



PHẠM NGUYỄN THÀNH VINH (Chủ biên)

TRẦN NGUYỄN NAM BÌNH – ĐOÀN HỒNG HÀ – ĐỖ XUÂN HỘI

CHUYÊN ĐỀ HỌC TẬP VẬT LÝ

11



NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM



HỘI ĐỒNG QUỐC GIA THẨM ĐỊNH SÁCH GIÁO KHOA

Môn: Vật lí – Lớp 11

Họ và tên	Chức vụ Hội đồng
Bà ĐỖ HƯƠNG TRÀ	Chủ tịch
Ông NGUYỄN ANH THUẦN	Phó Chủ tịch
Ông NGUYỄN VĂN NGHIỆP	Ủy viên, Thư kí
Ông NGUYỄN QUANG LINH	Ủy viên
Ông MAI HOÀNG PHƯƠNG	Ủy viên
Ông PHÙNG VIỆT HẢI	Ủy viên
Bà NGÔ THỊ QUYÊN	Ủy viên
Ông PHẠM ĐÌNH Mẫn	Ủy viên
Bà NGUYỄN VŨ ÁNH TUYẾT	Ủy viên

PHẠM NGUYỄN THÀNH VINH (Chủ biên)
TRẦN NGUYỄN NAM BÌNH – ĐOÀN HỒNG HÀ – ĐỖ XUÂN HỘI

CHUYÊN ĐỀ HỌC TẬP

VẬT LÝ

11

Chân trời sáng tạo

NHÀ XUẤT BẢN GIÁO DỤC VIỆT NAM

Hướng dẫn sử dụng sách

Trong mỗi bài học gồm các nội dung sau:

MỞ ĐẦU



Khởi động, đặt vấn đề, gợi mở và tạo hứng thú vào bài học

HÌNH THÀNH KIẾN THỨC MỚI



Hoạt động hình thành kiến thức mới qua việc quan sát hình ảnh, thí nghiệm hoặc trải nghiệm thực tế



Thảo luận để hình thành kiến thức mới

LUYỆN TẬP



Củng cố kiến thức và rèn luyện kỹ năng đã học

VẬN DỤNG



Vận dụng kiến thức và kỹ năng đã học vào thực tiễn cuộc sống

MỞ RỘNG



Giới thiệu thêm kiến thức và ứng dụng liên quan đến bài học, giúp các em tự học ở nhà

***Hãy bảo quản, giữ gìn sách giáo khoa để dành tặng
các em học sinh lớp sau!***

LỜI NÓI ĐẦU

Các em học sinh, quý thầy, cô giáo và phụ huynh thân mến!

Bên cạnh nội dung giáo dục cốt lõi của sách giáo khoa, các em học sinh được lựa chọn một số chuyên đề học tập trong từng năm học. Mục tiêu của các chuyên đề học tập là: mở rộng, nâng cao kiến thức của môn học tương ứng để đáp ứng yêu cầu phân hoá sâu ở cấp Trung học phổ thông cũng như định hướng hướng nghiệp ở cấp Trung học phổ thông.

Bên cạnh sách giáo khoa **Vật lí 11**, sách **Chuyên đề học tập Vật lí 11** giới thiệu 3 chuyên đề sau:

Chuyên đề 1. Trường hấp dẫn: Giới thiệu về sự tồn tại, tính chất của trường hấp dẫn và những đại lượng vật lí liên quan như: lực hấp dẫn, cường độ trường hấp dẫn và thế hấp dẫn. Để từ đó có thể giải thích được một số hiện tượng thực tế như chuyển động của vệ tinh địa tĩnh, rút ra được công thức tính tốc độ vũ trụ cấp I.

Chuyên đề 2. Truyền thông tin bằng sóng vô tuyến: Là một chuyên đề có tính thực tiễn cao, cung cấp những kiến thức liên quan đến các loại biến điệu (AM và FM) và các cách thức truyền thông, trong đó có lưu ý về sự suy giảm tín hiệu và ảnh hưởng của hiệu ứng này đến chất lượng tín hiệu được truyền.

Chuyên đề 3. Mở đầu về điện tử học: Là một chuyên đề có tính thực tiễn cao, khuyến khích học sinh triển khai thực hiện dự án để tìm hiểu về các loại cảm biến, một số thiết bị sử dụng cảm biến, bộ khuếch đại thuật toán và các thiết bị đầu ra. Từ đó có thể đề xuất được phương án và thực hiện phương án giải quyết một vấn đề cụ thể trong cuộc sống hằng ngày.

Mỗi chuyên đề được chia thành một số bài học, mỗi bài học gồm một chuỗi các hoạt động nhằm hình thành năng lực cho học sinh gồm: khởi động, khám phá, luyện tập, vận dụng, mở rộng và cuối mỗi bài học sẽ có hệ thống bài tập giúp học sinh rèn luyện và tự đánh giá kết quả học tập của mình.

Cùng với sách giáo khoa, sách **Chuyên đề học tập Vật lí 11** thuộc bộ sách giáo khoa Chân trời sáng tạo của Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam được biên soạn dựa trên định hướng phát triển phẩm chất và năng lực người học. Các tác giả hi vọng cuốn sách **Chuyên đề học tập Vật lí 11** sẽ là người bạn đồng hành hữu ích cùng các em khám phá thế giới tự nhiên dưới góc độ vật lí, vận dụng kiến thức, kĩ năng vật lí vào thực tiễn và định hướng nghề nghiệp cho tương lai.

Rất mong nhận được sự góp ý của quý thầy, cô giáo, phụ huynh và các em học sinh để sách ngày càng hoàn thiện hơn.

Các tác giả

MỤC LỤC

Hướng dẫn sử dụng sách	2
Lời nói đầu	3
Mục lục	4
Chuyên đề 1: TRƯỜNG HẤP DẪN	5
Bài 1. Định luật vạn vật hấp dẫn	5
Bài 2. Trường hấp dẫn	10
Bài 3. Cường độ trường hấp dẫn	15
Bài 4. Thế năng hấp dẫn. Thế hấp dẫn	20
Chuyên đề 2: TRUYỀN THÔNG TIN BẰNG SÓNG VÔ TUYẾN	28
Bài 5. Biến điệu	28
Bài 6. Tín hiệu tương tự và tín hiệu số	36
Bài 7. Suy giảm tín hiệu	39
Chuyên đề 3: MỞ ĐẦU VỀ ĐIỆN TỬ HỌC	42
Bài 8. Cảm biến và bộ khuếch đại thuật toán lí tưởng	42
Bài 9. Thiết bị đầu ra	52
Giải thích thuật ngữ	57

Chuyên đề 1: TRƯỜNG HẤP DẪN

Bài 1. ĐỊNH LUẬT VẠN VẬT HẤP DẪN

- Khi xét một điểm ngoài quả cầu đồng nhất, khối lượng của quả cầu có thể xem như tập trung ở tâm của nó.
- Định luật vạn vật hấp dẫn.
- Một số trường hợp chuyển động đơn giản trong trường hấp dẫn.

Trong tác phẩm *Principia*, bên cạnh việc phát triển ba định luật về chuyển động, Newton (Niu-tơn) (1643 – 1727) cũng trình bày những nghiên cứu liên quan đến chuyển động của các hành tinh và Mặt Trăng. Đặc biệt, ông luôn đặt câu hỏi về bản chất của lực tác dụng để giữ cho Mặt Trăng chuyển động trên quỹ đạo gần tròn xung quanh Trái Đất. Vậy độ lớn, phương và chiều của lực đó có đặc điểm như thế nào?

1 TƯƠNG TÁC GIỮA TRÁI ĐẤT VÀ CÁC VẬT

Các thiên thể như Mặt Trăng, các hành tinh trong hệ Mặt Trời luôn là đối tượng nghiên cứu nhận được nhiều sự quan tâm của các nhà khoa học. Nghiên cứu về sự chuyển động của các thiên thể trên nền trời xuất phát từ những thành tựu thực nghiệm đột phá, trong đó có ba định luật Kepler về chuyển động của các hành tinh do Johannes Kepler (Giôn-han Kê-ple – Hình 1.1) xây dựng vào khoảng thế kỉ XVII. Ba định luật này là cơ sở thực nghiệm quan trọng để Newton thiết lập biểu thức của định luật vạn vật hấp dẫn.

Vào thế kỉ XVII, các nhà khoa học đã biết chu kì quay của Mặt Trăng quanh Trái Đất khoảng 27,3 ngày và đo đạc thực nghiệm được khoảng cách từ Mặt Trăng đến Trái Đất vào khoảng 60 lần bán kính Trái Đất. Như vậy, nếu xét gần đúng chuyển động của Mặt Trăng quanh Trái Đất là tròn đều thì gia tốc hướng tâm của Mặt Trăng có độ lớn khoảng $0,0027 \text{ m/s}^2$.

Bản chất của lực tương tác giữa Trái Đất và Mặt Trăng là các vật không có sự tiếp xúc, điều này luôn khơi gợi trí tò mò của nhà bác học Newton. Newton nhận thấy rằng, gia tốc của Mặt Trăng hướng về tâm của quỹ đạo, chính là tâm của Trái Đất. Nghĩa là lực hấp dẫn (lực hút) của Trái Đất tác dụng lên Mặt Trăng cũng hướng về tâm Trái Đất.



Hình 1.1. Johannes Kepler
(1571 – 1630)



1. Xét gần đúng chuyển động của Mặt Trăng quanh Trái Đất là tròn đều, hãy xác định phương, chiều và tính toán độ lớn gia tốc của Mặt Trăng.

Ngoài ra, Newton đã đặt ra một giả thiết táo bạo và giả thiết này tạo nên một bước ngoặt lớn trong khoa học khi cho rằng: lực hấp dẫn của Trái Đất tác dụng lên mọi vật có cùng bản chất. Nghĩa là lực tương tác giữa Trái Đất và quả táo cũng hoàn toàn tương tự như lực tương tác giữa Trái Đất và Mặt Trăng hoặc các thiên thể khác.

Theo định luật III Newton, lực do Trái Đất tác dụng lên vật phải bằng lực do vật tác dụng lên Trái Đất. Như vậy, lực này cần tỉ lệ thuận với khối lượng của Trái Đất và vật. Ngoài ra, các tính toán của Newton cho thấy lực này tỉ lệ nghịch với khoảng cách từ tâm của Trái Đất đến tâm của vật. Do đó, ta có:

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

với r là khoảng cách từ tâm Trái Đất đến tâm của vật; M và m lần lượt là khối lượng của Trái Đất và vật; G là một hằng số tỉ lệ, được gọi là hằng số hấp dẫn, có giá trị được xác định từ thực nghiệm vào khoảng $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$.

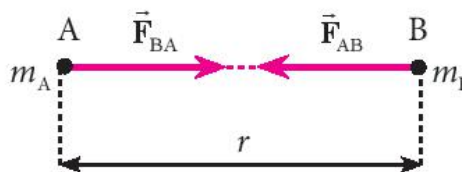
2 ĐỊNH LUẬT VẠN VẬT HẤP DẪN

Nội dung định luật

Lực hấp dẫn giữa hai chất điểm tỉ lệ thuận với tích hai khối lượng m_A, m_B của chúng và tỉ lệ nghịch với bình phương khoảng cách r giữa chúng.

$$F = G \frac{m_A m_B}{r^2} \quad (1.2)$$

Lực hấp dẫn do vật A tác dụng lên vật B có điểm đặt tại vật B, luôn có phương nằm trên đường nối AB, chiều hướng về vật A (Hình 1.2) và có độ lớn được xác định theo công thức (1.2).



▲ Hình 1.2. Biểu diễn lực hấp dẫn giữa hai chất điểm

Điều kiện áp dụng

Bằng những tính toán của mình, Newton đã chỉ ra rằng định luật vạn vật hấp dẫn có thể được áp dụng cho tương tác giữa:



Giai thoại về cây táo Newton

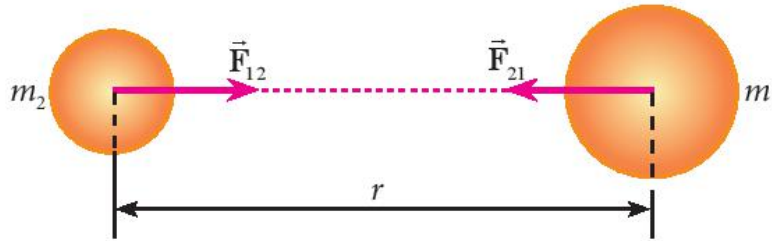
Năm 1665 là năm gặp hái nhiều thành công của Isaac Newton ở tuổi 22, khi ông phải ở nhà tại Lincolnshire vì trường đại học ở Cambridge phải đóng cửa do dịch bệnh. Trong năm này, ông đã hoàn thiện các lý thuyết nổi tiếng của mình trong lĩnh vực cơ học và quang học. Đồng thời, ông tập trung vào việc khảo sát chuyển động của Mặt Trăng xung quanh Trái Đất để từ đó rút ra được định luật vạn vật hấp dẫn. Giai thoại cho rằng việc nhìn thấy quả táo rơi xuống mặt đất khi đang ngồi dưới gốc cây đã giúp Newton nảy sinh ý tưởng Trái Đất hút tất cả các vật về tâm của nó.



- Nêu một số ví dụ những vật trong thực tế có thể xem gần đúng là những quả cầu đồng nhất.

– Hai vật được coi là chất điểm.

– Hai vật không được coi là chất điểm nhưng có dạng cầu đồng nhất (có khối lượng phân bố đều). Khi này, khoảng cách r giữa chúng được tính từ tâm vật này đến tâm vật kia (Hình 1.3). Các vật có dạng quả cầu đồng nhất được xem tương đương với những chất điểm có khối lượng bằng đúng khối lượng của vật và được đặt ngay tâm của vật.



▲ Hình 1.3. Minh họa lực hấp dẫn giữa hai quả cầu đồng nhất

► Vận dụng định luật vạn vật hấp dẫn

Ví dụ: Xét chuyển động của Mặt Trăng quanh Trái Đất. Giả sử chuyển động của Mặt Trăng được xem gần đúng là chuyển động tròn đều. Biết hằng số hấp dẫn $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$, khối lượng Trái Đất là $m_{\text{TD}} = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ và khoảng cách giữa tâm giữa hai hành tinh là $r = 3,85 \cdot 10^8 \text{ m}$.

a) Tính chu kì quay của Mặt Trăng quanh Trái Đất.

b) Xét đoạn thẳng nối tâm của Trái Đất và Mặt Trăng, hãy xác định khoảng cách từ Trái Đất đến vị trí mà khi đặt vật tại đó, tổng hợp lực hấp dẫn của Trái Đất và Mặt Trăng tác dụng lên vật bằng 0.

Bài giải

a) Gọi lực hấp dẫn của Trái Đất tác dụng lên Mặt Trăng là \vec{F} . Theo định luật II Newton:

$$\vec{F} = m_{\text{MT}} \vec{a}_{\text{MT}}$$

với m_{MT} là khối lượng của Mặt Trăng.

Chiếu lên phương hướng tâm và kết hợp với biểu thức (1.2), ta có độ lớn gia tốc hướng tâm của Mặt Trăng khi quay quanh Trái Đất là $a_{\text{MT}} = \frac{G m_{\text{TD}}}{r^2}$.

Ta có gia tốc hướng tâm có biểu thức $a_{\text{MT}} = \frac{v_{\text{MT}}^2}{r}$. Do đó, ta suy ra biểu thức xác định tốc độ quay của Mặt Trăng quanh Trái Đất là $v_{\text{MT}} = \sqrt{\frac{G m_{\text{TD}}}{r}}$.

Chu kì quay của Mặt Trăng xung quanh Trái Đất: $T = 2\pi \frac{r}{v_{\text{MT}}} = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{G m_{\text{TD}}}}$

$$\Rightarrow T = 2,3,14 \cdot \sqrt{\frac{(3,85 \cdot 10^8)^3}{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,97 \cdot 10^{24}}} \approx 2,4 \cdot 10^6 \text{ s}.$$



b) Khi đặt một vật có khối lượng m tại một điểm trong không gian, vật sẽ chịu tác dụng của lực hấp dẫn do Trái Đất và Mặt Trăng tác dụng, lần lượt hướng về tâm của Trái Đất và Mặt Trăng.

Do đó, để vật không còn chịu tác dụng của hai lực hấp dẫn này thì vật phải được đặt tại điểm P trên đoạn thẳng nối tâm và ở giữa Trái Đất và Mặt Trăng. Khi này, lực hấp dẫn của Trái Đất tác dụng lên vật và lực hấp dẫn của Mặt Trăng tác dụng lên vật là cặp lực cân bằng (Hình 1.4).

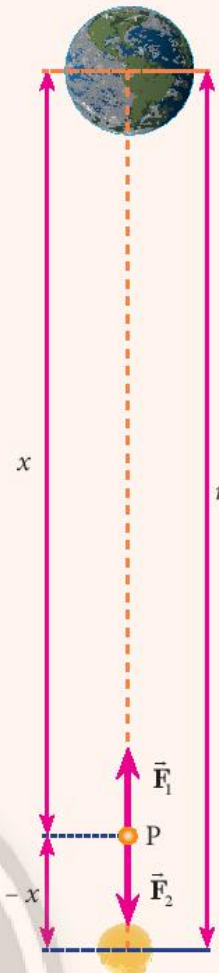
Gọi r là khoảng cách nối tâm của Trái Đất và Mặt Trăng, x là khoảng cách từ điểm P đến tâm Trái Đất. M_{TD} và M_{MT} lần lượt là khối lượng của Trái Đất và Mặt Trăng.

Gọi \vec{F}_1, \vec{F}_2 lần lượt là lực hấp dẫn của Trái Đất và Mặt Trăng tác dụng lên vật đặt tại điểm P. Ta có $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ và

$$F_1 = F_2 \Rightarrow G \frac{M_{\text{TD}} m}{x^2} = G \frac{M_{\text{MT}} m}{(r - x)^2}.$$

Từ đây, ta suy ra:

$$\begin{aligned} x &= r \frac{\sqrt{M_{\text{TD}}}}{\sqrt{M_{\text{TD}}} + \sqrt{M_{\text{MT}}}} \\ &= 3,85 \cdot 10^8 \cdot \frac{\sqrt{5,97 \cdot 10^{24}}}{\sqrt{5,97 \cdot 10^{24}} + \sqrt{7,35 \cdot 10^{22}}} \approx 3,46 \cdot 10^8 \text{ m.} \end{aligned}$$



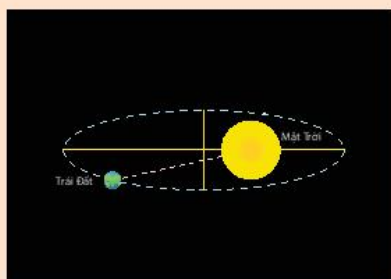
▲ Hình 1.4. Vị trí P trên đoạn thẳng nối tâm của Trái Đất và Mặt Trăng



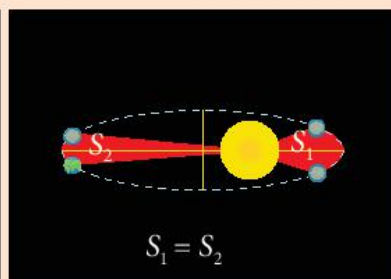
3. Không cần tính toán, hãy dự đoán xem điểm P gần Trái Đất hay Mặt Trăng hơn? Vì sao?
4. Xác định lực hấp dẫn của Trái Đất tác dụng lên Mặt Trăng.



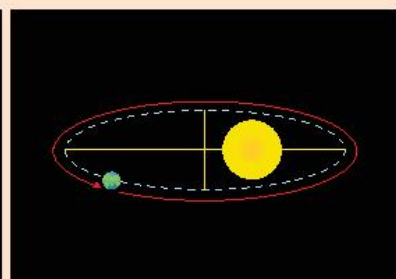
Ba định luật Kepler về chuyển động thiên thể



a)



b)



c)

▲ Hình 1.5. Minh họa ba định luật Kepler

Trong lịch sử, đã có rất nhiều mô hình về chuyển động của các thiên thể trên bầu trời, nhưng khi các công cụ thiên văn phát triển, các mô hình này đã không thể đáp ứng các dữ liệu quan sát được. Vào năm 1543, nhà bác học Nicolaus Copernicus (Ni-cô-lát Cô-péc-ních) (1473 – 1543) đã đề xuất một mô hình mới là hệ nhật tâm mà các em đã được tìm hiểu trong Chuyên đề học tập Vật lí 10. Từ đó, rất nhiều các nghiên cứu liên quan đã được các nhà khoa học thực hiện. Điển hình là nhà bác học Tycho Brahe (Tai-kau Bra-hi) (1546 – 1601) đã quan sát sự chuyển động của các hành tinh mà mắt thường có thể nhìn thấy.

Dựa vào bộ dữ liệu của Brahe, đặc biệt là dữ liệu về chuyển động của Hoả Tinh quanh Mặt Trời, Johannes Kepler đã xây dựng được ba định luật mô tả sự chuyển động của các hành tinh vào khoảng thế kỉ XVII. Ba định luật Kepler được xem là một trong những kết quả mang tính đột phá và có đóng góp quan trọng đến sự phát triển của Thiên văn học cũng như Vật lí như Định luật vạn vật hấp dẫn, Cơ học thiên thể,... Ba định luật Kepler lần lượt được phát biểu như sau:

– **Định luật I:** Tất cả các hành tinh chuyển động trên một quỹ đạo hình ellipse với Mặt Trời ở vị trí tiêu điểm (Hình 1.5a).

– **Định luật II:** Vectơ bán kính từ Mặt Trời tới hành tinh quét những diện tích bằng nhau trong những khoảng thời gian bằng nhau (Hình 1.5b).

– **Định luật III:** Bình phương chu kì chuyển động của hành tinh xung quanh Mặt Trời T tỉ lệ với lập phương của bán trục lớn quỹ đạo ellipse a (Hình 1.5c).

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM} \quad (1.3)$$

với M là khối lượng của hành tinh đang xét.

Chân trời sáng tạo

BÀI TẬP

1. Giữa các vật có khối lượng luôn tồn tại lực hấp dẫn. Tại sao chúng ta không thể cảm nhận được lực hấp dẫn của những vật thông thường như bàn ghế, nhà cửa tác dụng lên chúng ta?
2. Vào giữa trưa, lực hấp dẫn của Mặt Trời và Trái Đất tác dụng lên vật tại một vị trí xác định trên bề mặt Trái Đất theo hai hướng ngược nhau. Trong khi đó, vào nửa đêm, hai lực này lại cùng hướng. Vậy khi sử dụng cân lò xo, có phải chỉ số khi cân vật lúc giữa trưa nhỏ hơn chỉ số khi cân vật vào lúc nửa đêm hay không? Vì sao?
3. Xét hai quả cầu được đặt cách nhau 20 cm thì lực hấp dẫn giữa chúng có độ lớn $5 \cdot 10^{-9}$ N.
 - a) Xác định khối lượng của mỗi quả cầu biết rằng tổng khối lượng của chúng là 4 kg.
 - b) Ta có thể quan sát thấy sự dịch chuyển lại gần nhau của hai quả cầu không? Tại sao?

Bài 2. TRƯỜNG HẤP DẪN

- Sự tồn tại lực hấp dẫn của Trái Đất.
- Khái niệm trường hấp dẫn



Quả táo rơi xuống mặt đất (Hình 2.1a), Mặt Trăng quay xung quanh Trái Đất (Hình 2.1b), các hành tinh lại quay xung quanh Mặt Trời (Hình 2.1c). Tại sao quả táo rơi xuống đất khi rời cành cây? Tại sao Mặt Trăng và các hành tinh có thể duy trì được quỹ đạo chuyển động của chúng?



a)



b)



c)

▲ Hình 2.1. a) Quả táo rơi xuống mặt đất;

b) Mặt Trăng quay xung quanh Trái Đất; c) Các hành tinh quay xung quanh Mặt Trời



1 LỰC HẤP DẪN CỦA TRÁI ĐẤT

Các em đã biết lực hấp dẫn là lực hút giữa các vật có khối lượng. Trái Đất có khối lượng khoảng $5,97 \cdot 10^{24}$ kg, nên luôn tác dụng lực hấp dẫn lên các vật khác.

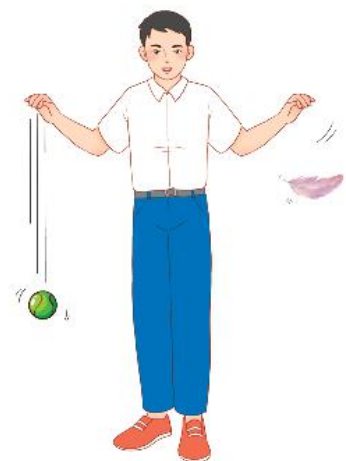
Mặt khác, tốc độ tự quay quanh trục của Trái Đất tại xích đạo khoảng 1 670 km/h, nghĩa là mọi vật trên Trái Đất như nhà cửa, cây cối, núi đá,... đều đang quay với tốc độ này. Những vật này đứng yên vì Trái Đất đã tác dụng lực hấp dẫn lên mọi vật. Chuyển động quay của Mặt Trăng xung quanh Trái Đất (Hình 2.1b) cũng là một ví dụ chứng tỏ sự tồn tại của lực hấp dẫn do Trái Đất tác dụng lên Mặt Trăng. Khi này, lực hấp dẫn đóng vai trò là lực hướng tâm.



1. Dùng tay ném quả bóng tennis lên cao, em hãy mô tả chuyển động của quả bóng. Giải thích tại sao quả bóng không thể bay lên cao mãi.
2. Lực hấp dẫn của Trái Đất tác dụng lên Mặt Trăng đóng vai trò gì trong việc giữ cho Mặt Trăng không rời xa Trái Đất?

Một số ví dụ khác chứng tỏ sự tồn tại của lực hấp dẫn của Trái Đất:

- Khi ta thả một quả bóng tennis và một chiếc lông vũ như Hình 2.2, quả bóng tennis sẽ nhanh chóng rơi xuống đất, chiếc lông vũ ban đầu có thể bay lên do tác dụng của gió, nhưng cuối cùng vẫn rơi xuống.
- Khi ta ném quả bóng tennis lên cao, quả bóng chuyển động chậm dần đến một độ cao cực đại, dừng lại, rồi chuyển động nhanh dần xuống mặt đất.
- Chuyển động quay của Mặt Trăng xung quanh Trái Đất (Hình 2.1b) cũng là một ví dụ chứng tỏ sự tồn tại của lực hấp dẫn do Trái Đất tác dụng lên Mặt Trăng.



▲ Hình 2.2. Thả một quả bóng tennis và một chiếc lông vũ



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

2 TRƯỜNG HẤP DẪN

➤ Khái niệm trường hấp dẫn

Các em đã biết lực tương tác giữa các vật có thể được phân chia thành hai loại: lực tiếp xúc và lực không tiếp xúc. Lực hấp dẫn là lực không tiếp xúc, có phạm vi tác dụng rất rộng.

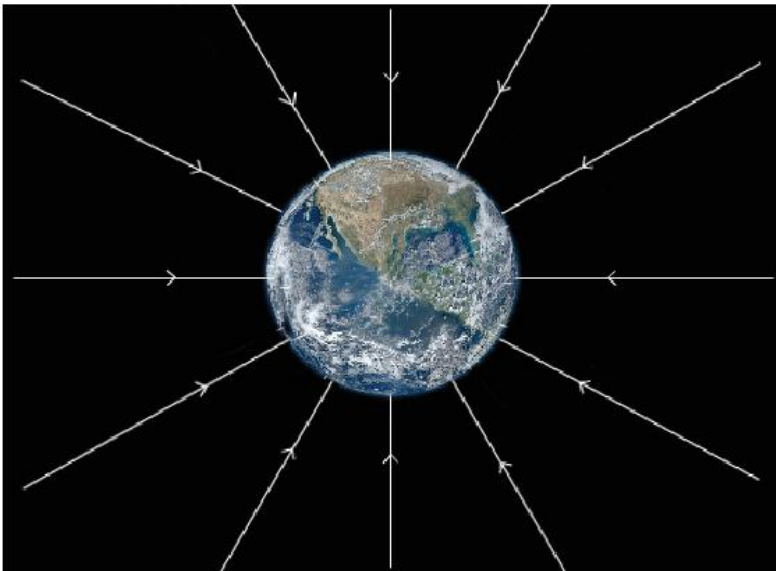
Đối với lực hấp dẫn, khi đặt vật B vào vùng không gian có chứa vật A, vật B sẽ chịu tác dụng của vật A. Điều này cho thấy lực hấp dẫn cần một môi trường trung gian để truyền tương tác giữa hai vật có khối lượng.

Như vậy, trường hấp dẫn là trường vật chất bao quanh một vật có khối lượng và là môi trường truyền tương tác giữa các vật có khối lượng. Tính chất cơ bản của trường hấp dẫn là tác dụng lực hấp dẫn lên vật có khối lượng khác đặt trong nó.

Trường hấp dẫn không thể quan sát được bằng mắt. Do đó, để biểu diễn trường hấp dẫn, người ta dùng **đường sức trường hấp dẫn**, là những đường mô tả trường hấp dẫn như minh họa trong Hình 2.3 cho trường hấp dẫn của Trái Đất.



3. Dựa vào Hình 2.1, nêu những điểm giống nhau trong tương tác giữa quả táo và Trái Đất, giữa Mặt Trăng và Trái Đất, giữa các hành tinh trong hệ Mặt Trời và Mặt Trời.



▲ Hình 2.3. Đường sức trường hấp dẫn của Trái Đất.



4. Quan sát Hình 2.3 và nhận xét về phương, chiều của đường sức trường hấp dẫn của Trái Đất.

► Tính chất của trường hấp dẫn

Trường hấp dẫn của một vật có khối lượng M có những tính chất như sau:

- Khi ta đặt một vật có khối lượng m vào trường hấp dẫn này, vật m luôn chịu tác dụng của tương tác hút do vật M sinh ra.
- Các đường sức trường hấp dẫn luôn hướng về tâm của vật sinh ra trường hấp dẫn (Hình 2.3).
- Phạm vi tác dụng của trường hấp dẫn rất lớn. Tuy nhiên, càng ra xa vật M , đường sức trường hấp dẫn càng thưa nên độ lớn của lực hấp dẫn tác dụng lên vật có khối lượng m càng giảm.
- Trường hấp dẫn chỉ được xem gần đúng là trường đều khi xét một vùng không gian rất nhỏ.

Lưu ý:

- Vật có khối lượng m cũng có trường hấp dẫn của riêng nó. Tuy nhiên, khi m rất bé so với M thì tác dụng của m lên M là không đáng kể.
- Trường hấp dẫn là một mô hình được sử dụng trong Vật lý để giải thích sự tồn tại của tương tác hấp dẫn.



Tìm hiểu và trình bày về tác dụng của trường hấp dẫn của Trái Đất lên các nhà du hành vũ trụ trên trạm vũ trụ bay xung quanh Trái Đất.

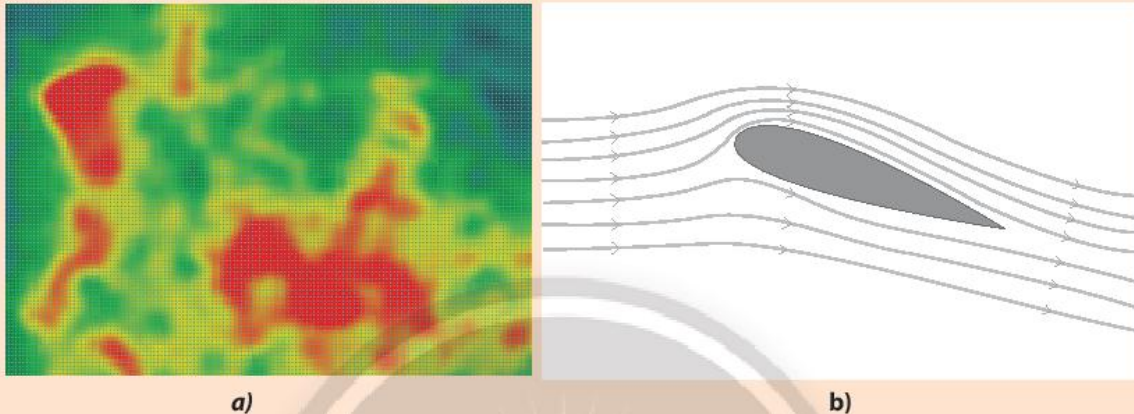


Trường trong Vật lí

Vào giữa thế kỉ XVIII, trong công trình nghiên cứu về chuyển động của chất lỏng, nhà vật lí Leonhard Euler (Lê-ô-hat Ô-le) (Hình 2.4) đã ấn định giá trị về độ lớn, hướng của vận tốc cho mỗi điểm trong chất lỏng chuyển động. Đây chính là khởi điểm của khái niệm **trường** trong Vật lí.



▲ Hình 2.4. Leonhard Euler (1707 – 1783)

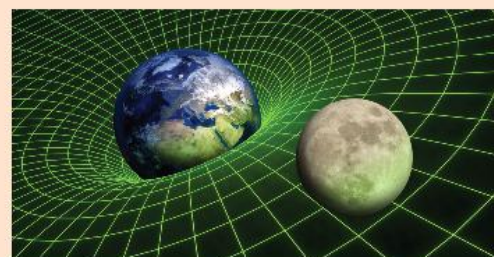


▲ Hình 2.5. a) Trường nhiệt trong một vùng không gian;
b) Dòng không khí chảy qua cánh máy bay, mỗi một điểm xung quanh cánh có một vector vận tốc xác định, xung quanh cánh máy bay có một trường vector vận tốc

Trường trong Vật lí được chia thành hai loại: **trường vô hướng** khi các đại lượng vật lí được gán vào mỗi điểm là đại lượng vô hướng như trường nhiệt (Hình 2.5a), trường áp suất, trường độ ẩm,... và **trường vector** khi các đại lượng vật lí được gán vào mỗi điểm là đại lượng vector như vận tốc (Hình 2.5b), trường lực, điện trường (trường tĩnh điện),...

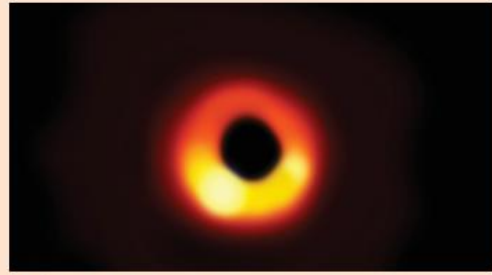
Lí thuyết về hấp dẫn của Einstein

Định luật vạn vật hấp dẫn của Newton cho phép chúng ta xác định được lực hấp dẫn tồn tại giữa hai vật có khối lượng. Khái niệm trường hấp dẫn cho phép chúng ta mô hình hoá cách lực hấp dẫn truyền đi giữa các vật. Tuy nhiên, nhà bác học Albert Einstein (A-be Anh-xtanh) (1879 – 1955) đề xuất hấp dẫn không phải là lực, mà là một hiệu ứng không gian. Theo Einstein, khối lượng làm thay đổi không gian xung quanh nó, cụ thể là làm cho không gian bị bẻ cong (Hình 2.6). Một vật khác khi đặt vào vùng không gian bị biến dạng này nhận được gia tốc bởi vật này bị cuốn theo không gian cong đó.



▲ Hình 2.6. Mô hình không gian bị bẻ cong do trường hấp dẫn của vật có khối lượng lớn

Mặt Trời và các thiên thể khác làm vùng không gian xung quanh chúng bị bẻ cong, và do đó chúng cũng hút nhau theo cách như thế. Lí thuyết hấp dẫn được Einstein hoàn thiện vào năm 1915, thường được gọi là lí thuyết tương đối rộng, tiên đoán rất chính xác về ảnh hưởng của các vật rất nặng lên nhau. Hai trong số các kết quả thực nghiệm quan trọng chứng tỏ tính đúng đắn của thuyết tương đối rộng là: sự lệch của tia sáng khi đi gần một vật thể nặng (Hình 2.7), sự phát hiện ra sóng hấp dẫn bởi phòng thí nghiệm LIGO (Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory) vào năm 2015, đúng 100 năm sau khi Einstein xây dựng thuyết tương đối rộng.



▲ Hình 2.7. Bóng của lỗ đen siêu nặng nằm ở tâm của thiên hà M87

Vào năm 1919, khi hiện tượng nhật thực xảy ra, các nhà thiên văn học đã quan sát thấy ánh sáng từ một ngôi sao rất xa khi đi gần Mặt Trời đã bị bẻ cong đúng theo tiên đoán của Einstein. Một kết quả khác của lí thuyết tương đối rộng là hiệu ứng ánh sáng từ các vật thể rất nặng. Nếu vật thể này là đủ nặng và có khối lượng riêng đủ lớn, ánh sáng phát ra từ những vật thể này hoàn toàn bị bẻ cong và quay trở lại vật thể. Không có ánh sáng nào thoát ra từ vật thể đó và do đó vật thể đang xét được gọi là lỗ đen. Bức ảnh lỗ đen vũ trụ đầu tiên được chụp vào năm 2019 bởi hệ thống Kính viễn vọng Chân trời Sự kiện (Hình 2.8). Lỗ đen này nằm ở trung tâm của thiên hà Messier 87 (M87), cách Trái Đất 55 triệu năm ánh sáng. Ở tâm của mỗi thiên hà, thường có một lỗ đen siêu nặng. Lỗ đen góp phần vào việc hình thành các sao mới và huỷ diệt các sao ở lân cận.



▲ Hình 2.8. Lỗ đen vũ trụ

BÀI TẬP

1. Giải thích tại sao lực hấp dẫn của Trái Đất có tác dụng làm các vật rơi về phía bề mặt của Trái Đất, tuy nhiên lực hấp dẫn do các vật rơi này tác dụng lên Trái Đất lại không cho thấy Trái Đất chuyển động về phía các vật.
2. Tìm hiểu và trình bày sơ lược cách thức các nhà du hành vũ trụ vệ sinh thân thể trên trạm vũ trụ ngoài không gian.

Bài 3. CƯỜNG ĐỘ TRƯỜNG HẤP DẪN

- Định nghĩa, biểu thức độ lớn cường độ trường hấp dẫn.
- Một số hiện tượng đơn giản về trường hấp dẫn.
- Độ lớn của cường độ trường hấp dẫn tại mỗi vị trí ở gần bề mặt của Trái Đất, trong một phạm vi độ cao không lớn lắm, là hằng số.



Các nhà khoa học đã tính toán được rằng, xét cùng một vật, khi lần lượt đặt trên bề mặt của Mặt Trăng và Trái Đất thì độ lớn lực hấp dẫn do Mặt Trăng tác dụng lên vật chỉ bằng khoảng 17% độ lớn lực hấp dẫn do Trái Đất tác dụng lên vật. Ta có thể khẳng định trường hấp dẫn của Mặt Trăng luôn yếu hơn Trái Đất hay không? Đại lượng nào đặc trưng cho độ mạnh yếu của trường hấp dẫn tại một điểm xác định trong không gian?



1 KHÁI NIỆM CƯỜNG ĐỘ TRƯỜNG HẤP DẪN

Xét một vật có khối lượng M đặt tại một vị trí xác định, vật sẽ sinh ra trường hấp dẫn trong không gian xung quanh vật. Khi đặt lần lượt các vật được gọi là các vật thử có khối lượng lần lượt là m_1, m_2, m_3, \dots vào một vị trí xác định cách vật M một đoạn r không đổi, các vật thử sẽ chịu tác dụng bởi trường hấp dẫn của vật M . Lực hấp dẫn \vec{F} do vật M tác dụng lên các vật thử đặt tại điểm đó có các đặc điểm sau:

- Có cùng hướng.
- Có độ lớn khác nhau.
- Tỉ số $\frac{\vec{F}}{m}$ không đổi khi đặt các vật có khối lượng khác nhau m_1, m_2, m_3, \dots vào cùng một vị trí. Tỉ số này thay đổi khi ta đặt cùng một vật có khối lượng m tại những vị trí khác nhau.

Như vậy, tỉ số $\frac{\vec{F}}{m}$ không phụ thuộc vào khối lượng mà chỉ phụ thuộc vào vị trí của vật thử trong trường hấp dẫn, tỉ số $\frac{\vec{F}}{m}$ đặc trưng cho trường hấp dẫn tại điểm đang xét về phương diện tác dụng lực và được gọi là **cường độ trường hấp dẫn**.

$$\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m} \quad (3.1)$$



1. Đặt vật có khối lượng m vào một vị trí xác định trong trường hấp dẫn do vật có khối lượng M sinh ra. Xác định tỉ số giữa độ lớn lực hấp dẫn do vật khối lượng M tác dụng lên vật khối lượng m . Tỉ số này có phụ thuộc vào giá trị m không?

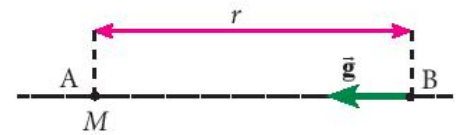
2. Dựa vào công thức (3.1) và định luật vạn vật hấp dẫn, hãy rút ra các đặc điểm và biểu thức độ lớn của cường độ trường hấp dẫn.

Cường độ trường hấp dẫn do chất điểm M sinh ra tại B (Hình 3.1) là một đại lượng vectơ, cùng hướng với lực hấp dẫn do M tác dụng lên một chất điểm m đặt tại vị trí đó. Kết hợp hai biểu thức (3.1) và (1.2), ta rút ra được công thức xác định độ lớn của cường độ trường hấp dẫn do một chất điểm M sinh ra tại B cách M một đoạn r :

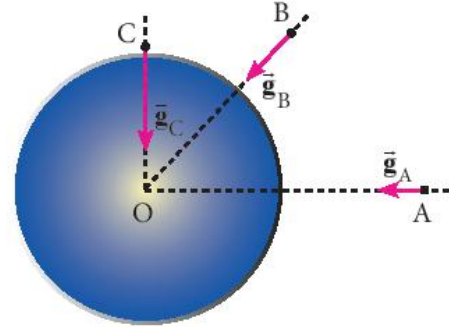
$$g = G \frac{M}{r^2} \quad (3.2)$$

Lưu ý: Độ lớn của cường độ trường hấp dẫn do một quả cầu đồng nhất sinh ra tại một điểm trong quả cầu tỉ lệ với khoảng cách tính từ tâm của quả cầu. Tại tâm, $r = 0, g = 0$.

Tại bề mặt của quả cầu $r = R, g = G \frac{M}{R^2}$.



▲ Hình 3.1. Vectơ cường độ trường hấp dẫn tại B do chất điểm khối lượng M sinh ra



▲ Hình 3.2. Vectơ cường độ trường hấp dẫn do một quả cầu đồng nhất sinh ra ở các vị trí bên ngoài quả cầu



Trên Hình 3.2, hãy xác định ba điểm trên đường thẳng OA mà cường độ trường hấp dẫn có độ lớn nhỏ hơn, bằng và lớn hơn g_A . Biểu diễn vectơ cường độ trường hấp dẫn tại ba điểm đó.



CƯỜNG ĐỘ TRƯỜNG HẤP DẪN CỦA TRÁI ĐẤT

Cường độ trường hấp dẫn của Trái Đất

Trái Đất và nhiều thiên thể có thể được xem gần đúng có dạng quả cầu đồng nhất. Do đó, trường hấp dẫn do Trái Đất sinh ra tại vị trí cách tâm Trái Đất một khoảng $r \geq R_{\text{TD}}$ (với R_{TD} là bán kính Trái Đất) có thể được xác định dựa vào công thức (3.2). Cường độ trường hấp dẫn do Trái Đất sinh ra ngay tại bề mặt của Trái Đất có độ lớn khoảng $g_0 = 9,81 \text{ m/s}^2$.

Xét một vật ở một độ cao h , khoảng cách từ vật đến tâm Trái Đất là $r = R_{\text{TD}} + h$ nên công thức (3.2) được viết lại dưới dạng:

$$g = G \frac{M_{\text{TD}}}{(R_{\text{TD}} + h)^2} = g_0 \left(\frac{R_{\text{TD}}}{R_{\text{TD}} + h} \right)^2 \quad (3.3)$$

với $M_{\text{TD}} = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ là khối lượng của Trái Đất.

Trong các công thức (3.2) và (3.3), ta thấy độ lớn của cường độ trường hấp dẫn do Trái Đất sinh ra chỉ phụ thuộc vào độ cao của vật so với bề mặt Trái Đất.



3. Tính toán và nhận xét về độ lớn của cường độ trường hấp dẫn Trái Đất ở bề mặt và giá trị gia tốc trọng trường đã được học trong chương trình môn Vật lý ở lớp 10.



Đỉnh Everest (Hình 3.3) là đỉnh núi cao nhất so với mực nước biển (bề mặt Trái Đất) và có độ cao là 8 849 m. Biết cường độ trường hấp dẫn tại bề mặt của Trái Đất (xét tại nơi có cùng vĩ độ) có độ lớn là $9,792 \text{ m/s}^2$. Xác định độ lớn cường độ trường hấp dẫn tại đỉnh Everest, nhận xét kết quả đạt được. Lấy bán kính Trái Đất tại đây khoảng 6 373 km.



▲ Hình 3.3. Đỉnh Everest



Biết khối lượng và bán kính trung bình của Trái Đất lần lượt là $5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ và 6 371 km. Trạm vũ trụ Quốc tế (ISS) ở độ cao 420 km so với bề mặt Trái Đất.

- Xác định độ lớn của cường độ trường hấp dẫn do Trái Đất sinh ra tại vị trí của Trạm ISS.
- Xác định độ lớn lực hấp dẫn của Trái Đất tác dụng lên một phi hành gia nặng 70 kg trên ISS.
- Giải thích về hiện tượng “không trọng lượng” của các phi hành gia khi đang làm nhiệm vụ trên các tàu vũ trụ.

► Vận dụng

Ví dụ: Xét một phi thuyền không người lái, sau khi ra ngoài không gian thì tắt động cơ và chuyển động xa dần Trái Đất trên một đường thẳng (Hình 3.4). Biết tại một thời điểm nào đó, tốc độ của phi thuyền là 5 400 km/s. Sau một khoảng thời gian 600 s thì tốc độ của phi thuyền còn 5 100 km/s.



▲ Hình 3.4. Phi thuyền bay ra xa Trái Đất

- Giải thích tại sao tốc độ của phi thuyền lại giảm.
- Xác định gia tốc trung bình của phi thuyền trong khoảng thời gian trên.
- Cường độ trường hấp dẫn do Trái Đất sinh ra có độ lớn thay đổi thế nào trong quá trình chuyển động đang xét của phi thuyền?

Bài giải

- Khi phi thuyền bay ra xa Trái Đất thì phi thuyền vẫn chịu tác dụng của lực hấp dẫn của Trái Đất. Lực này ngược chiều chuyển động nên đóng vai trò là lực cản, làm cho tốc độ của phi thuyền giảm dần.



b) Chọn chiều dương là chiều chuyển động của phi thuyền. Gia tốc trung bình của phi thuyền trong khoảng thời gian đang xét:

$$a_{tb} = \frac{v_2 - v_1}{\Delta t} = \frac{5\,100 - 5\,400}{600} = -0,5 \text{ m/s}^2.$$

c) Dựa vào công thức (3.2), ta thấy khi phi thuyền đi ra xa Trái Đất, r tăng lên trong khi hằng số hấp dẫn G và khối lượng Trái Đất M không đổi. Do đó, cường độ trường hấp dẫn sẽ có độ lớn giảm dần.



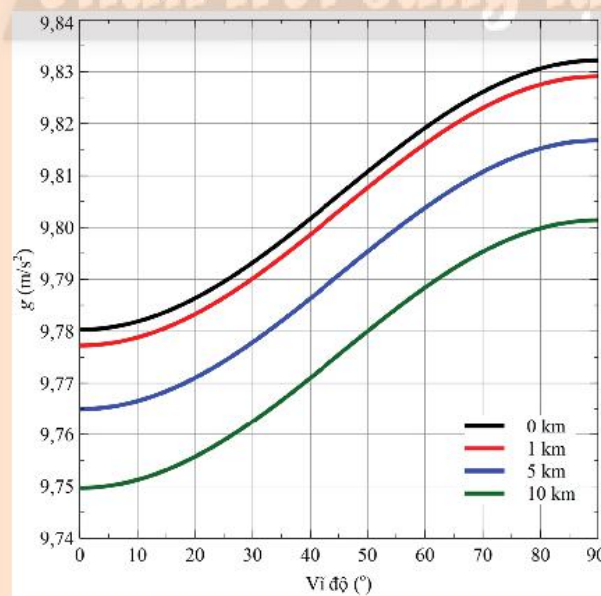
▲ Hình 3.5. Nhà du hành vũ trụ Neil Armstrong (1930 – 2020) nhảy trên Mặt Trăng

Biết bán kính và khối lượng trung bình của Trái Đất và Mặt Trăng lần lượt là $R_{TD} = 6\,371 \text{ km}$, $M_{TD} = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$, $R_{MT} = 1\,737 \text{ km}$, $M_{MT} = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$. Giải thích tại sao nhà du hành vũ trụ trên Mặt Trăng có thể dễ dàng nhảy lên cao (Hình 3.5) dù mang trên người bộ đồ rất nặng (khoảng 127 kg). (Nguồn: NASA)

So sánh độ lớn cường độ trường hấp dẫn trên bề mặt của Hoả Tinh và Trái Đất.

Sự phụ thuộc của độ lớn cường độ trường hấp dẫn do Trái Đất sinh ra vào vĩ độ địa lí và độ cao

Cường độ trường hấp dẫn của Trái Đất phụ thuộc vào độ cao và thay đổi theo vĩ độ địa lí trên Trái Đất như Hình 3.6. Ví dụ: Độ lớn cường độ trường hấp dẫn tại bề mặt Trái Đất đo được ở xích đạo vào khoảng $9,78 \text{ m/s}^2$, ở Thành phố Hồ Chí Minh khoảng $9,782 \text{ m/s}^2$, ở Hà Nội khoảng $9,787 \text{ m/s}^2$ và ở hai cực của Trái Đất khoảng $9,832 \text{ m/s}^2$.



▲ Hình 3.6. Đồ thị mô tả sự phụ thuộc của độ lớn cường độ trường hấp dẫn do Trái Đất sinh ra vào vĩ độ địa lí và độ cao so bề mặt Trái Đất (Nguồn: geoinfo.nmt.edu)

Khi xét một vùng không gian không quá lớn trên Trái Đất, độ lớn của cường độ trường hấp dẫn của Trái Đất được tính theo công thức (3.3) chỉ phụ thuộc vào độ cao h tại điểm đang xét so với bề mặt Trái Đất. Nếu $h \ll R_{\text{TD}}$, độ lớn của cường độ trường hấp dẫn gần như không thay đổi. Trong vùng không gian này, vectơ cường độ trường hấp dẫn song song, cách đều và có độ lớn bằng nhau (Hình 3.7), trường hấp dẫn của Trái Đất có thể xem là trường đều, còn gọi là trọng trường (trường trọng lực). Khi vật chỉ chịu tác dụng của trọng lực, ta thấy vật rơi tự do thẳng đứng từ trên cao xuống. Tuy nhiên, trên thực tế, vật đang bị hút và rơi về phía tâm của Trái Đất.



▲ Hình 3.7. Trường hấp dẫn ở vùng không gian nhỏ gần bề mặt Trái Đất

Một cách tổng quát, cường độ trường hấp dẫn của Trái Đất khác gia tốc trọng trường (được xác định từ sự rơi tự do của vật trong hệ quy chiếu của Trái Đất) do sự tự quay của Trái Đất. Tuy nhiên, do tốc độ góc của Trái Đất tương đối nhỏ nên ta có thể xem cường độ trường hấp dẫn gần đúng bằng gia tốc trọng trường khi xét vật ở gần bề mặt Trái Đất.

BÀI TẬP

1. Cường độ trường hấp dẫn tại bề mặt trên đường xích đạo của Mộc Tinh có độ lớn 25 m/s^2 . Xác định khối lượng của Mộc Tinh, biết bán kính xích đạo của hành tinh này khoảng $7,14 \cdot 10^7 \text{ m}$.
2. Hoả Tinh là hành tinh gần Trái Đất nhất nếu tính khoảng cách từ Mặt Trời, có khối lượng $6,42 \cdot 10^{23} \text{ kg}$, và bán kính $3\,390 \text{ km}$.
 - a. Xác định độ lớn trường hấp dẫn trên bề mặt Hoả Tinh.
 - b. Xác định trọng lượng của một người nặng 60 kg đứng trên bề mặt Hoả Tinh.
 - c. So sánh với trọng lượng của người này khi đứng trên bề mặt Trái Đất.

Bài 4. THỂ NĂNG HẤP DẪN. THỂ HẤP DẪN

- Định nghĩa thể hấp dẫn tại một điểm trong trường hấp dẫn, vận dụng phương trình $\phi = -GM/r$ trong trường hợp đơn giản.
- Chuyển động của vệ tinh địa tĩnh và công thức tính tốc độ vũ trụ cấp I.



Theo thống kê của Liên minh các nhà khoa học (UCS), đến tháng 1 năm 2021, có khoảng 6 542 vệ tinh đang quay xung quanh Trái Đất, trong đó khoảng 3 372 vệ tinh đang hoạt động (Nguồn: <https://www.ucsusa.org>). Với điều kiện nào khi phóng vệ tinh để nó có thể bay xung quanh Trái Đất?



1 THỂ NĂNG HẤP DẪN CỦA MỘT VẬT TRONG TRƯỜNG HẤP DẪN

➤ Thế năng trọng trường

Ta đã biết, khi xét một vị trí ở gần bề mặt của Trái Đất, trong một phạm vi độ cao không lớn lắm, lực hấp dẫn được xem gần đúng có phương thẳng đứng hướng xuống, thường được gọi là trọng lực.

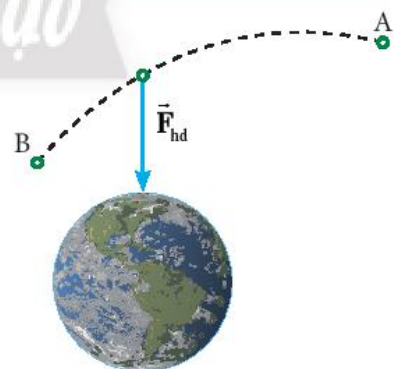
Để nâng một vật lên một độ cao Δh với tốc độ không đổi và bỏ qua sức cản không khí, ta cần tác dụng vào vật một lực \vec{F} cân bằng với trọng lực $\vec{P} = m\vec{g}$ của vật. Công mà ta cần thực hiện là $A_{\vec{F}} = mg\Delta h$, bằng về độ lớn nhưng ngược dấu với công do trọng lực tác dụng lên vật và được chuyển hoá thành năng lượng dự trữ trong vật dưới dạng thế năng (thế năng trọng trường). Độ biến thiên thế năng trọng trường của vật luôn bằng về độ lớn nhưng ngược dấu với công của trọng lực trong quá trình dịch chuyển của vật.

➤ Thế năng hấp dẫn

Công thức xác định thế năng trọng trường $W_t = mgh$ trong chương trình Vật lý 10 chỉ là công thức gần đúng. Khi vật thay đổi độ cao so với bề mặt Trái Đất, giá trị của g thay đổi theo công thức (3.3). Do đó, trong trường hợp tổng quát, ta không thể sử dụng công thức này để xác định thế năng của vật trong trường hấp dẫn.



1. Công của lực hấp dẫn do Trái Đất tác dụng lên một vật khi vật này chuyển động từ vị trí A đến vị trí B như trong Hình 4.1 phụ thuộc vào những đại lượng nào và có phụ thuộc vào hình dạng của quỹ đạo hay không?



▲ Hình 4.1. Một vật chuyển động từ vị trí A đến vị trí B trong trường hấp dẫn của Trái Đất

Tổng quát, từ một số tính toán, ta có công thức xác định thế năng hấp dẫn của một chất điểm có khối lượng m chuyển động trong trường hấp dẫn do chất điểm M (hoặc quả cầu đồng nhất như Trái Đất) sinh ra:

$$W_{\text{thd}} = -G \frac{Mm}{r} \quad (4.1)$$

với r là khoảng cách từ m đến M (hoặc tâm của quả cầu đồng nhất).

Lưu ý: Dấu trừ trong công thức (4.1) thể hiện tương tác hút của trường hấp dẫn.

Như vậy, theo công thức (4.1), trong trường hợp tổng quát, gốc thế năng hấp dẫn được chọn tại vô cùng, khi $r \rightarrow \infty$ thì $W_{\text{thd}} = 0$ J và khi đó, lực hấp dẫn giữa m và M cũng có độ lớn bằng 0.

Thế năng trọng trường là một trường hợp riêng của thế năng hấp dẫn, tương ứng với độ lớn của g không đổi, khi xét một vùng không gian nhỏ và phạm vi độ cao không quá lớn trên Trái Đất.



Xét một thiên thạch đang chuyển động xung quanh Trái Đất theo một quỹ đạo tròn ở khoảng cách r so với tâm Trái Đất, xem thiên thạch không có chuyển động tự quay. Thiết lập công thức tính động năng, thế năng hấp dẫn và cơ năng của thiên thạch.



THẾ HẤP DẪN TẠI MỘT ĐIỂM TRONG TRƯỜNG HẤP DẪN

Khái niệm thế hấp dẫn

Khi thực hiện lực \vec{F} để đưa một vật từ vị trí A đến vị trí B trong trường hấp dẫn do một chất điểm hoặc quả cầu đồng nhất như Trái Đất sinh ra, ta cần phải thực hiện một công có độ lớn nhỏ nhất bằng công do lực hấp dẫn thực hiện và bằng độ biến thiên thế năng hấp dẫn của vật

$$A_{\vec{F}} = W_{\text{thdB}} - W_{\text{thdA}} = -G \frac{Mm}{r_B} - \left(-G \frac{Mm}{r_A} \right) = m\Delta\phi \quad (4.2)$$

với $\Delta\phi = \phi_B - \phi_A = \frac{A_{\vec{F}}}{m}$ được gọi là hiệu thế hấp dẫn giữa hai điểm A và B.



2. Dựa vào công thức (4.2), xác định công của lực hấp dẫn của Trái Đất khi dịch chuyển một vật có khối lượng m từ vô cực về một vị trí cách tâm Trái Đất một đoạn r .

Khi điểm A tiến ra vô cực, thế năng hấp dẫn có độ lớn bằng 0 và do đó thế hấp dẫn tại vô cực cũng có độ lớn bằng 0. Khi đó, ta có công thức xác định thế hấp dẫn tại một điểm trong trường hấp dẫn:

$$\phi = \frac{A_F}{m} \quad (4.3)$$

Thế hấp dẫn tại một điểm trong trường hấp dẫn là đại lượng đặc trưng cho trường hấp dẫn tại điểm đó về thế năng hấp dẫn và được xác định bằng công mà ta cần thực hiện để dịch chuyển một đơn vị khối lượng từ vô cực về điểm đó. Kết hợp các công thức (4.2) và (4.3), ta có:

$$\phi = -G \frac{M}{r} \quad (4.4)$$

Trong hệ SI, thế hấp dẫn có đơn vị là J/kg.

Lưu ý: Tương tự như thế năng hấp dẫn, dấu trừ trong công thức (4.4) thể hiện tương tác hút của trường hấp dẫn.

Sự phụ thuộc của thế hấp dẫn trong trường hấp dẫn của chất điểm có khối lượng M sinh ra có dạng như Hình 4.2, trong đó gốc toạ độ là điểm đặt của chất điểm M .

Vận dụng

Ví dụ 1: Xác định giá trị thế hấp dẫn tại bề mặt Trái Đất và Mặt Trăng, biết khối lượng và bán kính trung bình của Trái Đất và Mặt Trăng lần lượt là: $M_{\text{TD}} = 5,97 \cdot 10^{24}$ kg, $R_{\text{TD}} = 6\,371$ km, $M_{\text{MT}} = 7,35 \cdot 10^{22}$ kg, $R_{\text{MT}} = 1\,737$ km.

Bài giải

Giá trị thế hấp dẫn tại bề mặt Trái Đất:

$$\phi = -G \frac{M_{\text{TD}}}{R_{\text{TD}}} = -6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,97 \cdot 10^{24}}{6\,371 \cdot 10^3} \approx -6,25 \cdot 10^7 \text{ J/kg.}$$

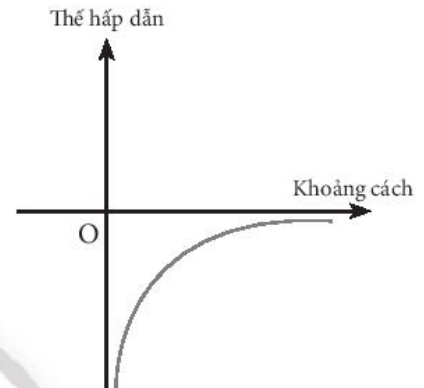
Giá trị thế hấp dẫn tại bề mặt Mặt Trăng:

$$\phi = -G \frac{M_{\text{MT}}}{R_{\text{MT}}} = -6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{7,35 \cdot 10^{22}}{1\,737 \cdot 10^3} \approx -2,82 \cdot 10^6 \text{ J/kg.}$$

Ví dụ 2: Hoả Tinh được xem gần đúng là một quả cầu đồng nhất, có bán kính $R_0 = 3,38 \cdot 10^6$ m. Sự phụ thuộc của thế hấp dẫn vào khoảng cách đến tâm của Hoả Tinh được mô tả trong Hình 4.3 khi $r > R_0$.

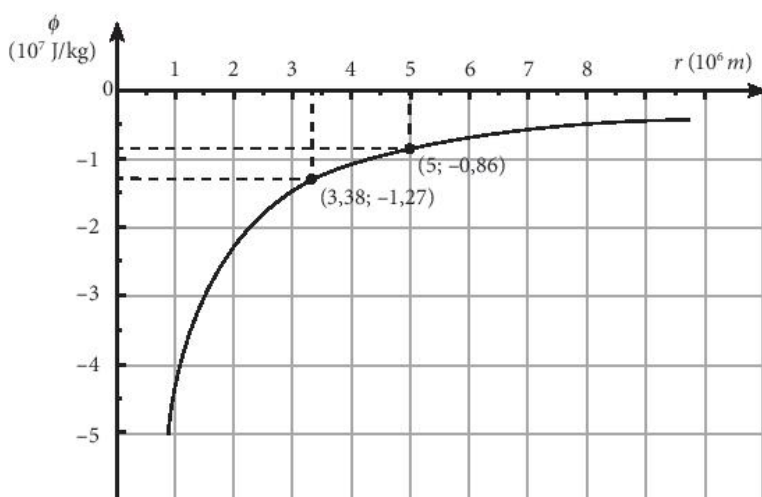


3. Từ biểu thức thế hấp dẫn (4.4), rút ra trong trường hợp gần bề mặt Trái Đất, độ biến thiên thế năng hấp dẫn của một vật gần bằng $mg\Delta h$ với Δh là chênh lệch độ cao của vật.



Hình 4.2. Đồ thị thế hấp dẫn – khoảng cách của một chất điểm có khối lượng M

4. Dựa vào kết quả của Ví dụ 1, giải thích tại sao khi đưa một vật lên cao từ bề mặt Trái Đất, ta cần phải sử dụng lượng năng lượng lớn hơn so với từ bề mặt Mặt Trăng.



▲ Hình 4.3. Đồ thị thế hấp dẫn – khoảng cách trong trường hấp dẫn của Hoả Tinh



5. Thiết lập công thức và tính thế hấp dẫn của Hoả Tinh (trong Ví dụ 2) ứng với vị trí có $r = 4 \cdot 10^6$ m.

a) Dựa vào đồ thị, hãy xác định độ lớn cường độ trường hấp dẫn tại bề mặt của Hoả Tinh.

b) Giả sử một tàu vũ trụ được phóng từ bề mặt của Hoả Tinh. Dựa vào đồ thị, xác định tốc độ phóng tối thiểu để tàu có thể bay đến vị trí cách tâm Hoả Tinh $5 \cdot 10^6$ m. Bỏ qua sức cản của không khí.

Bài giải

a) Từ công thức (4.4), ta có:

$$\phi = -G \frac{M}{r} = -G \frac{M}{r^2} r = -gr$$

với g là độ lớn cường độ trường hấp dẫn của Hoả Tinh tại vị trí cách tâm Hoả Tinh một khoảng r .

Từ đây, ta có độ lớn cường độ trường hấp dẫn tại bề mặt của Hoả Tinh đang xét:

$$g_0 = -\frac{\phi_0}{R_0} = -\frac{-1,27 \cdot 10^7}{3,38 \cdot 10^6} = 3,8 \text{ m/s}^2.$$

b) Gọi v_0 là tốc độ phóng tối thiểu để tàu có thể lên đến độ cao cần thiết. Khi đạt độ cao tối đa, tốc độ của tàu gần bằng 0 m/s.

Do tàu chỉ chịu tác dụng của lực hấp dẫn là lực thế nên trong quá trình dịch chuyển, cơ năng của tàu được bảo toàn. Áp dụng định luật bảo toàn cơ năng khi tàu ở bề mặt và vị trí cách tâm Hoả Tinh $5 \cdot 10^6$ m.

$$W_{\text{thđ0}} + W_{\text{đ0}} = W_{\text{thđ}} \Rightarrow \frac{1}{2} m v_0^2 = W_{\text{thđ}} - W_{\text{thđ0}}$$

với m là khối lượng của tàu vũ trụ. Kết hợp với công thức (4.2), ta có:

$$\frac{1}{2} m v_0^2 = m \Delta \phi$$

Suy ra

$$v = \sqrt{2 \Delta \phi} = \sqrt{2 \cdot [-0,86 - (-1,27)] \cdot 10^7} \approx 2,9 \cdot 10^3 \text{ m/s.}$$

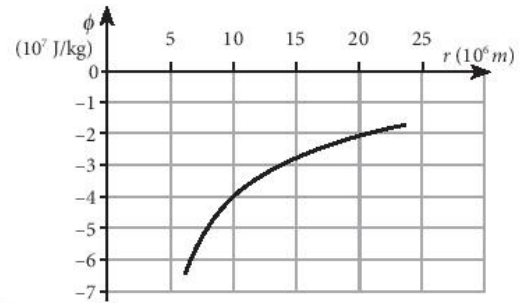


Đồ thị trong Hình 4.4 mô tả sự phụ thuộc của thế hấp dẫn vào khoảng cách đến tâm Trái Đất.

a) Dựa vào đồ thị, xác định thế năng hấp dẫn của một vệ tinh nhân tạo có khối lượng $8,2 \cdot 10^2 \text{ kg}$ đang bay ở quỹ đạo quanh Trái Đất, cách tâm Trái Đất 10^7 m .

b) Xác định động năng của vệ tinh này, từ đó suy ra tốc độ của nó.

c) Xác định công cần thiết để đưa vệ tinh từ quỹ đạo đang xét lên quỹ đạo cách tâm Trái Đất $2 \cdot 10^7 \text{ m}$.



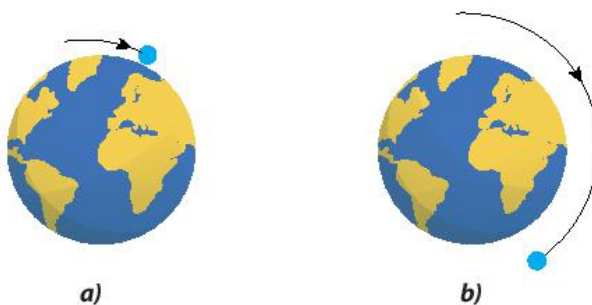
Hình 4.4. Đồ thị thế hấp dẫn – khoảng cách trong trường hấp dẫn của Trái Đất



CHUYỂN ĐỘNG TRONG TRƯỜNG HẤP DẪN CỦA TRÁI ĐẤT

Chuyển động của vệ tinh gần bề mặt Trái Đất

Xét một vật được ném ngang tại vị trí gần bề mặt Trái Đất. Nếu bỏ qua sức cản không khí, vật chỉ chịu tác dụng của trọng lực hay lực hấp dẫn của Trái Đất. Do đó, vật sẽ bay được một quãng đường xác định trước khi rơi xuống bề mặt Trái Đất. Ta đã biết tầm xa của vật tỉ lệ thuận với tốc độ ném vật ban đầu. Khi tốc độ ném vật đạt một giá trị giới hạn nào đó, vật sẽ bay vòng quanh Trái Đất và trở thành vệ tinh của Trái Đất (Hình 4.5).



Hình 4.5. Chuyển động của một vật trong trường hấp dẫn của Trái Đất khi được ném với tốc độ đầu: a) nhỏ; b) đủ lớn

Như vậy, xét một vật đang chuyển động tròn quanh Trái Đất trên quỹ đạo cách tâm Trái Đất một khoảng r . Do lực hấp dẫn của Trái Đất tác dụng lên vật đóng vai trò là lực hướng tâm. Từ đây, ta suy ra tốc độ cần thiết để vật có thể trở thành vệ tinh và chuyển động tròn quanh Trái Đất trên quỹ đạo cách tâm Trái Đất một khoảng r là:

$$v = \sqrt{G \frac{M_{\text{TD}}}{r}} \quad (4.5)$$

Từ công thức (4.5), khi xét $r = R_{\text{TD}}$, ta có tốc độ tối thiểu để vật trở thành vệ tinh nhân tạo bay quanh Trái Đất, còn được gọi là tốc độ vũ trụ cấp I đối với Trái Đất, bằng

$$v_I = \sqrt{G \frac{M_{\text{TD}}}{R_{\text{TD}}}} = \sqrt{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{5,97 \cdot 10^{24}}{6371 \cdot 10^3}} \approx 7,91 \text{ km/s.}$$

➤ Vệ tinh địa tĩnh

Vệ tinh địa tĩnh (Hình 4.6) có các đặc điểm sau:

- Đứng yên so với một người quan sát trên mặt đất.
- Chuyển động cùng chiều với chiều quay của Trái Đất xung quanh trục của nó (trục nối hai cực của Trái Đất).
- Có cùng chu kì quay với chu kì tự quay quanh mình của Trái Đất.
- Có quỹ đạo tròn nằm trong mặt phẳng xích đạo của Trái Đất.
- Ở độ cao vào khoảng $h = 36\,000 \text{ km}$ so với mặt đất.



▲ Hình 4.6. Vệ tinh địa tĩnh

Vệ tinh địa tĩnh được sử dụng nhiều trong lĩnh vực viễn thông, dự báo thời tiết, cảnh báo thiên tai, nguy cơ cháy rừng, tuyết lở,...



6. Dựa vào kiến thức đã học, em hãy xây dựng công thức (4.5).

7. Xác định tốc độ quay quanh Trái Đất của vệ tinh Vinasat-1 ở độ cao 35 786 km so với bề mặt Trái Đất.



Xác định tốc độ vũ trụ cấp I đối với Hoả Tinh, biết khối lượng và bán kính trung bình của Hoả Tinh lần lượt là $6,42 \cdot 10^{23} \text{ kg}$ và $3,38 \cdot 10^6 \text{ m}$.

8. Tìm hiểu tại sao vệ tinh địa tĩnh phải ở độ cao khoảng 36 000 km so với mặt đất



Xác định độ cao của một vệ tinh địa tĩnh so với bề mặt Trái Đất. Biết bán kính Trái Đất ở xích đạo khoảng 6 378 km.



Tìm hiểu và trình bày ngắn gọn những hiểu biết của em về hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu (GPS) đang bay xung quanh Trái Đất (Hình 4.7).



▲ Hình 4.7. Hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu GPS



Tốc độ vũ trụ cấp II

Xét một vật ở bề mặt của một hành tinh có khối lượng M và bán kính R . Để tác dụng của trường hấp dẫn hành tinh này trở thành không đáng kể, ta cần cung cấp cho vật một tốc độ tối thiểu v_{II} sao cho vật có thể bay đến một khoảng cách rất xa so với tâm của hành tinh đang xét. Ứng với tốc độ ban đầu tối thiểu này, tốc độ của vật sẽ bằng 0 tại điểm đó.

Xem vật chỉ chịu tác dụng của lực hấp dẫn do hành tinh đang xét gây ra, cơ năng của vật được bảo toàn:

$$\frac{1}{2} m v_{II}^2 - G \frac{mM}{R} = 0$$

Suy ra $v_{II} = \sqrt{2G \frac{M}{R}} = \sqrt{2} v_I$, với v_I là tốc độ vũ trụ cấp I, được tính theo công thức (4.5) ứng với độ lớn khối lượng M và bán kính R của hành tinh đang xét.

Đối với Trái Đất: $v_{II} = \sqrt{2} \cdot 7,91 \approx 11,19 \text{ km/s}$.

BÀI TẬP

1. Mộc Tinh có đường kính khoảng 142 984 km và có khối lượng khoảng $1,8986 \cdot 10^{27}$ kg. Xét một hòn đá có khối lượng 200 kg ở rất xa Mộc Tinh. Dưới tác dụng của trường hấp dẫn của Mộc Tinh, hòn đá bắt đầu bị hút và chạm vào bề mặt của Mộc Tinh.
 - a) Xác định độ biến thiên thế hấp dẫn giữa vị trí đầu và cuối của hòn đá.
 - b) Xác định độ biến thiên thế năng hấp dẫn của hòn đá.
 - c) Xác định tốc độ của hòn đá khi chạm vào bề mặt của Mộc Tinh, coi ban đầu hòn đá đứng yên so với Mộc Tinh.
2. Xác định tốc độ vũ trụ cấp I đối với Mặt Trăng, biết khối lượng và bán kính trung bình của Mặt Trăng lần lượt là $7,35 \cdot 10^{22}$ kg và 1 737 km. Tại sao tốc độ này lại nhỏ hơn nhiều so với tốc độ vũ trụ cấp I đối với Trái Đất?
3. Tìm hiểu và trình bày ngắn gọn những ứng dụng của vệ tinh địa tĩnh.



Chuyên đề 2: TRUYỀN THÔNG TIN BẰNG SÓNG VÔ TUYẾN

Bài 5. BIẾN ĐIỆU

- Biến điệu biên độ (AM) và biến điệu tần số (FM).
- Tần số và bước sóng được sử dụng trong các kênh truyền thông khác nhau.
- Ưu, nhược điểm tương đối của biến điệu biên độ và biến điệu tần số.

🔊 Khi lái ô tô, các tài xế thường lắng nghe thông tin về tình trạng giao thông trên kênh giao thông FM 91 MHz của Đài Tiếng nói Việt Nam. Ngoài kênh FM, một số đài phát thanh – truyền hình cũng đã từng phát trên sóng radio ở kênh AM. Vậy các thuật ngữ FM, AM là gì và việc phát sóng trên các kênh FM, AM có những ưu, nhược điểm thế nào?

1 NGUYÊN TẮC CHUNG CỦA TRUYỀN THÔNG TIN

➡ Thông tin và truyền thông tin

Thông tin được hiểu là những dữ liệu đã được xử lý và tổ chức thành cấu trúc.

Việc truyền dẫn thông tin qua một khoảng cách đáng kể về địa lý được gọi là viễn thông. Khoảng cách này có thể tương đối nhỏ như sự truyền thông tin giữa một số người làm việc trong cùng một căn phòng, nhưng cũng có thể là rất lớn như thông tin giữa một vệ tinh và Trái Đất.



1. Nêu một số ví dụ thực tế về cách truyền thông tin trước khi điện thoại được phát minh.

➡ Nguyên tắc truyền thông tin

Trong viễn thông, tín hiệu được hiểu là đại lượng mang thông tin hay dữ liệu, có thể truyền đi trong không gian.

Hệ thống viễn thông bao gồm những bộ phận sau:

- Hệ thống phát tín hiệu: gồm thiết bị điện tử (micro) thu nhận thông tin (như sóng âm) và chuyển thành tín hiệu điện tử (Hình 5.1) thích hợp cho việc truyền đi xa nhờ anten (là thiết bị có thể phát ra hoặc thu nhận các tín hiệu dưới dạng tín hiệu điện). Các tín hiệu hình ảnh được thu nhận, lưu trữ và chuyển đổi nhờ vào máy ghi hình (camera).



▲ Hình 5.1. Việc chuyển sóng âm thành tín hiệu điện thông qua micro

– Môi trường (hoặc phương tiện) truyền dẫn: còn được gọi là đường truyền vật lí, là môi trường giữa máy phát tín hiệu và máy thu tín hiệu (Hình 5.2). Môi trường truyền dẫn thường được phân thành hai loại: có dây (sử dụng cáp quang, cáp đồng trục) và không dây (trong không gian).

– Hệ thống thu tín hiệu: gồm anten để thu nhận tín hiệu từ môi trường truyền dẫn, mạch xử lí chuyển đổi tín hiệu đầu vào thành thông tin có ích và thiết bị phát thông tin. Trong trường hợp thông tin cần thu là sóng âm, máy thu tín hiệu có loa, nhận vai trò chuyển tín hiệu điện từ thành sóng âm.

Trong hệ thống viễn thông, một tín hiệu điện từ có thể chiếm một dải tần số (băng thông) có độ rộng bằng hiệu của tần số lớn nhất và tần số nhỏ nhất tương ứng với tín hiệu này. Ví dụ: Một tín hiệu chiếm dải tần số từ 902 MHz đến 928 MHz thì độ rộng của dải tần số này là 26 MHz.



2. Kể tên một số thiết bị thu, phát sóng trong đời sống hằng ngày.



▲ Hình 5.2. Mô hình truyền thông tin bằng vệ tinh



Lược sử phát triển của viễn thông



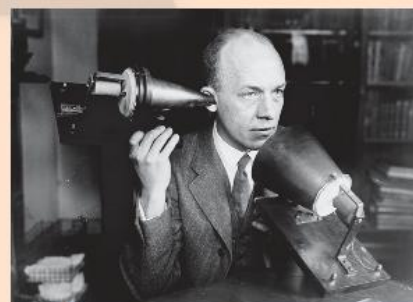
a)

A	— · — · — ·	K	— · — · — ·	U	— · — · — ·	1	— · — · — ·
B	— · — · — ·	L	— · — · — ·	V	— · — · — ·	2	— · — · — ·
C	— · — · — ·	M	— · — · — ·	W	— · — · — ·	3	— · — · — ·
D	— · — · — ·	N	— · — · — ·	X	— · — · — ·	4	— · — · — ·
E	— · — · — ·	O	— · — · — ·	Y	— · — · — ·	5	— · — · — ·
F	— · — · — ·	P	— · — · — ·	Z	— · — · — ·	6	— · — · — ·
G	— · — · — ·	Q	— · — · — ·			7	— · — · — ·
H	— · — · — ·	R	— · — · — ·			8	— · — · — ·
I	— · — · — ·	S	— · — · — ·			9	— · — · — ·
J	— · — · — ·	T	— · — · — ·			0	— · — · — ·

b)

▲ Hình 5.3. a) Máy điện báo và b) mã Morse (Moóc-xơ) sử dụng trong điện báo

Việc truyền tải thông tin liên lạc ở khoảng cách xa đã được thực hiện và phát triển như điện báo ở Hình 5.3a (sử dụng dòng điện để gửi đi các tín hiệu điện, sau đó các tín hiệu này được phiên dịch thành các mẫu tự theo quy ước, thường là mã Morse – Hình 5.3b). Vào gần cuối thế kỉ XIX, Alexander Graham Bell (A-lếch-xan-đơ Gra-ham Beo-lơ) (1847 – 1922) và cộng sự đã phát minh ra điện thoại (Hình 5.4).



▲ Hình 5.4. Bell và chiếc máy điện thoại đầu tiên

Vào đầu thế kỉ XX, kĩ sư Guglielmo Marconi (Gu-li-en-mo Mác-cô-ni) (1874 – 1937) lần đầu tiên gửi thành công một tin nhắn từ Anh vượt Đại Tây Dương đến Canada (ở khoảng cách gần 6 200 km), bắt đầu cho kỉ nguyên của **viễn thông không dây**.

2 BIẾN ĐIỆU

Sóng mang

Một thông tin khi được phát ra phải được gửi qua môi trường truyền trước khi được ghi nhận bởi máy thu tín hiệu. Trong công nghệ viễn thông, thông tin này được truyền đi dưới dạng sóng điện từ có tần số cao để có thể truyền đi xa dễ dàng bởi các anten.

Ví dụ: Xét trường hợp một tín hiệu nghe được (có tần số trong khoảng 16 Hz – 20 000 Hz) khi chuyển đổi thành sóng điện từ có bước sóng trong khoảng $1,875 \cdot 10^7$ m đến $1,5 \cdot 10^4$ m. Để anten có thể phát và thu sóng hiệu quả, cần phải xảy ra hiện tượng cộng hưởng và do đó, anten thường có chiều dài tiêu biểu bằng $\frac{\lambda}{4}$ với λ là bước sóng của sóng điện từ đang xét. Nghĩa là anten có kích thước quá lớn, không phù hợp với thực tế. Như vậy, việc phát hoặc thu trực tiếp sóng điện từ có tần số sóng âm như trên là không thể. Trong khi đó, nếu sử dụng một sóng mang có tần số 100 MHz, ta chỉ cần sử dụng một anten có chiều dài khoảng 80 cm.

Trong khi sóng điện từ cao tần có thể truyền qua khoảng cách lớn thì ngược lại, sóng điện từ tần số thấp chỉ có thể truyền qua khoảng cách nhỏ. Ngoài ra, việc sử dụng sóng điện từ tần số cao (sóng cao tần) còn giúp cho ta có thể dễ dàng ghép kênh: mỗi tín hiệu thông tin sẽ được liên kết với một sóng cao tần riêng, đồng thời nhiều tín hiệu khác nhau sẽ được gửi đi qua cùng một môi trường truyền dẫn. Ví dụ: Trong điện thoại viễn thông, nhiều cuộc gọi có thể cùng dùng chung một dây cáp.

Do đó, trong viễn thông, người ta phải sử dụng một sóng cao tần, gọi là **sóng mang** để truyền đi trong không gian sau khi được phát từ một anten. Khi truyền đi, sóng mang sẽ đem theo đặc tính của tín hiệu cần thu phát.

Quá trình tích hợp thông tin của tín hiệu cần truyền đi vào sóng cao tần được gọi là quá trình **biến điệu**. Có hai cách biến điệu là biến điệu theo biên độ và theo tần số.

Tương ứng với mỗi phương cách biến điệu, người ta có thể dùng sóng mang có tần số trong khoảng từ 0,53 MHz đến 1,60 MHz.

Sóng mang được tạo ra bởi một thiết bị có tên là bộ biến điệu. Cần lưu ý rằng sóng mang không mang bất cứ thông tin nào mà chỉ sau khi được biến điệu, sóng này mới mang đặc tính của thông tin có ích cần truyền đi.

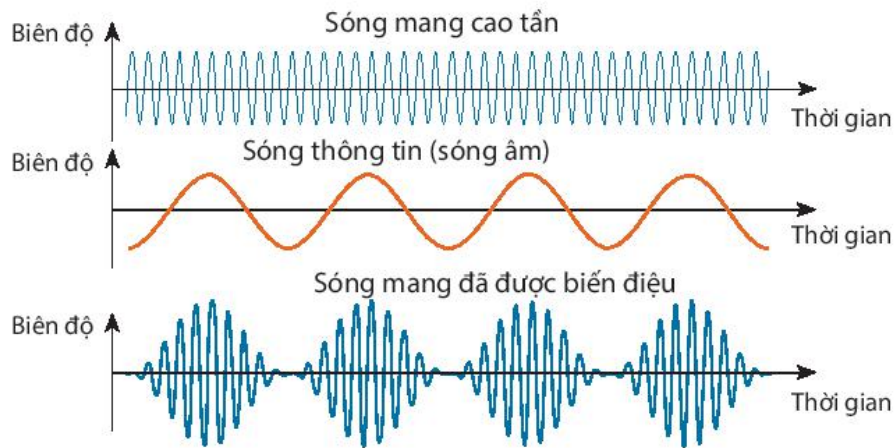
Biến điệu biên độ (AM – Amplitude Modulation)

Đồ thị li độ – thời gian của sóng mang trước khi biến điệu có dạng hình sin, với biên độ có thể thay đổi được tùy theo tính chất của thông tin được tích hợp vào. Sau khi biến điệu, tần số của sóng mang không đổi, tuy nhiên biên độ đã thay đổi như minh họa trong Hình 5.5 ứng với quá trình biến điệu biên độ để truyền dữ liệu có dạng tương tự (analogue). Sóng sau khi biến điệu sẽ được anten phát ra và truyền đi xa.



3. Dựa vào hiện tượng sóng dừng, giải thích vì sao chiều dài ngắn nhất của một anten để tạo ra cộng hưởng là $\frac{\lambda}{4}$ (λ là bước sóng của sóng điện từ đang xét).

4. Hãy cho biết trong biến điệu biên độ (AM), tại sao ta cần chuyển sóng âm thành sóng điện từ?



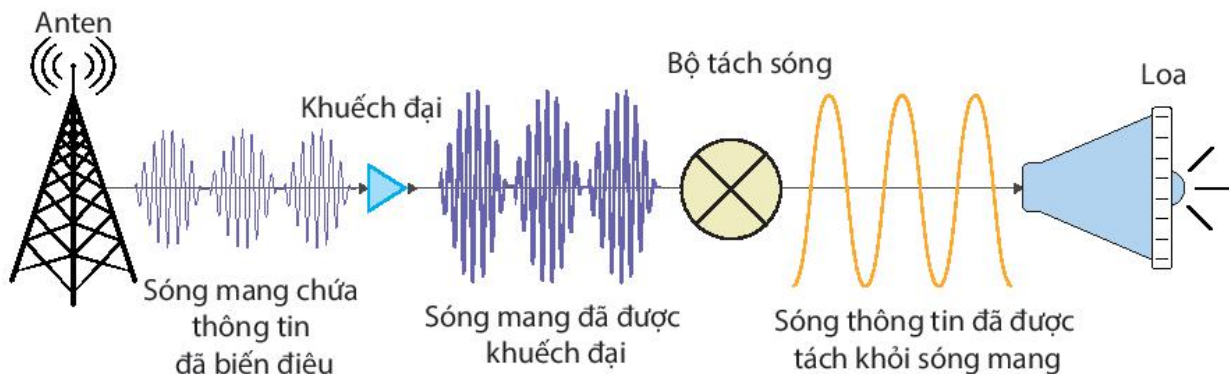
▲ Hình 5.5. Biến điệu biên độ (AM)

Sơ đồ ở Hình 5.6 cho ta khái niệm về quy trình phát tín hiệu của một sóng biến điệu biên độ từ một sóng âm: micro chuyển sóng âm thành sóng điện từ tần số thấp; dao động tử cung cấp sóng mang; sóng điện từ có tính chất sóng âm được tích hợp vào sóng mang này (biến điệu) nhờ thiết bị bộ trộn sóng; tín hiệu đầu ra có tần số vô tuyến và thông tin (sóng âm) được khuếch đại trước khi được phát ra từ anten phát.



▲ Hình 5.6. Sơ đồ khối của máy phát sóng AM

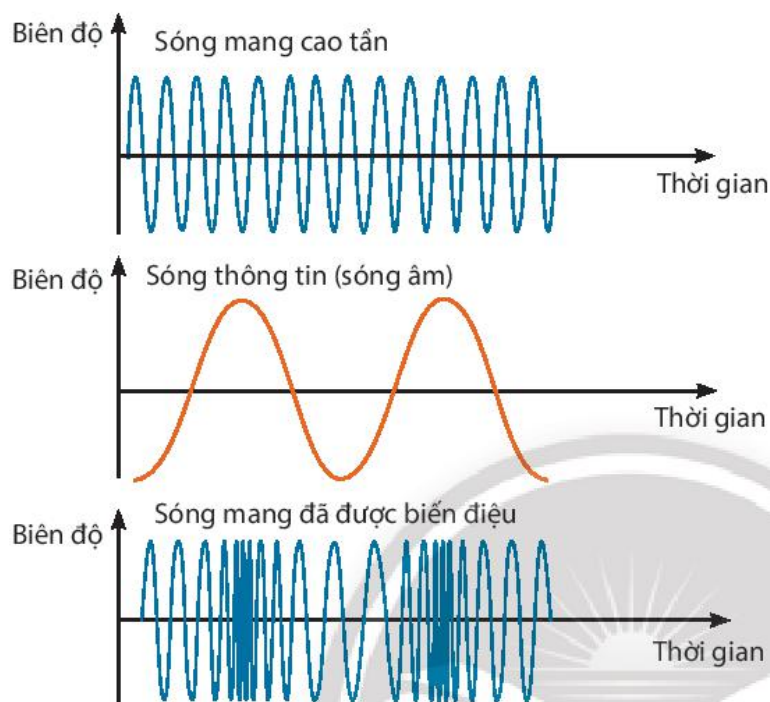
Khi được ghi nhận tại máy thu tín hiệu, sóng mang có chứa thông tin có ích cần phải được “tách ra” để phục hồi sóng thông tin. Đó là quá trình **giải điều chế**. Quá trình này được minh họa ở Hình 5.7.



▲ Hình 5.7. Sơ đồ khối của máy thu sóng AM

➤ Biến điệu tần số (FM – Frequency Modulation)

Ngoài cách biến điệu biên độ, người ta còn sử dụng cách biến điệu tần số của sóng mang. Khi biến điệu tần số, tần số của sóng mang bị thay đổi theo tần số của sóng thông tin, trong khi biên độ của sóng mang không bị ảnh hưởng (Hình 5.8).

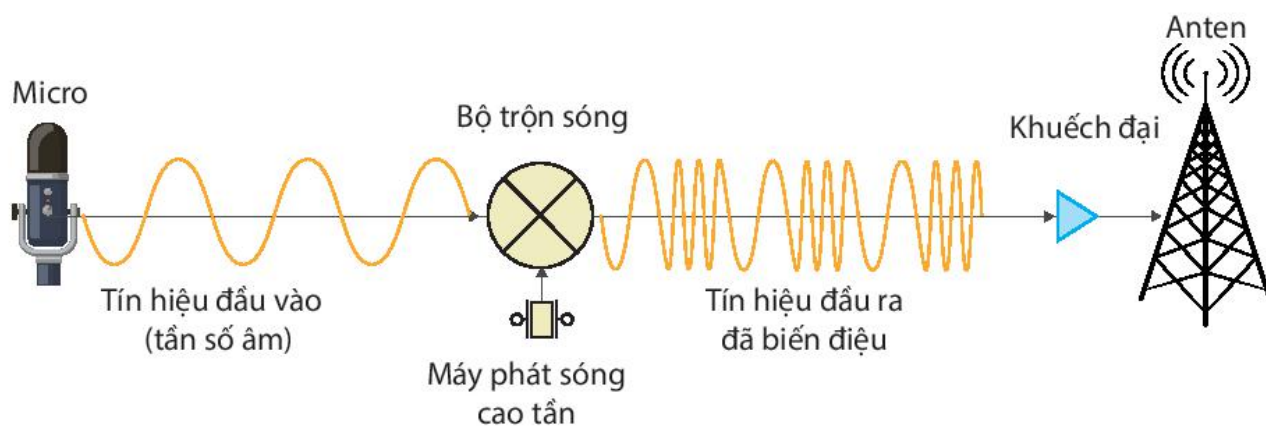


▲ Hình 5.8. Biến điệu tần số (FM)

Tương tự như quy trình phát tín hiệu của một sóng biến điệu biên độ, việc phát tín hiệu của sóng biến điệu tần số gồm các bước sau đây: Sóng thông tin được biến đổi thành sóng điện từ tần số thấp; một dao động tử cung cấp sóng mang cao tần; sóng điện từ thông tin được tích hợp vào sóng mang này nhờ thiết bị bộ trộn sóng; tín hiệu đầu ra có tần số thay đổi theo tần số sóng thông tin và được khuếch đại trước khi được phát ra từ anten phát (Hình 5.9).



5. So sánh chức năng của mạch tách sóng và loa trong máy thu sóng với mạch trộn sóng và micro trong máy phát sóng.



▲ Hình 5.9. Sơ đồ khối của máy phát sóng FM



So sánh biên độ và tần số của sóng mang sau khi lần lượt được biến điệu theo hai cách: biến điệu biên độ (AM) và biến điệu tần số (FM).



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

Trong viễn thông, các tần số được sử dụng bao gồm:

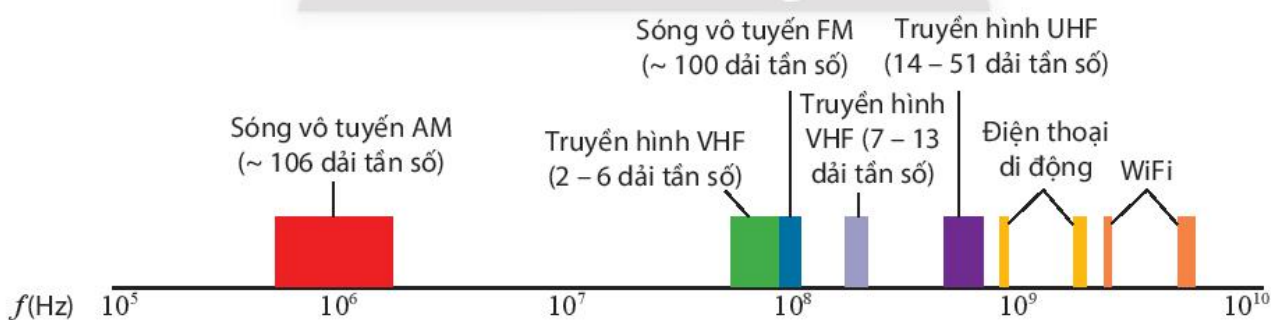
- Sóng vô tuyến AM sử dụng khoảng 106 dải tần số, trong khoảng 535 – 1 705 kHz (tương ứng với bước sóng từ 560 – 176 m).
- Sóng vô tuyến FM gồm 100 dải tần số, từ 88,0 – 108 MHz (bước sóng từ 3,41 – 2,78 m).
- Sóng truyền hình VHF (Very High Frequency) gồm hai dải tần số: 54,0 – 88,0 MHz (bước sóng từ 5,56 – 3,41 m) và 174 – 216 MHz (bước sóng từ 1,72 – 1,39 m).
- Sóng truyền hình UHF (Ultra High Frequency) có tần số từ 470 đến 698 MHz (bước sóng từ 63,83 – 43,0 cm).

Ở nước ta, điện thoại di động sử dụng tần số 800 MHz hoặc 900 MHz (tức là có bước sóng bằng 37,5 cm hoặc 33,3 cm), trong khi sóng wifi gồm các tần số 2,40 GHz, 5,00 GHz hoặc 60,0 GHz (bước sóng tương ứng: 12,5 cm; 6,00 cm hoặc 5,00 mm).

Các số liệu của tần số và bước sóng thường được sử dụng trong viễn thông được trình bày tóm tắt trên Hình 5.10.



6. Tìm hiểu và nêu giá trị của tần số và bước sóng của sóng vô tuyến được sử dụng trong sóng truyền hình UHF.



▲ Hình 5.10. Tần số của các kênh truyền thông



Tìm hiểu tần số của một số kênh truyền thanh ở Việt Nam và tính giá trị bước sóng của sóng điện từ được sử dụng.

4 ƯU, NHƯỢC ĐIỂM CỦA BIẾN ĐIỆU BIÊN ĐỘ VÀ BIẾN ĐIỆU TẦN SỐ

➤ Biến điệu biên độ

Phương pháp biến điệu biên độ có các ưu điểm nổi bật như: Cài đặt đơn giản, mạch tách sóng đơn giản với số ít thiết bị, máy nhận sóng đơn giản, có chi phí thấp, có thể truyền đi ở khoảng cách lớn (do được phản xạ ở tầng điện li của khí quyển). Tuy nhiên, phương pháp này cũng có những nhược điểm: Ít hiệu quả trong việc sử dụng điện năng, chiếm băng thông hẹp, bị ảnh hưởng nhiều bởi tiếng ồn, độ trung thực kém khi thông tin được tái tạo ở máy thu tín hiệu.

Mặc dù có những nhược điểm, nhưng cách biến điệu AM vẫn được sử dụng rộng rãi trong truyền thanh đối với sóng dài, sóng trung và sóng ngắn.

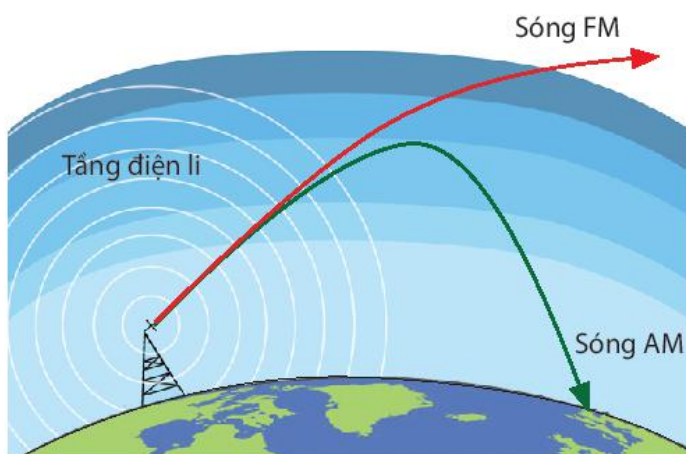
➤ Biến điệu tần số

Phương pháp biến điệu tần số có các ưu điểm sau: Ít bị nhiễu bởi tiếng ồn và băng thông sóng FM bao phủ vùng tần số nghe được bởi tai người, cho âm thanh chất lượng cao hơn so với sóng AM. Một số nhược điểm của biến điệu tần số có thể kể: Sóng FM không bị phản xạ bởi tầng điện li nên chỉ được sử dụng với khoảng cách ngắn, thiết bị của truyền sóng FM như bộ nhận sóng và môi trường truyền phức tạp, giá cả cao.

Một trong những ưu điểm quan trọng của sóng AM so với sóng FM trong viễn thông là sóng AM thường có tần số nhỏ hơn tần số của sóng FM nên dễ bị phản xạ ở tầng điện li nằm phía trên của lớp khí quyển, cách mặt đất khoảng từ 48 – 965 km và là môi trường chứa các hạt mang điện tích (ion). Sau khi bị phản xạ, sóng AM sẽ được thu nhận bởi máy thu tín hiệu ở khoảng cách xa đối với máy phát tín hiệu trên mặt đất. Trong khi đó, với tần số lớn hơn, sóng FM ít bị phản xạ ở tầng điện li mà đi xuyên qua để vào không gian bên ngoài. Hình 5.11 minh họa sự phản xạ của sóng AM và sự truyền qua của sóng FM ở tầng điện li.



7. Khi muốn nghe nhạc qua máy phát thanh (radio) với chất lượng âm thanh cao, ta thường nghe kênh AM hay FM? Vì sao?



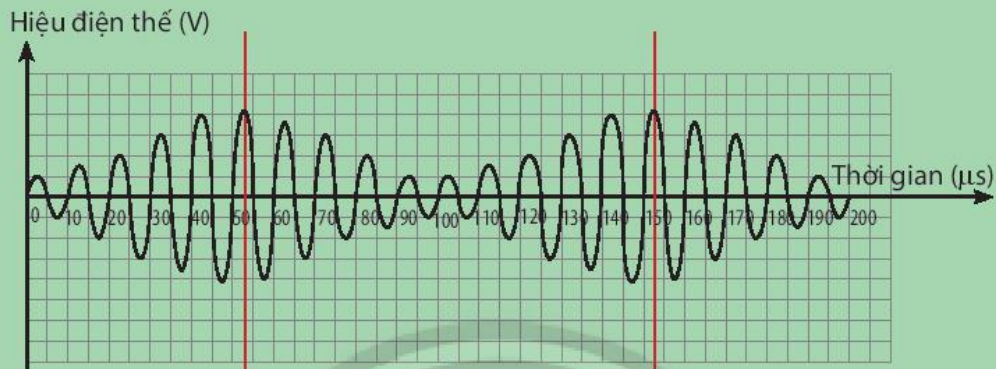
▲ Hình 5.11. Sự truyền của các sóng FM và sóng AM trong khí quyển

8. Dựa vào Hình 5.11, cho biết khi sóng FM xuyên qua tầng điện li và đi vào không gian, làm cách nào để máy thu đặt tại mặt đất có thể nhận được tín hiệu sóng FM khi nó không phản xạ trở lại Trái Đất như sóng AM?

9. Nêu ưu điểm và nhược điểm của các phương pháp biến điệu AM, FM và lập bảng so sánh.



1. Trong mạch phát sóng, thông thường có một bộ phận để khuếch đại tín hiệu. Theo em, bộ phận khuếch đại này có tác dụng gì và thường được đặt ở vị trí nào của mạch phát sóng?
2. Vì sao cần ít nhất một bộ phận khuếch đại ở mạch thu sóng? Bộ phận này đặt ở vị trí nào của mạch thu sóng?



▲ Hình 5.12. Sự biến điệu AM của sóng mang

Hình 5.12 cho thấy một sóng mang được biến điệu AM bởi một sóng âm (pure tone).
Hãy xác định tần số sóng mang và tần số sóng âm.

BÀI TẬP

1. Một sóng truyền hình có băng thông bằng 6 MHz. Cho biết giới hạn tần số cao là 60 MHz. Giới hạn tần số thấp của băng thông này bằng bao nhiêu?
2. Cho biết sóng mang đã được biến điệu biên độ có chứa các tần số $f_c + f_m$ và $f_c - f_m$, gọi là dải biên tần số trên và dải biên tần số dưới. Trong đó, f_c và f_m lần lượt là tần số của sóng mang và tần số của thông tin.
 - a) Một sóng mang có tần số 300 kHz được biến điệu bởi thông tin có tần số 400 Hz sẽ có các dải biên có tần số bằng bao nhiêu?
 - b) Tính băng thông bởi sóng AM này.

Bài 6. TÍN HIỆU TƯƠNG TỰ VÀ TÍN HIỆU SỐ

- Ưu điểm của việc truyền dữ liệu dưới dạng số so với việc truyền dữ liệu dưới dạng tương tự.
- Chuyển đổi tương tự – số (ADC) và chuyển đổi số – tương tự (DAC).
- Hệ thống truyền kĩ thuật số về chuyển đổi tương tự – số và số – tương tự.



Từ năm 2021, Việt Nam không sử dụng sóng truyền hình tương tự và thay thế bằng truyền hình kĩ thuật số (Đề án số hoá truyền dẫn, phát sóng truyền hình mặt đất được ban hành theo Quyết định số 2451/QĐ-TTg ngày 27/12/2011 của Thủ tướng Chính phủ). Truyền hình kĩ thuật số và truyền hình tương tự khác nhau như thế nào và ưu điểm của truyền hình kĩ thuật số là gì?



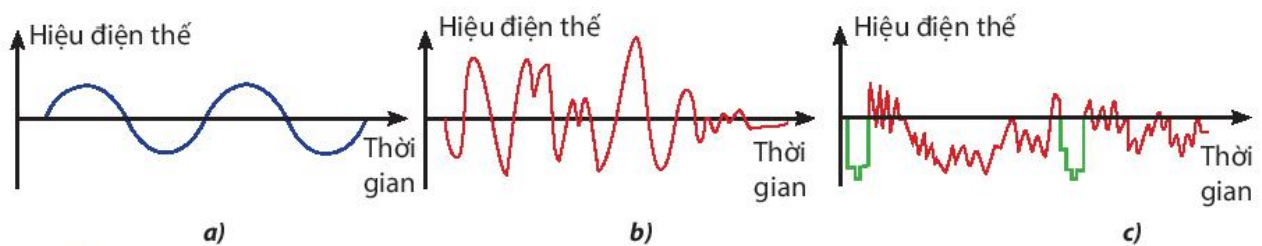
1 TÍN HIỆU TƯƠNG TỰ (ANALOG) VÀ TÍN HIỆU SỐ (DIGITAL)

Tín hiệu tương tự

Các tín hiệu điện từ thường được đặc trưng bởi đồ thị hiệu điện thế – thời gian. **Tín hiệu tương tự**, còn gọi là tín hiệu liên tục, có giá trị hiệu điện thế hoặc cường độ dòng điện biến thiên liên tục theo thời gian. Ví dụ: các tín hiệu sóng điện từ dạng sin, sóng điện từ chuyển từ âm thanh và hình ảnh có đồ thị hiệu điện thế – thời gian được biểu diễn trong Hình 6.1. Tín hiệu tương tự có vô số giá trị của hiệu điện thế hoặc cường độ dòng điện tương ứng với từng thời điểm liên tục khác nhau.



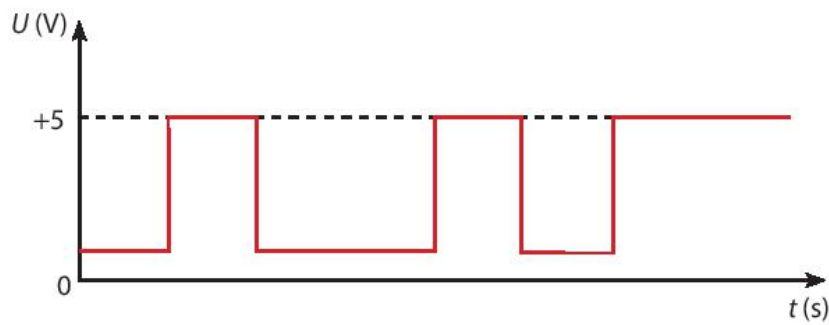
1. Vì sao sau khi âm thanh (sóng cơ) được chuyển thành tín hiệu điện từ thì ta thu nhận được tín hiệu tương tự?



▲ Hình 6.1. Các tín hiệu tương tự: a) tín hiệu sóng dạng sin; b) tín hiệu âm thanh; c) tín hiệu hình ảnh

Tín hiệu số

Khác với tín hiệu tương tự, **tín hiệu số** có hiệu điện thế hoặc cường độ dòng điện nhận giá trị rời rạc, không liên tục theo thời gian. Đồ thị hiệu điện thế – thời gian của tín hiệu số là các ô hình chữ nhật hoặc ô hình vuông (biểu diễn bậc thang) như Hình 6.2.

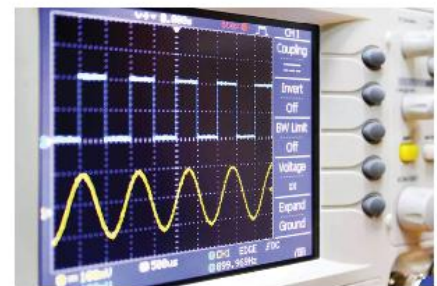


▲ Hình 6.2. Một dãy các giá trị rời rạc của hiệu điện thế

Việc truyền dữ liệu dưới dạng tín hiệu số có một số ưu điểm sau so với tín hiệu tương tự:

- Chất lượng dữ liệu cao hơn;
- Tín hiệu ít bị nhiễu;
- Thiết bị có giá cả thấp hơn, dễ di chuyển;
- Tín hiệu có thể được nén dễ dàng và có thể mã hoá;
- Dễ dàng truyền tải qua mạng.

Để quan sát hình dạng của tín hiệu tương tự và tín hiệu số, ta có thể sử dụng dao động kí điện tử (Hình 6.3).



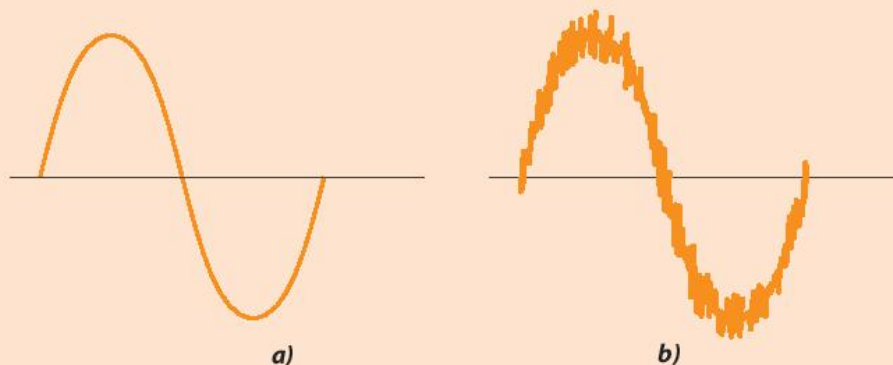
▲ Hình 6.3. Hình ảnh mô tả các tín hiệu điện tử trên màn hình của dao động kí điện tử



Quan sát Hình 6.3 và chỉ rõ đường mô tả nào tương ứng với tín hiệu tương tự và tín hiệu số.



Khi được truyền đi, tín hiệu có thể bị nhiễu, tức là hiệu điện thế (hoặc cường độ dòng điện) của tín hiệu không giữ được dạng ban đầu (Hình 6.4). Nguyên nhân của tín hiệu nhiễu có thể xuất phát từ sự tương tác của tín hiệu với điện từ trường của môi trường truyền sóng (khi tín hiệu được gửi qua khí quyển), khi đóng hoặc tắt mạch điện, hay với động cơ, ánh sáng huỳnh quang,... Dữ liệu truyền đi dưới dạng tín hiệu số sẽ hạn chế đáng kể các tác nhân gây nhiễu trên.



▲ Hình 6.4. a) Tín hiệu chưa bị nhiễu; b) Tín hiệu bị biến dạng do nhiễu

2 CHUYỂN ĐỔI TÍN HIỆU

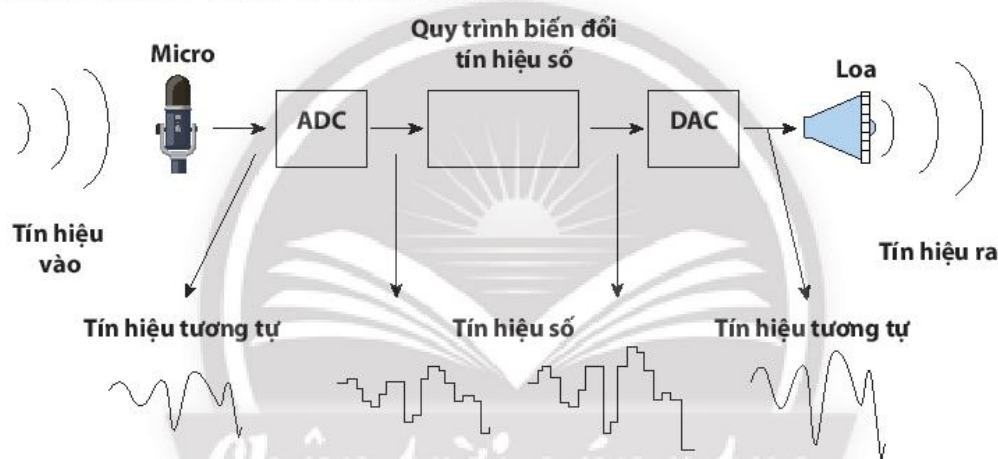
Vì các tín hiệu như âm thanh, hình ảnh thường tồn tại dưới dạng tương tự nên cần thiết phải chuyển đổi tín hiệu từ dạng tương tự sang dạng số. Sau khi được ghi nhận bởi máy thu sóng thì những tín hiệu dạng số này cần phải được chuyển ngược lại dạng tương tự để thể hiện đúng thông tin có ích cần truyền đi. Ví dụ, các máy thu âm và máy quay phim kỹ thuật số chuyển đổi thông tin từ dạng tương tự sang dạng số. Nhưng sau đó, các thông tin này phải được chuyển đổi ngược lại thành thông tin dạng tương tự để ta có thể nghe ở loa và nhìn trên màn hình.



2. Nêu những ưu điểm của việc truyền tải tín hiệu số so với truyền tải tín hiệu tương tự và trình bày quy trình của việc chuyển đổi tín hiệu tương tự sang tín hiệu số.
3. Vì sao ta phải thực hiện chuyển đổi tín hiệu số sang tín hiệu tương tự trước khi đưa tín hiệu ra máy phát?

3 HỆ THỐNG TRUYỀN KỸ THUẬT SỐ

Quá trình thu nhận, truyền tải và phát tín hiệu kỹ thuật số sử dụng ADC và DAC có thể được minh họa như Hình 6.5 và mô tả sơ lược như sau:



▲ Hình 6.5. Hệ thống truyền ADC và DAC

- Máy thu tín hiệu (như micro) ghi nhận các thông tin gốc (sóng âm) và chuyển thành sóng điện từ, là những tín hiệu tương tự.
- Qua bộ ADC, các tín hiệu tương tự được chuyển thành tín hiệu số. Các tín hiệu này có thể được xử lý bởi các máy tính, được lượng hoá và mã hoá. Các tín hiệu số này có thể được phát ra bởi các thiết bị chuyên dụng như anten.
- Thiết bị thu sẽ ghi nhận các tín hiệu số đã được truyền đi trong không gian. Các tín hiệu số này đi qua bộ DAC, được chuyển đổi ngược lại thành các tín hiệu tương tự và sẽ được phát ra dưới dạng thông tin nguyên bản bởi một thiết bị phát (loa).




Lập bảng so sánh một số đặc tính như sự biến thiên của tín hiệu, việc truyền tải dữ liệu của tín hiệu tương tự và tín hiệu số.

BÀI TẬP

Sưu tầm tài liệu để trình bày về sự phát triển của truyền hình kỹ thuật số ở Việt Nam.

Bài 7. SUY GIẢM TÍN HIỆU

- Ảnh hưởng của sự suy giảm tín hiệu đến chất lượng tín hiệu được truyền.
- Độ suy giảm tín hiệu tính theo dB và tính theo dB trên một đơn vị độ dài.

 Khi điện thoại thông minh hoặc máy tính xách tay đặt càng ra xa thiết bị phát sóng wifi hoặc có nhiều vật cản thì tín hiệu nhận được ở các máy thu như điện thoại thông minh hoặc máy tính xách tay càng yếu. Điều này cho thấy tín hiệu có thể bị suy giảm trong một số điều kiện. Như vậy, độ suy giảm tín hiệu là gì? Những yếu tố nào đã ảnh hưởng đến độ mạnh, yếu của tín hiệu trong quá trình được truyền đi?

1 ĐỘ SUY GIẢM TÍN HIỆU

Suy giảm tín hiệu

Suy giảm tín hiệu là sự suy giảm công suất của tín hiệu trong quá trình truyền đi. Sự suy giảm này chủ yếu do sự tán xạ của tín hiệu và hấp thụ của môi trường truyền dẫn trong quá trình tín hiệu được truyền đi. Độ suy giảm tín hiệu phụ thuộc vào khoảng cách mà tín hiệu được truyền đi.



1. Giải thích nguyên nhân gây ra sự suy giảm năng lượng của: tín hiệu điện truyền trong dây dẫn, tín hiệu sóng điện từ truyền đi trong không gian.

Hệ thức xác định độ suy giảm tín hiệu

Gọi công suất đầu vào (tại vị trí 1) và công suất đầu ra (tại vị trí 2) của tín hiệu lần lượt là \mathcal{P}_1 và \mathcal{P}_2 , độ suy giảm tín hiệu A được xác định theo công thức

$$A = 10 \lg \frac{\mathcal{P}_2}{\mathcal{P}_1} \quad (7.1)$$

Trong công thức (7.1), \lg là hàm logarit cơ số 10. Độ suy giảm tín hiệu có đơn vị là dB (decibel).

Khi tín hiệu được truyền trong dây cáp, ví dụ tín hiệu sóng ánh sáng truyền trong cáp quang, ta thường xét độ suy giảm tín hiệu trên một đơn vị chiều dài A_ℓ , được xác định theo công thức:

$$A_\ell = \frac{A}{\ell} \quad (7.2)$$

Với ℓ (km) là chiều dài đoạn cáp mà tín hiệu được truyền đi. Độ suy giảm tín hiệu trên một đơn vị chiều dài A_ℓ thường có đơn vị là dB/km.



Xét một tín hiệu sóng ánh sáng truyền trong dây cáp quang có công suất đầu vào $\mathcal{P}_1 = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ W}$ và công suất đầu ra đo được tại vị trí xác định là $\mathcal{P}_2 = 2,0 \cdot 10^{-10} \text{ W}$. Biết độ suy giảm tín hiệu trên một đơn vị chiều dài khi tín hiệu truyền trong dây cáp quang này là 10 dB/km. Hãy tính độ dài của đoạn dây cáp từ nơi phát tín hiệu đến vị trí đang xét.

2 ẢNH HƯỞNG CỦA SUY GIẢM TÍN HIỆU ĐẾN CHẤT LƯỢNG TÍN HIỆU

➤ Chất lượng tín hiệu

Chất lượng tín hiệu cho ta biết ảnh hưởng của tiếng ồn (hay nhiễu) lên tín hiệu truyền đi. Chất lượng tín hiệu được đặc trưng bởi tỉ số tín hiệu/nhiều (SNR – signal-to-noise ratio), được xác định theo công thức:

$$\text{SNR} = 10 \lg \frac{\mathcal{P}_S}{\mathcal{P}_N} \quad (7.3)$$

Với \mathcal{P}_S và \mathcal{P}_N lần lượt là công suất của tín hiệu cần truyền đi và tín hiệu nhiễu. Tỉ số tín hiệu/nhiều có đơn vị là dB.

Chất lượng tín hiệu phụ thuộc đồng thời vào công suất của tín hiệu cần truyền và công suất tín hiệu nhiễu. Chất lượng tín hiệu càng cao khi giá trị của tỉ số tín hiệu/nhiều càng lớn. Thông thường, một tín hiệu có chất lượng chấp nhận được khi tỉ số tín hiệu/nhiều có giá trị lớn hơn khoảng 30 dB. Chất lượng tín hiệu bằng 0 dB khi công suất tín hiệu có giá trị bằng công suất tiếng ồn, khi này, tín hiệu không thể khôi phục được.



2. Dựa vào công thức (7.3), cho biết ta có thể trích xuất được tín hiệu cần truyền khi tỉ số tín hiệu/nhiều bằng 0 dB không?

➤ Ảnh hưởng của suy giảm tín hiệu đến chất lượng tín hiệu

Trong thực tế, khi được truyền từ máy phát đến máy thu, tín hiệu bị suy giảm vì nhiều nguyên nhân khác nhau: sự phản xạ, sự tán xạ gây ra bởi các vật cản như núi đồi, nhà cửa, cây cối,... nghĩa là ảnh hưởng của nhiễu càng lớn khi quãng đường truyền đi càng xa. Ngay cả khi xét trường hợp lí tưởng, khi tín hiệu được truyền đi trong không gian không có vật cản thì vẫn tồn tại độ giảm tín hiệu bởi công suất của tín hiệu cũng bị giảm đi theo khoảng cách. Từ công thức (7.3), ta thấy khi tín hiệu bị suy giảm, giá trị của \mathcal{P}_S giảm xuống làm giá trị của tỉ số tín hiệu/nhiều cũng giảm, từ đó ảnh hưởng đến chất lượng của tín hiệu: biên độ của tín hiệu không đủ lớn để ta có thể ghi nhận, tín hiệu bị biến dạng làm cho thông tin mà tín hiệu cần truyền đi không thể được khôi phục nguyên bản, mất tín hiệu,...

3. Nêu những ảnh hưởng của suy giảm tín hiệu đến chất lượng tín hiệu và một số biện pháp giảm bớt ảnh hưởng này.

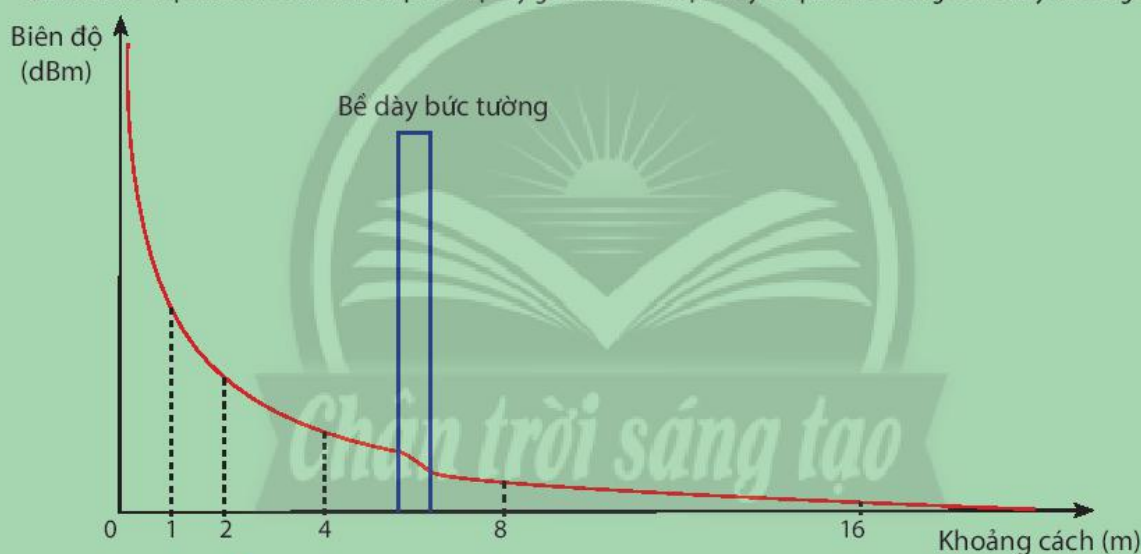
Như vậy, nhằm đảm bảo chất lượng tín hiệu khi truyền tín hiệu đi xa, ta cần đảm bảo giữ giá trị tỉ lệ tín hiệu – nhiễu trên ngưỡng cho phép. Trong quá trình truyền tín hiệu, ta cần có những trạm trung gian để khuếch đại công suất của tín hiệu cần truyền. Nếu tín hiệu được truyền đi dưới dạng tương tự, việc khuếch đại sẽ làm tăng đồng thời công suất của cả tín hiệu cần truyền và tín hiệu nhiễu, do đó không thể cải thiện được chất lượng tín hiệu khi truyền đi. Vì vậy, việc sử dụng tín hiệu dạng số có ý nghĩa quan trọng trong việc phân biệt giữa tín hiệu cần truyền và tín hiệu nhiễu, làm cho việc khuếch đại tín hiệu cần truyền đạt hiệu quả cao hơn.



Giải thích vì sao ta khó có được chất lượng tín hiệu tốt khi sử dụng tín hiệu tương tự để truyền đi.



Quan sát đồ thị ở Hình 7.1 và thảo luận về độ suy giảm khi tín hiệu truyền qua bức tường có bề dày khoảng 0,5 m.



▲ Hình 7.1. Độ suy giảm của tín hiệu khi truyền qua một bức tường


BÀI TẬP

1. Cho biết công suất đầu vào và đầu ra của một tín hiệu khi được truyền đi lần lượt là 1,0 W và 10 mW. Tính độ suy giảm tín hiệu trên đường truyền đang xét.
2. Một đường truyền tín hiệu dài 4,00 km có các công suất đầu vào $\mathcal{P}_1 = 280$ mW. Cho biết độ suy giảm tín hiệu trên mỗi km đường truyền là 1,60 dB/km. Tính công suất đầu ra \mathcal{P}_2 .

Chuyên đề 3: MỞ ĐẦU VỀ ĐIỆN TỬ HỌC

Bài 8. CẢM BIẾN VÀ BỘ KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN LÍ TƯỞNG

- Khái niệm và phân loại cảm biến (sensor) theo: nguyên tắc hoạt động, phạm vi sử dụng, hiệu quả kinh tế.
- Một số ứng dụng chính của thiết bị cảm biến và nguyên tắc hoạt động.
- Nguyên tắc hoạt động của: điện trở phụ thuộc ánh sáng (LDR), điện trở nhiệt.
- Nguyên tắc hoạt động của cảm biến sử dụng: điện trở phụ thuộc ánh sáng, điện trở nhiệt.
- Tính chất cơ bản của bộ khuếch đại thuật toán (op-amp) lí tưởng.

 Nhà thông minh (Smart Home) là nhà được thiết kế để người dùng có thể kiểm soát các chức năng như bảo mật, nhiệt độ, ánh sáng, ... nhờ các thiết bị được điều khiển tự động. Một trong các thiết bị đóng vai trò quan trọng để điều khiển tự động là các cảm biến. Vậy, cảm biến là gì và nguyên tắc hoạt động của chúng ra sao? Nếu tín hiệu từ cảm biến quá nhỏ, không đủ để hệ thống hoạt động thì phải xử lí như thế nào?

1 DỰ ÁN NGHIÊN CỨU

* Xây dựng ý tưởng dự án và quyết định chủ đề:

– Mục đích:

Phân loại một số cảm biến theo nguyên tắc hoạt động, phạm vi sử dụng và hiệu quả kinh tế (như cảm biến sử dụng điện trở nhiệt, cảm biến sử dụng điện trở phụ thuộc ánh sáng), tìm hiểu một số tính chất cơ bản của bộ khuếch đại thuật toán lí tưởng.

– Vấn đề thực tiễn:

Với sự phát triển của khoa học công nghệ hiện nay thì việc sử dụng các cảm biến cho các hoạt động diễn ra trong ngôi nhà của chúng ta và một số hoạt động trong cuộc sống là điều tất yếu. Việc lựa chọn cảm biến cho từng mục tiêu cụ thể cũng phải được nghiên cứu kĩ, vừa đảm bảo hoạt động hiệu quả trong từng mạch điện ứng dụng, vừa phù hợp với nhu cầu và khả năng kinh tế của người sử dụng. Hãy thực hiện các hoạt động để cụ thể hoá các mục đích của dự án.



1. Các hoạt động nào sau đây có thể sử dụng cảm biến? Chỉ ra loại cảm biến có thể sử dụng.

- Bật đèn khi cường độ sáng của không gian xung quanh đèn giảm đến một giá trị đã được cài đặt trước.
- Mở cửa sau khi xác nhận người đang đứng trước cửa thuộc danh sách được vào nhà.
- Thông báo sự xuất hiện cháy nổ, khói, rò rỉ ga trong nhà.
- Thông báo sự xuất hiện của người lạ trong nhà.
- Đóng mở cửa giếng trời.
- Mở hệ thống tưới nước cho cây khi độ ẩm của đất giảm đến một giá trị đã được cài đặt trước.

*** Lập kế hoạch thực hiện dự án:**

- Phân tích các hoạt động trong ngôi nhà hoặc trong cuộc sống có thể sử dụng cảm biến.
- Tìm hiểu các nguồn tài liệu tham khảo về các cảm biến được lựa chọn.
- Thiết lập danh mục các cảm biến được chọn trong đó nêu rõ: chức năng, nguyên tắc hoạt động, ứng dụng và giá thành tại thời điểm báo cáo dự án với từng loại cảm biến (Bảng 8.1).
- Tìm hiểu sơ đồ nguyên lý hoạt động của cảm biến sử dụng điện trở phụ thuộc ánh sáng và cảm biến sử dụng điện trở nhiệt, nguyên lý hoạt động của các mạch điện có sử dụng bộ khuếch đại thuật toán lí tưởng.
- Thực hiện 2 video minh họa về nguyên tắc hoạt động của cảm biến sử dụng điện trở phụ thuộc ánh sáng và cảm biến sử dụng điện trở nhiệt (Bảng 8.2).
- Thống kê một số ứng dụng của bộ khuếch đại thuật toán lí tưởng trong thực tế tương ứng với từng tính chất cơ bản của nó (Bảng 8.3).
- Xử lí thông tin và điền thông tin vào các Bảng 8.1, 8.2 và 8.3.

*** Báo cáo kết quả:**

Công bố sản phẩm và báo cáo kết quả thực hiện dự án.

Bảng 8.1. Thông tin kết quả tìm hiểu dự án nghiên cứu về cảm biến

STT	Cảm biến	Chức năng	Nguyên tắc hoạt động	Ứng dụng	Giá thành
1	Khoảng cách	Xác định khoảng cách từ điểm đặt cảm biến đến điểm cần xét.	Tia laser hoặc sóng siêu âm được phát ra từ máy đo khoảng cách, khi chạm vào vật thể sẽ bị phản xạ và quay trở lại máy đo. Sau khi ghi nhận tín hiệu phản xạ, máy đo sẽ phân tích và xác định khoảng cách từ máy đo đến vật thể đang xét.	Định vị vị trí container (được lắp trên cầu tại cảng), xác định mức chất lỏng hoặc lượng chất rắn trong bồn chứa, phát hiện vật cản,...	Vài chục nghìn đồng
2	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—
...					

Bảng 8.2. Mô tả ngắn gọn nội dung trong các video thực hiện

STT	Nội dung
1	
2	

Bảng 8.3. Thống kê ứng dụng của bộ khuếch đại thuật toán lí tưởng

Tính chất cơ bản	Ứng dụng
—	—

2 CẢM BIẾN (SENSOR)

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

Cảm biến khoảng cách

Cảm biến khoảng cách là thiết bị cảm nhận và biến đổi khoảng cách từ vị trí đặt cảm biến đến vật thể thành tín hiệu điện.

Cảm biến khoảng cách có thể hoạt động dựa vào nhiều nguyên lí: phát – thu tia laser (Hình 8.1a) hoặc sóng siêu âm (Hình 8.1b). Tia laser hoặc sóng siêu âm được phát ra từ máy đo khoảng cách, khi chạm vào vật thể sẽ bị phản xạ và quay trở lại máy đo. Sau khi ghi nhận tín hiệu phản xạ, máy đo sẽ phân tích và xác định khoảng cách từ máy đo đến vật thể đang xét.

Cảm biến khoảng cách sử dụng tia laser giúp xác định khoảng cách tới một điểm, có nhiều ưu điểm như vùng đo rộng, độ chính xác cao cỡ milimét, thời gian đo ngắn (đưa ra kết quả chính xác trong phạm vi từ 0,05 m đến 300 m chỉ trong khoảng thời gian tối đa là 0,5 s), dễ sử dụng, có thể kết nối với điện thoại hay máy tính để tổng hợp và lưu trữ dữ liệu,...

Cảm biến khoảng cách sử dụng sóng siêu âm giúp xác định khoảng cách tới một bề mặt, các đầu phát và đầu thu siêu âm là các loa gồm (Hình 8.1b). Cảm biến này có ưu điểm là độ nhạy rất cao do sóng siêu âm có tần số cao, độ chính xác cao cỡ xentimét và giá thành thấp. Nhược điểm của nó là kết quả đo phụ thuộc nhiều vào nhiệt độ và áp suất, dễ bị nhiễu tín hiệu.

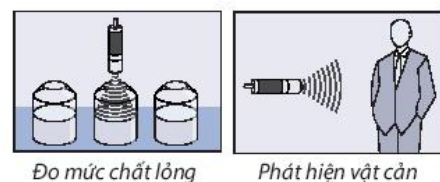


a)



b)

▲ Hình 8.1. Cảm biến khoảng cách sử dụng: a) tia laser; b) sóng siêu âm



Đo mức chất lỏng

Phát hiện vật cản

▲ Hình 8.2. Minh họa ứng dụng của cảm biến khoảng cách sử dụng sóng siêu âm

Cảm biến khoảng cách có một số ứng dụng:

- Cảm biến khoảng cách sử dụng tia laser được sử dụng ở các cảng biển hoặc khu công nghiệp giúp các cần cầu thực hiện việc bốc xếp container chính xác và không va chạm nhau, giúp xác định lượng chất rắn trong bồn chứa,...
- Cảm biến khoảng cách sử dụng sóng siêu âm giúp đo mức chất lỏng, phát hiện vật cản (Hình 8.2),...

Cảm biến khoảng cách có giá khoảng vài chục nghìn đồng.

➤ Cảm biến tốc độ

Cảm biến tốc độ là thiết bị cảm nhận và biến đổi tốc độ của một vật chuyển động thành tín hiệu điện.

Cảm biến tốc độ có thể hoạt động dựa vào một số nguyên lý sau:

- Dựa vào hiện tượng cảm ứng điện từ: Khi cuộn dây di chuyển trong từ trường hoặc cho từ trường biến thiên thì trong cuộn dây xuất hiện một suất điện động có giá trị phụ thuộc vào tốc độ chuyển động. Từ giá trị của suất điện động, cảm biến sẽ xác định được tốc độ của vật đang xét.
- Dựa vào hiệu ứng Doppler (Đốp-le): Thiết bị đo tốc độ sẽ phát sóng tới vật đang chuyển động, sau đó nhận sóng phản xạ từ vật. Từ sự chênh lệch tần số giữa sóng phản xạ và sóng tới mà có thể tính được tốc độ của vật.

Cảm biến tốc độ có một số ứng dụng sau:

- Kiểm soát tốc độ xe: Cảm biến hoạt động dựa vào hiện tượng cảm ứng điện từ. Trong cảm biến có một nam châm gắn gần một bánh răng kim loại, khi bánh xe quay thì bánh răng sẽ chuyển động theo, lúc các răng đi qua nam châm sẽ tạo ra một dòng điện xoay chiều. Các tín hiệu điện được đọc thông qua số lượng các xung theo thời gian và chuyển thành tốc độ.
 - Máy xác định tốc độ từ xa (Hình 8.3): Dụng cụ đo tốc độ của vật thể chuyển động thông qua sóng radar hoặc tia laser. Với máy xác định tốc độ từ xa dùng sóng radar, tín hiệu được phát ra từ radar đi đến vật thể đang chuyển động, tốc độ được xác định từ việc đo khoảng cách tới vật hoặc đo tần số sóng phản xạ lại theo hiệu ứng Doppler.
- Cảm biến tốc độ có giá khoảng vài trăm nghìn đồng.



2. Vì sao cảm biến khoảng cách sử dụng sóng siêu âm có thể phát hiện được sản phẩm bị móp, méo hoặc nứt trên băng chuyền?



▲ Hình 8.3. Máy xác định tốc độ từ xa

3. Tìm hiểu đặc điểm của máy xác định tốc độ từ xa dùng tia laser và so sánh với máy xác định tốc độ dùng sóng radar.

Cảm biến gia tốc

Cảm biến gia tốc (Hình 8.4a) là thiết bị cảm nhận và biến đổi gia tốc của một vật chuyển động thành tín hiệu điện.

Cảm biến gia tốc có ba loại: áp điện, áp suất và điện dung. Cảm biến gia tốc áp điện sử dụng hiệu ứng áp điện để cảm nhận sự thay đổi của gia tốc, được sử dụng phổ biến nhất trong đo độ rung và độ xóc. Cảm biến gia tốc áp suất kém nhạy hơn nhiều so với cảm biến gia tốc áp điện và được sử dụng trong thử nghiệm va chạm xe. Cảm biến gia tốc điện dung cảm nhận sự thay đổi điện dung giữa các cấu trúc vi mô nằm bên cạnh thiết bị, khi xuất hiện một lực tạo ra gia tốc làm di chuyển một trong các cấu trúc này thì điện dung của hệ sẽ thay đổi và cảm biến gia tốc sẽ chuyển điện dung đó thành hiệu điện thế. Khối thu thập, xử lý số liệu được kết nối với cảm biến sẽ quy đổi giá trị hiệu điện thế này thành giá trị gia tốc của vật chuyển động.

Cảm biến gia tốc có một số ứng dụng:

- Sử dụng trong xe hơi để phát hiện tai nạn và điều khiển bung túi khí khi gia tốc vượt giới hạn an toàn (Hình 8.4b).
- Giúp điện thoại nhận biết hướng của gia tốc trọng trường để điều khiển xoay màn hình.
- Giám sát tình trạng của máy móc bằng cách theo dõi sự rung động và thay đổi trong thời gian hoạt động của trục trên ổ bi của các thiết bị quay.
- Gắn trên các động vật (Hình 8.4c) giúp thu được dữ liệu về hành vi của chúng.

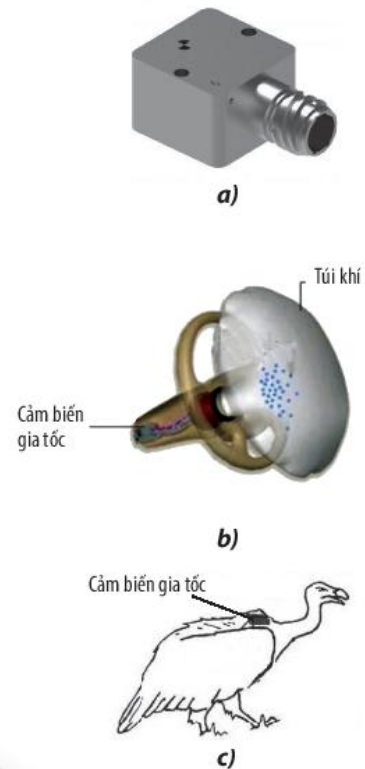
Cảm biến gia tốc có giá từ vài trăm nghìn đến vài triệu đồng.

Cảm biến lực

Cảm biến lực (Hình 8.5a) là thiết bị cảm nhận và biến đổi lực thành tín hiệu điện.

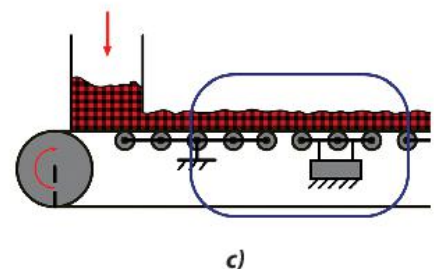
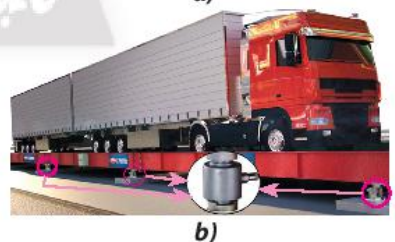
Có nhiều loại cảm biến đo lực, trong đó cảm biến áp điện có cấu tạo dạng tấm mỏng chế tạo từ vật liệu áp điện (như thạch anh) với hai mặt được phủ hai lớp kim loại đóng vai trò hai bản cực, hoạt động dựa vào hiệu ứng áp điện: dưới tác dụng của lực cơ học, tấm áp điện bị biến dạng làm xuất hiện trên hai bản cực các điện tích trái dấu, hiệu điện thế xuất hiện giữa hai bản cực tỉ lệ với lực tác dụng.

Cảm biến lực Load cell có cấu tạo là bốn điện trở mắc thành cầu điện trở, các điện trở này là những sợi dây kim loại mảnh có giá trị phụ thuộc vào lực tác dụng, được đặt trên tấm cách điện đàn hồi. Khi không có lực tác dụng lên thân



Hình 8.4. Cảm biến gia tốc:

- a) hình ảnh thực tế;
b) được kết nối với vô lăng ô tô;
c) được gắn trên cơ thể động vật



Hình 8.5. Cảm biến lực:

- a) hình ảnh thực tế;
b) ứng dụng ở cân tải trọng ô tô;
c) ứng dụng ở cân điện tử bằng tải

cảm biến thì hiệu điện thế đầu ra có giá trị 0, khi xuất hiện lực tác dụng lên thân cảm biến thì giá trị của điện trở thay đổi kéo theo sự thay đổi của hiệu điện thế đầu ra.

Cảm biến lực có một số ứng dụng:

- Cân tải trọng ô tô: Các ô tô có tải trọng lớn sẽ được cân bởi hệ thống cân điện tử có gắn cảm biến lực (Hình 8.5b). Trọng lượng của xe sẽ tác dụng áp lực lên bàn cân, tín hiệu từ các cảm biến lực được chuyển về bộ phận giám sát và hiển thị giá trị trọng lượng của xe, từ đó có thể suy ra khối lượng xe.
- Cân điện tử bằng tải: Hệ thống bằng tải được gắn các cảm biến (Hình 8.5c), mỗi cảm biến có giá trị độc lập. Thông qua bộ chuyển đổi tín hiệu, tín hiệu hiệu điện thế ở đầu ra của các cảm biến lực được truyền về bộ phận trung tâm và hiển thị trọng lượng của vật.

Cảm biến lực có giá từ vài chục nghìn đến vài triệu đồng.

►► Cảm biến ánh sáng

Cảm biến ánh sáng (Hình 8.6) là thiết bị cảm nhận và biến đổi cường độ ánh sáng thành tín hiệu điện.

Cảm biến ánh sáng có nhiều loại như cảm biến ánh sáng sử dụng điện trở phụ thuộc ánh sáng, cảm biến ánh sáng sử dụng diode quang, cảm biến ánh sáng sử dụng transistor quang,...

Cảm biến ánh sáng sử dụng diode quang hoạt động dựa trên hiện tượng quang điện trong, trong đó, tín hiệu ánh sáng khi chiếu tới diode quang sẽ được biến đổi thành tín hiệu điện. Khi ánh sáng có cường độ biến thiên chiếu vào diode quang thì cường độ dòng điện ngược qua diode cũng biến thiên, ánh sáng càng mạnh thì cường độ dòng ngược càng lớn.

Cảm biến ánh sáng được sử dụng trong các thiết bị điều khiển từ xa, thiết bị điện tử, thiết bị y tế, thiết bị đo lường hoặc trong các thiết bị bật tắt đèn tự động, báo trộm, mở cửa tự động,...

Cảm biến ánh sáng có giá từ vài chục nghìn đến vài triệu đồng.



▲ Hình 8.6. Cảm biến ánh sáng



4. Tìm hiểu và trình bày cấu tạo của diode quang trong cảm biến ánh sáng.



Trong nhà máy sản xuất nước giải khát có ga, để đảm bảo quy tắc an toàn, ta phải kiểm soát được nhiệt độ máy trong quá trình pha chế nguyên liệu, theo dõi lưu lượng và áp suất khí CO_2 do máy pha chế đồ uống tạo ra và mực nước giải khát được bơm vào trong chai. Hãy thảo luận nhóm để phân loại các cảm biến đo nhiệt độ, áp suất, lưu lượng và mức chất lỏng hay rắn trong bình chứa được sử dụng trong công nghiệp theo nguyên tắc hoạt động, phạm vi sử dụng và hiệu quả kinh tế.

3 ĐIỆN TRỞ PHỤ THUỘC ÁNH SÁNG

►► Cấu tạo

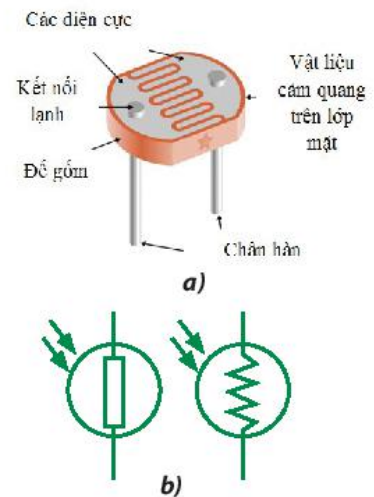
Điện trở phụ thuộc ánh sáng (LDR – Light Dependent Resistor) là điện trở thuần được chế tạo bằng vật liệu có tính quang dẫn, có trị số giảm khi được chiếu sáng, có hình dạng thực tế như Hình 8.7a và thường được kí hiệu trong mạch điện như Hình 8.7b.

►► Nguyên tắc hoạt động của cảm biến sử dụng điện trở phụ thuộc ánh sáng

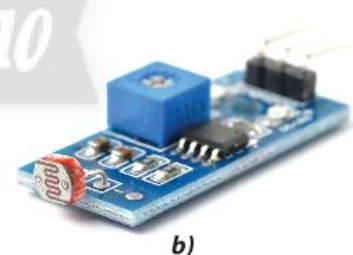
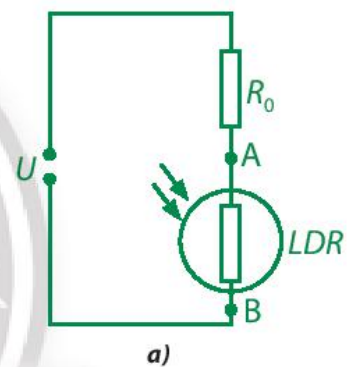
Do điện trở của LDR thay đổi theo cường độ sáng nên nó được sử dụng để làm cảm biến ánh sáng. Để chuyển tín hiệu ánh sáng thành tín hiệu điện, ta mắc mạch điện như Hình 8.8a, trong đó U và R_0 có giá trị không đổi. Khi điện trở R của LDR thay đổi thì hiệu điện thế U_{AB} cũng thay đổi, hiệu điện thế này được sử dụng để điều khiển mạch điện thứ hai.

Một module mạch cảm biến ánh sáng như Hình 8.8b hoạt động như sau: Khi có ánh sáng từ ngoài chiếu vào bề mặt LDR, cảm biến tiếp nhận ánh sáng và cho ra giá trị 0 V hoặc 3,3 V (5 V) tương ứng với trường hợp cảm biến được đặt ngoài sáng hoặc trong tối.

Loại cảm biến sử dụng LDR cho tín hiệu ổn định và có độ chính xác cao, do đó được ứng dụng phổ biến trong đời sống hằng ngày như: trong mạch dò sáng tối để đóng ngắt đèn chiếu sáng; trong mạch báo trộm (nếu quá trình nhận ánh sáng của cảm biến bị gián đoạn nghĩa là có vật thể đã lướt ngang vùng mà ta cần quan sát); trong việc điều khiển độ sáng màn hình của điện thoại thông minh, máy tính xách tay, máy tính bảng; trong máy đo cường độ sáng;...



▲ Hình 8.7. LDR:
a) hình dạng thực tế;
b) kí hiệu trong mạch điện



▲ Hình 8.8. Cảm biến ánh sáng sử dụng LDR:
a) Sơ đồ mạch điện dùng LDR làm cảm biến;
b) Module mạch cảm biến ánh sáng



Tìm hiểu sơ đồ và nguyên lý hoạt động của một mạch điện có cảm biến sử dụng điện trở phụ thuộc ánh sáng.

4 CẢM BIẾN SỬ DỤNG ĐIỆN TRỞ NHIỆT

Điện trở nhiệt

Điện trở nhiệt (thermistor) là linh kiện điện tử có giá trị điện trở thay đổi một cách rõ rệt dưới tác dụng của nhiệt.

Điện trở nhiệt được cấu tạo từ hỗn hợp các bột oxide, hỗn hợp này thường gồm hai hoặc ba loại oxide kim loại và oxide kẽm có tỉ lệ khối lượng nhất định, được nén chặt trong một vỏ bọc gốm và vật liệu cách nhiệt, rồi được nung ở nhiệt độ cao. Mức độ dẫn điện của hỗn hợp này sẽ thay đổi khi nhiệt độ hỗn hợp oxide thay đổi. Hiện nay, người ta thường sử dụng nickel và chromium với tỉ lệ trộn 80% nickel và 20% chromium để làm dây điện trở nhiệt.

Điện trở nhiệt có đặc điểm là có giá trị điện trở phụ thuộc không tuyến tính vào nhiệt độ. Có hai loại điện trở nhiệt (Hình 8.9a):

- Điện trở nhiệt hệ số dương PTC (Positive Temperature Coefficient): được chế tạo từ vanadium oxide, barium titanate,... Khi nhiệt độ tăng thì giá trị của điện trở nhiệt tăng (khi nhiệt độ nhỏ hơn 110°C thì sự biến đổi điện trở là không đáng kể, khi nhiệt độ vượt 110°C thì giá trị của các loại điện trở này có thể tăng nhanh, đến hàng nghìn $\text{M}\Omega$).

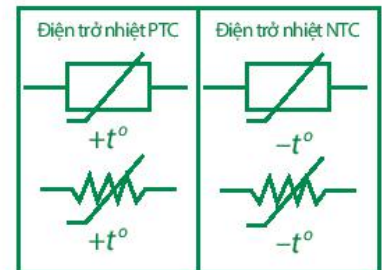
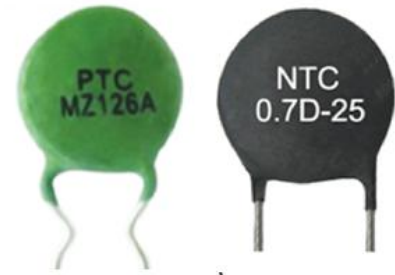
- Điện trở nhiệt hệ số âm NTC (Negative Temperature Coefficient): được chế tạo từ các oxide sắt, manganese, nickel, đồng,... Khi nhiệt độ tăng thì giá trị của điện trở nhiệt giảm (trong mức $0 - 1500^{\circ}\text{C}$, giá trị của điện trở nhiệt giảm khoảng 100 lần).

Kí hiệu trong mạch điện của hai loại điện trở nhiệt được mô tả trong Hình 8.9b.

Nguyên tắc hoạt động của cảm biến sử dụng điện trở nhiệt

Cảm biến sử dụng điện trở nhiệt hoạt động dựa trên nguyên tắc: khi nhiệt độ môi trường cần đo thay đổi thì giá trị của điện trở nhiệt sẽ tăng hoặc giảm theo một quy luật xác định, cảm biến sẽ đưa ra một tín hiệu điện, gửi đến bộ xử lý để biểu thị giá trị nhiệt độ tương ứng.

Những ưu điểm của loại cảm biến này là hoạt động ổn định, giá thành rẻ, dễ chế tạo.



Hình 8.9. a) Điện trở nhiệt; b) Kí hiệu hai loại điện trở nhiệt trong mạch điện



5. Tìm hiểu một ứng dụng cụ thể của từng loại điện trở nhiệt PTC và NTC.

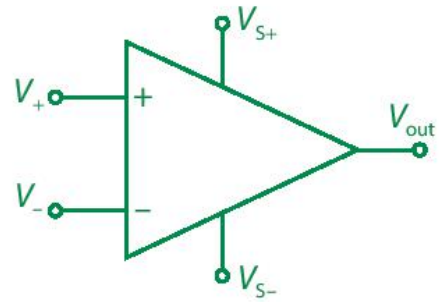
6. Tìm hiểu và trình bày các mạch điện thông dụng có cảm biến sử dụng điện trở nhiệt.

Cảm biến sử dụng điện trở nhiệt có thể được sử dụng trong các thiết bị gia dụng cần kiểm soát nhiệt độ như bếp cảm ứng, nồi hơi, nồi cơm điện, lò vi sóng, lò nướng, ấm siêu tốc,...; trong các phần mạch bảo vệ quá nhiệt của bộ cấp nguồn điện; trong bộ phận đo lường và bù nhiệt tự động hoá của máy in, máy photocopy.

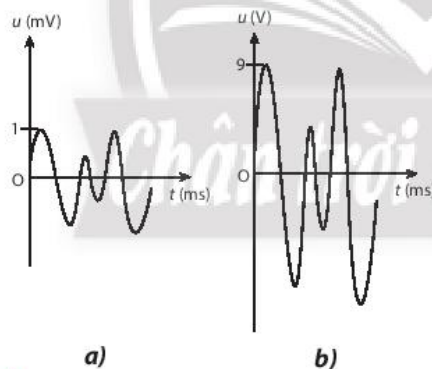
5 BỘ KHUẾCH ĐẠI THUẬT TOÁN LÝ TƯỜNG

Bộ khuếch đại là mạch điện giúp tăng biên độ tín hiệu điện lên nhiều lần. Bộ khuếch đại lý tưởng có hệ số khuếch đại lớn (hệ số khuếch đại được xác định bởi tỉ số giữa biên độ tín hiệu điện đầu ra và biên độ tín hiệu điện đầu vào) và không làm thay đổi dạng tín hiệu.

Bộ khuếch đại thuật toán, viết tắt là op-amp (operational amplifier), là một bộ khuếch đại có thể thực hiện được nhiều chế độ khuếch đại. Mỗi op-amp có hai đầu vào và một đầu ra (Hình 8.10): đầu vào V_+ gọi là đầu vào không đảo và đánh dấu +, đầu vào V_- gọi là đầu vào đảo và đánh dấu -, đầu ra là V_{out} . Khi có tín hiệu đưa đến đầu vào không đảo thì tín hiệu ra có giá trị cùng dấu với tín hiệu vào (Hình 8.11), khi có tín hiệu đưa đến đầu vào đảo thì tín hiệu ra có giá trị ngược dấu với tín hiệu vào. Hai đầu V_{S+} và V_{S-} nối với nguồn một chiều để op-amp hoạt động.



▲ Hình 8.10. Kí hiệu của op-amp trong mạch điện



▲ Hình 8.11. a) Tín hiệu đầu vào;

b) Tín hiệu đầu ra được khuếch đại không đảo dùng op-amp



7. Phác hoạ đồ thị tín hiệu đầu ra trong trường hợp tín hiệu đầu vào như Hình 8.11a được khuếch đại đảo dùng op-amp.

Hệ số khuếch đại hiệu điện thế của một op-amp, kí hiệu K , được xác định bằng tỉ số giữa hiệu điện thế đầu ra U_{ra} và hiệu điện thế giữa hai đầu vào $U_{vào}$ (với $U_{vào} = V_+ - V_-$).

Bên trong op-amp là một mạch điện phức tạp với nhiều transistor, điện trở, tụ điện,... được tích hợp trên một bản mạch với nhiều chân ra gọi là IC khuếch đại thuật toán (Hình 8.12a).

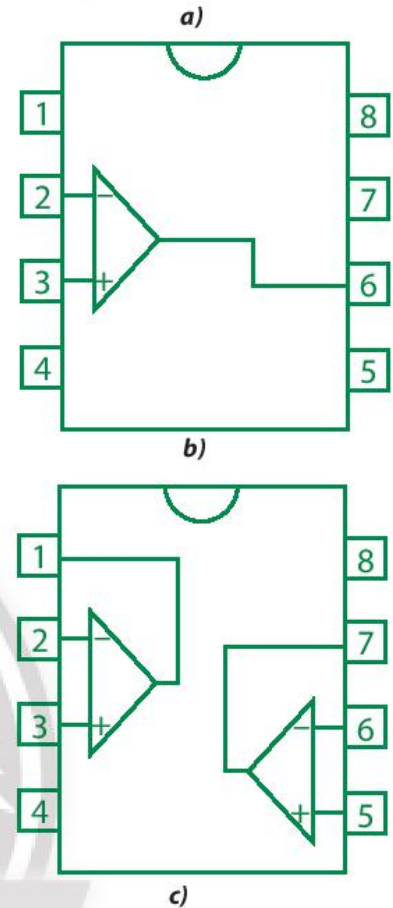
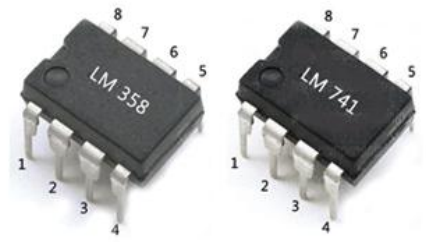
Ví dụ:

– IC 741 có sơ đồ chân như Hình 8.12b, trong đó: chân (7) được nối với nguồn dương và chân (4) được nối với nguồn âm là hai chân cấp nguồn, chân (2) là đầu vào đảo, chân (3) là đầu vào không đảo, chân (6) là đầu ra, chân (1) và chân (5) là các chân bù 0 (một biến trở được kết nối giữa các chân này để đặt đầu ra về 0), chân (8) được tạo ra để lắp đầy hoàn toàn IC có 8 chân tiêu chuẩn và không có kết nối với mạch bên trong của op-amp.

– IC LM358 có 2 op-amp bên trong với sơ đồ chân như Hình 8.12c, trong đó: chân (1) và chân (7) là các đầu ra, chân (2) và chân (6) là các đầu vào đảo, chân (3) và chân (5) là các đầu vào không đảo, chân (4) là chân âm cho cả hai op-amp, chân (8) là chân dương cho cả hai op-amp. Trong một số mạch điện, IC này được sử dụng với chức năng so sánh, lúc này chỉ có một op-amp được sử dụng.

Một số tính chất cơ bản của op-amp lí tưởng:

- Không gây nhiễu trong quá trình khuếch đại do đầu ra chỉ khuếch đại sự sai lệch giữa hai tín hiệu đầu vào.
- Có thể khuếch đại các tín hiệu có biên độ rất nhỏ do hệ số khuếch đại rất lớn.
- Có thể khuếch đại các tín hiệu có công suất bé do tổng trở đầu vào rất lớn.
- Có thể cung cấp dòng điện ít bị hao hụt cho phụ tải do tổng trở đầu ra rất bé.
- Hoạt động được với nhiều dải tần số của tín hiệu đầu vào.



▲ Hình 8.12.

- a) IC 741 và IC LM358 trong thực tế;
b) Sơ đồ chân của IC 741;
c) Sơ đồ chân của IC LM358



Một op-amp có hệ số khuếch đại $K = 1\,000\,000$ được nối với nguồn một chiều 9 V. Xác định giá trị của U_{ra} trong các trường hợp $U_{vào}$ bằng:

- a) 4 μ V. b) 4 V. c) -4 V.

BÀI TẬP

Tìm hiểu và trình bày ứng dụng thực tiễn của một số loại cảm biến như: cảm biến nhiệt độ, cảm biến khói.

Bài 9. THIẾT BỊ ĐẦU RA

- Nguyên tắc hoạt động của mạch op-amp – relay.
- Nguyên tắc hoạt động của mạch op-amp – LED (light-emitting diode).
- Nguyên tắc hoạt động của mạch op-amp – CM (calibrated meter).
- Thiết kế một số mạch điện ứng dụng đơn giản có sử dụng thiết bị đầu ra.



Ngày nay, chất lượng cuộc sống được nâng cao nhờ sự phát triển của khoa học công nghệ. Trong đó, sự phát triển của ngành kĩ thuật điện tử vừa góp phần giải phóng sức lao động, vừa giảm sự phụ thuộc vào quá trình điều khiển của con người, mạch đóng ngắt đèn đường tự động là một ví dụ. Các mạch điện ứng dụng này sử dụng những thiết bị điện tử gì và hoạt động theo nguyên tắc nào?



1 DỰ ÁN NGHIÊN CỨU

*** Xây dựng ý tưởng dự án và quyết định chủ đề:**

– **Mục đích:** Tìm hiểu nguyên tắc hoạt động của một số thiết bị đầu ra và thiết kế được một số mạch điện ứng dụng đơn giản có sử dụng thiết bị đầu ra.

– **Vấn đề thực tiễn:** So với nhà bình thường thì nhà thông minh có độ an toàn, tiện nghi và tiết kiệm hơn là do hoạt động của các thiết bị diễn ra một cách tự động theo một chế độ cài đặt trước. Hãy thiết kế một mạch điện ứng dụng mạch op-amp – relay hay op-amp – LED để thực hiện một hoạt động tự động hoá cho ngôi nhà của bạn.

*** Lập kế hoạch thực hiện dự án:**

– Xác định rõ vấn đề cần nghiên cứu.

– Chọn một hoạt động tự động hoá và tìm một mạch điện ứng dụng thực hiện hoạt động đó, gửi giáo viên hướng dẫn bản mạch điện để nhận được sự hỗ trợ về lí thuyết và thiết bị.

– Tìm hiểu các linh kiện điện tử có trong mạch điện, cách đấu nối các linh kiện, chú ý trị số của các đại lượng để mạch hoạt động bình thường.

– Lựa chọn các linh kiện, lắp ráp mạch điện và tiến hành kiểm tra hoạt động của mạch điện.

– Viết báo cáo quá trình thực hiện dự án, trong đó cần nêu được những khó khăn và giải pháp khắc phục.

*** Báo cáo dự án:**

Báo cáo kết quả thực hiện dự án.

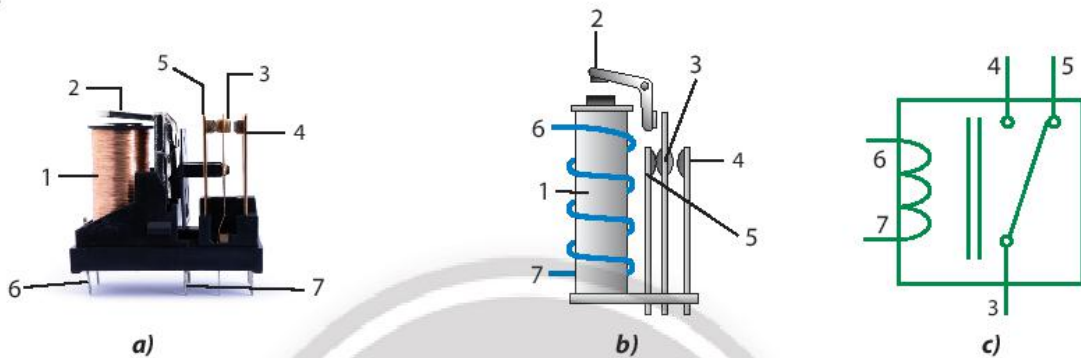


1. Tìm hiểu tài liệu và trình bày ngắn gọn nguyên tắc hoạt động của một số thiết bị đầu ra.

2. Hãy kể tên các linh kiện điện tử được sử dụng trong mạch đóng ngắt tự động.

2 MẠCH OP-AMP – RELAY

Relay là công tắc được kích hoạt bằng điện, được sử dụng để đóng hoặc ngắt dòng điện trong một mạch điện. Hình 9.1 mô tả một loại relay thông dụng là relay điện từ: Khi đặt vào hai tiếp điểm 6 và 7 một hiệu điện thế thì trong cuộn dây 1 có dòng điện. Khi này, cuộn dây 1 trở thành một nam châm điện tác dụng lực từ lên thanh sắt chuyển động 2 làm ngắt 3 – 5, đóng 3 – 4. Các tiếp điểm 3 và 4 khi được kết nối sẽ đóng mạch điện thứ hai.



▲ Hình 9.1. a) Một relay điện từ trong thực tế; b) Sơ đồ cấu tạo của relay; c) Kí hiệu relay trong mạch điện
1. Cuộn dây; 2. Thanh sắt chuyển động; 3. Tiếp điểm chung; 4. Tiếp điểm thường mở; 5. Tiếp điểm thường đóng; 6, 7. Tiếp điểm cấp nguồn relay

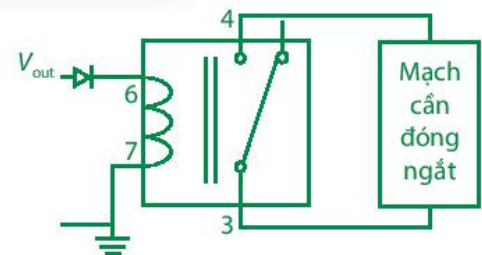
Mạch op-amp – relay với chức năng đóng ngắt mạch có sơ đồ khối như Hình 9.2: Khi giá trị của một đại lượng vật lý ghi nhận bởi cảm biến thay đổi thì mạch op-amp hoạt động, hiệu điện thế giữa đầu ra của op-amp và đất được đặt vào hai tiếp điểm cấp nguồn relay (lúc này có giá trị khác không) nên làm relay hoạt động đóng mạch điện thứ hai. Muốn relay chỉ đóng mạch khi hiệu điện thế đầu ra có giá trị dương thì mắc thêm một diode giữa op-amp và relay như Hình 9.3.



▲ Hình 9.2. Sơ đồ khối mạch op-amp – relay



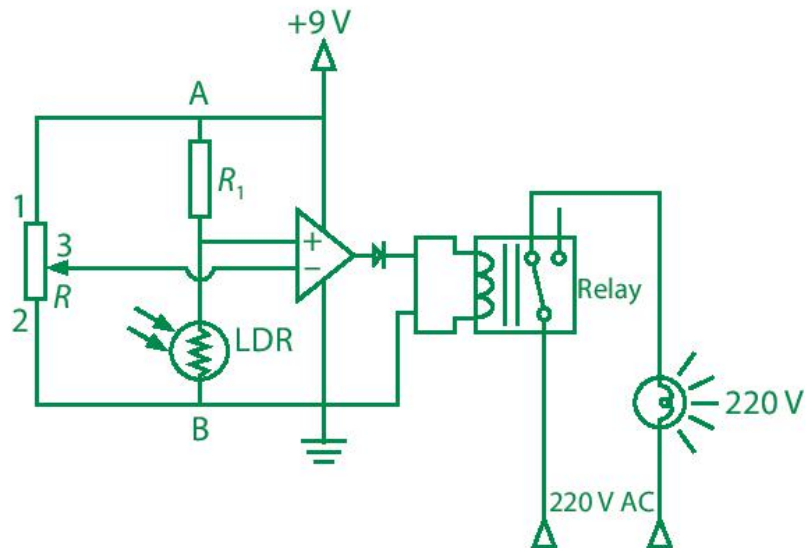
3. Tìm các linh kiện điện tử trong sơ đồ ở Hình 9.4 tương ứng với các khối trong sơ đồ ở Hình 9.2.



▲ Hình 9.3. Sơ đồ mạch điện dùng relay để đóng ngắt mạch



Hình 9.4 là một mạch điện sử dụng mạch op-amp – relay để thực hiện chức năng bật sáng đèn tự động khi trời tối. Hãy tìm hiểu nguyên lý hoạt động và tiến hành lắp mạch nếu có điều kiện.



▲ Hình 9.4. Mạch bật đèn đường khi trời tối dùng IC LM358

3 MẠCH OP-AMP – LED

LED (light-emitting diode) là một linh kiện điện tử, có đặc điểm là phát ra ánh sáng khi hai cực của nó được nối với nguồn điện một chiều có hiệu điện thế từ 2 – 4 V (Hình 9.5a). Trong mạch điện, LED được kí hiệu như Hình 9.5b.

Các LED công suất nhỏ chỉ cần dòng điện có cường độ khoảng vài chục miliampe để hoạt động bình thường nên dòng điện từ đầu ra của op-amp có thể đáp ứng yêu cầu này. Mạch op-amp – LED với chức năng báo hiệu có sơ đồ khối như Hình 9.6: Khi giá trị của đại lượng vật lý ta đang quan tâm thay đổi thì cảm biến sẽ ghi nhận, mạch op-amp hoạt động và đèn LED trong Hình 9.7 sẽ sáng lên nếu hiệu điện thế đầu ra U_{ra} của op-amp so với đất có giá trị dương phù hợp. Giá trị của điện trở bảo vệ R được xác định dựa trên giá trị của U_{ra} và giá trị định mức của LED được sử dụng.



▲ Hình 9.6. Sơ đồ khối mạch op-amp – LED



a)

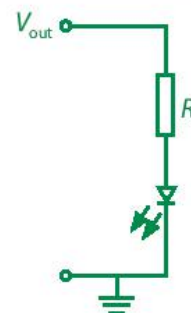


b)

▲ Hình 9.5. a) Đèn LED; b) Kí hiệu của LED trong mạch điện



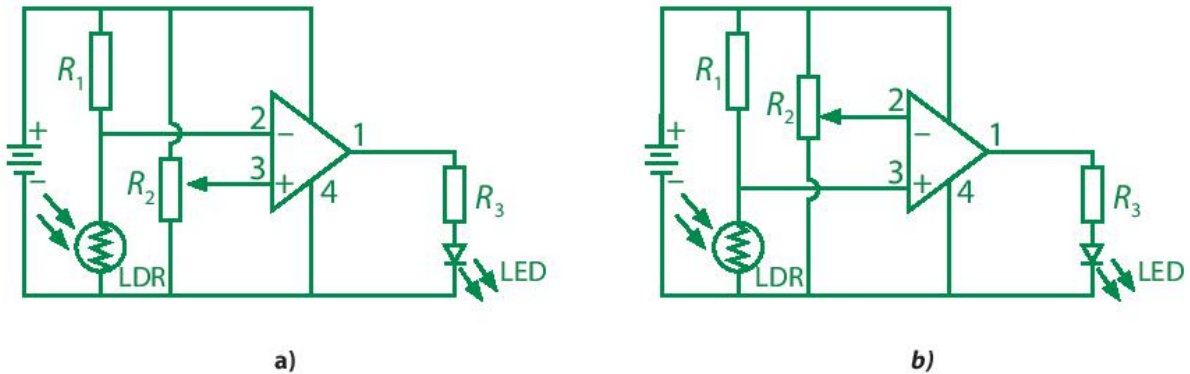
4. Tìm các linh kiện điện tử trong sơ đồ ở Hình 9.8 tương ứng với các khối trong sơ đồ ở Hình 9.6.



▲ Hình 9.7. Sơ đồ mạch điện dùng LED để báo hiệu



Hình 9.8 bên dưới là các mạch bật đèn LED khi trời sáng và khi trời tối. Hãy tìm hiểu nguyên lý hoạt động, tiến hành lắp mạch điện tự động bật đèn sáng khi trời tối.



▲ Hình 9.8. Mạch bật đèn LED: a) Khi trời sáng; b) Khi trời tối



Tìm hiểu và nêu một số ứng dụng của mạch op-amp – LED trong thực tế.



MẠCH OP-AMP – CM

Hiệu điện thế đầu ra của op-amp có thể được sử dụng để đo một số đại lượng vật lý như nhiệt độ, cường độ ánh sáng,...

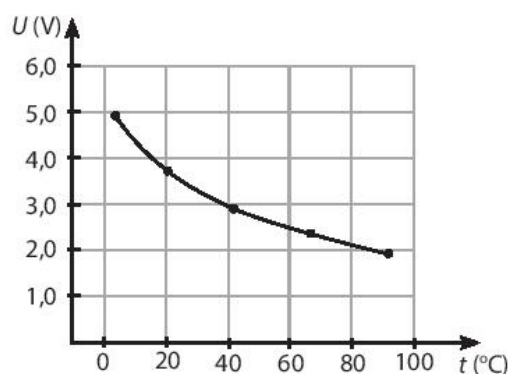


▲ Hình 9.9. Sơ đồ khối mạch op-amp – CM

Mạch op-amp – CM với chức năng đo các đại lượng vật lý thông qua hiệu điện thế U_{ra} giữa đầu ra của op-amp và đất có sơ đồ khối như Hình 9.9: Khi giá trị của đại lượng vật lý cần đo thay đổi và được cảm biến ghi nhận, mạch op-amp hoạt động, giá trị của U_{ra} ghi bởi vôn kế cũng thay đổi theo. Để chuyển số chỉ của vôn kế thành số chỉ của đại lượng cần đo một cách chính xác nhất, ta cần thực hiện quá trình hiệu chuẩn. Ví dụ: Nếu trong Hình 9.9 là cảm biến đo nhiệt độ thì để hiệu chuẩn ta cần thêm một nhiệt kế để xác định giá trị nhiệt độ t ($^{\circ}\text{C}$) mà cảm biến đang ghi nhận tương ứng với số chỉ U (V) của vôn kế. Từ các cặp số liệu (t , U) thu nhận được trong phạm vi đo của vôn kế, ta vẽ được một đồ thị biểu diễn mối liên hệ giữa U và t gọi là đường cong hiệu chuẩn (Hình 9.10). Từ đường cong này, với mỗi giá trị của U ta sẽ tìm được nhiệt độ t tương ứng.



5. Dựa vào Hình 9.10, trình bày cách xác định giá trị của nhiệt độ t khi biết giá trị của hiệu điện thế U tương ứng.



▲ **Hình 9.10.** Đường cong hiệu chuẩn biểu diễn mối liên hệ giữa hiệu điện thế đầu ra của op-amp và nhiệt độ vật cần đo (các điểm đo thực nghiệm được xác định bằng những dấu ●)

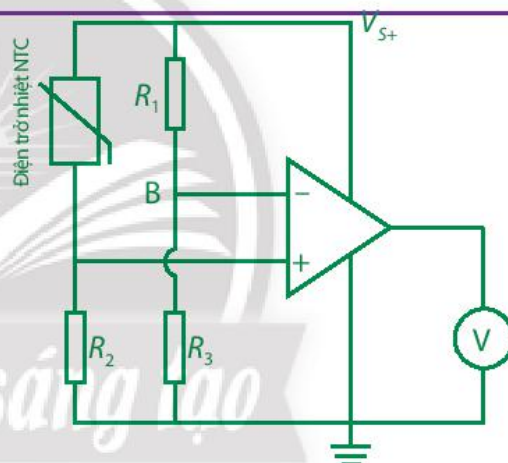
Nếu sử dụng vôn kế chỉ thị kim, ta có thể xác định trực tiếp giá trị của nhiệt độ khi hiệu chuẩn như sau: Ghi giá trị nhiệt độ đo được bằng nhiệt kế chuẩn trên mặt vôn kế tại vị trí kim dừng, thực hiện với nhiều giá trị nhiệt độ khác nhau sẽ tạo ra nhiều vạch chỉ thị nhiệt độ trên toàn thang đo của vôn kế.



6. Tìm các linh kiện điện tử trong sơ đồ ở Hình 9.11 tương ứng với các khối trong sơ đồ ở Hình 9.9.



Hình 9.11 là một mạch điện op-amp – CM dùng để đo nhiệt độ. Hãy tìm hiểu nguyên lý hoạt động, tiến hành lắp mạch điện và sử dụng đo nhiệt độ tại một khu vực mà em chọn.



▲ **Hình 9.11.** Mạch op-amp – CM để đo nhiệt độ



Dựa vào các tài liệu đa phương tiện để viết một bài luận ngắn hoặc dựng một video trình bày một số ứng dụng của các thiết bị đầu ra đã được học.

BÀI TẬP

Thiết kế mạch điện ứng dụng mạch op-amp – relay và op-amp – LED đáp ứng yêu cầu sau: Một căn phòng có sử dụng lò sưởi, khi nhiệt độ trong phòng giảm đến giá trị T_1 cho trước, đèn LED 1 báo hiệu bật sáng, lò sưởi được khởi động. Khi nhiệt độ trong phòng tăng đến giá trị T_2 cho trước thì đèn LED 1 tắt, đèn LED 2 sáng, đồng thời lò sưởi được cho ngừng hoạt động.

GIẢI THÍCH THUẬT NGỮ

Chuyên đề	Thuật ngữ	Giải thích thuật ngữ	Trang
2	Băng thông	Hiệu của tần số lớn nhất và nhỏ nhất tương ứng với dải tần số truyền tải.	29
3	Cảm biến	Thiết bị cảm nhận trạng thái hay sự thay đổi tính chất của môi trường và chuyển thành tín hiệu.	42
3	Cường độ sáng	Đại lượng vật lý đặc trưng cho độ mạnh, yếu của ánh sáng.	42
2	Dao động kí điện tử	Thiết bị dùng để quan sát dạng tín hiệu theo thời gian.	37
3	Điện dung	Đại lượng đặc trưng cho khả năng tích điện của tụ điện.	46
3	Độ dẫn điện	Khả năng cho dòng điện đi qua của vật chất.	49
3	Dòng điện xoay chiều	Dòng điện có cường độ biến thiên tuần hoàn với thời gian theo quy luật của hàm số sin hay cosin.	45
2	Giải điều chế	Quá trình tách sóng thông tin có ích ra khỏi sóng mang cao tần.	31
3	Hiện tượng cảm ứng điện từ	Hiện tượng xuất hiện dòng điện cảm ứng trong mạch kín khi từ thông qua mạch kín biến thiên.	45
3	Hiệu ứng Doppler	Hiện tượng thay đổi tần số hoặc bước sóng của sóng so với người quan sát đang di chuyển với nguồn phát ra sóng.	45
3	IC	Còn gọi là chip, là một khối bao gồm nhiều linh kiện điện tử bán dẫn kết hợp với các linh kiện điện tử để thực hiện chức năng nhất định.	50
3	Laser	Nguồn sáng phát ra một chùm sáng cường độ lớn dựa trên việc ứng dụng hiện tượng phát xạ cảm ứng.	43
3	Lưu lượng	Lượng chất lỏng (hay khí) chảy qua tiết diện ngang của ống dòng trong một đơn vị thời gian.	47

2	Sóng thông tin	Sóng điện từ mang thông tin cần được truyền tải.	31
3	Suất điện động	Đại lượng đặc trưng cho khả năng thực hiện công của nguồn điện.	45
3	Tổng trở	Tổng trở của mạch điện xoay chiều là đại lượng đặc trưng cho điện trở của mạch điện xoay chiều.	51



*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:

Tổng Giám đốc HOÀNG LÊ BÁCH

Chịu trách nhiệm nội dung:

Tổng biên tập PHẠM VĨNH THÁI

Biên tập nội dung: NGUYỄN BÔNG – PHẠM TRƯỜNG THỊNH

Biên tập mỹ thuật: BÙI XUÂN DƯƠNG

Thiết kế sách: BÙI XUÂN DƯƠNG – NGUYỄN NGỌC THUY HOÀ

Trình bày bìa: TỐNG THANH THẢO – ĐẶNG NGỌC HÀ

Minh họa: NGUYỄN NGỌC THUY HOÀ – PHAN THỊ NGỌC ANH

Sửa bản in: NGUYỄN BÔNG – PHẠM TRƯỜNG THỊNH

Chế bản tại: CÔNG TY CP DỊCH VỤ XUẤT BẢN GIÁO DỤC GIA ĐỊNH

Bản quyền thuộc Nhà xuất bản Giáo dục Việt Nam.

Xuất bản phẩm đã đăng kí quyền tác giả. 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 (Chân trời sáng tạo)**

Mã số:

In.....bản, (QĐ in số...) Khổ 19x26,5 cm.

Đơn vị in:.....

Cơ sở in:.....

Số ĐKXB:

Số QĐXB: ... ngày ... tháng ... năm 20 ...

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

Mã số ISBN:





HUÂN CHƯƠNG HỒ CHÍ MINH

BỘ SÁCH GIÁO KHOA LỚP 11 – CHÂN TRỜI SÁNG TẠO

1. Toán 11, Tập một
2. Toán 11, Tập hai
3. Chuyên đề học tập Toán 11
4. Ngữ văn 11, Tập một
5. Ngữ văn 11, Tập hai
6. Chuyên đề học tập Ngữ văn 11
7. Tiếng Anh 11
Friends Global - Student Book
8. Lịch sử 11
9. Chuyên đề học tập Lịch sử 11
10. Địa lí 11
11. Chuyên đề học tập Địa lí 11
12. Giáo dục kinh tế và pháp luật 11
13. Chuyên đề học tập Giáo dục kinh tế và pháp luật 11
14. Vật lí 11
15. Chuyên đề học tập Vật lí 11
16. Hoá học 11
17. Chuyên đề học tập Hoá học 11
18. Sinh học 11
19. Chuyên đề học tập Sinh học 11
20. Âm nhạc 11
21. Chuyên đề học tập Âm nhạc 11
22. Hoạt động trải nghiệm, hướng nghiệp 11 (1)
23. Hoạt động trải nghiệm, hướng nghiệp 11 (2)
24. Giáo dục quốc phòng và an ninh 11

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 chia khoá.

