



NGUYỄN VĂN KHÁNH (Tổng Chủ biên kiêm Chủ biên)  
PHẠM THUYỀN GIANG – NGUYỄN ANH VINH

CHUYÊN ĐỀ HỌC TẬP

# Vật lí

11

BẢN MẪU



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



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

NGUYỄN VĂN KHÁNH (Tổng Chủ biên kiêm Chủ biên)  
PHẠM THUYỀN GIANG – NGUYỄN ANH VINH

CHUYÊN ĐỀ HỌC TẬP

# Vật lí 11

**BẢN MẪU**



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

# MỤC LỤC

*Trang*

Lời nói đầu .....	3
Hướng dẫn sử dụng sách.....	4

## **Chủ đề 1. TRƯỜNG HẤP DẪN**

1. Lực hấp dẫn và trường hấp dẫn .....	6
2. Cường độ trường hấp dẫn, thế hấp dẫn và thế năng hấp dẫn .....	11
3. Chuyển động trong trường hấp dẫn .....	17

## **Chủ đề 2. TRUYỀN THÔNG TIN BẰNG SÓNG VÔ TUYẾN**

1. Biến điệu .....	23
2. Truyền tín hiệu .....	29

## **Chủ đề 3. MỞ ĐẦU VỀ ĐIỆN TỬ HỌC**

1. Thiết bị cảm biến và khuếch đại thuật toán .....	36
2. Thiết bị đầu ra .....	46

<b>Bảng giải thích thuật ngữ.....</b>	<b>51</b>
---------------------------------------	-----------

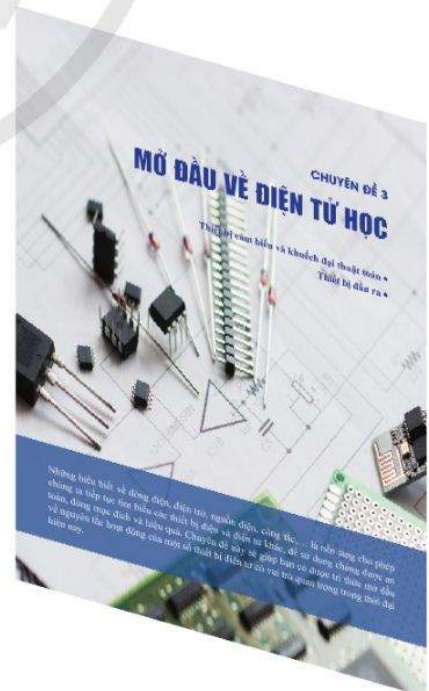
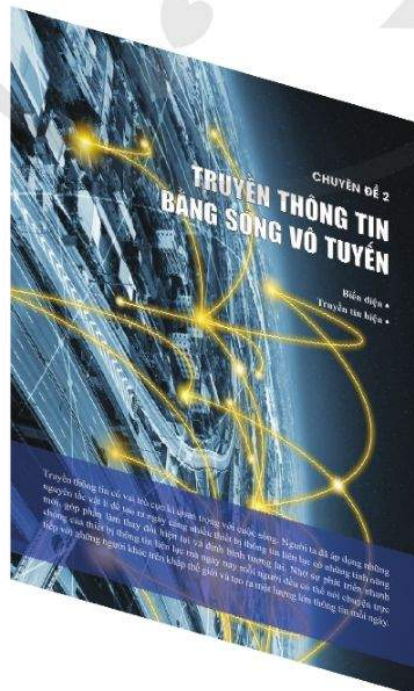
# LỜI NÓI ĐẦU

Bạn thân mến!

Tiếp theo các chuyên đề học tập lớp 10, sách *Chuyên đề học tập vật lí 11* này giới thiệu ba chuyên đề. Đây là những chuyên đề tự chọn, nhằm đáp ứng nhu cầu và sở thích cá nhân, bước đầu giúp phân hoá theo định hướng nghề nghiệp. Sách gồm ba chuyên đề: Trường hấp dẫn, Truyền thông tin bằng sóng vô tuyến, Mở đầu về điện tử học. Bằng những bài học hấp dẫn phù hợp với lứa tuổi, sách giúp bạn có được những tri thức đầu tiên về trường hấp dẫn – trường lực giữ mọi vật ở trên Trái Đất, chi phối chuyển động từ các hành tinh cho đến các thiên hà ở cách chúng ta hàng tỉ năm ánh sáng. Đồng thời, sách cũng giúp bạn có được những tri thức mở đầu về truyền thông tin và điện tử học. Những thành quả trong các lĩnh vực này đã và đang góp phần làm thay đổi cuộc sống của chúng ta.

Cùng với những nội dung ở sách Vật lí 11, sách góp phần giúp bạn cảm nhận được vẻ đẹp của thiên nhiên qua hệ thống các quy luật vật lí, hình thành và phát triển thế giới quan khoa học, rèn luyện tính trung thực, tinh yêu lao động và tinh thần trách nhiệm.

Bạn hãy tích cực học tập theo hướng dẫn của sách cũng như của thầy cô giáo và bạn bè. Chúc bạn hứng thú và học tập tốt với quyển sách này!



# HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG SÁCH

## MỘT BÀI HỌC THƯỜNG CÓ

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

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

## CÁC HOẠT ĐỘNG

### Mở đầu



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

### Hình thành kiến thức, kỹ năng



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

Hoạt động này sẽ giúp bạn hình thành được cho mình các kiến thức, kỹ năng thông qua bài học.



#### Thực hành, khám phá

Hoạt động này là một trong những cách tốt nhất để giúp bạn khám phá các hiện tượng vật lý và hình thành được cho mình các kỹ năng khoa học.



#### Luyện tập

Hoạt động này sẽ giúp bạn rèn luyện kiến thức, kỹ năng đã học.



#### Vận dụng

Hoạt động này sẽ giúp bạn vận dụng kiến thức và kỹ năng đã học qua các câu hỏi, bài tập và các yêu cầu về xử lý tình huống thực tiễn.

### Bạn có biết

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

### Tìm hiểu thêm

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

### Kiến thức, kỹ năng cốt lõi



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

CHUYÊN ĐỀ 1

# TRƯỜNG HẤP DẪN

- Lực hấp dẫn và trường hấp dẫn •
- Cường độ trường hấp dẫn, thế hấp dẫn và thế năng hấp dẫn •
- Chuyển động trong trường hấp dẫn •

## HẤP DẪN CHI PHỐI MỌI THỨ TRONG VŨ TRỤ

Thiên hà của chúng ta – Dải Ngân Hà là một tập hợp có dạng một cái đĩa, xoáy ốc, gồm bụi, hành tinh và hàng trăm tỉ ngôi sao, trong đó có Hệ Mặt Trời. Lực gắn kết chúng, hoặc bất kì một thiên hà nào khác với nhau có bản chất giống lực giữ Mặt Trăng trên quỹ đạo và giữ bạn vào Trái Đất – lực hấp dẫn. Lực này cũng chi phối hoạt động của một trong những vật thể kì lạ nhất trong tự nhiên, hố đen vũ trụ – một ngôi sao đã sụp đổ vào trong bản thân nó sau khi tiêu thụ hết nhiên liệu.

Nhìn lại lịch sử nghiên cứu về hấp dẫn, từ Galileo (Ga-li-lê) với các thí nghiệm về sự rơi tự do ở tháp nghiêng Pisa (Pi-za), Kepler (Kép-lo) với các quan sát thực nghiệm về chuyển động của các hành tinh quanh Mặt Trời, Newton (Niu-ton) với định luật vạn vật hấp dẫn, Einstein (Anh-xtanh) với thuyết tương đối rộng và Stephen Hawking (Sti-phân Hooc-kinh) với các nghiên cứu về hố đen, chúng ta ngày càng tiến tới những hiểu biết tốt hơn về hấp dẫn. Và hành trình này vẫn chưa dừng lại,...

# LỰC HẤP DẪN VÀ TRƯỜNG HẤP DẪN

# 1

## Học xong bài học này, bạn có thể

- Nêu được ví dụ chứng tỏ tồn tại lực hấp dẫn của Trái Đất.
- Thảo luận (qua hình vẽ, tài liệu đa phương tiện), nêu được: 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, 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.
- Nêu được: Khi xét trường hấp dẫn ở một điểm ngoài quả cầu đồng chất, khối lượng của quả cầu có thể xem như tập trung ở tâm của nó.



Sống trên Trái Đất, chúng ta được trải nghiệm tác dụng của lực hấp dẫn hằng ngày. Các vật chúng ta cầm thường rơi xuống mặt đất khi ta buông tay. Các vận động viên nhảy dù khi nhảy khỏi máy bay cũng chịu tác dụng bởi lực hút và rơi xuống mặt đất. Bạn có bao giờ tự hỏi, làm thế nào để những con tàu vũ trụ “chống lại” lực hút này của Trái Đất mà bay vào không gian (Hình 1.1)?



Hình 1.1. Tên lửa đưa tàu vũ trụ vào không gian

## I. LỰC HẤP DẪN CỦA TRÁI ĐẤT

Năm 1665, chàng trai 23 tuổi Isaac Newton (I-sắc Niu-ton) đã có một cống hiến nền tảng cho Vật lý học, khi anh nhận ra rằng lực giữ Mặt Trăng trên quỹ đạo cũng chính là lực làm cho quả táo rơi.

Newton kết luận rằng, không những Trái Đất hút quả táo và Mặt Trăng, mà mọi vật trong vũ trụ đều hút lẫn nhau với một lực gọi là lực hấp dẫn.



Mọi vật trên Trái Đất đều bị Trái Đất hút về phía tâm của nó, ví dụ Trái Đất hút một quả táo với một lực cỡ 3 N trong khi lực hút tác dụng lên một con tàu khối lượng rất lớn có thể lên đến  $2 \cdot 10^8$  N.

## II. ĐỊNH LUẬT VẠN VẬT HẤP DẪN

Trên cơ sở nghiên cứu sự rơi của các vật cũng như chuyển động của Mặt Trăng quanh Trái Đất và các hành tinh quanh Mặt Trời, Newton nhận định: mọi vật trong tự nhiên đều hút lẫn nhau bởi một lực được gọi là lực hấp dẫn.

*Độ lớn lực hấp dẫn giữa hai vật tỉ lệ thuận với tích hai khối lượng và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng.*

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

Trong đó:

$m_1$  và  $m_2$  là khối lượng của hai vật, đơn vị đo là kilôgam (kg)

$r$  là khoảng cách giữa hai vật, đơn vị đo là mét (m)

Hệ số tỉ lệ  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$  (tìm ra sau nhiều phép đo chính xác) được gọi là hằng số hấp dẫn.

Khi kích thước các vật rất nhỏ so với khoảng cách giữa chúng, lực hấp dẫn giữa hai vật được biểu diễn như trên Hình 1.2.

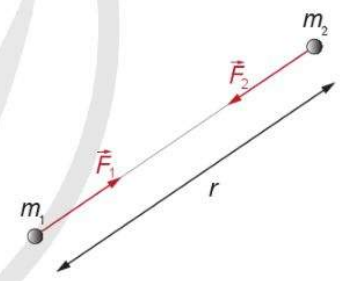
Khoảng cách giữa Mặt Trăng và Trái Đất lớn hơn kích thước của chúng rất nhiều (Hình 1.3), do đó chúng ta có thể áp dụng công thức (1.1) khi tính lực hấp dẫn giữa hai thiên thể này.



1. Vì sao cùng chịu tác dụng của lực hút Trái Đất, quả táo rơi xuống mặt đất nhưng Mặt Trăng thì không?



2. Vì sao ta không cảm nhận thấy lực hấp dẫn giữa các vật xung quanh trong cuộc sống hằng ngày?



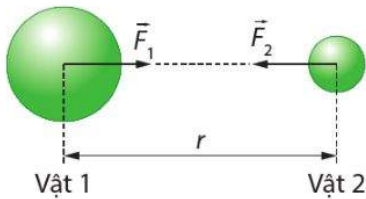
Hình 1.2. Lực hấp dẫn giữa hai vật khối lượng  $m_1$  và  $m_2$



Hình 1.3. Trái Đất và Mặt Trăng có kích thước rất nhỏ so với khoảng cách giữa chúng.



1. Cho biết khối lượng của Trái Đất và Mặt Trăng lần lượt là  $5,97 \cdot 10^{24}$  kg và  $7,37 \cdot 10^{22}$  kg. Khoảng cách giữa chúng là 384 400 km. Tính lực hấp dẫn giữa chúng.



**Hình 1.4.** Lực hấp dẫn giữa hai vật có kích thước lớn so với khoảng cách giữa chúng

Khi tính lực hấp dẫn giữa các vật có kích thước lớn so với khoảng cách giữa chúng, người ta quy ước: *Một vật đồng chất hình cầu hút các vật ở ngoài với một lực tương đương như khi toàn bộ khối lượng tập trung tại tâm của nó.*

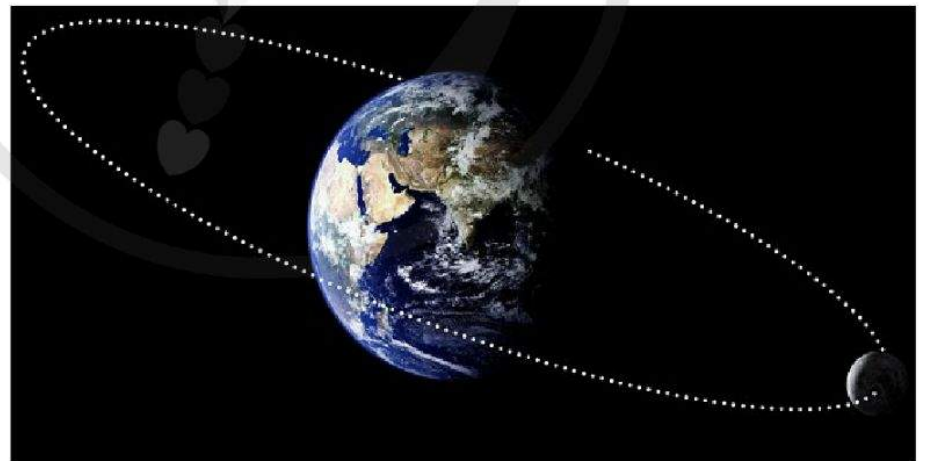
Như vậy, khi áp dụng công thức (1.1) để tính lực hấp dẫn giữa hai vật đồng chất hình cầu thì  $r$  là khoảng cách giữa hai tâm (Hình 1.4). Lực hấp dẫn nằm trên đường nối hai tâm và đặt vào hai tâm đó.

### III. TRƯỜNG HẤP DẪN

Lực hấp dẫn là lực không tiếp xúc. Làm thế nào để Mặt Trời có thể tác dụng lực hấp dẫn lên các hành tinh quay quanh nó từ khoảng cách hàng triệu kilômét? Để trả lời câu hỏi này, Newton đã đưa ra khái niệm trường hấp dẫn.

#### 1. Khái niệm trường hấp dẫn

Theo Newton, mọi vật có khối lượng đều tạo ra một trường hấp dẫn trong không gian xung quanh nó. Trường này tác dụng lực hấp dẫn lên bất kì vật nào khác có khối lượng đặt trong đó. Mặt Trăng chuyển động quanh Trái Đất với quỹ đạo có bán kính 384 400 km bởi vì nó chịu lực do trường hấp dẫn của Trái Đất tác dụng lên (Hình 1.5).



**Hình 1.5.** Mặt Trăng chuyển động trong trường hấp dẫn của Trái Đất (hình vẽ không theo đúng tỉ lệ)



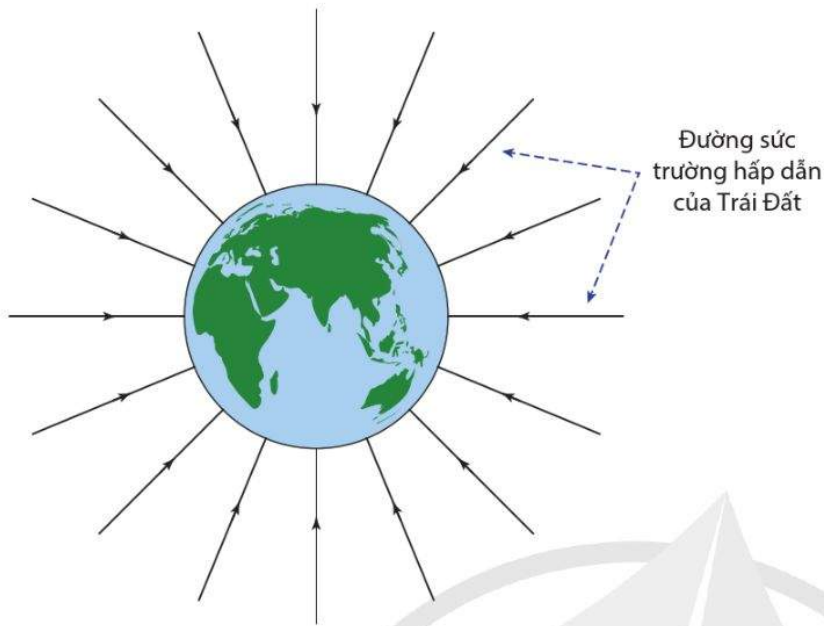
3. Ngoài trường hấp dẫn, bạn đã học về trường nào khác? Nhắc lại tính chất của trường này.



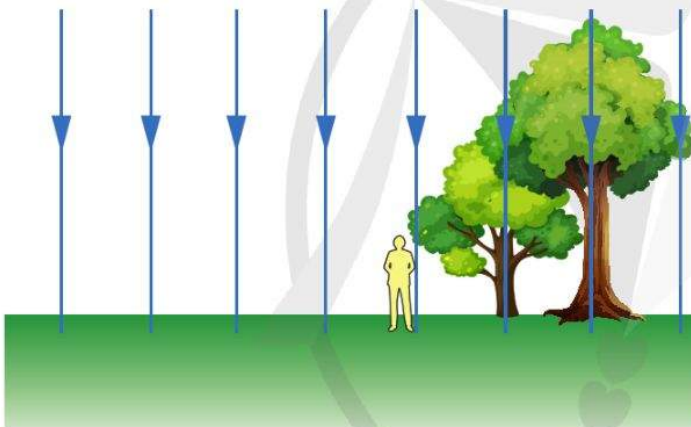
2. Lấy ví dụ các hiện tượng trong cuộc sống hằng ngày cho thấy bạn đang sống trong trường hấp dẫn của Trái Đất.

#### 2. Biểu diễn trường hấp dẫn

Ở môn Khoa học tự nhiên, chúng ta đã biết cách dùng hệ thống các đường sức từ để biểu diễn từ trường. Bằng cách tương tự, ta có thể biểu diễn trường hấp dẫn của Trái Đất bằng hệ thống các đường sức như trong Hình 1.6 và Hình 1.7.



Hình 1.6. Đường sức trường hấp dẫn của Trái Đất



Hình 1.7. Đường sức của trường hấp dẫn của Trái Đất ở gần mặt đất

Các đường sức trường hấp dẫn được vẽ theo nguyên tắc:

- Mũi tên trên đường sức chỉ hướng của lực hấp dẫn tác dụng lên một vật có khối lượng đặt trong trường hấp dẫn.
- Mật độ các đường sức biểu thị cường độ của trường hấp dẫn - khu vực có mật độ đường sức càng thưa thì trường hấp dẫn càng yếu và ngược lại.

Hệ thống đường sức biểu diễn trường hấp dẫn của Trái Đất cho thấy, tất cả các vật có khối lượng đặt trong trường này đều bị hút về tâm của Trái Đất. Lực hấp dẫn sẽ yếu hơn khi ra xa bề mặt Trái Đất.

Tuy vậy, ở gần bề mặt Trái Đất, trường hấp dẫn là một trường đều. Do đó, lực hấp dẫn tác dụng lên vật là như nhau dù vật ở vị trí nào trong Hình 1.7. Mọi vật ở gần mặt đất cũng đều rơi tự do theo phương thẳng đứng.



4.

- Các mũi tên trên đường sức cho biết điều gì?
- Mật độ các đường sức ở các vùng không gian khác nhau cho biết điều gì?
- Vì sao nói: Trường hấp dẫn của Trái Đất là trường xuyên tâm?



- Đặc điểm nào cho biết trường hấp dẫn ở gần bề mặt Trái Đất là trường đều?



Trạm Vũ Trụ quốc tế ISS (International Space Station) là một tổ hợp công trình quốc tế nhằm nghiên cứu không gian trên quỹ đạo tầng thấp của Trái Đất. Trạm có khối lượng 444 615 kg và chuyển động trên quỹ đạo thấp nhất, cách mặt đất 370 km. Tính lực hấp dẫn của Trái Đất tác dụng lên trạm ISS. Biết rằng, Trái Đất có khối lượng  $5,97 \cdot 10^{24}$  kg và bán kính 6 370 km.

### Tìm hiểu thêm

Có người nhận định rằng: “Các nhà du hành trên trạm Vũ trụ quốc tế ISS ở trạng thái không trọng lượng bởi vì họ đã thoát khỏi trường hấp dẫn của Trái Đất.” Hãy nêu quan điểm của bạn về nhận định này.



**Hình 1.8.** Nhà du hành sống và làm việc trên trạm Vũ trụ quốc tế ISS



- Lực hấp dẫn là lực hút giữa các vật có khối lượng.
- Độ lớn lực hấp dẫn giữa hai vật tỉ lệ thuận với tích hai khối lượng và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách giữa chúng.

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

- Một vật đồng chất có dạng hình cầu hút các vật ở ngoài với một lực tương đương như khi toàn bộ khối lượng tập trung tại tâm của nó.
- Trường hấp dẫn là trường lực tồn tại quanh một vật có khối lượng và tác dụng lực hấp dẫn lên vật có khối lượng khác đặt trong nó.
- Có thể biểu diễn trường hấp dẫn bằng hệ thống các đường sức.

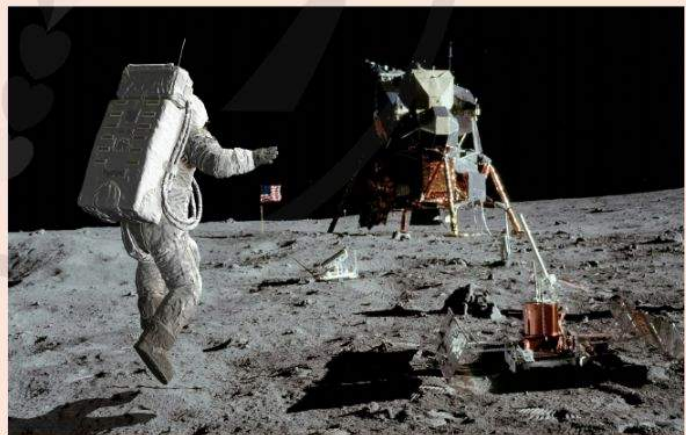
# CƯỜNG ĐỘ TRƯỜNG HẤP DẪN THỂ HẤP DẪN VÀ THỂ NĂNG HẤP DẪN 2

## Học xong bài học này, bạn có thể

- Nêu được định nghĩa cường độ trường hấp dẫn.
- Từ định luật vạn vật hấp dẫn và định nghĩa cường độ trường hấp dẫn, rút ra được phương trình  $g = \frac{GM}{r^2}$  cho trường hợp đơn giản.
- Vận dụng được phương trình  $g = \frac{GM}{r^2}$  để đánh giá một số hiện tượng đơn giản về trường hấp dẫn.
- Nêu được tại mỗi vị trí ở gần bề mặt của Trái Đất, trong một phạm vi độ cao không lớn lắm,  $g$  là hằng số.
- Thảo luận (qua hình ảnh, tài liệu đa phương tiện) để nêu được định nghĩa thế hấp dẫn tại một điểm trong trường hấp dẫn.
- Vận dụng được phương trình  $\phi = -\frac{GM}{r}$  trong trường hợp đơn giản.



Lực hấp dẫn của Mặt Trăng yếu hơn của Trái Đất nên khi di chuyển trên đó, các nhà thám hiểm có thể bật nhảy một cách dễ dàng, mặc dù họ đang mang một bộ quần áo bảo hộ công kênh (Hình 2.1). Tại một vị trí, độ mạnh, yếu của trường hấp dẫn phụ thuộc vào những yếu tố nào?

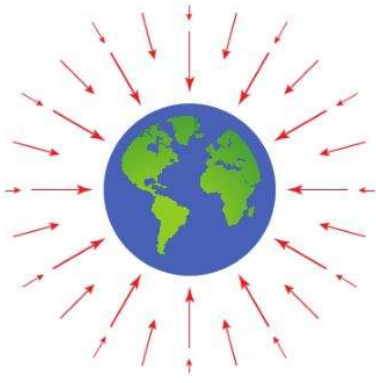


Hình 2.1. Nhà du hành vũ trụ di chuyển trên Mặt Trăng

## I. CƯỜNG ĐỘ TRƯỜNG HẤP DẪN

### 1. Định nghĩa cường độ trường hấp dẫn

Để mô tả độ mạnh, yếu của trường hấp dẫn, chúng ta dùng khái niệm cường độ trường hấp dẫn.



**Hình 2.2.** Biểu diễn cường độ trường hấp dẫn  $\vec{g}$  của Trái Đất tại một số vị trí khác nhau trong không gian

Cường độ trường hấp dẫn tại một điểm được xác định bằng lực hấp dẫn tác dụng lên một đơn vị khối lượng của một vật có kích thước nhỏ đặt tại điểm đó.

$$g = \frac{F}{m} \tag{2.1}$$

Trong đó:

$F$  là lực hấp dẫn tác dụng lên vật nhỏ có khối lượng  $m$ ;

$g$  là cường độ trường hấp dẫn, có đơn vị đo là N/kg hoặc  $m/s^2$ .

Lưu ý rằng, vì lực là một đại lượng vectơ nên theo công thức (2.1), cường độ trường hấp dẫn cũng là một đại lượng vectơ có hướng trùng với hướng của lực hấp dẫn.

Hình 2.2 biểu diễn cường độ trường hấp dẫn  $\vec{g}$  của Trái Đất tại một số vị trí khác nhau trong không gian. Cường độ trường hấp dẫn luôn tiếp tuyến và cùng hướng với đường sức trường hấp dẫn.

## 2. Cường độ trường hấp dẫn của một vật đồng chất hình cầu

Xét trường hấp dẫn gây bởi quả cầu đồng chất có khối lượng  $M$ . Lực hấp dẫn của quả cầu tác dụng lên một vật nhỏ khối lượng  $m$  đặt bên ngoài và cách tâm của nó một khoảng cách  $r$  là:

$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$

Do đó, cường độ trường hấp dẫn của quả cầu đồng chất tại một điểm bên ngoài và cách tâm quả cầu một khoảng  $r$  là:

$$g = \frac{F}{m} = \frac{GM}{r^2} \tag{2.2}$$

Công thức (2.2) cho thấy, ở khoảng cách càng xa tâm quả cầu, cường độ trường hấp dẫn càng yếu.

**Bảng 2.1**

Vật thể	Khối lượng (kg)	Bán kính (km)
Trái Đất	$5,97 \cdot 10^{24}$	6 370
Mặt Trăng	$7,37 \cdot 10^{22}$	1 737
Mặt Trời	$1,99 \cdot 10^{30}$	696 340



1. a) Dựa vào bảng 2.1, xác định cường độ trường hấp dẫn tại bề mặt các thiên thể.
- b) Các kết quả tính được giúp ích gì cho bạn trong việc giải thích vì sao Mặt Trăng có lớp khí quyển rất mỏng (gần như không có) trong khi Mặt Trời có lớp khí quyển rất dày?

### 3. Cường độ trường hấp dẫn gần bề mặt Trái Đất

Ở phần trên, khi tính cường độ trường hấp dẫn của Trái Đất, ta đã giả sử Trái Đất là một quả cầu đồng chất. Khi đó, công thức tính cường độ trường hấp dẫn (gia tốc rơi tự do) tại một điểm ở độ cao  $h$  so với mặt đất là:

$$g = G \frac{M}{(R+h)^2} \quad (2.3)$$

Nếu vật ở gần mặt đất ( $h \ll R$ ) thì:

$$g = \frac{GM}{R^2} \quad (2.4)$$

Công thức (2.3) cho thấy cường độ trường hấp dẫn phụ thuộc vào độ cao  $h$ , khối lượng  $M$  và bán kính  $R$  của Trái Đất. Cường độ trường hấp dẫn có giá trị như nhau tại các vị trí ở gần bề mặt của Trái Đất, trong một phạm vi độ cao không lớn. Hơn nữa,  $\vec{g}$  tại mỗi điểm đều hướng về tâm Trái Đất, trong phạm vi hẹp (cỡ một vài km) các hướng này gần như song song với nhau như được biểu diễn trong Hình 1.7. Do đó, trường hấp dẫn ở gần bề mặt Trái Đất trong phạm vi hẹp được coi là trường hấp dẫn đều.



1. a) Tính cường độ trường hấp dẫn tại:

- Đỉnh Fansipan (Phan-xi-păng) có độ cao 3 143 m so với mực nước biển.
- Trạm không gian quốc tế (ISS), độ cao quỹ đạo này là 370 km so với mực nước biển.

b) Cường độ trường hấp dẫn tại hai nơi trên giảm bao nhiêu phần trăm so với cường độ trường hấp dẫn trên mặt đất.

2. Gia tốc rơi tự do của quả táo ở gần mặt đất là  $9,81 \text{ m/s}^2$ . Biết rằng khối lượng quả táo là 0,3 kg.

a) Tính độ lớn lực hấp dẫn do quả táo hút Trái Đất.

b) Lực hút này sẽ gây ra cho Trái Đất gia tốc bằng bao nhiêu?



1. Sử dụng số liệu ở Bảng 2.1, chứng minh rằng, cường độ trường hấp dẫn tại một điểm gần bề mặt Trái Đất chính là gia tốc rơi tự do của vật khi được thả rơi tại điểm đó<sup>(\*)</sup>.

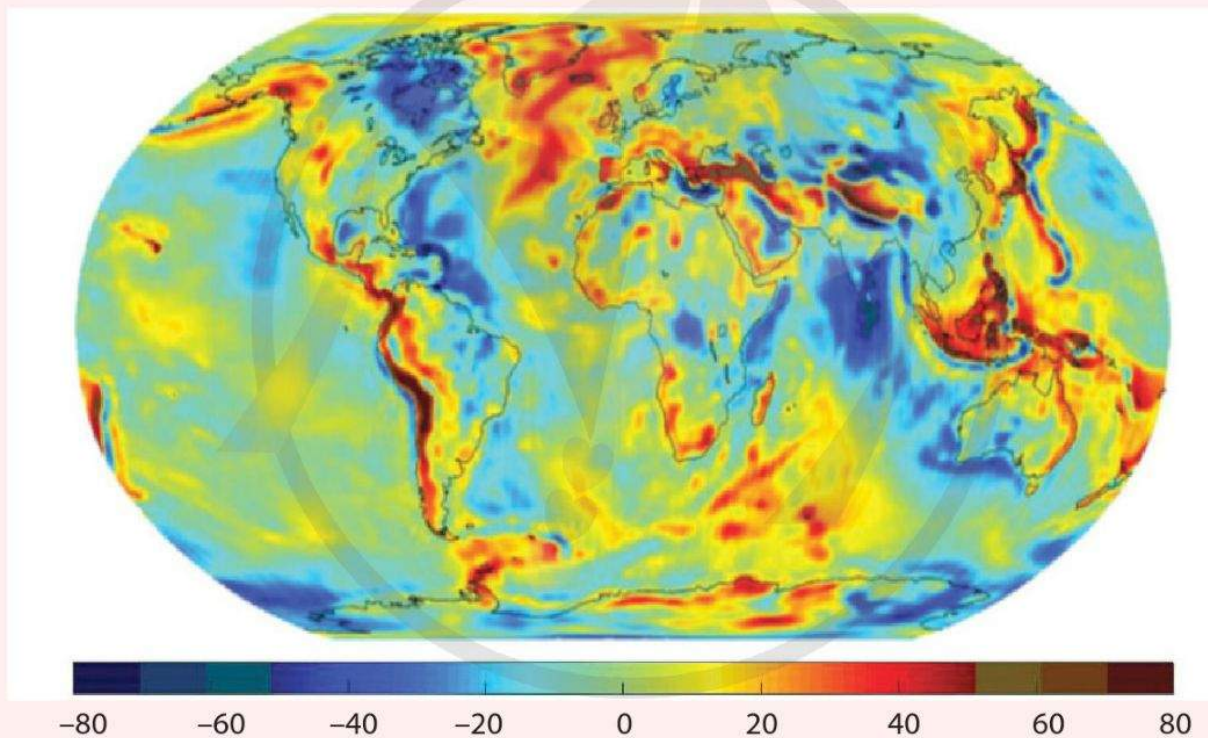


2. Khối lượng Mộc Tinh lớn hơn khối lượng Trái Đất 320 lần trong khi bán kính của nó lớn hơn bán kính Trái Đất 11,2 lần. Nếu cường độ trường hấp dẫn trên bề mặt Trái Đất là  $9,81 \text{ N/kg}$  thì cường độ trường hấp dẫn trên bề mặt Mộc Tinh là bao nhiêu?

<sup>(\*)</sup> Ở đây, coi gần đúng lực hấp dẫn là trọng lực tác dụng lên vật; bỏ qua một lực thành phần có độ lớn nhỏ gây ra bởi hiệu ứng quay quanh trục của Trái Đất.

**Bạn có biết.**

Trên thực tế, Trái Đất của chúng ta không phải là một quả cầu đồng chất. Sự chênh lệch ở xích đạo so với hai địa cực cũng như sự khác biệt về cấu trúc bên trong đã làm cho cường độ trường hấp dẫn (hay gia tốc rơi tự do)  $g$  thay đổi giá trị từ nơi này tới nơi khác. Hình 2.3 là bản đồ gia tốc rơi tự do của các khu vực khác nhau trên Trái Đất. Các khu vực màu vàng, đỏ, nâu có cường độ trường hấp dẫn mạnh hơn các khu vực xanh lục hoặc xanh lam. Bản đồ cường độ trường hấp dẫn này đóng vai trò rất quan trọng trong nhiều lĩnh vực. Nó giúp các nhà khoa học lí giải đặc điểm của các dòng hải lưu – yếu tố quan trọng trong việc trao đổi, điều hoà nhiệt lượng trên Trái Đất. Bản đồ trường hấp dẫn cũng cung cấp các thông tin giá trị về các hoạt động địa chất và kiến tạo mảng, bằng cách chỉ ra các khu vực nâng lên và sụt lún trong vỏ Trái Đất. Cuối cùng, các mỏ dầu khí thường được tìm thấy trong các loại đá có khối lượng riêng nhỏ, có nghĩa là việc thăm dò để tìm trữ lượng dầu mỏ mới, có thể được chỉ dẫn bằng cách tìm kiếm các khu vực có cường độ trường hấp dẫn yếu hơn.



**Hình 2.3.** Bản đồ cường độ trường hấp dẫn của Trái Đất. Trục màu biểu diễn sự sai lệch của giá trị cường độ trường hấp dẫn  $g$  tại các khu vực khác nhau trên Trái Đất so với giá trị trung bình  $9,81 \text{ m/s}^2$ . Đơn vị đo trên trục màu là miligal ( $1 \text{ miligal} = 10^{-5} \text{ m/s}^2$ )

*Nguồn: NASA/JPL/University of Texas Center for Space Research (GRACE mission)*



## II. THẾ NĂNG HẤP DẪN

Ở lớp 10, chúng ta đã biết, để tính thế năng hấp dẫn của một vật ở trong trường hấp dẫn đều gần bề mặt Trái Đất, gốc thế năng được chọn tại mặt đất. Khi nâng một vật từ mặt đất lên độ cao  $h$  (hình 2.4), ta đã thực hiện một công bằng  $mgh$  và công này chuyển hoá thành thế năng hấp dẫn của vật:

$$W_t = mgh$$

Trong đó,  $g$  là gia tốc rơi tự do và  $h$  là độ cao của vật so với mặt đất,  $m$  là khối lượng của vật.

Để tính thế năng hấp dẫn của một vật trong trường hấp dẫn tổng quát, ta chọn gốc thế năng ở xa vô cùng, tại đó lực hấp dẫn tác dụng lên vật bằng không. Thực hiện một thí nghiệm tưởng tượng: Một tàu vũ trụ có khối lượng  $m$  đang ở rất xa trong không gian vũ trụ, không gần bất cứ một vật có khối lượng nào khác. Khi đó, thế năng hấp dẫn của tàu bằng không (0). Công thực hiện để đưa tàu từ xa vô cùng về một điểm trong trường hấp dẫn của Trái Đất được chuyển hoá thành thế năng của tàu tại điểm đó. Năng lượng này chính là thế năng hấp dẫn của tàu trong trường hấp dẫn của Trái Đất.

## III. THẾ HẤP DẪN

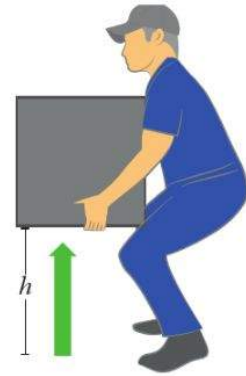
Để đặc trưng cho thế năng hấp dẫn tại một điểm, ta xét thế năng hấp dẫn tính trên một đơn vị khối lượng đặt tại điểm đó. Đại lượng này được gọi là thế hấp dẫn.

Thế hấp dẫn tại một điểm được xác định bằng công thực hiện trên một đơn vị khối lượng của vật để đưa vật đó từ xa vô cùng về điểm đang xét.

$$\phi = \frac{W_t}{m}$$

Trong trường hấp dẫn gây bởi vật hình cầu đồng chất có khối lượng  $M$  tại điểm cách tâm vật một khoảng  $r$ , thế hấp dẫn tính bằng công thức:

$$\phi = -\frac{GM}{r} \quad (2.5)$$



**Hình 2.4.** Công thực hiện để nâng vật lên độ cao  $h$  chuyển hoá thành thế năng trọng trường của vật



3. Tại sao khi chọn gốc thế năng ở xa vô cùng thì thế năng của vật tại một điểm gần Trái Đất có giá trị âm,  $W_t < 0$ ?



4. Từ công thức (2.5) chứng minh thế hấp dẫn bằng không ở các điểm xa vô cùng.

Dấu “-” trong công thức (2.5) cho biết điều gì về thế hấp dẫn?

Trong đó:

$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$  là hằng số hấp dẫn ta đã biết.

$\phi$  (phi) là thế hấp dẫn có đơn vị đo là J/kg.

Trong thí nghiệm tưởng tượng ở phần trên, tàu vũ trụ ở khoảng cách rất xa Trái Đất – có thể năng hấp dẫn bằng không. Khi lại gần, tàu bị Trái Đất hút vào, thế năng hấp dẫn của nó càng ngày càng âm khi tiến lại gần Trái Đất. Ngược lại, nếu chúng ta muốn phóng một con tàu vũ trụ rời khỏi bề mặt Trái Đất để bay vào không gian, ta cần thực hiện công để chống lại lực hút của Trái Đất. Công này làm cho thế năng hấp dẫn của con tàu tăng dần.



3. Sử dụng dữ kiện trong Bảng 2.1 để trả lời các câu hỏi sau:

Một mảnh thiên thạch có khối lượng 200 kg từ khoảng cách xa vô cùng lao xuống Mặt Trăng do tác dụng của lực hấp dẫn. Chọn gốc thế năng ở xa vô cùng.

- a) Tính thế hấp dẫn tại bề mặt Mặt Trăng.
- b) Tính thế năng hấp dẫn của mảnh thiên thạch ngay trước khi va chạm với bề mặt Mặt Trăng.
- c) Do Mặt Trăng không có khí quyển, nên toàn bộ sự thay đổi thế năng hấp dẫn của mảnh thiên thạch từ khoảng cách xa vô cùng đến khi tới bề mặt Mặt Trăng chuyển hoá thành động năng của mảnh thiên thạch. Tính tốc độ va chạm của mảnh thiên thạch.



• Cường độ trường hấp dẫn  $g$  tại một điểm được xác định bằng lực hấp dẫn tác dụng lên một đơn vị khối lượng vật nhỏ đặt tại điểm đó:

$$g = \frac{F}{m}$$

• Cường độ trường hấp dẫn của một vật đồng chất hình cầu khối lượng  $M$  tại điểm bên ngoài, cách tâm vật một khoảng  $r$  tính bằng công thức:

$$g = \frac{F}{m} = \frac{GM}{r^2}$$

- Trong phạm vi hẹp gần bề mặt Trái Đất, trường hấp dẫn là trường đều, cường độ trường hấp dẫn là một hằng số, giá trị này bằng gia tốc rơi tự do của vật tại khu vực đó.
- Thế hấp dẫn tại một điểm được xác định bằng công thực hiện để di chuyển một đơn vị khối lượng của vật từ xa vô cùng về điểm đang xét.
- Thế hấp dẫn gây bởi quả cầu đồng chất có khối lượng  $M$  tại điểm cách tâm một khoảng  $r$  là:

$$\phi = -\frac{GM}{r}$$

# CHUYỂN ĐỘNG TRONG TRƯỜNG HẤP DẪN 3

- Vận dụng được định luật Newton về hấp dẫn  $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$  cho một số trường hợp chuyển động đơn giản trong trường hấp dẫn.
- Giải thích được sơ lược chuyển động của vệ tinh địa tĩnh.
- Rút ra được công thức tính tốc độ vũ trụ cấp I.



Vinasat-1 là vệ tinh viễn thông địa tĩnh đầu tiên của Việt Nam được phóng vào không gian ngày 18 tháng 4 năm 2008 (Hình 3.1). Với khối lượng 2 637 kg và quay quanh Trái Đất ở độ cao trung bình là 35 786 km, Vinasat-1 có vùng phủ sóng rộng lớn gồm toàn bộ lãnh thổ Việt Nam và một phần các nước trong khu vực Châu Á, Châu Úc và Hawaii. Vinasat mất đúng một ngày để thực hiện một vòng quay quanh Trái Đất. Lực hấp dẫn giữa Trái Đất và vệ tinh có vai trò gì trong chuyển động với quỹ đạo và chu kì quay đặc biệt này?

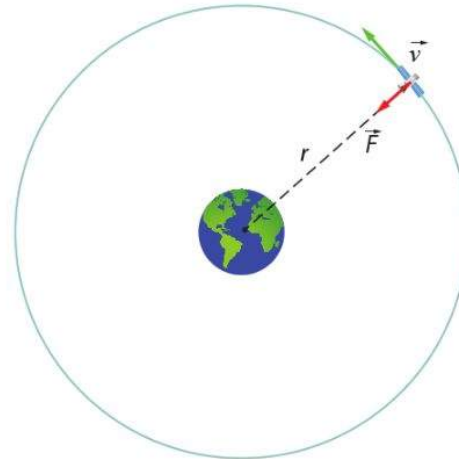


Hình 3.1. Vệ tinh Vinasat - 1

## I. CHUYỂN ĐỘNG TRONG TRƯỜNG HẤP DẪN

### 1. Vận tốc của vệ tinh

Đối với vật quay quanh một hành tinh (ví dụ như vệ tinh Vinasat-1 quay quanh Trái Đất), lực hấp dẫn đóng vai trò là lực hướng tâm giữ vật đó trên quỹ đạo. Hình 3.2 biểu diễn trường hợp đơn giản nhất khi quỹ đạo của vật là đường tròn, lúc này, lực hấp dẫn vuông góc với vận tốc của vệ tinh.



**Hình 3.2.** Lực hấp dẫn của Trái Đất đóng vai trò lực hướng tâm giữ vệ tinh chuyển động trên quỹ đạo

Chúng ta đã biết công thức tính lực hướng tâm tác dụng lên vệ tinh có khối lượng  $m$ , chuyển động với tốc độ  $v$  trên quỹ đạo tròn bán kính  $r$  là:

$$F_{ht} = \frac{mv^2}{r}$$

Trong trường hợp này, lực hấp dẫn giữa Trái Đất và vệ tinh ở công thức (1.1) là lực hướng tâm nên ta có:

$$G \frac{Mm}{r^2} = \frac{mv^2}{r}$$

Ở đây,  $M$  là khối lượng của Trái Đất và  $r$  là khoảng cách từ vệ tinh tới tâm của Trái Đất. Rút gọn biểu thức ta thu được:

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}} \tag{3.1}$$

Công thức (3.1) giúp ta xác định tốc độ cần có của vệ tinh để giữ nó chuyển động tròn ổn định trên quỹ đạo có bán kính  $r$  quanh Trái Đất. Nếu vệ tinh chuyển động chậm hơn thì nó sẽ sớm bị “rơi” về gần Trái Đất. Nếu vệ tinh chuyển động nhanh hơn thì nó sẽ chuyển sang quỹ đạo xa hơn.

## 2. Chu kì của vệ tinh

Chu kì của vệ tinh chuyển động với tốc độ  $v$  trên quỹ đạo bán kính  $r$  được tính bằng công thức:

$$T = \frac{2\pi r}{v}$$



Viết công thức tính lực hướng tâm tác dụng lên các vật chuyển động tròn đều.



1. Xác định tốc độ chuyển động của vệ tinh Vinasat-1 khi nó ở quỹ đạo có độ cao trung bình 35 786 km so với mặt đất. Biết rằng, Trái Đất có khối lượng  $5,97 \cdot 10^{24}$  kg và bán kính 6 370 km.

Tốc độ này có phụ thuộc vào khối lượng của vệ tinh hay không?

Thay  $v$  trong công thức (3.1) ta có:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}} \Leftrightarrow T^2 = \frac{4\pi^2 r^3}{GM} \quad (3.2)$$

Công thức (3.2) cho thấy mối liên hệ giữa chu kì với bán kính quỹ đạo  $r$  của vệ tinh: Bình phương chu kì của vệ tinh tỉ lệ thuận với lập phương bán kính quỹ đạo.

Kết quả trên áp dụng đúng cho cả trường hợp các hành tinh quay quanh Mặt Trời hay bất kì vệ tinh nào quay quanh các vật thể có trường hấp dẫn đủ lớn.

### 3. Vệ tinh địa tĩnh

Quỹ đạo địa tĩnh là quỹ đạo tròn ngay phía trên xích đạo Trái Đất (vĩ độ  $0^\circ$ ) cách mực nước biển trung bình 35 786 km. Các vệ tinh ở quỹ đạo này quay với chu kì đúng bằng chu kì của Trái Đất quay quanh trục của nó (24 giờ). Vì thế, vệ tinh đứng yên tương đối so với mặt đất. Người ta thường dùng các vệ tinh địa tĩnh làm vệ tinh viễn thông (Hình 3.3). Trạm phát trên mặt đất phát ra một sóng vô tuyến cực ngắn hướng đến vệ tinh. Vệ tinh thu tín hiệu đó và truyền về các trạm thu khác trên mặt đất. Do các vệ tinh địa tĩnh đứng yên tương đối so với mặt đất nên các anten phát và anten thu được điều chỉnh hướng trực tiếp đến vị trí vệ tinh cố định trên bầu trời.

#### Bạn có biết

Vào những năm 1600, Johannes Kepler (Giô-han-nes Kép-lơ) đã rút ra hệ thức 3.2) từ những quan sát thực nghiệm chuyển động của các hành tinh quanh Mặt Trời. Ông đã phát biểu nó trong các định luật nổi tiếng của mình, trước khi Newton chứng minh nó bằng định luật vạn vật hấp dẫn.



Hình 3.4. Johannes Kepler (1571 – 1630)



Chu kì quay của Thủy Tinh (Mercury) quanh Mặt Trời dài 88 ngày. Cho biết khối lượng của Mặt Trời là  $1,99.10^{30}$  kg. Xác định bán kính quỹ đạo của Thủy Tinh.



2. Tính chu kì chuyển động của vệ tinh Vinasat-1 dựa vào các thông số đã biết ở phần trên.

Có nhận xét gì về kết quả tính được?



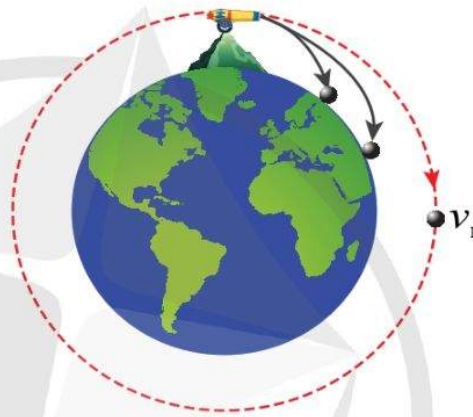
Hình 3.3. Vệ tinh địa tĩnh nhận tín hiệu từ trạm phát và truyền tới anten thu

## II. TỐC ĐỘ VŪ TRỤ CẤP I

Theo ý tưởng của Newton, một khẩu súng được đặt trên đỉnh một ngọn núi rất cao phóng ra các viên đạn theo phương ngang với các tốc độ khác nhau (Hình 3.5). Nếu tốc độ phóng nhỏ, viên đạn chuyển động theo quỹ đạo là một phần parabol rồi rơi về mặt đất dưới tác dụng của lực hấp dẫn. Tăng tốc độ phóng thì vị trí đạn rơi cách nơi phóng xa hơn. Nếu tốc độ phóng đủ lớn, viên đạn sẽ chuyển động quanh Trái Đất theo một quỹ đạo tròn và trở thành vệ tinh nhân tạo của Trái Đất.



2. Bỏ qua ảnh hưởng của ma sát với khí quyển, coi rằng tốc độ phóng của viên đạn bằng với tốc độ chuyển động của nó trên quỹ đạo tròn khi trở thành vệ tinh nhân tạo quanh Trái Đất. Rút ra công thức tính tốc độ vũ trụ cấp I trong công thức (3.3).



**Hình 3.5.** Chuyển động của vật khi được phóng theo phương ngang với các tốc độ ban đầu khác nhau

Với các vệ tinh nhân tạo được phóng gần mặt đất, tốc độ phóng thoả mãn điều kiện

$$v_I = \sqrt{\frac{GM}{R}} \quad (3.3)$$

Trong đó,  $M$  là khối lượng của Trái Đất, đơn vị đo là kilôgam (kg)

$R$  là bán kính Trái Đất, đơn vị đo là mét (m)

Thay các số liệu về khối lượng và bán kính Trái Đất được cho trong Bảng 2.1 vào công thức (3.3) ta tính được:

$$v_I \approx 7\,900 \text{ m/s} = 7,9 \text{ km/s}$$

Giá trị 7,9 km/s được gọi là tốc độ vũ trụ cấp I của Trái Đất. Đó là tốc độ phóng ngang cần thiết để vật không rơi trở lại mặt đất, mà trở thành vệ tinh của Trái Đất.

Tốc độ vũ trụ cấp I tương ứng của các thiên thể phụ thuộc vào khối lượng và bán kính của nó.



3. Tính tốc độ vũ trụ cấp I của Hoả Tinh, biết rằng khối lượng và bán kính của Hoả Tinh lần lượt là  $6,4 \cdot 10^{23}$  kg và 3 390 km.

**Tìm hiểu thêm**

Tốc độ vũ trụ cấp II của Trái Đất là tốc độ tối thiểu cần cung cấp để vật chuyển động ra xa, không còn quay quanh Trái Đất nữa. Khi phóng vật tại mặt đất với tốc độ vũ trụ cấp II ( $v_{II}$ ), vật có động năng  $W_d = \frac{1}{2}mv_{II}^2$  và thế năng hấp dẫn  $W_t = -\frac{GMm}{R}$ . Trong đó  $M, R$  lần lượt là khối lượng và bán kính của Trái Đất,  $m$  là khối lượng vật. Năng lượng của vật khi phóng là:

$$W = W_d + W_t = \frac{1}{2}mv_{II}^2 - \frac{GMm}{R}$$

Khi vật ra đến xa vô cùng, nó dừng lại, do đó động năng bằng không và thế năng hấp dẫn cũng bằng không. Theo định luật bảo toàn năng lượng:

$$\frac{1}{2}mv_{II}^2 - \frac{GMm}{R} = 0$$

Suy ra: 
$$v_{II} = \sqrt{\frac{2GM}{R}} \quad (3.4)$$

Thay số ta thu được tốc độ vũ trụ cấp II đối với Trái Đất là:

$$v_{II} \approx 11,2 \cdot 10^3 \text{ m/s} = 11,2 \text{ km/s}$$

Những vật có khối lượng rất lớn và mật độ chất đậm đặc, sinh ra lực hấp dẫn lớn đến mức ngay cả ánh sáng (có tốc độ  $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ) cũng không thể thoát khỏi đó và được gọi là hố đen Vũ Trụ. Cho biết Mặt Trời có khối lượng  $1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ . Để trở thành một hố đen vũ trụ, Mặt Trời cần co bé lại thành một quả cầu có bán kính bao nhiêu để ánh sáng không thể thoát khỏi bề mặt của nó?



- Lực hấp dẫn đóng vai trò là lực hướng tâm giữ các vệ tinh chuyển động quanh hành tinh hoặc giữ các hành tinh chuyển động quanh Mặt Trời.
- Vận tốc của vệ tinh khi chuyển động trên quỹ đạo tròn bán kính  $r$  là

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$$

- Chu kì của vệ tinh chuyển động trên quỹ đạo liên hệ với bán kính quỹ đạo theo công thức:

$$T^2 = \frac{4\pi^2 r^3}{GM}$$

- Tốc độ vũ trụ cấp I là tốc độ phóng ngang cần thiết để vật không rơi trở lại bề mặt thiên thể mà chuyển động quanh thiên thể theo quỹ đạo tròn:

$$v_I = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

CHUYÊN ĐỀ 2

# TRUYỀN THÔNG TIN BẰNG SÓNG VÔ TUYẾN

Biến điệu •  
Truyền tín hiệu •

Truyền thông tin có vai trò quan trọng với cuộc sống. Người ta đã áp dụng những nguyên tắc vật lý để tạo ra ngày càng nhiều thiết bị thông tin liên lạc có những tính năng mới, góp phần làm thay đổi hiện tại và định hình tương lai. Nhờ sự phát triển nhanh chóng của thiết bị thông tin liên lạc mà ngày nay mỗi người đều có thể nói chuyện trực tiếp với những người khác trên khắp thế giới và tạo ra một lượng lớn thông tin mỗi ngày.



## Học xong bài học này, bạn có thể

- Liệt kê được tần số và bước sóng được sử dụng trong các kênh truyền thông khác nhau.
- So sánh được biến điệu biên độ (AM) và biến điệu tần số (FM).
- Thảo luận để rút ra được ưu, nhược điểm tương đối của kênh AM và kênh FM.



Hình 1.1. Người sử dụng điện thoại

Âm thanh không truyền đi xa được, nhưng chúng ta có thể nói chuyện được với những người ở rất xa nhờ hệ thống thông tin liên lạc. Hệ thống bắt đầu với âm thanh được truyền vào ống nói (microphone). Sau đó, tín hiệu âm thanh được chuyển đổi thành tín hiệu vô tuyến để truyền đi. Ở nơi thu, tín hiệu vô tuyến lại được chuyển đổi trở lại thành tín hiệu âm thanh.

Sự chuyển đổi giữa tín hiệu âm thanh và tín hiệu vô tuyến được thực hiện như thế nào?

## I. SÓNG ĐIỆN TỪ TRONG TRUYỀN THÔNG

Thông tin có thể được truyền từ nơi này đến nơi khác bằng sóng điện từ.

Hiện nay, sóng điện từ được dùng rộng rãi trong thông tin vô tuyến. Bước sóng  $\lambda$  và tần số  $f$  của sóng điện từ liên hệ với nhau bằng hệ thức ( $c$  là tốc độ ánh sáng trong chân không):

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

Sóng càng ngắn (tần số càng cao), năng lượng sóng càng lớn. Sóng điện từ có tần số hàng chục và hàng trăm hertz bức xạ rất yếu và không được dùng để truyền thông tin đi xa. Trong thông tin vô tuyến, người ta sử dụng những sóng có tần số từ hàng nghìn hertz trở lên, gọi là *sóng vô tuyến*. Các kênh sóng vô tuyến thông dụng được liệt kê trong Bảng 1.1.



1. Lấy ví dụ về một số thiết bị truyền âm thanh (hình ảnh) bằng dây dẫn hoặc không dùng dây dẫn.

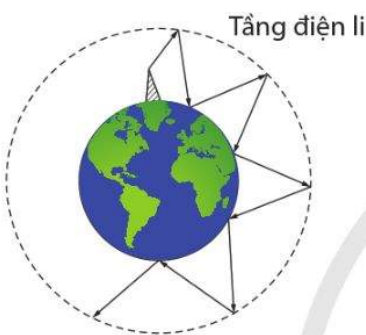
### Tìm hiểu thêm

Thuật ngữ kênh liên lạc đề cập đến phương tiện, đường dẫn hoặc dải tần số được sử dụng để truyền thông tin từ máy phát đến máy thu.

Lấy ví dụ về kênh liên lạc.



2. Kênh VOV giao thông phát sóng ở tần số nào?



Hình 1.2. Tầng điện li và sự phản xạ sóng ngắn



3. Thảo luận với bạn và trả lời câu hỏi: Vì sao để truyền hình đi xa trên mặt đất phải dùng đài tiếp sóng?

**Bảng 1.1.** Tần số và bước sóng của một số băng tần vô tuyến

Loại sóng	Băng tần	Tần số	Bước sóng
Sóng dài	Low frequencies LF (tần số thấp)	30 kHz – 300 kHz	10 km – 1 km
Sóng trung	Medium frequencies MF (tần số trung bình)	300 kHz – 3 MHz	1 km – 100 m
Sóng ngắn	High frequencies HF (High frequencies)	3 MHz – 30 MHz	100 m – 10 m
Sóng cực ngắn	Very high frequencies VHF (tần số rất cao)	30 MHz – 300 MHz	10 m – 1 m
	Ultra-high frequencies UHF (tần số siêu cao)	300 MHz – 3 GHz	1 m – 10 cm

Các sóng dài ít bị nước hấp thụ. Chúng được dùng để truyền thông tin dưới nước và ít được dùng để thông tin trên mặt đất, vì năng lượng của chúng thấp, không truyền được đi xa.

Các sóng trung truyền được theo bề mặt của Trái Đất. Ban ngày, chúng bị tầng điện li hấp thụ mạnh nên không truyền được xa. Ban đêm, tầng điện li phản xạ các sóng trung nên chúng truyền được xa.

Các sóng ngắn có năng lượng lớn hơn sóng trung. Chúng được tầng điện li phản xạ về mặt đất, mặt đất phản xạ lại lần thứ hai, tầng điện li phản xạ lần thứ ba,... (Hình 1.2). Vì vậy, một đài phát sóng ngắn với công suất lớn có thể truyền sóng đi đến địa điểm ở xa trên mặt đất.

Các sóng cực ngắn có năng lượng lớn nhất, không bị phản xạ mà có thể đi xuyên qua tầng điện li và chỉ có thể truyền thẳng từ nơi phát đến nơi thu. Để truyền sóng cực ngắn đi các nơi xa trên mặt đất, người ta phải làm các đài tiếp sóng trung gian, hoặc dùng vệ tinh nhân tạo để thu sóng của đài phát rồi phát trở về Trái Đất theo một phương nhất định.

## II. BIẾN ĐIỀU

### 1. Sự cần thiết và khái niệm về biến điệu

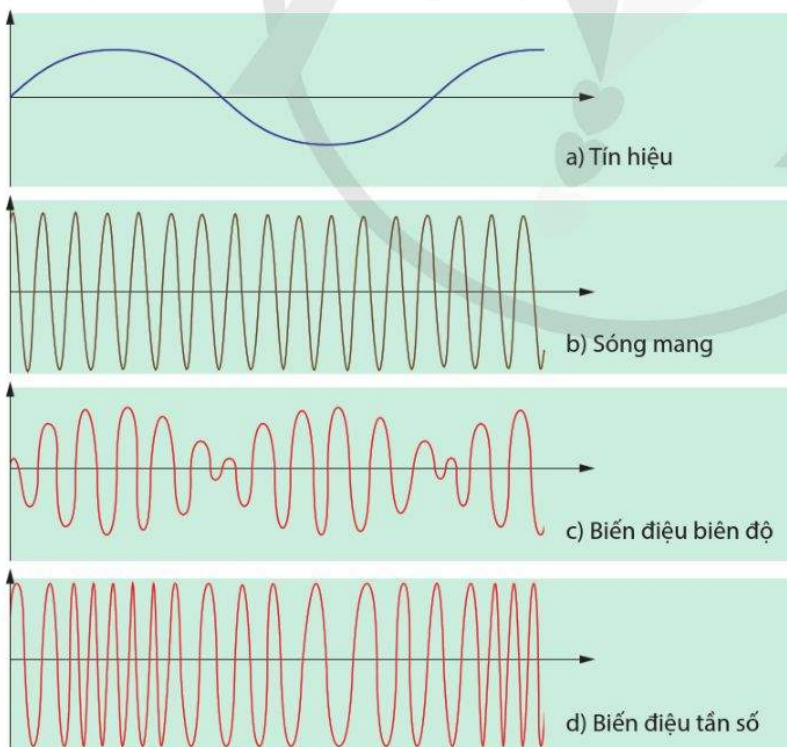
Để truyền các thông tin như âm thanh, hình ảnh,... đến những nơi xa, người ta phải biến các âm thanh hoặc hình ảnh,... muốn truyền đi thành các dao động điện, gọi là các *tín hiệu* âm tần hoặc thị tần (Hình 1.3a). Những tín hiệu loại này có tần số thấp nên có năng lượng nhỏ, không thích hợp cho việc truyền đi xa. Để truyền những tín hiệu này đi xa, người ta “trộn” chúng vào các sóng có tần số cao, gọi là *sóng mang* (Hình 1.3b) trước khi phát sóng. Quá trình “trộn” sóng như vậy được gọi là *biến điệu sóng*.

Sóng vô tuyến tần số cao có “mang theo” các tín hiệu âm tần được gọi là *sóng biến điệu*.

Ở máy thu, sau khi nhận sóng, người ta lại “tách” riêng tín hiệu âm tần ra khỏi sóng biến điệu.

### 2. Biến điệu biên độ và biến điệu tần số

Các sóng biến điệu thường dùng là sóng biến điệu biên độ (kí hiệu là AM, viết tắt của amplitude modulation theo tiếng Anh) và sóng biến điệu tần số (kí hiệu là FM, viết tắt của frequency modulation theo tiếng Anh).



**Hình 1.3.** Biến điệu biên độ và biến điệu tần số (trục nằm ngang biểu diễn thời gian, trục thẳng đứng biểu diễn độ dịch chuyển của phần tử sóng)



4. Vì sao phải biến điệu sóng mang trước khi truyền đi?



1. Một sóng mang hình sin có tần số 750 kHz và biên độ chưa biến điệu là 4,0 V. Sóng mang được biến điệu biên độ bằng một tín hiệu hình sin có tần số 3 kHz và biên độ 0,5 V. Xác định biên độ và tần số của sóng biến điệu biên độ.



5. Nêu sự khác nhau giữa biến điệu biên độ và biến điệu tần số.

Trong biến điệu biên độ, người ta làm cho biên độ của sóng mang biến thiên theo thời gian với tần số tín hiệu (Hình 1.3c).

Trong biến điệu tần số, biên độ của sóng mang không đổi. Người ta làm cho tần số của sóng mang biến thiên theo thời gian với tần số tín hiệu.

Tần số của sóng mang tăng khi cường độ tín hiệu đầu vào tăng. Tần số sóng mang lớn nhất khi tín hiệu đầu vào ở mức cao nhất. Tần số sóng mang là nhỏ nhất khi tín hiệu đầu vào ở mức thấp nhất (Hình 1.3d).

Như vậy, khi biến điệu biên độ, sóng biến điệu có biên độ thay đổi và tần số không thay đổi. Khi biến điệu tần số, sóng biến điệu có tần số thay đổi và biên độ không thay đổi.

### 3. Băng thông của tín hiệu

Khi sóng mang có tần số  $f_c$  được biến điệu biên độ bởi một tín hiệu có tần số  $f_m$ , thì sóng biến điệu chứa ba tần số là  $(f_c - f_m)$ ,  $f_c$  và  $(f_c + f_m)$  (Hình 1.4).

Ta gọi dải tần số từ tần số  $(f_c - f_m)$  đến tần số  $(f_c + f_m)$  là băng thông của tín hiệu.

Ví dụ, ở Hình 1.5, sóng mang có tần số 1 000 kHz được biến điệu với tần số tín hiệu từ 0 đến  $f_m = 15$  kHz. Mỗi tần số trong tín hiệu làm phát sinh thêm một cặp tần số trong sóng biến điệu. Trong phổ tần số của sóng biến điệu, tần số thấp nhất là  $(f_c - f_m) = 985$  kHz và tần số cao nhất là  $(f_c + f_m) = 1 015$  kHz. Trong trường hợp này, băng thông của tín hiệu là 30 kHz.

Giá trị của  $f_m$  trong băng thông phụ thuộc vào yêu cầu về chất lượng tín hiệu. Để nghe được đầy đủ âm thanh do một dàn nhạc phát ra, có thể cần tần số đến 15 kHz, tối đa lên đến 20 kHz. Nhưng với lời nói, chỉ cần tần số lên đến khoảng 3,4 kHz là đủ để hiểu nhau.

Phổ tần số của sóng biến điệu tần số phức tạp hơn. Đặc biệt, thường có các tần số phụ bổ sung là bội số của tần số tín hiệu thông tin, dẫn đến băng thông lớn hơn cho cùng một dải tần số phát sóng.

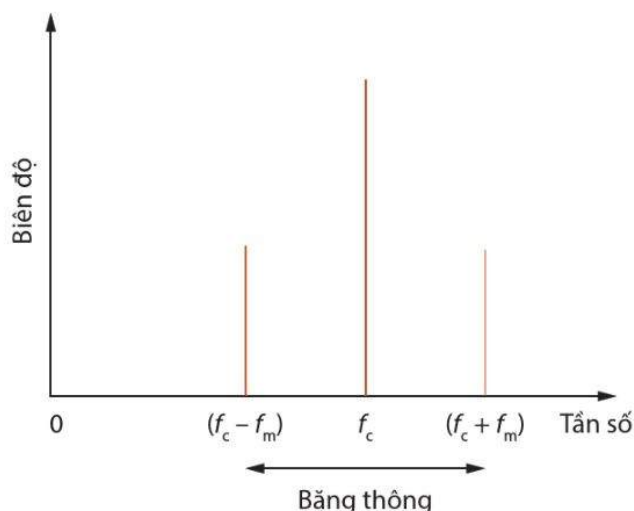


6. Thế nào là băng thông của tín hiệu?

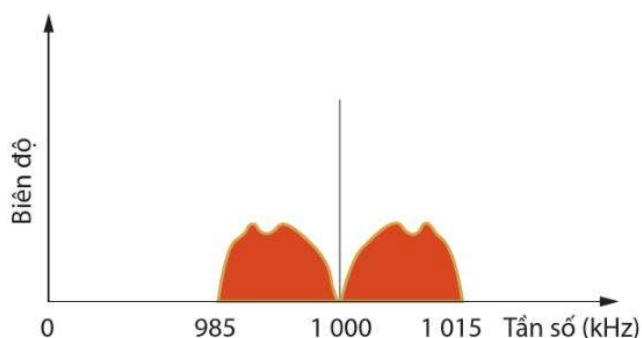


2. Một máy phát đang phát một sóng AM tần số 200 kHz để truyền một chương trình ca nhạc với tần số tối đa là 4,5 kHz. Xác định:

- a) Bước sóng của sóng AM.
- b) Băng thông.



**Hình 1.4.** Phổ tần số của sóng mang được biến điệu biên độ bằng tín hiệu chỉ có một tần số  $f_m$



**Hình 1.5.** Phổ tần số của sóng mang được biến điệu biên độ bằng tín hiệu gồm dải tần số từ 0 đến 15 kHz

### Bạn có biết

Đơn vị đo băng thông là bit/giây và được biểu thị bằng bps. Các mạng máy tính đòi hỏi lượng băng thông lớn hơn, lên đến hàng nghìn bit/giây (Kbps), triệu bit/giây (Mbps) và cao hơn nữa.

- 1 kilobit = 1 000 bits
- 1 megabit = 1 000 kilo = 1 000 000 bits
- 1 gigabit = 1 000 mega = 1 000 000 000 bits
- 1 terabit = 1.000 giga = 1 000 000 000 000 bits

Ngoài được biểu thị bằng bps, băng thông còn được biểu thị bằng byte/giây, ký hiệu là Bps. Ví dụ: 100 Megabyte một giây được biểu thị bằng 100 MB/s hoặc bằng 100 MBps.

## 4. So sánh truyền sóng bằng AM và bằng FM

Lí thuyết và thực nghiệm truyền sóng vô tuyến đã cho thấy giữa truyền sóng AM và FM có những ưu (nhược) điểm tương đối như trình bày sau đây.

### *Phạm vi phủ sóng của đài phát sóng AM rộng hơn FM*

Có thể dùng một máy phát AM trên kênh sóng dài (LW), sóng trung (MW) và sóng ngắn (SW) phục vụ một khu vực rộng lớn vì các sóng này đều được tầng điện li phản xạ với mức độ khác nhau. Trong khi đó, sóng FM chỉ có phạm vi truyền khoảng vài chục kilômét vì các sóng này không bị phản xạ mà đi xuyên qua tầng điện li hoặc đi thẳng từ nơi phát đến nơi thu. Do đó, cần nhiều máy phát cho một khu vực rộng lớn.



7. Giả sử cần phát âm thanh có tần số lên đến 10 kHz bằng sóng AM thì cần băng thông là bao nhiêu? Có thể thực hiện được điều này bằng phát sóng AM không?



8. Vì sao khi truyền trên bề mặt đất, sóng FM lại không thể đi xa bằng sóng AM?



9. Để giảm bớt nhiễu điện thì nên truyền thông tin bằng sóng AM hay bằng sóng FM?



Thảo luận để rút ra những ưu điểm tương đối giữa truyền sóng AM và truyền sóng FM.

### **Phát sóng FM có băng thông lớn hơn AM**

Băng thông của chương trình phát sóng AM ở kênh sóng LW và MW là 9 kHz. Tức là tần số cao nhất có thể phát sóng là 4,5 kHz. Trong khi tai người có thể nghe được âm thanh có tần số đến 20 kHz. Vì vậy, với băng thông này, chất lượng âm nhạc bị giảm. Băng thông của sóng FM vào khoảng 200 kHz và tần số tối đa có thể phát là khoảng 15 kHz. Do đó, phát sóng FM cho chất lượng âm thanh cao hơn.

### **Truyền sóng FM ít bị nhiễu hơn AM**

Thiết bị điện tạo ra tia lửa điện cũng tạo ra sóng điện từ. Các sóng điện từ này tạo ra các *nhiễu điện* làm thay đổi biên độ của sóng vô tuyến mà một radio thu được. Hầu hết nhiễu điện không ảnh hưởng đến tần số của sóng vô tuyến mà radio thu được. Do đó, nhiễu điện ảnh hưởng đến sóng FM ít hơn ảnh hưởng đến sóng AM. Do ít bị nhiễu hơn nên chất lượng thu sóng FM nhìn chung tốt hơn so với AM.

Tóm lại, so với truyền AM, diện tích được bao phủ bởi một máy phát FM nhỏ hơn, băng thông cần thiết cho FM lớn hơn. Chất lượng sóng FM nhận được tốt hơn và cũng ít bị nhiễu hơn so với sóng AM.



- Biến điệu là quá trình mà biên độ (trong biến điệu biên độ, viết tắt là AM) hoặc tần số (trong biến điệu tần số, viết tắt là FM) của sóng mang được thay đổi để mang thông tin.
- Khi biến điệu biên độ, sóng biến điệu có biên độ thay đổi và tần số không thay đổi.
- Khi biến điệu tần số, sóng biến điệu có tần số thay đổi và biên độ không thay đổi.
- Truyền sóng FM có băng thông lớn và chất lượng âm thanh cao hơn AM.
- Phạm vi phủ sóng của đài phát sóng AM rộng hơn phạm vi phủ sóng của đài phát sóng FM.

## Học xong bài học này, bạn có thể

- Mô tả được các ưu điểm của việc truyền dữ liệu dưới dạng số so với việc truyền dữ liệu dưới dạng tương tự.
- Thảo luận để rút ra được: Sự truyền giọng nói hoặc âm nhạc liên quan đến chuyển đổi tương tự – số (ADC) trước khi truyền và chuyển đổi số – tương tự (DAC) khi nhận.
- Mô tả được sơ lược hệ thống truyền kỹ thuật số về chuyển đổi tương tự – số và số – tương tự.
- Thảo luận được ảnh hưởng của sự suy giảm tín hiệu đến chất lượng tín hiệu được truyền; nêu được độ suy giảm tín hiệu tính theo dB và tính theo dB trên một đơn vị độ dài.



Tín hiệu thông tin có vai trò then chốt trong truyền thông. Trước đây, các tín hiệu tương tự đã được sử dụng trong nhiều hệ thống thông tin. Hiện nay, do có nhiều ưu điểm nên truyền dữ liệu dưới dạng các tín hiệu số ngày càng chiếm ưu thế trong truyền thông.

Truyền dữ liệu dưới dạng số có ưu điểm gì so với truyền dữ liệu dưới dạng tương tự?

## I. ƯU ĐIỂM CỦA TRUYỀN TÍN HIỆU SỐ

### 1. Tín hiệu tương tự và tín hiệu số

Tín hiệu thông tin trong đó thông tin được biểu diễn bằng đại lượng có giá trị liên tục được gọi là tín hiệu tương tự.

Ví dụ, tín hiệu điện áp do microphone tạo ra là tín hiệu tương tự; điện áp đầu ra này, trong một giới hạn nhất định, có thể có bất kỳ giá trị nào.

Khác với tín hiệu tương tự, tín hiệu số có giá trị không liên tục mà rời rạc theo thời gian và được biểu diễn tương ứng với các số “0” và “1”.

Tín hiệu số bao gồm một loạt các giá trị “cao”, được biểu thị bằng số “1” và giá trị “thấp”, được biểu thị bằng số “0”.



1. Đại lượng tương tự là đại lượng có thể có bất kỳ giá trị nào trong miền giá trị của nó. Nêu ví dụ đại lượng tương tự.

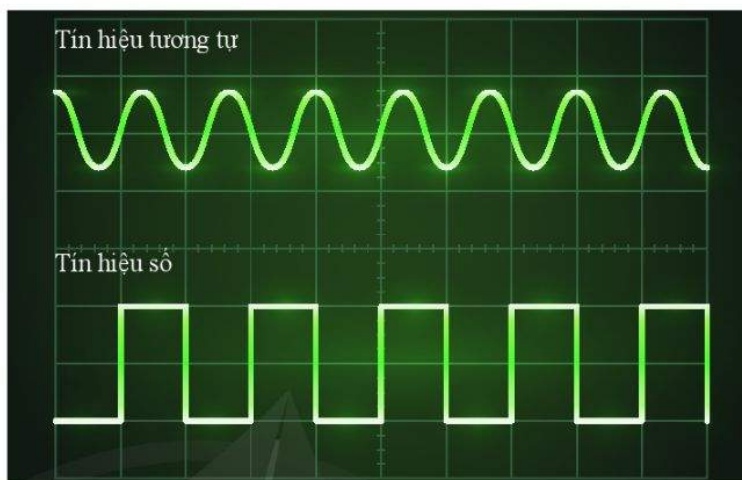


2. Đại lượng số chỉ có một vài giá trị (thường chỉ có hai giá trị). Nêu ví dụ đại lượng số.

Hơn nữa, không có giá trị nào nằm giữa giá trị “cao” và giá trị “thấp”.



1. Nêu ví dụ về tín hiệu tương tự và tín hiệu số.



Hình 2.1. Tín hiệu tương tự và tín hiệu số

Hình 2.1 là một ví dụ về tín hiệu tương tự và tín hiệu số.



3. Ở Trung học cơ sở, bạn đã biết người ta chỉ dùng hai kí hiệu “0” và “1” để biểu diễn số trong máy tính, gọi là số nhị phân. Mọi dữ liệu trong máy tính đều là dãy bit. Bit chỉ có thể nhận một trong hai trạng thái 0 hoặc 1. Ví dụ, số 6 được biểu diễn dưới dạng số nhị phân 3-bit là 110.

Hãy biểu diễn số 9 và số 10 thành các số nhị phân 4-bit.

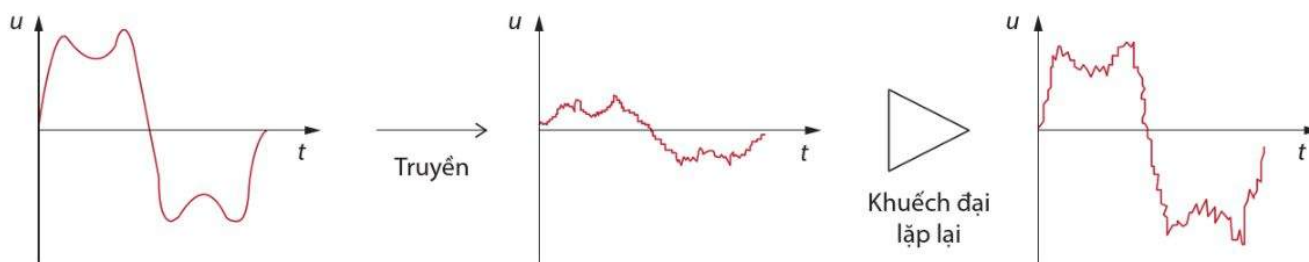
## 2. Ưu điểm của truyền tín hiệu số

Truyền tín hiệu số có những ưu điểm so với truyền tín hiệu tương tự. Sau đây trình bày một số ưu điểm chính.

- Khi truyền một tín hiệu bất kì trên một khoảng cách xa, tín hiệu sẽ bị nhiễu và mất mát công suất, tức là tín hiệu bị suy giảm. Để truyền được khoảng cách xa, sau những khoảng thời gian đều đặn, người ta phải khuếch đại tín hiệu.

Nếu tín hiệu truyền đi là tín hiệu tương tự thì khi khuếch đại tín hiệu, nhiễu cũng được khuếch đại theo và làm “méo” tín hiệu (Hình 2.2).

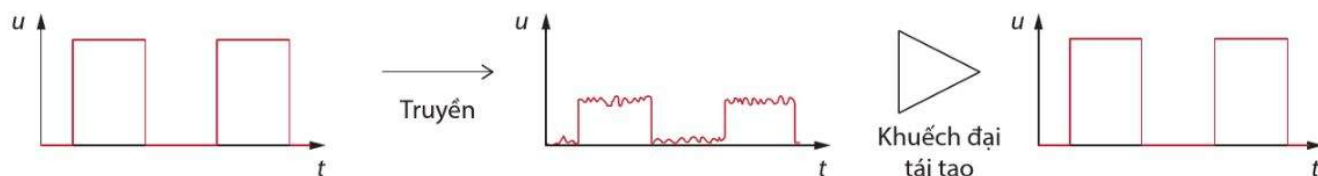
Trong truyền dữ liệu dưới dạng số, tín hiệu được truyền dưới dạng một chuỗi 1 và 0. Khi truyền đi, tín hiệu cũng sẽ bị nhiễu và suy giảm. Tuy nhiên, khi khuếch đại, có thể tái tạo



Hình 2.2. Tín hiệu tương tự bị nhiễu và suy giảm trong quá trình truyền; bị méo khi khuếch đại



tín hiệu về dạng ban đầu. Các bộ khuếch đại như vậy được gọi là bộ khuếch đại tái tạo. Các bộ khuếch đại này “lọc bỏ” nhiễu, khôi phục lại tín hiệu ban đầu. Chỉ cần nhiễu không làm thay đổi hoàn toàn hình dạng của tín hiệu thì bộ khuếch đại tái tạo sẽ trả lại tín hiệu số về dạng ban đầu (Hình 2.3).



Hình 2.3. Tín hiệu số bị nhiễu và suy giảm trong quá trình truyền; được khử nhiễu khi khuếch đại tái tạo

- Không giống như tín hiệu tương tự, tín hiệu số có thể được truyền qua một khoảng cách xa với sự tái tạo thường xuyên mà tín hiệu không bị suy giảm.
- Tín hiệu số tương thích với công nghệ hiện đại, có thể được lưu trữ và xử lý dễ dàng hơn, ví dụ như trong máy tính hoặc trên đĩa compact (CD). Nói chung, các mạch điện tử kỹ thuật số hiện đại đáng tin cậy hơn và có giá thành rẻ hơn các mạch tương tự.
- Thêm nữa, ở các hệ thống kỹ thuật số, những dữ liệu bổ sung có thể được thêm vào các đường truyền. Những dữ liệu bổ sung này là mã cho hệ thống nhận để có thể kiểm tra và sửa chữa tín hiệu đã truyền trước khi được tái tạo cuối cùng.

## II. CHUYỂN ĐỔI TƯƠNG TỰ – SỐ VÀ SỐ – TƯƠNG TỰ

### 1. Sự cần thiết

Ngày nay, chuyển đổi số đang mang đến những thay đổi to lớn cho sản xuất và đời sống. Vấn đề then chốt của cách mạng số là khả năng chuyển đổi dữ liệu thông tin dưới dạng tín hiệu tương tự sang dạng số trong chuyển đổi tương tự sang số (analogue-to-digital conversion, viết tắt là ADC) và sau đó chuyển đổi chúng trở lại thành dạng tương tự trong chuyển đổi số sang tương tự (digital-to-analogue conversion, viết tắt là DAC).



2. Từ những ưu điểm của truyền tín hiệu số so với truyền tín hiệu tương tự, hãy thảo luận để rút ra: Sự truyền giọng nói hoặc âm nhạc liên quan đến chuyển đổi tương tự – số (ADC) trước khi truyền và chuyển đổi số – tương tự (DAC) khi nhận.

Do những ưu điểm vượt trội của tín hiệu số so với tín hiệu tương tự nên trước khi truyền đi, những dữ liệu dưới dạng tương tự như âm thanh, hình ảnh,... được chuyển đổi sang dữ liệu dưới dạng số. Tại nơi thu nhận, các dữ liệu số này lại được chuyển đổi sang dạng tương tự.

## 2. Sơ đồ khối hệ thống truyền tín hiệu số trong chuyển đổi tương tự – số và số – tương tự



Hình 2.4. Sơ đồ khối hệ thống truyền tín hiệu số trong chuyển đổi tương tự – số và số – tương tự

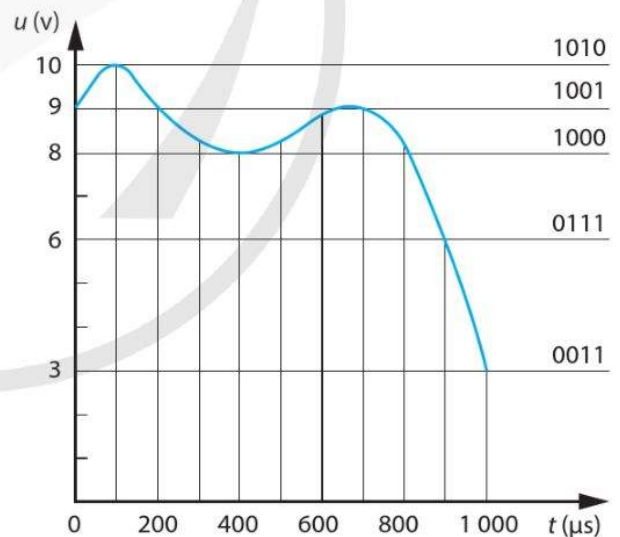
Hình 2.4 trình bày một sơ đồ khối rút gọn hệ thống truyền tín hiệu âm thanh số trong chuyển đổi tương tự – số và số – tương tự. Các khối chức năng chính là:

1. Chuyển dao động âm thanh thành tín hiệu điện.
2. Trộn sóng.
3. Chuyển đổi tín hiệu tương tự sang số.
4. Chuyển đổi tín hiệu số sang tương tự.
5. Tách sóng.
6. Loa.

## 3. Lấy mẫu

Trong chuyển đổi tín hiệu tương tự sang tín hiệu số (ADC), cần đo tín hiệu tương tự trong các khoảng thời gian đều đặn. Quá trình đó được gọi là lấy mẫu.

Mỗi lần tín hiệu được lấy mẫu, việc chuyển đổi tín hiệu tương tự sang tín hiệu số tạo ra một số nhị phân gồm một số bit nhất định. Vì mẫu được lấy nhiều lần trong một giây nên nhiều số nhị phân lần lượt được tạo ra và chuỗi số 0 và 1 này trở thành tín hiệu số được truyền đi.



Hình 2.5. Quá trình lấy mẫu (Đường màu xanh biểu diễn sự thay đổi hiệu điện thế  $u$  theo thời gian  $t$  và là tín hiệu tương tự)

Quá trình này được minh họa ở Hình 2.5 với các tín hiệu số 4-bit được tạo ra.

Khi  $t = 0$ , trị số của hiệu điện thế là 9 V dưới dạng số thập phân. Khi chuyển đổi thành số nhị phân, con số này là 1001. Khi  $t = 100 \mu\text{s}$ , hiệu điện thế là 10 V dưới dạng số thập phân và là 1010 dưới dạng số nhị phân.

Khi đầu ra được lấy mẫu cứ sau mỗi  $100 \mu\text{s}$ , một bộ số 4-bit được tạo ra: (1001), (1010), (1001), (1000), (1000),... Các bộ số 4-bit này được truyền đi.

Nếu khoảng cách truyền tín hiệu là lớn, người ta dùng bộ khuếch đại tái tạo để giữ tín hiệu không đổi trên đường đi. Khi kết thúc quá trình truyền, bộ chuyển đổi tín hiệu số sang tín hiệu tương tự sẽ chuyển tín hiệu số trở lại tín hiệu tương tự.

### III. SUY GIẢM TÍN HIỆU

Khi tín hiệu được truyền đi xa, công suất của tín hiệu sẽ giảm dần. Đó là sự suy giảm tín hiệu.

#### 1. Một số nguyên nhân làm suy giảm tín hiệu

Nguyên nhân làm suy giảm tín hiệu là mất mát năng lượng trong quá trình tín hiệu truyền đi.

- Khi tín hiệu điện truyền dọc theo dây dẫn, một phần năng lượng bị tiêu hao để làm nóng dây dẫn làm giảm công suất của tín hiệu khi đến cuối đường truyền.
- Khi truyền qua sợi quang, tín hiệu ánh sáng có thể bị phân tán hoặc hấp thụ bởi các điểm bất thường trong cấu trúc vật liệu tạo nên sợi quang.
- Tín hiệu truyền từ máy phát bằng sóng mang sẽ bị suy giảm cường độ do sự hấp thụ năng lượng của vật liệu mà sóng truyền qua. Ví dụ, sóng điện từ truyền trong không khí bị suy giảm công suất do sự hấp thụ và tán xạ năng lượng trong không khí.

#### 2. Suy giảm chất lượng tín hiệu

Khi công suất tín hiệu giảm thì tỉ số giữa công suất nhiễu và công suất tín hiệu sẽ tăng lên. Hậu quả là chất lượng tín hiệu nhận được ở cuối đường truyền bị giảm đi, nhiễu có thể làm méo tín hiệu (Hình 2.2).

Sự giảm công suất tín hiệu từ giá trị truyền  $P_1$  đến giá trị nhận được  $P_2$  có thể rất cao. Để khắc phục sự suy giảm này trong quá trình truyền, người ta phải sử dụng các bộ khuếch đại để bù lại công suất tín hiệu, mặt khác, khi khuếch đại, phải loại bỏ được ảnh hưởng của nhiễu làm méo dạng tín hiệu.

Các yêu cầu này được thực hiện bằng các bộ phận khuếch đại lọc lựa.



4. Lấy mẫu là gì?

### 3. Suy giảm công suất tín hiệu

Khi so sánh các công suất, thay vì dùng tỉ số  $\frac{P_1}{P_2}$  thì người ta dùng  $\log\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$ . Tức là tỉ số các công suất này được tính theo

thang logarit với đơn vị là bel, kí hiệu B.

Vì bel là một đơn vị lớn, nên ta thường dùng decibel, kiểu dB, 1 bel = 10 decibel (1 B = 10 dB).

Ví dụ

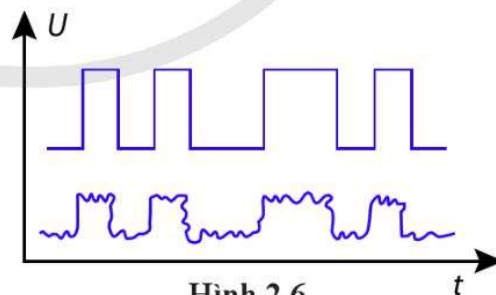
+ Nếu  $P_1 = 1\,000P_2$ , tín hiệu suy giảm với số decibel bị giảm (độ suy giảm) là

$$10\log\left(\frac{P_1}{P_2}\right) = 10\log\left(\frac{1\,000}{1}\right) = 30\text{ dB}$$

+ Nếu  $P_2 = 1\,000P_1$ , tín hiệu được khuếch đại với số decibel tăng thêm (độ tăng) là

$$10\log\left(\frac{P_2}{P_1}\right) = 10\log\left(\frac{1\,000}{1}\right) = 30\text{ dB}$$

Khi truyền đi xa, lượng suy giảm tín hiệu phụ thuộc vào độ dài của đường truyền. Khi đó, người ta dùng độ suy giảm tín hiệu trên một đơn vị độ dài, thường tính bằng dB/km. Chẳng hạn như, trong sợi cáp quang có thể có độ suy giảm trên một đơn vị chiều dài từ 1 dB/km đến 3 dB/km.



Hình 2.6



3. Một tín hiệu có công suất đầu vào là  $P_1 = 5,0$  mW và công suất đầu ra là  $P_2 = 0,0002$  mW. Xác định độ suy giảm tín hiệu tính bằng dB.



Hình 2.6 là đồ thị biểu diễn một tín hiệu số ở đầu và ở cuối một đường truyền tín hiệu.

- Đặc điểm nào của đồ thị này cho biết tín hiệu được truyền là tín hiệu số.
- Nêu và giải thích ưu điểm của truyền dữ liệu số so với truyền dữ liệu tương tự.
- Nêu và giải thích hai nguyên nhân khiến tín hiệu ở cuối đường truyền khác với tín hiệu ở đầu.



- Thông tin có thể được truyền dưới dạng tín hiệu tương tự và tín hiệu số.
- Giao tiếp kĩ thuật số liên quan đến chuyển đổi tương tự – số (ADC) khi truyền và chuyển đổi số – tương tự (DAC) khi nhận.
- Sự suy giảm tín hiệu làm giảm cường độ và chất lượng tín hiệu ở cuối đường truyền.

CHUYÊN ĐỀ 3

# MỞ ĐẦU VỀ ĐIỆN TỬ HỌC

Thiết bị cảm biến và khuếch đại thuật toán •

Thiết bị đầu ra •

Những hiểu biết về dòng điện, điện trở, nguồn điện, công tắc,... là nền tảng cho phép chúng ta tiếp tục tìm hiểu các thiết bị điện và điện tử khác, để sử dụng chúng được an toàn, đúng mục đích và hiệu quả. Chuyên đề này sẽ giúp bạn có được tri thức mở đầu về nguyên tắc hoạt động của một số thiết bị điện tử có vai trò quan trọng trong thời đại hiện nay.

# THIẾT BỊ CẢM BIẾN VÀ KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN

# 1

## Học xong bài học này, bạn có thể

- Thảo luận, đề xuất, chọn phương án và thực hiện được dự án tìm hiểu:
  - + Phân loại cảm biến (sensor) theo: nguyên tắc hoạt động, phạm vi sử dụng, hiệu quả kinh tế.
  - + Nguyên tắc hoạt động của: điện trở phụ thuộc ánh sáng (LDR), điện trở nhiệt.
  - + Nguyên tắc hoạt động của sensor sử dụng: điện trở phụ thuộc ánh sáng (LDR), điện trở nhiệt.
  - + Tính chất cơ bản của bộ khuếch đại thuật toán (op-amp) lí tưởng.
- Tham quan thực tế (hoặc qua tài liệu đa phương tiện), thảo luận để nêu được một số ứng dụng chính của thiết bị cảm biến và nguyên tắc hoạt động của thiết bị cảm biến.



Ngày nay, các thiết bị điện tử, đặc biệt là các thiết bị cảm biến được dùng phổ biến trong nhiều lĩnh vực.

Ở Hình 1.1, cảm biến nhiệt độ bên trong lồng ấp trứng gà sẽ giúp bộ xử lí điều khiển các thiết bị sưởi ấm và làm mát để giữ nhiệt độ ổn định phù hợp với việc ấp trứng. Lồng ấp trứng giống như một gà mẹ khổng lồ mà sau mỗi lần “ấp ủ” đã cho ra đời hàng trăm chú gà con, giúp nâng cao năng suất ấp trứng gà.

Các cảm biến đã hoạt động theo cách thức như thế nào mà làm được những công việc như vậy?



Hình 1.1. Lồng ấp trứng

## I. BỘ CẢM BIẾN

Cảm biến là thiết bị có đặc tính thay đổi khi có một yếu tố tác động lên nó (như nhiệt độ, áp suất, cường độ ánh sáng,...) thay đổi.

Một bộ cảm biến thường có cấu trúc gồm hai phần chính là phần tử cảm biến và bộ xử lí.

- Phần tử cảm biến là phần tử có thể phát hiện/nhận biết và đáp ứng một kích thích của môi trường. Đây là phần quan trọng nhất của một bộ cảm biến. Chức năng của nó là cảm nhận sự biến thiên của yếu tố tác động lên nó (như nhiệt độ, áp suất, cường độ ánh sáng,...).

• Bộ xử lí là phần tử chuyển đổi đáp ứng của phần tử cảm biến thành tín hiệu điện. Tín hiệu điện này có thể được hiển thị hoặc tác động lên các thiết bị khác, gọi chung là thiết bị đầu ra. Ví dụ, sự thay đổi nhiệt độ của không khí trong lồng ấp ở Hình 1.1 tác động vào cảm biến sẽ khiến bộ xử lí bật hoặc tắt bộ phận làm nóng và nhờ đó mà giữ cho trứng được ấp ở nhiệt độ thích hợp.



1. Nêu đặc tính cơ bản của phần tử cảm biến.

## II. PHÂN LOẠI CẢM BIẾN

Trong thực tiễn, có rất nhiều loại cảm biến, ở hình 1.2 là một số loại cảm biến thường gặp. Có thể phân loại chúng theo các tiêu chí khác nhau.



a) Cảm biến đo khoảng cách



b) Cảm biến ánh sáng



c) Cảm biến nhiệt độ và độ ẩm

Hình 1.2

### 1. Theo nguyên tắc hoạt động

Trong thực tiễn, các cảm biến có nguyên tắc hoạt động khác nhau, có thể phân chia chúng thành bốn loại dựa vào các cơ sở như sau đây.

#### *Thứ nhất, cảm biến chủ động và cảm biến thụ động*

Cảm biến chủ động là cảm biến truyền tín hiệu vào môi trường và sau đó đo đáp ứng của môi trường.

Ví dụ: Cảm biến đo khoảng cách bằng siêu âm (Hình 1.2a).

- Một xung siêu âm được phát ra.
- Gặp vật cản, xung sẽ bị phản xạ trở lại.
- Cảm biến phát hiện xung phản xạ.
- Dựa vào thời gian giữa phát và thu xung sẽ biết khoảng cách từ nơi phát xung đến vật cản.

Cảm biến thụ động là cảm biến phát hiện và phản hồi với một số loại đầu vào từ môi trường. Cảm biến thụ động là cảm biến chỉ “lắng nghe” những gì đang xảy ra.



2. Lấy ví dụ về thiết bị có sử dụng cảm biến ở nhà của bạn.



Hình 1.3. Đo khoảng cách bằng siêu âm



a) Cảm biến áp suất có màn hình hiển thị



b) Cảm biến áp suất màng

Hình 1.4. Một số loại cảm biến áp suất



3. Lấy ví dụ để phân loại các bộ cảm biến theo nguyên tắc hoạt động, hiệu quả kinh tế.

Ví dụ: Cảm biến ánh sáng phát hiện xem có ánh sáng chiếu vào nó hay không (Hình 1.2b). Cảm biến nhiệt độ phát hiện nhiệt độ của một vật (Hình 1.2c).

*Thứ hai, dựa vào cách thức phát hiện tín hiệu được sử dụng trong cảm biến*

Một số cách thức phát hiện là điện, sinh học, hoá học, phóng xạ,...

*Thứ ba, dựa vào hiện tượng chuyển đổi tức là đầu vào và đầu ra*

Một số hiện tượng chuyển đổi phổ biến là quang điện, nhiệt điện, điện hoá, điện từ,...

*Thứ tư, cảm biến tương tự và cảm biến kỹ thuật số*

Cảm biến tương tự tạo ra tín hiệu đầu ra liên tục. Cảm biến kỹ thuật số hoạt động với dữ liệu số (Hình 1.4a).

## 2. Theo phạm vi sử dụng

Cảm biến dùng trong cuộc sống hằng ngày, y tế, nông nghiệp, công nghiệp, hàng không vũ trụ, phương tiện giao thông,...

Ví dụ: Cảm biến áp suất màng (Hình 1.4b) được dùng để đo áp suất trong môi trường lỏng có tính ăn mòn cao như: acid, base, hoá chất ngành nhuộm, thuốc da,... hoặc ở các môi trường có nhiều cặn bẩn như nước thải, keo,...

## 3. Theo hiệu quả kinh tế

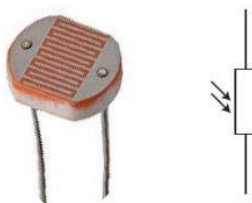
Cùng một loại cảm biến, chẳng hạn như cảm biến nhiệt độ, có nhiều loại khác nhau nhưng tùy thuộc vào nhu cầu sử dụng mà người ta lựa chọn loại tối ưu sao cho phù hợp với giá cả, tính năng, độ tin cậy, tuổi thọ,...

## III. CẢM BIẾN SỬ DỤNG ĐIỆN TRỞ PHỤ THUỘC ÁNH SÁNG

### 1. Điện trở phụ thuộc ánh sáng

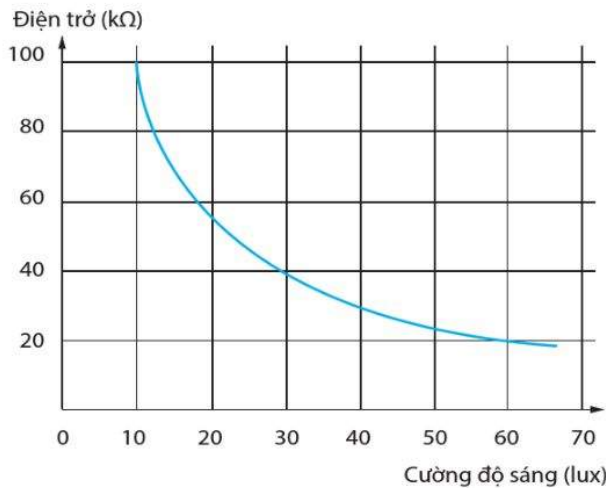
Điện trở phụ thuộc ánh sáng (Light dependent resistor, LDR) (Hình 1.5) là dụng cụ có điện trở thay đổi theo cường độ ánh sáng chiếu vào. Loại điện trở này hoạt động theo nguyên tắc: Khi chưa có ánh sáng chiếu vào, điện trở của nó rất lớn, khi có ánh sáng chiếu vào, điện trở giảm nhanh.

Đồ thị Hình 1.6 mô tả sự thay đổi điện trở của một LDR theo cường độ của ánh sáng chiếu vào nó.



Hình 1.5. Điện trở phụ thuộc ánh sáng và kí hiệu của nó



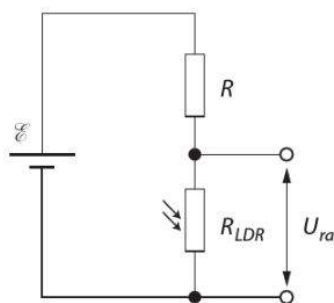


**Hình 1.6.** Đồ thị biểu diễn điện trở của LDR thay đổi theo cường độ sáng, tính theo đơn vị lux (là một đơn vị được sử dụng để đo công suất ánh sáng tới trên một đơn vị diện tích bề mặt)

Do ánh sáng làm cho điện trở của LDR thay đổi, nên có thể dùng LDR để cảm nhận sự biến thiên cường độ của ánh sáng, tức là dựa vào sự biến thiên điện trở của LDR để xác định cường độ ánh sáng.

## 2. Nguyên tắc hoạt động của bộ cảm biến dùng LDR

Trong một bộ cảm biến, bộ xử lý dùng sự biến thiên hiệu điện thế để điều khiển thiết bị đầu ra. Do đó, để dùng LDR làm phần tử cảm biến, cần chuyển sự thay đổi điện trở của LDR thành sự thay đổi hiệu điện thế. Muốn vậy, người ta ghép LDR nối tiếp với một điện trở có giá trị cố định, như trong Hình 1.7. Khi cường độ ánh sáng chiếu vào LDR thay đổi, điện trở của LDR sẽ biến thiên, hiệu điện thế ra giữa hai đầu của nó cũng biến thiên.



**Hình 1.7.** Sơ đồ mạch điện dùng LDR làm phần tử cảm biến



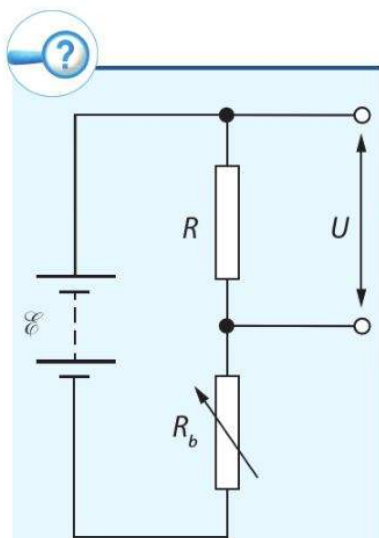
4. Giá trị điện trở của LDR trong hình 1.6 thay đổi như thế nào khi cường độ ánh sáng tăng lên?



5. LDR được sử dụng làm một phần tử cảm biến như thế nào?



6. Vẽ sơ đồ khối thể hiện nguyên tắc hoạt động của bộ cảm biến dùng LDR làm phần tử cảm biến.



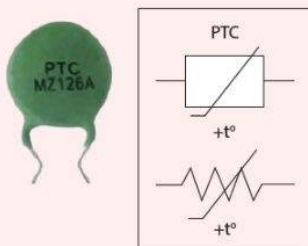
Hình 1.8

7. Hình 1.8 thể hiện sơ đồ mạch điện của một bộ chia điện thế. Nguồn điện có suất điện động 6,00 V và điện trở trong không đáng kể được mắc nối tiếp với điện trở cố định 120 Ω và biến trở có điện trở thay đổi từ 0 Ω đến 200 Ω.

Xác định phạm vi hiệu điện thế có thể có giữa hai đầu điện trở cố định.

**Bạn có biết**

Điện trở nhiệt có hệ số nhiệt độ dương (PTC) - điện trở của loại nhiệt điện trở này tăng đột ngột ở một nhiệt độ xác định, thường vào khoảng 100 °C – 150 °C.



Hình 1.10

Từ Hình 1.7, có thể tính hiệu điện thế ra giữa hai đầu LDR theo biểu thức

$$U_{ra} = \frac{R_{LDR}}{R_{LDR} + R} U$$

Ví dụ, ở mạch điện trên Hình 1.7, biết điện trở của LDR là  $R = 4,0 \text{ k}\Omega$ ,  $R_{LDR} = 20 \text{ k}\Omega$ ,  $U = 5,0 \text{ V}$ , hiệu điện thế ra giữa hai đầu của LDR là

$$U_{ra} = \frac{20}{20 + 4,0} \cdot 5,0 = 4,2 \text{ V}$$

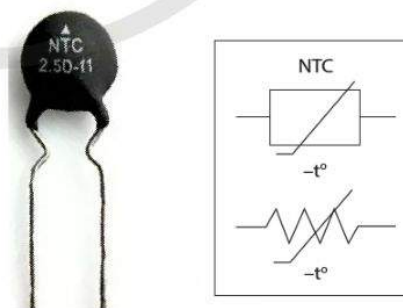
Hiệu điện thế giữa hai đầu LDR sẽ được bộ xử lí dùng để điều khiển thiết bị đầu ra của bộ cảm biến.

## II. CẢM BIẾN SỬ DỤNG ĐIỆN TRỞ NHIỆT

### 1. Điện trở nhiệt

Điện trở của hầu hết các kim loại tăng đến một mức độ nhất định khi nhiệt độ tăng. Nhưng có loại điện trở có điện trở giảm khi nhiệt độ của nó tăng, gọi là điện trở nhiệt có hệ số nhiệt độ âm (negative temperature coefficient, viết tắt là NTC). Đó là loại điện trở hoạt động trên nguyên tắc: điện trở thay đổi khi nhiệt độ thay đổi và giảm đáng kể khi nhiệt độ tăng.

Điện trở nhiệt có nhiều hình dạng và kích cỡ khác nhau. Hình 1.9 cho thấy một ví dụ về điện trở nhiệt và kí hiệu của nó trong sơ đồ.

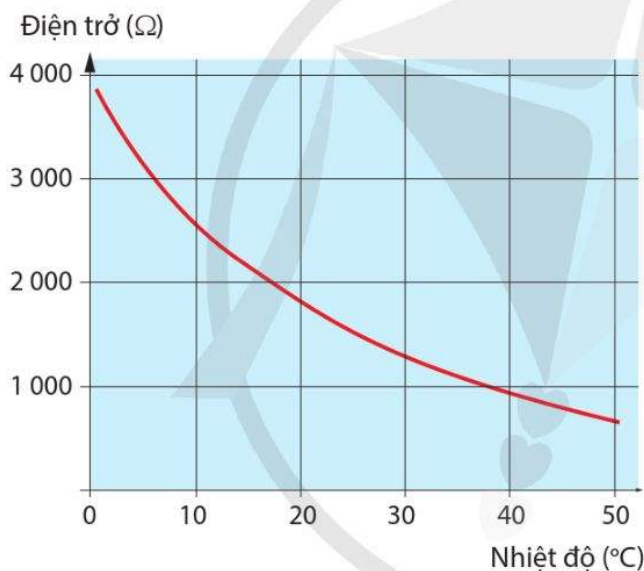


Hình 1.9. Điện trở nhiệt và kí hiệu điện trở nhiệt

Sự biến thiên điện trở theo nhiệt độ của một điện trở nhiệt được trình bày trong Bảng 1.1 và được thể hiện trong Hình 1.11. Sự biến đổi này là không tuyến tính (trên thực tế, xấp xỉ hàm mũ trong một phạm vi nhiệt độ giới hạn).

**Bảng 3.1.** Nhiệt độ và điện trở của điện trở nhiệt (NTC)

Nhiệt độ (°C)	Điện trở của NTC (Ω)
1	3 700
10	2 500
20	1 800
30	1 300
40	900
50	660



**Hình 1.11.** Điện trở của điện trở nhiệt (NTC) thay đổi theo nhiệt độ

## 2. Nguyên tắc hoạt động của bộ cảm biến dùng NTC

Nhiệt độ làm cho điện trở của điện trở nhiệt thay đổi, do đó dựa vào sự biến thiên điện trở của điện trở nhiệt có thể xác định được nhiệt độ. Từ đây ta thấy, có thể dùng điện trở nhiệt làm một phần tử cảm biến giống như cách làm cho một LDR. Thay vì cảm nhận sự thay đổi mức độ ánh sáng, điện trở nhiệt NTC cảm nhận sự thay đổi nhiệt độ.

Bộ cảm biến sử dụng điện trở nhiệt cũng có sơ đồ khối tương tự như bộ cảm biến sử dụng LDR.

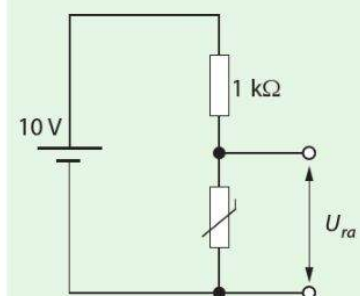


8. Vẽ sơ đồ mạch điện thể hiện nguyên tắc dùng NTC làm phần tử cảm biến.



1. Trên Hình 1.12, điện trở của điện trở nhiệt NTC thay đổi từ 20 kΩ ở 20 °C đến 100 Ω ở 60 °C. Tính hiệu điện thế ra giữa hai đầu điện trở nhiệt  $U_{ra}$  ở hai nhiệt độ này.

2. Thay thế điện trở nhiệt trong Hình 1.12 bằng điện trở phụ thuộc ánh sáng (LDR). Hiệu điện thế đầu ra  $U_{ra}$  sẽ tăng hay giảm khi LDR được chiếu sáng. Giải thích câu trả lời.



**Hình 1.12**

## IV. KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN

### 1. Khái niệm

Điện áp đầu ra của phần tử cảm biến có thể phải xử lý trước khi được hiển thị hoặc dùng để điều khiển thiết bị đầu ra. Cơ sở của nhiều mạch được dùng để xử lý điện áp đầu ra của phần tử cảm biến là bộ khuếch đại thuật toán (Operational Amplifier – viết tắt là op-amp).

Đây là một bộ khuếch đại có độ khuếch đại lớn và trở kháng đầu vào cao, có thể thực hiện các phép toán với hiệu điện thế ở đầu vào.

Hình 1.13a cho thấy một op-amp. Bên trong lớp vỏ là một mạch tích hợp với nhiều bóng bán dẫn, điện trở, tụ điện và các thành phần khác. Mỗi op-amp có hai đầu vào: một đầu được đánh dấu (-) và được gọi là đầu vào đảo, đầu kia được đánh dấu (+) và được gọi là đầu vào không đảo. Điện thế tại đầu vào đảo (-) được kí hiệu là  $V^-$ , điện thế tại đầu vào không đảo (+) được kí hiệu là  $V^+$ .

Một chức năng của thiết bị này là sử dụng hiệu điện thế giữa hai đầu vào để tạo ra hiệu điện thế đầu ra  $U_{ra}$  càng lớn càng tốt.

Khi op-amp chỉ khuếch đại mà không có vòng lặp của các thành phần khác liên kết đầu ra trở lại đầu vào thì hệ số khuếch đại hiệu điện thế

$$G_0 = \frac{\text{hiệu điện thế đầu ra}}{\text{hiệu điện thế đầu vào}}$$

được gọi là hệ số khuếch đại vòng hở của op-amp. Với op-amp trên Hình 1.13 thì

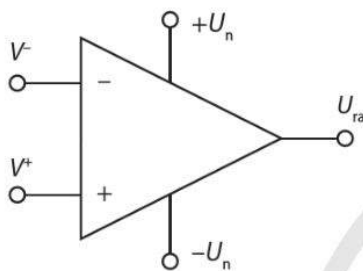
$$G_0 = \frac{U_{ra}}{V^+ - V^-}$$

Trong đó:  $V^+$  là điện thế vào không đảo và  $V^-$  là điện thế vào đảo.

Công suất đầu ra của op-amp lớn hơn nhiều so với công suất đầu vào của nó. Để đạt được điều này, nó cần hai nguồn cung cấp năng lượng, đó là các nguồn  $+U_n$  và  $-U_n$  được thể hiện trong Hình 1.13b. Khi kết nối op-amp, người ta dùng một đường dây chung, gọi là dây nối đất (0 V). Một nguồn cung cấp sẽ nằm giữa  $+U$  và dây nối đất (0 V), nguồn kia giữa  $-U_n$  và dây nối đất (0 V).



a) Hình ảnh một op - amp



b) Kí hiệu trên sơ đồ ( $V^-$  là điện thế đầu vào đảo,  $V^+$  là điện thế đầu vào không đảo)

Hình 1.13

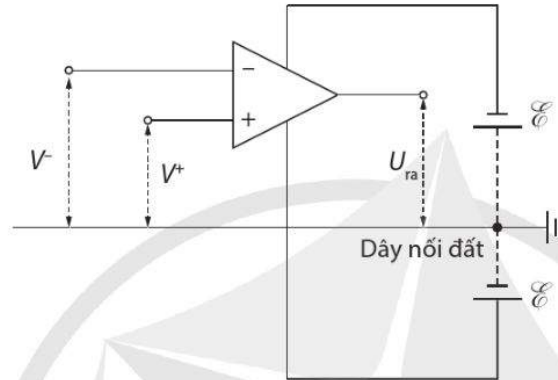
Bộ khuếch đại thuật toán có hai kiểu hoạt động, gọi là hoạt động vòng hở và hoạt động vòng kín.

Hoạt động vòng hở: tín hiệu từ đầu ra của op-amp không được đưa trở lại đầu vào của nó.

Hoạt động vòng kín: tín hiệu từ đầu ra của op-amp được đưa trở lại đầu vào của nó.

Ở kiểu hoạt động vòng hở (Hình 1.14), hiệu điện thế đầu ra được cho bởi

$$U_{ra} = G_0 (V^+ - V^-)$$



Hình 1.14. Sơ đồ nguyên tắc dùng op-amp như bộ so sánh điện thế

Do hệ số khuếch đại vòng hở của op-amp vào cỡ  $10^5$  và hiệu điện thế đầu ra không thể lớn hơn hiệu điện thế cung cấp nên ta có:

$$\text{Nếu } V^+ > V^-, \text{ thì } U_{ra} = +U_n$$

$$\text{Nếu } V^+ < V^-, \text{ thì } U_{ra} = -U_n$$

Do đặc tính này của op-amp mà nó được dùng làm bộ so sánh điện thế giữa đầu vào đảo và đầu vào không đảo.

## 2. Tính chất cơ bản của bộ khuếch đại thuật toán lí tưởng

- Hệ số khuếch đại vòng hở vô cùng lớn ( $G_0 = \infty$ ), cho phép op-amp khuếch đại cả những tín hiệu với biên độ rất nhỏ thành tín hiệu đầu ra có biên độ lớn.
- Tổng trở đầu vào của op-amp rất lớn, điều này giúp cho dòng điện đầu vào bằng 0, mạch khuếch đại những nguồn tín hiệu có công suất bé.
- Tổng trở đầu ra của op-amp rất nhỏ, mạch nối với đầu ra của op-amp không bị sụt áp, cho phép op-amp cung cấp dòng tốt cho phụ tải.
- Đáp ứng tần số cao, tức là op-amp hoạt động rất linh hoạt trên nhiều dải tần số tín hiệu đầu vào.



9. Hãy nêu các tính chất của bộ khuếch đại thuật toán lí tưởng.

## V. THAM QUAN THỰC TẾ ĐỂ TÌM HIỂU VỀ THIẾT BỊ CẢM BIẾN



### 1. Mục đích

Tìm hiểu về cấu tạo và nguyên tắc hoạt động của thiết bị cảm biến

### 2. Nhiệm vụ cần thực hiện

- Quan sát thiết bị.
- Chụp ảnh thiết bị.
- Thu thập thông tin từ người hướng dẫn về cấu trúc và nguyên tắc hoạt động của thiết bị đang tìm hiểu.

### 3. Báo cáo kết quả

Ghi kết quả tìm hiểu vào Bảng như ví dụ sau:

*Bảng kết quả tìm hiểu*

TT	Thiết bị	Chức năng	Công dụng	Ghi chú
1	Hệ thống điều khiển đèn đường	Tự động bật, tắt đèn	Giảm sự tác động của con người	
?	?	?	?	?



10. Khi tham quan thực tế, bạn cần chú ý điều gì để giữ an toàn cho bản thân và người khác?



Dự án tìm hiểu cảm biến và khuếch đại thuật toán.

### 1. Thảo luận để trả lời các câu hỏi sau:

- Có thể phân loại cảm biến theo nguyên tắc hoạt động, phạm vi sử dụng, hiệu quả kinh tế bằng những ví dụ cụ thể nào?
- Nguyên tắc hoạt động của điện trở phụ thuộc ánh sáng và của điện trở nhiệt là gì?
- Làm thế nào để chuyển điện trở phụ thuộc ánh sáng và điện trở nhiệt thành phần tử cảm biến trong các bộ cảm biến?
- Tính chất cơ bản của bộ khuếch đại thuật toán lí tưởng là gì?
- Thiết bị cảm biến được ứng dụng như thế nào?

### 2. Thảo luận, thống nhất nội dung cần tìm hiểu

### 3. Lập kế hoạch, thực hiện dự án của nhóm

Xác định các nhiệm vụ cần thực hiện để hoàn thành sản phẩm dự án, phân chia nhiệm vụ cho các thành viên trong nhóm; xác định thời hạn hoàn thành, phương tiện khảo sát, thu thập, xử lí thông tin và sản phẩm dự kiến.

### 4. Thực hiện dự án, báo cáo và thảo luận

- Tiến hành tìm hiểu, thu thập, xử lí thông tin theo kế hoạch và xây dựng sản phẩm trình bày trên lớp.
- Báo cáo về quá trình thực hiện và kết quả dự án tìm hiểu.



- Một bộ cảm biến bao gồm một thiết bị cảm biến và một bộ xử lí để tạo ra một hiệu điện thế đầu ra.
- Điện trở của LDR giảm khi cường độ ánh sáng chiếu vào nó tăng.
- Điện trở của điện trở nhiệt có hệ số nhiệt độ âm giảm khi nhiệt độ của nó tăng.
- Điện trở nhiệt và điện trở phụ thuộc ánh sáng có thể được sử dụng để tạo hiệu điện thế đầu ra tương ứng phụ thuộc vào nhiệt độ và cường độ ánh sáng.
- Cảm biến sử dụng điện trở phụ thuộc ánh sáng hoạt động dựa vào sự giảm điện trở của điện trở phụ thuộc ánh sáng khi cường độ ánh sáng chiếu vào nó tăng.
- Cảm biến sử dụng điện trở nhiệt có hệ số nhiệt độ âm hoạt động dựa vào sự giảm điện trở của điện trở nhiệt khi nhiệt độ của nó tăng.
- Tính chất cơ bản của bộ khuếch đại thuật toán lí tưởng:
  - + Hệ số khuếch đại vòng hở vô cùng lớn.
  - + Tổng trở đầu vào rất lớn.
  - + Tổng trở đầu ra rất nhỏ.
  - + Đáp ứng tần số cao.

## Học xong bài học này, bạn có thể

- Thảo luận, đề xuất, chọn phương án và thực hiện được dự án tìm hiểu ba thiết bị đầu ra:
  - + Nguyên tắc hoạt động của mạch op-amp – LEDs (light-emitting diode).
  - + Nguyên tắc hoạt động của mạch op-amp – relays.
  - + Nguyên tắc hoạt động của mạch op-amp – CMs (calibrated meter).
- Thiết kế được một số mạch điện ứng dụng đơn giản có sử dụng thiết bị đầu ra.



Chúng ta đã biết, tín hiệu từ cảm biến được bộ xử lý sử dụng để tạo ra một hiệu điện thế. Hiệu điện thế này có thể được dùng để điều khiển nhiều thiết bị như hiển thị độ nóng, lạnh, bật tắt một mạch điện hay đo một đại lượng vật lý,... Các thiết bị như vậy là thiết bị đầu ra. Các thiết bị đầu ra hoạt động như thế nào?

## I. DIODE PHÁT SÁNG VÀ OP-AMP

### 1. Diode phát sáng



Phân cực thuận



Phân cực ngược

**Hình 2.1.** Kí hiệu trạng thái phân cực của diode

Diode là một dụng cụ bán dẫn, có đặc tính là chỉ cho dòng điện đi qua theo một chiều mà không cho dòng điện đi qua theo chiều ngược lại. Diode được gọi là phân cực thuận khi nó cho dòng điện đi qua và được gọi là phân cực ngược khi không cho dòng điện đi qua (Hình 2.1).

Diode phát sáng (light emitting diode, viết tắt là LED) là loại diode phát ra ánh sáng khi có dòng điện thích hợp qua nó. LED có nhiều màu khác nhau như đỏ, xanh lá cây, vàng, hồng phách,... (Hình 2.2).



**Hình 2.2.** Các LED có màu khác nhau và kí hiệu của LED trong sơ đồ.

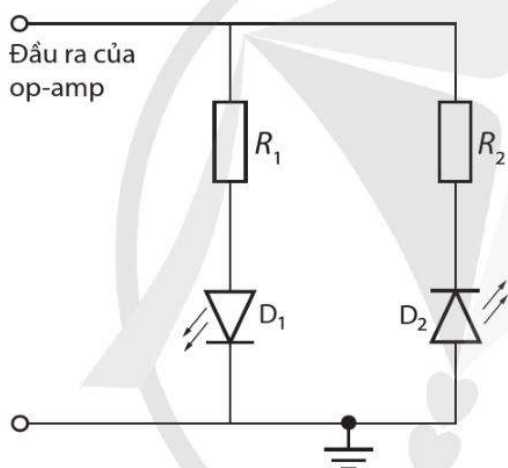


## 2. Nguyên tắc hoạt động của mạch op-amp – LED

Do tiêu hao rất ít năng lượng nên LED là thiết bị đầu ra rất thích hợp trong trường hợp mà đầu ra của op-amp là những dạng chỉ báo mà mắt có thể nhìn thấy được.

Hình 2.4 cho thấy hai LED được kết nối với đầu ra của một op-amp để cho biết đầu ra là dương hay âm.

Khi đầu ra là dương đối với đất, LED  $D_1$  sẽ được phân cực thuận và phát ra ánh sáng; LED  $D_2$  sẽ được phân cực ngược và không phát ra ánh sáng. Khi phân cực của đầu ra thay đổi, LED  $D_2$  sẽ được phân cực thuận và phát ra ánh sáng; LED  $D_1$  sẽ được phân cực ngược và không phát ra ánh sáng. Các LED có thể được chọn để chúng phát ra ánh sáng có màu khác nhau.



Hình 2.3. Sơ đồ dùng LED để chỉ trạng thái đầu ra của op-amp.

## II. RELAY VÀ OP-AMP

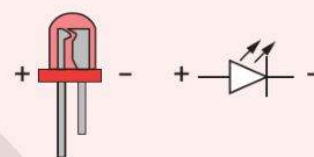
Nếu kết nối đầu ra của op-amp với một điện trở, sẽ có một dòng điện từ đầu ra của op-amp đến điện trở. Dòng điện đầu ra này thường không được lớn hơn khoảng 25 mA. Để bật hoặc tắt một dòng điện có cường độ lớn cần kết hợp op-amp với một thiết bị gọi là relay.

### 1. Relay

Relay là một công tắc điện từ. Cuộn dây của relay đóng vai trò nam châm điện, khi có dòng điện chạy qua, nó sẽ tạo ra một từ trường hút lõi sắt non, từ đó làm đóng mở công tắc, Hình 2.6.

### Bạn có biết

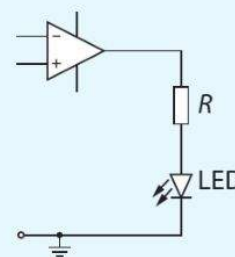
LED dùng nguồn điện một chiều, nhà sản xuất đã thiết kế chân dài hơn để đánh dấu là đầu dương, chân ngắn hơn là đầu âm. Điện áp định mức của LED tùy thuộc vào loại LED và màu sắc, khoảng từ 1,5 V đến 4 V. Để hoạt động, LED phải được nối đúng quy định.



Hình 2.4. LED và quy định nối LED đúng cực của nguồn



1. Trong hình 2.5, đầu vào  $V^+$  có ghép với cảm biến nhiệt độ và đầu vào  $V^-$  của op-amp có mạch chia điện thế. Sự sáng, tối của LED có cho ta biết được vùng nhiệt độ của môi trường tác động lên cảm biến nhiệt độ hay không?



Hình 2.5. LED hiển thị trạng thái đầu ra của op-amp

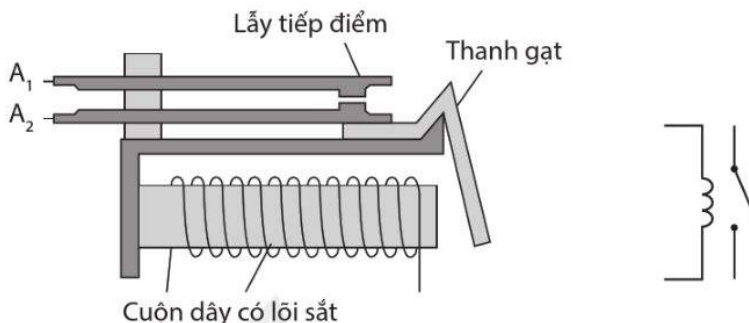


1. Vì sao không thể mắc trực tiếp phụ tải với đầu ra của op-amp?



2. Trong Hình 2.6, khi cuộn dây của relay chưa có dòng điện, tiếp điểm  $A_1, A_2$  tiếp xúc nhau hay không tiếp xúc nhau?

Công tắc này được sử dụng để bật hoặc tắt dòng điện có cường độ lớn hơn nhiều lần cường độ dòng điện chạy trong cuộn dây của relay.



Hình 2.6. Một relay và kí hiệu của nó trong sơ đồ

## 2. Nguyên tắc hoạt động của mạch op-amp – relay

Dòng điện do op-amp tạo ra được đưa vào cuộn dây của relay, điều khiển nó bật hoặc tắt dòng điện có cường độ lớn hơn qua cặp tiếp điểm  $A_1$  và  $A_2$ .

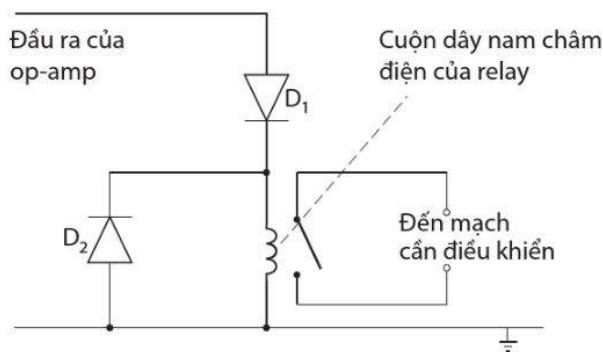
Hình 2.7 cho thấy một cách trong đó relay có thể được kết nối với đầu ra của op-amp để điều khiển mạch điện có cường độ dòng điện lớn.

Đầu ra của op-amp có thể là dương hoặc âm. Tuy nhiên, diode  $D_1$ , chỉ dẫn điện khi đầu ra là dương đối với đất. Do đó, cuộn dây relay chỉ được cấp điện khi đầu ra của op-amp là dương.

Diode  $D_2$  được dùng để bảo vệ op-amp khỏi dòng điện cảm ứng trong cuộn dây relay mỗi khi dòng điện trong cuộn dây của relay bị ngắt.



1. Thảo luận để nêu được hai tác dụng của diode  $D_2$  trong sơ đồ Hình 2.7.



Hình 2.7. Sơ đồ nguyên lí mạch op-amp – relay

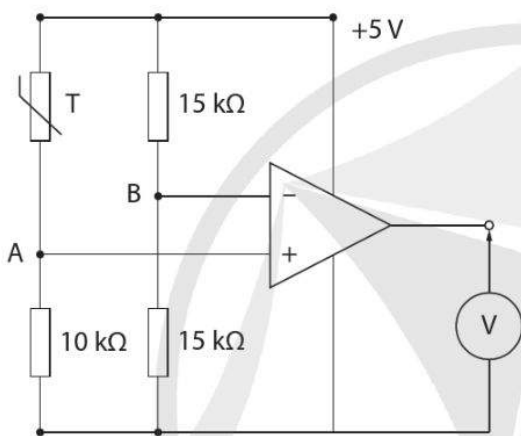
### III. VÔN KẾ VÀ OP-AMP

#### 1. Vôn kế

Vôn kế là dụng cụ đo hiệu điện thế giữa hai đầu thiết bị điện. Khi đo, vôn kế được mắc song song với thiết bị điện cần đo.

#### 2. Nguyên tắc hoạt động của mạch op-amp-vôn kế

Có thể đo các đại lượng như nhiệt độ, cường độ ánh sáng,... bằng cách dùng hiệu điện thế ở đầu ra của op-amp. Hình 2.8 là sơ đồ nguyên lý đo nhiệt độ bằng điện trở nhiệt và op-amp.

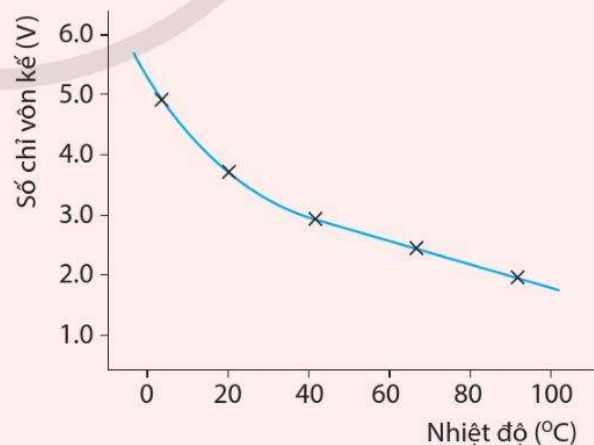


Hình 2.8. Sơ đồ nguyên lý đo nhiệt độ bằng mạch op-amp - vôn kế

#### Bạn có biết

Trong trường hợp đo nhiệt độ, cần chuyển số chỉ của vôn kế thành số chỉ nhiệt độ.

Giả sử rằng nhiệt độ đang được đo và một vôn kế được kết nối với đầu ra. Có thể thực hiện hiệu chuẩn bằng cách đặt cảm biến nhiệt độ và nhiệt kế vào nồi nước và ghi lại số chỉ của vôn kế và nhiệt độ của nồi nước ở một số nhiệt độ khác nhau. Sau đó, vẽ đồ thị hiệu chuẩn, như trong Hình 2.9. Đường cong hiệu chuẩn được sử dụng để thay đổi số chỉ của vôn kế thành giá trị cho nhiệt độ được đo.



Hình 2.9. Đường cong hiệu chuẩn liên hệ số chỉ của vôn kế ở đầu ra của op-amp với nhiệt độ



Thiết kế hệ thống dùng LED làm tín hiệu cảnh báo nhiệt độ vượt ngưỡng

### Dụng cụ

- Nguồn điện 5 V.
- Phần tử cảm biến nhiệt độ có điện thế ở đầu ra được tính theo biểu thức  $V_{cb} = 0,01t$ , với  $t$  là nhiệt độ nơi đặt nó.
- Op-amp.
- Các điện trở  $R_1$  và  $R_2$ .
- Điện thế đầu ra  $V_{cb}$  của cảm biến được đưa trực tiếp vào cổng (+).
- Điện thế  $V^-$  được trích từ nguồn 5 V qua mạch chia thế gồm điện trở  $R_1$  và  $R_2$ .

### Yêu cầu

- Vẽ sơ đồ mạch điện.
- Tính điện thế ra  $V_{cb}$  của cảm biến khi nhiệt độ môi trường bằng 30 °C.
- Giả sử  $\begin{cases} R_1 = 470\Omega \\ R_2 = 6,8k\Omega \end{cases}$

LED sáng hay tối khi nhiệt độ là:

- 25 °C
- 70 °C

- Cho  $R_1 = 1 k\Omega$ , tìm  $R_2$  để LED sáng khi nhiệt độ vượt ngưỡng 60 °C.



Dự án tìm hiểu các thiết bị đầu ra.

### 1. Thảo luận các câu hỏi định hướng:

Khi mắc relay ở đầu ra của op-amp, chúng ta cần quan tâm đến những yếu tố kĩ thuật nào?

### 2. Thảo luận, thống nhất nội dung cần tìm hiểu

### 3. Lập kế hoạch, thực hiện dự án của nhóm

Xác định các nhiệm vụ cần thực hiện để hoàn thành dự án tìm hiểu, phân chia nhiệm vụ cho các thành viên trong nhóm; xác định thời hạn hoàn thành, phương tiện khảo sát, thu thập, xử lí thông tin và sản phẩm dự kiến.

### 4. Thực hiện dự án, báo cáo và thảo luận

- Tiến hành tìm hiểu, thu thập, xử lí thông tin theo kế hoạch và trình bày ở lớp.
- Thảo luận, nhận xét để thấy được vai trò của từng thiết bị đầu ra.
- Báo cáo về quá trình thực hiện và kết quả dự án tìm hiểu.



- Diode phát sáng (LED) được sử dụng để chỉ ra trạng thái (cao hoặc thấp, bật hoặc tắt) ở đầu ra của bộ xử lí.
- Relay được sử dụng để điều khiển dòng điện / hiệu điện thế có giá trị lớn thông qua dòng điện / hiệu điện thế thấp ở đầu ra của bộ xử lí.
- Vôn kế có thể được sử dụng để đo hiệu điện thế ở đầu ra của bộ xử lí. Để vôn kế chỉ giá trị của đại lượng đang theo dõi, cần hiệu chuẩn vôn kế.

**BẢNG GIẢI THÍCH THUẬT NGỮ**

<b>Thuật ngữ</b>	<b>Giải thích thuật ngữ</b>	<b>Trang</b>
cảm biến	dụng cụ có khả năng phát hiện (hay nhận biết) và đáp ứng một kích thích cụ thể của môi trường đặt nó, rồi chuyển đổi đáp ứng đó thành tín hiệu điện có thể đo được hoặc hiển thị được	35
diode	thiết bị điện tử chỉ cho dòng điện chạy qua nó theo một chiều xác định	46
hiệu chuẩn	quá trình xác định mối quan hệ giữa giá trị của đại lượng cần đo với giá trị hiển thị trên thiết bị đo	49
khuếch đại	thiết bị điện tử có khả năng làm tăng điện áp, công suất và dòng điện của tín hiệu	30
khuếch đại thuật toán	bộ khuếch đại dùng để thực hiện các phép toán trên điện áp đầu vào	35
relay	công tắc có thể điều khiển sự đóng ngắt của các tiếp điểm bằng điện	46
sóng biến điệu	sóng vô tuyến tần số cao có “mang theo” các tín hiệu âm tần	25
sóng biến điệu biên độ	biên độ của sóng mang biến thiên theo thời gian cùng tần số với tần số tín hiệu	25
sóng biến điệu tần số	biên độ của sóng mang không đổi, tần số của sóng mang biến thiên theo thời gian cùng tần số với tần số tín hiệu	25
sóng điện từ	trường điện từ truyền trong không gian với tốc độ xấp xỉ 300 000 km/s	28
sóng mang	là sóng vô tuyến có tần số cao dùng để mang theo các tín hiệu thông tin có tần số thấp	25
sóng vô tuyến	sóng điện từ dùng để truyền thông tin	25
tín hiệu	xung điện hoặc sóng vô tuyến được sử dụng để truyền dữ liệu từ nơi này đến nơi khác	11
tín hiệu số	có giá trị không liên tục mà rời rạc theo thời gian và được biểu diễn tương ứng với các số “0” và “1”	29
tín hiệu tương tự	tín hiệu thông tin trong đó thông tin được biểu diễn bằng đại lượng có giá trị liên tục	29

**Chịu trách nhiệm tổ chức bản thảo và bản quyền nội dung:**

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

Chủ tịch Hội đồng Quản trị: NGUYỄN NGÔ TRẦN ÁI

Tổng Giám đốc: VŨ BÁ KHÁNH

*Biên tập:*

**NGUYỄN THẾ CƯỜNG**

*Minh họa và thiết kế sách:*

**BAN THIẾT KẾ – CHẾ BẢN VEPIC**

*Trình bày bìa:*

**NGUYỄN MẠNH HÙNG**

*Sửa bản in:*

**NGUYỄN THỊ VƯỢNG**

---

Trong sách có sử dụng một số hình ảnh trên Internet. Trân trọng cảm ơn tác giả!

---

### **CHUYÊN ĐỀ HỌC TẬP VẬT LÝ 11**

Mã số: .....

ISBN: .....

In ..... cuốn, khổ 19 x 26,5cm, tại .....

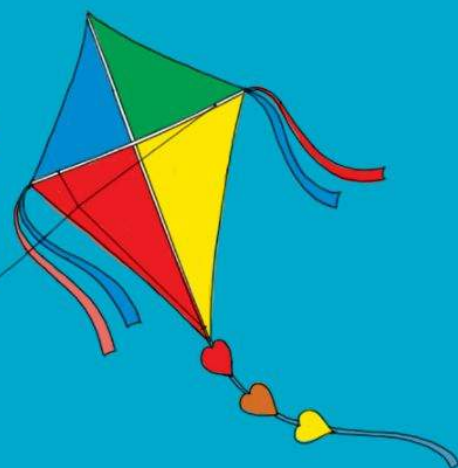
Địa chỉ: .....

Số xác nhận đăng kí xuất bản: .....

Quyết định xuất bản số: ..... ngày .....

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

# Mang cuộc sống vào bài học Đưa bài học vào cuộc sống



*S*ách Chuyên đề học tập vật lí 11 được biên soạn theo Chương trình giáo dục phổ thông 2018. Là phần mở rộng của sách vật lí 11, sách gồm ba chuyên đề: Trường hấp dẫn, Truyền thông tin bằng sóng vô tuyến, Mở đầu về điện tử học, góp phần giúp bạn phát triển toàn diện phẩm chất, năng lực của mình.

Sách được biên soạn bởi tập thể các nhà khoa học, nhà giáo giàu kinh nghiệm và tâm huyết về giáo dục. Cùng với sự hỗ trợ của thiết bị thực hành và hệ thống học liệu điện tử, sách sẽ giúp cho quá trình học tập của bạn thêm dễ dàng và hấp dẫn.

SỬ DỤNG  
TEM CHỐNG GIẢ

1. Quét mã QR hoặc dùng trình duyệt web để truy cập website bộ sách Cánh Diều: [www.hoc10.com](http://www.hoc10.com)
2. Vào mục Hướng dẫn ([www.hoc10.com/huong-dan](http://www.hoc10.com/huong-dan)) để kiểm tra sách giả và xem hướng dẫn kích hoạt sử dụng học liệu điện tử.

