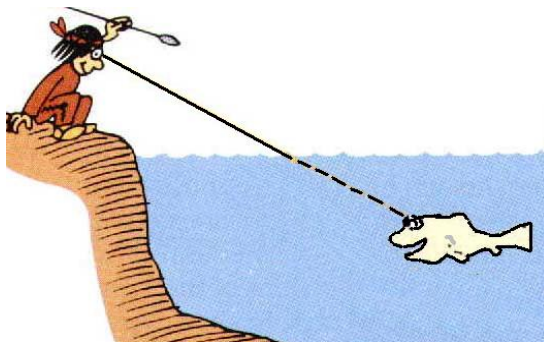


Chương 6

KHÚC XẠ ÁNH SÁNG



Có phải lúc nào ánh sáng cũng truyền đi theo đường thẳng ?

Vì sao phần ống hút nhúng trong cốc nước có vẻ bị gãy khúc ?

Người thổ dân này phải ném lao theo hướng nào để đâm trúng cá ?

KHÚC XẠ ÁNH SÁNG

YÊU CẦU CẦN ĐẠT

- **KIẾN THỨC**

Phát biểu được định luật khúc xạ ánh sáng, nêu được chiết suất tuyệt đối, chiết suất tỉ đối và mối quan hệ giữa các chiết suất này với tốc độ ánh sáng trong các môi trường, mô tả được hiện tượng phản xạ toàn phần và nêu được điều kiện xảy ra hiện tượng này. Mô tả được sự truyền ánh sáng trong cáp quang, nêu được các ứng dụng của cáp quang và tiện lợi của nó.

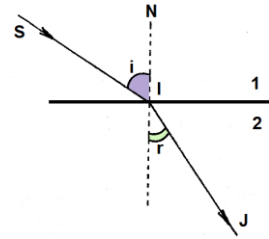
- **KĨ NĂNG**

- Vận dụng được hệ thức của định luật khúc xạ ánh sáng.
- Giải được các bài tập về hiện tượng phản xạ toàn phần.

CHỦ ĐỀ 1

KHÚC XẠ ÁNH SÁNG – LƯỠNG CHẤT PHẪNG

Ôn KIẾN THỨC



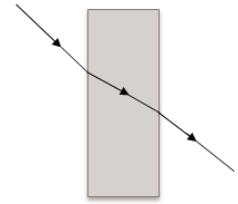
- Khúc xạ là hiện tượng chùm tia sáng bị đổi phương đột ngột khi truyền xiên góc qua mặt phân cách của hai môi trường trong suốt khác nhau.
- Định luật khúc xạ ánh sáng (Định luật Snell – Descartes)
 - Tia khúc xạ nằm trong mặt phẳng tới và ở phía bên kia pháp tuyến so với tia tới.
 - Đối với hai môi trường trong suốt nhất định, tỉ số giữa sin góc tới ($\sin i$) và sin góc khúc xạ ($\sin r$) là một hằng số.

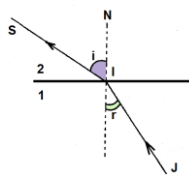
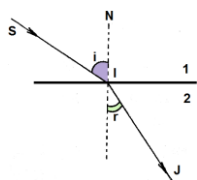
$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{21} = \text{const.}$$

Vài lưu ý :

- Nếu $n_{21} > 1$: môi trường khúc xạ chiết quang hơn môi trường tới, khi đó $\sin i > \sin r$ (hay $i > r$).
- Nếu $n_{21} < 1$: môi trường khúc xạ kém chiết quang hơn môi trường tới, khi đó $\sin i < \sin r$ (hay $i < r$).
- Với góc nhỏ ($< 10^\circ$) ta có: $\frac{i}{r} = \text{const.}$
- Chiết suất tuyệt đối: $n = \frac{c}{v}$ (n được gọi tắt là chiết suất)
- Chiết suất tỉ đối: $n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$

- Dạng đối xứng của định luật khúc xạ: $n_1 \sin i = n_2 \sin r$.
(từ đây suy ra : nếu $n_1 > n_2$ thì $i < r$ và ngược lại)
- Lưỡng chất phẳng là một cặp môi trường trong suốt ngăn cách nhau bằng một mặt phẳng. Ví dụ: cặp môi trường không khí – nước, cặp môi trường nước – thủy tinh ...
 - *Ảnh của vật tạo bởi lưỡng chất phẳng* : Vật thật cho ảnh ảo - Vật ảo cho ảnh thật.
 - *Công thức lưỡng chất phẳng* : (xét chùm tia sáng hẹp chiếu từ vật tới gần như vuông góc với mặt phân cách hai môi trường) : $\frac{h}{h'} = \frac{n_1}{n_2}$ (n_1 là chiết suất của môi trường chứa vật).
- *Bản (hai) mặt song song* là lớp môi trường trong suốt giới hạn bởi hai mặt phẳng song song với nhau, chẳng hạn một tấm kính.
 - *Sự tạo ảnh bởi bản mặt song song* :
(Xét chùm tia sáng hẹp tới gần như vuông góc với mặt bản; n là chiết suất tỉ đối của chất làm bản đối với môi trường xung quanh bản, ($n > 1$). Vật thật cho ảnh ảo; vật ảo cho ảnh thật; ảnh có độ lớn (độ cao) bằng vật.
 - *Khoảng cách vật - ảnh* : (độ dịch chuyển của ảnh so với vật theo chiều truyền ánh sáng) : $\overline{SS'} = e \left(1 - \frac{1}{n} \right)$.
- Nếu ánh sáng truyền từ S đến J, giả sử theo đường SIJ, thì khi truyền ngược lại, đường truyền là JIS. Đó là *tính thuận nghịch* trong sự truyền tia sáng.





Luyện KĨ NĂNG

DẠNG 1. ÁP DỤNG ĐỊNH LUẬT KHÚC XẠ ÁNH SÁNG

Phương pháp chung

- Công thức định luật khúc xạ

$$\frac{\sin i}{\sin r} = n_{21} = \text{const.}$$

- Dạng đối xứng của định luật khúc xạ:

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r.$$

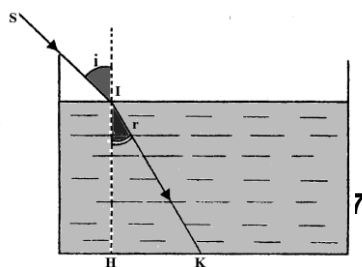
Trong đó : n_{21} là chiết suất tỉ đối : $n_{21} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$.

n_1, n_2 là chiết suất (tuyệt đối) : $n = \frac{c}{v}$

- Một chậu thủy tinh nằm ngang chứa một lớp nước dày có chiết suất $4/3$. Một tia sáng SI chiếu tới mặt nước với góc tới là 30° .
 - Tính góc khúc xạ.
 - Tính góc lệch D giữa tia khúc xạ và tia tới.

GIẢI

a) Ta có : $\sin r = \frac{\sin i}{n}$



Với $i = 30^\circ$, $n = \frac{4}{3}$

$$\sin r = 0,375$$

$$\Rightarrow r = 22^\circ$$

b) Góc lệch D giữa tia khúc xạ và tia tới

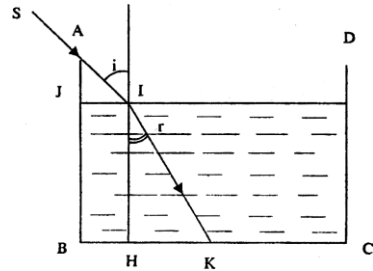
$$D = i - r = 30^\circ - 22^\circ = 12^\circ$$

2. Có một chậu nước hình hộp chữ nhật. Mặt nước trong chậu nằm cách miệng bể 15 cm. Ánh sáng mặt trời chiếu xiên vào chậu nước. Ta chỉ thấy bóng của một thành chậu in xuống đáy chậu. Chiều dài của bóng ở trên mặt nước là 20 cm và ở dưới đáy chậu là 65 cm. Tính chiều sâu của lớp nước. Chiết suất của nước là $4/3$.

GIẢI

• Phân tích bài toán

Xét tia sáng SI đi lướt qua cạnh A của thành AB. Tia này gặp mặt nước ở I. IJ chính là chiều dài của bóng của đoạn AJ trên mặt nước. JI. Tia SI bị khúc xạ ở I và đến gặp đáy chậu ở K. BK chính là chiều dài của bóng của cả thành bể AB dưới đáy chậu.



• Lời giải

Ta hãy tính góc tới i .

Xét tam giác AIJ, ta có:

$$\sin i = \frac{IJ}{AI} = \frac{IJ}{\sqrt{IJ^2 + AJ^2}} = \frac{20}{\sqrt{20^2 + 15^2}} = \frac{20}{25} = 0,8$$

Theo định luật khúc xạ ta có : $\sin r = \frac{\sin i}{n} = \frac{0,8}{4/3} = 0,6$

$$\Rightarrow \operatorname{tgr} = 3/4$$

Xét tam giác IHK. Ta có:

$$HI = \frac{HK}{\operatorname{tgr}} \text{ với } HI = h \text{ là chiều sâu của lớp nước và}$$

$$HK = BK - BH = BK = JI = 65 - 20 = 45 \text{ cm.}$$

Vậy:
$$h = \frac{45}{\tan} = \frac{45}{3/4} = 60 \text{ cm}$$

Lớp nước sâu 60 cm.

3. Chiếu một tia sáng từ không khí vào thủy tinh (chiết suất $n = 1,6$) dưới góc bất kì. Hãy nêu cách vẽ chính xác tia khúc xạ.

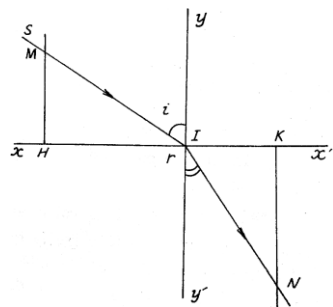
GIẢI

Gọi i là góc tới, r là góc khúc xạ. Coi chiết suất của không khí bằng 1. Ta phải vẽ tia khúc xạ sao cho:
$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{1,6}{1}$$

Có thể có hai cách vẽ:

Cách 1

Gọi xx' là giao tuyến của mặt phẳng phân cách với mặt phẳng hình vẽ, I là điểm tới, yy' là pháp tuyến với mặt phân cách ở I , SI là tia tới. Trên đường xx' lấy một đoạn $IH = 16 \text{ cm}$, cùng phía với SI . Hạ đường thẳng vuông góc với xx' tại H . Đường này cắt SI ở điểm M . Sau đó ta vẽ đường tròn tâm I , bán kính $IM = R$.



Ta có:
$$\sin i = \frac{IH}{IM} = \frac{16}{R}$$

Tiếp tục lấy trên đường xx' một đoạn $IK = 10 \text{ cm}$ về phía tia khúc xạ. Hạ đường vuông góc với xx' ở K . Đường này cắt đường tròn R ở N . Gọi r là góc tạo bởi hai đường IN và yy' .

Ta có:
$$\sin r = \frac{IK}{IN} = \frac{10}{R}$$

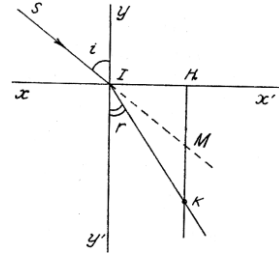
Như vậy:
$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{16}{10} = 1,6.$$

IN chính là tia khúc xạ mà ta cần vẽ.

Cách 2

Ta vẽ hai vòng tròn đồng tâm I, bán kính lần lượt là $R_1 = 16 \text{ cm}$ và $R_2 = 10 \text{ cm}$.

Kéo dài tia tới SI. Nó cắt vòng tròn R_2 ở điểm M. Từ M, hạ đường MH vuông góc với xx' . Đường MH cắt vòng tròn R_1 ở K. IK chính là tia khúc xạ mà ta cần vẽ.



Đối với tam giác IMH, ta có : $\sin i = \frac{IH}{IM} = \frac{IH}{R_2} = \frac{IH}{10}$ (a)

Đối với tam giác IKH, ta có: $\sin r = \frac{IH}{IK} = \frac{IH}{R_1} = \frac{IH}{16}$ (b)

Từ (a) và (b) ta được : $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{16}{10} = 1,6$

Vậy tia IK chính là tia khúc xạ cần vẽ.

4. Một đồng xu S nằm dưới đáy của một chậu nước, cách mặt nước 40 cm. Một người nhìn thấy đồng xu đó từ ngoài không khí, theo phương thẳng đứng. Tính khoảng cách từ ảnh S' của đồng xu S tới mặt nước. Chiết suất của nước là $n = 4/3$.

GIẢI

• Phân tích bài toán

Khi nhìn ảnh S', có một chùm sáng hẹp phát ra từ S, sau khi khúc xạ ở mặt phân cách sẽ đi vào mắt. Như vậy, góc tới i và khúc xạ r của các tia sáng rất nhỏ.

Ta hãy vẽ ảnh S' của S bằng cách vẽ hai tia:

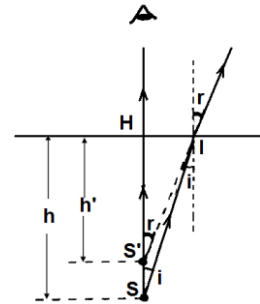
- Tia SH truyền vuông góc với mặt phân cách.
- Tia bất kì SI.

Đường kéo dài của hai tia khúc xạ cắt nhau ở S'.

• Lời giải

Gọi h và h' là khoảng cách từ S đến S' đến mặt phân cách. Ta hãy tính h' theo h .

Trong tam giác SHI, ta có: $\tan i = \frac{HI}{SH} = \frac{HI}{h}$



Trong tam giác $S'HI$, ta có: $\operatorname{tgr} = \frac{HI}{S'H} = \frac{HI}{h'}$

Như vậy, ta có: $\frac{\operatorname{tgi}}{\operatorname{tgr}} = \frac{h'}{h}$ (1)

Vì các góc i và r rất nhỏ nên: $\operatorname{tgi} \approx \sin i$ và $\operatorname{tgr} \approx \sin r$.

Mặt khác: $n \cdot \sin i = \sin r$ (2)

Hay: $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{1}{n} \Rightarrow h' = \frac{h}{n} = \frac{40 \times 3}{4} = 30 \text{ cm}$

Vậy, người này nhìn thấy ảnh S' của đồng xu nằm cách mặt nước 30 cm.

Nhận xét :

Khi mắt nhìn thấy ảnh ảo S' dưới góc r nhỏ (theo phương gần thẳng đứng) thì ta có :

$$\frac{HS}{n_1} = \frac{HS'}{n_2} \text{ hay } h' = h \frac{n_2}{n_1} \text{ (ở trong bài toán này thì } n_2 = 1; n_1 = 4/3)$$

$h' = HS'$ là chiều sâu biểu kiến; $h = HS$ là chiều sâu thực; n_1, n_2 lần lượt là chiết suất của môi trường 1 và môi trường 2.

5. Trong một cái chậu có lớp nước dày 12 cm và một lớp benzen dày 9 cm nổi trên mặt nước. Một người nhìn vào chậu theo phương gần như thẳng đứng sẽ thấy đáy chậu cách mặt thoáng bao nhiêu? Vẽ đường đi của chùm tia sáng từ một điểm trên đáy chậu. Cho biết chiết suất của nước là $n = 4/3$ và của benzen là $n' = 1,5$.

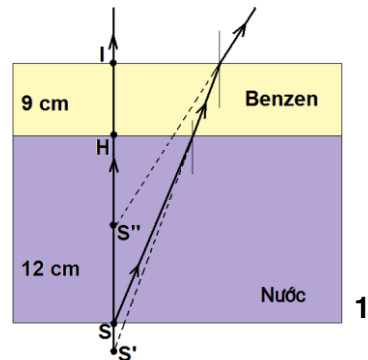
GIẢI

• Phân tích bài toán

Sơ đồ tạo ảnh :

$$S \xrightarrow[\text{(H)}]{\text{Lcp}(\text{benzen}-\text{nước})} S' \xrightarrow[\text{(I)}]{\text{Lcp}(\text{không khí}-\text{benzen})} S''$$

- Đối với lưỡng chất phẳng (benzen-nước) : điểm S trên đáy chậu là vật thật cho ảnh ảo S' , cách mặt phân cách (benzen-nước) đoạn HS' tính bởi: $\frac{HS}{n_N} = \frac{HS'}{n_B}$
- Đối với lưỡng chất phẳng (không khí-benzen) : S' trở thành vật thật, cách mặt phân cách



(không khí-benzen) đoạn IS' cho ảnh ảo S'' ,
cách mặt phân cách (nước-benzen) đoạn IS''

$$\text{tính bởi : } \frac{IS}{n_B} = \frac{IS'}{n_K}$$

• **Lời giải**

- Đối với lưỡng chất phẳng (benzen-nước) :

$$\frac{HS}{n_N} = \frac{HS'}{n_B} \Rightarrow HS' = HS \frac{n_B}{n_N} = 12 \frac{1,5}{4/3} = 13,5 \text{ cm}$$

- Đối với lưỡng chất phẳng (không khí-benzen) :

$$IS' = IH + HS' = 9 + 13,5 = 22,5 \text{ cm}$$

$$\frac{IS'}{n_B} = \frac{IS''}{n_K} \Rightarrow IS'' = IS' \frac{n_K}{n_B} = 22,5 \frac{1}{1,5} = 15 \text{ cm}$$

Vậy, người này nhìn thấy đáy chậu dường như cách mặt thoáng 15 cm.

LUYỆN TẬP DẠNG 1

1. Tia sáng đi từ không khí ($n_1 = 1$) tới mặt thủy tinh ($n_2 = 1,5$) với góc 45° sẽ lệch bao nhiêu độ so với hướng ban đầu ?

ĐS : 10° .

2. Khi Mặt Trời lặn, gần sát đường chân trời thì người lặn dưới nước ($n = 4/3$) nhìn thấy tia sáng mặt trời hợp với phương thẳng đứng một góc bao nhiêu ?

ĐS : $48,5^\circ$

3. Một tia sáng tới mặt nước ($n_1 = 4/3$) với góc 40° . Tính góc tới của một tia trên mặt thủy tinh ($n_2 = 1,5$) để có cùng góc khúc xạ.

ĐS : $46,3^\circ$.

4. Trong những trường hợp nào, góc tới bằng góc khúc xạ ?

ĐS : Khi $n = 1$ hoặc $i = 0$

5. Một tia sáng đi từ nước ($n_1 = 4/3$) vào thủy tinh ($n_2 = 1,5$) với góc tới 35° . Tính góc khúc xạ.

ĐS : $30,6^\circ$.

6. Tính góc tới của tia sáng đi từ không khí ($n_1 = 1$) tới mặt thủy tinh ($n_2 = 1,5$) để có góc khúc xạ bằng phân nửa góc tới.

ĐS : 83° .

7. Tính góc tới của tia sáng đi từ không khí ($n_1 = 1$) tới mặt thủy tinh ($n_2 = 1,5$) để tia khúc xạ vuông góc với tia phản xạ.

ĐS : 56° .

8. Tính góc tới của tia sáng đi từ không khí ($n_1 = 1$) tới mặt nước, biết nó lớn hơn góc khúc xạ 10° .

ĐS : $36,5^\circ$.

9. Đặt đồng xu trên đáy tách. Đi lùi lại đến khi nào hết thấy nó. Nhờ người khác đổ vào tách thì đến một lúc, bạn lại thấy đồng xu. Hãy vẽ hình và giải thích.

10. Đối với cùng một ánh sáng đơn sắc, chiết suất tuyệt đối của nước là $4/3$, chiết suất tỉ đối của thủy tinh đối với nước là $9/8$. Cho biết vận tốc ánh sáng trong chân không $c = 3 \cdot 10^8$ m/s. Hãy tính vận tốc của ánh sáng này trong thủy tinh.

ĐS: 200 000 km/s

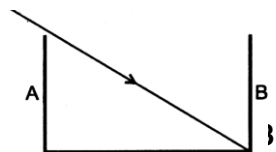
11. Một tia sáng từ không khí vào nước có góc tới 45° . Tính góc lệch D của tia sáng này, biết chiết suất của nước là $\frac{4}{3}$.

ĐS: $D = 13^\circ$

12. Một chùm tia sáng hẹp coi như tia sáng từ không khí đến gặp khối thủy tinh với góc tới 60° có một phần phản xạ và một phần khúc xạ. Tính góc tạo bởi tia phản xạ và tia khúc xạ. Cho biết chiết suất của thủy tinh là $1,732 = \sqrt{3}$.

ĐS: 90°

13. Một cái máng nước sâu 30 cm, rộng 40 cm



có hai thành bên thẳng đứng. Đúng lúc máng cạn nước thì có bóng râm của thành A kéo dài tới đúng chân thành B đối diện.

Người ta đổ nước vào máng đến một độ cao h thì bóng của thành A ngắn bớt đi 7 cm so với trước. biết chiết suất của nước là $n = 4/3$. Hãy tính h ; vẽ tia sáng giới hạn bóng râm của thành máng khi có nước.

ĐS : $h = 12 \text{ cm}$.

14. Có một chậu cá cảnh hình hộp chữ nhật. Mặt nước trong chậu nằm cách miệng chậu 20 cm. Ánh sáng mặt trời chiếu xiên vào chậu nước. Ta chỉ thấy bóng của một thành chậu in xuống đáy chậu. Chiều dài của bóng ở trên mặt nước là 30 cm và ở dưới đáy chậu là 90 cm. Tính chiều sâu của lớp nước. Chiết suất của nước là $4/3$.

ĐS : $h = 75 \text{ cm}$.

15. Một chậu chứa hai chất lỏng trong suốt không hòa tan vào nhau. Chiết suất và bề dày của các chất lỏng là : $n_1 = 1,3$; $h_1 = 3 \text{ cm}$; $n_2 = 1,5$; $h_2 = 5 \text{ cm}$. Xác định ảnh của đáy chậu khi nhìn theo phương vuông góc với mặt thoáng.

ĐS : ảnh đáy chậu cách mặt thoáng 5,65 cm.

DẠNG 2. BẢN HAI MẶT SONG SONG

Phương pháp chung

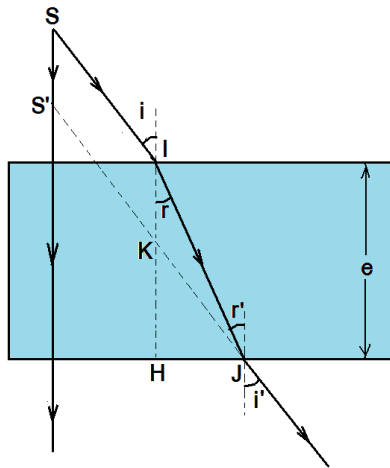
- Tia ló qua bản hai mặt song song có phương song song với tia tới.
- Áp dụng công thức độ dời ảnh qua bản hai mặt song song :

$$AA' = \left(1 - \frac{1}{n}\right) e$$

1. Chứng tỏ rằng tia ló qua bản hai mặt song song có phương song song với tia tới. Lập công thức tính độ dời ảnh qua bản hai mặt song song.

GIẢI

a) Chứng minh tia ló song song với tia tới



Tại I : $\sin i = n \cdot \sin r$;

Tại J : $\sin i' = n \cdot \sin r'$

$r' = r \Rightarrow i' = i$.

Vậy tia ló song song với phương tia tới

b) Độ dời ảnh AA'

$AA' = IK = IH - KH$

$$= e - \frac{HJ}{\tan i} = e - \frac{e \cdot \tan r}{\tan i} = e \left(1 - \frac{\tan r}{\tan i} \right) \quad (1)$$

• Với các góc i và r nhỏ : $\tan i \approx \sin i$; $\tan r \approx \sin r$ (2)

• Theo định luật khúc xạ ánh sáng : $\frac{\sin i}{\sin r} = n$ (3)

• Từ (1), (2) và (3) $\Rightarrow \boxed{AA' = \left(1 - \frac{1}{n} \right) e}$

Trong đó n là chiết suất tỉ đối của chất làm bản mặt so với môi trường.

Nhận xét :

- Nếu $n > 1$: $AA' > 0$, ảnh A' tiến gần về phía bản hơn vật.
- Nếu $n < 1$: $AA' < 0$, ảnh A' lùi xa bản hơn vật.

2. Cho bản hai mặt song song bằng thủy tinh có bề dày $e = 3,5 \text{ cm}$, chiết suất $n_1 = 1,4$.
 Tính khoảng cách vật - ảnh trong các trường hợp:

- a) Vật AB và bản đều đặt trong không khí.
 b) Vật AB và bản đặt trong một chất lỏng có chiết suất $n_2 = 1,6$.

GIẢI

Áp dụng công thức : $AA' = e \left(1 - \frac{1}{n} \right)$

với n : chiết suất tỉ đối của bản đối với môi trường đặt vật.

a) Ta có $n = 1,4$: $AA' = e \left(1 - \frac{1}{n} \right) = 3,5 \left(1 - \frac{1}{1,4} \right) = 2,625 \text{ cm} \approx 2,6 \text{ cm}$.

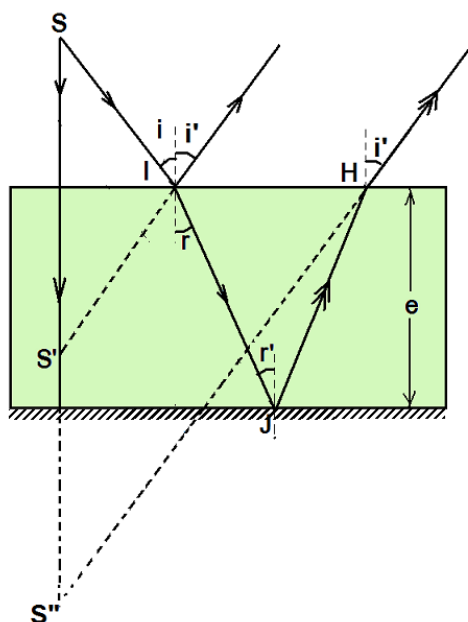
b) Ta có : $n = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1,4}{1,6} = \frac{7}{8}$

$AA' = e \left(1 - \frac{1}{n} \right) = 3,5 \left(1 - \frac{8}{7} \right) = -0,5 \text{ cm}$.

Dấu (-) chứng tỏ ảnh ở xa bản hơn vật.

3. Một bản hai mặt song song bằng thủy tinh có bề dày e , chiết suất n đặt trong không khí, một mặt của bản được tráng bạc. Điểm sáng S cách bản thủy tinh đoạn $SH = d$. Mắt nhìn theo phương SH thấy hai ảnh của S. Giải thích sự tạo thành các ảnh này. Vẽ đường đi của chùm tia sáng.

GIẢI



Do sự phản xạ ánh sáng bởi mặt trên và mặt dưới của bản thủy tinh nên tạo ra hai ảnh S' và S'' (hình vẽ). Ảnh S'' tạo ra ở mặt dưới do phản xạ gương nên sáng hơn ảnh S' , tạo ra do sự phản xạ ở mặt trên của bản.

LUYỆN TẬP DẠNG 2

1. Một vật phẳng nhỏ AB được đặt trước và song song với một bản thủy tinh có hai mặt song song, bề dày e , chiết suất $n_1 = 1,5$. Khoảng cách vật - ảnh là 1 cm. Tính bề dày e . Biết vật AB và bản đều đặt trong không khí.

ĐS : 3 cm

2. Một bản hai mặt song song có bề dày 6 cm, chiết suất $n = 1,5$ được đặt trong không khí. Điểm sáng S cách bản 20 cm. Ảnh S' của S qua bản mặt song song cách S một khoảng bao nhiêu ?

ĐS : 18 cm

3. Chiếu một chùm tia sáng hẹp coi như tia sáng vào một tấm thủy tinh hai mặt bên song song có chiết suất n , bề dày e . Góc tới là i . Lập công thức tính độ dời ngang của tia sáng qua khối thủy tinh.

$$\text{ĐS: } d = \frac{e}{\cos r} \sin(i - r)$$

4. Một tia sáng từ không khí tới gặp một tấm thủy tinh phẳng trong suốt với góc tới i mà $\sin i = 0,8$ cho tia phản xạ và tia khúc xạ vuông góc với nhau.

- Tính vận tốc ánh sáng trong tấm thủy tinh. Cho biết vận tốc ánh sáng trong chân không là $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.
- Tính độ dời ngang của tia sáng ló so với phương tia tới. Biết bề dày của bản là $e = 5$ cm.

$$\text{ĐS: } 2,25 \cdot 10^8 \text{ m/s; } 1,73 \text{ cm}$$