

中國科學教科書
初中物理學

下 冊

楊孝述

胡剛復

胡慤風

合 編

中國科學圖書儀器公司
印 行

中國科學教科書

初中物理學

下冊

楊孝述 胡剛復 胡慤風

合編

中國科學圖書儀器公司

印行

中國科學教科書

初中物理學

下 冊

版權所有 翻印必究

中華民國三十八年三月初版

編輯者 楊孝述 胡剛復 胡懋風

發行人 楊 孝

發行所 中國科學圖書儀器
印刷所 上海(18)中正中路537

分發行所 中國科學圖書儀器
南京 廣州 重慶 北平 漢口

目次

第十三章 振動與聲波 145

133. 物體振動成聲 134. 空氣是傳聲的介質 135. 聲在液體或固體中的傳遞 136. 聲的速度 137. 聲波 138. 水波 139. 聲波與水波的比較 140. 樂音與噪聲

第十四章 樂音的要素 153

141. 音調 142. 音強 143. 音品 144. 共振板

第十五章 基音與諧音 157

145. 強迫振動與共振 146. 共振器 147. 基音與其諧音 148. 絃的振動定律 149. 基音與其諧音可同時產生 150. 音品的解釋

第十六章 音樂與樂器 164

151. 拍音 152. 諧和與不諧和 153. 音階 154. 弦樂器 155. 管樂器 156. 聲帶 157. 留聲機

第十七章 光與光源 173

158. 發光體 159. 光的直行 160. 影 161. 晝夜的長短 162. 光的速度 163. 照度 164. 本生光度計

第十八章 光的反射 182

165. 光的反射 166. 漫射 167. 平面鏡內的像 168. 用作圖法求平面鏡內的物像 169. 球面鏡 170. 球面鏡的焦點與焦距 171. 球面鏡的成像的試驗 172. 用作圖法求球面鏡所成的像

第十九章 光的折射 191

173. 水的折光現象 174. 全反射 175. 自然界的折射現象 176. 透鏡 177. 透鏡的成像試驗 178. 作圖求像法

第二十章 光學儀器 201

179. 照相機 180. 幻燈 181. 眼的構造 182. 近視與遠視 183. 物體的皮相大小 184. 明視距離 185. 放大鏡 186. 顯微鏡

187. 天文望遠鏡	188. 雙筒望遠鏡	
第二十一章 光與色		212
189. 日光的色散	190. 虹	191. 物體之色
192. 複色	193. 互補色	194. 顏料之色
第二十二章 磁		217
195. 磁石與磁鐵	196. 磁極	197. 磁極的相引與相斥
198. 磁的感應現象	199. 磁場圖	200. 磁的分子說
201. 地磁		
第二十三章 靜電		222
202. 摩擦起電	203. 正電與負電	204. 驗電器
205. 導電體與絕緣體	206. 感應起電	207. 電是什麼
208. 起電盤		
第二十四章 電流		231
209. 簡單電池	210. 電池的正極與負極	211. 電路
212. 溼電池與乾電池		
第二十五章 電流的化學效應		231
213. 電解	214. 電離	215. 電鍍
216. 電流與電量的單位	217. 蓄電池	
第二十六章 歐姆定律		241
218. 電壓與水壓	219. 電阻與摩擦力	220. 歐姆定律
第二十七章 電流的熱效應		243
221. 電流的熱效應	222. 電燈及手電筒	223. 電燈的裝法
224. 觸電的危險	225. 電路中所生的熱	226. 電路過熱時的危險
227. 保險絲		
第二十八章 電流的磁效應		253
228. 電流的磁效應	229. 螺管線圈的磁效應	230. 電磁鐵的用途
第二十九章 感應電流		257
231. 應電流	232. 感應線圈	233. 電話
第三十章 電機		263
234. 電話導線割截磁力線	235. 交流發電機	236. 直流發電機
237. 電動機的原理	238. 電扇及電車	

第十三章

振 動 與 聲 波

133. 物體振動成聲。 用胡弓擦琴絃，絃能發聲，其外觀較平時變寬闊，這是絃在那裏振動的徵象。以指觸之，其振動立即停止，聲亦隨之消失。用鎚叩鐘，其聲鐺鐺，用手中所握的鉛筆去觸鐘緣，發見鐘身在那裏振動。把受擊後的音叉，移近耳側，聽得叉聲，觸在唇上覺到振動。因而可知聲的成因，是由於物體的振動。下面的試驗，是用來證明物體振動成聲的。

把擊後的音叉觸於水面上，可見水花飛濺。用懸於線上的玻璃珠觸在發聲的音叉上，可見玻璃珠猛烈的擺動。

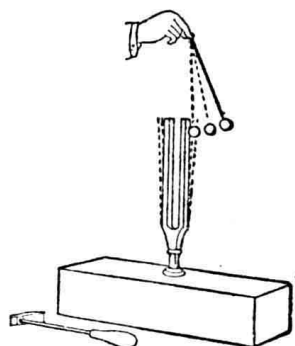


圖 125. 物體振動成聲。

聞聲探源，必會發見某物在那裏振動。例如落體擊着桌面，叫笛受吹，琴絃受擦，都能發聲，均因物體的振動而起。

134. 空氣是傳聲的介質。 密室裏的琴音，很難使室外的聽者滿意欣賞；倘使把窗打開，樂音就嘹亮傳出。閉窗的作用，不過使室內外的空氣不易流通。可見聲的傳遞，與空氣有密切

關係。

照圖 126 的裝置，把電鈴掛在玻璃罩內，罩則放在抽氣機的盤上。先使鈴聲大鳴，隨即把罩內空氣逐漸抽去，便聽得鈴聲逐漸降低。倘使把罩內空氣排去將盡，鈴聲就差不多聽不到了。若把空氣或別種氣體重新放入罩中，就會再聽到響亮的鈴聲。

由此實驗可知：聲是不能在真空中傳遞的。換句話說，聲的傳遞必賴物質為媒介，空氣是傳聲的最普

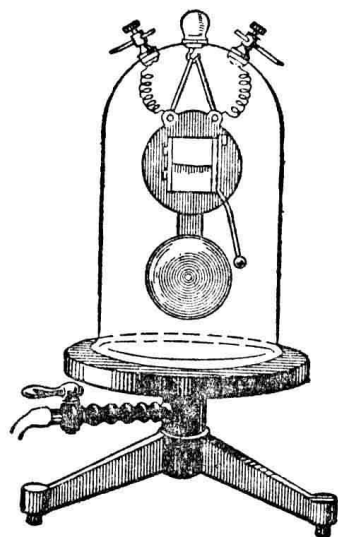


圖 126. 空氣是傳聲的介質。
通的介質 (medium)。

135. 聲在液體或固體中的傳遞。 聲在液體中較在空氣中格外容易傳遞。例如耳沒入水中，可以清晰地聽得別人把兩塊石頭，在水中碰擊的聲音。用耳觸在鋼軌上，可以聽到遠處的機車行聲。

把音叉的柄插入木塞的孔中，使叉振動，其聲甚弱。若取盛有水的杯子一隻，放在長方的空木箱上，再取正在發弱聲的音叉，使叉柄上的

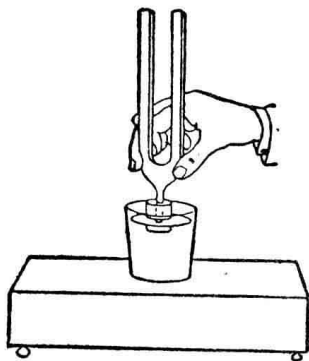


圖 127. 聲能在液體中傳遞。

木塞觸於杯中的水面，立刻可以聽到響亮的叉聲，好像從那空木箱上發出一樣。這顯示音叉的振動，由木塞傳與水，由水傳與箱，末後傳入空氣中。

把木條的一端觸在門上，他端觸在振動的音叉的柄上，便聽到叉聲好像是從門上發出的。這證明音叉的振動，賴木條傳到門上去了。

由上述種種試驗；可知氣體，液體，固體，都會傳遞聲音。

現在又要回說到密室內的琴聲，並非絕對不能傳到室外。因為琴絃的振動，得賴空氣傳給窗戶及牆壁。窗戶等被激而起振動，這振動再由室外的空氣傳入人耳。

136. 聲的速度。 音樂會裏的聽衆，覺得聲音從樂器發出，傳入人耳，好像無須什麼時間。但是有時會堂過大，便有回聲(echo)聽到，這是傳聲亦須時間的證據。因為樂聲直接傳來的，需時較短；樂聲遇着牆，經反射後再傳入人耳的，需時較長。倘使會堂不大，聲源離反射面甚近，則直接由聲源傳來的音與經過反射而傳來的音，入耳的先後相差無幾，聽覺不能辨別其先後，只覺其分外響亮。若是會堂過大，直接音與反射音的入耳先後，相隔較久，我們便能辨其先後，覺到回聲了。

電閃之後，常聞雷響；遠處火車鳴笛時，先見噴氣，後聞笛聲。這類事實，都可證明聲在空氣中傳遞，亦有相當的速率，同時亦可了解聲速比了光速慢得多。據實測的結果，知道聲在尋常空氣中進行時，設溫度為 0°C ，則聲速為 331 [米/秒]，溫度每增

高 1°C , 聲速便增加 0.6 [米/秒]。聲在水中的傳播速率, 比在空氣中大 4.5 倍; 在鋼中傳播的速率, 比在空氣中大 15 倍。

習 題 四 十

(假定光的速度非常大, 在普通行程所須的時間, 可以忽視。)

1. 試解釋爆竹燃放時何以能發大聲。

2. 看見汽笛噴氣後, 隔 2.6 [秒] 方始聽到笛聲。試求笛離聽者的距離。

(空氣的溫度是 0°C .) 2.6×331

3. 倘使空氣的溫度是 15°C , 試求上題中汽笛離開聽者的距離。

4. 夏天某日的氣溫是 30°C 。先見天空有雷閃, 隔 2 [秒] 後, 始聞雷響。試求放電處離開聲者的距離。
 $2.6 \times 331 + 0.6 \times 15$

5. 兩聲相隔的時間在 $1/10$ [秒] 以下者, 人耳不能分辨其先後。若對高牆叫喚, 欲聽得回聲, 則此牆至少離人幾[米]?

6. 從井口放落一石, 石遇水面後隔 2 [秒] 鐘始聞石擊水聲。試求井中的水面低於井口幾[米]?

7. 諸般樂器, 同時並奏, 遠處的聽者毫不感到不和諧的情形。試用此事實來證明各種聲音在空氣中傳播的速率是相等的。

137. 聲波。 聲起源於物體的振動。氣體、液體、固體的傳聲作用, 不過是把這種振動傳播開來。例如遠處放礮, 空氣能把這猛烈的振動傳到我們的窗戶或牆壁上, 使窗上的玻璃受激而起振動。有時振動過強, 玻璃會被激碎。

空氣雖能把物體的振動傳播, 但空氣的本身, 並不跟着流動。那種情形, 好比圖 126 中所示, A 球去碰擊 B 球時, 把碰撞的

‘能’順序傳與他球，祇使最末一個 K 球跳起，而 B, C, D ，等球的位置並不移動。

音叉振動而發聲時(圖 129)，又由 A 動到 C ，便使又右鄰接的空氣中的質點，向右移動，壓擠而成

密部(condensation)。此密部因壓力的增加，又壓迫其外方的空氣，結果空氣的稠密狀態，漸次向右傳遞。不久又由 C 回到 A ，又右鄰接的空氣中的質點，必向左移動，疏散而成疏部(rarefaction)，這疏部亦緊隨於前面的密部之後，向右傳遞。於是音叉不息的左右振動時，其近旁的空氣內便形成一種疏密相間的波動而向四方傳遞，好比許多疏密相間的球形波紋，均以振源為球心而向外傳播，這稱做聲波(sound wave)。這亦好比一塊石子落在靜水面上，激起一圈圈的水波的情形。

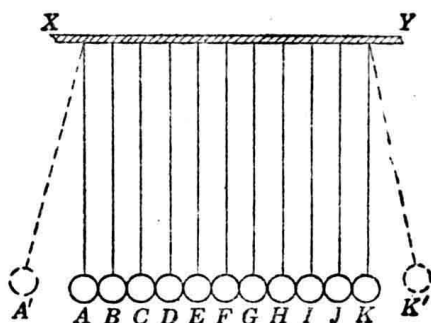


圖 128. 顯示空氣質點的傳遞作用。



圖 129. 一個完全聲波由疏部與密部合成。圖中顯示各部質點的動向。

138. 水波。 聲波是看不見的，水波卻看得見。我們明白了水波的情形，就不難推想聲波的性質。



圖 130. 聲波.

石塊落在靜水面上,那裏的水的質點受壓而向旁擠,結果就形成了圓形的脊紋,向四周擴成大圓而傳播。接踵而起的有第二個圓形脊紋,第三個,第四個,……圓形脊紋,依次緊隨其後傳播着;結果得到一組同心圓形的脊紋。它們都從同一個中心出發,向四周播送。

若水面上有一片樹葉,那末,水波興起的時候,但見樹葉上下盪動,並不隨

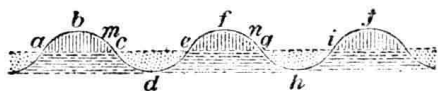


圖 131. 水波的波長.

水波遠行。從這一點,就可看到水面起波動時,水的質點祇是依一定的振動中心而起上下的盪動,並不隨水波而前進。凡質點的振動方向與波的進行方向互相垂直者,這種波動稱為橫波 (transversal wave)。圖 131 中,波的最高點 b, f, j 等稱為**波峯** (crest); 最低點如 d, h 等稱為**波谷** (trough), 相鄰的兩波峰間的距離如 bf , 或相鄰的兩個對應點間的距離, 如 dh , 或 ae , 或 cg , 或 mn 等, 稱為**波長** (wave length)。由波峰到水平面的垂距, 稱為**振幅** (amplitude)。

在水波興起時,設每〔秒〕內經過某定點的波數為 n , 波長為 l , 則水波的速度 V 是

$$V = \lambda n.$$

每〔秒〕鐘的振動數，在物理學上稱做頻率(frequency)。

139. 聲波與水波的比較。聲波是起因於物體的來復振動，那時物體近旁的空氣質點跟隨而起來復的振動，並把振動按次傳給鄰近的空氣質點。這好比圖 129 所示，A 球的振動，可賴 B, C, D 等球按次遞給 K 球一般。所以聲波傳播時，疏密各層中的質點，祇在其平均的位置左右盪動，並不隨了聲波前進。傳遞聲波的，不是空氣質點的本身，祇是波動的疏密狀態，那與音叉或振動體接觸的空氣質點，並未傳入人耳，至於使耳中鼓膜振動的，仍是原來鄰接鼓膜的空氣質點。聲波在液體，固體中傳播情形，也是如此。又聲波傳遞時，質點的振動方向，與波的進行方向是相同的。這樣的波動，稱做縱波(longitudinal wave)。聲波是縱波，水波卻是橫波。

在聲波中的密部(圖 130)，可以認為與水波中的波峰相當，聲波中的疏部，則與水波中的波谷相當。疏密兩部之間，有一定的距離，便是聲波的波長。在聲波傳遞時，質點從平均位置所盪過的最大距離，便是聲波的振幅。設每〔秒〕內經過某定點的聲波數是 n (即頻率為 n)，波長是 λ ，聲的速度是 V ，則其關係與水波的一樣，仍是：

$$V = \lambda n.$$

140. 樂音與噪聲。琴絃振動時，其近旁的空氣連續生成

密部與疏部，成了疏密相間的聲波，向四周傳遞，進入人耳才引起聽覺。琴絃的振動很有規律，所生的聲波當然也很有規律，聽到其聲音也就覺得悅耳。但像棒擊桌面，或重物墜地，桌子，地板等所起的這類振動，絕無規律，所生的聲波也絕無規律。那時聽到的聲音，就覺得噪雜。凡悅耳的聲音，稱為樂音(musical tone)；不悅耳的聲音，稱為噪聲(noise)。

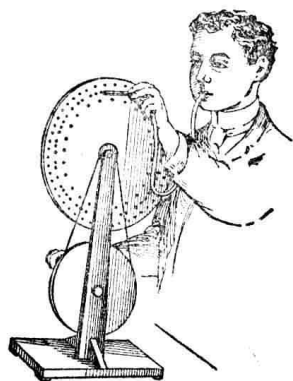


圖 132.

測 音 盤。

圓盤一枚，上有小孔數列。靠外緣的第一列小孔，其排列的間隔相等。第二列的小孔，其排列間隔不等。將圓盤裝在迴轉機上，使它急速迴轉。用口徑極小的管子，吹氣於在第一列孔上，使空氣生成有規律的脈狀振動，使得悅耳的樂音。若吹氣於第二列孔上，便生成不悅耳的噪聲。

於是可知：物體作有規律的振動時生樂音，作無規律的振動時，生噪聲。

習 題 四 十 一

1. 指出聲波與水波的相似處，以及根本不同之點。
2. 琴絃在 0°C 時，每[秒]的振動數為 264。試求其聲波的長度。
3. 10°C 時，琴絃振動時所生的波長是 60 [厘米]，求絃的振動頻率。
4. 設一個完全音波， 0°C 時經過某定點需時 0.6025 [秒]，試求其波長。
5. 絃的振動頻率是 1024 [次/秒]，所生的波長是 32 [厘米]，試求音速為若干[米/分]。

第十四章

樂音的要素

141. 音調。 將上節所說的圓盤急速迴轉，用細管吹氣於第一列孔上，就能生成樂音。若圓盤的迴轉速度愈增大，所生的音亦愈尖銳，迴轉速度降低，所發的音便覺粗鈍。盤的迴轉速度增大時，每〔秒〕鐘吹氣的脈動數增多，刺激聽覺的脈動數亦增加，結果便聽得高的音調。由此可知：音調(pitch)的高低，由物體振動的頻率的大小而定。頻率大者生高音調(hi h pitch)，小者生低音調(low pitch)。

物體在振動時其頻率過小或過大者，所生的音調必過低或過高。人類的聽覺，每不能覺察這類過低或過高的音。聽覺能感到的最低音調，其頻率是 16〔次/秒〕左右，最高音調，其頻率自 20,000〔次/秒〕到 40,000〔次/秒〕。人的年齡增高，感覺高音調的本領必減弱，故老年人多形聾聵。

142. 音強。 物體振動時所生的聲波向外方播送，所以在振動體的四周都能聽得聲音。這種狀況，可由圖 130 來想見。

用手指輕撥琴絃，發音微弱，重撥琴絃，音便響亮。所以琴絃振動愈強，即其振幅愈大，發音便愈強。無論重撥，輕撥，琴絃振

動的頻率並不改變，它的音調並不改變；但是絃的振幅愈大，聲波傳播時空氣質點被激而起振動的振幅亦愈大，傳入耳中時耳膜所受的刺激自然愈強，我們便覺聲音響大了。所以聲音的強度，即音強(intensity)或響度(loudness)，與振動體的振幅的大小有關。振幅大則音強，振幅小則音弱。

耳中所感覺的響度，又與至聲源的距離有關係。離聲源愈遠，每一聲波所及到的面積愈大，被激而起振動的質點數愈多，而每一質點所分受到的“振動能”愈小，耳膜所受到的刺激自然愈弱，因此覺得聲音也愈弱。例如離音源 10〔米〕處比較 20〔米〕處所聽到的強度，要大四倍；比較 30〔米〕處要大九倍。這是因為半徑為 10〔米〕的甲球面，對半徑為 20〔米〕的乙球面，其面積之比為 1:4。甲、乙球面上質點數目之比，亦為 1:4。但是甲、乙球面上每次所受到的振動能，都是物體振動一次時所給的能，其量相等。那末甲、乙球面上各質點所分受到的‘能’之比為 4:1 了。即在甲處的音強，4 倍於乙處者。所以音的強度，與離開聲源的距離之平方成反比。

人向圓筒發言，可把聲波集中在一個方向上傳播，不再散布到四方，那時物體振動之能，亦不至於散布到廣大面積去，因而聲音沿了一個方向，可以傳到遠處，音強不很減弱。通常用的傳話筒(speaking tube)，就根據這個原理而製成。

人在高山頂上對話，覺得聲音的強度比較平地處要弱些，因為高處的空氣稀薄，傳聲艱難。所以聲音的強度與傳聲介質的密度有關，密度小者，傳聲比較艱難，音強必減弱。

143. 音品。 胡琴與洞簫所發的音，其音調與音強可調節到完全相同，但聽者仍能辨別這是琴聲，那是簫聲。這種的不同點，稱爲其**音品**(quality)不同。(解釋見第 150 節。)

音調，音強，音品，稱做**樂音**的三要素。

144. 共振板。 音叉振動時發聲極弱，除非把音叉移近耳側，往往聽聞不清，這是因爲叉的面積甚小，激動的空氣量甚少，“能”的傳入空氣中者亦少。倘若把叉柄觸於桌面，則音叉振動時，室內的人均聞其聲。這是因爲音叉的振動傳至桌面，桌面亦起同樣的振動。桌面甚廣，振動時，可以激動多量的空氣，使它振動，“能”的傳入空氣中者自多，所以聲音增強了。

胡琴的振動，必用竹馬使它先傳到蛇皮膜上，發聲才會響亮。其他的絃樂器上，也都裝有薄膜或薄板，絃振動時，這類薄膜或薄板受迫而起振動，把“能”傳遞給鄰近的空氣，則聲音便格外響亮。此類薄膜或薄板，稱做**共振板**(sounding board)。

習 題 四 十 二

1. 樂音的要素有幾，其名稱爲何？
2. 音調與波長有何關係？音強與波長有關係否？
3. 用槌叩鐘後，聽得鐘聲的強度漸漸降弱，何故？
4. 甲放一槍，使乙，丙二人都聽到。若乙距甲 500 [米]，丙距甲 1000 [米]。試求乙丙二人所聽得槍聲的響度比。
5. 試比較砲聲，槍聲的不同之點。

6. 試比較男女聲音的不同點。
7. 試舉出具有共振板的樂器四種。