

嚴 濟 慈 著

高中物理學習題詳解

下 冊

編 演 者 顧 學 成 王 德 勛

新 科 學 書 店 出 版

上海(11)福州路606號(浙江路西)電話93223

高中物理學習題詳解 (下冊)

習題四十五 (原書 314-305 頁)

1. 拍桌何以成聲?

解 拍桌時, 桌面即發生振動, 因此成聲

2. 人何以能發聲?

解 人類在咽喉兩旁有聲帶, 說話時空氣經過聲帶, 使聲帶發生振動, 同時舌和唇亦振動, 故能發聲。

3. 已知電燈泡內為真空, 熱與光能在真空中傳播否?

解 熱與光均能透過真空。

4. 夜半鐘聲, 隔 2.5 [秒] 鐘, 始到客船, 已知當時之氣溫為 0°C , 求船與寺之距離。

解 聲在 0°C 之速度為 331.4 [米/秒],

$$S = v \times t$$

$$= 331.4 \text{ [米/秒]} \times 2.5 \text{ [秒]}$$

$$= 828.5 \text{ [米]} \cdots \cdots \text{船與寺之距離為 } 828.5 \text{ [米]}$$

5. 在圖 256 紀錄音叉振動之儀器中, 圓筒之半徑為 16 [厘米], 每 [分] 鐘轉 45 次, 測得煙灰紙上 20 全波間之距離為 5.89 [厘米]。求音叉之頻率。

解 圓筒每 [秒] 鐘轉 $45/60$ 次 $= 3/4$ 次, 則其每 [秒] 鐘經過音叉端之距離為 $2\pi \times 16 \text{ [厘米]} \times 3/4 = 75.3984 \text{ [厘米]}$ 。

每一全波間之距離 (即波長) 為 $5.89/20 = 0.2945 \text{ [厘米]}$

高中物理學習題詳解目錄

(中文數字表原書習題，西文數字表本書頁碼)

上 冊	十八... ..60	三六..... 108	五三..... 155	七一..... 206
一..... 1	十九.....63	三七..... 112	五四..... 160	七二..... 207
二..... 3	二〇.....66	三八..... 115	五五..... 162	七三..... 210
三..... 6	二一.....68	三九..... 117	五六..... 169	七四..... 218
四..... 8	二二.....70	四〇..... 118	五七..... 175	七五..... 222
五.....12	二三.....76	四一..... 121	五八..... 177	七六..... 224
六.....20	二四.....78	四二..... 122	五九..... 179	七七..... 228
七.....22	二五.....82	四三..... 124	六〇..... 183	七八..... 231
八.....27	二六.....85	四四..... 125	六一..... 185	七九..... 233
九.....30	二七.....88	下 冊	六二..... 187	八〇..... 236
十.....31	二八.....90	四五..... 129	六三..... 187	八一..... 240
十一.....40	二九.....91	四六..... 132	六四..... 188	八二..... 242
十二.....44	三〇.....93	四七..... 134	六五..... 189	八三..... 243
十三.....45	三一.....97	四八..... 127	六六..... 192	八四..... 245
十四.....46	三二.....98	四九..... 140	六七..... 196	八五..... 246
十五.....50	三三..... 100	五〇..... 143	六八..... 197	
十六.....55	三四..... 101	五一..... 145	六九..... 200	
十七.....58	三五..... 104	五二..... 150	七〇..... 205	

例 言

1. 本書係根據嚴濟慈先生所編著高中物理學中的習題，加以詳盡地演解，俾供讀者演題時校核比較或自修參考之用。
2. 本書特別注重單位的演變，以期加強運用公式的能力，及對於物理學基本原理的瞭解。
3. 本書對於原書中的理論較少部分，解題時說明特詳。原書中數字排印上錯誤之處，已分別改正，並說明原因。
4. 本書付梓時得各同事及高三同學之幫助甚多，特此致謝。
5. 編者學識淺陋，錯誤難免，尙希海內明達評批指教。

一九五〇年十二月 編者寫於崇明中學

$$\therefore \text{音叉之頻率} = \frac{\text{速度}}{\text{波長}} = \frac{75.3984}{0.2945} = 256 \text{ [次/秒]}$$

6. 有人見電閃後，歷 8 [秒] 鐘，始聞雷聲，求閃電處與人之距離。

解 聲之速度（實用上） $v = 343$ [米/秒]， $t = 8$ [秒]，

$$\text{閃電處與人之距離 } S = vt = 343 \times 8 = 2744 \text{ [米]}$$

7. 側耳於火車之鐵軌上，另由一人在遠處打擊鐵軌時，可聞得響聲二次，何故？設此二響聲相隔 0.8 [秒]，求鐵軌被擊處之距離。

解 (a) 聲在鐵中傳播之速度較大於空氣中傳播之速度，故第一次聲音是從鐵軌上傳來，第二次是空氣中傳來。

(b) 設被擊處與耳處之距離為 x [米]，聲在空氣中之速度（實用）為 343 [米/秒]，聲在鐵軌中之速度（較空氣中大 15 倍強）約為 $343 \times 15 = 5145$ [米/秒]，又設聲在鐵軌中自被擊處傳至耳處之時間為 t [秒]，則聲在空氣中自被擊處傳至耳處之時間為 $(t + 0.8)$ [秒]，依公式 $s = vt$ ，故得：

$$x = 5145 t \dots\dots\dots (1)$$

$$x = 343 (t + 0.8) \dots\dots\dots (2)$$

解 (1) 及 (2)，得 $t = 0.057$ [秒]， $x = 293.95$ [米]。

8. 用 600 [米/秒] 之速度，將鎗彈打至 400 [米] 遠之靶上，聲及鎗彈何者先到？快多少 [秒]？

解 聲在空氣中之速度（實用）為 343 [米/秒]，鎗彈之速度為 600 [米/秒] 而發彈處與靶之距離為 400 [米]，今設鎗彈到達靶子之時間為 t_1 [秒]，聲至靶之時間為 t_2 [秒]，則 $S = vt_1$ ，或 $t_1 = S/v$ ，故得 $t_1 = s/v = 400/600 = 0.667$ [秒]，

$t_2 = 400/343 = 1.166$ [秒], 由此知鎗彈較聲先到。

又 $t_2 - t_1 = 1.166 - 0.667 = 0.499$ [秒],

即鎗彈較聲先到 0.5 [秒]。

9. 一人打靶, 標的離人 280 [米]。自鎗彈離鎗口 1.3 [秒] 後, 即聞中的之聲, 求鎗彈之速度。

解 依公式 $S = vt$, 或 $t = S/v$, 今聲速 $v = 343$ [米/秒], $S = 280$ [米], 代入公式得

$t = 280/343 = 0.816$ [秒], 此即聲自靶子至人耳之時間, 所以鎗彈自鎗口至靶子之時間為 $1.3 - 0.816 = 0.484$ [秒]

又 $S = vt$, 今 $S = 280$ [米], $t = 0.484$ [秒],

$\therefore v = 280/0.484 = 578.5$ [米/秒]

10. 鎮上之鐘, 於正午敲 1 下, 報告時間。鎮外 2 [仟米] 處之人, 依此鐘聲, 校準其錶, 應有若干相差? 撥快或撥慢?

解 依公式 $S = vt$, 或 $t = S/v$, 今 $v = 343$ [米/秒], $S = 2$ [仟米] = 2000 [米], 代入公式得

$t = S/v = 2000/343 = 5.83$ [秒],

即鎮上之鐘聲傳至 2 [仟米] 之處須時 5.83 [秒], 所以鎮外 2 [仟米] 處之人, 依鎮上鐘聲, 校準其錶時應撥快 5.8 [秒]。

11. 一木匠在屋頂敲釘, 每 [秒] 4 下, 一觀察者恰巧在鎚舉起最高之時間鎚之聲, 此人與木匠相距約若干 [米]?

解 木匠敲釘 1 下, 分上下來回各一次, 此人見木匠從最高處敲下, 即祇見半次, 而木匠每 [秒] 敲 4 下, 即為 8 個半次。故半次之時間為 $1/8$ [秒], 又依公式 $S = vt$, 今 $t = 1/8$ [秒], $v = 343$ [米/秒], 代入公式得 $S = vt = 343 \times 1/8 = 42.9$ [米]

12. 一具有科學頭腦之小孩, 欲求空氣之溫度, 將一來復鎗

在半〔仟米〕遠之絕壁前開放，用停錶測得回聲之時間爲 3〔秒〕。求此時空氣之溫度。在此實驗中，何者爲使結果不甚精確之最主要原因。

解 $\frac{1}{2}$ 〔仟米〕=500〔米〕，今聲從鎗發出至絕壁，再由絕壁回至耳中，共須 3〔秒〕，故聲從鎗發出至絕壁（即聲祇走 500〔米〕）祇須 $\frac{3}{2}$ 〔秒〕

$$\text{今 } S=500 \text{〔米〕}, t=\frac{3}{2} \text{〔秒〕},$$

$$v=S/t=500/\frac{3}{2}=333.33 \text{〔米/秒〕}$$

此卽在實驗時之聲速，但知在 0°C 時之聲速爲 331.36〔米/秒〕，所以在實驗時之聲速較 0°C 時之聲速大 $333.33-331.36=1.97$ 〔米/秒〕，

且又知在空氣中，溫度每升高 1°C ，聲之速度增量約爲 0.6〔米/秒〕故實驗時之溫度約爲 $t=1.96/0.6=3.3^{\circ}\text{C}$

在此實驗中，“時間”爲使結果不甚精確之最主要原因，其餘如風的大小及空氣之壓力，乾濕等均有關係。

習 題 四 十 六 (原書 313 頁)

1. 聲自唱者傳至聽者之耳，如何由空氣傳遞？此作用與熱之傳導，對流，及輻射，何者相似？

解 聲自唱者發出，即使近口之空氣振動後，一再推動而振動聽者耳中之空氣，使聽者鼓膜產生同樣之振動而感覺之。此種作用與熱之傳導相類似。

2. 夏日南風送暖時，麥壠間常生成所謂“麥浪”者，此時麥穗之運動如何？

解 南風吹來時，麥穗向北方運動，風止時，因彈性作用，又恢復原狀，如此一來一往，成為縱波之狀。

3. 以一空瓶之口按於耳上，則聞瓶中有聲轟轟，何故？

解 空氣之分子運動時，衝撞瓶壁，使瓶壁振動，且瓶內之空氣發生共鳴現象，故瓶中有轟轟之聲。

4. 已知聲在空氣及水中之速度，各為 343 [米/秒]，及 1437 [米/秒]，求頻率為 512 之音叉，所發聲波 (a) 在空氣中及 (b) 在水中之波長。

解 (a) 依公式 $v = fl$,

$$\text{今 } f = 512 \text{ [次/秒]}, v = 343 \text{ [米/秒]},$$

$$\therefore l = v/f = 343/512 = 0.67 \text{ [米/次]}$$

(b) 今 $f = 512 \text{ [次/秒]}$

$$v = 1437 \text{ [米/秒]},$$

$$\therefore l = v/f = 1437/512 = 2.81 \text{ [米/次]}$$

答該音叉在空氣中波長為 0.67 [米]，水中為 2.81 [米]。

5. 鋼琴發出之聲波長為由 8.3 [米] 至 8 [厘米]，問其相當之頻率為何？

解 $v = fl$, 今 $v = 343 \text{ [米/秒]}, l = 8.3 \text{ [米/次]}$

$$\therefore f = v/l = 343/8.3 = 41.3 \text{ [次/秒]}, \text{即頻率為 } 41.3$$

又 $l = 8 \text{ [厘米/次]} = 2/25 \text{ [米/次]},$

得 $f = 343/(2/25) = 4288 \text{ [次/秒]}$

答鋼琴之頻率由 41.3 至 4288。

6. 從船底發出之聲波，直射海底，於 2.4 [秒] 後收到回聲，求海底之深。

解 聲從船底發出至海底之時間為 $2.4/2 \text{ [秒]} = 1.2 \text{ [秒]}$

又從上面第 4 題，知聲在水中之速度為 1437 [米/秒]

代入公式 $S=vt=1437 \times 1.2=1724.4$ [米]

答 潭底之深為 1724.4 [米]

7. 空中飛機所發之聲，似不由機身發出，有如在機後數百 [呎] 之處，試解釋之。

解 當聲由空氣中傳播下來時，飛機已向前進行 數百 [呎] 矣；故其聲似不由機身發出，而如在機後數百 [呎] 之處發出。

習 題 四 十 七 (原書 324 頁)

1. 醫師所用之聽診器，其作用如何，試說明之。

解 醫師所用之聽診器，是為聽內臟振動次數及響度（振幅大小），以診斷內臟之情形。

2. 搖手何以不聞聲音？

解 人耳所能聽聞之聲，其頻率最低約為每 [秒] 20 次，最高每 [秒] 約為 18000 至 22000 次；今搖手之頻率每 [秒] 不到 20 次，故不聞聲音。

3. 寺內大鐘，何以能聲聞數 [里]？

解 寺內大鐘之振幅較大，音甚強，亦即振動之能甚大，故能聲聞數 [里]。

4. 餘音繞梁，作何解釋？

解 在大廳中歌唱，而產生回聲時，其音似在對方梁上發出，故餘音繞梁，在聲學中應作回聲解釋之。

5. 舉出幾種樂器 (a) 單發一音及其倍音者，(b) 可發各種複音者。

解 (a) 管樂器是單發一音及其倍音者，如笛簫等。(b) 振

弦樂器是可發各種複音者，如月琴，胡琴，梵啞林，曼度林等。

6. 在隔壁往往能分辨說話者爲誰 何故？

解 人類所發音之音品各不相同，所以能辨別說話者爲誰。

7. 有一音，與每〔秒〕256次之音叉，成每〔秒〕28次之拍音，又與每〔秒〕326次之音叉，成每〔秒〕42次之拍音。問此音之頻率爲何？

解 每〔秒〕鐘內之拍數，等於兩音之頻率之差，所以一音與每〔秒〕256次之音叉，成每〔秒〕28次之拍音時，其頻率應爲 $256 + 28 = 284$ 次/〔秒〕，或爲 $256 - 28 = 228$ 次/〔秒〕而此音與每〔秒〕326次之音叉，成每秒42次之拍音時，其頻率應爲 $326 + 42 = 368$ 次/〔秒〕，或爲 $326 - 42 = 284$ 次/〔秒〕

由上列各式知該音之頻率應爲每〔秒〕284次，

則其與每〔秒〕256次之音叉，成每〔秒〕28次之拍音，而又與每〔秒〕326次之音叉，成每〔秒〕42次之拍音。

8. 圓鋸片之緣有96齒，每〔分〕鐘轉動150〔次〕，以一金屬片與鋸齒相觸，求其所發之聲之頻率。

解 圓鋸片每〔秒〕鐘轉動 $150/60$ 〔次〕 $=5/2$ 〔次〕，而邊緣有96齒，所以金屬片與鋸齒相觸時，其振動〔次〕數，亦即該金屬片頻率應爲： $96 \times 5/2$ 〔次/秒〕 $=240$ 〔次/秒〕。

9. 二人各距汽笛300〔米〕及500〔米〕，比較二人所聞聲之響度。

解 聲音之響度與聲源之距離之平方成反比，所以此二人所聞聲音之響度之比爲 $(500〔米〕)^2 : (300〔米〕)^2 = 25:9$

10. 在圖272之實驗中，空氣柱長22〔厘米〕時，音叉發音最響，求音叉之頻率及其所發音波之波長。

解 在原書 319 頁 272 圖中之實驗，知其管長(空氣柱長)爲聲波波長之 $1/4$ ，即聲波之波長爲空氣柱長度之四倍，所以該音叉所發音波之波長爲 $22 \times 4 = 88$ [厘米] = 0.88 [米]

又 $v = fl$ ，今 $v = 343$ [米/秒]， $l = 0.88$ [米/次]，

$\therefore f = v/l = 343/0.88 = 390$ [次/秒]，即該音叉之頻率爲 390

11. 若在圖 272 之實驗中，空氣柱之長爲 33 [厘米]時，可加強每 [秒] 256 次之音叉所發之音。求 (a) 聲之速度，及 (b) 空氣之溫度。

解 由上題之法，可求得該音叉所發音波之波長爲：

$$33 \text{ [厘米]} \times 4 = 132 \text{ [厘米]} = 1.32 \text{ [米]}$$

(a) 今 $f = 256$ [次/秒]， $l = 1.32$ [米/次]

$v = fl = 256 \times 1.32 = 338$ [米/秒]，即當時聲在空氣中之速度爲 338 [米/秒]

(b) 在此實驗時之聲速較 0°C 時之聲速大：

$$338 - 331.36 = 6.64 \text{ [米/秒]},$$

又知在空氣中，溫度每升高 1°C ，聲之速度增量約爲 0.6 [米/秒]，故實驗時之溫度約爲： $t = 6.64/0.6 = 11^\circ\text{C}$

12. 試述測定頻率之三種方法？

解 通常測定一音叉之頻率，可用下列三種方法中之任何一法：(a) 利用煙盒紙以測定其頻率，其方法參看原書 30 頁 256 圖之說明 而其計算參看習題四十五第五題。(b) 利用閉管空氣柱，使音叉發生共鳴現象後，先求該音叉所發音波之波長，然後應用公式 $v = fl$ ，再求其頻率，參看原書 319 頁 272 圖及上面第 10 題。(c) 利用已知頻率之音叉與該未知頻率之音叉所生之拍音以求其頻率，參看原書 320 頁 275 圖

及上面第 7 題。

13. 留聲機之轉動速度增加時，音調升高，演奏鋼琴時，加快速度，可得同樣之結果否？試解釋之。

解 留聲機之轉動速度增加時，則唱針之振動次數增加，亦即唱頭之振動薄片之振數增加，所以頻率大，故音調升高而演奏鋼琴時，雖速度加快，但不能增大其頻率，因鋼琴弦之長度，張力，粗細均未變動，故其音調不能升高。

14. 提琴之本身，何故中空，且由極薄之板造成？

解 極薄之板可使容易發生振動，當弦被彈振動時，薄板亦即發生同樣之振動，且提琴本身中空，因此發生共鳴作用，可得較響之音。

15. 高速開行汽車喇叭之聲，當經過時音調突然降低 試解釋之。

解 聲源，聽者，或媒介質如有相對的運動，則聽者所聞及之音調與聲源所發生者迥然不同。

例如當火車行抵車站時，其警笛之音較高；當其離開車站時，則其音較低。

又如聽者向聲源進行，則所聞及之音較高，反之，則較低，此種現象稱為都卜勒效應。故高速開行汽車之喇叭聲，當經過時，音調突然降低。

習 題 四 十 八 (原書 328 頁)

1. 彈月琴等弦樂器時，皆於弦之一端近處彈之，何故？

解 彈弦樂器時，若於弦之中央彈之，則祇能發生基音，太

覺單調，不甚悅耳；故皆於弦之一端近處彈之，使其發生各種不同之倍音與基音混合，則可使聞者悅耳，面生快感也。

2. 通常提琴四弦長度相等，其基音各為 Sol_2 , re_2 , la_3 , mi_4 ，問此四音之頻率為何。若此四弦張力相等，且屬同一質料，求其直徑之比。

解 (a) 由原書 322 頁知 Sol_3 之頻率為 392。但 Sol_3 為 Sol_2 之一倍音，故 Sol_2 之頻率為 $392/2=196$ 。又 re_3 之頻率為 294， la_3 之頻率為 435， mi_3 之頻率為 326，而 mi_4 為 mi_3 之一倍音。故 mi_4 之頻率為 $326 \times 2 = 652$ 。

(b) $f = (1/2l) \sqrt{T/m}$ ，今張力 T 及長度 l 均相等。故得 $f_1 : f_2 : f_3 : f_4 = 1/\sqrt{m_1} : 1/\sqrt{m_2} : 1/\sqrt{m_3} : 1/\sqrt{m_4}$ 又各弦為同一質料，即密度相等，故其單位長度的質量 m 應與其橫截面 A 成正比，但橫截面 A 與其直徑之平方又成正比，故得： $f_1 : f_2 : f_3 : f_4 = 1/d_1 : 1/d_2 : 1/d_3 : 1/d_4$

即 $d_1 : d_2 : d_3 : d_4 = 1/f_1 : 1/f_2 : 1/f_3 : 1/f_4$ ，

今 $f_1=196, f_2=294, f_3=435, f_4=652$ 代入得

$$d_1 : d_2 : d_3 : d_4 = 1/196 : 1/294 : 1/435 : 1/652$$

$$= 196 \times \frac{4}{3} / 196 : 196 \times \frac{4}{3} / 294 : 196 \times \frac{4}{3} / 435 :$$

$$196 \times \frac{4}{3} / 652 = \frac{4}{3} : \frac{8}{9} : \frac{3}{5} : \frac{2}{6}$$

3. 有均勻之金屬線，長 50〔厘米〕 質量共計 1.2〔克〕，以 62〔克〕之力拉緊，求其所發基音及最初三個倍音之頻率。

解 $l=50$ 〔厘米〕， $m=1.2/50=0.024$ 〔克〕，

$T=62$ 〔克〕 $=62 \times 980=60760$ 〔達因〕

$$\therefore f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{T}{m}} = \frac{1}{2 \times 50} \sqrt{\frac{60760}{0.024}} = 15.9$$

其基音之頻率爲 15.9，第一倍音之頻率爲 $15.9 \times 2 = 31.8$ ，第二倍音之頻率爲 $15.9 \times 3 = 47.7$ ，第三倍音之頻率爲 $15.9 \times 4 = 63.6$

4. 欲以開口風琴管，發生頻率爲 256 之基音問管長須若干？

解 依公式 $v = fl$ ，今 $f = 256$ [次/秒]， $v = 343$ [米/秒]

$l = v/f = 343/256 = 1.34$ [米]/[次] 發生頻率爲 256 之基音音波之波長爲 1.34 [米]，在開管中欲得其共鳴現象，則管中空氣柱之長度應爲其音波波長之 $1/2$ ，故知其管長須爲 $1.34/2$ [米] = 0.67 [米] = 67 [厘米]

5. 開管長 68 [厘米]，求其基音及最初三個倍音之頻率。

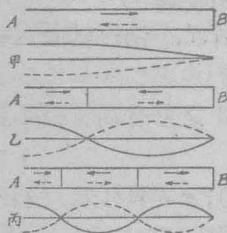
解 由上題知開管空氣柱之長度爲音波波長之 $1/2$ 故其基音音波之波長爲：68 [厘米] $\times 2 = 136$ [厘米] = 1.36 [米] 又依公式 $v = fl$ ，今 $l = 1.36$ [米]/次， $v = 343$ 米/秒，

$$\therefore f = v/l = 343/1.36 = 252 \text{ [次/秒]},$$

故其基音之頻率爲 252，第一倍音之頻率爲 $252 \times 2 = 504$ ，第二倍音之頻率爲 $252 \times 3 = 756$ ，第三倍音之頻率爲 $252 \times 4 = 1008$ 。

6. 閉管長 96 [厘米]，求其基音及最初三個倍音之頻率。問閉管倍音之頻率，恆爲其基音頻率之何種倍數？

解 在閉管中欲得其共鳴現象，則管中空氣柱之長度應爲其音波波長之 $1/4$ ，今管長 96 [厘米]，故其基音音波之波長爲 96 [厘米] $\times 4 = 384$ [厘米] = 3.84 [米] 又依公式 $v = fl$ ，今 $l = 3.84$ [米]/[次]， $v = 343$ [米/秒]， $\therefore f = v/l = 343/3.84 = 89.3$ [次/秒] 所以其基音頻率爲 89.3。第一倍音頻率 89.3



$\times 3 = 267.9$, 第二倍音頻率 $89.3 \times 5 = 446.5$ 第三倍音頻率 $89.3 \times 7 = 625.1$, 閉管倍音之頻率, 恆為其基音頻率之奇數倍, 其原理之證明如下: 閉管內空氣柱振動而呈駐波式時, 其閉管端必為波節所在之點, 其開端則必為波腹, 如圖甲。若所生之音, 係最低之基音, 則管

內波節。設所生者係其第一倍音, 則在開閉兩端之間, 復有另一波節。此波節之位置, 係在距開端等於管長 l 之 $\frac{1}{2}$ 處, 因自波節至波腹之距離適為兩連續波節距離之半故也, 如圖乙。是以閉管第一倍音之波長 λ_3 與管長 l 之關係如下:

$$\lambda_3/4 = l/3 \dots\dots\dots (1)$$

此倍音之頻率遂為

$$f_3 = v/\lambda_3 = 3v/4l = 3f \dots\dots\dots (2)$$

蓋乃其基音之三次諧音, 即其頻率為其基音頻率之三倍。如振動之時, 管內共有三個波節, 則得管之第二倍音。此三波節之位置, 其一在閉端, 其二在距開端等於全管長 l 之 $1/5$ 處, 其三則在此二波節之中間 (如圖丙)。因此, 閉管第二倍音之波長 λ_5 與管長之關係為: $\lambda_5/4 = l/5 \dots\dots\dots (3)$ 換言之, 此倍音之頻率為: $f_5 = v/\lambda_5 = 5v/4l = 5f \dots\dots\dots (4)$ 此即第二倍音之頻率為其基音頻率之五倍。依此類推, 可證其他倍音之頻率為其基音頻率之 7, 9, 11 等倍, 即閉管之各倍音乃其基音之奇數各諧音。

習題四十九 (原書 335 頁)

1. 取大而厚之紙一塊, 戳一方形小孔, 置太陽下。問地

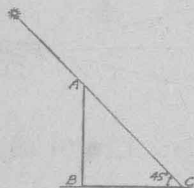
上陽光所及之處 成何形狀？

解 厚紙上因戳小方孔，所以由小孔成像之原理，地上陽光所及之處，必成圓形，此即太陽之像，因太陽是圓的，故其像亦必圓形。

2. 日中電桿射黑影於地面，而電線則否，何故？

解 電桿本身較大，其本影能射於地面，故見其黑影。而電線較細，且在高處，其本影不能到達地面，故不見其本影，祇見其極淡之半影。

3. 太陽與地面成 45° 角時，一大樹之影在地上長 10〔米〕求樹高？



解 如圖：BC 為地面上樹影之長，AB 為樹高，今設 $AB = x$ 〔米〕，已知 $BC = 10$ 〔米〕， $\angle ACB = 45^\circ$ ，則由三角學得 $AB = x = 10 \tan 45^\circ = 10$ 〔米〕。

4. 地球之各處，可同時見太陽之全蝕否？可同時見月之全蝕否？可同時見日之環蝕否？何故？

解 地球之各處 均不能同時見太陽之全蝕及環蝕。因月球之本影在空間所達之長，等於地球半徑之 57 倍 乃至 59 倍，而地球與月球之距離，則在地球半徑之 56 倍至 62 倍之間，故月球之本影，有時能達於地球，有時則否。若其本影達於地球，則地球進入月球之本影之地點，所見者為全蝕，進入其半影之部份，則所見者為偏蝕（原書 333 頁 290 圖甲），若月球本影之頂點，不能達於地球時，則在地球上正對此本影錐體之處，可以窺見太陽之周圍，而不能見其中央部分，以成日之環蝕（原書 333 頁 290 圖乙）。

又地球本影之長，等於地球半徑之 216 倍，遠在地球與月球間之距離以上，所以月蝕僅有全蝕及偏蝕兩種，而無環蝕。故日蝕僅見於地球之一區域內，而月蝕則全球皆可見之。

5. 全透明之物體可見否？

解 光線射於全透明之物體上時，則所有光線完全透過此物體，而無反射光線至我人目中，故不能見。

6. 用雪茄煙盒造成之針孔鏡箱中，底片距針孔 6 [吋]，一高 4 [呎] 之小孩，距針孔 8 [呎]，問所成之影高若干？

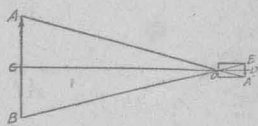
解 如圖 AB 為小孩之高， OC 為小孩距針孔之距離 OD 為底片距針孔之距離， $B'A'$ 為影高。

由平面幾何知 $\triangle ABO$ 與 $\triangle A'OB'$

相似 故 $A'B'/AB = OD/OC$ ，今

$AB = 4$ [呎] $= 48$ [吋]， $OC = 8$ [呎]

$= 96$ [吋]， $OD = 6$ [吋]， $\therefore A'B' = (OD/OC) \times AB = (6/96) \times 48 = 3$ [吋]……(小孩影高)。



7. 已知光之速度為 3×10^{10} [厘米/秒]，太陽光到達地面所需之時間為 8 [分] 20 [秒]，求太陽與地球間之距離。

解 今 $v = 3 \times 10^{10}$ [厘米/秒]， $t = 8$ [分] 20 [秒] $= 500$ [秒]
 $S = vt = 3 \times 10^{10} \times 500 = 15 \times 10^{12}$ [厘米] $= 15 \times 10^7$ [仟米]
 $= 1.5$ 萬萬 [仟米]。

8. 天狼星距地球約為 35×10^{10} [哩]。若其光突然消滅，則地球上之天文學家，經過多少時間後，方能知道？

附註：由天文學查得天狼星距地球為 8.8 [光年]，故該題中天狼星距地球約為 35×10^{10} [哩]，應改為 51.66×10^{12} [哩] 方為合理。

解 光速爲 3×10^8 [公里/秒] 或 186×10^3 [哩/秒]，又由天文學查得一[光年]爲 946.13×10^{10} [公里] 或 587×10^{10} [哩]。今題設天狼星距地球約爲 35×10^{10} [哩]，若其光突然消滅則地球上之天文學家須經過：

$$\frac{35 \times 10^{10}}{587 \times 10^{10}} = 0.0596 \text{ [光年]}, \text{ 方能知道。}$$

9. 求光行一[年]之距離？

$$\begin{aligned} \text{解 } v &= 3 \times 10^{10} \text{ [厘米/秒]}, t = 1 \text{ [年]} = 3.1536 \times 10^7 \text{ [秒]}, \\ S &= vt = 3 \times 10^{10} \times 3.1536 \times 10^7 \\ &= 9.46 \times 10^{17} \text{ [厘米]} = 9.46 \times 10^{12} \text{ [仟米]}. \end{aligned}$$

答 光行一[年]之距離爲 9.46×10^{12} [仟米]。

10. 寫字時，光線最好由人之左方面來，何故？

解 寫字時因用右手，若光線從右方來，則右手手臂之影射在紙上，不易看清紙上字跡，故光線最好由人之左方射來。

習題五十 (原書 340 頁)

1. 月光照射於地面之照度，約與 1 支蠟燭照耀於相距 5 [米]處之照度相等，求月光在地面之照度。

解 $\therefore I = I/d^2 = 1/5^2 = 1/25$ [燭米]。…… (月光在地面之照度)。

2. 眉月與月圓時，亮度是否相等？其在地面上之照度是否相等？何故？

解 若以被照之物體，作爲光源，則其亮度，依其所受之照度與其反光之本領而定，今月爲被照體，其反光之本領及受日光之照度均不變，所以眉月與圓月時亮度相等，其在地面上之