

那惠物理問題

(第三冊)

目 錄

一、	波動介紹	3-1
二、	時間間隔	3-2
三、	水波（起波）槽	3-6
四、	照相機：針孔及透鏡	3-12
五、	透鏡	3-16
六、	光（射）線	3-22
七、	放大鏡，望遠鏡，顯微鏡	3-23
八、	眼睛	3-26
九、	光線圖及其量度	3-30
十、	反射（平面鏡）	3-34
十一、	折射（於一平面上）	3-36
十二、	光粒子	3-41
十三、	干涉	3-43
十四、	光線與光波，光之速率	3-45
十五、	關於力與運動某些預備的問答題	3-48
十六、	振動器及厚狹紙帶	3-50
十七、	速率與速度、加速度	3-56
十八、	有關振動器及狹紙帶的進一步之實驗	3-60
十九、	在各力平衡（或沒有力）情形下的運動	3-65
二十、	慣性（量）	3-68
廿一、	力與運動	3-71
廿二、	幾個不同的實驗（194～202），重力場（203～204）	3-74
廿三、	運動中的分子	3-79
廿四、	管子裡運動的球：在托盤中運動的小彈珠	3-80
廿五、	氣體中的分子運動	3-82
廿六、	氣體的溫度，壓力及體積	3-85
廿七、	電流，羅盤與鐵屑	3-92
廿八、	永久磁鐵與電磁鐵	3-96

廿九、	磁場中的電流，馬達效應	3-101
三十、	導線在磁場中的運動，發電機	3-106
卅一、	一個初步的磁性理論	3-109

一、波動介紹

1. 下列的表中包括了一個波動的例子（例 A），其內容說明了：該波是如何產生或建立的；該波是由些什麼東西在振動；波之振動方向是與波之進行方向相互垂直呢抑或是相互平行。

試抄錄例 A，並另外補充兩個例題，B 及 C。但是你不得包括聲波和光波在內。

	例 A	例 B	例 C
波動：	伸長的繩子		
如何建立起來：	使力將繩子拉彈		
由些什麼東西振動：	繩力的質點		
振動之方向：	與波進行方向垂直		

2. 這裡有兩個方法可以幫助你將一個“訊號”傳遞給另一個人。這方法是你可藉助一個運行在你兩者之間的有形物體（例如，你直接用手碰觸他，或向他投出一塊石頭以引起他的注意，或寄封信給他等等。）或藉助波動的某一種形式而通過一定的步驟以達到你通訊的目的。

試提議某些你可用以將一個“訊號”傳遞給另外一人的方法，但不能用你在題 1 中所用以作答的兩個波動例子。（注意：你在題 1 中的答案並未包括聲波及光波在內。）而且你在回答時須寫出你所用的裝置或儀器，以及你是如何地傳送出一個“訊號”的。

3. 你取出一個軟木塞，將它放在水面上，通常來說它是漂浮在水面上的，這時你用方法使它在水面附近上下振動的話，則其四周開始有波紋出現。我們知道木塞及水都是有形物質的物體，試問這時候的波紋是一種物質波動？請以是或否作答，並寫出一、兩句話為你的答案辯護。

4. 一個脈動波是指一個歷時非常短暫的波動，例如，你使勁將門砰的一聲關上，或是一隻花瓶壁爐架上突然摔下來所造成的聲響。

a. 試問一個鐵路貨車的司機他將能夠怎樣地製造一個脈動？並請說出車子這時會有什麼情形發生。

b. 現給你一張平桌子，以及許多個硬幣，你將如何證示一個脈動？並請說出硬幣這時所將發生的情形。

c. 你將如何證明一個脈動，而此脈動的進行（振動）方向恰好是與由此脈動所形成之波的前進方向相互垂直？

5. a. 你將如何地證明兩道水波可以相互跨越或相互通過？

b. 你又將如何地證明上述相同的情形可以發生在一根彈簧上？這時你可以假設該彈簧是由你及另一人分別拿着彈簧的一端。

6. 若兩個球在一條木槽裡相向滾動，當它們頭碰頭的撞在一起時，將有何結果產生？此一情形與上題中兩道波對面相遇時的情形有何不同？

7. 你用手持着彈簧的一端，另一端則將它固定在牆壁上，這時你微微抖動一下，送出一個脈動，則當此一脈動沿着彈簧傳到其固定端及返回來的情形各為如何？你又如何說明當你將一石子投入一靜水（死水）時所發生的情形和上述之結果一樣？並請畫出一圖形表示出你將看到的現象與結果。

8. 一石子投入水中，所激起的水波波紋慢慢向遠處擴張，越來越遠，且波紋的浪高也越來越低，最後終於消失，試問它為什麼會越來越低？

9. 一根彈簧垂直地掛着，下端則被固定在一條板檯上，一脈動由其頂端傳送下來並被反射回去。此一結果與“若將其底端鬆開並浸入水中”所得到的情形有何差別？又若將其底端鬆開而浸入濃厚的糖漿中時，所產生之結果與上述則有何不同？

二、時間間隔

10. 現讓我們來看看你對半分鐘久的時間間隔之估計程度如何，以便通過下述的方法來檢驗你對時間的感覺官能。當然，你需要具有一隻帶有秒針的手錶或時鐘。

請你注視時鐘的秒針約三十秒之久，你將在腦海中留有一個“三十秒似乎有那麼長久”之概念。現在請你閉上眼睛並大約估計一下三十秒鐘已過，再張開眼睛看看實際經過的時間是否就是你所估計的三十秒。試問你的估計與實際時間產生了多少秒的誤差？

請重複上述情形再做上六次相同的估計，並寫出你每次的誤差大小。

a. 你是否認為上述一次又一次的估計，其精確的程度會越來越好抑或會越來越差？

b. 你最後五次的平均誤差是多少？

11. 時間的妙數你可以根據用嘴不停的唸“密西西比 1，密西西比 2，……”之方法加以計算，當你唸到“密西西比九”時，就表示大概過了九秒鐘，不過，你唸的速度要正常，不能太快，也不能太慢。

試根據上項方法，來計算三十秒鐘，前後共做五次，並求出該五次的平均誤差將其與問題 10 (b) 中所得之平均誤差加以比較之。請問此一方法是否較佳？

12. 一個單擺包括有一條細而輕的線，及該線（約一公尺長）之一端所繫着的一個小球。該線之另一端被兩本片所夾住而使此線下端之小球能自由擺動。若此小球來回擺動一百次，則共需時 184 秒，試問它每來回擺動一次需時若干？擺動 $\frac{1}{2}$ 次？ $\frac{1}{4}$ 次又費時多少？為什麼該球的整個來回擺動之 $\frac{1}{2}$ 幅度所需的時間不是其整個來回擺動之 $\frac{1}{4}$ 幅度所需時間的一半呢？

13. 一根約一米長的木棒，在其一端橫穿有一小孔，通過此孔將木棒懸掛起來並讓它擺動。試根據實驗提供一個方法以求出某一單擺（問題 12 所述的那鐘擺動）的擺長，而要使得該單擺的擺動時間與木棒的擺動時間相同。並請畫出你的實驗裝置圖形。

14. 這裡所介紹的是一個製造一簡單水流時鐘以測定短暫時間間隔的方法：找出一個裝水菓罐頭的洋鐵筒子，將其頂部拿掉並在底端鑽一個小孔，用東西將它懸空固定起來，並在它的底端小孔之下面擺放一隻有刻度的量杯或量筒，這時你可用水罐或自來水水管向此洋鐵筒裡加入水並源源不斷地使其保持一定的水量在筒內。

a. 此一裝置將如何能用於測定幾秒鐘的短暫時間間隔？

b. 要一直保持洋鐵筒內的水量一定是一件非常麻煩的事情；試提議一個變更的方法以避免此一麻煩。

注意：下面許多問題（15 至 28）中都提到了“旋轉速度計”（譯者註：此一旋轉速度計亦即我國近年來高中新物理課本中所說的測頻儀，以下皆稱之為測頻儀。）這種東西，並不是強調測頻儀的重要，只不過是為了提供問題罷了。

15. 你若有一個能夠繞一柄旋轉的圓盤（即一測頻儀圓盤），而此盤上正刻有一狹（裂）縫。

a. 若此圓盤每秒轉兩轉，而你透過此一圓盤的狹縫去觀察一部沿着直馬路行駛的汽車，當汽車行經一段路程時，你在這段時間中所看到的情形為何？

b. 若此汽車的速率為每小時 30 英里（約等於每秒 44 呎），則

3-4 那惠物理問題

你在透過圓盤狹縫的觀察情形下，每一“瞥”之間汽車行進了多遠的距離？

c. 如果這時圓盤的轉速加快而達到每秒轉四轉，則每一瞥之間的時間間隔為多少？即在此一瞥之間汽車所行進的路程又為多少？

d. 若圓盤在其直徑的兩端分別刻有一狹縫（故這時圓盤上有兩條裂縫），且以每秒兩轉轉動，則試問此時你所觀察的結果是否正好與(c)中的結果相同？為什麼？

16. 一輪胎上有八條輪輻（車輪上的線條），且以一秒轉動一次不停地轉動。若你透過一個上面刻有一狹縫，轉速為每秒一轉的測頻儀加以觀察，則你看起來該輪胎似乎是呈靜止不動的。

a. 為什麼該輪胎看來呈靜止狀態？

b. 若測頻儀的轉速為每秒八轉，則該輪胎看來仍呈靜止狀態（假設輪胎上的八條輪輻完全一樣），試問這又為什麼？

c. 難題：對於測頻儀的轉速分別為每秒兩轉及每秒四轉時，該輪胎看起來還是呈現靜止狀態，你知道這是為什麼嗎？

17. 若一測頻儀有十二條狹縫，轉速為每 15 秒轉 75 轉。

a. 試問它每秒轉多少轉？

b. 每秒鐘將有多少“瞥”的光通過此測頻儀上的諸狹縫呢？

c. 每一“瞥”之間的時間間隔為何？

18. 倘若你用的是一個與上題相同的測頻儀，而現在希望每瞥間的時間間隔為原來的兩倍，則你要使此測頻儀如何轉動？若不改變其轉速，你又如何達到上述的目的？

19. 一球以每秒 120 厘米的速度沿着一水平檯面作直線滾動，你現在透過一個上有 10 狹縫，每秒轉動 3 轉的測頻儀加以觀察之。

a. 則你在一秒鐘內將看到該球多少瞥（剎那）？

b. 每一瞥之間的時間間隔是多少？

c. 此一時間間隔內，球將滾多遠？

20. 承上題，倘若這時你不是用眼看，而是將一架照相機透過此一測頻儀加以攝影的話，並將“照門”打開進行連續曝光。請你畫一圖形以表示所將拍得的照片情形，並大致地解釋一下為什麼照片所拍得的情形將像你所畫出的那樣。

21. 若我們先將題 19 中那個球在一瞥間所走的距離記錄下來，然後在另外一個實驗中，却發現該球在每一瞥間所走的距離愈來愈短，則此現象將可能是由於：

- (1)該球的速率慢慢地低下來，
- (2)該球的速率慢慢地越來越大，
- (3)測頻儀的轉速越來越慢，
- (4)測頻儀的轉速越來越快，

試問上述幾個敘述中的那些將可能是正確的呢？並請解釋其理由（用兩句話即可）。

22. 一車輪上具有八條完全一樣的輪輻，且透過一個上有 10 狹縫的測頻儀加以觀察，則當測頻儀的轉速為每秒 4 轉時，你將發現該車輪看起來似乎靜止不動。

- a. 在一秒鐘內，你將可看到該車輪出現幾瞥？
- b. 每一瞥之間的時間間隔是多少？
- c. 該車輪轉動一圈所需的最長時間間隔是多少？
- d. 由此，該車輪的最小轉速將是多少？（請以每秒多少轉作答。）

23. 假使上題中的車輪轉速不變地一直轉動，而測頻儀的轉動速率却漸漸慢下來，則你現在所看到的情形如何？並請解釋其理由。

反轉來說，若輪子的轉速還是保持不變，而測頻儀的轉動速率漸漸加快的話，則你所將看到的情形又如何？請說明為什麼。

24. 若車輪（22 題）現在的轉速是其最小轉速（22 (d)。）的兩倍，則你所看到的現象仍呈靜止狀態，試問這是為什麼？

25. 假使車輪（22 題）的邊緣現有一白色記號，而測頻儀以 22 (d) 中的最小轉速轉動，則該白色記號（不在輪輻線上）你將無法由測頻儀的狹縫中看到；試問為什麼？

若你要能夠看到白色記號並使其看起來似乎呈現靜止狀態的話，則測頻儀的最小轉速將是多少？

26. 一摩托車的每隻輪子上均由中心至邊緣刻有寬窄相同，間隔相等的四條紋綫，且每條紋綫看來完全相同。

一架電影攝影機當車子開始以正常速度運動後跟着攝影，但不久輪子的轉速加快起來，則攝影所得的結果看起來却似乎覺得車輪在倒轉。當車輪的速度加快至一定程度時，該倒轉現象消失掉了且車輪看起來是靜止的。而當車輪的轉速再更加快起來時，則攝得之結果看起來却又似乎覺得車輪在慢慢向前轉動。此一令人驚異的現象想必你在日常生活中一定碰到過不少類似的情形。

a. 試問你如何解釋此一“奇怪的現象”？

b. 若攝影機的拍照速率是每秒拍照 24 張的話，則在當拍得車輪首次呈現靜止狀態時的車輪之實際轉速是若干呢？

27. 學校中的體育老師爲了分析學生們在進行各種體育活動（如賽跑，跳高，及打棒球等等）時的詳細情形及種種過程，故常常拍些“慢動作”的照片。現在王老師手中帶有兩架攝影機，一架的拍照速率是每秒 16 張，另一架則是可以自由控制的，這時他說，若那架每秒拍 16 張照片的攝影機所拍得的照片是表示正確運動情形的話，則爲了要拍得只有運動時實際速率的一半之照片時，就必需用那架可以控制快慢的攝影機並調整其拍照速率爲每秒 8 張加以攝影。請問他的說法對嗎？假如答案是否定的，則你將告訴他應該如何才算是正確？並解釋你的說法是對而他的做法却是錯誤的理由。倘若真的照王老師的說法加以攝影的話，則有什麼樣的結果？

28. 一天文學家對太陽表面進行一項特殊之研究，他將希望能拍攝到太陽表面光暈之變化情形的照片，並要使得實際三天中的變化情形能在三分鐘由照片顯示出來。現在他所用的電影攝影機之正常速率是每秒拍攝 16 張，試問他要以什麼樣的拍攝速率進行攝影，方能達到上述的目的？

三、水波（起波）槽

29. a. 由雨點或水滴落入一水槽內所形成的水波是以圓形向四面八方散開而去的。試提供某些方法以測定這些水波的實際形狀是否比我人所看起來的大致圓形還要圓。

b. 將一把約六英寸長的直尺沿水面地沉入水槽中所形成的水波，這時的水波形狀還是圓形的嗎？是否是直線形的呢？試畫出你由上朝下所看到情形的圖形。

30. a. 試問你如何利用一水槽，以說明兩道水波能相互通過而不受影響？

b. 當水波在水槽中遇到一斜置的障礙物時，將有何情形產生？許多其它的“波動”在此情狀下將有一種什麼樣的相類似之情形產生？

31. 圖 31 (i) 中由 A 點所引伸的那條斜線是代表一道由直線振動器所產生的直線波浪之一部份，此波浪之左邊部份這時正好抵達一直線反射物（障

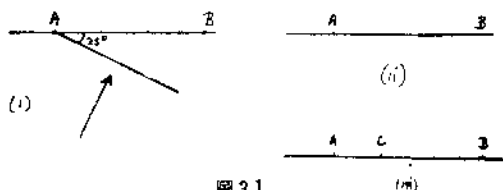


圖 31

礙物）表面之 A 點。稍過一會兒之後，波浪之右邊部份亦將到達 B 點那地方，且已知該波峯與反射物之間的夾角為 25° 。

試在圖 31 (ii) 上，補充畫出當上道波浪之右邊部份抵達 B 點時的整個波峯之位置，並註出在那個地方波峯與反射物之夾角是等於 25° 。

最後，請在圖 31 (iii) 上畫出上道波浪之波峯剛剛抵達 C 點（即尚未到達 B 點之前）時的整個波峯之位置圖形。

32. 在圖 31 (i) 中，那條帶有箭頭的線段是表示波浪的波前之進行方向。現請你畫出圖 32，此圖中有兩條線，一條是圖 31 (i) 中所用以來表示波前進行方向的線段，另一條是垂直反射物表面的直線。試再加上一條線以表示被反射後的波浪前進的路線，並標明這時圖上將有兩個夾角它們的大小都是 25° 。

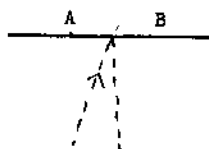


圖 32

33. 圖 33 (i) 表示一道由震源在 O 點所發散出來的圓形波浪，這時正抵達一反射物的表面 MM 處。

稍過一會兒之後，該波浪之位置則如圖 33 (ii) 所示。試複製此圖，並畫出該波浪在 A 與 B 之間那部份被反射後的波浪位置。

如果你認為那部份被反射後的波浪之形狀也是圓形的話，則此圓的中心點你認為該在何處？試在你的圖形中標出其位置。再請問該中心點與直線 MM 的距離為何？又與 O 點間之距離是多少？

34. 一男孩在一水槽中垂直地放置一平面板，然後分別在壁板之兩邊，x 及 y 處同時滴放兩點水滴，於是，他所得到的波浪形狀乃如圖 34 所示。

a. 你認為 x 及 y 兩點分別至平面板之間的距離有着什麼樣的關係？



圖 33(i)

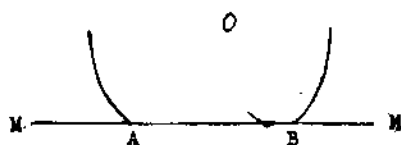


圖 33(ii)

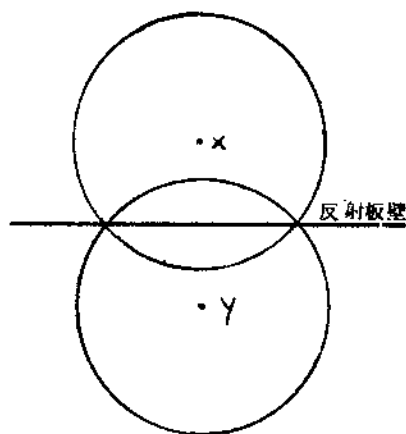


圖 34

b. 抄錄圖 34，試以一枝有色的鉛筆對由 x 處所發出的波浪加以着色，然後再以另外一種顏色的鉛筆對由 y 處所發出的波浪也加以着色出來。

35. a. 如果 x (題 34) 是“物”點的話 (即一波浪產生的起源點)，則為什麼 y 將被稱作是“像”點？

- b. 如果 y （題 34）是“物”點的話，則又為什麼 x 可被稱作是“像”點？
36. a. 試以一水波起波槽來描述一架你曾經使用過的測頻儀。
 b. 請解釋你是如何地能使你透過該測頻儀觀察波槽中的波浪時，看起來波浪似乎是靜止不動的呢？
 c. 一測頻儀當它以某種所謂“正確”的轉速旋轉時，你恰好透過它而感覺到水槽中的波浪是呈靜止狀態。但此時若測頻儀轉速稍微加快或稍微減慢的話，則你所看到的情形將分別有何結果產生？
37. “兩相鄰波浪之浪峯間的距離是該波浪的_____。”
 “在一定之時間內，通過某一點的波浪數目是該波浪的_____。”
 請抄錄上面兩段文字，並填滿其空白地方。若我們用的是一把厘米直尺及一隻能測定秒數之時鐘的話，則上面兩空白處所該填入的物理量之單位分別是什麼？
38. a. 若給你一架測頻儀，一把厘米尺，及一隻能測出秒數之時鐘，試問你將如何求出一水波槽中波浪的波長及其頻率？
 b. 你將又如何地計算出該波浪的波速呢？
 c. 倘若波浪的波速進行相當慢的話，則你又如何去測定它的速度？
39. 下面的圖 39 是一個表示一水槽中一系列直線波浪的圖形。

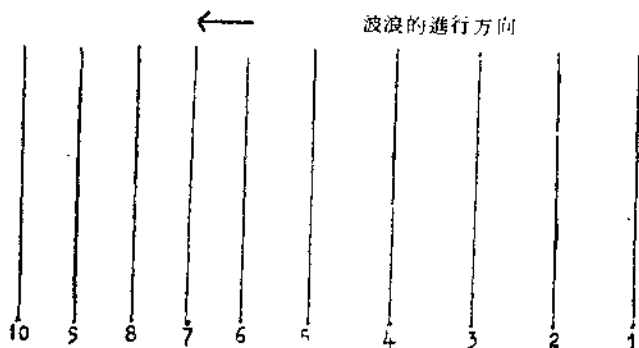


圖 39

3-10 那惠物理問題

波浪是由一個位於圖形右邊的震動器所發出來的。當用一架測頻儀觀察到其似乎呈靜止狀態時，它的實際位置則如圖中所示。現有一塊平玻璃板放在水槽底面上，故而使得那部份的水較其它地方為淺，且波浪與玻璃板的邊緣相互平行。

- 則試問玻璃的邊緣位置是放置於何處？（即是說，那塊玻璃是放在波紋 2 和 3，還是放在波紋 8 及 9 之間？抑或是在其它兩位置之間呢？）
- 此玻璃是在圖形中的左端抑或是右端？
- 你認為在左端及右端的波浪之頻率有何關係？
- 在右端波浪之波長是多少？（由圖形中將其測量出來）
- 在左端波浪之波長又是多少？（由圖中將其量度出來）
- 若已知右端之波速為每秒 21 厘米，則在左端之波速是多少？

40. 圖 40 表示一系列由一個位於下端的震動器所產生的波浪。這時水槽（起波槽）底部包含有一塊直邊平板，而使得其上面之水的深度比較淺。

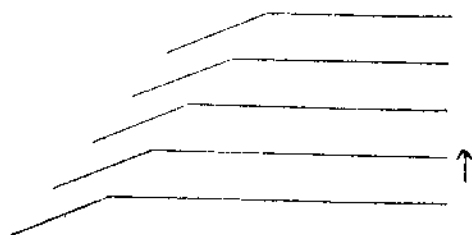


圖 40

- 則試問此平板是放置在何處？
- 試由圖形中量度出在淺水部份波浪的波長。
- 試由圖形中量度出水波當其進入淺水部份時，所偏折的角度大小。
- 以箭號畫出水槽中各部份地方水波的進行之方向。
- 試問深水中波浪的進行方向及淺水中波浪的進行向，兩者間的夾角是多少？

41. 下面三小題中的三個圖形，分別表示在一水波起波槽中所放置的不同之三個障礙物。這時水波槽中之下端有一直線震動器，故而它可產生一系

列的直線波浪，並抵達障礙物處。

- a. 圖 41 (a) 表示第一個障礙物，其上有一非常小的細孔。一道波浪進行至該障礙物及小孔上時，約莫過了一會兒之後，波浪再行進了約 3 厘米。試畫出該波浪此時的位置。（如果你喜歡的話，你可以用圓規幫助作圖。）



圖 41 (a) 一個小孔

- b. 圖 41 (b) 中則表示在第二個障礙物上有一個約 5 厘米的大孔，試大致地畫出當一道波浪經此孔後再行進了約 3 厘米時的波浪之位置及形狀。



圖 41 (b) 一個大孔

- c. 圖 41 (c) 則表示在第三個障礙物上共有 11 個小孔。第一孔與最後一小孔間的整個距離為 5 厘米，而每個小孔之大小形狀與 41 (a) 中之細孔一致，試說明當一道水波經此障礙物後再行進了約 3 厘米時的位置及情形。



圖 41 (c) 共有 11 個小孔

- d. 試問由此練習題之中，能否作出任何有關的新觀念或結論嗎？並請解釋之（用一、兩句話便可以）。

42. 一單獨震動器其震動頂端浸入一水波槽中開始震動的話，則我們可以看到水槽中將有圓形波浪產生。若然後再有第二個震動器，離其約 5 厘米之距離加入震動時，且該兩震動器相互一上一下地同時震動。（這種在同一時候一個震源向上震動，另一個震源則朝下震動所產生的波浪，我們通常稱它們為“同相”。）試大致地描述（你若能夠畫圖表示則當然更好啦！）當比兩個震動器同時震動時所產生出來的波浪圖樣。

43. a. 假使同樣的情形（問題 42 中所述者）發生於光的狀況之下，

則將有什麼樣的現象或效果可以觀察得到呢？（例如，你可以用兩隻發光的電燈泡代替那兩個震動器，而將一張白紙代替水槽便可以了。）

- b. 你是否會期望當你用兩隻電燈泡及一張白紙做上述類似的實驗時，將會有你所想像的現象或效果確實地被觀察到嗎？試問為什麼不會被觀察到呢？（請寫出一個實際上的答案，或一個理論上的理由，或者兩種都寫出來。）

四、照相機：針孔及透鏡

44. 圖 44 表示在一塊有一小孔的金屬片之前面放置着一枝蠟燭，而在另一面等距離的地方則放置一蠟紙屏 W。

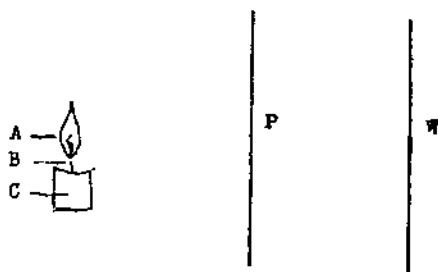


圖 44

圖中之小孔為 P，A 為火焰中黃色亮點，B 則為蠟燭心上的暗點，只有少許光亮，C 為蠟燭壁上的蠟的顏色。試畫下此圖，並分別由 A，B，C 三處畫出一條直線，當此等直線通過小孔 P 後，而在屏 W 上則分別得到 A'，B' 及 C' 三點。

- 試問你在畫此圖時，曾對光線做過什麼樣的假設？
- 此一圖形將使你預想到蠟燭及其火焰在屏 W 上的像為何？（即是說，你認為像的形狀及大小將怎樣？）
- 此一預想是否會與當你用一架針孔照相機做此實驗時所得到之結果一致嗎？

45. 再請看到圖 44，若依照下列各情形時：

- 屏 W 向 P 處稍微移近一些，
- 屏 W 向 P 處稍微移遠一些，
- 金屬片上若有兩個小孔，而不是一個小孔，
- 金屬片上雖仍只一孔，但此孔為原來小孔的兩倍寬大。

則在屏 W 上所得到的各像分別有着怎麼樣的不同？

46. 當你在一個夏天有陽光的日子裡散步時，你在樹下將會發現太陽光通過樹葉間的罅隙後再照射到地面上所形成的許多小光亮圈塊，雖然樹葉的形狀都是尖尖而具有角形的，但光塊却大致都是圓的，且其周圍的邊緣都模糊不清，試問這是為什麼？

- 當太陽被一陣烏雲或其它東西遮蔽時，則陽光到達（通過樹葉）地面時的形狀也就有所不同了。若原來為一個完全圓形的太陽，這時被掩遮而成一蛾眉月（即所謂之新月狀）的形狀時，則你將預測這時在樹底地面上的光塊之形狀為何？又為什麼？

有關透鏡的說明：你一定曾經看見過不少的透鏡吧，其中有些可以使物體看起來變得較大，而有些則可以使物體看起來變得較小。請去察感它們的性質及摸一下它們的形狀等等。（然後你須用一軟布擦拭清潔，最好不要再摸它，因為這樣做對透鏡來說是不好的！）我們由上可知，一個放大透鏡是中間較邊緣部份要厚；而通常被稱做凸透鏡或正透鏡。而一個具有縮小作用的透鏡則叫做凹透鏡或負透鏡。在稍後我們將會去尋求上述第一種透鏡的“功率”是以正值所測量表示出來，而第二種則是以負值測量表示出來的實際理由。

一塊平的玻璃，若其所有地方的厚度都一樣的話，則它既沒有放大的作用，亦沒有縮小的功效，而它的“功率”我們稱之為零。

我們亦將看到一個正透鏡會把光線會聚起來，即是說，它能使光線向內彎，而負透鏡則會使光線發散開去，也就是使光線向外彎。故我們有，

正透鏡同時亦可叫做凸透鏡或會聚透鏡；而

負透鏡同時亦可叫做凹透鏡或發散透鏡。

至此，你已知道了各類透鏡的不同各種的名稱。不過在此書中，我們通常用的是以正透鏡或負透鏡而稱之。

47. a. 一針孔照相機在一線上有五個小孔而不只是有一個而已，試根據此五個小孔畫出一個與圖 44 相類似的圖形，你須由 A 點畫出五條線，分別通過每一小孔而抵達屏上得倒立之像的五個位

置。

- b. 現在假使在五個小孔前面放有一個正透鏡，其中心部份恰好對正五小孔的中央。這時請你由 A 處畫出光線，先通過透鏡，再通過那些小孔，以表示出將有什麼樣的情形出現在屏上。試問為什麼加上透鏡後所得到的情形與不加透鏡時所得之情形有所差異呢？
- c. 若我們保持上述透鏡的位置不動，而以手指將上述的五個小孔挖成一個大圓洞，此洞之直徑則恰好等於原來第一小孔至第五小孔的整個距離，則試問在此情形下將使屏上的像產生什麼樣的差別？

48. 算術及幾何部門的問題：

- a. 一電燈泡之直徑為 7.5 厘米，放在一針孔照相機的針孔前約 100 厘米處，針孔至屏間的距離則為 20 厘米。試問在屏上所得到的像之寬度是多少？（請以圖形作圖而求出之。）
- b. 假設你有一架很大的針孔照相機，其長約 100 厘米，而電燈泡這時離針孔處的距離却只是 20 厘米，試問現在屏上的像寬是多少？

49. 現在讓我們以一架透鏡照相機取代針孔照相機來重複上一題。

- a. 一電燈泡直徑為 7.5 厘米，放置在照相機之透鏡前面約 100 厘米的地方，透鏡與底片（照相機之底片）間的距離則為 20 厘米，試問在底片上所成的像之寬度是多少？
- b. 假使該照相機的長度為 100 厘米（即是說透鏡至底片間的距離為 100 厘米——譯者註。），而電燈泡至透鏡之距離只為 20 厘米，這時底片上像的寬度為何？

同時請你回答

- c. 一架像上述(b)中所假定的照相機亦可用來作為放大複印之用，但其排列方法看起來則完全與某一種不同的儀器相似。試問是一種什麼儀器其透鏡至物體間的距離只有幾英寸，而透鏡至屏間的距離却有好幾英尺長呢？再請問通常該物體是由什麼組成的？以及此儀器又是如何構成的？

50. 代數部門的問題： 48 題及 49 題中的(a)和(b)是一種普遍情形中的兩種特例。如果：

O = 物體的高度（或寬度），