

Giải bài tập trang 166 SGK Vật lý lớp 11: Khúc xạ ánh sáng

A. KIẾN THỨC CẦN NẮM VỮNG

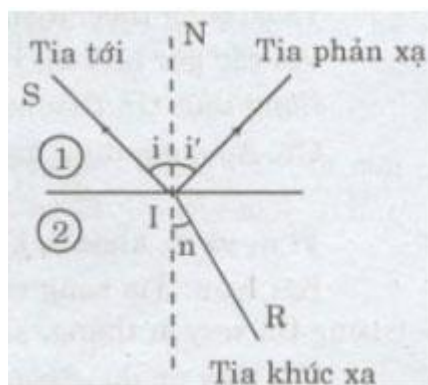
I. Khúc xạ ánh sáng

1. Hiện tượng khúc xạ ánh sáng

Là một hiện tượng lệch phương của các tia sáng khi truyền xiên góc qua mặt phân cách giữa hai môi trường trong suốt khác nhau.

2. Định luật khúc xạ ánh sáng

- Tia khúc xạ nằm trong mặt phẳng tới và ở bên kia pháp tuyến so với tia tới.



- Với hai môi trường trong suốt nhất định, tỉ số giữa sin góc tới ($\sin i$) và sin góc khúc xạ ($\sin r$) luôn không đổi ($\sin i / \sin r = \text{hằng số}$)

II. Chiết suất của môi trường

1. Chiết suất tỉ đối

Chiết suất tỉ đối của môi trường (2) chứa tia khúc xạ đối với môi trường (1) (chứa tia tới) được tính bằng công thức: $n_{21} = \sin i / \sin r$

$\sin r$

* Nếu $n_{21} > 1$ thì $r < i$. Tia khúc xạ lệch lại gần pháp tuyến hơn. Ta bảo môi trường (2) chiết quang hơn môi trường (1)

* Nếu $n_{21} < 1$ thì $r > i$. Tia khúc xạ bị lệch xa pháp tuyến hơn. Ta bảo môi trường (2) chiết quang kém hơn môi trường (1).

2. Chiết suất tuyệt đối

Chiết suất tuyệt đối của một môi trường là chiết suất tỉ đối của môi trường đó đối với chân không. Chiết suất tuyệt đối thường được gọi tắt là chiết suất.

Mọi môi trường trong suốt đều có chiết suất tuyệt đối lớn hơn 1.

3. Công thức liên hệ giữa chiết suất tỉ đối và chiết suất tuyệt đối của 2 môi trường trong suốt.

$$n_{21} = n_2 / n_1$$

Trong đó:

n_{21} là chiết suất của môi trường (2) đối với môi trường (1)

n_2 là chiết suất tuyệt đối của môi trường (2)

n_1 là chiết suất tuyệt đối của môi trường (1)

Vậy công thức của định luật khúc xạ ánh sáng có thể viết theo dạng đối xứng: $n_1 \sin i = n_2 \sin r$

4. Tính thuận nghịch của sự truyền ánh sáng

“Nếu ánh sáng truyền đi theo đường nào thì cũng truyền ngược lại theo đường đó” Từ tính thuận nghịch, ta có: $n_{12} = 1/n_{21}$

B. CÂU HỎI VẬN DỤNG

C1. Viết công thức của định luật khúc xạ với các góc nhỏ ($< 10^\circ$)

Hướng dẫn

Ta có công thức: $n_1 \sin i = n_2 \sin r$

Với các góc nhỏ thì $i \approx \sin i$ và $r \approx \sin r$ Công thức trở thành: $n_1 \cdot i = n_2 \cdot r$

C2. Áp dụng định luật khúc xạ cho trường hợp $i = 0^\circ$. Kết luận.

Hướng dẫn

Vì n_1 và n_2 khác 0, khi $i = 0$ thì $\sin i = 0 \Rightarrow \sin r = 0$ và $r = 0$ Kết luận: Tia sáng truyền vuông góc với mặt phân cách giữa hai môi trường thì truyền thẳng, không bị gãy khúc (tức không bị khúc xạ).

C3. Hãy áp dụng công thức của định luật khúc xạ cho sự khúc xạ liên tiếp vào nhiều môi trường có chiết suất $n_1, n_2, \dots, n_n$ và có các mặt phân cách song song với nhau. Nhận xét.

Hướng dẫn

Xét ánh sáng truyền lần lượt từ môi trường (1) sang (2), sang (3) ... cuối cùng là n.

Với môi trường (1) và (2): $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$

Với môi trường (2) và (3): $n_2 \sin i_2 = n_3 \sin i_3$

Với môi trường (n - 1) và (n): $n_{(n-1)} \sin i_{(n-1)} = n_n \sin i_n$

Cuối cùng ta được: $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 = n_3 \sin i_3 = \dots n_n \sin i_n$.

Nhận xét: Có thể viết tổng quát: $n \sin i = \text{hằng số}$. về hình thức, cách viết này giống với cách viết của các định luật bảo toàn

C. CÂU HỎI - BÀI TẬP

1. Thế nào là hiện tượng khúc xạ ánh sáng? Phát biểu định luật khúc xạ ánh sáng.

Hướng dẫn

Hiện tượng khúc xạ ánh sáng là hiện tượng lệch phương (gãy) của các tia sáng khi truyền xiên góc qua mặt phân cách giữa hai môi trường trong suốt khác nhau. Định luật khúc xạ ánh sáng:

- Tia khúc xạ nằm trong mặt phẳng tới (tạo bởi tia tới và pháp tuyến), ở phía bên kia pháp tuyến so với tia tới.
- Với hai môi trường trong suốt nhất định, tỉ số giữa sin góc tới ($\sin i$) và sin góc khúc xạ ($\sin r$) luôn không đổi: $\sin i / \sin r = \text{hằng số}$.

2. Chiết suất tỉ đối n_{21} của môi trường (2) đối với môi trường (1) là gì?

Hướng dẫn

Khi ánh sáng truyền từ môi trường (1) dưới góc tới i sang môi trường (2) dưới góc khúc xạ r . Đại lượng không đổi $n_2 = \sin i / \sin r$ gọi là chiết suất tỉ đối của môi trường (2) đối với môi trường (1).

3. Chiết suất tuyệt đối của môi trường là gì? Viết hệ thức liên hệ giữa chiết suất tỉ đối và chiết suất tuyệt đối.

Hướng dẫn

Chiết suất tuyệt đối của một môi trường là chiết suất tỉ đối của môi trường so với chân không; n_1 và n_2 là chiết suất tuyệt đối của môi trường (1) và (2).

Hệ thức liên hệ : $n_{21} = n_2 / n_1$

4. Theo công thức của định luật khúc xạ ánh sáng, trường hợp nào không có hiện tượng khúc xạ?

Hướng dẫn

Theo công thức của định luật khúc xạ ánh sáng $n_1 \sin i = n_2 \sin r$.

Vì n_1 và n_2 khác 0, khi $i = 0$ thì $\sin i = 0 \Rightarrow \sin r = 0$ và $r = 0$ Vậy, tia sáng truyền vuông góc với mặt phân cách giữa hai môi trường thì truyền thẳng, không bị-gãy khúc (tức không bị khúc xạ).

5. Thế nào là tính thuận nghịch của sự truyền ánh sáng?

Chứng tỏ $n_{12} = 1/n_{21}$ Nước có chiết suất là $4/3$.

Chiết suất của không khí đối với nước là bao nhiêu?

Hướng dẫn

Tính thuận nghịch của sự truyền ánh sáng: Khi ánh sáng truyền đi, nếu ánh sáng truyền theo đường nào thì cũng có thể truyền ngược lại theo đường đó.

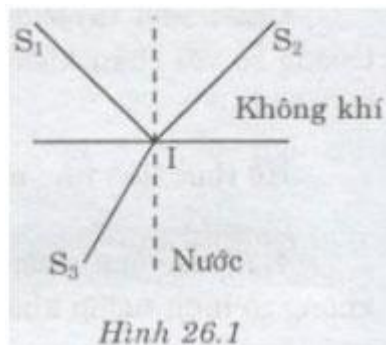
- Khi ánh sáng truyền từ môi trường (1) có chiết suất n_1 sang môi trường (2) có chiết suất n_2 thì: $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2 \Rightarrow \sin i_1 / \sin i_2 = n_2 / n_1$

- Khi ánh sáng truyền ngược từ môi trường (2) có chiết suất n_2 sang môi trường (1) có chiết suất n_1 thì: $n_2 \sin i_2 = n_1 \sin i_1 \Rightarrow \sin i_2 / \sin i_1 = n_1 / n_2$

Từ (1) và (2) suy ra $n_{12} = n_1 / n_2$

* Nước có chiết suất là $4/3$, đây là chiết suất tuyệt đối của nước. Chiết suất tuyệt đối của không khí là 1 nên chiết suất tỉ của không khí đối với nước là $1/4 = 3/4$.

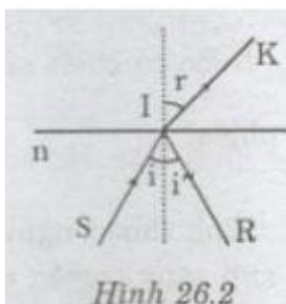
6. Một tia sáng truyền đến mặt thoáng của nước. Tia này cho một tia phản xạ ở mặt thoáng và một tia khúc xạ. Người ta vẽ các tia sáng này quên ghi lại chiều truyền trong hình 26.1. Tia nào dưới đây là tia tới?



A. Tia S1I. B. Tia S2I. C. Tia S3I. D. Tia S1I; S2I; S3I đều có thể là tia tới.

Hướng dẫn Chọn câu B. Chỉ có tia S2I mới là tia tới.

7. Tia sáng truyền từ nước ra không khí. Tia khúc xạ và tia phản xạ vuông góc với nhau. Nước có chiết suất là $4/3$. Góc tới của tia sáng là bao nhiêu (tính tròn số):



A. 37° .

B. 42° .

C. 53° .

D. Một giá trị khác A,

Hướng dẫn Chọn câu A.

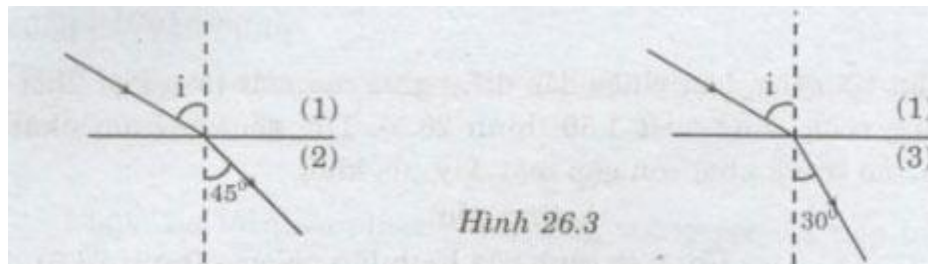
Trên hình 26.2 là đường đi của tia sáng.

Theo định luật khúc xạ: $n \sin i = \sin r$

Ta có $i' + r = 90^\circ \Rightarrow \sin r = \cos i$

Từ đó suy được $\tan i = 1/n = 3/4 \Rightarrow i \approx 37^\circ$. Hình 26.2

8. Có ba môi trường trong suốt (1), (2), (3). Với cùng góc tới i , một tia sáng khúc xạ như hình 26.3 khi truyền từ (1) vào (2) và từ (1) vào (3). vẫn với góc tới i , khi tia sáng truyền từ (2) vào (3) thì góc khúc xạ là bao nhiêu (tính tròn số).



Hình 26.3

A. 22° .

B. 31° .

C. 38° .

D. Không tính được.

Hướng dẫn

Chọn câu D.

$$\text{Khi truyền từ (1) vào (2): } n_1 \sin i = n_2 \sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} n_2 \quad (1)$$

$$\text{Khi truyền từ (1) vào (3): } n_1 \sin i = n_3 \sin 30^\circ = \frac{1}{2} n_3 \quad (2)$$

$$\text{Từ (1) và (2) } \Rightarrow \frac{\sqrt{2}}{2} n_2 = \frac{1}{2} n_3 \Rightarrow \frac{n_3}{n_2} = \sqrt{2}$$

$$\text{Khi truyền từ (2) vào (3): } n_2 \sin i = n_3 \sin r \Rightarrow \frac{\sin i}{\sin r} = \sqrt{2}$$

Từ biểu thức này chưa thể tính được góc r .

9. Một cái thước được cắm thẳng đứng vào bình nước đáy phẳng, ngang. Phần thước nhô khỏi mặt nước cao 4cm. Chép ở phía trên có một ngọn đèn. Bóng của thước ở trên mặt nước 4cm và ở đáy bình là 8cm. Tính chiều sâu của nước trong bình (nước có chiết suất $4/3$).

Hướng dẫn

Trên hình 26.4: AB là chiều dài thước, C là điểm giữa thước với mặt nước. Ta có: góc tới $i = 45^\circ$

Theo định luật khúc xạ ánh sáng:

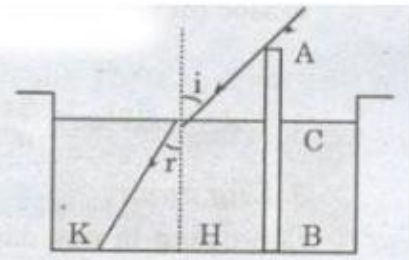
$$\sin i = \frac{4}{3} \sin r \Rightarrow \sin r = \frac{3\sqrt{2}}{8}$$

Chú ý:

$$\sin r = \frac{HK}{IK} = \frac{4}{IK} \frac{3\sqrt{2}}{8} \Rightarrow IK = \frac{16\sqrt{2}}{3}$$

Phần trước ngập trong nước:

$$CB = IH = \sqrt{IK^2 - KH^2} = \sqrt{\left(\frac{16\sqrt{2}}{3}\right)^2 - 4^2} = 0,4\text{cm}$$

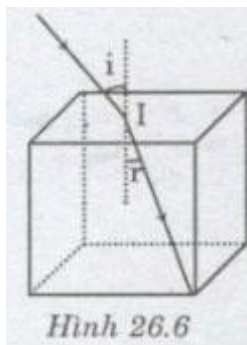


Hình 26.4



Hình 26.5

10. Một tia sáng được chiếu đến điểm giữa của mặt trên một khối lập phương trong suốt, chiết suất 1,50 (hình 26.5). Tìm góc tới i lớn nhất để tia khúc xạ vào trong khối còn gặp mặt đáy của khối.



Hình 26.6

Hướng dẫn

Gọi a là cạnh của hình lập phương (hình 26.6). Vì điểm tới I nằm chính giữa mặt trên của khối lập phương nên góc khúc xạ lớn nhất để tia khúc xạ còn gặp mặt đáy ứng với trường hợp tia tới nằm trong mặt phẳng chéo của hình lập phương. Ta có: $\sin i = n \sin r$

Chú ý rằng $\tan r = \frac{a\sqrt{2}}{2a} \Rightarrow r \approx 36^\circ$

$$\sin i = 1,5 \sin 36^\circ = 0,865 \Rightarrow i = 60^\circ$$