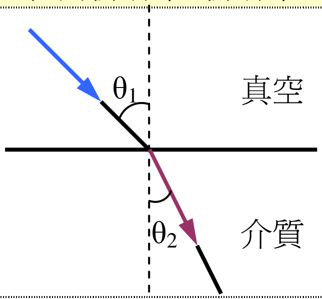
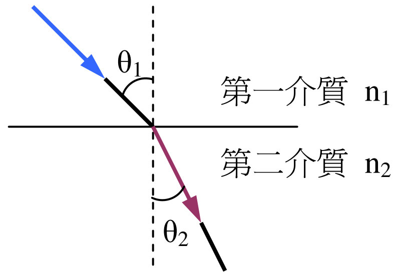
第十五章

150105 折射率－折射第二定律的量化

不同物質，光線入射的偏折程度(偏折角度)不同，所以我們定義一個新的物理量－折射率(index)，用來表示在「不同物質光線的偏折程度」。

種類	絕對折射率=折射率	相對折射率
圖示		
意義	以真空當做基準，定義某單色光進入該介質，其入射角的正弦值與折射角的正弦值的比值，為該單色光在該介質的(絕對)折射率。	單色光從介質 1 進入介質 2，入射角的正弦值與折射角的正弦值的比值，稱為介質 2 相對於介質 1 的折射率。
	$n=\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$ $(\Rightarrow \frac{n}{1}=\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2})$	$n_{12}=\frac{n_2}{n_1}=\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} \Rightarrow n_1\sin\theta_1=n_2\sin\theta_2$
備註	1.依此定義，真空的折射率為_1_。 (為什麼呢?_入射角=折射角_) 2.地表空氣的折射率為 1.0003，若題目未特別限定，可視為 1。 3.光在介質中的絕對折射率恆大於 1	1. $n_{12}=\frac{n_2}{n_1}$ 是 1 進入 2，2 相對於 1 2. $n_{12}\times n_{21}=1$。 3.相對折射率可能超過 1 或小於 1

150106 關於司乃耳定律之二三事

1.產生折射的根本原因在於光在不同介質的_速率_不同。

…

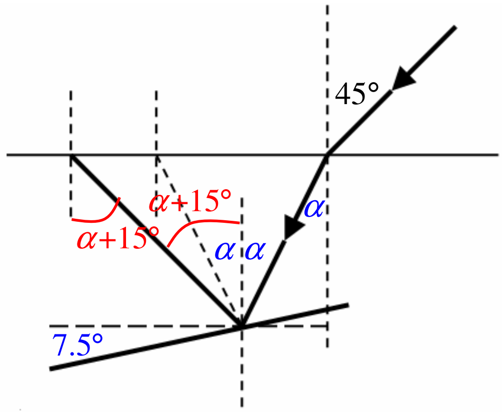
5.司乃耳定律的另類表示法：

$$n_{12}=\frac{n_2}{n_1}=\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=\frac{v_1}{v_2}=\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

150117a **進階挑戰**

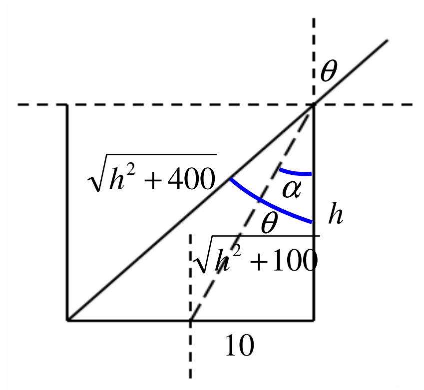
1.【解析】：

$$1\times\sin 45° = \sqrt{2}\sin\alpha$$
$$\alpha = 30°$$
$$\sqrt{2}\sin 45° = 1\times\sin\beta$$
$$\beta = 90° \rightarrow \text{全反射!}$$



2.【解析】：

$$1\times\sin\theta = \frac{4}{3}\sin\alpha$$
$$\frac{20}{\sqrt{h^2+400}} = \frac{4}{3}\cdot\frac{10}{\sqrt{h^2+100}}$$
$$h = \sqrt{140}(cm)$$



150201

臨界角 (Critical Angle)

1.臨界角(θ_c)：當折射角為 90°時的入射角。

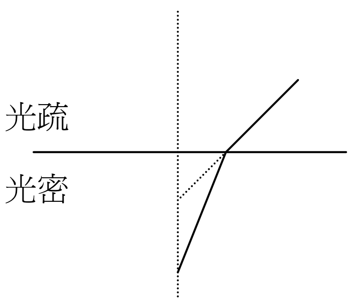
$$n_1\sin\theta_C = n_2\sin 90°$$

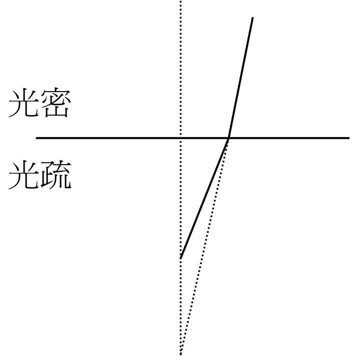
2.公式：$\sin\theta_c = \dfrac{n_2}{n_1}$

【臨界角的感覺】：$\sin\theta_c =$ **小的除以大的**

150301 **折射現象之（一）➡視深與實深**

【感覺】：在空氣中看水中的物體，感覺較_近_；
在水中看空氣中的物體，感覺較_遠_。





3. 多層介面折射：

❶隔一層玻璃看物，玻璃視厚度變為$\frac{D}{n}$，覺得物體移近$D-\frac{D}{n}$

【小技巧】：利用『視厚度』改變的概念來解題會比較簡單。

❷在空氣中隔多層介質看物，視厚度變為 $\frac{d_1}{n_1}+\frac{d_2}{n_2}$ 。

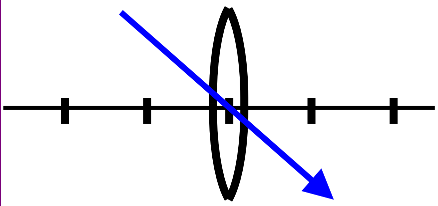
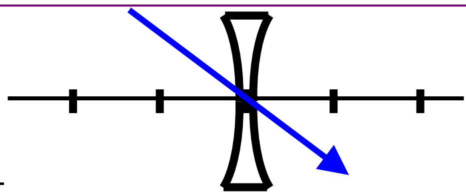
❸在 n’的介質中隔多層介質看物，利用相對折射率的技巧，視厚度變為$\frac{d_1}{(\frac{n_1}{n'})}+\frac{d_2}{(\frac{n_2}{n'})}+\sim$。

150302

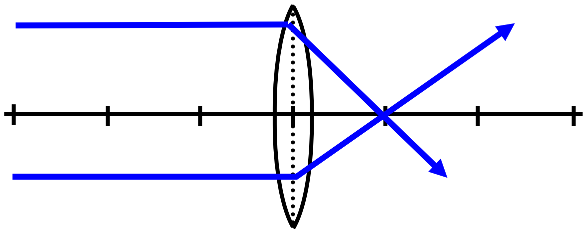
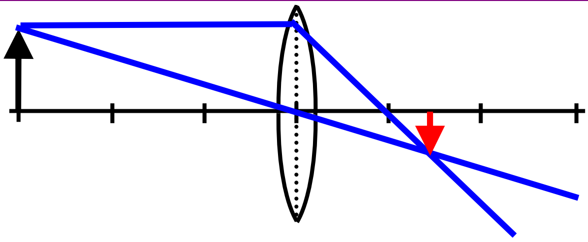
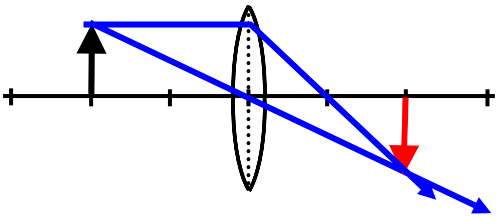
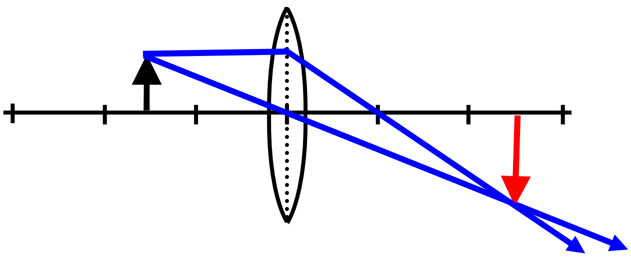
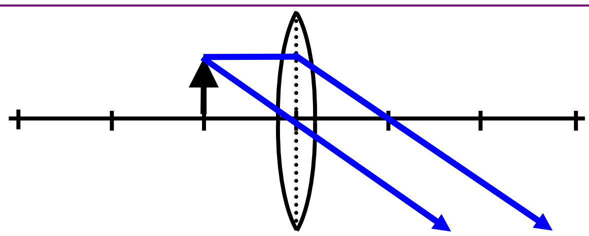
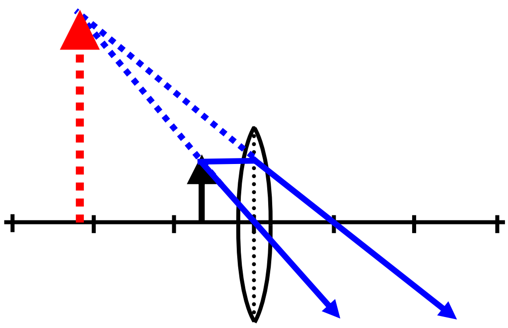
【牛刀小試】：(92 學測)將粗細均勻的金屬圓棒，插入盛水之圓形透明玻璃杯內。當人眼由杯外略高於水面的位置，透過水面與杯子側面觀看水中的圓棒時，圓棒看似折斷，粗細也不均勻。若以灰色線段代表看到的水中圓棒，則下列哪一圖是人眼看到的景象？　Answer: (A)

從其上方觀察才會看到視深實深的現象

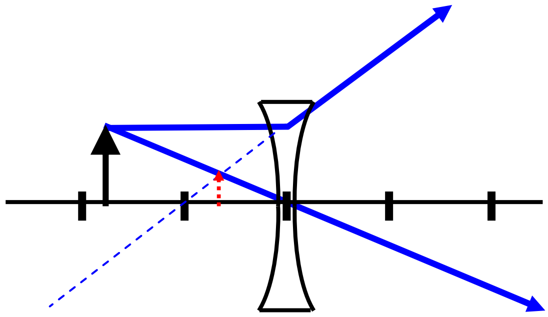
150402 成像的特殊光線

凸透鏡	凹透鏡
特殊光線(一)	
射向鏡心的光線，方向不偏折	
	

150403 凸透鏡的成像

	物的位置	作圖	像之特性
1	物在無窮遠處		會聚成一點 異側
2	物在 2f 外		倒立、縮小、實像 異側
3	物在 2f		倒立、等大、實像 異側
4	物在 f~2f 間		倒立、放大、實像 異側
5	物在 f 上		平行光、無窮遠 異側
6	物在 f 以內		正立、放大、虛像 同側

150404 凹透鏡的成像

	物的位置	作圖	像之特性
1	任意		正立、 縮小、虛像、 同側

150405

【思考問題】:

1.凸透鏡與凹透鏡的成像特性，分別與那一種面鏡類似呢?

答：凸透鏡的成像特性類似_凹_面鏡

　　凹透鏡的成像特性類似_凸_面鏡

2.凸透鏡的成像會不會與凹面鏡一樣，會有畫不準的問題?

答:不會，因爲皆由鏡心折射

3.爲何高度近視的人，配眼鏡時，門市小姐會建議你選小一點的鏡框?

答:鏡框太大鏡片太重，且會造成球面像差

150502 光學儀器之(一)➡照相機

❶它是利用凹透鏡還是凸透鏡？凸

❷.它是利用何種成像特性？P>2f

所以底片上的成像是倒立縮小實像

7.定焦鏡頭的相機是透過改變像距，拍攝近物，鏡頭要_伸 長_；拍攝遠物，鏡頭要_縮 短_。

150504 光學儀器之(二)➡眼睛、近視眼鏡、遠視眼鏡

眼睛構造與原理

❶它是利用凹透鏡還是凸透鏡？___凸___

❷.它是利用何種成像特性？___P>2f___

➡眼睛與照相機極爲類似，但眼睛的複雜度比照相機高太多

150507 光學儀器之(三)➡放大鏡

【思考一下】：顧名思義，既然要放大，凸透鏡有那幾段成像是放大的呢？
到底要利用凸透鏡的那一段成像特性呢？
❶它是利用凹透鏡還是凸透鏡？___凸透鏡___
❷.它是利用何種成像特性？___$p<f$___

150509 光學儀器之(四)➡ 顯微鏡

【顯微鏡的目鏡】：----其實就是一個 ___放大鏡___
❶它是利用凹透鏡還是凸透鏡？___凸透鏡___
❷它是利用何種成像特性？___$p<f$___
【顯微鏡的物鏡】：
❶它是利用凹透鏡還是凸透鏡？___凸透鏡___
❷它是利用何種成像特性？___$f<p<2f$___

光學儀器之(五)➡望遠鏡

【思考一下】：
『望遠鏡』到底是成縮小像還是成放大的像，這一點想通了，望遠鏡的原理就很簡單了。想一想，拿起望遠鏡看月亮，月亮與月亮的像，那一個大？月亮比較大
到底要利用凸透鏡的那一段成像特性呢？
要分目鏡與物鏡來討論：
(1) 在物鏡部份：由於物距遠大於焦距，成像在 f 與 2f 間，形成倒立縮小實像
(2) 在目鏡部份：經物鏡所成之實像，落在目鏡的焦距內，形成正立放大虛像。
綜合起來，形成倒立縮小虛像。因為在經過物鏡成像時縮得太小了，即使經過物鏡放大後，相對於月亮而言，仍然是縮小像。
【再思考一下】：
可不可以拿望遠鏡看草履蟲？
不行。望遠鏡的物鏡焦距太大(50 公分以上)，如此看草履蟲會先形成正立縮小虛像。放大率甚至不如直接用目鏡觀察來得好。
拿顯微鏡看月亮？
不行，顯微鏡物鏡焦距太小，月亮透過物鏡形成的實像會過小，以至於沒有視角放大的效果。
望遠鏡與顯微鏡有何不同？
望遠鏡會形成倒立縮小的像，顯微鏡形成倒立放大的像。
【望遠鏡的目鏡】：－其實就是一個 ___放大鏡___
❶它是利用凹透鏡還是凸透鏡？___凸透鏡___
❷它是利用何種成像特性？___$p<f$___

【望遠鏡的物鏡】:

❶它是利用凹透鏡還是凸透鏡？___凸透鏡___

❷它是利用何種成像特性？___$p<<2f$___

150510 **光學儀器總整理**

<table>
<tr><th colspan="2">光學儀器</th><th>何種透鏡?</th><th>何種成像特性?</th></tr>
<tr><td colspan="2">照相機</td><td rowspan="2">凸</td><td rowspan="2">$p>2f$</td></tr>
<tr><td colspan="2">眼睛的水晶體</td></tr>
<tr><td colspan="2">近視眼鏡</td><td>凹</td><td rowspan="2">任意</td></tr>
<tr><td colspan="2">遠視眼鏡</td><td rowspan="6">凸</td></tr>
<tr><td colspan="2">放大鏡</td><td>$p<f$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">顯微鏡</td><td>目鏡</td><td>放大鏡</td></tr>
<tr><td>物鏡</td><td>$f<p<2f$, p 趨近 f)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">望遠鏡</td><td>目鏡</td><td>放大鏡</td></tr>
<tr><td>物鏡</td><td>$p>>2f$, p 趨近於無窮遠</td></tr>
</table>

150604

(91 學測)夜晚在照明很弱的室內，以照相機對準近處正視鏡頭的人拍攝時，若照相機的閃光燈只快閃一次，則拍攝到的彩色相片，人像的眼睛常呈紅色，而成爲「紅眼」。因此，有些照相機採用防紅眼的設計，先讓閃光燈發出強度較弱但近乎連續的閃光，等到最後拍照時，再快閃一次，發出較強的閃光。下列有關紅眼的敘述，何者正確?

(A)波長較長的紅光容易被人眼的角膜反射，故會出現紅眼

(B)眼睛與其他可以強烈反射閃光的景物，在相片上都會呈現紅色

(C)在連續的閃光下，角膜反射的光會累積增強，故不會出現紅眼

(D)紅眼是高強度的閃光通過張大的瞳孔，經滿佈微血管的視網膜反射造成的

答：(D)

150605

(91 學測)圖 9 的三個圓是由強度相同的紅、綠、藍色光，一起照射白紙時分別形成的，在 4、5、6 區兩種色光重疊，在 7 區三種色光重疊。下列哪一選項列出的顏色是正確的? 答：(A)

色區 選項	1	2	3	4	5	6	7
(A)	紅	綠	藍	洋紅	黃	青	白
(B)	紅	綠	藍	洋紅	黃	青	黑
(C)	紅	藍	綠	洋紅	黃	青	白
(D)	紅	藍	綠	洋紅	紫	青	黑

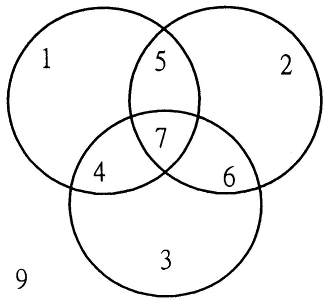


圖 9

150606

3. (92 學測)法圖畫家莫內(Monet)與塞拉(Seurat)發展出來的印象派畫法，畫像所要展現的色彩與明暗，並不是先在調色盤上將顏料調成所需顏色，然後再畫上去的，而是將不同|顏色的細線條或小點，密集畫在一起，利用反射的各種色光合成的。如果稱他們的畫法爲「甲畫法」，而先將顏料調成所需顏色再畫上去者爲「乙畫法」，則下列有關甲與乙兩種畫法的敘述，何者正確?(應選二項)

(A)以甲畫法完成的畫，當觀賞者距離畫像太近時，會較難看出其顏色效果

(B)以乙畫法完成的畫，其顏色效果會隨觀賞者與畫像的距離，而有顯著變化

(C)使用黃(略帶綠)與藍(略帶綠)兩種顏料作畫，在遠處觀看時，甲畫法可得到較明亮的綠色

(D)只使用紅、綠、藍三種顏料作畫時，乙畫法可比甲畫法展現更多的顏色變化

答：(A)(C)

150607

4. (94 學測)我們眼睛的視網膜中有三種辨色視覺細胞，其感光中心波長分別約爲 600 奈米(紅光)、550 奈米(綠光)、450 奈米(藍光)。下列何者可以造成黃色的視覺?(應選兩項)

(A)500 奈米的色光

(B)580 奈米的色光

(C)650 奈米的色光

(D)等量的 450 奈米與 550 奈米的色光混合

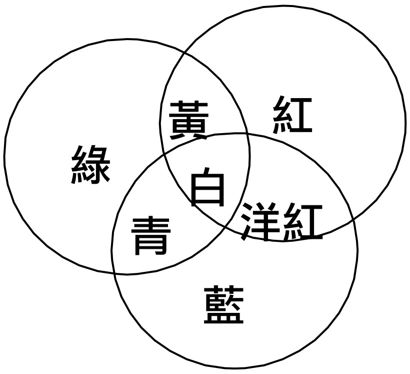
(E)等量的 600 奈米與 550 奈米的色光混合

答：(B)(E)

150608

5.　(95 學測)以相同強度的紅、綠、藍三原色的光，同時投射在白色光屏上時，所顯現的顏色標示如右圖所示。一般室內燈光所見爲綠色的地毯，在下列哪一種色光照射下最可能呈現黑色？

(A)白　(B)黃　(C)青　(D)洋紅



答：(D)

第十五章 詳解

範例 01：

【解答】：0.8

【解析】：

$$\left.\begin{aligned} n_{AB} &= \frac{n_B}{n_A} = 1.2 \\ n_{CB} &= \frac{n_B}{n_C} = 1.5 \end{aligned}\right\} n_{AC} = \frac{n_C}{n_A} = \frac{1.2}{1.5} = 0.8$$

範例 02：

【解答】：$\sqrt{6}$

【解析】：

$$\left.\begin{aligned} n_{氣水} &= \frac{n_{水}}{n_{氣}} = \frac{\sin 45°}{\sin 30°} = \sqrt{2} \\ n_{玻水} &= \frac{n_{水}}{n_{玻}} = \frac{\sin 30°}{\sin 60°} = \frac{1}{\sqrt{3}} \end{aligned}\right\} n_{氣玻} = \frac{n_{玻}}{n_{氣}} = \sqrt{6}$$

範例 03：

【解答】：(B)(C)

【解析】：(A)入射角不是 90 度，是 0 度!

$n_1 \sin 0° = n_2 \sin \theta_2$　　θ_2=0°(180°**不可能**)

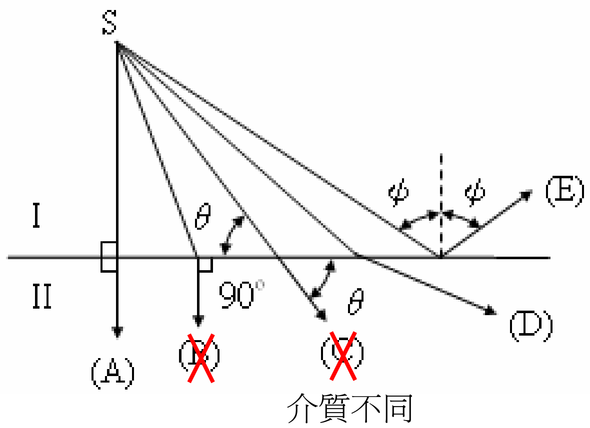
(B) $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin 0°$　　$\therefore \theta_1$=0°

θ_1=0° $\Leftrightarrow$ θ_2=0°　若且爲若(if and only if)成立且只有這樣成立

(C)入射角不可能等於折射角

(D)折射現象

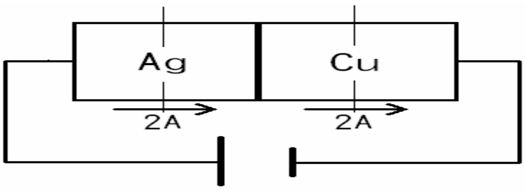
(E)全反射現象



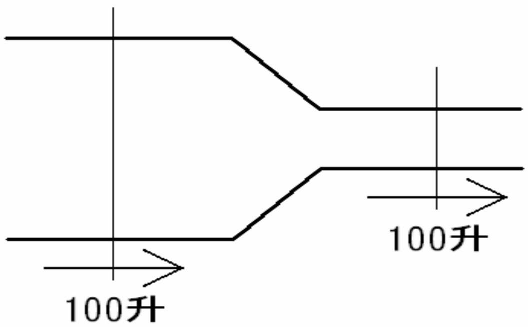
範例 04：

【解答】：(B)(C)(D)(E)

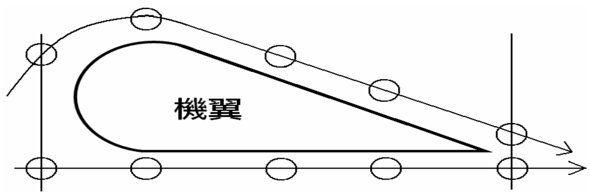
【解析】：❶



❷

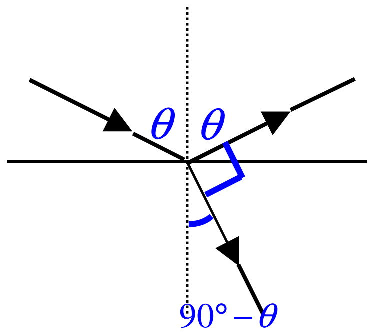


❸



範例 05：

【解答】：1. $\underline{60^{\circ}}$　2. $\underline{\tan^{-1}\frac{2\sqrt{3}}{5}}$

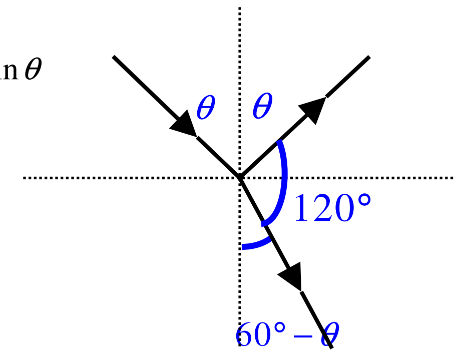


【解析】：1. $1\times\sin\theta=\sqrt{3}\sin(90^{\circ}-\theta)=\sqrt{3}\cos\theta$

$\tan\theta=\sqrt{3}$　　$\theta=60^{\circ}$

2. $1\times\sin\theta=\frac{4}{3}\sin(60^{\circ}-\theta)=\frac{2\sqrt{3}}{3}\cos\theta-\frac{2}{3}\sin\theta$

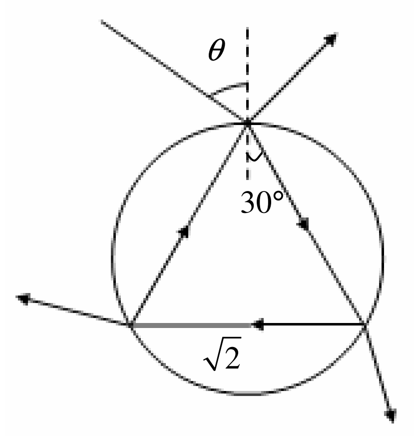
$\tan\theta=\frac{2\sqrt{3}}{5}$



範例 06：

【解答】：45°

【解析】：



【Key Word】："恰可"

"在球外三個
不同方向"暗示:
球內爲正三角形

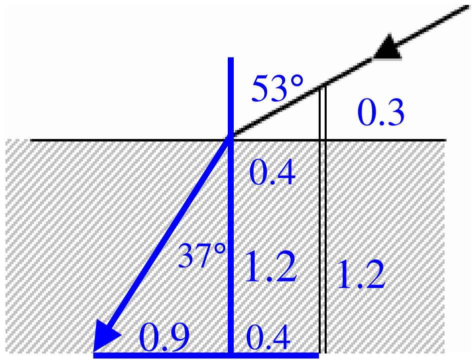
$1\times\sin\theta=\sqrt{2}\sin 30°$

$\theta=45°$

範例 07：

【解答】：1.3 公尺

【解析】：



$$1\times\sin 53°=\frac{4}{3}\sin\theta \qquad \theta=37°$$

$$0.9+0.4=1.3m$$

範例 08：

【解答】：(1) $n_2>n_3>n_1$ (2) $\lambda_2<\lambda_3<\lambda_1$

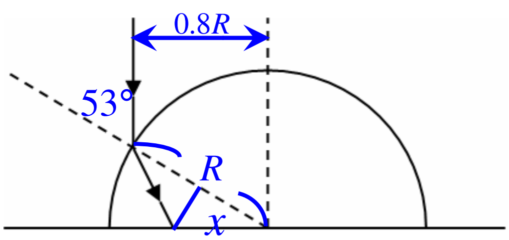
【解析】：θ 越小，n 越大

(1) $n_2>n_3>n_1$

(2) $n\propto\frac{1}{v}\propto\frac{1}{\lambda}$ $\therefore\lambda_2<\lambda_3<\lambda_1$

範例 09：

【解答】：$\pi(\frac{5R}{8})^2$



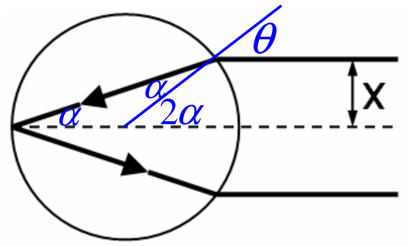
【解析】：$1\times\sin 53°=\frac{4}{3}\sin\theta\Rightarrow\theta=37°$

$$x\cdot\cos 37°=\frac{R}{2}\Rightarrow x=\frac{5}{8}R$$

範例 10：

【解答】：$\dfrac{3\sqrt{7}}{8}R$

【解析】：由圖可知 $\theta=2\alpha$



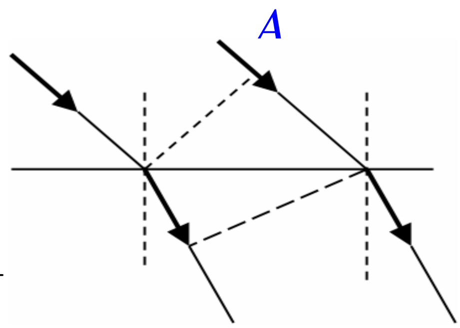
$$1\times\sin\theta=1.5\times\sin\alpha$$

$$1\times\sin 2\alpha=1.5\times\sin\alpha=2\sin\alpha\cos\alpha$$

$$\cos\alpha=\frac{3}{4}$$

$$x=R\sin 2\alpha=2R\sin\alpha\cos\alpha=\frac{3\sqrt{7}}{8}R$$

範例 11：



【解答】：$\sqrt{\dfrac{3}{2}}W$

【解析】：

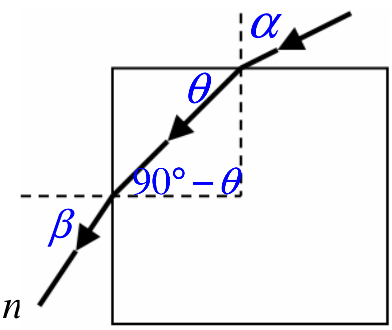
$$\frac{AA'}{BB'}=\frac{d\sin\theta_1}{d\sin\theta_2}=\frac{v_1\cdot\Delta t}{v_2\cdot\Delta t}\qquad \frac{AB}{A'B'}=\frac{d\cos\theta_1}{d\cos\theta_2}$$

$$\frac{W}{A'B'}=\frac{\cos 45^\circ}{\cos 30^\circ}\qquad A'B'=\sqrt{\frac{3}{2}}W$$

範例 12：

【解答】：$n=\sqrt{\sin^2\alpha+\sin^2\beta}$

【解析】：



$$\begin{cases}1\times\sin\alpha=n\sin\theta\\ n\sin(90^\circ-\theta)=1\times\sin\beta=n\cos\theta\end{cases}$$

$$\sin^2\alpha+\sin^2\beta=n^2(\sin^2\theta+\cos^2\theta)=n$$

$$\therefore n=\sqrt{\sin^2\alpha+\sin^2\beta}$$

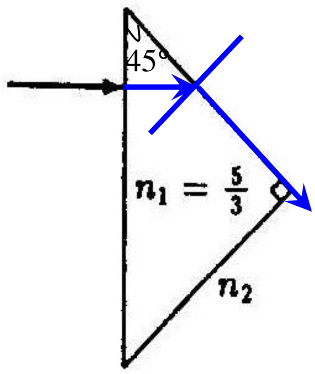
範例 13：

【解答】：(D)

【解析】：

$$\frac{5}{3}\sin 45° = n_2 \cdot \sin 90°$$

$$n_2 = \frac{5}{3\sqrt{2}}$$



範例 14：

【解答】：$\sqrt{\frac{5}{4}}$

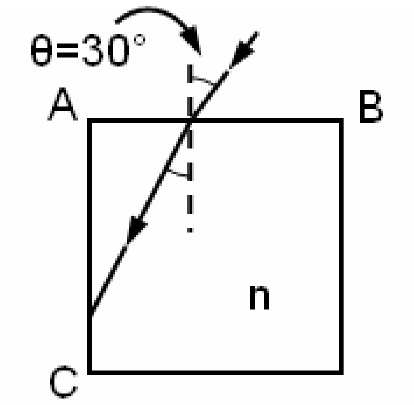
【解析】：

$$\begin{cases} 1 \cdot \sin\theta = n\sin\alpha \\ n\sin(90° - \theta) = 1 \cdot \sin 90° \end{cases}$$

$$\sin(90° - \theta) = \cos\theta$$

$$\sin^2\alpha + \cos^2\alpha = 1$$

$$n = \sqrt{\sin^2\theta + 1} = \sqrt{\frac{5}{4}}$$



範例 15：

【解答】：$\sqrt{n_1^2 - 1}$

【解析】：

$$1 \cdot \sin\alpha = n_1 \sin\beta$$

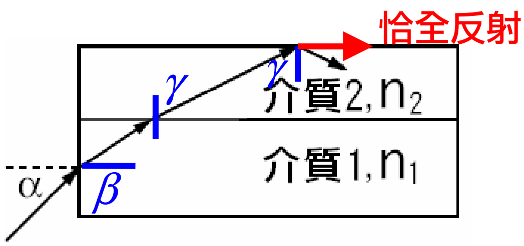
$$n_1 \sin(90° - \beta) = n_2 \sin\gamma$$

$$n_2 \sin\gamma = 1 \cdot \sin 90° = 1$$

$$n_1 \cos\beta = 1$$

$$\sin^2\alpha + 1 = n_1^2$$

$$\sin\alpha = \sqrt{n_1^2 - 1}$$



範例 16：

【解答】：$\frac{\sqrt{10}}{5}$

【解析】：$1 \cdot \sin 45° = n\sin\theta = n \cdot \frac{1}{\sqrt{5}}$ $\qquad n = \frac{\sqrt{5}}{\sqrt{2}}$

$$\sin\theta_c = \frac{n_{小}}{n_{大}} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{5}}$$

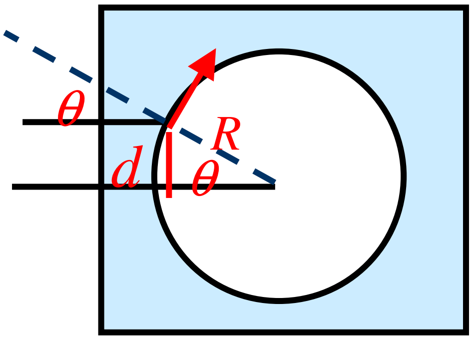
範例 17：

【解答】：(E)

【解析】：

$$n\sin\theta = 1\cdot\sin 90^\circ \qquad \sin\theta_c = \frac{1}{n}$$

$$d = R\sin\theta_c = \frac{R}{n}$$



【另解】：

依邱博文亂算原理:
使用代值檢驗法
令 n=1，則 d=R
~~B~~、~~D~~，剩下 A、C、E 三個選一
n 應該為一次方
(n 和距離一次有關)

$$\because n = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

選 E!　　得分!

範例 18：

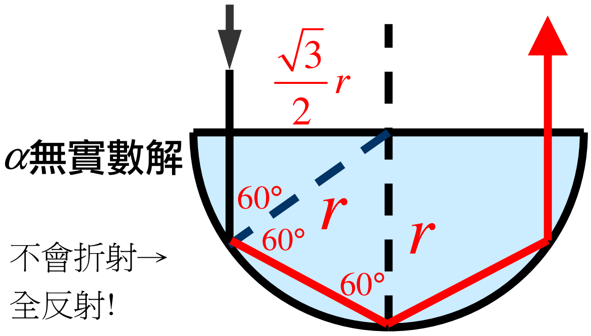
【解答】：180°

【解析】：

$$\sqrt{2}\sin 60^\circ = 1\cdot\sin\alpha$$

$$\sin\alpha = \frac{\sqrt{6}}{2} > 1$$

不會折射→全反射!



範例 19：

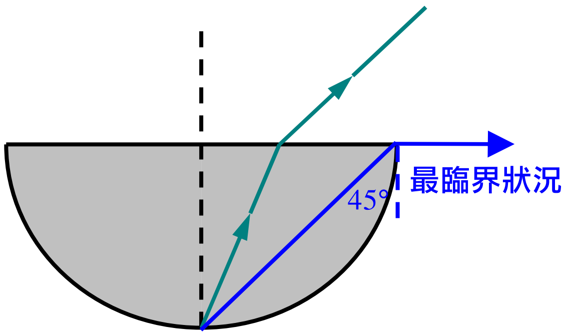
【解答】：(A)(B)(E)

【解析】：討論最臨界狀況

$$n\sin 45^\circ = 1\cdot\sin 90^\circ \qquad n = \sqrt{2}$$

Feeling: n 越大，越早達到全反射

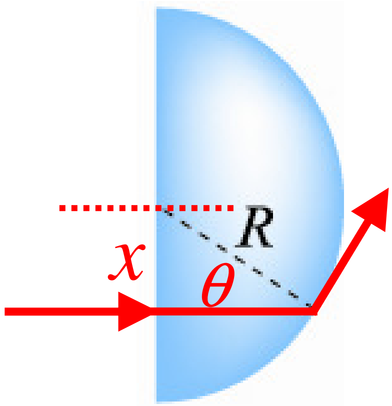
選 $n \geq \sqrt{2}$ 者→ABE



範例 20：

【解答】：$\frac{3}{5}R$

【解析】：無法直接射到球的右邊即全反射



$$\frac{5}{3}\sin\theta = 1\cdot\sin 90°$$

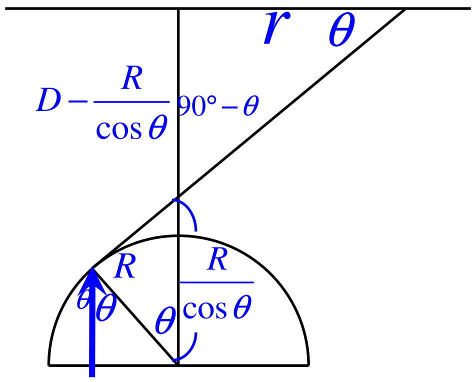
$$\sin\theta = \frac{3}{5}$$

$$x = R\sin\theta = \frac{3}{5}R$$

範例 21：

【解答】：(D)

【解析】：$\sin\theta = \frac{1}{n}$



$$\tan\theta = \frac{1}{\sqrt{n^2-1}} = \frac{D-\frac{R}{\cos\theta}}{r}$$

$$r = \frac{D}{\tan\theta} - \frac{R}{\sin\theta}$$

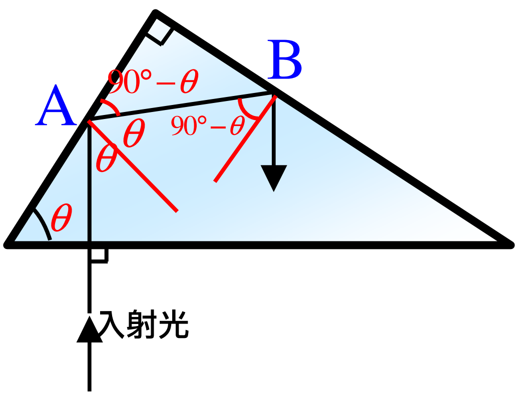
$$= \sqrt{n^2-1}D - nR$$

【另解:】：依邱博文亂算原理：直覺: 若 n=1 時， r=R。看起來(A)(B)(C)長的一副就很抱歉的樣子。猜對率瞬間提高到 50%!折射率無單位→(D)(E)判斷不出來，再用 n=∞代入，則(D) ∞-∞ (E) ∞-0 。感覺上 r 不會到無限大，故選(D)

範例 22：

【解答】：$30° < \theta < 60°$

【解析】：若在 A 處折射:



$$2\sin\theta = 1\cdot\sin 90°$$

$\theta = 30°$(**為其下限**)

若在 B 處折射:

$$2\sin(90°\text{-}\theta) = 1\cdot\sin 90°$$

$\theta = 60°$(**為其上限**)

範例 23：

【解答】：$\phi > 127°$

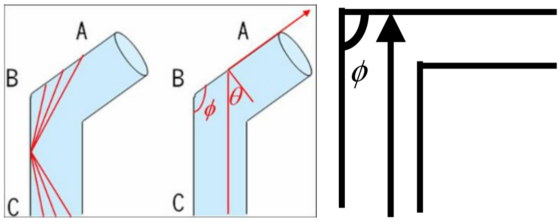
【解析】：

$$\frac{5}{3}\sin\theta = 1\cdot\sin 90° \qquad \theta = 37°$$

$$\phi = 90° + 37° = 127°$$

90 度會全反射嗎? Impossible!

127 度為下限，故 $\phi > 127°$



範例 24：

【解答】：(D)

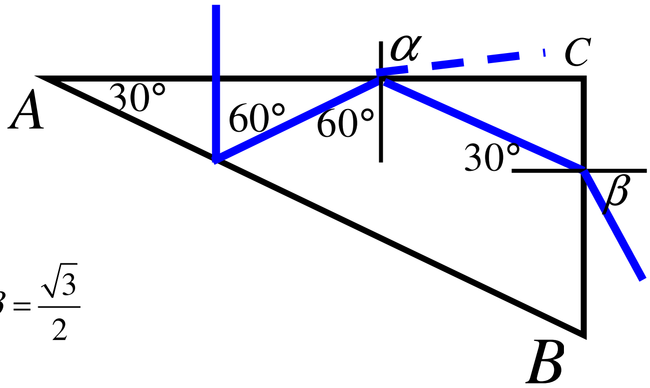
【解析】：AC 面：

$$\sqrt{3}\sin 60° = 1\cdot\sin\alpha$$

$$\sin\alpha = \frac{3}{2} \quad \alpha\textbf{無實數解} \rightarrow \textbf{全反射}$$

BC 面：$\sqrt{3}\sin 30° = 1\cdot\sin\beta$，$\sin\beta = \frac{\sqrt{3}}{2}$

$$\beta = 60° \rightarrow \textbf{選}D$$



範例 25：

【解答】：(A)

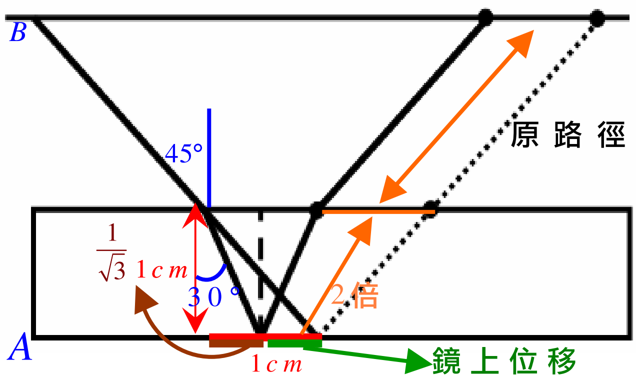
【解析】：$1\cdot\sin 45° = \sqrt{2}\sin\alpha \qquad \alpha = 30°$

位移了$(1-\frac{1}{\sqrt{3}})\times$**反射兩倍**$=2-\frac{2}{\sqrt{3}}$

【另解】：依照邱博文亂算原理：

一看就覺得是 2-(……)

的樣子嘛!選(A)

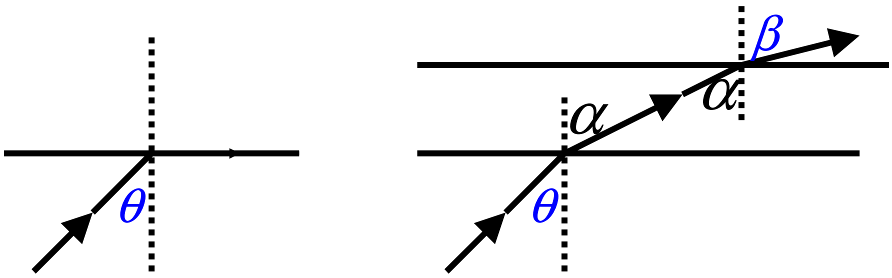


範例 26：

【解答】：(B)

【解析】：$1.5\sin\theta_c = 1\cdot\sin 90°$ $1.5\sin\theta = \frac{4}{3}\sin\alpha = 1\cdot\sin\beta$

其中$\theta > \theta_c$ 故$\sin\beta > 1$ α有解而β無實數解 → 選(B)



範例 27：

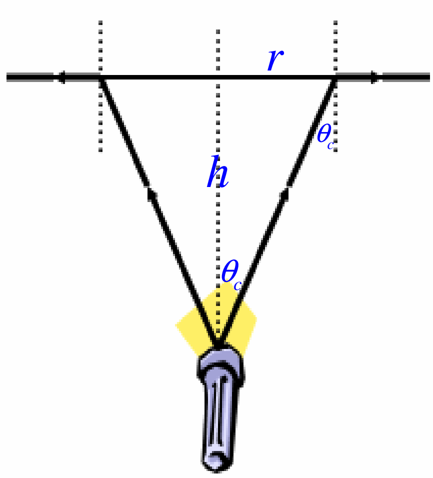
【解答】：(C)(E)

【解析】：❹若在 D 發生全反射(θ_5=90°)➡ θ_4、θ_3、θ_1無解，即無論幾度，θ_5不可能=90°

❺若在 E 發生全反射(θ_6=90°)➡ $\theta_1 \sim \theta_5$均有解

若入射角無解，則不會發生全反射，若折射角無解，則不會折射而會發生全反射

範例 28：



【解答】：$\dfrac{\pi h^2}{n^2-1}$

【解析】：

$n\sin\theta_c = 1\cdot\sin 90°$ $\sin\theta_c = \dfrac{1}{n}$

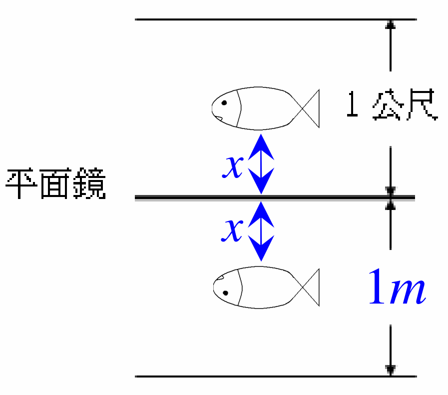
$$r = h\tan\theta_c = \frac{h}{\sqrt{n^2-1}}$$

$$Area = \pi r^2 = \frac{\pi h^2}{n^2-1}$$

範例 29：

【解答】：50

【解析】：



$$\frac{2x}{75}=\frac{4/3}{1}=\frac{4}{3}$$

$$x=50cm$$

範例 30：

【解答】：(1) 6 米 (2) 8 米

【解析】：

(1) $3+\frac{4}{4/3}=3+3=6$

(2) $4+\frac{3}{3/4}=4+4=8$

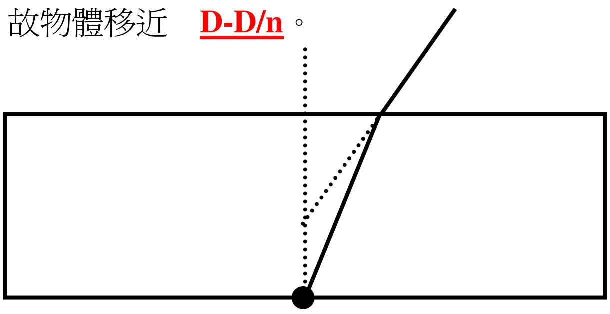
範例 31：

【解答】：2 cm

【解析】：解題思路:看成視厚度變爲 **D/n**，故物體移近 **D-D/n**。

$$D-\frac{D}{5/3}=0.8$$

$$D=2cm$$



範例 32：

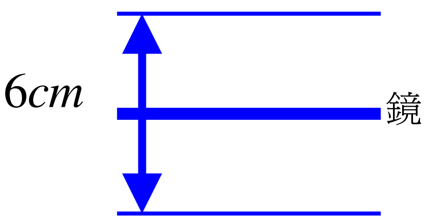
【解答】：$n=3/2$

【解析】：$3/n=2 \quad n=3/2$

範例 33：

【解答】： 4cm

【解析】：$\frac{6}{3/2}=4cm$



範例 34：

【解答】： 3cm

【解析】：

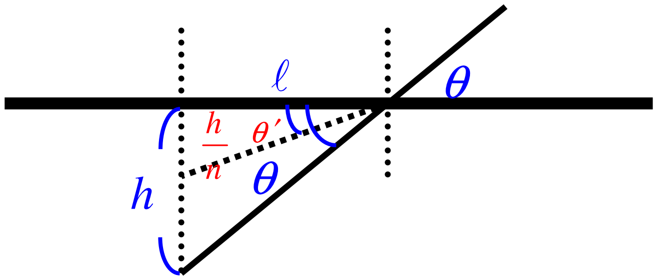
$$\text{視深}：\frac{3}{3/2}+\frac{8}{4/3}=8\,\text{cm}$$

$$\text{硬幣上升}：3+8-8=3\,\text{cm}$$

範例 35：

【解答】：$\dfrac{\tan\theta}{n}$

【解析】：



$$\tan\theta=\frac{h}{\ell}$$

$$\tan\theta'=\frac{h/n}{\ell}=\frac{h/\ell}{n}=\frac{\tan\theta}{n}$$

範例 36：

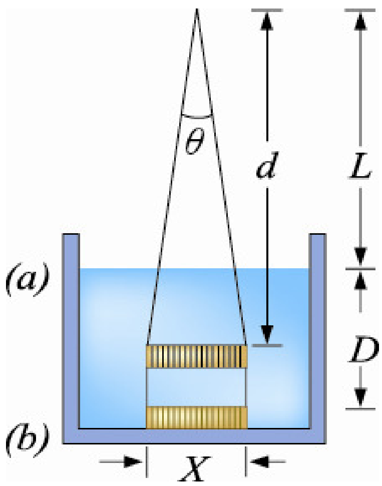
【解答】：(1) $(L+\dfrac{D}{n})\theta$ (2) $\dfrac{2(nL+D)\theta}{2nL+nD+D}$

【解析】：

(1)❶設硬幣視深爲 d，因角甚小，則

$$\frac{d}{1}=\frac{L}{1}+\frac{D}{n}\Rightarrow d=L+\frac{D}{n}$$

❷如右圖，甚小，則硬幣直徑 $x=(L+\dfrac{D}{n})\theta$



(2)❶設硬幣視深爲，則 $\dfrac{d'}{1}=\dfrac{L+\frac{D}{2}}{1}+\dfrac{\frac{D}{2}}{n}$

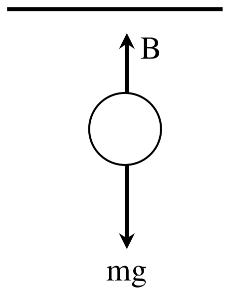
❷∴視角 θ' 甚小，故 $x=\theta' d'$，將上式代入得

$$(L+\frac{D}{n})\theta=(L+\frac{D}{2}+\frac{D}{2n})\theta'\Rightarrow\theta'=\frac{2(nL+D)\theta}{2nL+nD+D}$$

範例 37：

【解答】：視加速度 $6m/s^2$，視速度 9m/s，視深 9m

【解析】：



$$a=\frac{mg-B}{m}=\frac{2.5Vg-1\cdot Vg}{2.5V}=6\,{}^{m}\!/\!{}_{s^2}$$

$$a'=\frac{a}{n}=\frac{6}{4/3}=4.5\,{}^{m}\!/\!{}_{s^2}\qquad v'=a't=9\,{}^{m}\!/\!{}_{s}$$

$$h'=\frac{1}{2}a't^2=9m$$

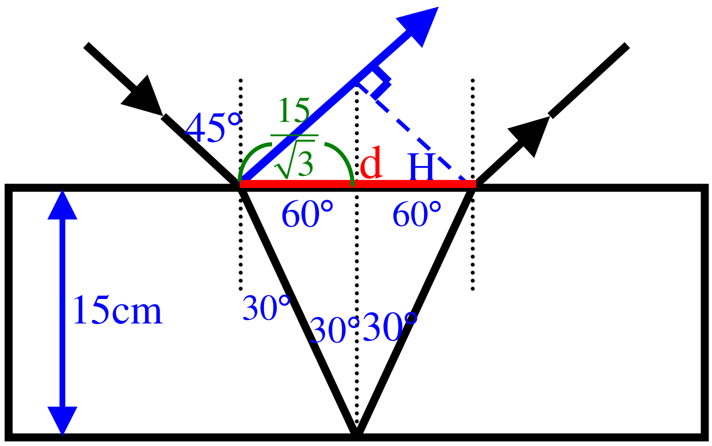
範例 38：

【解答】：$5\sqrt{6}$

【解析】：

$$H=d\cos 45°$$

$$=2\times\frac{15}{\sqrt{3}}\times\frac{1}{\sqrt{2}}=\frac{30}{\sqrt{6}}$$



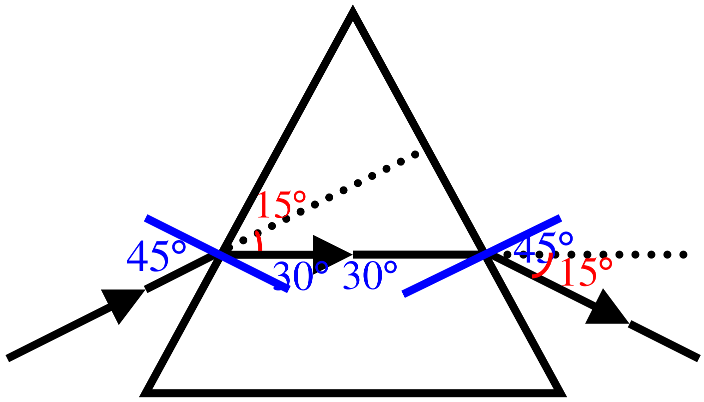
範例 39：

【解答】：(B)

【解法一】：繪圖法

$$1\cdot\sin 45°=\sqrt{2}\sin\theta\qquad \theta=30°$$

$$\left.\begin{array}{l}\text{第一次偏向}15°\\ \text{第一次偏向}15°\end{array}\right\}\text{總共}30°$$



【解法二】：

偏向角 = 1_{st}入射角 + 2_{nd}折射角 - 頂角

= 45° + 45° - 60° = 30°

範例 40：

【解答】：(A)(B)(F)

【解析】：略

範例 41：

【解答】：(A)(C)(E)

【解析】：(B)霓較虹在水珠內多經一次反射 (D)紫光之仰角比紅光的仰角大

範例 42：

【解答】：(1)25cm (2)15 cm

【解析】：

(1) $M=\dfrac{q}{p}=4$

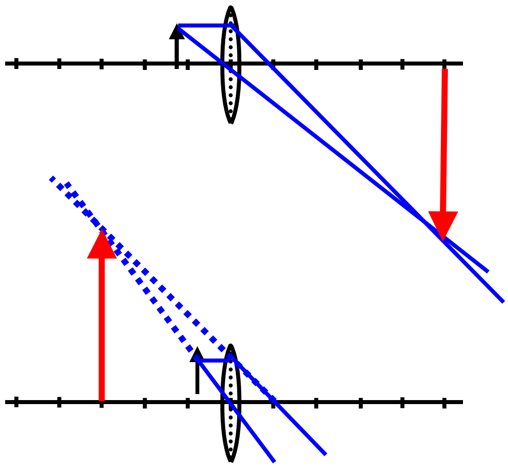
$q=4p$

$p=25cm<2f(40cm)$

(2) $M=\dfrac{q}{p}=-4$

$q=-4p$

$p=15cm<f(20cm)$



範例 43：

【解答】：(A)(C)(D)

【解析】：(B)(E)物距小於焦距時成虛像

範例 44：

【解答】：(C)(D)(E)

【解析】：(A)經透鏡折射後爲平行光。

(B) $M=\dfrac{q}{p}=\dfrac{1}{2}$

(C) $\dfrac{1}{2f}+\dfrac{1}{q}=\dfrac{1}{f}\Rightarrow q=2f\Rightarrow M=\dfrac{q}{p}=1$

(D) $\dfrac{1}{p}+\dfrac{1}{q}=\dfrac{1}{f}\Rightarrow\dfrac{1}{p}=\dfrac{1}{f}-\dfrac{1}{q}<\dfrac{1}{2f}\Rightarrow\dfrac{1}{q}>\dfrac{1}{2f}\Rightarrow q<2f\quad\therefore q<p$

(E) $\dfrac{1}{p}+\dfrac{1}{q}=\dfrac{1}{f}\Rightarrow\dfrac{1}{p}=\dfrac{1}{f}-\dfrac{1}{q}<\dfrac{1}{3f}\Rightarrow\dfrac{1}{q}>\dfrac{1}{3f/2}\quad\therefore q<\dfrac{3}{2}f<p$

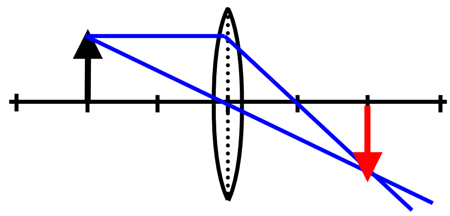
範例 45：

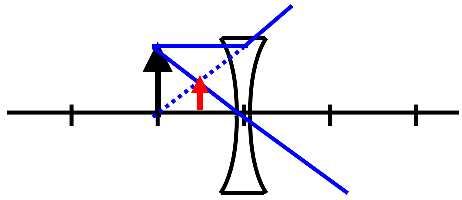
【解答】：(A)(B)(C)(D)

【解析】：

$$PS:\frac{V_q}{V_p}=-\frac{q^2}{p^2}$$

"−"**指反方向**





範例 46：

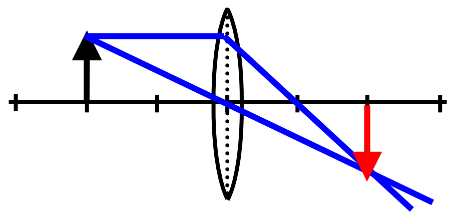
【解答】：(1)物距＝2 倍焦距 (2)物距趨近於 0

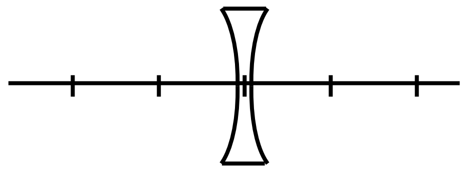
【解析】：(1)

1. $p=2f \quad q=2f$
2. $p\to 0 \quad q\to 0 \quad M\to 1$

(2)

1. $p\to 0 \quad q\to 0 \quad M\to 1$





範例 47：

【解答】：1.(A)(B)(C)(E)　2. (A)(C)

【解析】：

1. **代值檢驗**

$p=\infty \quad q=f;$

$p=2f \quad q=2f;$

$p=f \quad q=\infty$

2. **代值檢驗**

p**從**$\infty\to\frac{\infty}{2}$，**像在**$f$**不動**

p**從**$\frac{\infty}{2}\to f$，**像自**f**移到**f**內**

範例 48：

【解析】：

已知$\frac{1}{p}+\frac{1}{q}=\frac{1}{f}$　　$\frac{1}{f}=\frac{p+q}{pq}$

又$\frac{p+q}{2}\geq\sqrt{pq}\Rightarrow\frac{(p+q)^2}{pq}\geq 4$

所求$d=p+q$

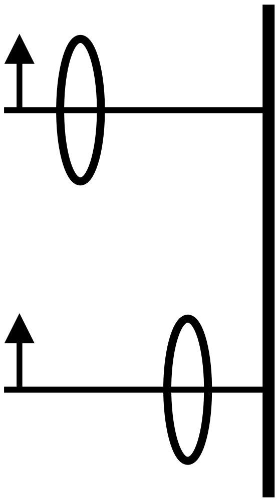
$\frac{p+q}{f}\geq 4$　　$p+q\geq 4f$得證

PS：等號成立時$p=q=2f$

範例 49：

【解答】：(1) 30cm　(2) $\frac{20}{3}cm$

【解析】：(1)



1.

$$\begin{cases}\frac{1}{p}+\frac{1}{160-p}=\frac{1}{f}\\ \frac{1}{p+80}+\frac{1}{80-p}=\frac{1}{f}\end{cases}$$

解?別鬧了!

請出邱博文亂算原理

用對稱性!

$p=80-p$

$p=40cm$　$f=30cm$

2.

$$\begin{cases}\frac{1}{p}+\frac{1}{2p}=\frac{1}{f}\\ \frac{1}{p+10}+\frac{1}{\frac{1}{2}(p+10)}=\frac{1}{f}\end{cases}$$

$f=\frac{20}{3}cm$

(2)

$$\begin{cases}\frac{1}{p}+\frac{1}{2p}=\frac{1}{f}\\ \frac{1}{p+10}+\frac{1}{\frac{1}{2}(p+10)}=\frac{1}{f}\end{cases}$$

$f=\frac{20}{3}cm$

[速解] $10=\frac{3}{2}f\Rightarrow f=\frac{20}{3}cm$

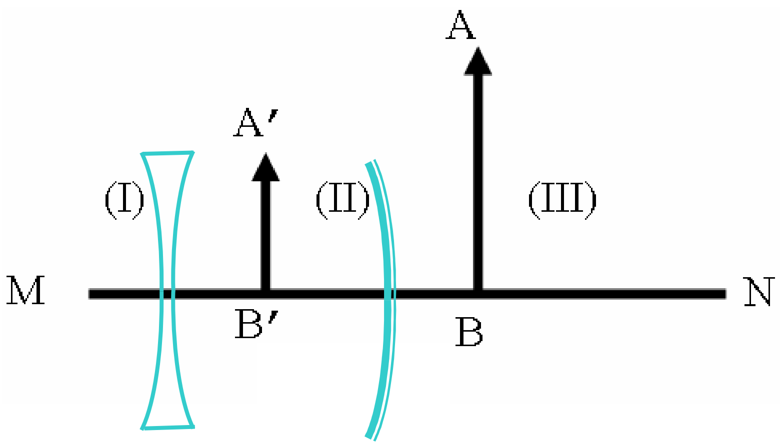
範例 50：

【解答】：(B)(C)(E)

【解析】：題目所求爲正立縮小的像，而此類之像只有虛像就正立虛像而言

(I)凸透鏡只有正立放大虛像，故出局，而凹面鏡亦然

(II)凹透鏡可成正立縮小虛像，凸面鏡亦可



範例 51：

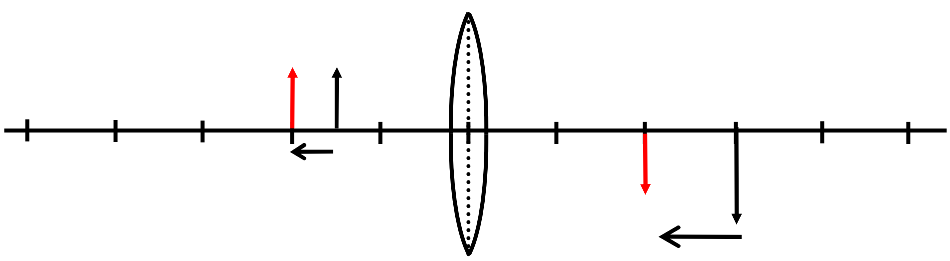
【解答】：(1) 20 cm/s　(2) 10 cm/s

【解析】：

$$\frac{v_p}{v_q}=-\frac{p^2}{q^2}\text{(平方正比)}$$

$$(1)5\times\left(\frac{60}{30}\right)^2=20\,{}^{cm}\!/\!_{s}$$

$$(2)v=\frac{\Delta x}{\Delta t}=\frac{20}{2}=10\,{}^{cm}\!/\!_{s}$$



【進階思考】：瞬時速率$\frac{v_p}{v_q}=-(\frac{p}{q})^2$(想想負號怎麼不見了？) 反向再反向

範例 52：

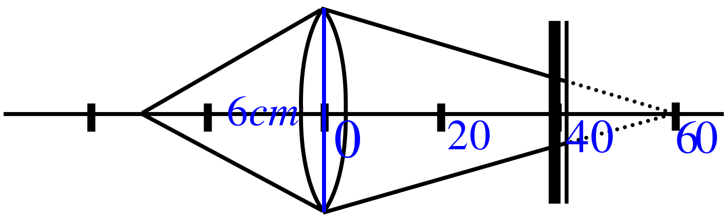
【解答】：(1) πcm^2 (2) $169\pi cm^2$

【解析】：(1)孔徑及直徑

$$\frac{1}{30}+\frac{1}{q}=\frac{1}{20} \qquad q=60cm$$

依相似形

$$A=\pi R^2=\pi cm^2$$



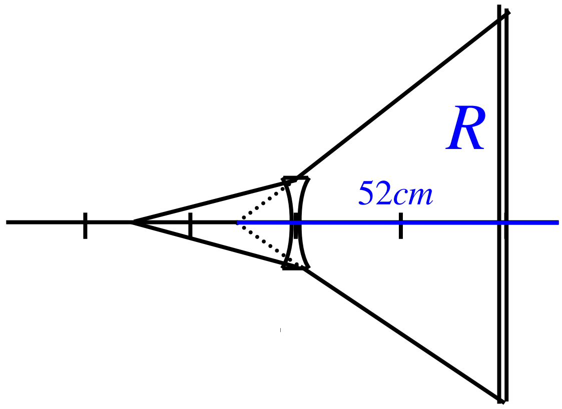
(2)孔徑及直徑

$$\frac{1}{30}+\frac{1}{q}=\frac{1}{-20} \qquad q=-12cm$$

依相似形

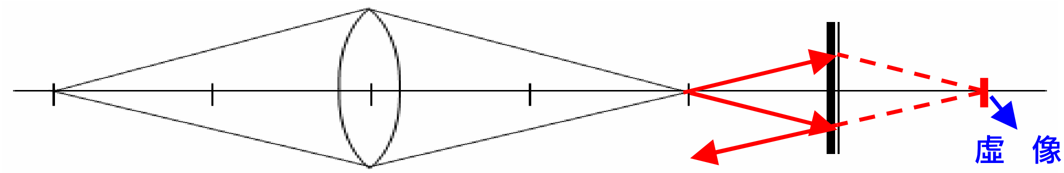
$$\frac{12}{52}=\frac{3}{R} \qquad R=13cm$$

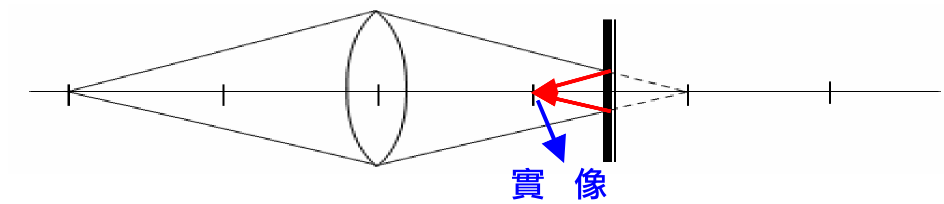
$$A=\pi R^2=169\pi cm^2$$



進階挑戰

【解析】：





範例 53：

【解答】：1. (1) 2:1 (2) 4:1 2. $\frac{1}{60}$

【解析】：(1)

$$\frac{f/4}{f/8}=\frac{2}{1} \qquad \frac{A_4}{A_8}=\left(\frac{2}{1}\right)^2=\frac{4}{1}$$

(2)

$$\frac{f}{4}\Rightarrow\frac{1}{250} \qquad \frac{f}{5.6}\Rightarrow\frac{1}{125} \qquad \frac{f}{8}\Rightarrow\frac{1}{60}$$

範例 54：

【解答】：1. 30 cm 2. 6.25cm

【解析】：1.戴上凸透鏡後，使得在 25cm 處的物體，成像在 150 公分：

$$\frac{1}{25}+\frac{1}{-150}=\frac{1}{f} \qquad f=30$$

2.戴上凹透鏡後，使得在 25cm 處的物體，成像在 5 公分：

$$\frac{1}{25}+\frac{1}{-5}=\frac{1}{f} \qquad f=-6.25$$

"－"指成的是虛像

f=－6.25 =－0.0625 公尺

屈光度 D=1/(－0.0625)=－16 即台灣所稱的 16×100=1600 度

範例 55：

【解答】：1. 4 倍; 6 倍 2. 10cm

【解析】：

1.

$$M=\frac{d-\ell}{f}+1=\frac{25-10}{5}+1=4$$

$$M_{Max}=\frac{25}{5}+1=6$$

2.

$$3=\frac{20}{f}+1 \qquad f=10cm$$