệu điện thế  $U$ .



Hình 2.5. Đường đặc trưng  $I - U$  của vật dẫn là chất bán dẫn, có lớp chuyển tiếp  $p-n$



4. Nguyên nhân chính gây ra điện trở là gì?



5. Sử dụng mô hình ion dương và electron tự do trong vật dẫn kim loại (Hình 2.6) hoặc mối liên hệ 1.4 ở Bài 1 để lập luận, đưa ra phán đoán về sự phụ thuộc của điện trở vào nhiệt độ.



Sử dụng mô hình ở Hình 2.6 giải thích mối liên hệ giữa điện trở  $R$  và chiều dài  $l$ , tiết diện thẳng  $S$  của vật dẫn kim loại:

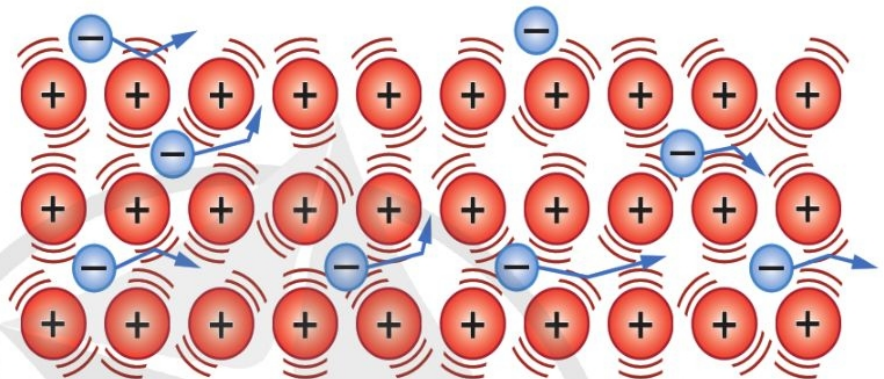
$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Trong đó,  $\rho$  là điện trở suất của kim loại.

#### **Bạn có biết**

Điện trở thay đổi cũng có thể do sự méo mạng tinh thể do biến dạng cơ học của kim loại hoặc do các nguyên tử tạp chất lẫn trong kim loại.

Trong kim loại, các electron tự do dịch chuyển có hướng dưới tác dụng của lực điện, tạo thành dòng điện. Trong quá trình chuyển động, các electron va chạm với nhau và với các ion nút mạng nên bị cản trở (Hình 2.6). Va chạm càng nhiều thì tốc độ dịch chuyển có hướng của hạt mang điện càng giảm, dẫn đến dòng điện tạo thành càng nhỏ. Nghĩa là, điện trở càng lớn.



Hình 2.6. Mô hình giải thích về điện trở của kim loại

### **III. ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ LÊN ĐIỆN TRỞ**

Dòng điện có tác dụng nhiệt. Vì thế khi có dòng điện chạy qua, vật dẫn kim loại nóng lên. Ví dụ, nhiệt độ của đèn sợi đốt tăng nhanh khi có dòng điện chạy qua.

Khi nhiệt độ môi trường tăng, nhiệt độ của vật dẫn cũng tăng theo.

#### **1. Ảnh hưởng của nhiệt độ lên điện trở của đèn sợi đốt**

Nhiệt độ của vật dẫn kim loại càng cao thì các ion dương dao động càng mạnh quanh các nút mạng, làm tăng khả năng va chạm với các electron tự do, kéo theo điện trở của vật dẫn tăng.

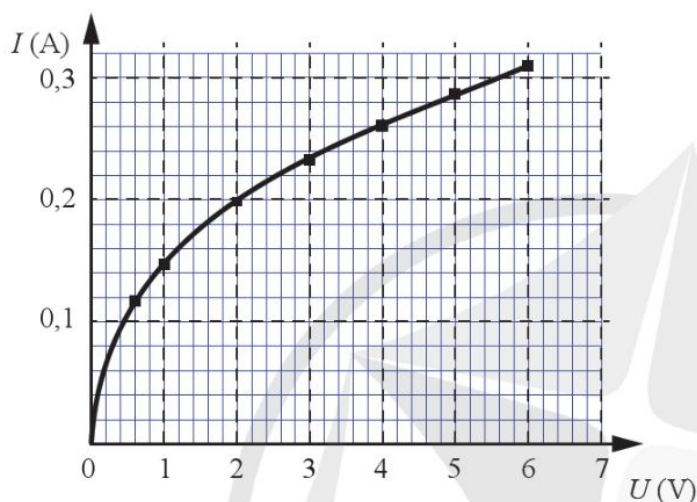
Làm thí nghiệm khảo sát sự liên hệ giữa cường độ dòng điện  $I$  qua đèn sợi đốt và hiệu điện thế  $U$  đặt vào đèn. Tăng dần  $U$ , đo giá trị  $I$  tương ứng, ta thu được kết quả như Bảng 2.1. Cường độ dòng điện qua đèn sợi đốt không tỉ lệ thuận với hiệu điện thế giữa hai đầu của nó.



**Bảng 2.1.** Bảng số liệu thí nghiệm khảo sát liên hệ  $I - U$  của đèn sợi đốt

|        |      |      |      |      |      |      |      |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|
| $U(V)$ | 0,6  | 1,0  | 2,0  | 3,0  | 4,0  | 5,0  | 6,0  |
| $I(A)$ | 0,12 | 0,15 | 0,19 | 0,23 | 0,26 | 0,29 | 0,31 |

Từ bảng số liệu, ta biểu diễn được đường đặc trưng  $I - U$  của sợi đốt bóng đèn như Hình 2.6.



**Hình 2.7.** Đường đặc trưng  $I - U$  của dây tóc bóng đèn sợi đốt

Nhận xét: Đường đặc trưng  $I - U$  của dây tóc bóng đèn sợi đốt không phải là một đoạn thẳng.

Như vậy, định luật Ohm không áp dụng được đối với bóng đèn sợi đốt. Nói cách khác, bóng đèn sợi đốt không tuân theo định luật Ohm.

## 2. Điện trở nhiệt (thermistor)

Một loại vật dẫn điện có điện trở thay đổi một cách rõ rệt khi nhiệt độ thay đổi là điện trở nhiệt (Hình 2.8). Đối với loại vật dẫn này, chỉ một thay đổi nhỏ của nhiệt độ môi trường cũng làm cho điện trở của nó thay đổi.

Điện trở nhiệt có thể phân thành hai loại:

- Điện trở nhiệt thuận (kí hiệu PTC): Điện trở tăng khi nhiệt độ tăng.
- Điện trở nhiệt ngược (kí hiệu NTC): Điện trở giảm khi nhiệt độ tăng.



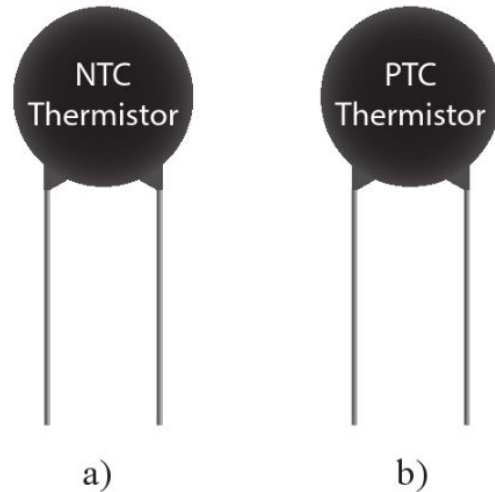
5. Khi nhiệt độ tăng thì điện trở của dây tóc bóng đèn sợi đốt thay đổi như thế nào?



6. Khi nhiệt độ tăng thì điện trở của một điện trở nhiệt thay đổi như thế nào?

### Bạn có biết

Điện trở nhiệt được dùng làm cảm biến nhiệt trong máy điều hoà nhiệt độ, tủ lạnh, bếp cảm ứng, lò vi sóng, nồi cơm điện, ấm siêu tốc.



Hình 2.8. Điện trở nhiệt ngược NTC (a) và điện trở nhiệt thuận PTC (b)



- Điện trở của vật dẫn là đại lượng đặc trưng cho tác dụng cản trở dòng điện đi qua nó. Nguyên nhân chính gây ra điện trở của kim loại là do sự va chạm của các electron với các ion dương ở các nút mạng.
- Điện trở có đơn vị là ohm, kí hiệu là  $\Omega$ .  $1 \Omega$  là điện trở của một dụng cụ điện, khi hiệu điện thế ở hai đầu là  $1 \text{ V}$  thì có dòng điện  $1 \text{ A}$  chạy qua.
- Định luật Ohm cho vật dẫn kim loại: Cường độ dòng điện đi qua một vật dẫn kim loại tỉ lệ thuận với hiệu điện thế giữa hai đầu vật dẫn và tỉ lệ nghịch với điện trở của nó.

$$I = \frac{U}{R}$$

- Ở nhiệt độ không đổi, đường đặc trưng  $I-U$  của vật dẫn kim loại là một đoạn thẳng.
- Điện trở của đèn sợi đốt và của điện trở nhiệt thay đổi theo nhiệt độ.



# 3

## NGUỒN ĐIỆN, NĂNG LƯỢNG ĐIỆN VÀ CÔNG SUẤT ĐIỆN

### Học xong bài học này, bạn có thể

- Định nghĩa được suất điện động qua năng lượng dịch chuyển một điện tích đơn vị theo vòng kín.
- So sánh được suất điện động và hiệu điện thế.
- Mô tả được ảnh hưởng của điện trở trong của nguồn điện lên hiệu điện thế giữa hai cực của nguồn.
- Nêu được năng lượng điện tiêu thụ của đoạn mạch được đo bằng công của lực điện thực hiện khi dịch chuyển các điện tích; công suất tiêu thụ năng lượng điện của một đoạn mạch là năng lượng điện mà đoạn mạch tiêu thụ trong một đơn vị thời gian.
- Tính được năng lượng điện và công suất tiêu thụ năng lượng điện của đoạn mạch.
- Thảo luận để thiết kế phương án hoặc lựa chọn phương án và thực hiện phương án, đo được suất điện động và điện trở trong của pin hoặc acquy (battery hoặc accumulator) bằng dụng cụ thực hành.



Hình 3.1. Pin giúp duy trì dòng điện trong điện thoại.

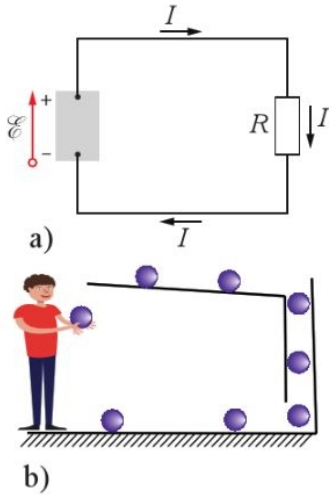
Nếu gắn mỗi đầu của một vật dẫn vào một bản của tụ điện đã tích điện thì chỉ có dòng điện chạy qua vật dẫn trong một khoảng thời gian rất ngắn. Nhưng nếu gắn mỗi đầu của cùng một vật dẫn đó vào một cực của pin hoặc acquy thì dòng điện được duy trì lâu hơn nhiều.

Vì sao lại như vậy? Làm thế nào để duy trì được dòng điện tích dịch chuyển có hướng qua một vật dẫn?

## I. NGUỒN ĐIỆN

### 1. Suất điện động của nguồn điện

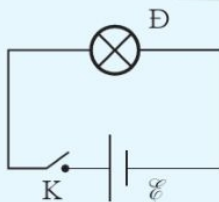
Để duy trì dòng điện tích dịch chuyển có hướng qua một vật dẫn, cần tạo ra và duy trì giữa hai đầu của nó một hiệu điện thế. Nguồn điện là thiết bị thực hiện công lên các hạt mang điện làm cho chúng dịch chuyển trong nguồn điện để tạo ra và duy trì giữa hai cực



**Hình 3.2.** Người thực hiện công làm cho các quả bóng chuyển động liên tục (Hình 3.2b). Tương tự như vậy, nguồn điện thực hiện công lên hạt tải điện để duy trì dòng điện trong mạch (Hình 3.2a)



1. Một đèn mắc nối tiếp với một pin như Hình 3.3.



**Hình 3.3**

Nêu sự biến đổi năng lượng xảy ra trong pin và trong đèn khi đóng khoá K.



2. Từ biểu thức 3.1, chứng minh suất điện động có cùng đơn vị với hiệu điện thế.

của nó một hiệu điện thế. Vì thế, khi gắn mỗi đầu của vật dẫn vào một cực của nguồn điện thì dòng điện được duy trì. Ví dụ trên Hình 3.2a cho thấy một nguồn điện trong một mạch điện đơn giản. Điện cực ở phía trên được tích điện dương (+) và điện cực ở dưới tích điện âm (-).

Trong nguồn điện, các hạt tích điện dương chuyển động từ nơi có điện thế thấp (ở cực âm) đến nơi có điện thế cao hơn (ở cực dương). Chuyển động này ngược với chiều của điện trường giữa các cực (hướng từ cực dương đến cực âm). Do đó phải có một năng lượng nào đó ở bên trong nguồn điện, cho phép nó thực hiện công lên các điện tích và buộc chúng chuyển động ngược chiều điện trường để duy trì dòng điện trong mạch. Năng lượng đó có thể là năng lượng hoá học, như trong acquy hoặc pin, có thể là năng lượng mặt trời như trong pin mặt trời,...

Như vậy, công của nguồn điện phải làm cho một lượng điện tích dương đi vào nguồn điện ở đầu có điện thế thấp và đi ra ở đầu có điện thế cao. Khả năng thực hiện công của nguồn điện lên các hạt tải điện được đặc trưng bởi một đại lượng là suất điện động của nguồn điện, kí hiệu là  $\mathcal{E}$ . Mũi tên trên Hình 3.2a biểu diễn chiều mà theo đó nguồn điện làm cho các hạt mang điện tích dương (một dòng điện) chuyển động qua nó. Nguồn điện cũng làm cho dòng điện chạy trong mạch theo cùng chiều đó (chiều kim đồng hồ ở trong hình 3.2a).

*Suất điện động của nguồn điện là đại lượng đặc trưng cho khả năng thực hiện công của nguồn điện, được đo bằng thương số giữa công  $A$  do nguồn điện thực hiện làm dịch chuyển một điện tích dương  $q$  bên trong nguồn điện từ cực âm đến cực dương và độ lớn của điện tích đó.*

$$\mathcal{E} = \frac{A}{q} \quad (3.1)$$

Đơn vị của suất điện động là vôn, kí hiệu là V với  $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$ . Công của nguồn điện chuyển thành năng lượng điện trong mạch. Vì thế, *suất điện động được xác định bằng công của nguồn điện dịch chuyển một điện tích đơn vị theo một vòng kín của mạch điện.*



Khi mạch ngoài hở, suất điện động của nguồn điện có giá trị bằng hiệu điện thế giữa hai cực của nó.

## 2. So sánh suất điện động và hiệu điện thế

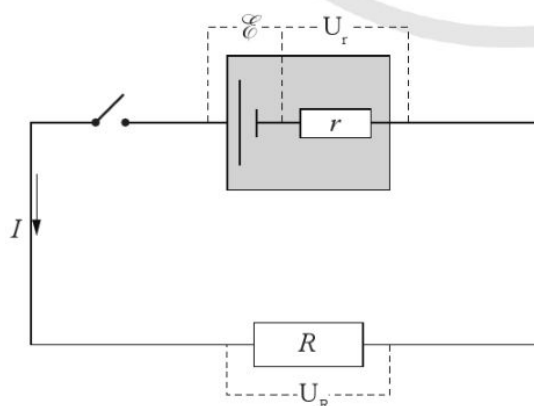
Suất điện động là đại lượng đặc trưng cho khả năng thực hiện công của nguồn điện và được đo bằng công của nguồn điện dịch chuyển một điện tích đơn vị theo một vòng kín của mạch điện.

Hiệu điện thế giữa hai điểm  $A$  và  $B$  là đại lượng đặc trưng cho khả năng thực hiện công của điện trường tạo ra bởi nguồn điện và được đo bằng công làm một đơn vị điện tích di chuyển từ điểm  $A$  đến điểm  $B$ .

## 3. Điện trở trong và hiệu điện thế giữa hai cực của nguồn điện

Trong mạch điện kín, dòng điện chạy qua mạch ngoài nguồn điện và nguồn điện. Trên thực tế, nguồn điện cũng có điện trở, gọi là *điện trở trong* của nguồn, kí hiệu là  $r$ . Như vậy, mỗi nguồn điện được đặc trưng bằng suất điện động  $\mathcal{E}$  và điện trở trong  $r$  của nó. Để dễ hình dung, ta có thể xem nguồn điện có  $\mathcal{E}$  và  $r$  bao gồm một nguồn điện lí tưởng có suất điện động  $\mathcal{E}$  ghép nối tiếp với điện trở trong  $r$  như biểu diễn trên Hình 3.4.

Dùng sơ đồ mạch điện ở Hình 3.4, ta có thể tìm được mối liên hệ giữa suất điện động, điện trở trong của nguồn điện và hiệu điện thế giữa hai đầu điện trở mạch ngoài  $R$ .



Hình 3.4. Sơ đồ mạch điện để tìm mối liên hệ giữa  $\mathcal{E}$ ,  $r$  và  $R$



1. Nêu điểm giống và khác nhau giữa suất điện động của nguồn điện và hiệu điện thế giữa hai điểm trong mạch điện.

### Bạn có biết

Máy phát điện, acquy, pin mặt trời,... là những loại nguồn điện phổ biến, được dùng cho nhiều dụng cụ và máy móc. Tuy nhiên, nguồn điện không nhất thiết phải là một thiết bị. Ví dụ, các cơ thể sống như con người, cá chình, cá đuối, ong bắp cày... đều có các nguồn điện sinh học.

Mặc dù các loại nguồn điện khác nhau về cách hoạt động, nhưng tất cả đều có cùng một chức năng là thực hiện công lên các hạt tải điện và do đó duy trì một hiệu điện thế giữa các cực của nguồn.



3. Nối mỗi cực của một pin với mỗi cực của một vôn kế có điện trở rất lớn. Số chỉ của vôn kế có ý nghĩa gì?



4. Mô tả ảnh hưởng của điện trở trong của nguồn điện lên hiệu điện thế giữa hai cực của nguồn.



5. Trong trường hợp nào, hiệu điện thế giữa hai cực của nguồn điện bằng suất điện động của nó?

#### Bạn có biết

Cá chình điện có bộ nguồn điện sinh học với suất điện động 750 V và điện trở trong là 9,93  $\Omega$ . Nếu nước có điện trở 800  $\Omega$  thì cường độ dòng điện mà cá phóng qua nước từ đầu đến đuôi của nó bằng 0,93 A. Nhờ đó, cá chình điện có thể giết chết con cá mà nó bắt làm mồi.



Hình 3.5

#### Tìm hiểu thêm

Bạn hãy tìm hiểu thêm tại sao cá chình không bị chết vì dòng điện mà nó phóng ra và đi qua chính nó.

Năng lượng của nguồn điện chuyển thành năng lượng điện tiêu thụ ở điện trở  $R$  và  $r$ . Do năng lượng bảo toàn nên ta có:

$$\mathcal{E} = U_R + U_r \quad (3.2)$$

Từ (3.2) suy ra:

$$U_R = \mathcal{E} - U_r \quad (IR = \mathcal{E} - Ir) \quad (3.3)$$

Từ đây, ta có thể thấy điện trở trong có ảnh hưởng đến hiệu điện thế giữa hai cực nguồn điện.

+ Do nguồn điện có điện trở ( $r > 0$ ) nên  $U_R < \mathcal{E}$ . Hiệu điện thế giữa hai cực của nguồn luôn nhỏ hơn suất điện động của nó khi mạch điện kín. Lượng  $U_r = \mathcal{E} - U_R$  được gọi là *độ giảm điện thế trong*. Điện trở trong của nguồn điện càng lớn thì độ giảm điện thế này càng lớn, hiệu điện thế giữa hai cực của nguồn càng nhỏ.

+ Ở một mạch điện với một nguồn điện xác định, cường độ dòng điện trong mạch càng lớn, độ giảm điện thế trong cũng càng lớn và do đó hiệu điện thế giữa hai cực của nguồn càng nhỏ.

+ Có thể xác định suất điện động qua đo hiệu điện thế  $U$  giữa hai cực của nguồn điện và cường độ dòng điện  $I$  chạy trong mạch.

## II. NĂNG LƯỢNG ĐIỆN VÀ CÔNG SUẤT ĐIỆN

### 1. Năng lượng điện

Khi đặt hiệu điện thế  $U$  vào giữa hai đầu một đoạn mạch tiêu thụ điện, lực điện sẽ thực hiện công làm cho các điện tích tự do trong đoạn mạch chuyển động có hướng, tạo thành dòng điện với cường độ  $I$ . Sau thời gian  $t$ , sẽ có một lượng điện tích  $q = It$  dịch chuyển trong đoạn mạch. Công của lực điện thực hiện trong thời gian  $t$  là:

$$A = Uq = UIt \quad (3.4)$$

Khi chạy qua đoạn mạch, dòng điện có thể gây ra các tác dụng khác nhau. Trong quá trình đó, năng lượng điện sẽ chuyển hoá thành các dạng năng lượng khác.



Phần năng lượng điện mà một đoạn mạch tiêu thụ khi có dòng điện chạy qua được đo bằng công của lực điện làm các điện tích dịch chuyển có hướng.

## 2. Công suất điện

Công suất tiêu thụ năng lượng điện  $\mathcal{P}$  của đoạn mạch được tính bằng:

$$\mathcal{P} = \frac{A}{t} = UI \quad (3.5)$$

Công suất tiêu thụ năng lượng điện của đoạn mạch có giá trị bằng năng lượng điện mà đoạn mạch tiêu thụ trong một đơn vị thời gian, được tính bằng tích của hiệu điện thế giữa hai đầu đoạn mạch và cường độ dòng điện chạy qua đoạn mạch đó.

Công suất  $\mathcal{P}$  được đo bằng oát, kí hiệu là W.

$$1 \text{ W} = 1 \text{ V} \times 1 \text{ A}$$

## 3. Công và công suất của nguồn điện

Nhờ năng lượng ở bên trong nên nguồn điện thực hiện công để buộc các điện tích chuyển động ngược chiều điện trường. Khi mạch điện kín, nguồn điện thực hiện công làm các điện tích tự do di chuyển trong toàn mạch để tạo nên dòng điện và năng lượng của nguồn điện chuyển thành năng lượng điện. Công của nguồn điện  $A_n$ , khi tạo ra dòng điện có cường độ  $I$  chạy trong mạch sau một khoảng thời gian  $t$  được tính bằng

$$A_n = \mathcal{E}q = \mathcal{E}It \quad (3.6)$$

Công suất của nguồn điện đặc trưng cho tốc độ thực hiện công của nguồn điện đó. Công suất  $\mathcal{P}_n$  của nguồn điện bằng công suất tiêu thụ năng lượng điện của toàn mạch.

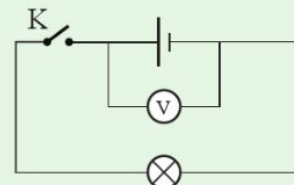
$$\mathcal{P}_n = \frac{A_n}{t} = \mathcal{E}I \quad (3.7)$$



4. Giải thích tại sao khi điện thoại sắp hết pin, bạn nên giảm độ sáng của màn hình.



2. Cho mạch điện như Hình 3.6.



Hình 3.6

Khi mạch hở, vôn kế chỉ 13,0 V.

Khi mạch kín, vôn kế chỉ 12,0 V và cường độ dòng điện qua đèn là 3,0 A.

Biết vôn kế có điện trở rất lớn. Tìm suất điện động và điện trở trong của pin.



6. Trong trường hợp đoạn mạch chỉ có điện trở  $R$ , phần năng lượng điện mà đoạn mạch tiêu thụ biến đổi hoàn toàn thành năng lượng nhiệt.

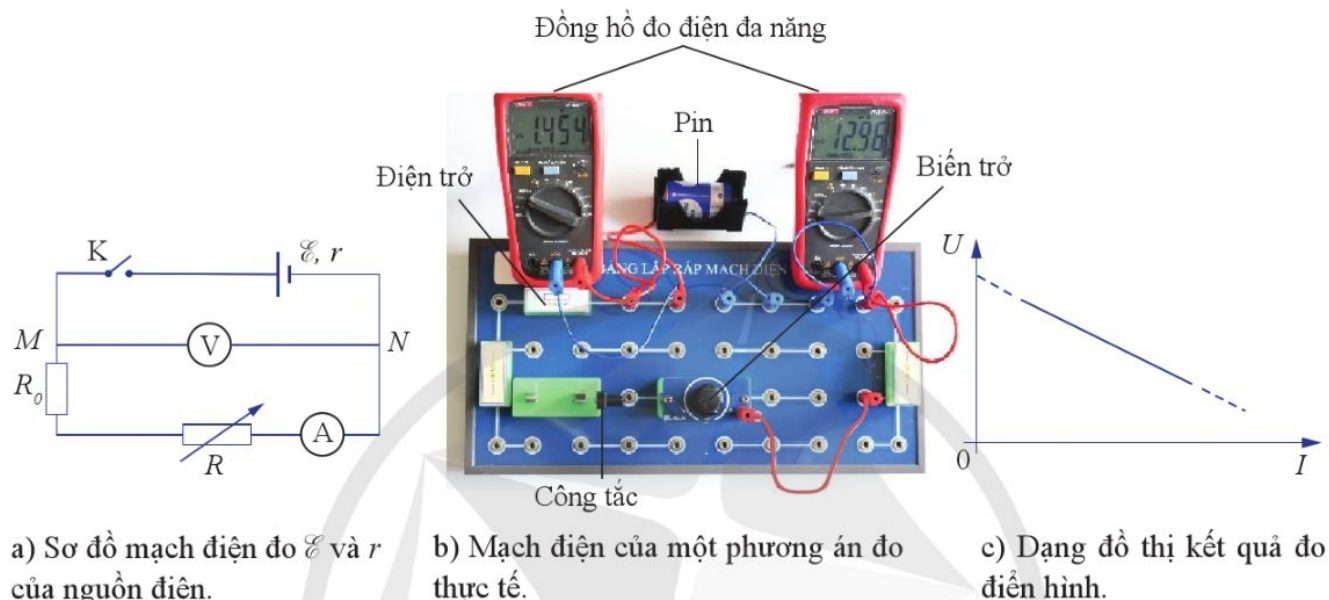
Suy luận biểu thức tính công suất tỏa nhiệt trên điện trở khi có dòng điện với cường độ  $I$  chạy qua.



3. Tính công suất điện hao phí dưới dạng nhiệt trên một dây cáp dài 15 km dẫn dòng điện có cường độ 100 A. Biết điện trở trên một đơn vị chiều dài của dây cáp này là  $0,20 \Omega/\text{km}$ .

### III. ĐO SUẤT ĐIỆN ĐỘNG VÀ ĐIỆN TRỞ TRONG CỦA PIN

Có thể dùng đồng hồ đo điện đa năng để đo suất điện động và điện trở trong của pin hoặc acquy theo sơ đồ mạch điện như ở Hình 3.7.



Hình 3.7

Áp dụng biểu thức (3.3), ta có:

$$U = U_{MN} = \mathcal{E} - U_r = \mathcal{E} - Ir$$

Sau đây là hai phương án thường dùng để đo suất điện động và điện trở trong của pin.

#### 1. Phương án 1

Điều chỉnh biến trở đến hai vị trí bất kì. Đọc các số đo tương ứng ở vôn kế và ampe kế  $U_1, I_1$  và  $U_2, I_2$ .

Lập hệ phương trình:

$$U_1 = \mathcal{E} - I_1 r$$

$$U_2 = \mathcal{E} - I_2 r$$

Từ hai phương trình trên, tính được  $\mathcal{E}$  và  $r$ .

#### 2. Phương án 2

Dựa vào đồ thị biểu diễn liên hệ

$$U = \mathcal{E} - Ir$$

Đo các giá trị của  $U$  và  $I$ .



7. Vì sao có thể xác định điện trở trong bằng biểu

thức:  $r = \frac{\Delta U}{\Delta I}$



Vẽ đồ thị biểu diễn liên hệ  $U = \mathcal{E} - Ir$  với trục nằm ngang biểu thị các giá trị của  $I$ , trục thẳng đứng biểu thị các giá trị của  $U$ .

Kéo dài đồ thị này thì giao điểm với trục thẳng đứng cho ta giá trị của  $\mathcal{E}$

Chọn hai điểm trên đồ thị, xác định các giá trị  $U$  và  $I$  tương ứng với hai điểm này, ta sẽ tính được điện trở trong bằng biểu thức:

$$r = \frac{\Delta U}{\Delta I}$$

Trong đó,  $\Delta U = U_2 - U_1$ ,  $\Delta I = I_2 - I_1$ ,



Cho các dụng cụ:

- 02 đồng hồ đo điện đa năng;
- 02 pin 1,5 V;
- 01 điện trở 10  $\Omega$ ;
- 01 biến trở 100  $\Omega$ ;
- Dây nối; công tắc; bảng để lắp mạch điện.

Thảo luận để lựa chọn phương án và thực hiện phương án, đo suất điện động và điện trở trong của pin.

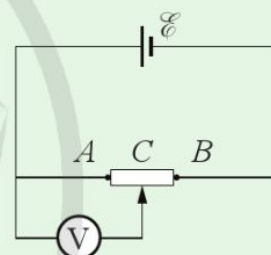


5. Một acquy ô tô 12 V cung cấp dòng điện có cường độ 5 A trong thời gian 2,0 giờ. Năng lượng mà acquy cung cấp trong thời gian này là bao nhiêu Jun?

6. Cho mạch điện như Hình 3.8. Con chạy ở vị trí C, chia điện trở  $R$  thành

$$R = R_{AC} + R_{CB}$$

Tìm biểu thức liên hệ giữa số chỉ của vôn kế,  $\mathcal{E}$ ,  $R_{AC}$  và  $R_{CB}$ .



Hình 3.8



- Nguồn điện thực hiện công làm cho hạt mang điện chuyển động có hướng trong mạch điện kín. Suất điện động của nguồn điện là đại lượng đặc trưng cho khả năng thực hiện công của nguồn điện và được xác định bằng công của nguồn điện dịch chuyển một điện tích đơn vị theo một vòng kín của mạch điện.
- Điện trở trong của nguồn điện càng lớn thì hiệu điện thế giữa hai cực của nguồn càng nhỏ.

$$U = \mathcal{E} - Ir$$

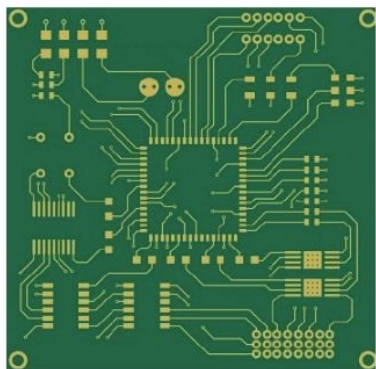
- Năng lượng điện tiêu thụ của đoạn mạch được đo bằng công của lực điện thực hiện khi dịch chuyển các điện tích:

$$A = UIt$$

- Công suất tiêu thụ năng lượng điện  $\mathcal{P}$  của đoạn mạch là năng lượng điện mà đoạn mạch tiêu thụ trong một đơn vị thời gian, được tính bằng:

$$\mathcal{P} = \frac{A}{t} = UI$$

## BÀI TẬP CHỦ ĐỀ 4



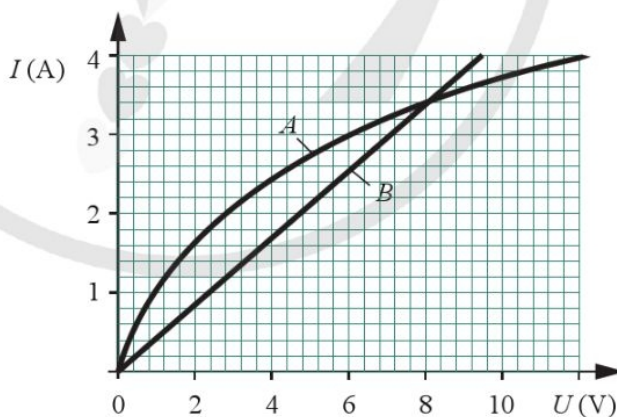
Hình 1

1. Một tia sét truyền dòng điện từ đám mây xuống mặt đất với cường độ trung bình là 30 kA và kéo dài 2 ms. Tính điện lượng truyền qua không khí trong quá trình này.
2. Khi bật công tắc đèn, ta cảm thấy đèn sáng ngay lập tức. Điều này có phải vì các electron chuyển động trong mạch điện với tốc độ xấp xỉ tốc độ ánh sáng  $3 \cdot 10^8$  m/s?
3. Bảng mạch in (Hình 1) được sử dụng để kết nối các linh kiện điện tử với nhau nhờ các đường dẫn điện bằng đồng được in sẵn trên một tấm vật liệu cách điện.

Xét một đường dẫn bằng đồng có tiết diện  $5 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2$ , có dòng điện 3,5 mA chạy qua. Mật độ electron trong đồng là  $10^{29} \text{ m}^{-3}$ . Tính tốc độ dịch chuyển của các electron trên đường dẫn này.

4. Hình 2 mô tả đường đặc trưng  $I - U$  của hai vật dẫn: sợi đốt bóng đèn và một đoạn dây thép.

- a) Đường đặc trưng B tương ứng với vật dẫn nào?
- b) Ở hiệu điện thế nào thì hai vật dẫn có cùng điện trở? Tính giá trị điện trở này?



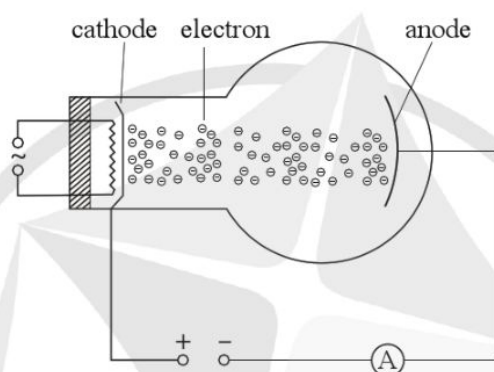
Hình 2. Hai đường đặc trưng  $I - U$  của hai vật dẫn A và B

5. Làm một pin đơn giản bằng các dụng cụ sau: mảnh đồng, mảnh tôn, một quả chanh và các dây dẫn điện. Dùng đồng hồ đo điện đa năng để đo hiệu điện thế giữa mảnh đồng và mảnh tôn. Đề xuất biện pháp để tăng suất điện động của pin này.



6. Hình 3 mô tả đèn điện tử chân không, bao gồm bóng đèn thủy tinh đã hút chân không (áp suất trong bóng đèn còn khoảng  $10^{-6}$  mmHg). Bên trong bóng đèn có hai cực: anode là một bản kim loại, còn cathode là dây vonfam bị đốt nóng, làm bật ra các electron tự do hay còn gọi là các điện tử tự do. Nối anode và cathode với nguồn điện một chiều thì các electron chuyển động thành dòng và tạo thành dòng điện có cường độ 4,5 mA.

- Tính điện lượng chuyển qua ampe kế trong 3 phút.
- Tính số electron di chuyển qua anode trong 3 phút.
- Cho biết hiệu điện thế giữa anode và cathode là 75 V. Tính năng lượng một electron thu được khi nó di chuyển từ cathode đến anode?



Hình 3. Dòng điện trong đèn điện tử chân không

7. Các công ti điện lực sử dụng đơn vị kWh để đo năng lượng điện tiêu thụ và tính tiền điện. 1 kWh là năng lượng điện mà một thiết bị điện có công suất 1 kW tiêu thụ trong 1 giờ. Một bình nóng lạnh đang hoạt động ở hiệu điện thế 230 V với công suất 9,5 kW.

- Tính cường độ dòng điện qua bình nóng lạnh. Giải thích tại sao nên sử dụng đường dây riêng và cầu chì/cầu dao tự động riêng cho bình nóng lạnh.
- Giả sử mỗi ngày, một gia đình sử dụng bình nóng lạnh trong 90 phút. Nếu giá bán điện là 2 500 đồng/kWh thì số tiền gia đình phải trả mỗi ngày để sử dụng bình nóng lạnh là bao nhiêu? Ước tính số tiền phải trả trong một tháng; đề xuất biện pháp tiết kiệm chi phí tiền điện phải trả do sử dụng bình nóng lạnh.

## BẢNG GIẢI THÍCH THUẬT NGỮ

| Thuật ngữ                     | Giải thích thuật ngữ                                                                                                      | Trang |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| biên độ sóng                  | độ dịch chuyển lớn nhất khỏi vị trí cân bằng của một phần tử sóng                                                         | 37    |
| bước sóng                     | khoảng cách từ một phần tử sóng bất kì trên phương truyền sóng đến phần tử khác gần nhất có trạng thái hoàn toàn tương tự | 38    |
| cường độ dòng điện            | đặc trưng cho tác dụng mạnh yếu của dòng điện                                                                             | 89    |
| dao động cưỡng bức            | dao động dưới tác dụng của ngoại lực biến đổi tuần hoàn và có tần số bằng tần số ngoại lực                                | 29    |
| dao động tắt dần              | dao động có biên độ giảm dần theo thời gian                                                                               | 28    |
| dao động tự do                | dao động không chịu tác dụng của ngoại lực                                                                                | 7     |
| điện dung                     | đặc trưng cho khả năng tích điện của tụ điện ở một hiệu điện thế nhất định.                                               | 80    |
| điện thế                      | tại một điểm trong điện trường đặc trưng cho điện trường tại điểm đó về thế năng                                          | 78    |
| điện trường                   | trường lực được tạo ra bởi điện tích, là dạng vật chất tồn tại quanh điện tích và truyền tương tác giữa các điện tích     | 69    |
| điện trường đều               | điện trường có cường độ điện trường tại mọi điểm đều bằng nhau                                                            | 72    |
| pha của dao động              | cho biết trạng thái của vật dao động đang có                                                                              | 10    |
| suất điện động của nguồn điện | đặc trưng cho khả năng thực hiện công của nguồn điện                                                                      | 98    |
| tần số                        | số dao động vật thực hiện trong một giây                                                                                  | 10    |
| tốc độ sóng                   | tốc độ lan truyền năng lượng của sóng trong không gian                                                                    | 38    |

## BẢNG NGUỒN TRÍCH DẪN TÀI LIỆU

| Tên nội dung                                                 | Nguồn tài liệu                                                                                                                                                                                                      | Trang |
|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Mở đầu (Con lắc đơn treo tại sảnh của toà nhà Liên Hợp Quốc) | <a href="https://www.un.org/ungifts/foucault-pendulum">https://www.un.org/ungifts/foucault-pendulum</a>                                                                                                             | 24    |
| Mở đầu (Con lắc giảm chấn treo tại nóc toà nhà Đài Bắc 101)  | <i>Oscillating Dolls and Skyscrapers - the German journal 'Physik in unserer Zeit' 39 (2008), 139-141</i>                                                                                                           | 28    |
| Tác hại của cộng hưởng (Cầu Millennium (Anh) bị rung lắc)    | <a href="https://www.science.org/content/article/why-do-some-bridges-wobble-blame-way-pedestrians-walk-them">https://www.science.org/content/article/why-do-some-bridges-wobble-blame-way-pedestrians-walk-them</a> | 31    |



# MỤC LỤC

|                                                                         | <i>Trang</i> |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Lời nói đầu .....                                                       | 3            |
| Hướng dẫn sử dụng sách.....                                             | 4            |
| <br><b>Chủ đề 1. DAO ĐỘNG</b>                                           |              |
| 1. Mô tả dao động .....                                                 | 6            |
| 2. Một số dao động điều hoà thường gặp.....                             | 18           |
| 3. Năng lượng trong dao động điều hoà .....                             | 24           |
| 4. Dao động tắt dần – Dao động cưỡng bức và hiện tượng cộng hưởng ..... | 28           |
| <br><b>Chủ đề 2. SÓNG</b>                                               |              |
| 1. Mô tả sóng .....                                                     | 36           |
| 2. Sóng dọc và sóng ngang .....                                         | 43           |
| 3. Giao thoa sóng .....                                                 | 48           |
| 4. Sóng dừng .....                                                      | 54           |
| <br><b>Chủ đề 3. TRƯỜNG ĐIỆN</b>                                        |              |
| 1. Lực tương tác giữa các điện tích.....                                | 62           |
| 2. Điện trường.....                                                     | 67           |
| 3. Điện thế, hiệu điện thế, tụ điện .....                               | 75           |
| <br><b>Chủ đề 4. DÒNG ĐIỆN, MẠCH ĐIỆN</b>                               |              |
| 1. Cường độ dòng điện.....                                              | 86           |
| 2. Điện trở .....                                                       | 91           |
| 3. Nguồn điện, năng lượng điện và công suất điện .....                  | 97           |
| <b>Bảng giải thích thuật ngữ.....</b>                                   | <b>106</b>   |
| <b>Bảng nguồn trích dẫn tài liệu.....</b>                               | <b>106</b>   |

**Chịu trách nhiệm tổ chức bản thảo và bản quyền nội dung:**  
**CÔNG TY CỔ PHẦN ĐẦU TƯ XUẤT BẢN – THIẾT BỊ GIÁO DỤC VIỆT NAM**

Chủ tịch Hội đồng Quản trị: NGUYỄN NGÔ TRẦN ÁI

Tổng Giám đốc: VŨ BÁ KHÁNH

*Biên tập:*

**NGUYỄN THẾ CƯỜNG**

*Minh họa và thiết kế sách:*

**NGUYỄN THỊ PHƯƠNG DUNG**

*Trình bày bìa:*

**NGUYỄN MẠNH HÙNG**

*Sửa bản in:*

**NGUYỄN THẾ CƯỜNG**

---

**VẬT LÍ 11**

Mã số: .....

ISBN: .....

In ..... cuốn, khổ 19 x 26,5cm, tại .....

Địa chỉ: .....

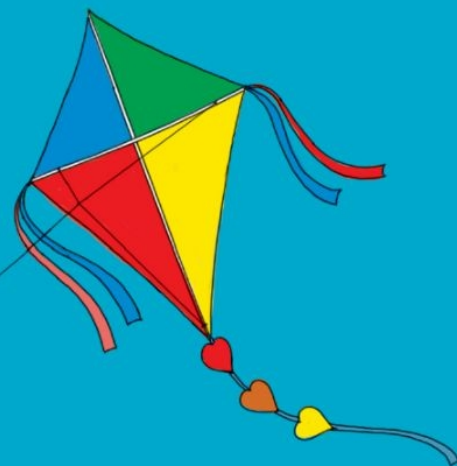
Số xác nhận đăng kí xuất bản: .....

Quyết định xuất bản số: ..... ngày .....

In xong và nộp lưu chiểu tháng ..... năm .....



# Mang cuộc sống vào bài học Đưa bài học vào cuộc sống



Sách *Vật lí 11* được biên soạn theo Chương trình giáo dục phổ thông 2018. Thông qua những bài học hấp dẫn phù hợp với lứa tuổi, sách giúp bạn có được bức tranh toàn cảnh về vật lí và ứng dụng của nó trong các lĩnh vực ngành nghề khác nhau, góp phần giúp bạn phát triển toàn diện phẩm chất, năng lực của mình.

Sách được biên soạn bởi tập thể các nhà khoa học, nhà giáo giàu kinh nghiệm và tâm huyết về giáo dục. Cùng với sự hỗ trợ của thiết bị thực hành và hệ thống học liệu điện tử, sách sẽ giúp cho quá trình học tập của bạn thêm dễ dàng và hấp dẫn



SỬ DỤNG  
TEM CHỐNG GIẢ

1. Quét mã QR hoặc dùng trình duyệt web để truy cập website bộ sách Cảnh Diệu: [www.hoc10.com](http://www.hoc10.com)
2. Vào mục Hướng dẫn ([www.hoc10.com/huong-dan](http://www.hoc10.com/huong-dan)) để kiểm tra sách giả và xem hướng dẫn kích hoạt sử dụng học liệu điện tử.

