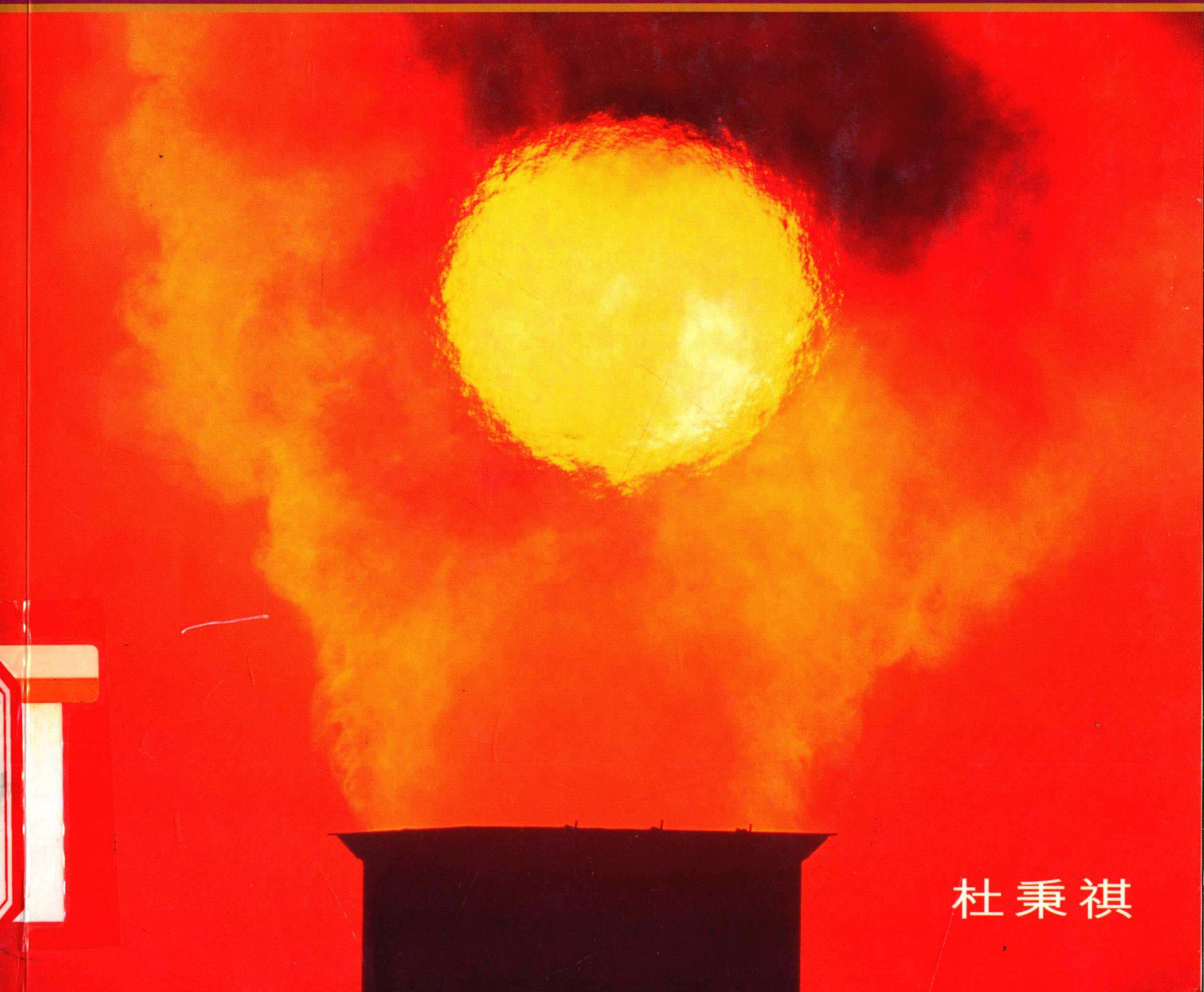


生活與物理

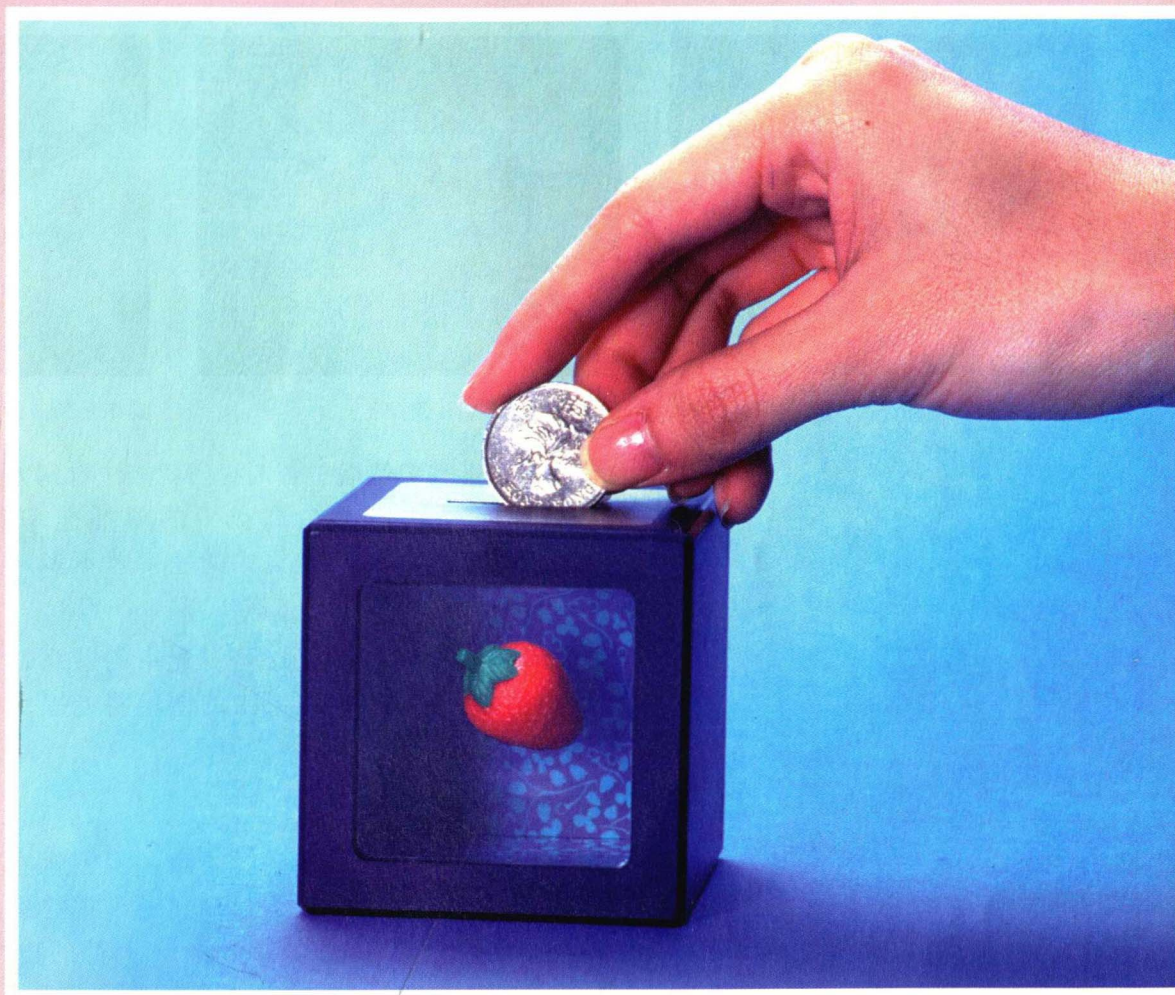
第一冊 第二版



杜秉祺

1

光的反射



草莓像懸浮在盒子內似的！原來，這玩意利用光的反射來製造出這樣特別的視覺效果。

1

光的反射

1.1

光 線

光的一些性質

光是能量的一種。通訊衛星（圖 1.1a）裝有大量太陽能電池，用來收集光能，以提供衛星所需的能量。



圖 1.1a 通訊衛星上的大型太陽能電池



圖 1.1b 滿天星斗的夜空



圖 1.1c 光沿直線傳播

光能夠在真空中傳播，否則我們就無法看到太陽和星星（圖 1.1b）。光傳播得非常快，在真空中的傳播速率約為每秒 30 萬千米 ($3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$)，和在空氣中的速率差不多。光以這樣高的速率傳播，足以每秒環繞地球 8 次！

光沿直線傳播。從圖 1.1c 可見光束的邊緣是筆直的，表明光沿直線傳播的性質。由於空氣中的塵埃將光線反射進我們的眼睛，所以我們才能看到光束。

觀看物件

當來自物體的光進入我們的眼睛，我們就能看到這個物體。有些物體，如太陽、燃點着的蠟燭和通了電的燈泡，是能夠發光的，因此稱為發光體 (luminous object)。其餘的物體稱為不發光體 (non-luminous object)。這些物體本身不會發光，只有當它們將光反射到我們眼睛時，我們才能看到這些物體（圖 1.1d）。例如這本課本、黑板以及月亮，都是不發光體。

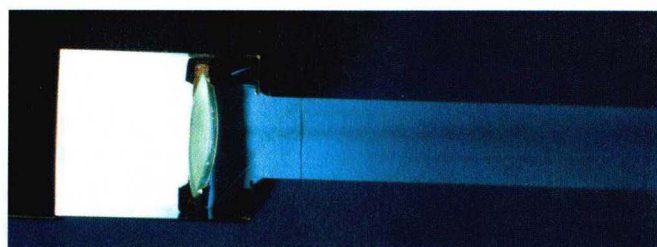
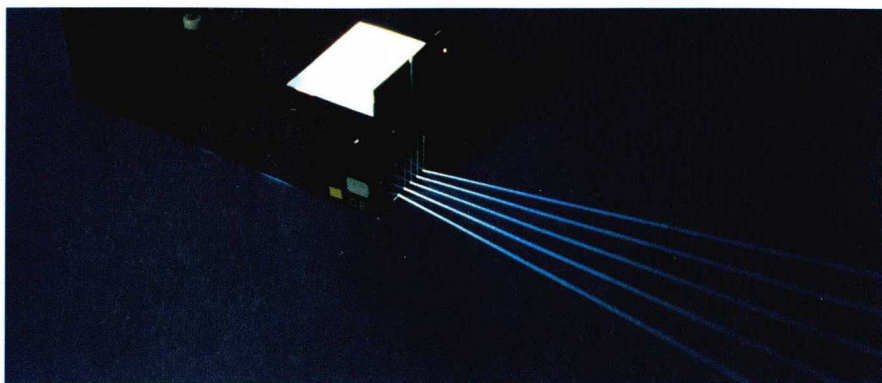
圖 1.1d 發光體和不發光體



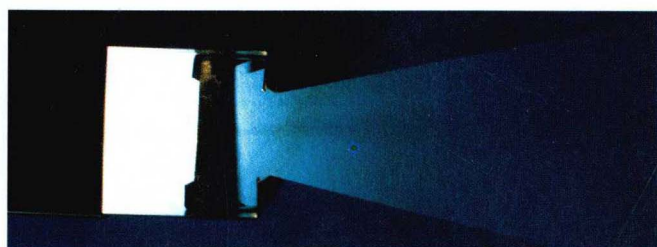
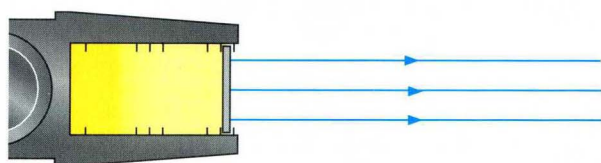
光線和光束

我們平常所說的**光線** (light ray)，一般指很幼的光束，因此可以說圖 1.1e 中的燈箱發出了多條光線。但在物理學上，光線卻是用來表示光的傳播方向。作圖時，光線是用一條有箭頭的直線代表的，而光束則以一組箭頭表示。光束 (light beam) 可分為**平行光束** (parallel beam)、**發散光束** (divergent beam) 和**會聚光束** (convergent beam) 三種。圖 1.1f 展示了燈箱產生的不同光束和作圖時的表達方法。

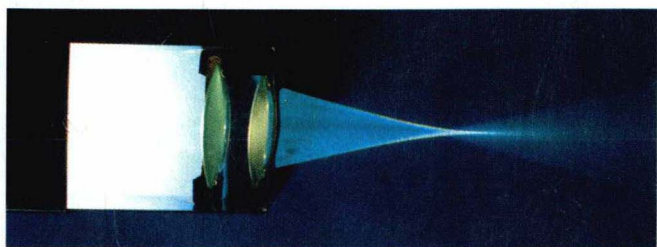
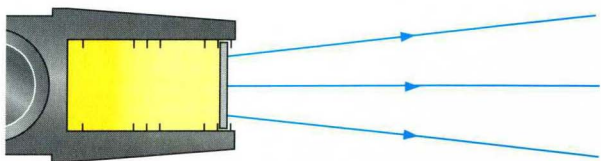
圖 1.1e 燈箱發出的多條光線



(i) 平行光束



(ii) 發散光束



(iii) 會聚光束

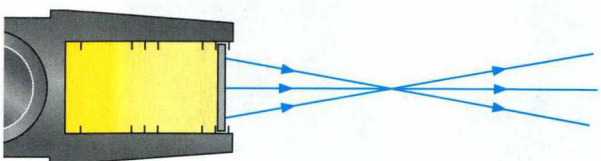


圖 1.1f 從燈箱發出的光束及其圖示

我們觀看物體時，多條光線會由物體射進我們的眼睛。但為方便起見，我們作圖時只畫其中兩條（圖 1.1g），以表示從物體某一點發出的光錐 (cone of rays)。我們可由物體的頂部和底部各畫一個光錐，來表示物體的大小（圖 1.1h）。

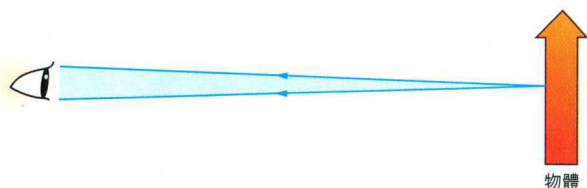


圖 1.1g 從物體上某一點發出的光錐

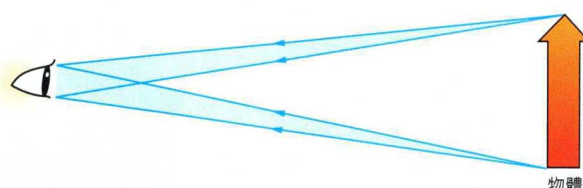


圖 1.1h 從物體的頂部和底部發出的光錐

如果物體離眼睛不遠，由它某點發出的光線到達眼睛時是發散的（圖 1.1i）；若物體離眼睛很遠，發出的光線便接近平行；至於極遙遠的物體（例如太陽），發出的光線則可看成是平行的。



(i) 近距離物體發出發散光線



(ii) 遠距離物體發出接近平行的光線



(iii) 遙遠的物體發出平行光線

圖 1.1i 由近距離和遠距離物體發出的光線

例題 1



太陽光到達地球需時約 8 分鐘，已知光速為 $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ ，求地球與太陽之間的距離。

題 解

距離 = 速率 $\times$ 時間

$$= 3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1} \times 8 \times 60 \text{ s}$$

$$= 1.44 \times 10^{11} \text{ m}$$

$$= 144 \times 10^6 \text{ km}$$

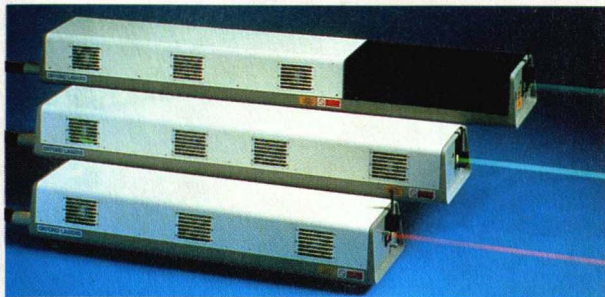
地球距離太陽 $144 \times 10^6 \text{ km}$ （一億四千四百萬千米）。



生活中的物理

激 光

激光 (laser) 由激光器產生，它的光束又強又幼，而且顏色單一。



激光束

激光可用於醫療、工業、娛樂活動和通訊等方面，範圍甚廣。

激光束可用於非常精細的眼科手術。



利用激光做眼科手術

在工業生產中，激光可用來鑽孔或切割金屬甚至鑽石。



利用激光切割金屬

許多人都曾觀賞過激光表演的壯觀場面。



1997年5月27日，青馬大橋通車典禮中的激光和煙花表演

鐳射唱機利用一束細弱的激光掃描鐳射唱碟，激光經唱碟反射後由電子元件接收。唱碟表面有數百萬個微小的凹點，反射光隨着唱碟的凹凸條紋而變化，這些變化被接收並轉換成電訊號，最後變成聲音。光碟機亦應用相同的原理來產生畫面和聲音。



鐳射唱碟的凹凸條紋

激光束可通過光導纖維傳送電話、電視和電腦數據的訊號，使通訊事業近年來得以迅速發展（見第3.3章）。

問 題

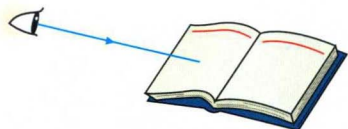
你能再找出三個應用激光的例子嗎？



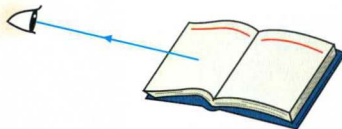
多項選擇題

1 你是怎樣看見這本課本的？

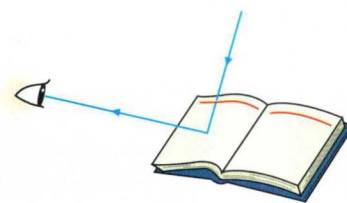
A



B



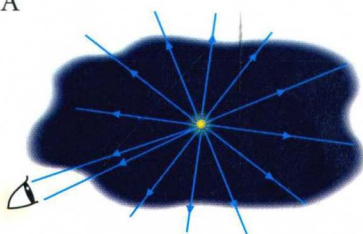
C



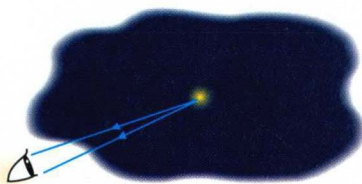
2 如果想表達從一顆星發出的光線，應怎樣作圖？



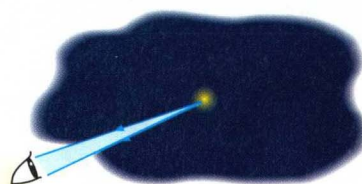
A



B



C



問題與思考

光速 = $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$

- 1 在你周圍的物件中，找出三個發光體和三個不發光體。
- 2 光線可以來自 (a) 近距離物體，(b) 遠距離物體，(c) 極為遙遠的物體（例如恆星）。當光線從上述物體到達眼睛時，哪種是會聚的？哪種是發散的？哪種是平行的？

- 3 以光的高速，它可以一秒內圍繞地球赤道走 8 周。

- (a) 假設地球是一個球體，試計算它的半徑。
- (b) 光真的會繞着地球走嗎？

- 4 試計算光在一年裏傳播的距離。這距離稱為一光年 (light-year)。

1.2

平面鏡

當你正面觀看一塊**平面鏡** (plane mirror) 的時候，你會看到自己和周圍物體的像。平面鏡中的影像是怎樣形成的呢？

光線射到平面鏡時會折返（圖 1.2a），這現象稱為光的**反射** (reflection)。圖 1.2b 介紹了和反射現象有關的用語。

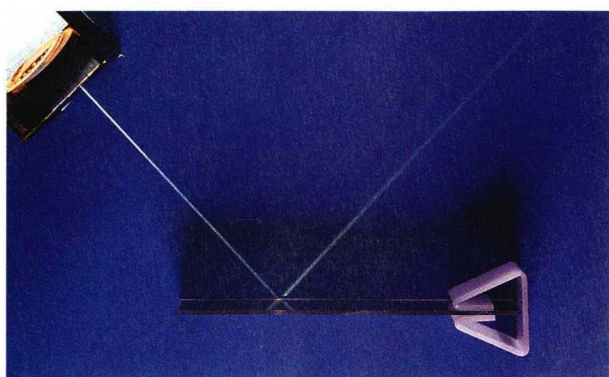


圖 1.2a 光線被平面鏡反射

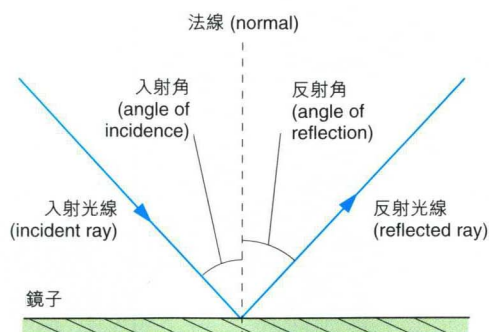
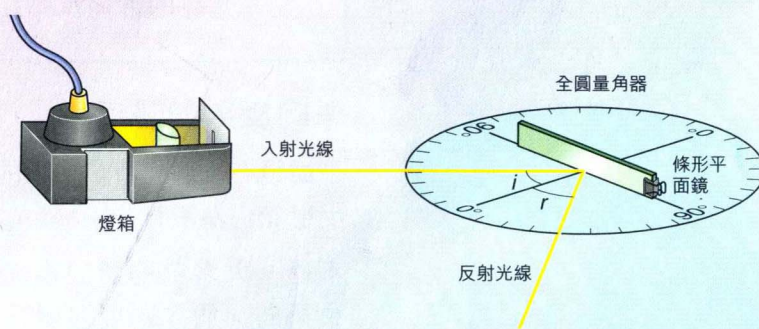


圖 1.2b 反射現象的描述

實驗 1A 反射定律

如圖所示，將光線射向平面鏡，然後量度入射角 i 與反射角 r 。改變入射角的角度並重複實驗。入射角與反射角之間有甚麼關係？



反射定律

光的反射遵從兩條簡單的規則：



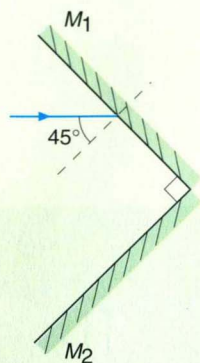
1.1

- 1 入射光線、反射光線與法線都在同一平面上。這表示我們可以在同一張紙上將這三條光線全部畫下來。
- 2 反射角等於入射角。即光線從鏡面反射出來的角度與射向鏡面的角度相等。

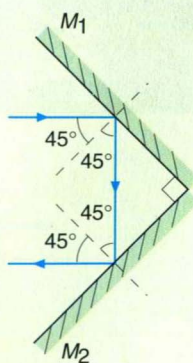
這就是光的**反射定律** (laws of reflection)。

例 題 2

如圖所示，將兩面鏡子放置在相互垂直的位置，使入射光線與其中一面鏡子成 45° 角。試在圖中繪畫出光線的路徑，並說明入射光線與最終的反射光線之間的關係。



題 解



入射光線與最終的反射光線相互平行但方向相反。也就是說，光線的方向反轉了。

單向反射與漫反射

平面鏡有一個光滑、平坦的表面。當平行光束照射到平面鏡表面時，反射光仍為平行光束（圖 1.2c）。這稱為**單向反射** (regular reflection)。

不過，大多數物體的表面並不像鏡子那樣完全光滑，所以光線不會只向一個方向規則地反射，而是向四周反射（圖 1.2d），這就是**漫反射** (diffuse reflection)。絕大多數物體的表面都是粗糙的，我們能夠從不同的方向看到這些物體，正是由於漫反射的緣故。

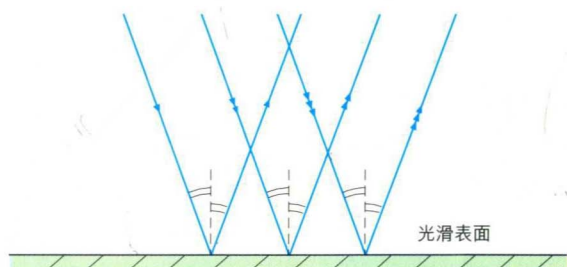


圖 1.2c 光滑表面的單向反射

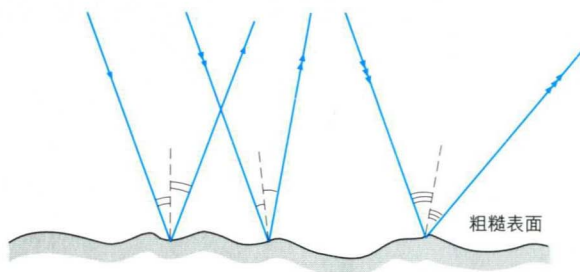


圖 1.2d 粗糙表面的漫反射



生活中的物理

雨夜駕駛

在下雨的晚上駕駛汽車特別困難，其中一個原因是潮濕的路面造成單向反射，汽車的燈光被反射後遠離司機視線，令司機難以看清楚路面上的標記。

相反，由於漫反射，司機卻能清楚看見路旁的樹木及建築物。



汽車的燈光被反射到很遠，司機無法看清路標

光滑表面的單向反射能形成物體的影像。圖 1.2e 為平靜水面形成的像，如果將石塊扔在水裏，水面變皺，光線發生漫反射，結果像變得模糊不清，甚至根本不能成像。



(i) 平靜水面的單向反射成像

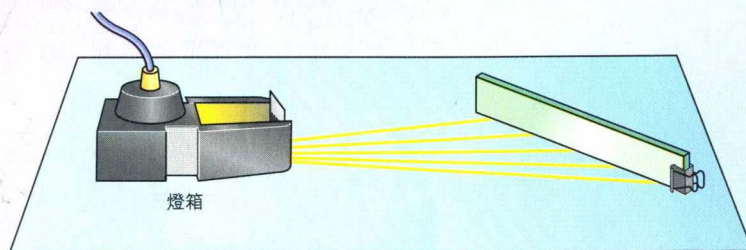


(ii) 漫反射使像變得模糊不清

圖 1.2e

實驗 1B 平面鏡的成像

如圖所示，將一組發散光線射向平面鏡，若沿着反射光線的反方向畫一條延長線，可得到一個交點，這點就是燈箱裏燈泡（物點）的像點。像點與物點之間有甚麼關係？



平面鏡的成像

在上述實驗中，發散光線由燈箱射向平面鏡，它的反射光線也是發散的，並且看起來好像來自鏡子背後的某一點（圖 1.2f）。鏡子後面形成了物體（這裏是燈箱裏的燈泡）的像 (image)，而反射光線就好像是從這個像照出，但事實上並不是這樣。這種像稱為虛像 (virtual image)，它們不能在屏幕上顯示出來。

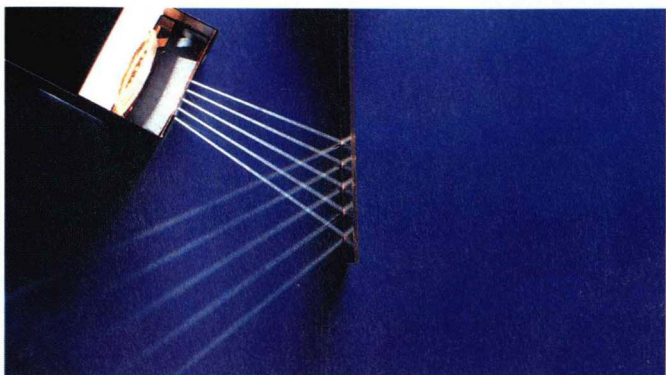


圖 1.2f 反射光線好像來自鏡子背後的某一點

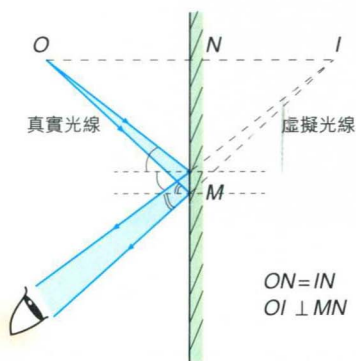
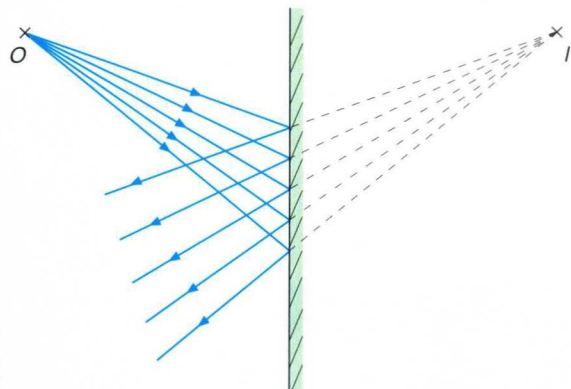


圖 1.2g 確定平面鏡成像的位置

確定像的位置

用幾何作圖的方法可以確定像的位置。如圖 1.2g 所示，從物體 O 畫兩條經平面鏡反射後到達眼睛的光線，兩條光線的反射情況遵從光的反射定律。在鏡子後面作反射光線的反向延長線，這兩條線會相交於一點 I 。這點就是像的位置。

從圖得知：

- 1 像在鏡面的後方，像與鏡的距離等於物與鏡的距離，即 $ON = IN$ 。
- 2 像與物的連線與鏡面垂直，即 $OI \perp MN$ 。

鏡子背後實際上並沒有光線存在，圖中所示的是虛擬的光線，因此用虛線表示。

觀看物體的像



1.2

圖 1.2h 顯示眼睛觀看一個大型物體的情況，物體經平面鏡反射後成像，從圖中可見像的大小與物體相等。

在像的頂部和底部位置分別標上 I_1 和 I_2 ，而在物體的頂部和底部標上 O_1 和 O_2 。

$$O_1M = I_1M, O_1I_1 \perp MN$$

$$O_2N = I_2N, O_2I_2 \perp MN$$

眼睛看到鏡子後面的像，兩個光錐似乎是從像發出的。

光錐其實來自物體本身，由平面鏡反射到眼睛去。

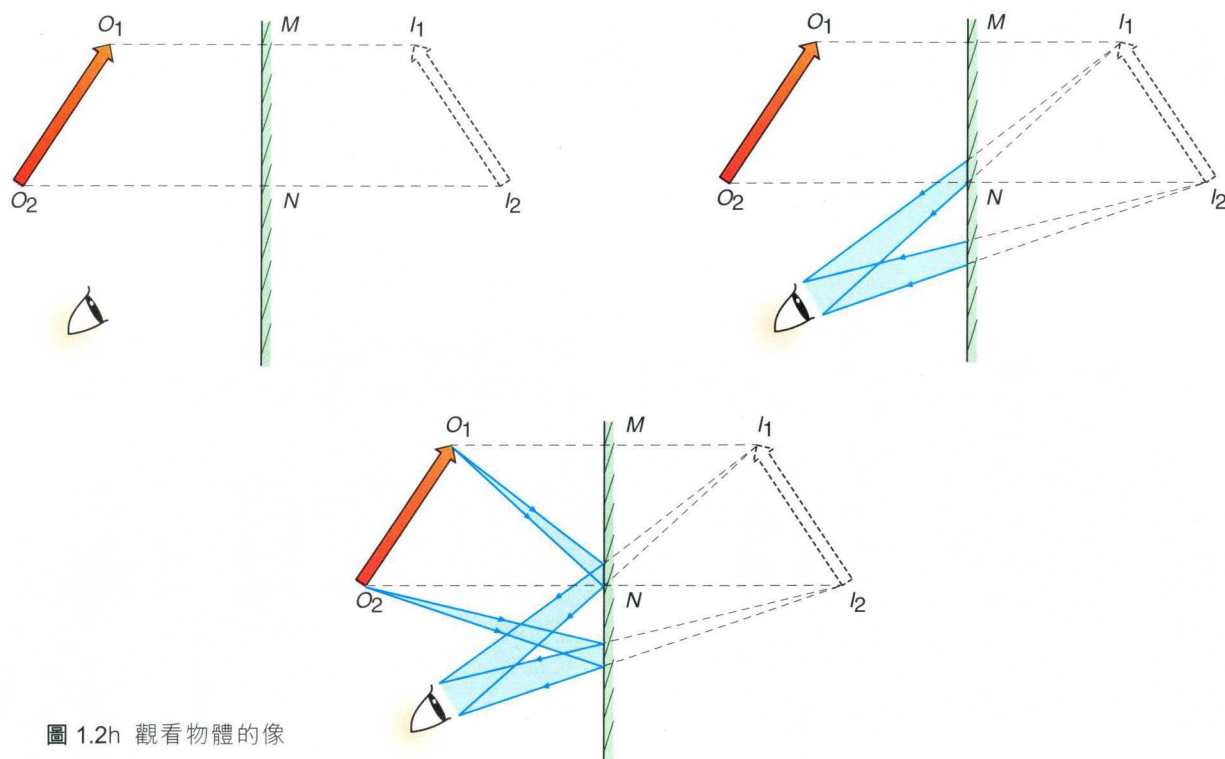


圖 1.2h 觀看物體的像

橫向倒置



1.3

平面鏡所成的像是正立的，但方向卻反轉了：右手變成了左手，左眼變成了右眼等（圖 1.2i）。

我們說這樣的像是**橫向倒置** (laterally inverted) 了。圖 1.2j 中救護車上的英文字「AMBULANCE」就是橫向倒置的，但從汽車的後視鏡中觀看，就會看到正常的字樣。

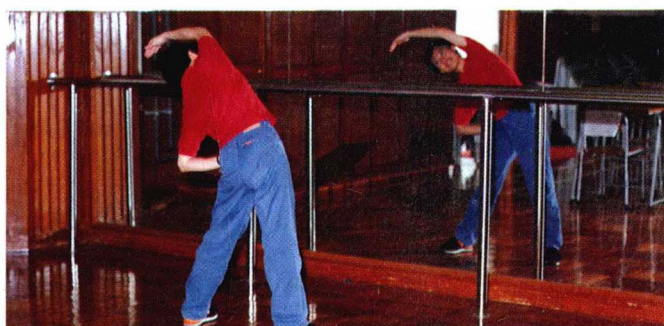


圖 1.2i 鏡子所成的像是橫向倒置的



圖 1.2j 「AMBULANCE」一字是橫向倒置的

總結平面鏡所成的像，

- 1 與物分別位於鏡的後面和前面，像與鏡的距離和物與鏡的距離相等。物與像的連線與鏡面垂直；
- 2 與物大小相等；
- 3 是虛像；
- 4 是正立及橫向倒置的。

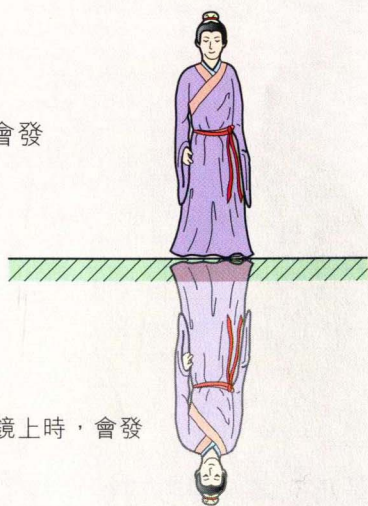


中國物理學

我國古代對平面鏡的研究

《墨經》是一本關於哲學和自然科學的著作，由墨子和他的學生於戰國時期（即公元前五至四世紀）寫成。書中對平面鏡成像的原理有這樣的描述：

鏡子 像 反轉
 「臨鑒而立，景倒。」
 （當人站在鏡上時，會發現像是倒轉了的。）



《墨經》描述當人站在鏡上時，會發現像是倒轉了的

《墨經》還對像的性質作了詳盡的描述：

平面鏡能把物體照成像，而像的形狀、亮度、位置和傾斜方向都和光線的反射有關。

如果人朝着鏡走過去，他的像也會朝着鏡走過來；如果他背着鏡子走開，他的像也會背着鏡子走開。

人身上的每一點，鏡子裏的像都有一點與它相對應。

人身上某一點和鏡面的距離，與像上的對應點和鏡面的距離相等。這原則可用在任何一點上，沒有例外。

問 題

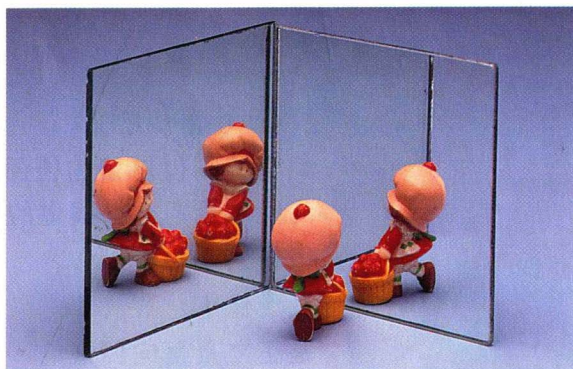
《墨經》上有關平面鏡成像的說法正確嗎？

補充資料

多次反射

一面鏡子只會形成一個像，多加一面鏡子，就會形成多個像，這是多次反射 (multiple reflection) 的結果。下圖顯示一個物體經兩塊互成直角的平面鏡所形成的三個像。更衣室和化裝室常常有兩面或多面鏡子，讓人可以從不同的角度看到自己。

左圖展示了「鏡陣效應」，一物體經 12 面按特定方位擺放的鏡子多次反射後，可形成無數個像。



兩面互成直角的鏡子所形成的三個像

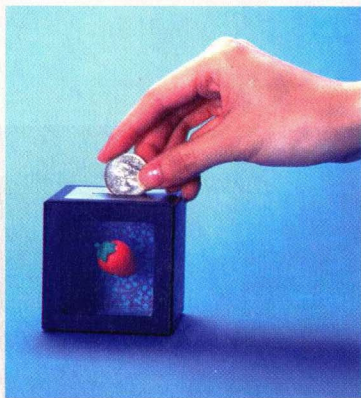
兩個人變成了一大羣人！



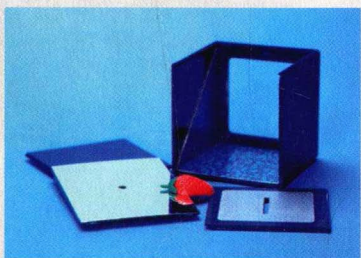


生活中的物理

懸浮半空的草莓

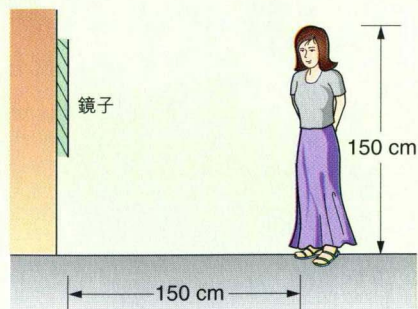


圖中所示的錢箱是一個物理學玩具。怎樣使盒中的草莓懸浮在盒子內呢？秘密就是利用光的反射。將半個草莓固定在平面鏡上，然後把這面鏡子放在盒子中間，將盒子分成兩半。鏡中產生的半個草莓的像，與半個真草莓合在一起，形成了一個「完整」的草莓，於是草莓看起來就好像懸浮在半空中一樣。



例題 3

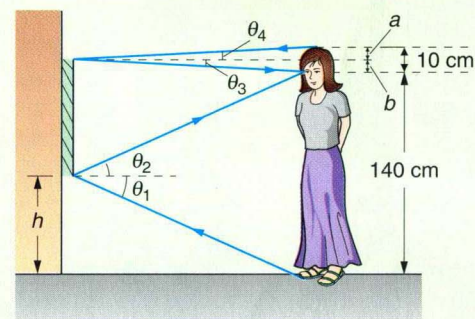
一個高 150 cm 的女孩，站在一面掛在牆上的平面鏡前 150 cm 處；她剛好在鏡子的底部看到自己的腳，而她的眼睛和頭頂距離 10 cm，問



- 女孩在鏡中的像距離她有多遠？
- 鏡子的下邊緣距離地面有多高？
- 如果要使女孩恰好能從鏡中看到自己的頭頂，平面鏡的上邊緣距離地面的最低高度應是多少？

題解

參看右圖。



- 平面鏡所成的像和鏡面的距離與鏡前物體和鏡面的距離相等。女孩與她的像之間的距離

$$= 150 \text{ cm} \times 2 \\ = 300 \text{ cm}$$

- $\theta_1 = \theta_2$ (反射定律)

$$\Rightarrow h = \frac{1}{2} \times 140 \text{ cm} = 70 \text{ cm}$$

鏡子的下邊緣距離地面 70 cm。

- 為使女孩能從鏡中看到自己的頭頂， $\theta_3 = \theta_4$

$$\Rightarrow a = b = \frac{1}{2} \times 10 \text{ cm} = 5 \text{ cm}$$

鏡子上邊緣和地面的最小距離

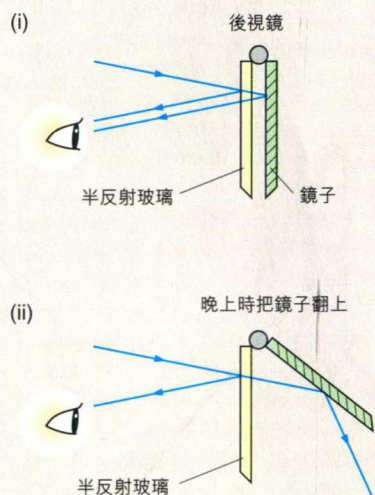
$$= b + 140 \text{ cm} \\ = 145 \text{ cm}$$



生活中的物理

汽車防反光後視鏡

如圖所示，汽車後視鏡前設有一塊半反射玻璃，這塊玻璃只反射部分光線，而讓剩餘的光透射到鏡面上。司機在夜間行車時，將後面的鏡子翻上，半反射玻璃只將部分光反射到司機處，從而大大減弱了後面車輛射來的刺眼強光。



當鏡面翻上時，只將少部分強光反射給司機

潛望鏡

在一個長筒裏安裝兩面鏡子，可製成能看到圍牆外景物的儀器（圖 1.2k）。兩面鏡子均與筒壁成 45° 。光線在每一面鏡子處偏轉 90° ，然後進入眼睛。這種裝置稱為潛望鏡 (periscope)。

雙層巴士裝有潛望鏡，讓司機查看巴士上層的情況（圖 1.2l）。潛水艇也裝有這儀器，可用來觀察水面上的情況（圖 1.2m）。

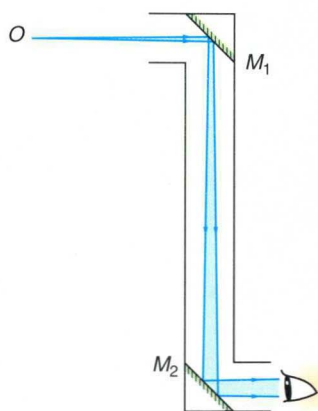


圖 1.2k 潛望鏡示意圖

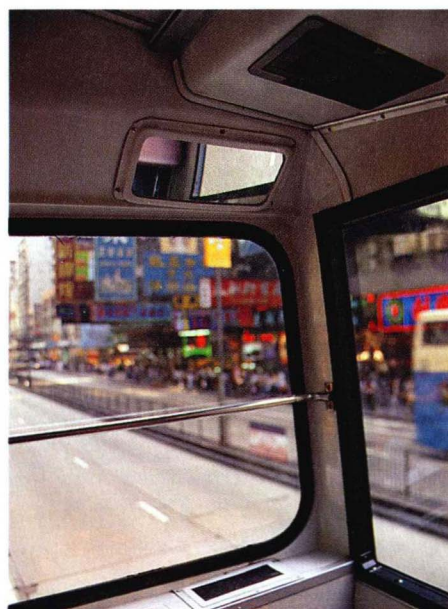


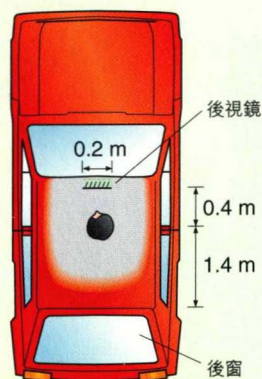
圖 1.2l 雙層巴士所使用的潛望鏡



圖 1.2m 潛水艇使用潛望鏡觀察水面上的情況

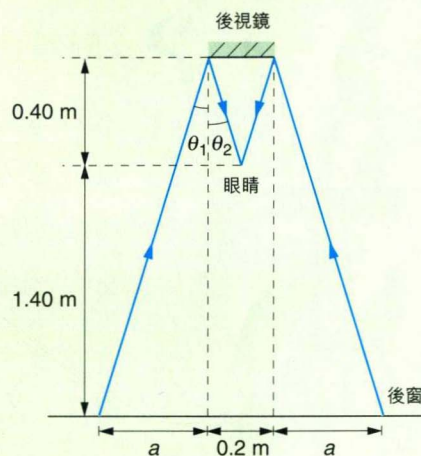
例題 4

汽車有一平面後視鏡，鏡寬 0.2 m，距司機的眼睛 0.4 m。司機的位置如圖所示對正後視鏡，汽車後窗在司機的眼睛後面 1.4 m 處。問司機能看到的後窗寬度是多少？



題解

參看右圖。



$$\tan \theta_1 = \frac{\frac{1}{2} \times 0.2 \text{ m}}{0.4 \text{ m}} = \frac{1}{4}$$

$$\theta_1 = \theta_2 \quad (\text{反射定律})$$

$$\therefore \tan \theta_2 = \tan \theta_1 = \frac{1}{4}$$

$$\Rightarrow a = (0.4 \text{ m} + 1.4 \text{ m}) \tan \theta_1 = 1.8 \text{ m} \times \frac{1}{4} = 0.45 \text{ m}$$

司機能看到的後窗寬度

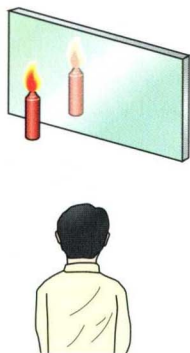
$$= a + 0.2 \text{ m} + a$$

$$= 0.45 \text{ m} + 0.2 \text{ m} + 0.45 \text{ m}$$

$$= 1.1 \text{ m}$$



多項選擇題



1 「反射定律並不適用於粗糙的物體表面。」

A 這句話是正確的。

B 這句話是錯誤的。

☐

2 「如果男孩走近平面鏡，蠟燭的像的位置亦會隨着改變。」

A 這句話是正確的。

B 這句話是錯誤的。

☐


問題與思考

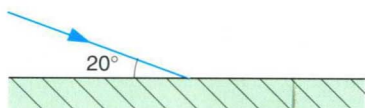


圖 1.2n

1 入射光線與鏡面間的夾角為 20° (圖 1.2n)。

(a) 求入射角的大小。

(b) 求反射角的大小。

(c) 光線偏轉了的角度是多少？

2 在檯燈下閱讀用光滑紙張印刷的書報會有困難 (圖 1.2o)。為甚麼？

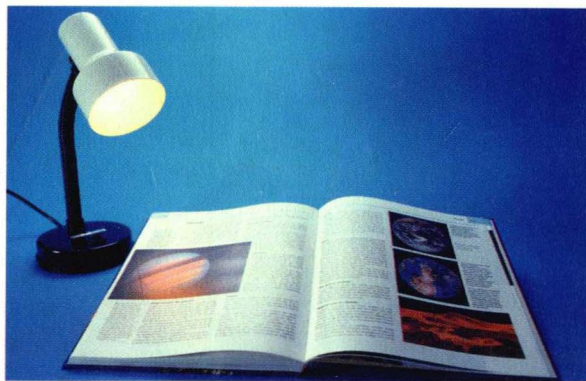


圖 1.2o

3 在聯歡會上，你加上閃光燈給朋友們拍了一張照片 (圖 1.2p)，而你的朋友正好站在牆上的鏡子前面。

(a) 試說明為甚麼照片的效果不理想。

(b) 怎樣才能使照片拍得更好？



圖 1.2p