



VŨ VĂN HÙNG (Tổng Chủ biên)  
ĐẶNG THANH HẢI (Chủ biên)  
TƯỞNG DUY HẢI – BÙI TRUNG NINH – PHẠM VĂN VĨNH

CHUYÊN ĐỀ HỌC TẬP

# VẬT LÍ

11



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM



VŨ VĂN HÙNG (Tổng Chủ biên)  
ĐẶNG THANH HẢI (Chủ biên)  
TƯỞNG DUY HẢI – BÙI TRUNG NINH – PHẠM VĂN VĨNH

Chuyên đề học tập

# VẬT LÍ

11

KẾT NỐI TRI THỨC  
VỚI CUỘC SỐNG



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

# HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG SÁCH

Sách *Chuyên đề học tập Vật lí 11* gồm 3 chuyên đề. Mỗi chuyên đề gồm một số bài học. Mỗi bài học là một chuỗi các nội dung kiến thức và nhiệm vụ học tập, cụ thể như sau:



## Khởi động

Nêu ra câu hỏi có vấn đề, kích thích tư duy, sự tò mò cũng như định hướng nghiên cứu cho học sinh.

## Đọc hiểu

Cung cấp thông tin, định hướng, tìm tòi khám phá kiến thức mới.



## Câu hỏi

Trả lời câu hỏi giúp học sinh:

- Tìm tòi, khám phá kiến thức.
- Vận dụng kiến thức.



## Hoạt động

Tiến hành các hoạt động giúp học sinh giải quyết các vấn đề học tập và đồng thời phát triển các năng lực cần thiết.



Những điều cần lưu ý.

## EM CÓ THỂ

Phát triển năng lực, tập trung vào năng lực giải quyết vấn đề trong cuộc sống và định hướng nghề nghiệp của học sinh.

## EM ĐÃ HỌC

Chốt về kiến thức, tóm tắt các kiến thức cơ bản của bài học.

## EM CÓ BIẾT

Mở rộng các kiến thức cập nhật, hiện đại, có tính chất liên ngành hoặc liên môn.

## LỜI NÓI ĐẦU

*Chuyên đề học tập Vật lí 11* được biên soạn theo định hướng đổi mới giáo dục phổ thông nhằm phát triển toàn diện phẩm chất, năng lực của người học. Tư tưởng chủ đạo trong việc biên soạn chuyên đề này là coi trọng việc phát triển phẩm chất, năng lực học sinh nhưng không coi nhẹ vai trò của kiến thức. Kiến thức trong *Chuyên đề học tập Vật lí 11* được coi là chất liệu làm cơ sở giúp học sinh hình thành và phát triển các phẩm chất và năng lực cần có trong cuộc sống hiện tại và tương lai.

*Chuyên đề học tập Vật lí 11* là cuốn sách hướng dẫn học sinh hoạt động để tìm tòi, khám phá ra kiến thức mới, vận dụng chúng vào việc giải quyết các vấn đề của học tập và của thực tiễn cuộc sống. Các hoạt động học tập trong *Chuyên đề học tập Vật lí 11* rất phong phú và đa dạng, từ cá nhân đến tập thể, từ học tập đến trải nghiệm cuộc sống, từ tự học đến học dưới sự hướng dẫn của thầy cô, từ tự đánh giá kết quả học tập của mình đến tham gia đánh giá kết quả học tập của các bạn,... Thông qua các hoạt động học tập này, các em không những hình thành và phát triển các năng lực khoa học nói chung và vật lí nói riêng mà còn đồng thời hình thành và phát triển được các năng lực chung như năng lực tự chủ và tự học, giao tiếp và hợp tác, giải quyết vấn đề và sáng tạo,...

Ngoài việc phát triển những năng lực nêu trên, sách *Chuyên đề học tập Vật lí 11* còn giúp học sinh biết cách tự học, tự nghiên cứu, tạo điều kiện để học sinh được trao đổi, thuyết trình, hợp tác khi làm các dự án học tập, định hướng nghề nghiệp trong tương lai,...

Các tác giả mong muốn *Chuyên đề học tập Vật lí 11* sẽ mang đến cho các em niềm vui và sự đam mê trong học tập môn Vật lí để có kết quả học tập tốt môn học này cũng như hiểu rõ hơn về thế giới tự nhiên. Hi vọng rằng sách sẽ góp phần giúp các em nhận biết được rõ hơn năng lực và sở trường của bản thân để bắt đầu định hướng nghề nghiệp, có kế hoạch học tập nhằm đáp ứng các yêu cầu hướng nghiệp của mình.

CÁC TÁC GIẢ

**Đoàn văn Doanh - THPT Nam Trực - Nam Định**  
Group: TÀI LIỆU VẬT LÝ CT GDPT 2018

# MỤC LỤC

	Trang
<b>HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG SÁCH</b>	2
<b>LỜI NÓI ĐẦU</b>	3
<b>CHUYÊN ĐỀ I. TRƯỜNG HẤP DẪN</b>	5
Bài 1. Trường hấp dẫn	6
Bài 2. Cường độ trường hấp dẫn	15
Bài 3. Thế hấp dẫn và thế năng hấp dẫn	19
<b>CHUYÊN ĐỀ II. TRUYỀN THÔNG TIN BẰNG SÓNG VÔ TUYẾN</b>	26
Bài 4. Biến điệu	27
Bài 5. Tín hiệu tương tự và tín hiệu số	34
Bài 6. Suy giảm tín hiệu	39
<b>CHUYÊN ĐỀ III. MỞ ĐẦU ĐIỆN TỬ HỌC</b>	43
Bài 7. Cảm biến	44
Bài 8. Bộ khuếch đại thuật toán và thiết bị đầu ra	49
Bài 9. Mạch điện ứng dụng đơn giản có sử dụng thiết bị đầu ra	54
Bảng giải thích một số thuật ngữ	59

## CHUYÊN ĐỀ I

# TRƯỜNG HẤP DẪN

Trái Đất chuyển động quanh Mặt Trời. Mặt Trăng chuyển động quanh Trái Đất. Vậy lực nào giữ chúng chuyển động như vậy? Đặc điểm của lực đó như thế nào?

### NỘI DUNG

- Trường hấp dẫn.
- Cường độ trường hấp dẫn.
- Thế hấp dẫn và thế năng hấp dẫn.



Mặt Trời giữ được các hành tinh quay xung quanh là do có trường hấp dẫn của Mặt Trời tác dụng lực hấp dẫn lên các hành tinh này.

Vậy, trường hấp dẫn là gì?



## I. LỰC HẤP DẪN CỦA TRÁI ĐẤT

Ném còn là trò chơi dân gian vào các dịp lễ, Tết của một số đồng bào ở vùng núi phía Bắc nước ta. Người chơi quay quả còn để nó có tốc độ ban đầu, sau đó buông tay ra để ném quả còn lên cao. Nếu quả còn bay qua hình tròn trên cây cọc thì người chơi giành chiến thắng.



Hình 1.1. Trò chơi dân gian ném còn vào các dịp lễ, Tết.



Để ném được quả còn bay qua được hình tròn trên cây cọc thì người chơi phải ném xiên hay ném ngang quả còn?

KẾT NỐI TRI THỨC  
VỚI CUỘC SỐNG



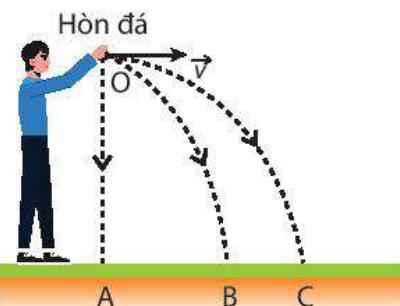
Nêu ví dụ chứng tỏ tồn tại lực hấp dẫn của Trái Đất.

## II. LỰC HẤP DẪN

Ở gần mặt đất, khi thả một viên đá thì nó sẽ rơi xuống mặt đất và khi ném viên đá ra xa thì nó cũng vẫn rơi xuống mặt đất (Hình 1.2).



- Khi thả viên đá ở Hình 1.2 tại sao viên đá luôn rơi về phía mặt đất?
- Nêu đặc điểm của lực hút viên đá rơi về phía Trái Đất?



Hình 1.2. Mô tả viên đá rơi khi thả và khi ném

Nhà bác học Isaac Newton (I-xắc-Niu-ton) là người phát hiện ra lực làm cho viên đá rơi xuống mặt đất có cùng bản chất với lực giữ cho Mặt Trăng quay quanh Trái Đất và lực giữ cho các hành tinh quay quanh Mặt Trời.

Năm 1665, khi mới 23 tuổi, Isaac Newton đã khai quật: mọi vật trong vũ trụ đều hút nhau với một lực, gọi là lực hấp dẫn.

Dựa vào kết quả quan sát vị trí các hành tinh của Tycho Brahe (Ti-khô Bờ-ra-hê) (1546-1601), Johannes Kepler (Giô-han Kê-ple) đã đưa ra ba định luật mô tả chuyển động của các hành tinh trong Hệ Mặt Trời.

Dựa vào quy luật chuyển động của các hành tinh trong Hệ Mặt Trời do nhà bác học Johannes Kepler tìm ra, Isaac Newton đã xác định được lực hấp dẫn và phát biểu như sau:

Hai vật tương tác lẫn nhau với một lực tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng và tỉ lệ thuận với tích khối lượng hai vật.

Giả sử có hai vật là A và B, có khối lượng lần lượt là  $m_1$  và  $m_2$ , cách nhau một khoảng  $r$  thì lực hấp dẫn giữa hai vật có độ lớn tỉ lệ với tích  $m_1 m_2$  và tỉ lệ nghịch với  $r^2$  (Hình 1.3).

$$F_{\text{hấp dẫn}} \text{giữa vật A và vật B} \sim \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Thay dấu tỉ lệ bằng dấu bằng thì cần nhân thêm với hằng số G, khi đó biểu thức độ lớn của lực hấp dẫn là:

$$F_{\text{hd}} = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (1.1)$$

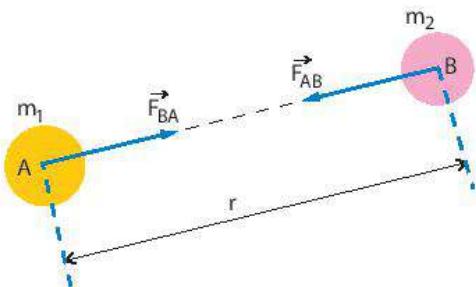
Trong đó  $m_1, m_2$  có đơn vị là ki-lô-gram (kg);  $r$  có đơn vị là mét (m) và  $F_{\text{hd}}$  có đơn vị là niu-ton (N) thì hằng số G có đơn vị là  $\frac{\text{Nm}^2}{(\text{kg})^2}$ , gọi là hằng số hấp dẫn.



Biểu thức 1.1 được áp dụng trong điều kiện nào?

Nếu xác định được giá trị của G, biết được khối lượng của hai vật và khoảng cách giữa chúng thì có thể tính được độ lớn của lực hấp dẫn giữa hai vật đó theo biểu thức (1.1).

Biểu thức (1.1) tính độ lớn của lực hấp dẫn chỉ đúng khi hai vật A, B là hình cầu có khối lượng phân bố đồng đều hoặc có bán kính rất nhỏ so với khoảng cách giữa hai vật. Khi đó, khối lượng của vật được xem như tập trung ở tâm của nó.



Hình 1.3. Biểu diễn lực hấp dẫn tương tác giữa hai vật A và B.  
 $\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$



Hình 1.4. Lực tương tác giữa Mặt Trăng và Trái Đất có bản chất như lực tương tác giữa Trái Đất và viên đá trên Trái Đất.

-  1. Biểu diễn lực hấp dẫn giữa Trái Đất và quả bóng trong các trường hợp quả bóng ở các vị trí khác nhau như Hình 1.5.
2. Nếu nhận xét về độ lớn, phương, chiều của lực ở các vị trí trên?



Hình 1.5

Giá trị của hằng số G do nhà bác học Cavendish (Ca-ven-di-so) đo đạc được chỉ sai khác khoảng 1% so với giá trị của G mà các thí nghiệm chính xác hơn sau này đo đạc được là

$$G = 6,68 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{(\text{kg})^2}.$$

Hằng số hấp dẫn G có giá trị rất nhỏ, do đó lực hấp dẫn giữa các vật có khối lượng bình thường trong đời sống có giá trị vô cùng nhỏ, nên ta không cảm nhận được lực hấp dẫn giữa chúng.

-  1. Hãy biểu diễn lực hấp dẫn giữa quả táo đang rơi xuống mặt đất và Trái Đất. Tại sao ta không quan sát thấy Trái Đất rơi về phía quả táo?
2. Trình bày cách tính lực hấp dẫn giữa quả táo và Trái Đất khi biết khối lượng quả táo mà không áp dụng biểu thức 1.1.

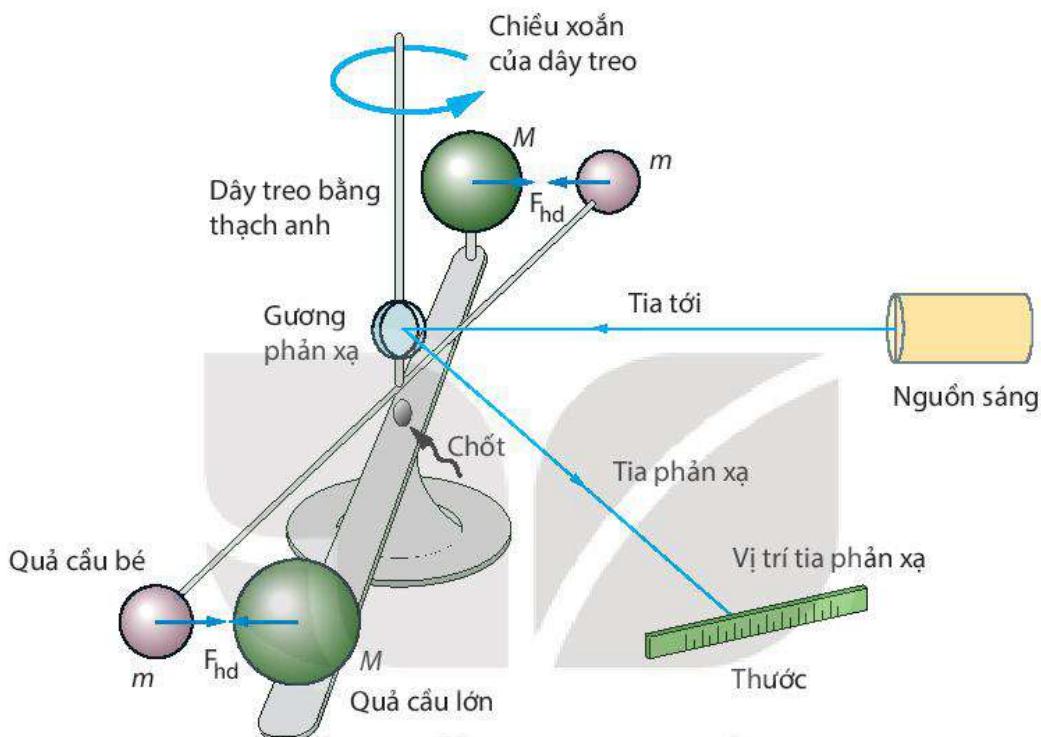


1. Nêu cách biểu diễn lực hấp dẫn giữa hai chất điểm.
2. Tính lực hấp dẫn giữa hai cầu giống nhau, khối lượng mỗi quả cầu là 3 kg, có bán kính 10 cm, tâm của hai quả cầu đặt cách nhau là 80 cm.  
So sánh lực hấp dẫn của hai quả cầu trên với trọng lực của chúng. Giải thích tại sao hai lực này lại có độ lớn khác nhau.

Dựa vào lực hấp dẫn, các nhà thiên văn đã dự đoán các chu kỳ nhật thực, nguyệt thực và tìm được thêm các hành tinh chưa biết trong Hệ Mặt Trời.

**EM CÓ BIẾT**

Hơn một thế kỷ sau khi phát hiện ra định luật hấp dẫn của Newton, nhà bác học Henry Cavendish mới tìm được độ lớn của hằng số hấp dẫn  $G$  bằng thí nghiệm gồm sợi dây thạch anh có gắn gương phản xạ và một thanh ngang có gắn hai quả cầu nhỏ giống nhau, đặt cạnh hai quả cầu lớn có khối lượng gần bằng 160 kg và bán kính 23 cm (Hình 1.6).



Hình 1.6. Mô hình mô tả nguyên tắc hoạt động của thí nghiệm đo hằng số hấp dẫn  $G$  của nhà bác học Cavendish (1731 – 1810).

Khi chiếu ánh sáng vào gương sẽ thu được vị trí của tia phản xạ trên thước, lực hấp dẫn xuất hiện giữa quả cầu lớn và quả cầu nhỏ sẽ làm quả cầu nhỏ dịch lại gần quả cầu lớn, dây treo bị xoắn lại, vị trí tia phản xạ sẽ thay đổi, từ đó tính được góc xoắn của dây treo và tính được giá trị của  $G$ .

### III. TRƯỜNG HẤP DẪN

Các vật có khối lượng luôn tương tác hấp dẫn với nhau bằng lực hấp dẫn giữa chúng nên xung quanh vật có khối lượng có trường hấp dẫn.

Trường hấp dẫn của vật này sinh ra lực hấp dẫn tương tác lên vật khác đặt trong nó.

Ở lớp 10 chúng ta đã biết trên Trái Đất, mọi vật đều chịu tác dụng của trọng lực là lực hấp dẫn giữa vật và Trái Đất. Trọng lực là trường hợp riêng của lực hấp dẫn.

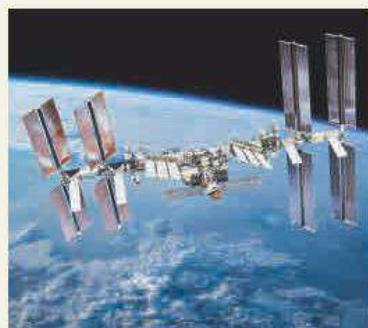


Dựa vào các hiện tượng dưới đây, hãy thảo luận để chứng tỏ mọi vật có khối lượng đều tạo ra một trường hấp dẫn xung quanh nó.



Hình 1.7. Vận động viên nhảy dù đang rơi.

Nhảy dù là môn thể thao mà vận động viên nhảy ra khỏi máy bay đang bay ở độ cao hàng ngàn mét. Khi vận động viên rời khỏi máy bay thì sẽ rơi xuống Trái Đất.



Hình 1.8. Trạm vũ trụ quay quanh Trái Đất.

Vệ tinh là vật quay quanh các hành tinh. Trong Hệ Mặt Trời, Thuỷ tinh, Kim tinh không có vệ tinh tự nhiên. Trái Đất chỉ có một vệ tinh tự nhiên là Mặt Trăng và rất nhiều vệ tinh nhân tạo do con người phóng lên. Trạm vũ trụ cũng là vệ tinh nhân tạo.



Hệ Mặt Trời

Hình 1.9. Hệ Mặt Trời quay quanh tâm Ngân Hà của chúng ta.

Ngân Hà là hệ gồm nhiều ngôi sao và bụi quay quanh tâm của của nó. Tâm Ngân Hà có khối lượng vô cùng lớn.

Trường hấp dẫn là trường lực được tạo ra bởi vật có khối lượng.

Trên Trái Đất, hiện tượng thuỷ triều là do sự tác động của trường hấp dẫn do Trái Đất, Mặt Trăng và Mặt Trời gây ra.



## KẾT NỐI TRI THỨC

1. Nhận xét vị trí của Mặt Trăng và Mặt Trời với Trái Đất khi có triều cường và triều thấp.
2. Dựa vào hiện tượng thuỷ triều lùn xuống, hãy chứng tỏ trường hấp dẫn là dạng vật chất tồn tại quanh một vật có khối lượng và tác dụng lực hấp dẫn lên vật có khối lượng đặt trong nó.
3. Nhận tác động của triều cường đối với đời sống của người dân.

Trường hấp dẫn của các ngôi sao rất lớn có thể hút các đám bụi xoay quanh tạo thành các hành tinh chuyển động quanh nó như Hệ Mặt Trời của chúng ta. Nếu hai ngôi sao ở gần nhau thì trường hấp dẫn của chúng sinh ra lực hút lẫn nhau, tạo thành cặp sao đôi.

Hiện tượng sao đôi là một cặp ngôi sao luôn quay quanh nhau nhờ trường hấp dẫn của chúng.



Hình 1.10. Cặp sao đôi Albiero trong chòm sao Thiên Nga

?

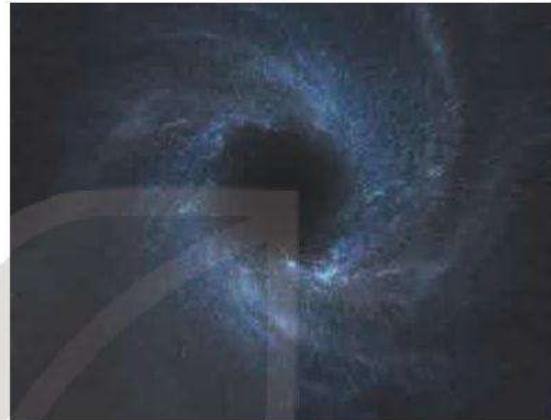
Sao đôi rất quan trọng trong vật lí thiên văn, quan sát quỹ đạo của sao đôi giúp xác định khối lượng của chúng. Hãy tìm hiểu để nêu các cách phân loại sao đôi?

Như vậy, trường hấp dẫn là dạng vật chất tồn tại quanh một vật có khối lượng và tác dụng lực hấp dẫn lên vật có khối lượng đặt trong nó.

### EM CÓ BIẾT

Hệ Mặt Trời của chúng ta đang quay quanh tâm Ngân Hà với tốc độ xấp xỉ 800 000 km/h gấp hơn 7 lần tốc độ chuyển động của Trái Đất quanh Mặt Trời. Ngân Hà chứa Hệ Mặt Trời của chúng ta cũng đang quay quanh một Thiên Hà với chu kì khoảng 250 triệu năm.

Tâm Ngân Hà là vật có khối lượng vô cùng lớn, tạo ra trường hấp dẫn rất lớn để Hệ Mặt Trời, các ngôi sao và bụi phải quay quanh nó, nhưng Thiên Hà của chúng ta cũng chỉ là một phần rất nhỏ của dải Thiên Hà. Trong vũ trụ, có đến hàng trăm tỉ Thiên Hà khác nhau.



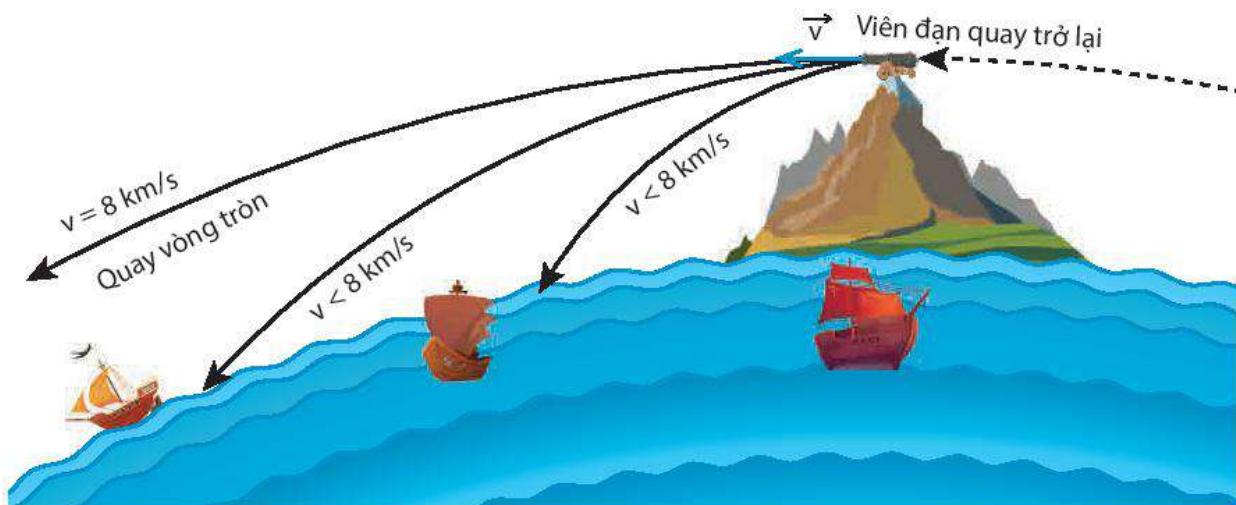
Hình 1.11. Mô phỏng hố đen ở tâm Thiên Hà

Tâm Thiên Hà là hố đen, là vật siêu khối lượng, tạo ra trường hấp dẫn mạnh tới mức hút hết cả ánh sáng vào trong hố đen, nên chúng ta không thể nhận được ánh sáng từ tâm Thiên Hà phát ra để quan sát chúng.

### KẾT NỐI TRI THỨC VỚI CUỘC SỐNG

#### IV. CHUYỂN ĐỘNG CỦA VẬT TRONG TRƯỜNG HẤP DẪN CỦA TRÁI ĐẤT

Năm 1687, trong cuốn sách “Những nguyên lý toán học của triết học tự nhiên” Newton đã trình bày thí nghiệm tưởng tượng về bắn viên đạn đại bác trên đỉnh núi với các vận tốc ban đầu khác nhau (Hình 1.12).



Hình 1.12



Giả sử đỉnh núi trong thí nghiệm tưởng tượng của Niu-ton có độ cao là 300 m, bán kính và khối lượng của Trái Đất lần lượt là 6 400 km và  $6 \cdot 10^{24}$  kg. Hãy xác định:

1. Gia tốc do lực hấp dẫn của Trái Đất gây ra cho viên đạn bắn ra.
2. So sánh lực hấp dẫn của Trái Đất tác dụng lên viên đạn với lực hướng tâm của nó khi viên đạn chuyển động tròn?

Chúng ta đã biết, khi vật rơi trên bề mặt Trái Đất mà chỉ chịu tác dụng của trọng lực thì nó sẽ rơi tự do.

Trọng lực tác dụng lên vật chính là lực hấp dẫn giữa Trái Đất và vật, có điểm đặt ở trọng tâm của vật.

Trọng lượng của vật là độ lớn lực hút của Trái Đất tác dụng lên vật.

Khi thả vật có khối lượng  $m$  ở độ cao  $h$  so với mặt đất, nếu lực cản không đáng kể thì vật sẽ rơi với gia tốc  $g$ .

Theo định luật II Newton ta có:

$$\vec{P} = m\vec{g}$$

Lực này chính là lực hấp dẫn do tương tác giữa vật và Trái Đất, nên:

$$\vec{P} = \vec{F}_{\text{hấp dẫn giữa vật và Trái Đất}}$$

$$\text{Suy ra: } mg = G \frac{mM_{TD}}{r^2} = G \frac{mM_{TD}}{(h+R)^2}$$

Trong đó,  $R$  và  $M_{TD}$  lần lượt là bán kính và khối lượng của Trái Đất.

$$\text{Ta có: } g = \frac{GM_{TD}}{(h+R)^2} \quad (1.2)$$



Từ biểu thức (1.2) hãy chứng tỏ rằng, tại mỗi vị trí ở gần bề mặt của Trái Đất trong một phạm vi không lớn thì  $g$  là hằng số. Tính giá trị của  $g$  khi đó.

Giá trị  $g_0 \approx 9,81 \text{ m/s}^2$  đã biết do đo được bằng thực nghiệm trong chuyển động rơi tự do của vật, từ đó ta có thể tính được khối lượng của Trái Đất theo biểu thức:

$$M_{TD} = \frac{g_0 R^2}{G}$$

Do đó, thí nghiệm xác định hằng số hấp dẫn  $G$  của nhà bác học Cavendish còn được gọi là phép cân Trái Đất.

Từ biểu thức (1.2) ta rút ra được biểu thức gia tốc rơi tự do phụ thuộc độ cao như sau:

$$g_h = g_0 \frac{R^2}{(h+R)^2} = \frac{g_0}{\left(1 + \frac{h}{R}\right)^2} \quad (1.3)$$

Từ biểu thức (1.3) cho thấy, càng lên cao thì gia tốc rơi tự do càng giảm.



Tính gia tốc rơi tự do của vật ở các độ cao khác nhau như mô tả trong bảng sau:

Vị trí vật rơi	Độ cao so với mặt nước biển (km)	Gia tốc rơi tự do ( $m/s^2$ )
Đỉnh Fansipan	3,1	...
Đỉnh Everest	8,8	...

### EM ĐÃ HỌC

- Lực hấp dẫn giữa hai vật là hai hình cầu đồng chất hoặc hai chất điểm có độ lớn tỉ lệ thuận với tích khối lượng của hai vật và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa hai tâm của chúng.
- Lực hấp dẫn giữ các hành tinh chuyển động trên quỹ đạo quanh Mặt Trời, Mặt Trăng chuyển động quanh Trái Đất.
- Mọi vật có khối lượng đều tạo ra một trường hấp dẫn xung quanh nó.
- Trường hấp dẫn là trường lực được tạo ra bởi vật có khối lượng và trường hấp dẫn là dạng vật chất tồn tại quanh một vật có khối lượng và tác dụng lực hấp dẫn lên vật có khối lượng đặt trong nó.

### EM CÓ THỂ

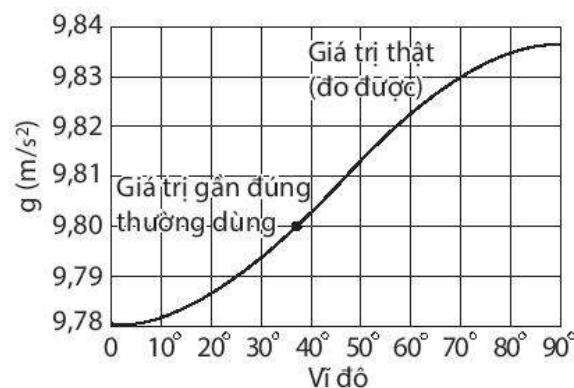
- Xác định được lực hấp dẫn của các hành tinh trong Hệ Mặt Trời với Mặt Trời.
- Tính được khối lượng Trái Đất dựa vào biểu thức tính lực hấp dẫn.
- Chứng tỏ sự tồn tại trường hấp dẫn của Trái Đất và trường hấp dẫn là trường lực được tạo ra bởi vật có khối lượng.
- Chứng tỏ được trường hấp dẫn là dạng vật chất tồn tại quanh một vật có khối lượng và tác dụng lực hấp dẫn lên vật có khối lượng đặt trong nó.
- Giải thích được tại mỗi vị trí ở gần bề mặt của Trái Đất, trong một phạm vi độ cao không lớn lắm, cường độ trường hấp dẫn của Trái Đất là hằng số.
- Giải thích sơ lược được quỹ đạo chuyển động của Mặt Trăng quanh Trái Đất và của các hành tinh xung quanh Mặt Trời.

**EM CÓ BIẾT**

Giá trị độ lớn gia tốc rơi tự do  $g$  cũng thay đổi theo vĩ độ do sự phân bố khối lượng của Trái Đất là không đồng nhất và ảnh hưởng của sự tự quay quanh trục Bắc-Nam của nó. Giá trị của gia tốc rơi tự do thay đổi theo vĩ độ được mô tả như Hình 1.13.

Biểu thức 1.1 được áp dụng trong trường hợp hai vật ở cách xa nhau coi như hai chất điểm hoặc hai vật có dạng hình cầu, khối lượng phân bố đồng nhất. Đối với Trái Đất của chúng ta, có khối lượng phân bố không đồng nhất, có những vùng đại dương, đồi núi, dưới vỏ Trái Đất có thể có mỏ dầu, mỏ quặng,... nên trọng lực ở những vùng đó sẽ thay đổi. Dựa vào đặc điểm này, các nhà khoa học đã tìm ra phương pháp thăm dò trọng lực (Gravimetry) để nghiên cứu cấu trúc địa chất của vỏ Trái Đất.

Ngày nay, người ta đã phát minh ra máy đo trọng lực với độ chính xác cao, có thể đặt trên đất liền, trên máy bay, tàu biển để đo những thay đổi cực nhỏ gây ra bởi các cấu trúc địa chất gần đó, hoặc của hình dạng của Trái Đất, và đo các biến động thuỷ triều dựa vào lực hấp dẫn (Hình 1.14). Từ đó, người ta xác định được bản đồ trọng lực của Trái Đất.



Hình 1.13. Giá trị gia tốc rơi tự do ở gần mặt đất tại các vĩ độ khác nhau



Hình 1.14. Máy đo trọng lực

TRÍ THỨC  
VỚI CUỘC SỐNG



Trong trường hấp dẫn gần mặt đất, đối với cùng một vật thì lực hấp dẫn tác dụng lên nó có độ lớn khác nhau là do cường độ trường hấp dẫn ở những điểm đặt vật khác nhau. Vậy cường độ trường hấp dẫn là gì, được xác định như thế nào?

## I. KHÁI NIỆM CƯỜNG ĐỘ TRƯỜNG HẤP DẪN

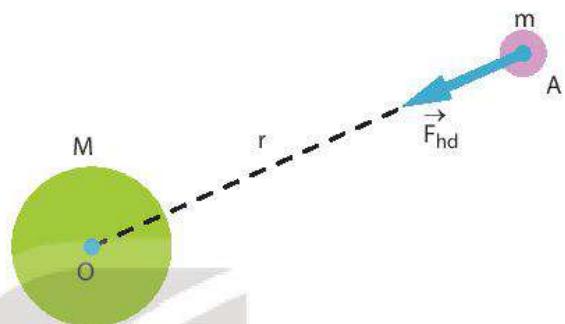
Xét vật có khối lượng  $M$  đặt tại điểm  $O$ . Nếu đặt vật có khối lượng  $m$  tại điểm  $A$ , cách điểm  $O$  một khoảng  $r$ , thì lực hấp dẫn tác dụng lên vật  $m$  có hướng như Hình 2.1, có độ lớn là

$$F_{hd} = G \frac{Mm}{r^2} \quad (2.1)$$

Lực hấp dẫn do vật có khối lượng  $M$  tác dụng lên vật có khối lượng  $m$  càng lớn thì trường hấp dẫn do vật khối lượng  $M$  gây ra tại điểm  $A$  đặt vật có khối lượng  $m$  có cường độ càng lớn.

Đại lượng  $\frac{\vec{F}_{hd}}{m}$  (2.2) không phụ thuộc vào việc đặt các vật có khối lượng  $m$  tại điểm  $A$ , mà chỉ phụ thuộc vào khối lượng  $M$  của vật gây ra trường hấp dẫn tại điểm  $A$ , gọi là cường độ trường hấp dẫn của vật có khối lượng  $M$  gây ra tại điểm  $A$ , kí hiệu là  $\vec{g}$ .

Cường độ trường hấp dẫn là đại lượng đặc trưng cho trường hấp dẫn về phương diện tác dụng lực lên các vật có khối lượng đặt trong trường hấp dẫn.



Hình 2.1. Biểu diễn lực hấp dẫn của vật  $M$  tác dụng lên vật  $m$



Nêu khái niệm cường độ trường hấp dẫn.

## II. CƯỜNG ĐỘ TRƯỜNG HẤP DẪN

### 1. Biểu thức cường độ trường hấp dẫn

Từ biểu thức (2.1) và (2.2) ta có:

$$g = \frac{GM}{r^2} \quad (2.3)$$

Biểu thức (2.3) là biểu thức tính cường độ trường hấp dẫn. Trong đó,  $G$  là hằng số hấp dẫn,  $M$  là khối lượng của vật và  $r$  là khoảng cách từ điểm ta xét tới tâm của vật.



Từ khái niệm cường độ trường hấp dẫn hãy rút ra biểu thức tính cường độ trường hấp dẫn tại một điểm bên ngoài quả cầu đối với các vật có dạng hình cầu đồng chất và nêu đơn vị của cường độ trường hấp dẫn.

Lực hấp dẫn tác dụng lên vật có khối lượng  $m$  đặt tại một điểm trong trường hấp dẫn có cường độ  $\vec{g}$  được xác định bằng biểu thức  $\vec{F}_{hd} = m\vec{g}$ .

**Bảng 2.1.** Độ lớn cường độ trường hấp dẫn ở gần bề mặt của một số thiên thể trong hệ Mặt Trời

Thiên thể	Cường độ trường hấp dẫn (N/kg)
Thủy tinh	3,70
Kim tinh	8,87
Trái Đất	9,81
Hoả tinh	3,71
Mộc tinh	24,79
Thổ tinh	10,44



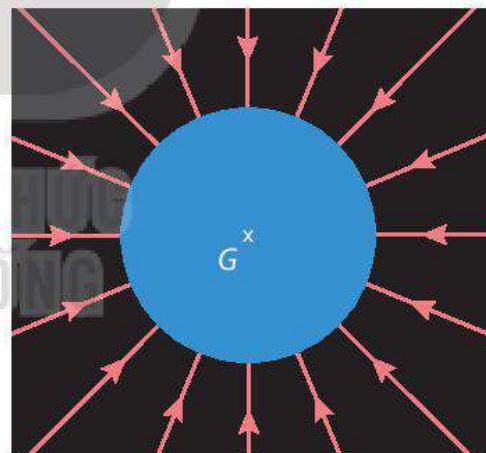
Tính tỉ số giữa cường độ trường hấp dẫn do Trái Đất gây ra tại một điểm ở tâm Mặt Trăng và cường độ trường hấp dẫn của Mặt Trăng gây ra tại một điểm ở tâm Trái Đất. Biết bán kính Trái Đất bằng 3,67 lần bán kính Mặt Trăng. Giải thích tại sao lực hấp dẫn giữa Trái Đất và Mặt trăng bằng lực hấp dẫn giữa Mặt Trăng và Trái Đất nhưng tỉ số trên lại khác 1.

## 2. Đường sức trường hấp dẫn

Tại mỗi điểm trong trường hấp dẫn do vật có khối lượng  $M$  gây ra đều có cường độ trường hấp dẫn, biểu diễn bằng vectơ  $\vec{g}$  có điểm đặt tại điểm đang xét và hướng vào tâm của vật có khối lượng  $M$ .

Đặt vật có khối lượng  $m$  tại điểm bất kì trong trường hấp dẫn này, vật sẽ chịu tác dụng của lực hấp dẫn và chuyển động hướng vào tâm vật có khối lượng  $M$ . Quỹ đạo chuyển động của vật  $m$  trùng với đường sức của trường hấp dẫn của các vật hình cầu.

Các đường sức biểu diễn trường hấp dẫn là các đường thẳng đi từ vô cùng hướng vào tâm của vật (Hình 2.2).

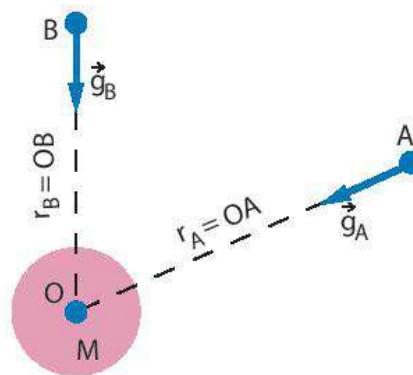


Hình 2.2. Biểu diễn đường sức trường hấp dẫn

Tại các điểm  $A$  và  $B$  trong trường hấp dẫn do vật có khối lượng  $M$  đặt tại điểm  $O$  gây ra (Hình 2.3) có cường độ trường hấp dẫn là

$$g_A = \frac{GM}{r_A^2} \text{ và } g_B = \frac{GM}{r_B^2}$$

Những nón đường thẳng đi từ vô cùng qua  $A$  đến  $O$ , qua  $B$  đến  $O$  là những đường sức của trường hấp dẫn của vật có khối lượng  $M$  đặt tại  $O$ .

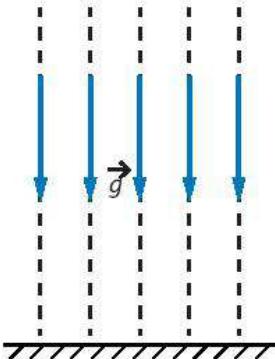


Hình 2.3. Biểu diễn vectơ cường độ trường hấp dẫn

Vì cường độ trường hấp dẫn tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa vật và điểm đang xét, do đó, càng gần vật thì cường độ trường hấp dẫn càng lớn nên biểu diễn đường sức có mật độ càng dày, càng xa vật thì cường độ đường sức càng bé nên biểu diễn đường sức có mật độ càng mỏng.

Đối với các vật là hình cầu đồng nhất hoặc có khối lượng phân bố đối xứng cầu hoặc các vật có dạng hình cầu nhưng có khoảng cách giữa chúng vô cùng lớn so với bán kính của chúng thì khi xét trường hấp dẫn ở một điểm ngoài quả cầu, có thể xem khối lượng của quả cầu như tập trung ở tâm của nó.

Khi xét trong khoảng không gian nhỏ trong trường hấp dẫn có thể xem cường độ trường hấp dẫn trong khoảng không gian đó là không đổi, hay trường hấp dẫn đều trong đó. Đường sức trường hấp dẫn khi đó là các đường thẳng song song (Hình 2.4).



Hình 2.4. Trường hấp dẫn ở vùng không gian gần mặt đất

### III. CƯỜNG ĐỘ TRƯỜNG HẤP DẪN CỦA TRÁI ĐẤT

Trái Đất có thể xem là hình cầu đồng nhất nên khối lượng của nó coi như tập trung ở tâm khi xét trường hấp dẫn của nó ở ngoài bề mặt của Trái Đất.

Các điểm trên mặt cầu cách đều tâm Trái Đất có độ lớn cường độ trường hấp dẫn bằng nhau và tỉ lệ nghịch với bình phương bán kính mặt cầu nhưng có hướng khác nhau.

Độ lớn cường độ trường hấp dẫn của một điểm trên mặt cầu này là:

$$g = G \frac{M_{TD}}{(R+h)^2} \quad (2.4)$$

trong đó  $G = 6,68 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{(\text{kg})^2}$  là hằng số hấp dẫn và  $M_{TD} = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$  là khối lượng của Trái Đất,

$R$  là bán kính Trái Đất,  $h$  là độ cao tại điểm ta xét.

Chúng ta đã biết gia tốc rơi tự do tại điểm ở gần mặt đất ( $h=0$ ) được xác định:

$$g_0 = G \frac{M_{TD}}{R^2} = 9,81 \text{ m/s}^2 \quad (2.5)$$

Từ biểu thức (2.4) cho thấy tại những điểm trên mặt cầu đồng tâm với Trái Đất sẽ có cường độ trường hấp dẫn là không đổi và càng ra xa tâm Trái Đất thì cường độ trường hấp dẫn càng giảm.



1. Từ biểu thức (2.4) và (2.5) chứng tỏ khi xét ở vị trí gần mặt đất có độ cao  $h$  rất nhỏ hơn so với  $R$  thì cường độ trường hấp dẫn  $g$  bằng hằng số. Xác định giá trị cường độ trường hấp dẫn đó.
2. Từ kết quả thu được ở câu 1 hãy chứng tỏ rằng: Lực hấp dẫn của Trái Đất tác dụng lên các vật ở gần mặt đất có độ lớn  $\vec{F}_{hd} = m\vec{g}$ , lực này luôn hướng về tâm của Trái Đất.

**EM ĐÃ HỌC**

- Cường độ trường hấp dẫn là đại lượng vectơ, đặc trưng cho trường hấp dẫn về phương diện tác dụng lực, ở gần mặt đất, độ lớn cường độ trường hấp dẫn của Trái Đất bằng hằng số. Đơn vị cường độ trường hấp dẫn là N/kg.
- Biểu thức tính cường độ trường hấp dẫn của những vật hình cầu đồng chất tại một điểm bên ngoài hình cầu là  $\mathbf{g} = \frac{GM}{r^2}$ .
- Đường sức của trường hấp dẫn của vật hình cầu là những đường thẳng từ vô cùng hướng vào tâm của vật hình cầu.

**EM CÓ THỂ**

- Xác định được cường độ trường hấp dẫn của Trái Đất, Mặt Trăng, Mặt Trời và các vật có dạng hình cầu đồng chất.
- Giải thích được cường độ trường hấp dẫn tại những điểm gần mặt đất có giá trị không đổi.

**EM CÓ BIẾT**

Trái Đất còn tự quay quanh trục Bắc – Nam của nó theo chiều từ tây sang đông, nên các vật trên bề mặt Trái Đất còn chịu lực quán tính li tâm tác dụng lên có độ lớn là  $F_{qt} = m\omega^2 r$ , trong đó  $\omega$  là tốc độ góc và  $r$  là bán kính quay của điểm đặt vật.

Khi các vật chuyển động tròn thì luôn có xu hướng thoát ra xa tâm quay của nó là do có lực quán tính li tâm. Lực này có độ lớn bằng độ lớn của lực hướng tâm nhưng hướng ra xa tâm của vật chuyển động tròn.

Do đó, trọng lực tác dụng lên vật gần mặt đất là  $\bar{\mathbf{P}} = \bar{\mathbf{F}}_{hd} + \bar{\mathbf{F}}_{qt}$  và gia tốc rơi tự do của vật là:

$$\bar{\mathbf{g}}_0 = \frac{\bar{\mathbf{F}}}{m} = \bar{\mathbf{g}} + \frac{\bar{\mathbf{F}}_{qt}}{m}.$$

Vì giá trị  $\frac{F_{qt}}{m} \ll g$  nên ở gần mặt đất  $\bar{\mathbf{g}}_0 = \bar{\mathbf{g}}$ .



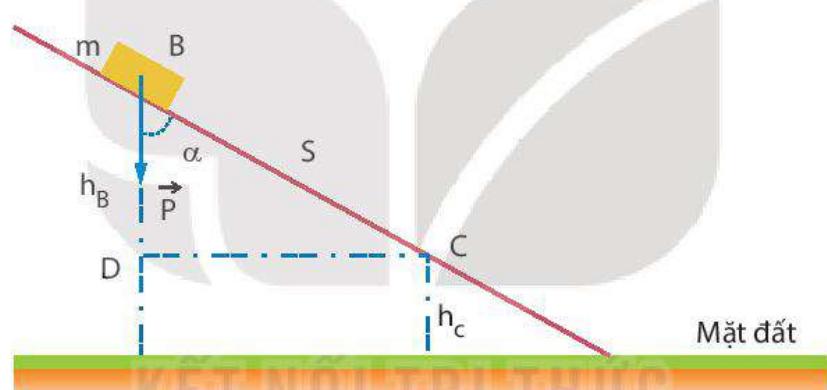
Nước ta ngày càng phóng nhiều vệ tinh lên quỹ đạo Trái Đất để giám sát khí hậu, rừng và phục vụ phát triển kinh tế xã hội. Vệ tinh viễn thông địa tĩnh đầu tiên nước ta phóng lên quỹ đạo Trái Đất vào năm 2008 là Vinasat -1, nặng 2637 kg, vệ tinh Vinasat-2 vào năm 2018, nặng 2969 kg. Vậy tại sao vệ tinh lại không rơi xuống Trái Đất?



Vệ tinh địa tĩnh Vinasat-2

## I. CÔNG CỦA TRỌNG LỰC

Xét vật có khối lượng  $m$  đặt ở điểm B gần mặt đất, có độ cao  $h_B$  sẽ dịch chuyển xuống điểm C có độ cao  $h_C$  dưới tác dụng của trọng lực  $P = mg$  như Hình 3.1.



Hình 3.1. Mô tả chuyển động của vật có khối lượng  $m$  dưới tác dụng của trọng lực.

Công của trọng lực làm dịch chuyển vật có khối lượng  $m$  từ điểm B đến điểm C là

$$A_{BC} = mgh_B - mgh_C \quad (3.1)$$

Khi điểm đầu và điểm cuối của vật ở cùng một độ cao so với mặt đất thì công của trọng lực bằng 0.

Như vậy, trọng lực sinh công và công này không phụ thuộc vào đoạn đường dịch chuyển (đoạn BC) mà chỉ phụ thuộc vào độ cao điểm đầu (điểm B) và độ cao điểm cuối (điểm C). Lực có đặc điểm như vậy gọi là lực thế và trường của lực đó gọi là trường thế.

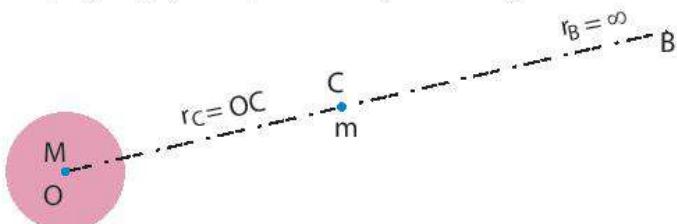
Lực hấp dẫn, lực đàn hồi, lực tĩnh điện cũng là lực thế. Công của lực hấp dẫn, lực đàn hồi, lực tĩnh điện cũng chỉ phụ thuộc vào điểm đầu và điểm cuối, không phụ thuộc vào hình dạng đường đi.



Lập luận để rút ra biểu thức (3.1).

## II. THẾ NĂNG HẤP DẪN

Xét vật có khối lượng  $M$  đặt tại điểm  $O$  trong không gian. Khi đó, cần thực hiện một công để di chuyển vật có khối lượng  $m$  ở điểm  $C$  cách điểm  $O$  một khoảng  $r_C = OC$  ra điểm  $B$  ở xa vô cùng (có thể xem  $r_B = \infty$  mà tại đó lực hấp dẫn của vật có khối lượng  $M$  tác dụng lên vật có khối lượng  $m$  bằng 0) thì công làm dịch chuyển vật có khối lượng  $m$  từ điểm  $C$  đến điểm  $B$  trong trường hấp dẫn gọi là thế năng hấp dẫn của vật có khối lượng  $m$  trong trường hấp dẫn do vật có khối lượng  $M$  gây ra tại điểm  $C$  (Hình 3.3).



Hình 3.3

**Trường trọng lực** chỉ là trường hợp riêng của trường hấp dẫn trong vũ trụ, nên lực hấp dẫn cũng là lực thế và trường hấp dẫn cũng là trường thế.

Khi xét những vị trí gần mặt đất, có trường hấp dẫn là trường đều, nên thế năng hấp dẫn được tính bằng biểu thức  $mgh$ . Vậy, tổng quát thì thế năng hấp dẫn của một vật phụ thuộc vào những đại lượng nào trong trường hấp dẫn?

Thế năng hấp dẫn đặc trưng cho năng lượng tương tác hấp dẫn giữa vật có khối lượng  $M$  và vật có khối lượng  $m$ .

Ta có:  $A_{BC} = W_B - W_C = -W_C$  ( $W_C$  là thế năng hấp dẫn tại điểm  $C$ ).

Thế năng hấp dẫn tại điểm  $C$  trong trường hấp dẫn do vật có khối lượng  $M$  sinh ra là công cần thực hiện để dịch chuyển một vật có khối lượng  $m$  từ điểm đó ra xa vô cùng

$$A_{\infty C} = W_C = -G \frac{mM}{r} \quad (3.2)$$

Trong đó,  $G$  là hằng số hấp dẫn và  $r$  là khoảng cách giữa hai vật.

### EM CÓ BIẾT

Thế năng hấp dẫn của Trái Đất đối với quả táo cũng bằng thế năng hấp dẫn của quả táo đối với Trái Đất.

## III. THẾ HẤP DẪN

Đại lượng  $\frac{W_C}{m}$  không phụ thuộc vào vật có khối lượng  $m$ , chỉ phụ thuộc vào vị trí của các điểm trong trường hấp dẫn và khối lượng vật sinh ra trường hấp dẫn, gọi là **thế hấp dẫn**, kí hiệu

$$\Phi = \frac{W_C}{m} = -G \frac{M}{r} \quad (3.3)$$

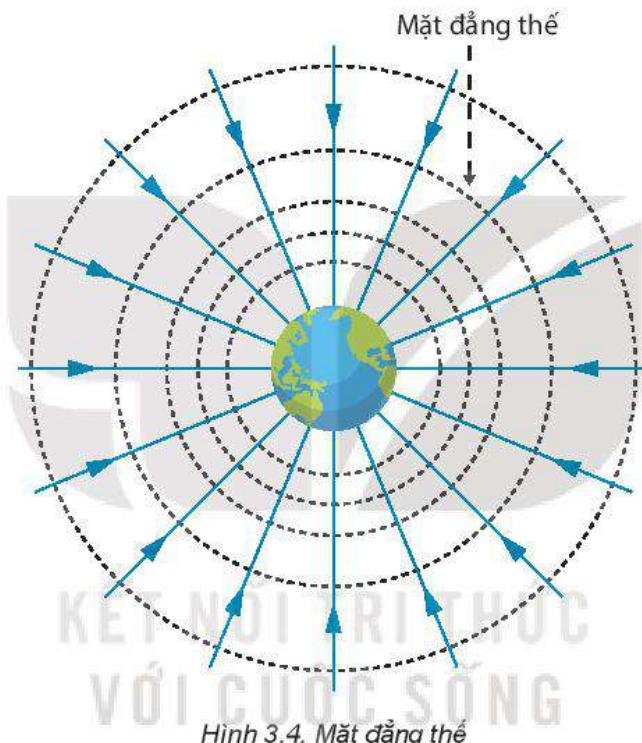
Đơn vị của thế hấp dẫn là J/kg.

Thế hấp dẫn tại một điểm bất kì trong trường hấp dẫn của một vật có khối lượng  $M$  gây ra là đại lượng đặc trưng cho khả năng tạo ra thế năng hấp dẫn cho các vật khác đặt tại điểm đó. Thế năng hấp dẫn của vật có khối lượng  $m$  đặt tại một điểm trong trường hấp dẫn được xác định là

$$W = m\Phi \quad (3.4)$$

### EM CÓ BIẾT

Từ biểu thức (3.3) cho thấy, mọi điểm cách tâm hấp dẫn một khoảng như nhau thì đều có cùng thế hấp dẫn. Tập hợp các điểm đó là các mặt cầu gọi là các mặt đẳng thế (Hình 3.4).



Hình 3.4. Mặt đẳng thế



1. Tính thế hấp dẫn tại một điểm ở bề mặt của Trái Đất và một điểm ở bề mặt của Mặt Trăng.
2. So sánh thế hấp dẫn do Trái Đất và Mặt Trăng gây ra tại trung điểm của đường nối tâm Trái Đất và tâm Mặt Trăng.
3. Chứng tỏ rằng đơn vị của thế hấp dẫn là  $\text{m}^2/\text{s}^2$ .

## IV. CHUYỂN ĐỘNG CỦA VỆ TINH ĐỊA TĨNH

### 1. Vệ tinh địa tĩnh

Các vệ tinh của Trái Đất không chuyển động theo qui đạo bất kì mà theo quỹ đạo xác định tùy thuộc vào chức năng của chúng mà độ cao so với mặt đất sẽ khác nhau.

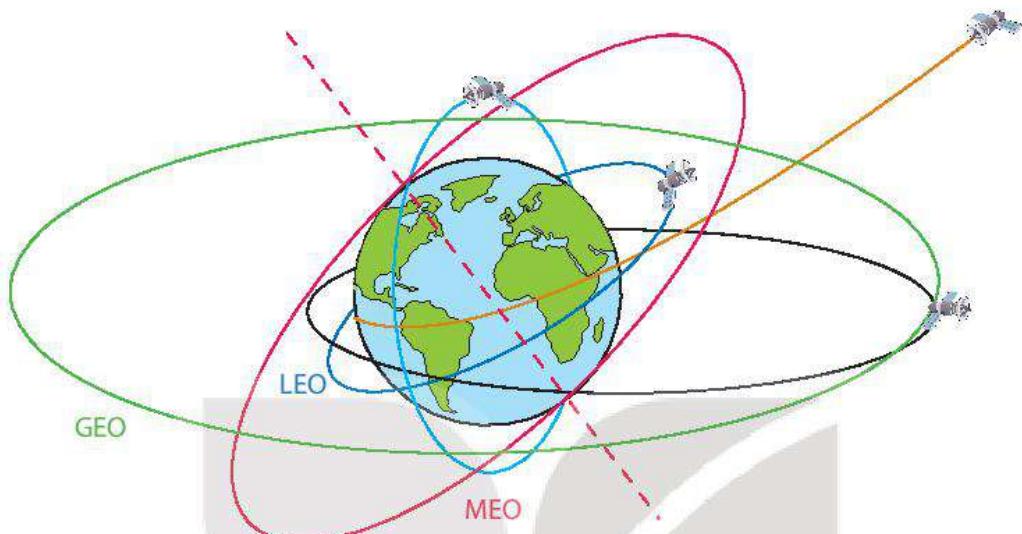
**EM CÓ BIẾT**

Quỹ đạo Trái Đất tầm thấp kí hiệu LEO: ở độ cao từ 200 km đến 2 000 km.

Quỹ đạo Trái Đất tầm trung kí hiệu ICO hay MEO: ở độ cao 2 000 km đến 35 786 km.

Quỹ đạo địa tĩnh kí hiệu GEO: cách xích đạo Trái Đất 35 786 km.

Quỹ đạo Trái Đất tầm cao kí hiệu HEO: ở độ cao từ trên 35 786 km.



Hình 3.5. Mô phỏng một số quỹ đạo của vệ tinh Trái Đất

Quỹ đạo địa tĩnh là quỹ đạo tròn ngay phía trên xích đạo Trái Đất (vĩ độ  $0^\circ$ ), các vị trí vệ tinh chỉ có thể khác nhau theo kinh độ. Tâm của quỹ đạo này là tâm Trái Đất với chu kì quay là 24 h (trùng với chu kì tự quay của Trái Đất), điều đó cho phép vệ tinh địa tĩnh nhìn thấy cùng một khu vực trên Trái Đất theo thời gian thực.

Với sự tiến bộ nhanh chóng của khoa học, từ lâu con người đã biết đưa vệ tinh nhân tạo vào vũ trụ để phục vụ nhân loại, mỗi vệ tinh có một mục đích sử dụng khác nhau, có vệ tinh dùng trong thông tin liên lạc, có vệ tinh dùng để quan sát Trái Đất, vệ tinh phục vụ định vị GPS,...



Hình 3.6. Hình mô phỏng sự phân bố vệ tinh theo các quỹ đạo Trái Đất. Vòng tròn to ngoài cùng là các vệ tinh trên quỹ đạo địa tĩnh.

**EM CÓ BIẾT**

Vệ tinh địa tĩnh thường được dùng để phục vụ việc dự báo thời tiết, thông tin liên lạc và giám sát mặt đất.

Việt Nam chúng ta đang dần làm chủ công nghệ chế tạo vệ tinh để phục vụ phát triển kinh tế và xã hội. Bắt đầu năm 2008, nước ta phóng vệ tinh viễn thông VINASAT-1 đồng thời chúng ta làm chủ được công nghệ chế tạo vệ tinh. Chúng ta chế tạo thành công vệ tinh PicoDragon, nặng 1 kg.



Hình 3.7. Một số vệ tinh của Việt Nam được đưa lên quỹ đạo Trái Đất trong giai đoạn 2013 – 2021

Nguồn: [https://vi.wikipedia.org/wiki/Danh\\_sách\\_các\\_vệ\\_tinh\\_của\\_Việt\\_Nam](https://vi.wikipedia.org/wiki/Danh_sách_các_vệ_tinh_của_Việt_Nam).



Tìm hiểu về vai trò của quỹ đạo địa tĩnh và các dự án vệ tinh của Việt Nam.

## 2. Tốc độ vũ trụ cấp 1



Vệ tinh nằm trong trường hấp dẫn của Trái Đất thì nó cần có vận tốc tối thiểu bao nhiêu để không rơi trở lại Trái Đất?

Áp dụng định luật II Newton cho vệ tinh với lực hấp dẫn đóng vai trò là lực hướng tâm:

$$\vec{F}_{hd} = \vec{F}_{ht}$$

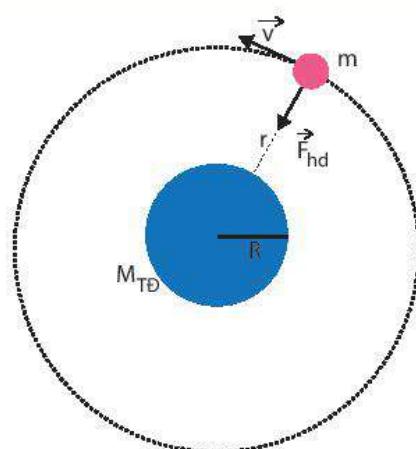
$$G \frac{m M_{TD}}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \Rightarrow v = \sqrt{G \frac{M_{TD}}{r}}$$

Gọi  $v_1$  là tốc độ khi bắt đầu phóng vệ tinh:

$$v_1 = \sqrt{\frac{GM_{TD}}{R}} = \sqrt{gR} \quad (3.5)$$

Thay các trị số vào có thể tính được:

$$v_1 = 7,9 \text{ km/s}, \text{ gọi là tốc độ vũ trụ cấp 1 của Trái Đất.}$$



Hình 3.8. Mô tả chuyển động quay của vệ tinh địa tĩnh

Tốc độ vũ trụ cấp 1 là tốc độ một vật cần có để nó chuyển động theo quỹ đạo tròn gần bề mặt của một hành tinh mà không bị rời bởi lực hấp dẫn của hành tinh đó.

?

Vận dụng biểu thức (3.5) để xác định vận tốc vũ trụ cấp 1 của Mặt Trăng, Trái Đất, Hoả tinh.

### EM CÓ BIẾT

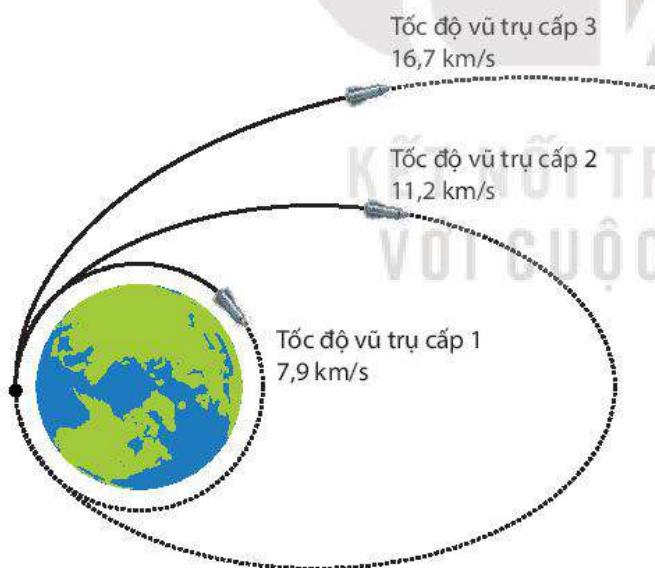
Theo định luật bảo toàn cơ năng, cơ năng toàn phần tại vị trí phóng bằng cơ năng toàn phần của vệ tinh khi nó đang ở trên quỹ đạo:

$$\frac{1}{2}mv_1^2 - G\frac{mM_{TD}}{R} = \frac{1}{2}mv^2 - G\frac{mM_{TD}}{r} \quad (*)$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}mv_1^2 - G\frac{mM_{TD}}{R} = \frac{1}{2}G\frac{mM_{TD}}{r} - G\frac{mM_{TD}}{r} \Rightarrow v_1 = \sqrt{GM_{TD}\left(\frac{2}{R} - \frac{1}{r}\right)}.$$

Vệ tinh bay gần bề mặt Trái Đất thì  $r \approx R$

$$v_1 = \sqrt{\frac{GM_{TD}}{R}} = \sqrt{gR}.$$



Hình 3.9. Minh họa vệ tinh của Mặt Trời khi vệ tinh được phóng với tốc độ vũ trụ cấp 2 từ Trái Đất.

Tốc độ vũ trụ cấp 2 là tốc độ tối thiểu để một vật thể vượt qua trường hấp dẫn của một vật trên Trái Đất và trở thành vệ tinh quay xung quanh Mặt Trời với quỹ đạo elip.

Từ biểu thức (\*), ta xét trường hợp vệ tinh bay xa Trái Đất hơn nhiều nên ta có:

$$\frac{2}{R} \gg \frac{1}{r}$$

Nên từ biểu thức (\*) ta thu được

$$v_2 = \sqrt{\frac{2GM_{TD}}{R}} = \sqrt{2gR}$$

Thay các trị số vào tính được tốc độ vũ trụ cấp 2 là 11,2 km/s.

**EM ĐÃ HỌC**

Thể hấp dẫn, thể năng hấp dẫn tại một điểm trong trường hấp dẫn, trọng lượng trong trường và phương trình thể hấp dẫn  $\Phi = -\frac{GM}{r}$ , phương trình thể năng hấp dẫn, công của trọng lực, công của lực thế.

**EM CÓ THỂ**

- Từ định luật II Newton và định luật bảo toàn năng lượng tính tốc độ vũ trụ cấp 1.
- Giải thích sơ lược chuyển động của vệ tinh địa tĩnh.

**EM CÓ BIẾT**

Từ hàng ngàn năm trước, con người đã bắt đầu quan sát chuyển động của các hành tinh và các ngôi sao và cho rằng Trái Đất là trung tâm vũ trụ. Đây là lí thuyết xuất phát từ nhà bác học người Hy Lạp Ptolemy (100 - 170 trước công nguyên). Lí thuyết này được chấp nhận trong suốt 1400 năm sau.

Mãi cho đến năm 1543, nhà bác học người Ba Lan Copernic (1473 - 1543) mới đưa ra một nhận định là Trái Đất và các hành tinh khác quay quanh Mặt Trời. Sau đó, vì khao khát muốn tìm ra quy luật sắp xếp của bầu trời, nhà bác học người Đan Mạch Tycho Brahe (1546 - 1601) đã miệt mài quan sát sự chuyển động của các hành tinh và 777 ngôi sao mà mắt thường có thể nhìn thấy. Nhờ dữ liệu này mà Johannes Kepler đã bỏ ra 16 năm trời để tìm ra mô hình toán học giải thích chuyển động của các hành tinh.

VỚI CUỘC SỐNG

## CHUYÊN ĐỀ II

# TRUYỀN THÔNG TIN BẰNG SÓNG VÔ TUYẾN

Để có thể truyền thông tin đi xa, ngoài việc sử dụng dây dẫn người ta có thể truyền bằng sóng vô tuyến. Vậy bằng cách nào có thể truyền được thông tin đi xa bằng sóng vô tuyến? Và khi truyền thì tín hiệu sẽ bị suy giảm như thế nào, ảnh hưởng gì đến chất lượng tín hiệu được truyền?

### NỘI DUNG

- Biến điệu.
- Tín hiệu tương tự và tín hiệu số.
- Suy giảm tín hiệu.

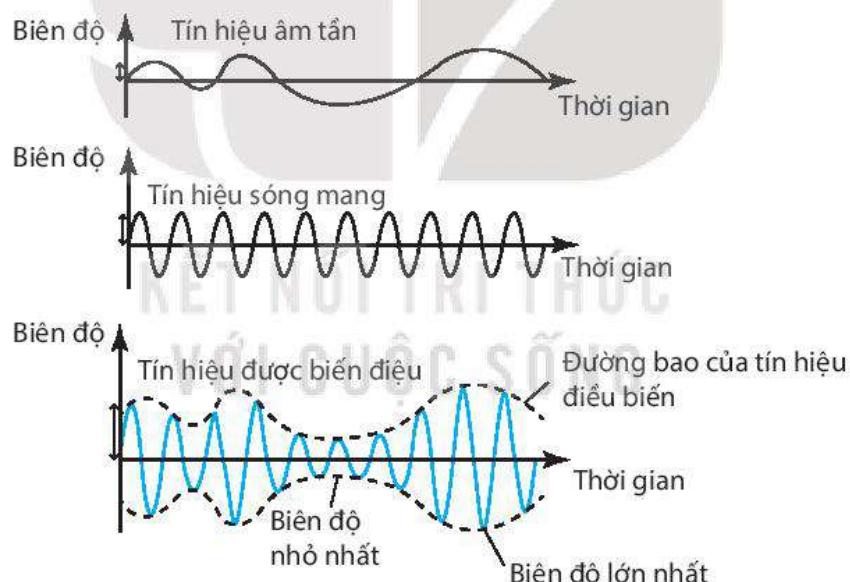


Các tín hiệu chứa thông tin cần truyền (như âm thanh, hình ảnh, video) thường có tần số rất thấp không thể truyền đi được một khoảng cách dài, vậy bằng cách nào người ta có thể truyền chúng đi xa?

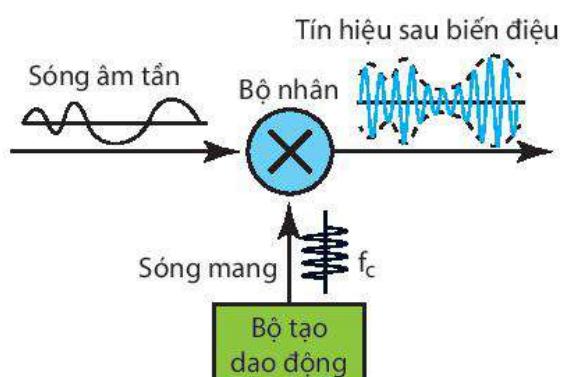
Để truyền tín hiệu đi xa chúng ta phải biến đổi nó thành sóng điện từ có tần số cao bằng cách trộn tín hiệu cần truyền với sóng điện từ có tần số cao. Quá trình này được gọi là biến điều. Như vậy, biến điều là quá trình sử dụng sóng điện từ có tần số cao (sóng mang) để mang (phát) các tín hiệu có tần số thấp (sóng âm tần). Có nhiều cách để biến điều đó là biến điều biên độ (Amplitude Modulation - AM), biến điều tần số (Frequency Modulation - FM) và biến điều pha (Phase Modulation - PM) của một tín hiệu sóng mang.

### I. BIẾN ĐIỆU BIÊN ĐỘ (AM)

Biến điều biên độ: là một kỹ thuật được sử dụng để truyền thông tin qua một sóng mang, biến độ của tín hiệu sóng mang thay đổi theo biến độ của sóng âm tần theo thời gian, tần số và pha của sóng mang được giữ nguyên không thay đổi.



Hình 4.1. Biến điều biên độ



Hình 4.2. Sơ đồ nguyên lý biến điều biên độ

Bộ nhân thực hiện việc nhân hai tín hiệu tương tự đầu vào để tạo ra một tín hiệu tương tự ở đầu ra. Biên độ của tín hiệu đầu ra là tích của hai biên độ tín hiệu đầu vào.

Hình 4.1 và 4.2 trình bày dạng tín hiệu và nguyên tắc làm việc của biến điệu AM. Tín hiệu âm tần chứa thông tin cần truyền, tín hiệu sóng mang được sử dụng để mang/phát tín hiệu âm tần đi xa. Trong tín hiệu được biến điệu, sóng âm tần chính là đường bao của sóng mang. Biến điệu AM thường được thực hiện bằng cách sử dụng một bộ nhân đơn giản bởi vì biên độ của sóng mang cần được thay đổi theo biên độ của sóng âm tần.

### EM CÓ BIẾT

Tín hiệu âm tần có thể lấy từ micro sau đó khuếch đại qua mạch khuếch đại âm tần, hoặc có thể lấy từ các thiết bị khác như đài cassette, đầu đĩa CD,... Tín hiệu cao tần, có tần số trên 30 kHz được tạo bởi mạch tạo dao động, tần số cao tần là tần số theo quy định của đài phát. Tín hiệu đầu ra là sóng mang có tần số bằng tần số cao tần, có biên độ thay đổi theo tín hiệu âm tần.



Trong biến điệu AM, đặc tính nào của sóng mang thay đổi, đặc tính nào giữ nguyên?

Hình 4.3 trình bày băng thông (dải tần số) do bằng hiệu của tần số cao nhất và tần số thấp nhất) của tín hiệu biến điệu AM. Biến điệu tạo ra một dải tần số  $B_{AM} = 2f_m$  gấp hai lần băng thông của tín hiệu âm tần và bao phủ toàn bộ vùng xung quanh của tần số sóng mang.

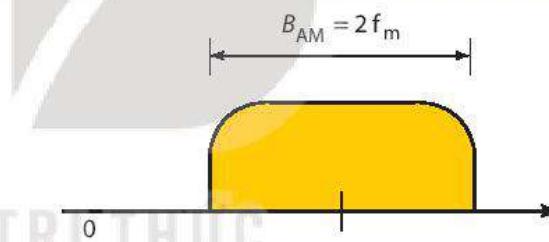
Trong đó:  $f_m$  là tần số cũng là băng thông của tín hiệu âm tần;  $f_c$  là tần số của tín hiệu sóng mang.

Mỗi tín hiệu biến điệu AM chiếm một băng thông nhất định có tần số trung tâm chính là tần số sóng mang  $f_c$ , mỗi một trạm thu phát phải sử dụng các tần số sóng mang khác nhau để tránh nhiễu/chồng lấp lên nhau. Do đó, việc phân chia và cấp phát các dải tần số là hết sức quan trọng.

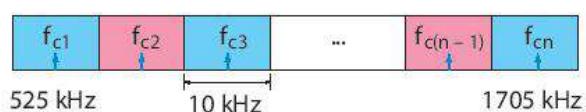
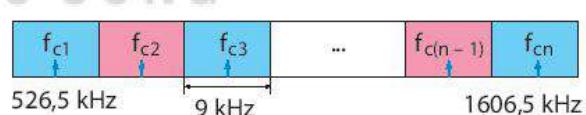
Theo tiêu chuẩn, băng thông của một tín hiệu audio (tiếng nói hoặc âm nhạc) thường từ 4 kHz đến 5 kHz, vì vậy theo Hình 4.3, một trạm Radio AM cần có băng thông từ 9 kHz đến 10 kHz.

Ở các nước châu Âu, châu Á sử dụng dải tần từ 526,5 kHz đến 1606,5 kHz cho phát thanh, khoảng cách mỗi kênh là 9 kHz. Còn ở các nước châu Mỹ sử dụng dải tần từ 525 kHz đến 1705 kHz, khoảng cách mỗi kênh là 10 kHz.

Các trạm AM có các tần số sóng mang nằm bất kì đâu trong dải này. Tuy nhiên, tần số sóng mang của mỗi trạm phải cách nhau ít nhất 9 kHz hoặc 10 kHz để tránh nhiễu. Hình 4.4 trình bày việc cấp phát băng tần cho phát thanh AM ở các khu vực khác nhau trên thế giới.



Hình 4.3. Băng thông của tín hiệu biến đổi



Hình 4.4. Cấp phát băng tần cho AM

?

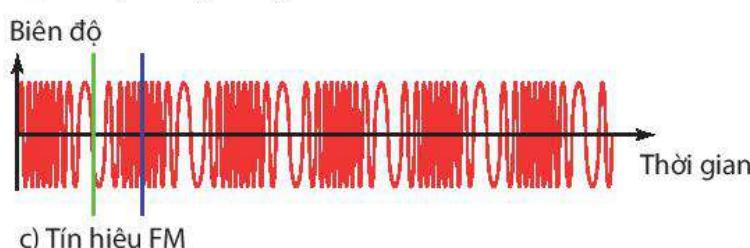
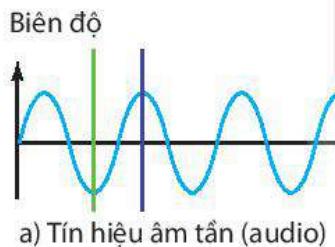
Trong dải tần số từ 526,5 kHz đến 1606,5 kHz (Hình 4.4) có bao nhiêu kênh radio AM? Tại cùng một thời điểm có bao nhiêu kênh được phép hoạt động?

## II. BIẾN ĐIỆU TẦN SỐ (FM)

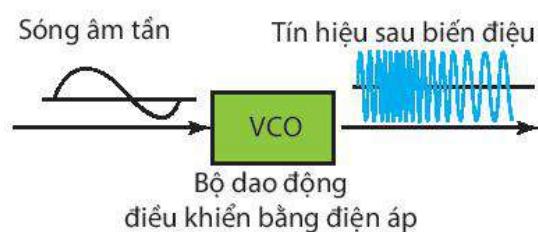
Biến điều tần số: là một kĩ thuật được sử dụng để truyền thông tin qua một sóng mang, tần số của tín hiệu sóng mang thay đổi theo biên độ của sóng âm tần, biên độ đỉnh và pha của tín hiệu sóng mang không thay đổi.

Hình 4.5 trình bày mối quan hệ giữa tín hiệu âm tần, tín hiệu sóng mang và tín hiệu FM sau khi biến điều. Tín hiệu âm tần chứa thông tin cần truyền, tín hiệu sóng mang được sử dụng để mang/phát tín hiệu âm tần đi xa.

Hình 4.6 trình bày sơ đồ nguyên lý của biến điều FM. Biến điều FM thường được thực hiện bằng việc sử dụng bộ dao động được điều khiển bằng điện áp (Voltage Controlled Oscillator - VCO). Đây là bộ dao động điện tử có tần số dao động được điều khiển bằng điện áp đầu vào. Tín hiệu tại đầu ra của bộ VCO có tần số thay đổi theo biên độ điện áp của tín hiệu đầu vào (tín hiệu âm tần) trên một dải tần số nhất định.

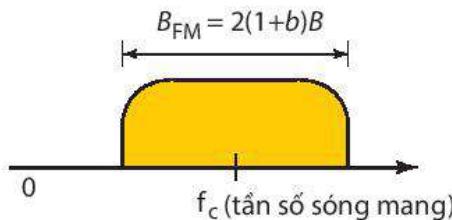


Hình 4.5. Biến điều tần số



Hình 4.6. Sơ đồ nguyên lý biến điều tần số

Hình 4.7 trình bày băng thông của tín hiệu FM. Băng thông thực tế thường khó xác định chính xác, nhưng theo kinh nghiệm nó có thể gấp vài lần băng thông của tín hiệu âm tần  $B_{FM} = 2(1+b)B$  với b là hệ số, phụ thuộc vào kĩ thuật biến điều. B là băng thông của tín hiệu âm tần.



Hình 4.7. Băng thông của tín hiệu tần số

Băng thông của tín hiệu audio phát theo kiểu âm thanh nổi (stereo) có độ rộng khoảng 15 kHz. Băng tần phát sóng FM nằm trong dải tần số rất cao (VHF) của phổ radio, từ 87,5 đến 108 MHz, được chia thành các kênh, mỗi kênh cách nhau một khoảng 100 kHz hoặc 200 kHz tùy thuộc vào quốc gia và vùng lãnh thổ (tại Việt Nam là 100 kHz). Nếu khoảng cách kênh là 100 kHz (0,1 MHz) thì sẽ có khoảng 200 kênh trong dải từ 88 MHz đến 108 MHz (Hình 4.8). Các trạm FM phải cách nhau ít nhất 100 kHz để chúng không chồng lấp và giao thoa lên nhau, như vậy sẽ chỉ có 100 kênh có thể hoạt động tại cùng một thời điểm.



Hình 4.8. Cấp phát băng tần FM

### III. SO SÁNH GIỮA BIẾN ĐIỆU AM VÀ FM

Trong biến điệu FM, thông tin được mang bởi tần số của sóng mang không phải biên độ do đó ảnh hưởng của nhiễu giảm đáng kể so với biến điệu AM. Ngoài ra, băng thông của tín hiệu FM bao phủ toàn bộ dải tần số mà con người có thể nghe thấy nên biến điệu FM có chất lượng âm thanh tốt hơn so với AM. Tại các tần số cao, tín hiệu FM đi qua tầng điện li không bị phản xạ do đó phạm vi phủ sóng của FM hẹp hơn nhiều so với AM.



Hãy tìm hiểu trên Internet, sách, báo và cho biết kênh VOV giao thông phát sóng sử dụng biến điệu AM hay FM?



Trong Hình 4.8, nếu khoảng cách kênh là 0,2 MHz thì sẽ có bao nhiêu kênh FM trong dải từ 88 MHz đến 108 MHz? và tại cùng một thời điểm có bao nhiêu kênh FM được phép hoạt động?



Từ các đặc điểm của biến điệu AM và FM đã phân tích ở trên, hãy thảo luận để rút ra sự khác nhau cơ bản giữa biến điệu AM và FM theo các nội dung gợi ý sau:

- |                             |                         |
|-----------------------------|-------------------------|
| a) Cách thức truyền.        | d) Chất lượng âm thanh. |
| b) Dải tần số sử dụng.      | e) Phạm vi phát sóng.   |
| c) Độ rộng kênh/băng thông. | g) Ảnh hưởng bởi nhiễu. |

## IV. TẦN SỐ VÀ BƯỚC SÓNG ĐƯỢC SỬ DỤNG TRONG CÁC KÊNH TRUYỀN THÔNG

Như chúng ta đã biết, kênh truyền thông là môi trường được sử dụng để truyền tải thông tin từ nơi phát đến nơi thu. Kênh có dây truyền tải thông tin bằng dây dẫn hoặc cáp (cáp đồng, cáp quang). Kênh vô tuyến sử dụng không gian tự do (không khí) để truyền tải thông tin. Có một số kênh truyền thông phổ biến như:

- Kênh truyền thông AM: Tần số từ 530 kHz đến 1700 kHz.
- Kênh truyền thông FM: Tần số từ 88 MHz đến 108 MHz.
- Kênh truyền hình tần số rất cao (VHF) và tần số cực cao (UHF): Tần số từ 30 MHz đến 3000 MHz.
- Kênh truyền thông tần số siêu cao (Viba hay SHF): Tần số từ 300 MHz đến 300 GHz.
- Kênh truyền thông bằng sợi quang: Tần số từ 187 THz đến 374 THz.



1. Hãy cho biết đài tiếng nói Việt Nam VOV3 phát trên tần số nào?
2. Hãy cho biết dải tần số sóng ngắn và sóng trung mà đài VOV1 đang sử dụng là bao nhiêu?



- Tìm hiểu cách phân chia, cấp phát tần số của một số kênh truyền thông trên thực tế.
- Liệt kê một số tần số phát sóng trên radio Việt Nam, một số kênh truyền hình của Đài truyền hình Việt Nam.
- Từ tần số của các kênh phát thanh và truyền hình đã liệt kê ở trên, em hãy tính bước sóng tương ứng của chúng.

### EM ĐÃ HỌC

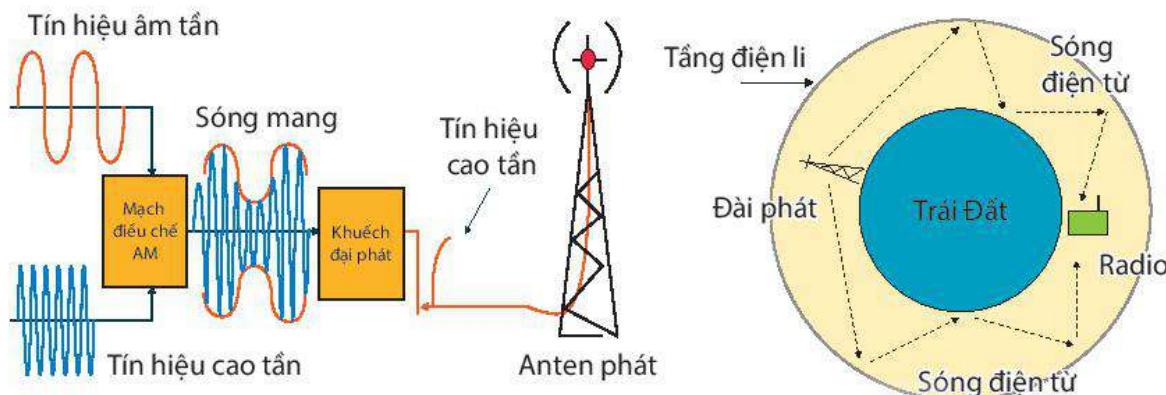
- Khái niệm biến điệu, biến điệu AM và biến điệu FM.
- Sự khác nhau giữa biến điệu AM và FM, ưu, nhược điểm của mỗi loại.
- Tần số và bước sóng được sử dụng trong các kênh truyền thông.

### EM CÓ THỂ

- Liệt kê được các dải tần số mà AM, FM và các kênh truyền thông sử dụng.
- Nêu được ưu điểm của các kênh truyền thông.

**EM CÓ BIẾT****1. Quá trình phát tín hiệu ở đài phát AM, FM**

Tín hiệu sau khi được biến đổi thành sóng mang, được khuếch đại lên công suất hàng ngàn oát sau đó được truyền tới anten phát.



Hình 4.10. Quá trình phát sóng radio AM và việc thu tín hiệu khi đài phát ở xa máy thu

Sóng AM có thể truyền đi xa hàng ngàn kilômét và truyền theo đường thẳng. Với các đài phát cách rất xa chúng ta, sóng điện từ truyền theo đường thẳng gấp tầng điện li sẽ phản xạ nhiều lần trên mặt đất trước khi đến máy thu, vì vậy tín hiệu bị suy giảm đi rất nhiều và sóng không ổn định. Thông thường để truyền tín hiệu đi xa, các đài phát AM sử dụng băng sóng ngắn (từ 4 MHz đến 23 MHz).

Với biến đổi FM, tần số của sóng mang thay đổi theo biến độ của tín hiệu âm tần, khoảng biến đổi là 150 kHz. Ví dụ với đài tiếng nói Việt Nam phát trên sóng FM 100 MHz thì nó phát đi một dải tần từ 99,85 đến 100,15 MHz. Do nhược điểm của sóng FM là cự li truyền sóng ngắn, chỉ truyền được từ vài chục đến vài trăm kilômét nên sóng FM thường được sử dụng làm sóng phát thanh trên các địa phương.

**2. Quản lý, cấp phát tần số vô tuyến điện**

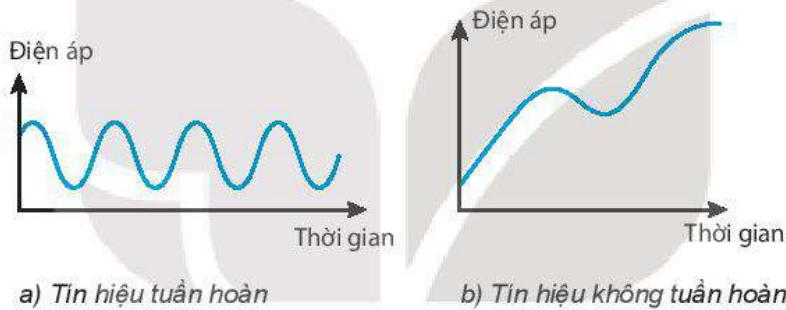
Bộ Thông tin và Truyền thông là đơn vị chịu trách nhiệm quản lý về tần số vô tuyến điện, ban hành quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về thiết bị vô tuyến điện, phát xạ vô tuyến điện, tương thích điện từ, an toàn bức xạ vô tuyến điện; Thực hiện quy hoạch tần số vô tuyến điện, phân bổ băng tần phục vụ mục đích quốc phòng, an ninh; Quy định điều kiện phân bổ, ấn định và sử dụng tần số vô tuyến điện; Cấp, sửa đổi, bổ sung, gia hạn, thu hồi giấy phép sử dụng tần số vô tuyến điện; Quản lý phí cấp giấy phép sử dụng tần số vô tuyến điện, phí sử dụng tần số vô tuyến điện theo quy định của pháp luật về phí và lệ phí; Tổ chức việc phối hợp tần số vô tuyến điện và quỹ đạo vệ tinh với các quốc gia, vùng lãnh thổ và tổ chức quốc tế; Đăng ký tần số vô tuyến điện và quỹ đạo vệ tinh với tổ chức quốc tế; Kiểm tra, kiểm soát tần số vô tuyến điện, xử lý nhiều có hại,...



Thông tin được biến đổi thành dạng điện/quang phù hợp để truyền đi xa được gọi là tín hiệu. Trên thực tế, tín hiệu có thể tồn tại ở dạng tương tự hoặc số. Tín hiệu số sẽ dễ dàng được xử lý và lưu trữ trong các thiết bị và máy tính, cũng như có độ chính xác và ít bị ảnh hưởng bởi nhiễu hơn tín hiệu tương tự nhưng nó lại không thể truyền qua hầu hết các kênh truyền thông (như môi trường không khí). Vậy bằng cách nào chúng ta có thể biến đổi một tín hiệu tương tự sang tín hiệu số và ngược lại?

## I. TÍN HIỆU TƯƠNG TỰ

Tín hiệu tương tự là tín hiệu liên tục theo thời gian (có vô số giá trị/mức biên độ trong một khoảng thời gian). Hình 5.1 trình bày dạng tín hiệu tương tự, đường cong biểu diễn tín hiệu tương tự đi qua vô số điểm.



Hình 5.1. Tín hiệu tương tự

Tín hiệu tương tự có thể ở một trong hai dạng là tuần hoàn hoặc không tuần hoàn. Tín hiệu tuần hoàn có dạng sóng lặp lại sau mỗi chu kỳ (tín hiệu dạng sin hoặc cosin), còn tín hiệu không tuần hoàn không có sự lặp lại, tức không có chu kỳ.

Ví dụ: Dòng điện mà chúng ta đang sử dụng là một tín hiệu tương tự dạng hình sin có tần số 50 Hz, chu kỳ của nó được tính như sau:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0,02 \text{ s} = 20 \text{ ms}$$

### EM CÓ BIẾT

Tín hiệu được truyền trên đường dây cáp đồng nối điện thoại cố định với tổng đài là tín hiệu tương tự.

Tín hiệu truyền hình đen trắng phát vào thập niên 90 là tín hiệu tương tự.

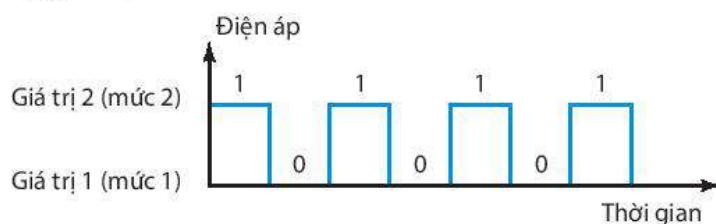
Khi sóng âm thanh đập vào micrô được biến đổi thành tín hiệu điện có điện áp thay đổi liên tục, tín hiệu này cũng là tín hiệu tương tự.

?

Trong Hình 5.1 theo em đại lượng nào sẽ biến đổi liên tục theo thời gian?

## II. TÍN HIỆU SỐ

Tín hiệu số là tín hiệu rời rạc theo thời gian và thường được biểu diễn dưới dạng xung vuông. Tín hiệu số chỉ nhận một số hữu hạn các giá trị/mức điện áp trong một khoảng thời gian. Hình 5.2 trình bày dạng tín hiệu số, hình vẽ cho thấy có bước nhảy đột ngột mà tín hiệu tạo ra từ giá trị này sang giá trị khác.



Ví dụ “1” có thể được mã hóa (hay biểu diễn) bằng giá trị điện áp dương, và “0” được mã hóa bằng giá trị điện áp bằng 0. Một tín hiệu số có thể có nhiều hơn 2 giá trị điện áp (mỗi giá trị điện áp này gọi là một mức), trong trường hợp đó chúng ta có thể gửi nhiều hơn 1 bit (là đơn vị nhỏ nhất để biểu diễn thông tin, mỗi bit là một chữ số nhị phân 0 hoặc 1) cho mỗi mức. Hình 5.3 trình bày hai tín hiệu, tín hiệu thứ nhất có hai mức và tín hiệu thứ hai có bốn mức.



Hãy cho biết, tín hiệu số với hai mức và tín hiệu số với bốn mức, tín hiệu nào cho phép mang nhiều bit hơn trên một mức?



Hình 5.3. Tín hiệu số với 2 và 4 mức

Tín hiệu tương tự và tín hiệu số có bao nhiêu giá trị (mức) điện áp, sự khác nhau cơ bản giữa tín hiệu tương tự và tín hiệu số là gì?

### III. TRUYỀN DỮ LIỆU DƯỚI DẠNG TƯƠNG TỰ VÀ DẠNG SỐ

Như chúng ta đã biết, dữ liệu (thông tin) có thể tồn tại dưới dạng tương tự hoặc số. Dữ liệu tương tự chứa thông tin liên tục, còn dữ liệu số chứa thông tin rời rạc. Tín hiệu tương tự có vô số mức điện áp trong một khoảng thời gian, còn tín hiệu số chỉ có một số hữu hạn các giá trị điện áp.



Hình 5.4. Truyền dẫn bằng tín hiệu tương tự



Hình 5.5 Truyền dẫn bằng tín hiệu số

Truyền dữ liệu dưới dạng tương tự là sử dụng các sóng liên tục dạng sin hoặc cosin để truyền tải thông tin (Hình 5.4): dữ liệu cần truyền được biến đổi thành tín hiệu tương tự (nhờ các bộ chuyển đổi) và truyền đi trên đường truyền.

Truyền dữ liệu dưới dạng số là sử dụng các mức điện áp (các xung vuông, rời rạc) để truyền tải thông tin (Hình 5.5): dữ liệu cần truyền được biến đổi thành dạng tín hiệu số (nhờ các bộ mã hóa) và truyền đi trên đường truyền.

Việc truyền dữ liệu dưới dạng tương tự có ưu điểm là tốn ít băng thông nhưng dễ bị ảnh hưởng bởi nhiễu, khó khôi phục lại dạng tín hiệu ban đầu vì có nhiều mức điện áp. Truyền dẫn dưới dạng số có nhược điểm là chiếm nhiều băng thông nhưng ít bị ảnh hưởng bởi nhiễu, ít lỗi, dễ dàng phát hiện và sửa lỗi vì chỉ có hai giá trị khác nhau 0 và 1, tính bảo mật và hiệu quả cao hơn, có thể lưu trữ và dễ dàng xử lý.



Hãy rút ra ưu, nhược điểm của việc truyền dữ liệu dưới dạng số so với việc truyền dữ liệu dưới dạng tương tự theo các gợi ý sau:

- |                                                |                                           |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| a) Ảnh hưởng của nhiễu.                        | d) Khả năng khôi phục tín hiệu.           |
| b) Suy giảm trong quá trình truyền và ghi/đọc. | e) Khả năng nén, lưu trữ, xử lý, bảo mật. |
| c) Chất lượng tín hiệu và số lần sao chép.     | g) Cho phép nhiều người dùng.             |

## IV. HỆ THỐNG TRUYỀN DẪN SỬ DỤNG BỘ CHUYỂN ĐỔI TƯỢNG TỰ - SỐ VÀ SỐ - TƯỢNG TỰ

**Truyền giọng nói hoặc âm nhạc liên quan đến chuyển đổi tượng tự - số (ADC) trước khi truyền và chuyển đổi số - tượng tự (DAC) khi nhận**

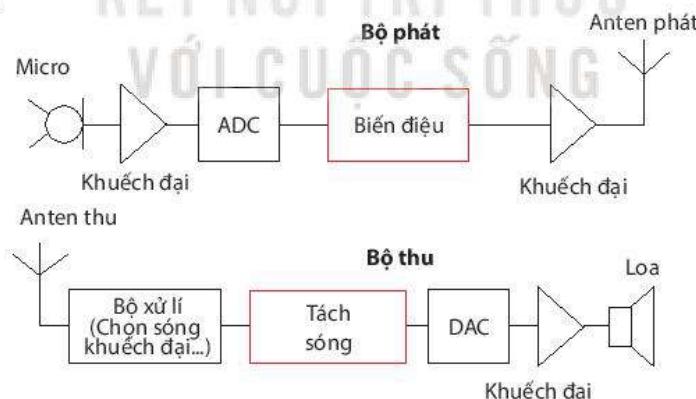
Tín hiệu số có rất nhiều ưu điểm so với tín hiệu tương tự như: ít bị ảnh hưởng bởi nhiễu, không bị suy giảm trong quá trình truyền, dễ dàng khôi phục, xử lý và lưu trữ... Tuy nhiên, các kênh truyền dẫn trong thực tế thường có băng thông giới hạn, trong khi tín hiệu số lại đòi hỏi băng thông khá lớn.



Hình 5.6. Ví dụ quá trình xử lý tín hiệu

Các tín hiệu như giọng nói và âm nhạc đôi khi cần được chỉnh sửa, thêm bớt các hiệu ứng, hoặc lưu trữ trong máy tính và các thiết bị kỹ thuật số... Chính vì vậy, trong các hệ thống truyền giọng nói hoặc âm nhạc người ta thường sử dụng các bộ ADC và DAC để thực hiện việc chuyển đổi qua lại giữa hai loại tín hiệu này.

Ví dụ khi muốn truyền giọng nói hoặc âm nhạc từ nơi này đến nơi khác, người ta thực hiện chuyển đổi tín hiệu từ tương tự sang số (ADC) nhờ kỹ thuật PCM. Các tín hiệu số sau đó được mã hóa thành các xung điện hoặc được biến điệu trên các sóng mang có tần số cao để truyền qua các kênh truyền như không khí hoặc dây cáp đến nơi nhận. Tại đây, quá trình chuyển đổi tín hiệu từ số sang tương tự (DAC) sẽ được sử dụng để khôi phục lại dạng tín hiệu gốc ban đầu.



Hình 5.7. Hệ thống truyền dẫn sử dụng bộ chuyển đổi ADC và DAC

Hình 5.7 mô tả sơ đồ nguyên lý hệ thống truyền dẫn sử dụng bộ chuyển đổi tượng tự - số và số-tương tự. Đây là quá trình truyền tín hiệu giọng nói/âm nhạc trên các đài phát thanh. Tại phía đài phát, tín hiệu giọng nói hoặc âm nhạc từ micro (là tín hiệu tương tự) được khuếch đại sau đó được chuyển đổi thành tín hiệu số nhờ bộ chuyển đổi ADC, tín hiệu số sau đó có thể được xử lý, hoặc thêm các hiệu ứng,... Để có thể truyền tín hiệu đi xa và qua các kênh truyền bị giới hạn về băng thông, tín hiệu số từ bộ ADC tiếp tục được chuyển đổi thành tín hiệu tương tự có tần số cao nhờ bộ biến điệu trước khi được khuếch đại và

đưa lên Anten phát. Tại máy thu, tín hiệu được xử lý, tách sóng (tách tín hiệu số ra khỏi sóng mang), chuyển đổi ngược trở lại thành tín hiệu tương tự nhờ bộ DAC, tín hiệu tương tự sau đó được khuếch đại công suất và phát ra loa.



1. Chức năng của các bộ điều biến và tách sóng trong Hình 5.7 là gì?
2. Tín hiệu thu được đằng sau micro trong Hình 5.7 là tín hiệu tương tự hay tín hiệu số?
3. Tín hiệu được phát ra loa trong Hình 5.7 là tín hiệu tương tự hay tín hiệu số?



Cho biết tại sao muốn truyền giọng nói hoặc âm nhạc chúng ta phải biến đổi chúng từ tín hiệu tương tự sang tín hiệu số? Khi muốn thu giọng nói hoặc âm nhạc chúng ta lại phải biến đổi ngược từ tín hiệu số sang tín hiệu tương tự?

### EM ĐÃ HỌC

- Tín hiệu tương tự và tín hiệu số.
- Ưu điểm của việc truyền tín hiệu số so với tín hiệu tương tự
- Hệ thống truyền dẫn sử dụng các bộ chuyển đổi ADC và DAC.

### EM CÓ THỂ

- Hiểu và phân tích được một hệ thống thu phát, truyền giọng nói hoặc âm nhạc sử dụng các bộ chuyển đổi ADC và DAC.

### EM CÓ BIẾT

#### Điện thoại di động ra đời khi nào?

Chiếc điện thoại di động đầu tiên ra đời vào ngày 3 - 4 - 1973. Người phát minh ra điện thoại di động là Tiến sĩ Martin Cooper (Mác-tin Cu-po), cựu Tổng Giám đốc đơn vị hệ thống của Motorola. Chiếc điện thoại di động đầu tiên trên thế giới với tên gọi DynaTAC Motorola, có kích thước khá to, nặng và thô kệch. Cho đến nay, chiếc điện thoại di động đã không ngừng phát triển cả về công nghệ và kiểu dáng. Các thương hiệu sản xuất di động hàng đầu trên thị trường có thể kể đến như Nokia, Blackberry, Samsung, LG, Sony Ericsson, Apple... Điện thoại di động đã trở thành một phần không thể thiếu trong cuộc sống của con người.

Để truyền được tín hiệu tiếng nói qua hệ thống điện thoại người ta đã phải sử dụng rất nhiều kỹ thuật trong đó phải kể đến quá trình biến đổi tín hiệu tương tự thành tín hiệu số và ngược lại mà chúng ta đã học ở trên.



Khi một tín hiệu lan truyền dọc theo một dây dẫn (hay một môi trường truyền dẫn) công suất của nó sẽ bị suy giảm (suy giảm tín hiệu). Thông thường mức độ suy giảm cho phép được quy định trên chiều dài cáp truyền dẫn hoặc kênh truyền dẫn để đảm bảo rằng ở nơi thu có thể phát hiện và giải mã đúng được tín hiệu. Vậy bằng cách nào chúng ta có thể hạn chế hoặc tăng cường và tái tạo lại được tín hiệu?

## I. MÔI TRƯỜNG TRUYỀN DẪN

Môi trường truyền dẫn là bất cứ thứ gì có thể mang thông tin từ nguồn đến đích (Hình 6.1). Ví dụ khi hai người nói chuyện thì môi trường truyền dẫn là không khí.



Hình 6.1. Môi trường truyền dẫn

Trong truyền dữ liệu thì việc định nghĩa thông tin và môi trường truyền dẫn thường cụ thể hơn. Môi trường truyền dẫn thường là không gian tự do, cáp đồng, hoặc cáp sợi quang. Thông tin thường là một tín hiệu, là kết quả của một sự chuyển đổi dữ liệu từ một dạng khác.

Vào thế kỷ thứ XIX, Moóc là người đã phát minh ra máy điện báo, thiết bị này sử dụng tín hiệu điện để truyền dẫn đường dài. Liên lạc bằng điện báo thường chậm và phụ thuộc vào môi trường kim loại.



Hình 6.2. Phân loại môi trường truyền dẫn

Cùng với sự phát triển của công nghệ, các phương tiện truyền dẫn tốt hơn cũng được phát minh (cáp xoắn đôi, cáp đồng trực). Việc sử dụng cáp sợi quang đã làm tăng tốc độ truyền dẫn và làm tăng chất lượng tín hiệu được truyền.



Hình 6.3. Các loại cáp truyền dẫn

**EM CÓ BIẾT**

Năm 1860, điện thoại ra đời đã mở rộng phạm vi truyền giọng nói của con người, liên lạc qua điện thoại vào thời điểm đó cần hai dây dẫn kim loại để mang các tín hiệu điện (là kết quả của sự chuyển đổi giọng nói của con người). Tuy nhiên, chất lượng tín hiệu nhận được thường thấp do dây dẫn không tốt, đường truyền thường bị ảnh hưởng bởi nhiễu.

Truyền thông không dây bắt đầu vào năm 1895 với phát minh của Hertz khi sử dụng tín hiệu tần số cao để truyền dẫn. Sau đó, Marconi đã nghĩ ra cách để gửi các tin nhắn kiểu điện báo qua Đại Tây Dương.



Môi trường truyền dẫn có ảnh hưởng như thế nào đến sự suy giảm tín hiệu.

## II. SỰ SUY GIẢM TÍN HIỆU VÀ ĐƠN VỊ ĐO

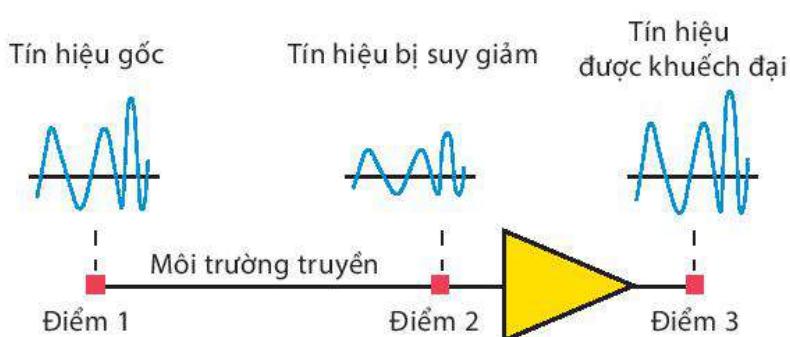
### 1. Sự suy giảm tín hiệu

Suy giảm tín hiệu là sự mất mát năng lượng khi tín hiệu được truyền qua môi trường truyền dẫn. Ví dụ, khi một tín hiệu được truyền qua một dây dẫn, dây dẫn sẽ ấm hoặc nóng lên trong khi truyền, một phần năng lượng điện trong tín hiệu đã được chuyển thành nhiệt năng. Để bù lại sự mất mát này, người ta thường sử dụng các bộ khuếch đại để khuếch đại tín hiệu. Hình 6.6 trình bày ảnh hưởng của suy giảm tín hiệu và quá trình khuếch đại tín hiệu.

### 2. Nguyên nhân chủ yếu làm suy giảm tín hiệu:

#### a) Trong cáp đồng

- Suy giảm do chiều dài dây dẫn, cáp càng dài suy giảm càng lớn.
- Suy giảm tín hiệu tại các mối nối, số lượng mối nối càng nhiều thì càng giảm chất lượng tín hiệu.



Hình 6.4. Sự suy giảm và khuếch đại tín hiệu

- Nhiệt độ môi trường thay đổi làm thay đổi tính chất vật liệu dẫn điện, cách điện.
- Suy giảm do điện trở, điện môi và phát xạ.

b) Trong cáp sợi quang:

- Suy giảm do vật liệu hấp thụ ánh sáng, các tạp chất trong sợi quang.
- Suy giảm do tán xạ ánh sáng.
- Suy giảm do sợi quang bị uốn cong khi chế tạo hoặc lắp đặt.



Nêu nguyên nhân dẫn tới sự suy giảm tín hiệu khi truyền tín hiệu qua cáp đồng trục và cáp sợi quang.

c) Trong môi trường vô tuyến (không dây):

- Suy giảm do khoảng cách truyền dẫn.
- Suy giảm do hiệu ứng đa đường truyền, do vật cản.
- Suy giảm do sự chuyển động của bộ thu và bộ phát.
- Suy giảm do sự khúc xạ, nhiễu xạ, tán xạ.



Chỉ ra một số nguyên nhân dẫn đến sự suy giảm tín hiệu khi truyền tín hiệu trong môi trường không dây.

### EM CÓ BIẾT

## KẾT NỐI TRI THỨC

Cáp sử dụng để kết nối máy tính vào Modem đường dây thuê bao số bất đối xứng (ADSL) để truy cập Internet là cáp xoắn đôi không có vỏ bọc chống nhiễu (UTP), có 4 cặp dây được xoắn lại với nhau, đánh dấu theo các mã màu: trắng cam, cam, trắng xanh lá, xanh lá, trắng xanh dương, xanh dương, trắng nâu và nâu.

### 3. Đơn vị đo

Bel là đơn vị đầu tiên được phát triển để xác định tỉ số công suất giữa hai điểm, Bel xuất phát từ tên của Alexander Graham Bell, người phát minh ra điện thoại. Bel sử dụng logarit cơ số 10 để biểu diễn tỉ số công suất phát với công suất thu. Khi đó độ lợi (hệ số khuếch đại) hoặc suy giảm của một kênh được cho bởi công thức:

$$B = \lg \frac{P_2}{P_1} \quad (6.1)$$

Ngày nay, người ta thường sử dụng đơn vị Decibel (dB) làm đơn vị chuẩn để biểu thị độ lợi và suy giảm theo công suất. Đơn vị dB được định nghĩa như sau:

$$dB = 10 \lg \frac{P_2}{P_1} \quad (6.2)$$

trong đó  $P_1$  là công suất đầu vào (hoặc công suất phát),  $P_2$  là công suất đầu ra (hoặc công suất thu).

Thuật ngữ dB và dB không biểu thị giá trị công suất mà biểu thị tỉ số hay sự so sánh giữa hai giá trị công suất, như công suất đầu vào và công suất đầu ra.

Trên thực tế người ta còn sử dụng hệ số suy hao trên một đơn vị độ dài và đo bằng dB/km (là số dB bị suy giảm khi tín hiệu truyền qua 1 km). Ví dụ với sợi quang đơn mốt thì hệ số suy giảm là 0,2 dB/km và sợi đa mốt là 0,5 dB/km.

Đôi khi Decibel còn được sử dụng để đo công suất tín hiệu theo mW, trong trường hợp này nó được kí hiệu là dBm và được tính toán bởi công thức:

$$\text{dBm} = 10 \lg P_m \quad (6.3)$$

trong đó  $P_m$  là công suất được đo bằng mW.



- Cho công suất tín hiệu tại đầu vào cáp sợi quang là 2 mW, cáp có hệ số suy giảm là 0,3 dB/km, tính công suất tín hiệu ở đầu ra của cáp tại khoảng cách 5 km.
- Hãy cho biết những nguyên nhân gây suy giảm tín hiệu trên cáp đồng và trong cáp sợi quang.

#### EM CÓ BIẾT

Truyền dẫn sử dụng cáp sợi quang có băng thông và dung lượng lớn hơn rất nhiều so với cáp đồng và truyền bằng vô tuyến. Các hệ thống truyền dẫn quang có suy giảm thấp, hoàn toàn cách điện, có độ an toàn và tính kháng nhiễu cao, vật liệu chế tạo có nhiều trong tự nhiên (Silica). Có hai loại sợi quang được sử dụng phổ biến hiện nay đó là sợi quang đơn mốt và sợi quang đa mốt.

#### EM ĐÃ HỌC

- Môi trường truyền dẫn là gì, có những loại môi trường truyền dẫn nào.
- Sự suy giảm tín hiệu trên đường truyền và đơn vị đo là dB và dB/cm.
- Các nguyên nhân gây suy giảm tín hiệu trên đường truyền có dây và không dây.

#### EM CÓ THỂ

- Phân tích được ảnh hưởng của sự suy giảm tín hiệu đến chất lượng tín hiệu được truyền.

## CHUYÊN ĐỀ III

# MỎ ĐẦU ĐIỆN TỬ HỌC

Ngày nay, các thiết bị điện tử, đặc biệt là các thiết bị điện tử thông minh đã trở nên gần gũi với đời sống con người. Cảm biến và bộ khuếch đại là những thành phần không thể thiếu được trong các thiết bị này. Vậy, cảm biến, bộ khuếch đại là gì và chúng hoạt động như thế nào?

### NỘI DUNG

- Cảm biến.
- Bộ khuếch đại thuật toán và thiết bị đầu ra.
- Mạch điện ứng dụng đơn giản có sử dụng thiết bị đầu ra.



Con người cảm nhận sự vật thông qua các giác quan. Tuy nhiên, có những vật chất mà chúng ta không thể nhận biết được bằng các giác quan. Vậy làm thế nào để biết được sự tồn tại của những dạng vật chất này?

## I. KHÁI NIỆM VÀ PHÂN LOẠI CẢM BIẾN

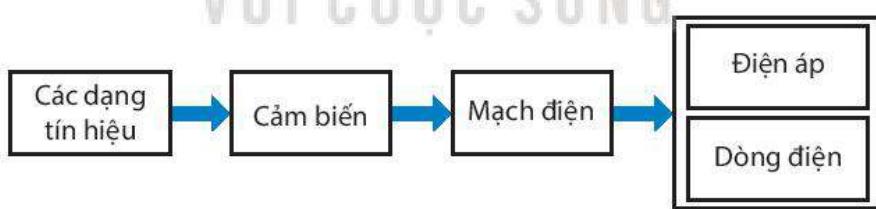
Cảm biến là thiết bị điện tử cảm nhận trạng thái hay quá trình vật lí, hoá học, sinh học và biến đổi thành tín hiệu điện để thu thập thông tin về trạng thái hay quá trình đó.

Cảm biến có thể được phân loại theo nhiều cách khác nhau tùy theo mục đích của người sử dụng.

- Dựa trên nguyên tắc hoạt động có thể chia cảm biến thành cảm biến chuyển đổi trực tiếp các dạng tín hiệu thành tín hiệu điện (Hình 7.1) (ví dụ: cảm biến nhiệt độ, micro áp điện,...) và cảm biến chuyển đổi các dạng tín hiệu thành sự biến đổi của một đại lượng vật lí (Hình 7.2) (Ví dụ: quang điện trở, nhiệt điện trở,...). Thông qua mạch điện, sự biến đổi của đại lượng vật lí này sẽ được chuyển thành tín hiệu điện để điều khiển các thiết bị.



Hình 7.1 Cảm biến chuyển đổi trực tiếp các dạng tín hiệu thành tín hiệu điện

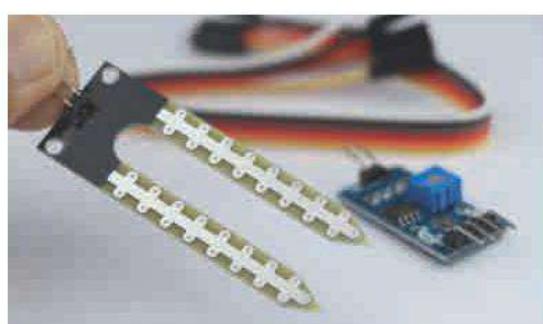


Hình 7.2. Cảm biến chuyển đổi các dạng tín hiệu thành sự thay đổi điện trở

- Dựa trên phạm vi sử dụng, cảm biến có thể được phân loại theo ứng dụng khác nhau như: y tế (cảm biến đo nhịp tim, cảm biến đo nồng độ oxygen trong máu, cảm biến đo đường huyết,...), môi trường (cảm biến đo độ pH của nước, cảm biến đo nồng độ bụi, cảm biến đo nồng độ khí độc,...), công nghiệp (cảm biến nhiệt độ, cảm biến áp suất), nông nghiệp (cảm biến đo độ ẩm của đất, cảm biến ánh sáng, cảm biến đo độ mặn,...) (Hình 7.3).



a) Cảm biến đo nồng độ oxygen trong máu ứng dụng trong y tế



b) Cảm biến đo độ ẩm đất ứng dụng trong nông nghiệp



c) Cảm biến phát hiện khói ứng dụng cảnh báo cháy nổ



d) Cảm biến siêu âm ứng dụng đo khoảng cách

Hình 7.3. Một số loại cảm biến

- Dựa trên hiệu quả kinh tế, cảm biến có thể được đánh giá và phân loại theo các tiêu chí như giá thành, năng lượng tiêu thụ, độ chính xác và độ bền, hiệu quả kinh tế đem lại từ việc sử dụng cảm biến trong đời sống và sản xuất. Ví dụ trong nông nghiệp, sử dụng cảm biến để đo mức độ amoni trong đất - hợp chất được vi khuẩn đất chuyển thành nitrit và nitrat. Sử dụng dữ liệu này với dữ liệu thời tiết, giúp người trồng trọt đạt năng suất tối đa với lượng phân bón tối thiểu.

?

1. Để phát thanh, người ta dùng máy tăng âm, bộ loa và micro. Trong ba thiết bị đó thiết bị nào được gọi là cảm biến? Tại sao?
2. Hãy kể tên một số thiết bị, vật dụng có sử dụng cảm biến mà em biết.
3. Hãy nêu sự khác nhau giữa cảm biến biến đổi trực tiếp và gián tiếp các dạng tín hiệu thành tín hiệu điện.
4. Hãy nêu ví dụ về ứng dụng của cảm biến trong một lĩnh vực khoa học hay cuộc sống mà em biết.

## II. NGUYỄN TẮC HOẠT ĐỘNG CỦA CẢM BIẾN SỬ DỤNG QUANG ĐIỆN TRỞ VÀ NHIỆT ĐIỆN TRỞ

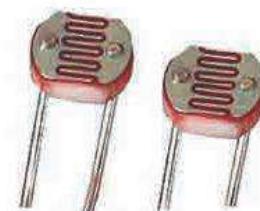
### 1. Điện trở phụ thuộc ánh sáng (quang điện trở)

Quang điện trở là một linh kiện điện tử mà điện trở của nó phụ thuộc mạnh vào ánh sáng (Hình 7.4). Khi ánh sáng có bước sóng thích hợp chiếu vào quang điện trở, một số electron sẽ bị bứt ra khỏi nguyên tử để trở thành electron tự do. Kết quả là làm điện trở của quang điện trở giảm. Ánh sáng càng mạnh thì điện trở của quang điện trở càng nhỏ. Trong sơ đồ mạch điện, quang điện trở được kí hiệu như Hình 7.5.

Trong bóng tối, điện trở của quang điện trở có thể lên đến vài mega ôm nhưng khi được chiếu sáng, điện trở của nó có thể giảm xuống còn vài trăm ôm. Sự thay đổi của điện trở theo cường độ sáng là mối quan hệ không tuyến tính như chỉ ra trên Hình 7.6.

Khi quang điện trở được nối vào mạch điện thì sự thay đổi điện trở này sẽ làm thay đổi dòng điện và điện áp trên nó. Tức là, quang điện trở đã biến đổi tín hiệu ánh sáng thành tín hiệu điện.

Với những tính chất như trên, quang điện trở có thể được sử dụng như là một cảm biến để đo cường độ sáng hoặc được sử dụng trong các ứng dụng điều khiển các thiết bị từ xa bằng bức xạ điện tử.



Hình 7.4. Quang điện trở



Hình 7.5. Kí hiệu quang điện trở



Hình 7.6. Sự phụ thuộc điện trở của quang điện trở vào cường độ sáng



Từ Hình 7.6, hãy cho nhận xét về mức độ thay đổi điện trở của quang điện trở theo cường độ sáng.

### 2. Điện trở nhiệt

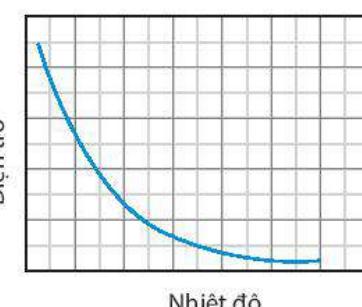
Điện trở nhiệt (nhiệt điện trở) là một loại điện trở mà điện trở của nó thay đổi rõ rệt khi nhiệt độ thay đổi (Hình 7.7). Trong mạch điện, điện trở nhiệt được kí hiệu như Hình 7.8.



Hình 7.7. Điện trở nhiệt



Hình 7.8. Kí hiệu nhiệt điện trở



Hình 7.9. Đồ thị sự phụ thuộc điện trở của điện trở nhiệt NTC và nhiệt độ

Điện trở nhiệt được chia thành hai loại: điện trở nhiệt có hệ số nhiệt âm (viết tắt là NTC-Negative Temperature Coefficient) và điện trở nhiệt có hệ số nhiệt dương (viết tắt là PTC-Positive Temperature Coefficient). Sự khác nhau cơ bản giữa NTC và PTC là điện trở của NTC giảm theo chiều tăng của nhiệt độ trong khi điện trở của PTC lại tăng theo nhiệt độ. Điện trở nhiệt NTC thường được dùng phổ biến cho các ứng dụng đo lường và kiểm soát nhiệt độ trong khi điện trở nhiệt PTC thường được dùng trong mạch điện bảo vệ trạng thái quá nhiệt của thiết bị. Nhìn chung mối quan hệ của điện trở và nhiệt độ của điện trở nhiệt là không tuyến tính.

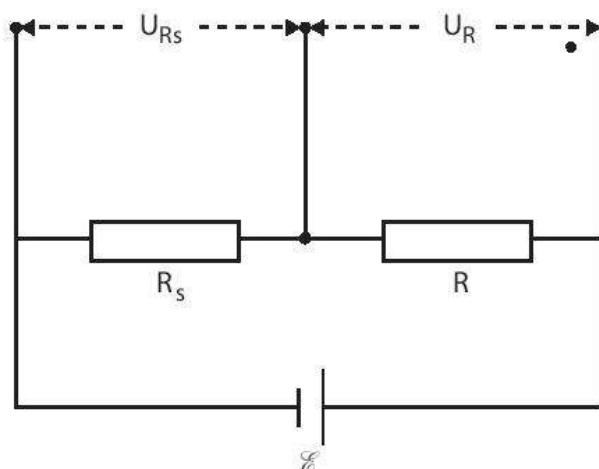
Tương tự như quang điện trở, trong mạch điện khi điện trở của điện trở nhiệt thay đổi sẽ làm dòng điện và điện áp của nó thay đổi. Như vậy, điện trở nhiệt đã biến sự thay đổi nhiệt độ thành tín hiệu hiệu điện. Chính vì vậy, nó có thể được sử dụng để làm cảm biến nhiệt. Với ứng dụng này người ta hay dùng điện trở nhiệt loại NTC. Sự phụ thuộc của điện trở nhiệt loại NTC vào nhiệt độ được chỉ ra như trong Hình 7.9.



Để tránh dòng điện quá lớn đi qua một thiết bị điện người ta mắc nối tiếp thiết bị điện này với một điện trở nhiệt. Theo em ta nên dùng điện trở nhiệt NTC hay PTC cho mục đích trên? Tại sao?

### 3. Sử dụng quang điện trở và nhiệt điện trở để làm cảm biến

Từ tính chất của quang điện trở và nhiệt điện trở chúng ta có thể sử dụng chúng để làm cảm biến ánh sáng và cảm biến nhiệt độ. Vì các loại linh kiện này chỉ tạo ra sự thay đổi điện trở khi có ánh sáng chiếu vào (đối với quang điện trở) hoặc khi có sự thay đổi nhiệt độ (đối với nhiệt điện trở) trong khi các mạch điện có sử dụng cảm biến lại cần tín hiệu điện áp để đo lường hay điều khiển các thiết bị. Chính vì vậy, ta cần một mạch điện để biến sự thay đổi điện trở thành sự thay đổi điện áp. Hình 7.10 là sơ đồ một mạch điện đơn giản được thiết kế cho mục đích này. Ở đây,  $R_s$  là điện trở có giá trị xác định,  $R$  là điện trở của cảm biến,  $\mathcal{E}$  là nguồn điện không đổi. Khi điện trở  $R$  thay đổi thì điện áp  $U_{R_s}$  trên nó và điện áp  $U_R$  trên điện trở  $R$  cũng thay đổi theo. Để dàng nhận thấy rằng ứng với mỗi sự thay đổi cường độ sáng (đối với cảm biến quang điện trở) hoặc sự thay đổi nhiệt độ (đối với



Hình 7.10. Sơ đồ mạch điện ứng dụng quang điện trở hoặc nhiệt điện trở làm cảm biến

cảm biến nhiệt điện trở) sẽ có một sự thay đổi tương ứng của điện áp trên cảm biến hoặc trên điện trở R. Chúng ta có thể sử dụng một trong hai điện áp này để làm tín hiệu ra cho mạch điện của cảm biến. Tín hiệu ra này có thể được sử dụng để làm tín hiệu đo lường hoặc điều khiển thiết bị thông qua mạch điện tử thích hợp.



1. Tại sao quang điện trở và nhiệt điện trở lại có thể được sử dụng để làm cảm biến?
2. Phân biệt sự giống nhau và khác nhau giữa quang điện trở và nhiệt điện trở.
3. Từ đồ thị trong Hình 7.6 và Hình 7.9, em hãy cho biết quang điện trở và nhiệt điện trở NTC hoạt động trong vùng ánh sáng và nhiệt độ nào thì tốt?



**Thực hiện dự án tìm hiểu về cảm biến theo các bước sau:**

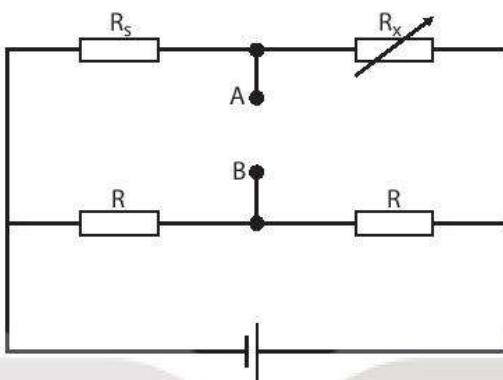
- Bước 1: Xác định nhiệm vụ: Tìm hiểu về phân loại và nguyên tắc hoạt động của các loại cảm biến hiện nay.
- Bước 2: Xác định hình thức báo cáo kết quả tìm hiểu được về các loại cảm biến, nguyên tắc hoạt động của cảm biến.
- Bước 3: Xây dựng kế hoạch và thời gian thực hiện việc tìm hiểu về cảm biến và nguyên tắc hoạt động của chúng.
- Bước 4: Thống nhất tiêu chí đánh giá dự án đảm bảo nêu được các cách phân loại cảm biến, nguyên tắc hoạt động của quang điện trở và nhiệt điện trở.
- Bước 5: Thực hiện theo kế hoạch đã đề ra để hoàn thành sản phẩm trong đó, nêu ứng dụng của thiết bị cảm biến và nguyên tắc hoạt động của chúng.
- Bước 6: Báo cáo và đánh giá dự án đã thực hiện.

### EM CÓ BIẾT

#### CẢM BIẾN

- Sự thay đổi điện trở của quang điện trở theo ánh sáng có một độ trễ nhất định. Điều đó có nghĩa là sau khi được chiếu sáng điện trở của quang điện trở không ngay lập tức giảm xuống giá trị ổn định và nó cũng không ngay lập tức trở về giá trị ban đầu khi bị ngắt nguồn chiếu sáng. Ngoài ra, tính chất thay đổi điện trở theo cường độ sáng của quang điện trở còn chịu ảnh hưởng của bước sóng ánh sáng và nhiệt độ môi trường. Vì vậy, khi ứng dụng quang điện trở vào mục đích nào đó ta cần phải quan tâm đến vùng ánh sáng và nhiệt độ hoạt động của nó để có sự lựa chọn loại linh kiện phù hợp.
- Hầu hết các nhiệt điện trở dùng làm cảm biến nhiệt đều thuộc loại NTC. Chúng có nhiệt độ hoạt động tốt trong khoảng từ -55 °C đến 200 °C. Giống như các loại điện trở khác, nhiệt điện trở NTC cũng bị nóng lên khi có dòng điện chạy qua. Hiệu ứng "tự làm nóng" này làm giảm điện trở của nhiệt điện trở mà không cần đến tác động của nhiệt độ môi trường xung quanh. Vì vậy, trong thiết kế mạch điện sử dụng cảm biến nhiệt điện trở cần tránh dòng điện lớn chạy qua nó dẫn đến sai lệch kết quả đo.

- Để tạo tín hiệu ra cho cảm biến, ngoài sơ đồ mạch điện như trong Hình 7.10, chúng ta có thể sử dụng sơ đồ mạch cầu như trong Hình 7.11. Ở một điều kiện nào đó, bằng cách điều chỉnh giá trị biến trở  $R_x$  thích hợp, chúng ta có thể thiết lập được mạch cầu cân bằng. Lúc này, điện áp  $U_{AB} = 0$ . Khi giá trị điện trở  $R_s$  của cảm biến thay đổi, mạch cầu mất cân bằng làm cho điện áp  $U_{AB}$  thay đổi. Với mỗi giá trị của  $R_s$  sẽ có một giá trị tương ứng của  $U_{AB}$ . Như vậy, ta có thể sử dụng  $U_{AB}$  để làm tín hiệu ra cho cảm biến.



Hình 7.11. Sơ đồ mạch cầu tạo tín hiệu ra cho cảm biến

### EM ĐÃ HỌC

- Cảm biến và cách phân loại cảm biến.
- Nguyên tắc hoạt động của quang điện trở và nhiệt điện trở.
- Nguyên tắc hoạt động của cảm biến ánh sáng và nhiệt độ sử dụng quang điện trở và nhiệt điện trở.

### EM CÓ THỂ

- Trình bày được vai trò của cảm biến trong thiết bị sử dụng cảm biến.
- Biết cách lựa chọn cảm biến nhiệt, cảm biến ánh sáng phù hợp cho những ứng dụng cụ thể.
- Thiết kế được mạch điện chuyển đổi tín hiệu của một số loại cảm biến thành tín hiệu điện.

# BỘ KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN VÀ THIẾT BỊ ĐẦU RA

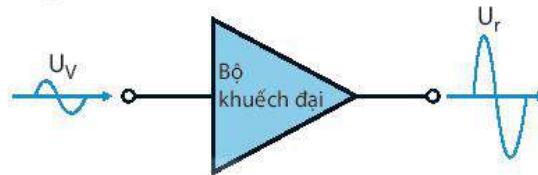


Chiếc loa của bộ tăng âm hay tai nghe của máy nghe nhạc là những vật dụng rất quen thuộc với chúng ta trong cuộc sống thường ngày. Từ người nghệ sĩ biểu diễn trên sân khấu đến các phát thanh viên, những diễn giả,... đều cần đến những thiết bị này để truyền tải tiếng đàn, tiếng hát hay giọng nói của họ đến người nghe. Vậy, thiết bị nào đã làm cho chiếc loa hay cặp tai nghe phát ra âm thanh?

## I. BỘ KHUẾCH ĐẠI VÀ BỘ KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN

Bộ khuếch đại được thiết kế để làm tăng cường độ tín hiệu điện lên nhiều lần. Một bộ khuếch đại lý tưởng là bộ khuếch đại có hệ số khuếch đại lớn nhưng vẫn đảm bảo cho tín hiệu đầu ra không bị méo. Các bộ khuếch đại thường được cấu tạo từ các linh kiện điện tử như transistor, điện trở, tụ điện,... những linh kiện này có thể được tích hợp trên một bản mạch với nhiều chân ra (gọi là IC).

Bộ khuếch đại thuật toán là bộ khuếch đại có hệ số khuếch đại tùy chỉnh, thực hiện được nhiều chế độ khuếch đại với hệ số khuếch đại lớn. Nhờ có tính đa dạng và linh hoạt, bộ khuếch đại thuật toán được xem như là bộ khuếch đại có nhiều ứng dụng nhất. Bộ khuếch đại thuật toán thường được sử dụng để khuếch đại tín hiệu nhỏ từ các cảm biến trước khi đưa tới tầng khuếch đại tiếp theo. Ngoài ra, nó còn được ứng dụng trong các máy tính và nhiều loại thiết bị tự động hóa khác.



Hình 8.1. Tin hiệu điện áp trước và sau khi được khuếch đại

### EM CÓ BIẾT

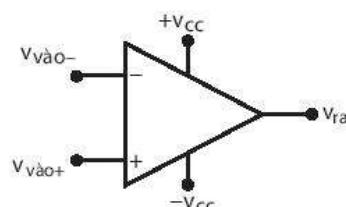
Hệ số khuếch đại điện áp của bộ khuếch đại thuật toán là đại lượng đặc trưng cho khả năng khuếch đại điện áp đầu vào và được đo bằng tỉ số giữa điện áp đầu ra và điện áp đầu vào.

Biểu thức:  $K = \frac{U_r}{U_v}$ , trong đó  $U_r$  là điện áp đầu ra;  $U_v$  là điện áp đầu vào.



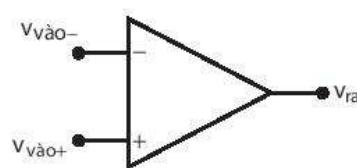
- Thế nào là bộ khuếch đại, bộ khuếch đại thuật toán? Hãy nêu một số ví dụ ứng dụng bộ khuếch đại thuật toán trong cuộc sống mà em biết.
- Bộ khuếch đại thuật toán có ưu điểm gì?

Một IC thuật toán đơn giản nhất phải có một chân vào âm (gọi là chân vào đảo - kí hiệu dấu "trù"), một chân vào dương (gọi là chân vào không đảo - kí hiệu dấu cộng), một chân ra và hai chân nối với nguồn điện. Hầu hết các mạch khuếch đại thuật toán hoạt động với hai nguồn điện áp một chiều.



Hình 8.2 a. Kí hiệu bộ khuếch đại thuật toán.  
 $V_{vao+}$  lối vào không đảo,  $V_{vao-}$  lối vào đảo,  
 $+V_{cc}$  chân nguồn dương,  $-V_{cc}$  chân nguồn âm,  
 $V_{ra}$  chân ra

Trong mạch điện, bộ khuếch đại thuật toán được kí hiệu như trong Hình 8.2a. Trong một số mạch điện, để tránh hình vẽ trở nên phức tạp, người ta chỉ vẽ 2 chân vào và 1 chân ra. Hai chân nguồn được ngầm hiểu là đã được nối với nguồn điện (Hình 8.2b).



Hình 8.2b. Kí hiệu bộ khuếch đại thuật toán rút gọn

## II. MỘT SỐ TÍNH CHẤT CỦA BỘ KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN LÝ TƯỞNG

Bộ khuếch đại thuật toán được ứng dụng phổ biến trong rất nhiều thiết bị điện tử từ các thiết bị dân dụng cho đến công nghiệp và khoa học. Một bộ khuếch đại thuật toán lý tưởng cần có một số tính chất sau:

- Hệ số khuếch đại của bộ thuật toán bằng vô cùng. Trên thực tế hệ số khuếch đại có thể lên tới vài trăm ngàn. Chính vì vậy, bộ khuếch đại thuật toán lý tưởng có thể khuếch đại được tín hiệu có biên độ rất nhỏ.
- Bộ khuếch đại thuật toán lý tưởng cho phép khuếch đại được tín hiệu có công suất rất nhỏ mà không làm suy giảm tín hiệu do bị tiêu hao năng lượng ở lối vào và dòng điện lối ra không bị suy giảm do tiêu hao năng lượng trong mạch khuếch đại khi nó được nối với tải.
- Băng thông của bộ khuếch đại thuật toán lý tưởng hoạt động ở mọi tần số.
- Tín hiệu lối vào bộ khuếch đại thuật toán lý tưởng gần như ngay lập tức được khuếch đại thành tín hiệu lối ra mà không có thời gian trễ.
- Bộ khuếch đại thuật toán lý tưởng không gây nhiễu trong quá trình khuếch đại.

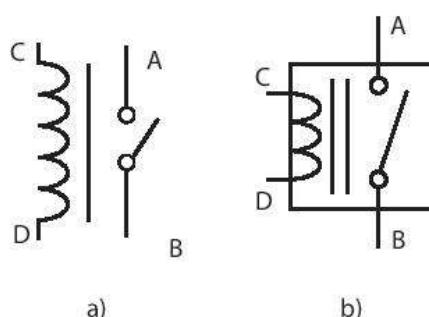
### EM CÓ BIẾT

Điện áp đầu ra của mạch khuếch đại thuật toán sau khi được khuếch đại không thể vượt quá điện áp nguồn.

## III. THIẾT BỊ ĐẦU RA

### 1. Relay điện từ

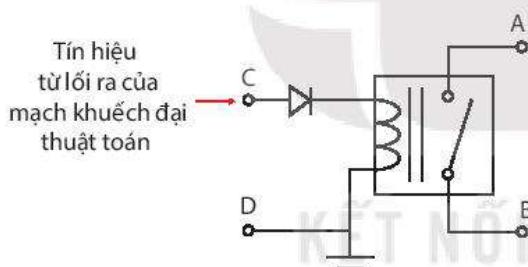
Relay điện từ là một công tắc đóng, ngắt hoặc chuyển mạch tải điện bằng lực từ. Quá trình đóng, ngắt mạch điện được thực hiện bằng dòng điện (được gọi là dòng điều khiển). Dòng điều khiển thường chỉ cỡ vài chục miliampe trong khi dòng của tải có giá trị lớn hơn rất nhiều. Trong sơ đồ mạch điện, relay điện từ được kí hiệu như Hình 8.3.



Hình 8.3. Kí hiệu của relay điện từ

Hình 8.4 là sơ đồ cấu tạo của một relay ở dạng đơn giản. Khi chưa có dòng điều khiển, hai tiếp điểm điện cực tách rời nhau, relay ở trạng thái ngắt mạch. Khi có dòng điều khiển, lực từ hút miếng sắt non về phía nó làm các tiếp điểm điện cực tiếp xúc với nhau, relay ở trạng thái đóng mạch. Nếu mắc nối tiếp điện cực với mạch tải điện thì relay có thể thực hiện chức năng đóng ngắt mạch điện này.

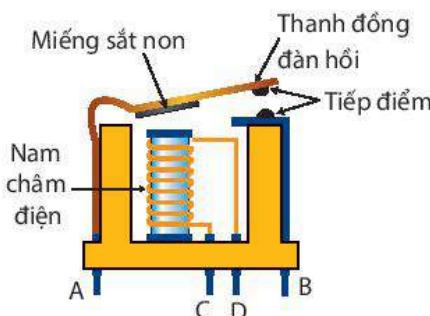
Điện áp lối ra của bộ khuếch đại thuật toán có thể được sử dụng để cấp dòng điều khiển cho relay. Hình 8.5 là sơ đồ mạch đóng ngắt relay lấy điện áp điều khiển từ bộ khuếch đại thuật toán. Điện áp đầu ra của bộ khuếch đại thuật toán có thể nhận giá trị âm hoặc dương. Cả hai điện áp này đều cấp dòng điều khiển cho relay ở trạng thái đóng mạch. Chính vì vậy, muốn relay ngắt mạch khi điện áp tới nó mang giá trị âm thì cần phải có một diode được mắc sao cho với điện áp âm thì dòng điện không chạy qua relay. Với cách mắc này, relay chỉ đóng mạch khi điện áp đầu ra của mạch khuếch đại có giá trị dương và relay sẽ ngắt mạch khi điện áp này có giá trị âm hoặc bằng 0.



Hình 8.5. Sơ đồ mạch điện cho thiết bị đầu ra là relay

## 2. Diode phát quang (LED)

LED là một linh kiện điện tử biến đổi điện năng thành quang năng với hiệu suất cao. Bản chất LED là một diode bán dẫn (Hình 8.6), LED sẽ phát sáng nếu có dòng điện chạy theo chiều thuận. Trong mạch điện, LED được kí hiệu như Hình 8.7. Với những LED công suất nhỏ, dòng điện chạy qua nó chỉ cỡ vài chục miliampe do đó nó rất phù hợp để gắn vào lối ra của bộ khuếch đại thuật toán. Tuy nhiên, điện áp hoạt động của LED lại khá nhỏ, chỉ cỡ hơn 2 V do đó không thể mắc trực tiếp nó vào lối ra của bộ khuếch đại thuật toán bởi vì khi đó dòng qua LED sẽ lớn, sẽ làm hỏng LED và bộ khuếch đại. Giải pháp cho vấn đề này là dùng một



Hình 8.4. Cấu tạo của relay điện từ



1. Relay điện từ là gì? Relay điện từ khác với công tắc điện thông thường thế nào? Tại sao lại cần nguồn điều khiển cho relay điện từ?
2. Dòng điều khiển và dòng qua mạch tải điện được chạy trong bộ phận nào của relay điện từ?



Relay trong Hình 8.5 sẽ hoạt động thế nào nếu nối trực tiếp đầu ra của mạch khuếch đại thuật toán với chân điều khiển của relay mà không qua diode?

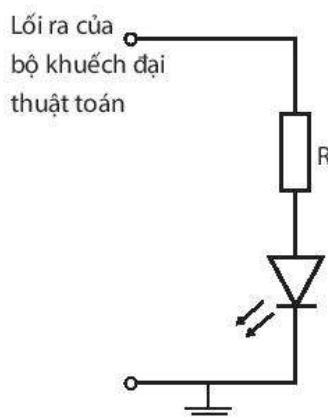


Hình 8.6. Hình ảnh trực quan của LED



Hình 8.7. Kí hiệu của LED

điện trở có giá trị phù hợp mắc nối tiếp với LED như trong Hình 8.8. Giá trị điện trở này được tính toán dựa trên điện áp đầu ra của bộ khuếch đại thuật toán và các giá trị định mức của LED.

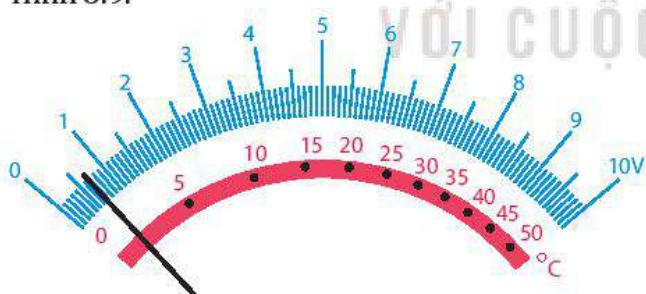


Hình 8.8. Điện trở mắc nối tiếp với LED ở đầu ra của bộ khuếch đại thuật toán.

### 3. Bộ hiển thị

Bộ khuếch đại thuật toán thường được sử dụng để khuếch đại tín hiệu từ cảm biến khi khảo sát một đại lượng nào đó. Thay vì phải đọc giá trị điện áp rồi quy đổi thành đại lượng cần khảo sát, ta sẽ sử dụng bộ hiển thị để hiển thị trực tiếp các giá trị cần đo trên đó. Vôn kế chỉ thi kim mắc trực tiếp vào lối ra của bộ khuếch đại thuật toán có thể được sử dụng làm bộ hiển thị. Muốn thực hiện được điều này chúng ta cần phải đo đại lượng cần khảo sát bằng một thiết bị chuẩn, đồng thời quan sát giá trị góc quay của vôn kế. Ứng với mỗi giá trị đo được bằng máy đo ta có một giá trị của góc quay tương ứng. Đánh dấu góc quay này và ghi lại giá trị tương ứng của đại lượng vừa đo chúng ta sẽ có được vạch chia mới trên thang chia độ của đại lượng cần đo.

Trong trường hợp quan hệ giữa đại lượng cần khảo sát và góc quay là tuyến tính thì các vạch chia trên thang chỉ thị sẽ đều nhau, trái lại các vạch chia sẽ không đều nhau như chỉ ra trong Hình 8.9.



Hình 8.9. Thang chia độ tuyến tính và phi tuyến: thang màu xanh ứng với trường hợp tuyến tính; thang màu đỏ ứng với trường hợp phi tuyến

### VỚI CUỘC SỐNG

- Trong sơ đồ Hình 8.8, để đèn LED sáng thì điện áp lối ra của mạch khuếch đại thuật toán phải dương hay âm so với đất?
- Tại sao phải mắc điện trở nối tiếp với đèn LED ở lối ra của mạch khuếch đại thuật toán?

### EM CÓ BIẾT

Chúng ta có thể dùng vôn kế hiện số để làm thiết bị hiển thị giá trị đo. Cách này cần một mạch điện để chuyển đổi giá trị điện áp từ bộ khuếch đại thuật toán thành giá trị cần đo để hiển thị trên màn hình dưới dạng các chữ số. Cách làm này khá phức tạp nhưng lại rất tiện lợi khi đọc các giá trị đo.



Thực hiện dự án tìm hiểu về bộ khuếch đại thuật toán và thiết bị đầu ra theo các bước sau:

- Bước 1: Xác định nhiệm vụ: Tìm hiểu về tính chất cơ bản của bộ khuếch đại thuật toán và nguyên tắc hoạt động của thiết bị đầu ra là mạch op-amp - relays, mạch op-amp-LEDs và mạch op-amp-CMs.
- Bước 2: Xác định hình thức báo cáo kết quả tìm hiểu được về bộ khuếch đại thuật toán và nguyên tắc hoạt động của 3 thiết bị đầu ra trên.
- Bước 3: Xây dựng kế hoạch và thời gian thực hiện việc tìm hiểu về bộ khuếch đại thuật toán và nguyên tắc hoạt động của 3 thiết bị trên.
- Bước 4: Thống nhất tiêu chí đánh giá dự án đảm bảo nêu được tính chất cơ bản của bộ khuếch đại thuật toán (op-amp) lý tưởng và nguyên tắc hoạt động của mạch op-amp-relays, LEDs, CMs.
- Bước 5: Thực hiện theo kế hoạch đã đề ra để hoàn thành sản phẩm như dự kiến.
- Bước 6: Báo cáo và đánh giá dự án đã thực hiện.



1. Bộ khuếch đại thuật toán có vai trò gì trong việc hiệu chuẩn thiết bị đo?
2. Tại sao khi sử dụng vôn kế làm thiết bị hiển thị giá trị đo của đại lượng vật lý chúng ta phải chia lại thang đo và đơn vị đo?

### EM ĐÃ HỌC

- Bộ khuếch đại và bộ khuếch đại thuật toán.
- Những tính chất của bộ khuếch đại thuật toán.
- Ưu điểm của bộ khuếch đại thuật toán so với các bộ khuếch đại thông thường khác.
- Nguyên tắc hoạt động của bộ khuếch đại thuật toán dùng để điều khiển relay điện từ đóng ngắt thiết bị tiêu thụ điện.
- Cách mắc LED với đầu ra của bộ khuếch đại thuật toán.

### EM CÓ THỂ

- Hiểu được tính chất của bộ khuếch đại thuật toán và vai trò của nó trong ứng dụng khuếch đại tín hiệu cho mục đích đo lường và điều khiển thiết bị.
- Biết cách ghép nối thiết bị đầu ra như relay điện từ, LED và bộ hiển thị với bộ khuếch đại thuật toán.

# MẠCH ĐIỆN ĐƠN GIẢN CÓ SỬ DỤNG THIẾT BỊ ĐẦU RA



Trong ngôi nhà thông minh, cánh cửa có thể tự đóng và mở khi có người qua lại, vòi nước có thể tự mở và tự khoá khi có người sử dụng, bóng đèn có thể tự bật khi trời tối và tự tắt khi trời sáng. Làm thế nào để các thiết bị này có thể hoạt động một cách tự động như vậy?

## I. MẠCH ĐIỆN TẠO TÍN HIỆU ĐIỀU KHIỂN THIẾT BỊ TỰ ĐỘNG SỬ DỤNG CẢM BIẾN

Bộ khuếch đại thuật toán kết hợp với cảm biến có thể tạo thành mạch điện đơn giản để điều khiển thiết bị tự động. Thông thường mạch điện này sẽ gồm một bộ khuếch đại thuật toán để khuếch đại tín hiệu từ cảm biến. Tín hiệu đầu ra của mạch khuếch đại sẽ được đưa tới một mạch điện được thiết kế riêng cho thiết bị cần điều khiển. Thông qua mạch điện này, thiết bị sẽ được điều khiển bằng tín hiệu của cảm biến (Hình 9.1).

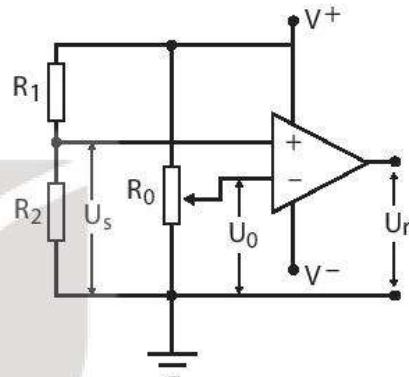


Hình 9.1. Sơ đồ khối mạch tạo tín hiệu điều khiển thiết bị.

Hình 9.2 là sơ đồ của mạch điện đơn giản tạo tín hiệu điều khiển bật tắt thiết bị sử dụng bộ khuếch đại thuật toán. Với mạch điện này, nếu điện áp đầu vào không đảo (chân +) cao hơn điện áp đầu vào đảo (chân -) thì điện áp đầu ra ( $U_r$ ) sẽ bằng điện áp dương nguồn (mức cao). Trường hợp ngược lại, điện áp đầu ra sẽ bằng điện áp âm nguồn (mức thấp).

Biến trở  $R_0$  được điều chỉnh để tạo ra điện áp  $U_0$  ở đầu vào đảo. Điện trở  $R_1$  và  $R_2$  được mắc để tạo ra điện áp  $U_s$  ở đầu vào không đảo.

Tuỳ thuộc vào tỉ số  $\frac{R_1}{R_2}$  mà điện áp  $U_s$  có thể lớn hơn hoặc nhỏ hơn  $U_0$ . Nếu thay  $R_1$  hoặc  $R_2$  bằng một cảm biến thì điện áp  $U_s$  sẽ thay đổi theo sự thay đổi điện trở của cảm biến. Như vậy, mỗi khi  $U_s$  vượt qua giá trị  $U_0$  thì điện áp đầu ra sẽ thay đổi mức giá trị. Nếu nối đầu ra với một relay hoặc một thiết bị cảnh báo thì ta sẽ có một thiết bị đóng ngắt mạch điện hoặc cảnh báo ngưỡng tự động.



Hình 9.2. Sơ đồ mạch điện tạo tín hiệu bật tắt thiết bị sử dụng cảm biến.

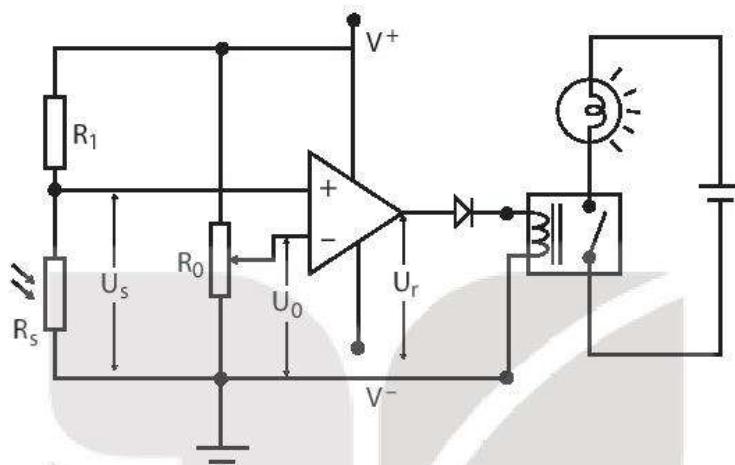


- Vai trò của bộ khuếch đại thuật toán trong sơ đồ Hình 9.1 là gì? Có thể dùng tín hiệu trực tiếp từ cảm biến để điều khiển thiết bị mà không cần mạch khuếch đại được không?
- Tại sao điện trở của cảm biến trong Hình 9.2 thay đổi lại làm tín hiệu điện áp tới chân vào không đảo của bộ khuếch đại thuật toán thay đổi?

## II. MỘT SỐ MẠCH ĐIỆN ỨNG DỤNG CẢM BIẾN

### 1. Mạch điện tự động chiếu sáng

Hình 9.3 là sơ đồ mạch điện của thiết bị tự bật đèn khi trời tối và tắt đèn khi trời sáng. Mạch điện này được thiết kế dựa theo sơ đồ Hình 9.2, trong đó điện trở  $R_2$  được thay bằng cảm biến quang điện trở  $R_s$ . Con chạy của biến trở  $R_0$  được đặt ở vị trí sao cho điện áp  $U_0$  chỉ nhỏ hơn điện áp  $U_s$  lúc trời tối một chút. Như vậy, khi trời tối điện áp  $U_r$  ở mức cao, relay sẽ đóng mạch làm cho đèn sáng. Khi trời sáng điện áp  $U_s$  sẽ giảm xuống thấp hơn điện áp  $U_0$  do đó điện áp  $U_r$  ở mức thấp, relay sẽ ngắt mạch để tắt đèn. Với nguyên tắc hoạt động của mạch điện như trên, bóng đèn sẽ tự bật khi trời tối và tự tắt khi trời sáng.



Hình 9.3. Sơ đồ mạch điện thiết bị tự động chiếu sáng



Trong sơ đồ mạch điện tự chiếu sáng, tại sao phải đặt điện áp  $U_0$  chỉ cao hơn giá trị điện áp trên cảm biến lúc trời tối một chút?

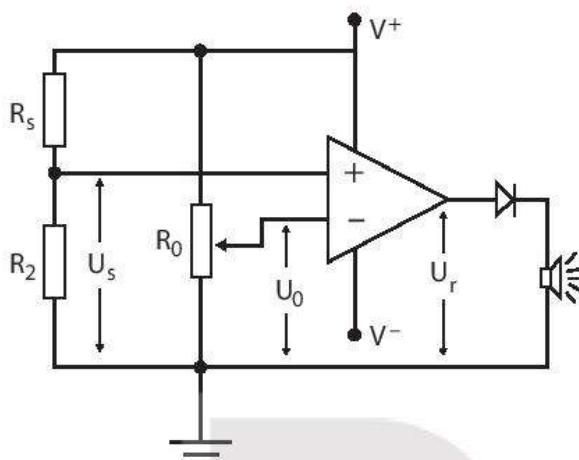
#### EM CÓ BIẾT

Với mạch điện trong Hình 9.3, nếu chúng ta thay quang điện trở bằng một nhiệt điện trở NTC và thay bóng đèn bằng một lò sưởi thì chúng ta sẽ có một mạch điện cho thiết bị tự động bật tắt lò sưởi với nguyên tắc hoạt động tương tự như mạch tự động bật tắt đèn. Bằng việc thay đổi loại cảm biến và thiết bị tải, chúng ta có thể thiết kế được rất nhiều thiết bị hoạt động tự động khác nhau phục vụ cuộc sống.

### 2. Mạch điện cảnh báo rò rỉ khí cháy nổ

Dựa vào sơ đồ mạch điện Hình 9.2, bằng cách thay điện trở  $R_1$  bằng cảm biến phát hiện khí cháy nổ  $R_s$ . Đầu ra của bộ khuếch đại thuật toán được nối với còi cảnh báo, khi đó ta có thiết bị cảnh báo rò rỉ khí cháy nổ (Hình 9.4).

Mạch điện cảnh báo rò rỉ khí cháy nổ hoạt động tương tự như mạch tự động bật tắt bóng đèn. Con chạy của biến trở  $R_0$  được đặt sao cho điện áp  $U_0$  chỉ cao hơn điện áp  $U_s$  một chút khi không có rò rỉ khí. Như vậy, khi không có rò rỉ khí, điện áp  $U_r$  ở mức thấp, còi không kêu. Khi có rò rỉ khí, điện trở của cảm biến giảm xuống đột ngột làm cho điện áp  $U_s$  tăng nhanh. Nếu điện áp  $U_s$  tăng cao hơn điện áp  $U_0$  thì điện áp  $U_r$  sẽ ở mức cao, còi cảnh báo sẽ được kích hoạt để phát ra âm thanh.



Hình 9.4. Sơ đồ mạch điện của thiết bị cảnh báo rò rỉ khí cháy nổ



Hình 9.5. Thiết bị cảnh báo rò rỉ khí cháy nổ

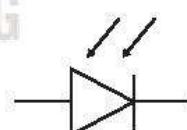
### 3. Mạch điện tự động đóng mở van nước

Có thể thay đổi mạch điện Hình 9.2 đi một chút để được mạch đóng mở van nước tự động. Mạch điện này đòi hỏi phải có một bộ diode thu phát bức xạ hồng ngoại (Hình 9.6) để tạo tín hiệu điều khiển. Diode thu hồng ngoại  $D_2$  sẽ thay cho  $R_1$  trong sơ đồ mạch điện Hình 9.2. Diode phát hồng ngoại  $D_1$  được mắc nối tiếp với điện trở  $R$  (để tránh hỏng diode) có nhiệm vụ phát ra tia hồng ngoại.

Diode phát  
hồng ngoại



Diode thu  
hồng ngoại



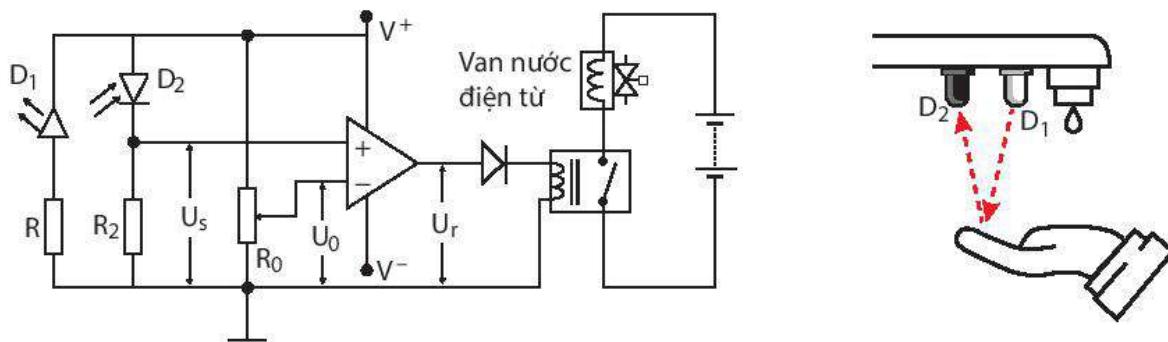
Hình 9.6. Bộ diode thu phát hồng ngoại

Hình 9.7 Kí hiệu diode thu bức xạ hồng ngoại

Diode thu bức xạ hồng ngoại hoạt động giống như một cảm biến ánh sáng hoạt động trong vùng hồng ngoại và được kí hiệu như Hình 9.7.

Trong mạch điện, diode này được mắc theo phân cực ngược. Khi có tia hồng ngoại chiếu vào thì điện trở phản cực ngược của nó sẽ giảm, cường độ tia hồng ngoại càng mạnh thì điện trở giảm càng nhiều. Diode phát bức xạ hồng ngoại thực chất là một đèn LED phát ra bức xạ hồng ngoại. Trong mạch điện, diode này được mắc theo phân cực thuận. Để thuận tiện, ta gọi diode thu bức xạ hồng ngoại là đầu thu và diode phát bức xạ hồng ngoại là đầu phát.

Hình 9.8 là sơ đồ mạch điện đóng mở van nước tự động. Trong thiết kế ứng dụng, cặp đầu thu phát được gắn ở vòi nước theo chiều hướng xuống dưới (Hình 9.9). Biến trở  $R_0$  được điều chỉnh sao cho khi chưa đưa tay đến gần vòi nước thì điện áp  $U_0$  cao hơn điện áp  $U_s$  một chút. Lúc này, điện áp đầu ra của bộ khuếch đại thuật toán ở mức thấp, van nước ở trạng thái khóa. Khi đưa tay tới gần vòi nước, tia hồng ngoại phản xạ trên tay sẽ tới đầu thu với cường độ mạnh hơn làm điện áp  $U_s$  tăng vượt điện áp  $U_0$ . Kết quả là điện áp lối ra ở mức cao và relay sẽ đóng mạch để mở khoá van nước.



Hình 9.8. Mạch điện đóng mở van nước tự động

Hình 9.9. Mô hình vòi nước rửa tay tự động:  $D_1$  là diode phát hồng ngoại,  $D_2$  là diode thu hồng ngoại



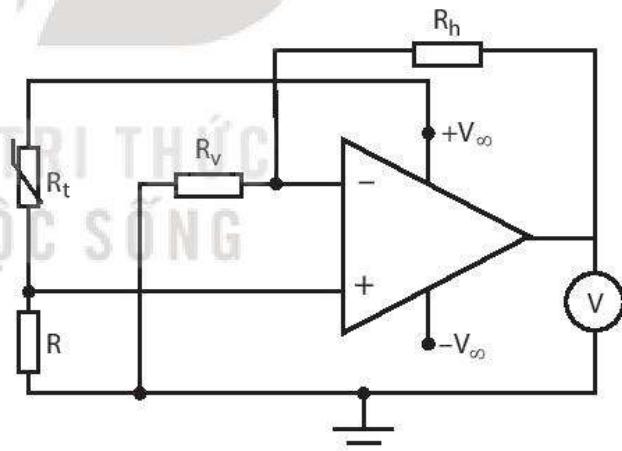
Tại sao khi đưa tay tới gần vòi nước (Hình 9.9) thì tín hiệu phản xạ hồng ngoại tới đầu thu hồng ngoại lại tăng lên?

#### 4. Mạch điện đo nhiệt độ

Vôn kẽ chỉ thị kim có thể được dùng để hiển thị giá trị nhiệt độ cho nhiệt kế sử dụng cảm biến nhiệt điện trở NTC. Mạch khuếch đại thuật toán mắc theo sơ đồ trong Hình 9.10 cho phép khuếch đại tín hiệu từ cảm biến lên nhiều lần với tín hiệu đầu vào đồng pha với tín hiệu đầu ra. Vôn kẽ được mắc ở lối ra của mạch khuếch đại. Các điện trở  $R_h$  và  $R_v$  được lựa chọn sao cho điện áp lối ra phù hợp với thang đo của vôn kẽ.  $R_t$  là cảm biến nhiệt điện trở NTC. Với sơ đồ mạch như trên thì ứng với mỗi

nhiệt độ của cảm biến sẽ có một điện áp lối ra của mạch khuếch đại. Do góc quay của kim vôn kẽ tỉ lệ với điện áp nên ứng với mỗi giá trị của nhiệt độ sẽ có một giá trị của góc quay. Ngược lại, khi biết được góc quay của kim vôn kẽ, chúng ta cũng biết được nhiệt độ của cảm biến.

Để tạo các vạch chỉ thị nhiệt độ trên vôn kẽ chúng ta phải tiến hành hiệu chuẩn thiết bị bằng một nhiệt kế chuẩn. Nhiệt kế đo giá trị nhiệt độ của cảm biến, kim vôn kẽ chỉ góc quay tương ứng. Các vị trí góc quay ứng với từng nhiệt độ được đánh dấu trên thang chia độ. Quá trình này được thực hiện trên một dải nhiệt độ để có được đầy đủ các vạch chia trên toàn thang đo.



Hình 9.10. Sơ đồ mạch đo nhiệt độ sử dụng cảm biến nhiệt điện trở NTC.



Thực hiện dự án thiết kế một số mạch điện ứng dụng đơn giản có sử dụng thiết bị đầu ra theo các bước sau:

**Bước 1:** Xác định nhiệm vụ: Tìm hiểu về một số ứng dụng đơn giản của mạch điện có sử dụng cảm biến và thiết bị đầu ra trong thực tế và thống nhất lựa chọn một số ứng dụng đơn giản có sử dụng cảm biến và thiết bị đầu ra.

**Bước 2:** Xác định ý tưởng thiết kế mạch điện đơn giản để thực hiện ứng dụng đã lựa chọn ở trên.

**Bước 3:** Thống nhất tiêu chí đánh giá mạch điện ứng dụng đơn giản có sử dụng cảm biến và thiết bị đầu ra.

**Bước 4:** Thực hiện thiết kế mạch điện có sử dụng cảm biến và thiết bị đầu ra theo các tiêu chí đã đề xuất.

**Bước 5:** Xây dựng báo cáo và nội dung trình bày về ứng dụng của mạch điện đơn giản có sử dụng cảm biến và thiết bị đầu ra đã thiết kế đảm bảo có hình ảnh thực tế và bản thiết kế đã thực hiện.

**Bước 6:** Báo cáo và đánh giá dự án đã thực hiện.

### EM ĐÃ HỌC

- Ứng dụng sơ đồ mạch tạo tín hiệu điều khiển thiết bị tự động sử dụng cảm biến để thiết kế mạch điều khiển thiết bị và mạch cảnh báo ngưỡng .
- Nguyên tắc hoạt động của mạch điện bật tắt đèn tự động, rò rỉ khí cháy nổ tự động, van nước tự động và mạch đo nhiệt độ.

### EM CÓ THỂ

- Thiết kế và lắp ráp được thiết bị tự động sử dụng các linh kiện: Cảm biến, mạch khuếch đại thuật toán và relay điện tử.
- Thiết kế và lắp ráp được thiết bị đo một đại lượng vật lí sử dụng các linh kiện: Cảm biến, mạch khuếch đại thuật toán và vôn kế khung quay.

### EM CÓ BIẾT

Mạch điện tự động đóng mở van nước có thể cải tiến để trở thành mạch điện đóng mở cửa tự động bằng cách thay van nước bằng mô tơ chuyên dụng và sử dụng relay chuyển mạch để thay đổi chiều quay của mô tơ. Khi có người đi tới gần cửa, đầu thu hồng ngoại nhận tia hồng ngoại phản xạ trên người làm relay đóng mạch cho cửa mở. Khi người đi qua, bức xạ hồng ngoại ở đầu thu hồng ngoại yếu, relay chuyển mạch sang trạng thái đảo chiều quay của động cơ là cho cửa đóng.

## GIẢI THÍCH MỘT SỐ THUẬT NGỮ DÙNG TRONG SÁCH

	THUẬT NGỮ	GIẢI THÍCH	TRANG
A	ADC (Analog to Digital Converter)	Quá trình biến đổi từ tín hiệu tương tự sang tín hiệu số.	37
	AM (Amplitude Modulation)	Biến điệu biên độ: biên độ của sóng mang thay đổi theo biên độ của sóng âm tần theo thời gian, tần số và pha của sóng mang giữ nguyên không thay đổi.	27
B	Băng thông	Dải tần số của một tín hiệu.	28
	Biến điệu	Quá trình trộn sóng điện từ có tần số thấp với sóng điện từ có tần số cao.	26
C	Cường độ sáng	Đại lượng vật lí cho biết năng lượng của một nguồn sáng phát ra trong một đơn vị thời gian trên một đơn vị góc khối. Đơn vị cường độ sáng là candela (cd).	45
D	DAC (Digital to Analog Converter)	Quá trình biến đổi từ tín hiệu số sang tín hiệu tương tự.	37
	Dòng điều khiển relay	Dòng điện chạy trong nam châm điện của relay.	50
F	FM (Frequency Modulation)	Biến điệu tần số: tần số của tín hiệu sóng mang thay đổi theo biên độ của sóng âm tần, biên độ đỉnh và pha của tín hiệu sóng mang không thay đổi.	27
M	Mã hoá	Việc sử dụng các bit nhị phân (0 hoặc 1) để biểu diễn thông tin.	35
	Môi trường truyền dẫn	Môi trường để mang thông tin từ nguồn đến đích.	39
N	Nhiễu	Những tín hiệu điện không mong muốn bằng nhiều nguyên nhân khác nhau đã xuất hiện trong mạch điện.	28
P	PCM (Pulse-Code Modulation)	Kĩ thuật điều chế mã xung dùng để biến đổi một tín hiệu tương tự thành tín hiệu số.	37
T	Tải	Thuật ngữ chỉ mạch tiêu thụ điện.	31
	Transistor	Transistor là một linh kiện bán dẫn cấu tạo bởi các lớp bán dẫn được ghép với nhau theo thứ tự N-P-N hoặc P-N-P có khả năng khuếch đại dòng điện hoặc điện áp trong mạch điện.	49
	Trạng thái quá nhiệt	Trạng thái quá nhiệt của một thiết bị là trạng thái mà nhiệt độ của thiết bị vượt qua nhiệt độ cho phép. Nếu thiết bị ở trạng thái quá nhiệt quá lâu sẽ dẫn tới khả năng hỏng thiết bị.	46

# Đoàn văn Doanh - THPT Nam Trực - Nam Định

---

Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam xin trân trọng cảm ơn  
các tác giả có tác phẩm, tư liệu được sử dụng, trích dẫn  
trong cuốn sách này.

---

## Chịu trách nhiệm xuất bản:

Chủ tịch Hội đồng Thành viên NGUYỄN ĐỨC THÁI  
Tổng Giám đốc HOÀNG LÊ BÁCH

## Chịu trách nhiệm nội dung:

Tổng biên tập PHẠM VĨNH THÁI

Biên tập nội dung: ĐINH THỊ THÁI QUỲNH – PHẠM VĂN HANH

Biên tập mĩ thuật: NGUYỄN BÍCH LA

Thiết kế sách: TRẦN ANH MINH

Trinh bày bìa: NGUYỄN BÍCH LA

Minh họa: NGUYỄN THỊ NGỌC THUỶ

Sửa bản in: PHẠM THỊ TÌNH

Chế bản: CÔNG TY CỔ PHẦN MĨ THUẬT VÀ TRUYỀN THÔNG

---

Bản quyền thuộc Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam.

---

Tất cả các phần của nội dung cuốn sách này đều không được sao chép, lưu trữ, chuyển thể dưới bất kì hình thức nào khi chưa có sự cho phép bằng văn bản của Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam.

## CHUYÊN ĐỀ HỌC TẬP VẬT LÝ 11

Mã số: ...

In ... bản, (QĐ ...) khổ 19 x 26,5 cm.

Đơn vị in: ...

Địa chỉ: ...

Số ĐKXB: ...

Số QĐXB: ...

In xong và nộp lưu chiểu tháng ... năm 20...

Mã số ISBN: ...



HUÂN CHƯƠNG HỒ CHÍ MINH

## BỘ SÁCH GIÁO KHOA LỚP 11 – KẾT NỐI TRI THỨC VỚI CUỘC SỐNG

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Ngữ văn 11, tập một<br>2. Ngữ văn 11, tập hai<br>3. Chuyên đề học tập Ngữ văn 11<br>4. Toán 11, tập một<br>5. Toán 11, tập hai<br>6. Chuyên đề học tập Toán 11<br>7. Lịch sử 11<br>8. Chuyên đề học tập Lịch sử 11<br>9. Địa lí 11<br>10. Chuyên đề học tập Địa lí 11<br>11. Giáo dục Kinh tế và Pháp luật 11<br>12. Chuyên đề học tập Giáo dục Kinh tế và Pháp luật 11<br>13. Vật lí 11<br>14. Chuyên đề học tập Vật lí 11<br>15. Hoá học 11<br>16. Chuyên đề học tập Hoá học 11<br>17. Sinh học 11<br>18. Chuyên đề học tập Sinh học 11<br>19. Công nghệ 11 – Công nghệ cơ khí<br>20. Chuyên đề học tập Công nghệ 11 – Công nghệ cơ khí<br>21. Công nghệ 11 – Công nghệ chăn nuôi<br>22. Chuyên đề học tập Công nghệ 11 – Công nghệ chăn nuôi<br>23. Tin học 11 – Định hướng Khoa học máy tính<br><br>24. Tin học 11 – Định hướng Tin học ứng dụng<br>25. Chuyên đề học tập Tin học 11 – Định hướng Tin học ứng dụng<br>26. Chuyên đề học tập Tin học 11 – Định hướng Khoa học máy tính<br>27. Mĩ thuật 11 – Thiết kế mĩ thuật đa phương tiện<br>28. Mĩ thuật 11 – Thiết kế đồ họa<br>29. Mĩ thuật 11 – Thiết kế thời trang<br>30. Mĩ thuật 11 – Thiết kế mĩ thuật sân khấu, điện ảnh<br>31. Mĩ thuật 11 – Lý luận và lịch sử mĩ thuật<br>32. Mĩ thuật 11 – Điều khắc<br>33. Mĩ thuật 11 – Kiến trúc<br>34. Mĩ thuật 11 – Hội họa<br>35. Mĩ thuật 11 – Đồ họa (tranh in)<br>36. Mĩ thuật 11 – Thiết kế công nghiệp<br>37. Chuyên đề học tập Mĩ thuật 11<br>38. Âm nhạc 11<br>39. Chuyên đề học tập Âm nhạc 11<br>40. Hoạt động trải nghiệm, hướng nghiệp 11<br>41. Giáo dục thể chất 11 – Bóng chuyền<br>42. Giáo dục thể chất 11 – Bóng đá<br>43. Giáo dục thể chất 11 – Cầu lông<br>44. Giáo dục thể chất 11 – Bóng rổ<br>45. Giáo dục quốc phòng và an ninh 11<br>46. Tiếng Anh 11 – Global Success – Sách học sinh |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### Các đơn vị đầu mối phát hành

- **Miền Bắc:** CTCP Đầu tư và Phát triển Giáo dục Hà Nội  
CTCP Sách và Thiết bị Giáo dục miền Bắc
- **Miền Trung:** CTCP Đầu tư và Phát triển Giáo dục Đà Nẵng  
CTCP Sách và Thiết bị Giáo dục miền Trung
- **Miền Nam:** CTCP Đầu tư và Phát triển Giáo dục Phương Nam  
CTCP Sách và Thiết bị Giáo dục miền Nam  
CTCP Sách và Thiết bị Giáo dục Cửu Long

**Sách điện tử:** <http://hanhtrangso.nxbgd.vn>

Kích hoạt để mở học liệu điện tử: Cào lớp nhũ trên tem để nhận mã số. Truy cập <http://hanhtrangso.nxbgd.vn> và nhập mã số tại biểu tượng chìa khóa.



Giá: ... đ