

高級中學課本

物理學

第二冊

武汉工业学院图书馆



01331691

732

0013(=)4



1955

0010674

高級中學物理學 第二冊

書號：2854

編者：陳同新 許南明 張同恂

北京市書刊出版業營業許可證出字第2號

原出版者：人民教育出版社

北京佟麟閣路十號

重印者：湖北人民出版社

發行者：新華書店

印刷者：（見正文最後頁）

開本：850×1168 1/32

1954年3月第

一版

印張：5 $\frac{1}{4}$

1955年1月第

二版

字數：125千

1955年7月第二版第三次印刷

定價：(2)三角四分

武漢 52,101—64,810 冊

732
001



目 錄

第一編 力學(續)

第十章 振動和波 1

1. 振動(1) 2. 簡諧振動(1) 3. 簡諧振動的圖線(3) 4. 單擺的振動定律(4) 5. 複擺(5) 6. 擺在時鐘上的應用(5) 7. 實驗1. 用擺來測定重力加速度(6) 8. 彈性體的振動(7) 9. 振動在彈性體裏的傳播(8) 10. 橫波(9) 11. 縱波(10) 12. 波長(13) 13. 波的反射(14) 14. 駐波(15) 15. 共振(17) 16. 共振現象和工業技術(18) 17. 聲音(19) 18. 樂音和噪聲(21) 19. 聲音的響度(21) 20. 音調和驗音器(21) 21. 音品(23) 22. 聲波的反射(23) 23. 聲音的共鳴(24) 24. 實驗2. 用共鳴法測定聲波的波長(25) 25. 留聲機(26) 26. 聲音現象在軍事上的應用(27)

第二編 分子物理學和熱學

總論 31

第一章 分子運動論 34

27. 分子(34) 28. 物體分子間的空隙(35) 29. 分子引力(36) 30. 擴散現象(39) 31. 滲透現象(40) 32. 布朗運動(41) 33. 分子運動論(42) 34. 熱的本質(42)

第二章 熱和功 43

35. 熱量的測定(43) 36. 熱平衡方程式(45) 37. 實驗3. 測定固體物質的比熱(46) 38. 熱和功(48) 39. 熱功當量(49) 40. 焦耳

對熱功當量的測定(50) 41.能的轉變和守恆定律在熱現象裏的推廣(52)

第三章 物體的熱膨脹54

42. 物體的熱膨脹(54) 43. 固體的線脹係數(54) 44. 任意溫度下物體長度的公式(56) 45. 實驗4. 固體的線脹係數的測定(56)
46. 物體的體脹係數(58) 47. 任意溫度下物體體積的公式(59)
48. 物體的密度跟溫度的關係(59) 49. 熱膨脹的應用(60)

第四章 氣體的性質62

50. 實驗5. 求溫度不變時一定質量的氣體的體積和壓強的關係(玻意耳—馬略特定律(62) 51. 玻意耳—馬略特定律(64) 52. 壓強跟體積的關係圖——壓強體積圖(66) 53. 氣體的密度跟壓強的關係(67) 54. 利用玻意耳—馬略特定律解問題(68) 55. 蓋呂薩克定律(68) 56. 實驗6. 測定空氣在壓強不變時的體脹係數(70) 57. 查理定律(71) 58. 氣體溫度計(72) 59. 絕對溫度(73) 60. 用絕對溫度來表示蓋呂薩克定律和查理定律(74) 61. 理想氣體(75) 62. 氣態方程式(75) 63. 氣體的分子運動論(79) 64. 氣體在技術上的應用(82)

第五章 液體的性質83

65. 外力作用下液體表面的形狀(83) 66. 液體表面的收縮趨勢(84) 67. 表面張力(86) 68. 液體表面收縮趨勢的說明(87) 69. 浸潤液體和不浸潤液體(89) 70. 彎月面(90) 71. 彎月面所生的附加壓強(91) 72. 毛細現象(92) 73. 實驗7. 水的表面張力係數的測定(94) 74. 液體的分子運動論(95)

第六章 固體的性質96

75. 結晶物體(96) 76. 非結晶物體(97) 77. 晶體的空間點陣(98)

78. 形變(99) 79. 外力跟形變大小的關係(102) 80. 胡克定律(104)
81. 實驗 8. 研究彈簧的伸長跟負載的關係(105) 82. 物體發生形變
時能的轉變(106) 83. 固體的分子運動論(107)

第七章 熔解和凝固 108

84. 熔點和凝固點(108) 85. 熔解熱(110) 86. 熔解或凝固時的熱
平衡方程式(111) 87. 實驗 9. 測定冰的熔解熱(111) 88. 熔解和凝
固時體積的變化(112) 89. 壓強對熔點的影響(113)

第八章 汽化 114

90. 蒸發(114) 91. 用分子運動論解釋蒸發現象(115) 92. 汽化熱
(116) 93. 在一定溫度下汽的體積跟壓強的關係(118) 94. 飽和汽
壓跟溫度的關係(119) 95. 沸騰(122) 96. 汽化或液化時的熱平衡
方程式(124) 97. 實驗 10. 測定水的汽化熱(125) 98. 使未飽和汽
變成飽和汽的方法(126) 99. 臨界溫度(127) 100. 氣體的液化
(127) 101. 低溫的獲得(128) 102. 液態氣體的應用(130) 103. 空
氣的溼度(132) 104. 露點(133) 105. 露點溼度計(134) 106. 乾
溼泡溼度計(135) 107. 毛髮溼度計(136)

第九章 熱機 138

108. 熱機(138) 109. 蒸汽機(138) 110. 滑動閥(139) 111. 蒸汽機
的改進(140) 112. 蒸汽機的效率(143) 113. 蒸汽輪機(144) 114.
內燃機(146) 115. 內燃機的應用(147) 116. 噴氣發動機(148)
117. 火箭(152)

復習題 155

第一編 力學(續)

第十章 振動和波

1. 振動 振動現象，跟第一冊裏所講的各種運動現象一樣，也是經常可以看到的。

物體沿着直線或弧線經過某一中心位置來回運動時，就是在振動。

把螺旋彈簧的上端固定，手拿着它的另一端向下拉，然後把手鬆開，彈簧就發生振動。扭着東西行走，扁担就發生振動。小鳥從樹枝上飛開，樹枝就發生振動。海裏的水、地上的樹木和田裏的莊稼被風吹過後也發生振動。一切正在發聲的物體都在振動。正在工作的蒸汽機的活塞也在振動。這些例子並不能包括所有的振動現象，不過從這裏可以知道，振動現象在自然界和工程裏是廣泛存在着的。

物體從離中心位置的左邊(或右邊)極端位置開始運動，再回到這個位置所用的時間，叫做振動的週期(T)。

單位時間內振動的次數，叫做振動的頻率(ν)。頻率的單位是赫茲，1秒鐘內振動1次叫做1赫茲。顯然週期和頻率是互為倒數的，就是 $\nu = \frac{1}{T}$ ，或 $T = \frac{1}{\nu}$ 。

從振動物體的中心位置(或平衡位置)到極端位置的距離叫做振動的振幅。

通常物體振動時常常受着阻力的作用，因而使振動的振幅隨着時間而減小，這種振動叫做阻尼振動。如果物體振動時沒受到阻力的作用，那麼振幅就會固定不變，這種振動叫做無阻尼振動。

2. 簡諧振動 現在我們來研究一下單擺的振動。

在沒有彈性而且很輕的線上，拴上一個具有一定質量可是體積可以忽視的物體（這種物體叫做質點），就成單擺。把一個小球拴在

一根細長的線上，如果線的質量跟小球的質量比較起來是可以略而不計的，就成一個相當精確的單擺。

當擺球在平衡位置，也就是跟懸點在同一豎直線上的時候，擺處在靜止的狀態。用手拉着擺球讓它離開平衡位置，沿着弧

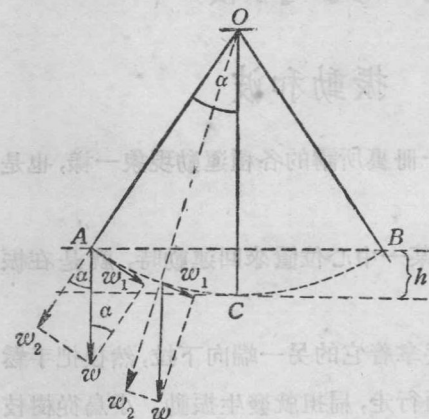


圖1 單擺

線 CA 升到比原來的水平線高 h 的 A 點（圖1），擺球就具有了勢能 $wh = mgh$ ，這裏的 m 是擺球的質量。在這個點上，手一鬆開，擺球的重量 w 已經不能跟懸點的反作用力相平衡；這時的反作用力只跟在懸線方向上的分重量 w_2 相平衡，另一個在切線方向上朝着平衡位置那邊的分重量 w_1 就成了使擺球運動的力，因此擺球就運動起來。

如果用 α 來表示擺的偏角 AOC （用徑^①來量度），那麼 $\angle w_2 A w = \angle A w w_1 = \alpha$ ，使擺運動的力 $w_1 = w \sin \alpha = mg \sin \alpha$ 。

根據第二運動律，力可以用質量跟加速度的乘積來表示。在 $w_1 = mg \sin \alpha$ 這個式子裏， m 是擺球的質量，所以 $g_1 = g \sin \alpha$ 就是擺球運動的加速度。當 α 角很小的時候，用 α 來代替 $\sin \alpha$ 所產生的誤差很小^②，而 α 等於弧長 $CA = w$ 跟半徑 $OA = OC = l$ 的比，就是 $\alpha = \frac{w}{l}$ 。

當擺在平衡位置左方的時候，加速度的方向向右；擺在平衡位置右方的時候，加速度的方向向左。擺球對平衡位置的位移跟擺球運動的加速度的方向總是相反的，因此它們具有相反的符號。如果考

慮到符號的時候，那麼上面的式子應該寫做

$$w_1 = mg_1, \text{ 式中 } g_1 = -\frac{g}{l} \cdot x. \quad (I)$$

當擺振動時，在擺動的角度很小的情形下，加速度跟對平衡位置的位移成正比，可是它們的方向相反。

在從 A 到 O 這個路程上，加速度不斷減小，可是它的方向總是跟速度的方向相同，所以速度增大起來，到了平衡位置 O 的時候，加速度成了零，可是速度達到了最大值，這個值可以用根據能量守恆定律所列的等式 $\frac{mv^2}{2} = mgh$ 求出來。在從 O 到 B 這個路程上，加速度的量值不斷增加，它的方向是順着弧線的切線指向平衡位置那邊的，也就是它的方向是跟速度的方向相反的；因此這時的運動是減速運動，而且當擺球上升到 h_1 的高度、它的動能全部轉變成勢能的時候，速度就成了零。如果能量並沒有消耗，也就是沒有克服任何阻力，那麼 $mgh_1 = \frac{mv^2}{2}$ 。把上面兩個等式作一比較，就可以知道，擺球在左面上升的高度跟在右面上升的高度相等 ($h_1 = h$)，所以 $BO = OA$ 。擺球再從 B 點開始運動時，一切運動情況都跟以前相似。

如果運動的加速度跟質點對平衡位置的位移成正比，加速度的方向又永遠指向平衡位置那邊的時候，這樣的運動就叫做簡諧振動。

例如，只在重力作用下振動的單擺，如果沒有受到任何阻力，而且偏角很小的時候，它的振動就可以看做簡諧振動。又只在彈力作用下振動的物體，它的振動也是簡諧振動，音叉就是一個例子。

3. 簡諧振動的圖線 關於簡諧振動的性質，用振動圖線來研究更方便。這種圖線可以這樣來得到：把一根細的鋼針固定在音叉的一個叉股的上端。先敲打音叉使它振動，然後迅速地讓燻黑的玻璃

① 跟半徑長度相等的弧所對的圓心角等於 1 徑。

② $\alpha = 1^\circ$ 時， $\sin 1^\circ = 0.0174524 \dots$ ，而 $1^\circ = 0.0174533 \dots$ 徑； $\alpha = 5^\circ$ 時， $\sin 5^\circ = 0.0871557 \dots$ ，而 $5^\circ = 0.0872665 \dots$ 徑。

板移動，並使針尖剛好跟玻璃板接觸，這樣鋼針就在板上畫出一條波浪式的曲線(圖2和3)，這種曲線叫做正弦曲線。如果已經知道了玻璃板對音叉的運動速度，那麼根據圖線上曲折的數目，就可以確定振動的頻率和週期。



圖2 記錄音叉振動的方法

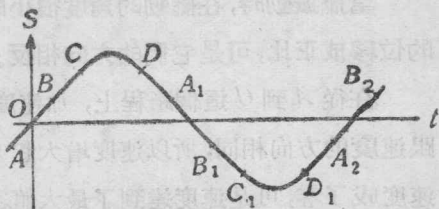


圖3 簡諧振動的圖線

4. 單擺的振動定律 我們可以先做一個這樣的實驗：把擺長差不多等於一米的單擺吊起來，先使它偏斜到任意的角度(不能大於 10°)，然後把它鬆開；用錶測出單擺振動100次所用的時間，從這裏算出它的週期。讓單擺在更小一些的角度下重新振動起來，再算出它的週期。我們看出，兩次的結果是一樣的。

如果用質量不同的小球(大小最好相同)做成單擺來做這個實驗，我們看到，只要擺長不改變，質量不同的擺球在很小的角度下分別振動時，它們的週期是一樣的。

現在再使單擺在擺長不同的情形下(例如1米， $\frac{1}{2}$ 米， $\frac{1}{4}$ 米， $\frac{1}{9}$ 米，)振動，分別算出它們的週期，然後把各個擺長的比跟對應的各個週期平方的比作一比較，可以看出，週期的平方是跟擺長成正比的。

因此可以得到下面的結論：

1. 擺的振動週期，當振幅很小的時候，跟振幅沒有關係(這個性質叫做單擺的等時性)。

2. 振動週期跟擺球的質量沒有關係。

3. 振動週期跟擺長的平方根成正比。所以，擺長增加到4倍，週期就增加到2倍；擺長如果是原長的 $\frac{1}{9}$ ，週期就是原來的 $\frac{1}{3}$ 。

另外，從理論上得到下面一個由實驗證實的結論：

4. 振動週期跟重力加速度的平方根成反比。

從理論上可以得到振動週期的公式：

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (\text{II})$$

擺的等時性是伽利略在 1583 年發現的。

5. 複擺 一個圍繞着不通過物體重心 (G) 的水平軸線 (O) 振動的物體就叫做複擺 (圖 4)。對於所有的複擺都可以找到一個跟它週期相同的單擺。跟複擺週期相同的單擺的擺長，叫做那個複擺的等值單擺長。因此表示單擺週期的公式，對複擺也可以應用，不過公式裏的 l 要用複擺的等值單擺長來代替。在一根直棍上裝一個重錘，就是常見的複擺。

6. 擺在時鐘上的應用 時鐘的擺是用來調節它的運動的。捲緊了的發條逐漸放鬆，或者提高了的重錘慢慢下落，都能使時鐘的針轉動。它們的放鬆或下落並不均勻，可是

鐘針的運動是要指出相等的時間間隔的，因此就利用擺的等時性來調節鐘的運動①。



圖 4



圖 5 用擺調節鐘的運動

在所有的鐘錶裏都有一個擒縱裝置，這種擒縱裝置是由錨環和齒輪構成的，錨環是跟擺連在一起而振動的。當擺振動的時候，錨環每次只放過齒輪的一個齒，這樣就保證了鐘針的均勻運動。又由於齒輪的轉動，錨環受到了輕微的推動，這樣就保證了擺的不斷振動。

圖 5 所示的就是鐘擺的作用原理。

① 荷蘭物理學家惠更斯在 1658 年把擺用在時鐘上。

7. 實驗 1. 用擺來測定重力加速度

〔器材〕 (1)帶有兩個釘子的支架；(2)小鉛球或小鐵球一個，球上有一個通過球心的小孔；(3)線；(4)用來把線固定在球孔裏的小木楔；(5)錶；(6)米尺。

〔實驗步驟〕

(1) 拿一根差不多 1 米長的線，把它的一頭拴在支架的一個釘子上，並且從附近的另一個釘子上繞過去，然後用木楔把小球固定在線的另一頭。

(2) 讓小球偏斜一個小的角度(最好不要大於 5°)，然後把它鬆開；用錶測定 100 次全振動的時間(秒)，再算出振動週期 T 的值。

(3) 變更擺長，例如 $\frac{1}{2}$ 米， $\frac{1}{4}$ 米， $\frac{1}{5}$ 米等，重做上面的實驗，每次都求出振動週期 T 的值。

(4) 算出各個振動週期的平方 (T^2) 和對應的 l/T^2 的值，填在下面的表裏：

實 驗 次 數	擺 長 l (厘米)	振動週期 T (秒)	T^2	l/T^2

(5) 求出各個 l/T^2 的平均值，代入振動週期的公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ 或 $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$ 裏去，算出重力加速度 g 的值。

習 題 一

(1) 求秒擺(就是振動週期等於 2 秒的擺)在北極 ($g=983.24$)、在赤道

($g=978.05$)、在北京($g=980.12$)、在莫斯科($g=981.56$)的等值單擺長各等於多少。

答。在北京 $l=99.31$ 厘米。

(2) 在北京已經把擺調準了的時鐘，拿到北極和赤道時，它的快慢有什麼變化？

(3) 如果把擺長增加成兩倍或三倍，擺的週期怎樣改變？

(4) 時鐘慢了的時候，應該怎樣調準擺長？

(5) 在很熱的夏天和很冷的冬天，時鐘的快慢要發生什麼變化？

8. 彈性體的振動 物體的振動，可以由重力的作用產生，也可以由彈力的作用產生。如果撥一下夾在老虎鉗裏的鋸條的上端(圖6)，那麼鋸條就做簡諧振動。鋸條離開了平衡位置，它的形狀就發生變化；當形狀改變時，就產生了在外力停止作用後使物體恢復原狀的彈力。彈力和它所生的加速度跟離開平衡位置的位移成正比^①，它們的方向始終朝着平衡位置那邊。當物體回到平衡位置的時候，彈力變成零，可是速度在這個時刻却達到了最大值；物體靠着所得的動能通過平衡位置而向另一方面運動，在一點阻力沒有的情形下，將到達跟原來那邊一般遠的地方。這種鋸條

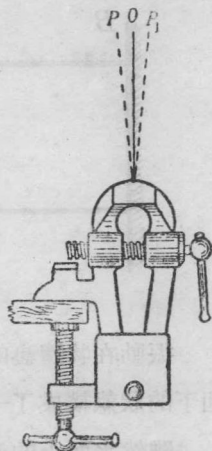


圖6 彈性體的振動

的簡諧振動方向是跟鋸條的長度方向垂直的。如果不使物體的形狀發生變化，而使它的體積發生變化，例如：壓縮空氣柱或者沿着軸線方向壓縮螺旋彈簧等，那麼物體內部也發生在外力取消後使它恢復原體積的彈力，這個彈力是跟物體的體積變化成正比的。在外力取消以後，物體不能立刻恢復平衡狀態，而是沿着它的軸線方向做簡諧振動。

從這裏可以知道，當彈性體的形狀或體積發生變化的時候，彈性

① 假設外力沒超過彈性限度(參看第78節)。

體就產生了簡諧振動。

9. 振動在彈性體裏的傳播 彈性體上任何一部分所發生的振動，並不局限在那個地方，而是沿着整個物體傳播的。

如果把膠皮繩的一頭固定，用手拿着另一頭把它拉平後上下擺動，這樣就在擺動的那頭先形成一個凸起的狀態，然後又形成一個凹下的狀態，凸起的和凹下的這兩個狀態通過整條膠皮繩而傳到另一頭去(圖7)。

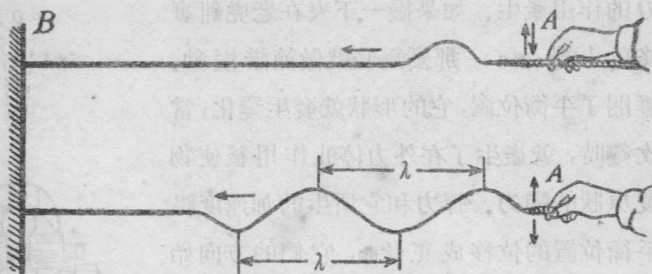


圖7 膠皮繩上的波動

振動在物體裏的傳播叫做波。在上面的例子裏，相鄰的凸起和凹下的狀態構成了一個波。

雖然水面上的波並不是由彈力而是由其他的原因產生的^①，可是振動在彈性體裏成波狀傳播的情形，可以從水面上波的傳播看出來。往平靜的水池裏扔石子，水面就在石子落下的地方凹下去；一會兒，凹下去的地方又凸起來；同時可以看到，不僅石子落下的地方運動，而且圍繞着這個凸起形成了一個凹狀圓環。再經過同樣長的一會兒，中心又凹下去，第一個凹狀圓環變成了凸狀圓環，在那個圓環的外面又形成了一個凹狀圓環，等等。這樣，圓形波就從石子落下的地方傳到整個水池。從漂在水面上的樹葉可以看出來：液體的各質點並不隨着圓形波的傳播而遷移。傳播的只是運動的形式——振動，可是物質並不遷移。

10. 橫波 爲了深入地瞭解在彈性體內波是怎樣發生的，我們可以設想有一根水平放着的彈性棒，在這根棒上選擇若干質點，讓各質點間的距離都相等（圖8）。假設第一個質點受到了一個豎直向上的衝力的作用，就離開了平衡位置向上運動；只要它一離開平衡位置，它就要受到彈力的作用，這個彈力是由於它跟鄰近質點互相聯接而產生的，彈力的方向是向着平衡位置那邊的。由彈力所生的加速度的方向跟初速度的方向是相反的，因此經過若干時間以後，速度變成了零。可是第一個質點離開平衡位置以後，就牽動了第二個質點，第二個質點又牽動了第三個質點，等等。假設過了四分之一週期，到第一個質點停止的時候，有四個質點離開了平衡位置，分別到達不同的位置（圖8(二)）。

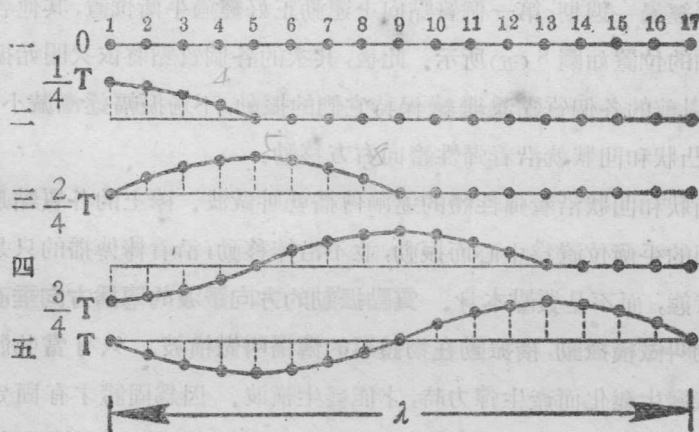


圖8 橫波的形式

第一個質點停止的時候，因爲受了彈力的作用而又開始運動，它的速度的方向是向着平衡位置那邊的，而且速度的量值是逐漸加大

④ 往水裏扔石子在水面上所引起的波是由重力產生的，刮風的時候水面上的波是由空氣跟水面的摩擦產生的。

的。再經過 $\frac{1}{4}$ 週期，第一個質點到達了平衡位置。在這段時間內，第二第三第四個質點早已依次到達了最大距離，並且已經向着平衡位置運動，而每個質點的運動總比它前面那個質點落後。在這段時間內，由於相鄰質點間的相互作用，第五個到第八個質點已經向上運動了，其中第五個質點已經運動到最大距離。各個質點的位置如圖 8 (三) 所示。

第一個質點雖然到達了平衡位置，可是它並不能就停在那裏，由於它積蓄的動能使它繼續向下運動，再經過 $\frac{1}{4}$ 週期，它所經過的距離等於它向上運動時離開平衡位置的最大距離。在這段時間內，第五個質點已經回到平衡位置，第九個質點向上運動到最大距離，只有第十三個質點還是靜止的〔圖 8 (四)〕。

再經過 $\frac{1}{4}$ 週期，第一個質點向上運動正好經過平衡位置，其他各個質點的位置如圖 8 (五) 所示。此後，其次的各個質點將依次開始振動，而以前的各個質點還繼續保持它們的振動，不過振幅逐漸減小。這樣，凸狀和凹狀就沿着彈性體向右方移動。

凸狀和凹狀沿着彈性體的逐漸傳播就叫做波。棒上的各質點是以它們的平衡位置為中心而振動，並不沿棒移動；沿着棒傳播的只是運動狀態，而不是質點本身。質點振動的方向跟波的傳播方向垂直的振動叫做橫振動，橫振動在物體裏的傳播叫做橫波。只有當物體的形狀發生變化而產生彈力時，才能發生橫波。因為固體才有固定的形狀，也只有固體發生形狀變化時才能出現彈力，所以只有在彈性固體裏才能發生橫波。前面圖 7 裏膠皮繩上的波動就是橫波的直觀形像。

11. 縱波 除了橫波，還有一種波就是縱波。現在我們來研究縱波是怎樣發生的。設想有一個球放在均勻的廣袤無邊的彈性媒質裏〔圖 9 (一)〕，然後假定這個球開始做週期性的膨脹和收縮，就像心臟

跳動那樣。這時跟球面接觸的媒質質點就跟着振動起來。離球稍遠的媒質質點，由於跟這些質點有彈力作用的緣故，也發生了振動。這個振動又傳到離球更遠一些的質點，振動就像這樣傳播開去。

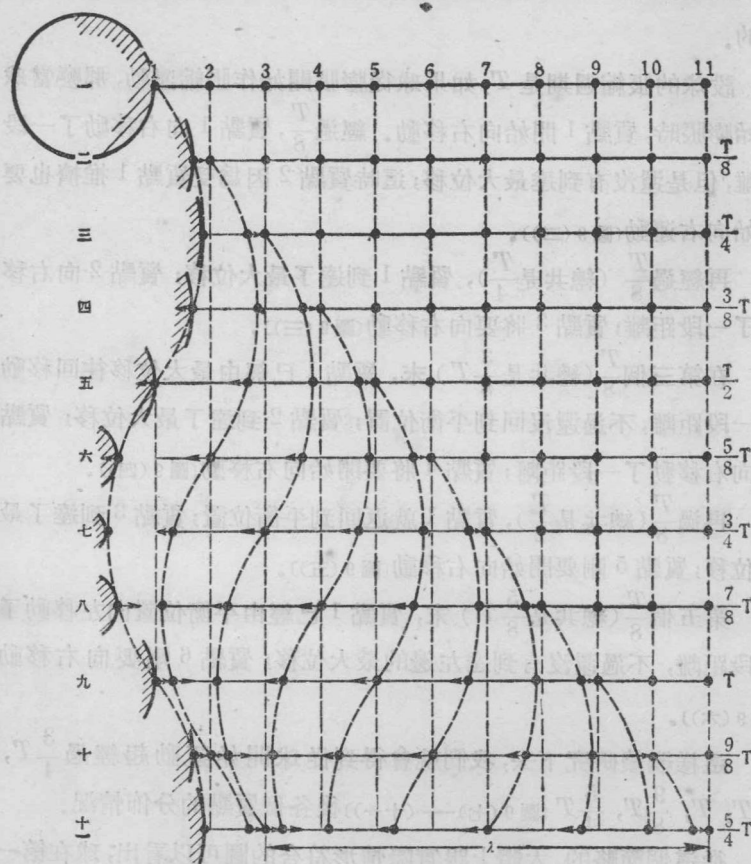


圖 9 縱波的形成

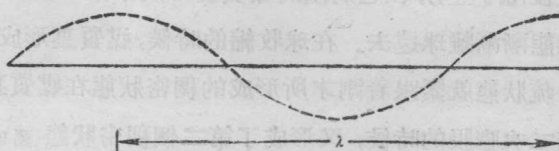


圖 10 縱波的波形圖線

現在我們從球心引一條直線，然後來研究這條直線上的那些煤質質點的運動。爲了簡單，我們選擇在沒發生振動的時候，距離相等的質點來研究。在振動傳播的時候，質點的運動方向是用箭頭來表示的。

設球的脹縮週期是 T ，如果球從膨脹開始作脹縮運動，那麼當球開始膨脹時，質點 1 開始向右移動。經過 $\frac{T}{8}$ ，質點 1 向右移動了一段距離，但是還沒有到達最大位移；這時質點 2 因爲受質點 1 推擠也要開始向右運動（圖 9 (二)）。

再經過 $\frac{T}{8}$ （總共是 $\frac{T}{4}$ ），質點 1 到達了最大位移；質點 2 向右移動了一段距離；質點 3 將要向右移動（圖 9 (三)）。

在第三個 $\frac{T}{8}$ （總共是 $\frac{3}{8}T$ ）末，質點 1 已經由最大位移往回移動了一段距離，不過還沒回到平衡位置；質點 2 到達了最大位移；質點 3 向右移動了一段距離；質點 4 將要開始向右移動（圖 9 (四)）。

再過 $\frac{T}{8}$ （總共是 $\frac{T}{2}$ ），質點 1 就返回到平衡位置；質點 3 到達了最大位移；質點 5 剛要開始向右移動（圖 9 (五)）。

第五個 $\frac{T}{8}$ （總共是 $\frac{5}{8}T$ ）末，質點 1 已經由平衡位置向左移動了一段距離，不過還沒有到達左邊的最大位移；質點 6 剛要向右移動（圖 9 (六)）。

這樣繼續研究下去，我們就會得到從球開始運動起經過 $\frac{3}{4}T$ ， $\frac{7}{8}T$ ， T ， $\frac{9}{8}T$ ， $\frac{5}{4}T$ （圖 9 (七)——(十一)）後各個質點的分佈情況。

從這個簡略的、大體上跟實際情形符合的圖可以看出，球在第一次膨脹後（圖 9 (三)），在它周圍的煤質裏形成了第一個稠密狀態，這個稠密狀態漸漸離球遠去。在球收縮的時候，煤質裏形成了稀疏狀態，這個稀疏狀態就緊跟着剛才所形成的稠密狀態在煤質裏向外傳播。球在第二次膨脹的時候，又形成了第二個稠密狀態（圖 9 (十一)），這時第一個稠密狀態和它相隔已有 λ 遠了。以後就這樣繼續下去：不斷