

萬 有 文 庫

第二集七百種

王 雲 五 主 編

物 理 學 概 論

(三)

石 原 純 著

周 昌 壽 譯

商 務 印 書 館 發 行

物理學概論

(三)

著 純 原 石
譯 壽 昌 周

書 叢 小 學 科 然 自

第六章 波動論及聲學

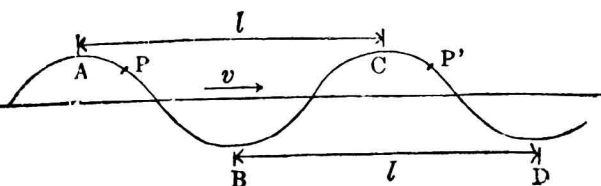
第一節 波動之性質及種類

水面有波紋起伏，爲人所共知之現象，試投一小石於靜水之中，即見石着水處，有圓形波紋發生，以着水一點爲中心，四向傳播而去。此時若注目於浮在水面上之樹葉，即見其時高時低，上下不已，但始終未曾由其所在地移開，僅在其左右近旁動搖而已。波之極高處曰波峯（crest），最低處曰波谷（trough）。遇波峯傳來，樹葉隨之升起；波谷傳來，樹葉隨之降落，其運動完全伴隨在其周圍之水。故由樹葉之運動狀況，可以察見水之運動，即其各部分，當波起伏前進中，大體在一處，只作上下之振動而不前進。所謂波動（wave motion），不外此種振動逐時逐地略有差別時所起之現象耳。

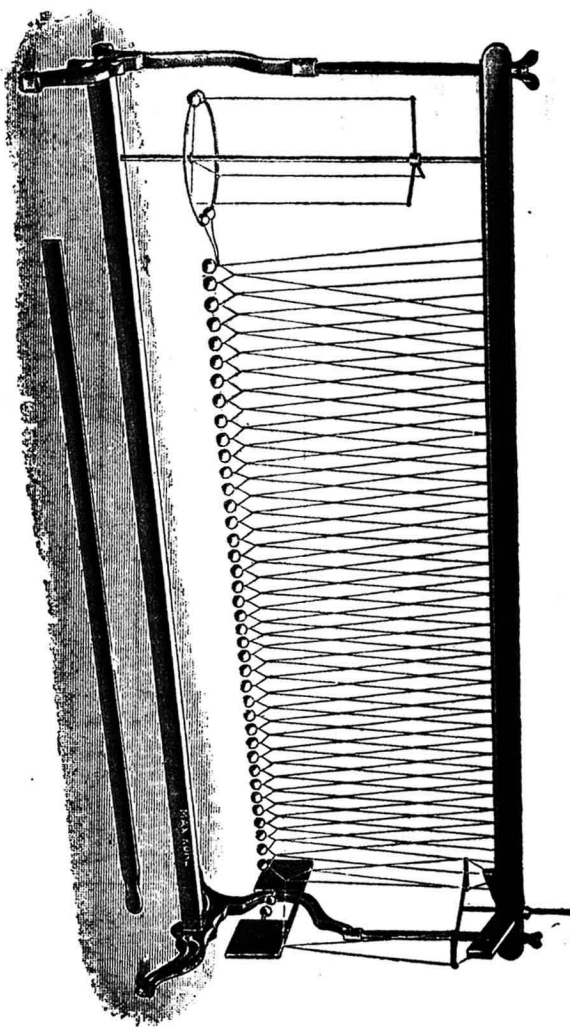


圖四五— 卷雲之一種

水面所起之波，爲人所共知之事，雲中亦有此種波紋現出，不能不謂爲奇觀也。



圖四五二



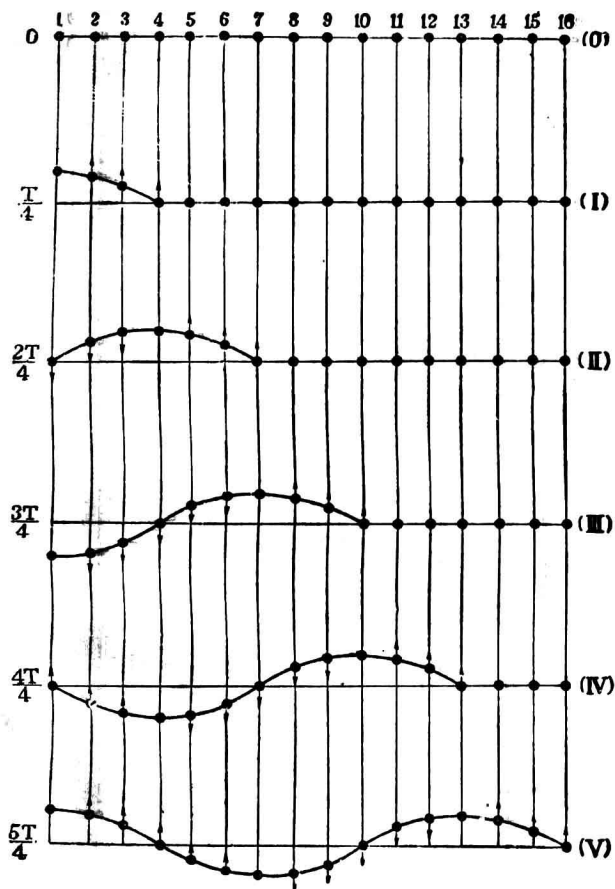


圖 四 五 四

圖四五二表示波動之一斷面，相鄰兩峯或兩谷間之距離，恆一定不變，是曰波長(wave length)。又在任何一點A之水，完成一次振動，復返其原狀所經歷之時間，曰波動之週期(period)，通常以T表之。每經歷T之時間後，一點之振動狀態，當由其相鄰之部分，次第傳播而去，達於與此點相隔等於一波長之點C。故波形每歷一週期T，必進行一波長之距離。如命V表波形傳播之速度，λ表波長，則恆有

$$V = \frac{\lambda}{T}$$

之關係成立。又如圖中所示之A及B兩點，與平均水面作相等之高度，且在此兩點之水，均具有向上方振動之傾向，如是之兩點，通稱之曰同相(same phase)。即表示各點離水平之高低，及此後運動之傾向，曰相(phase)。

如圖四五三所示，有小球一列，其間用彈簧互相啣聯，此時若使一端之球振動，則其振動即經由鄰接小球次第傳達而去，成為波動；此時最初一球之振動方向，與波動之形狀，大有關係。如球之振動方向與球列之方向相同，則波動之形狀當如圖四五四所示；此時之波，曰縱波(longitudinal

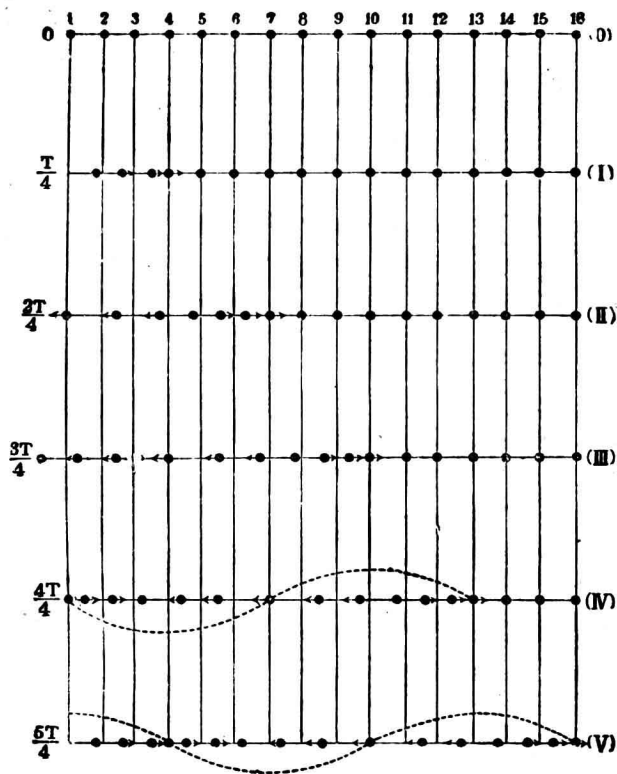


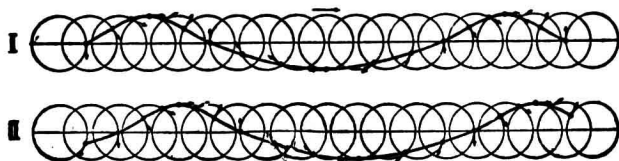
圖 四 五 五

wave)。如球之振動方向與球列方向互相垂直，則波動之形狀，當如圖四五所示；此時之波，曰橫波 (transverse wave)。水面上出現之波紋，較為複雜，其各部分均作橢圓運動，表現於外者為其上下方向之運動，故外觀上似為橫波，如圖四五六所示。

一般在彈性體內部，縱波及橫波均同樣可以發生。又地殼內由某種原因而生之劇烈變動，成為波動傳於四方，是即通常所謂之地震 (earthquake) 現象。凡傳播波動之物質，曰介質 (medium)。

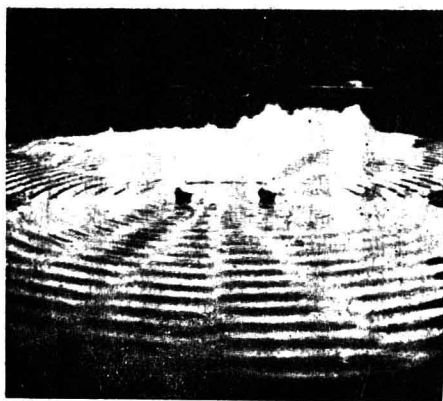
第二節 波動之各種現象及波形

水面上如有兩處同時發生波動，則在表面上各處所現出之波紋形狀，即由此兩種波動重合而成。如某一點適當此兩波之峯，則此一點之水，當較附近各部分之水，特別高起。反之，如此一點，適當兩波之谷，則較附近



圖四五六 各點均作圓周運動時之波動，
圖中所示，為相隔 $\frac{1}{2}T$ 之兩瞬間波之形狀。

(a)



(b)



圖 四 五 七

(a) 兩波動干涉之狀況

(b) 同上一部分擴大後

特別低落。又如某一點適當一波之峯，及他一波之谷，則因互相抵消之結果，與未受波動影同。以上係就兩波共同存在時而言，如同時有若干大小之波動，共同存在，則其情形更為複雜。五七所示，係相等兩波共同存在時，出現之狀況，極為可觀。此項現象稱為波之干涉 (inter-

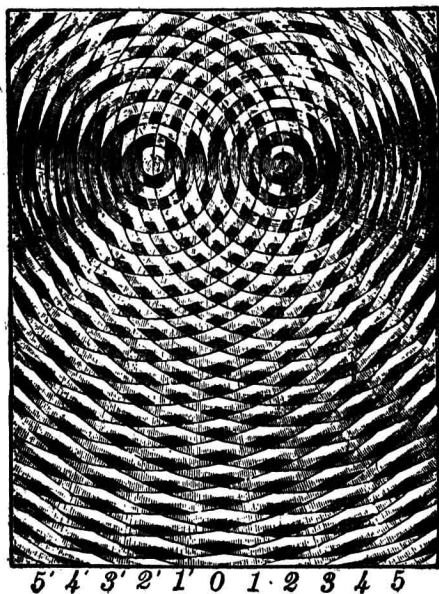


圖 四 五 八

(1)

(2)

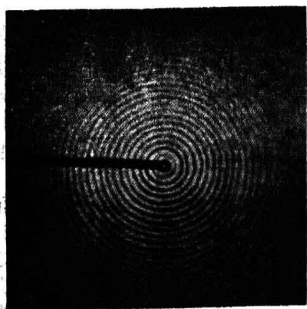


圖 四 五 九

(1)由一點擴散之波動

(2)由兩點擴散波動之干涉

ference of waves) 圖四五八所示，亦爲相等之兩波互相干涉時之狀況。其下端記有○之點，與兩波動之中心，作相等之距離。兩波之峯由雙方同時到達時，昇至二倍之高。由是經歷半週期後，兩波之谷又同時到達，降至二倍之低。以後準此，反覆進行不已。與此一點作一波長之距離有 $\frac{1}{2}$ 及 $\frac{3}{2}$ 之點，此處亦現完全相同之現象。反之，在其正中間之點，如 $\frac{1}{4}$ 及 $\frac{3}{4}$ ，適當一峯一谷相遇處，作用完全消滅。故就其全體而言，凡記有偶數之點，均有波現出；其間記有奇數之點，則寂然不動。試用一適當之管，向水面吹送空氣，一吹一停有一定之時間，則在水面上現出圖四五九所示之波紋，可供實驗波動進行及其干涉現象之用。

如圖四六〇所示，由一點○發出之波，與一固體面相遇，爲其所阻，反射而回。此時之反射波 (reflected wave)，宛如對於固體面之背，與○成對稱點之○，作其波動中心發出之波然。在固體面前方，除原有之入射波 (incident wave) 而外，同時尚有反射波存在，故生干涉現象。如固體面上有小孔存在，則在其背後，另有新波現出，卽以此等小孔爲其波動之中心。圖四六一卽表示此種現象。

關於波動之理論，係一六九〇年經惠更斯（Huygens）創成。如圖四六二所示，波動自一點 O 發出，現為曲面 AB ，是曰波前（wave front）。在同一波面上之各點如 M_1, M_2 等各自成一小波動之中心，次第傳向前方。故若任意再引一曲面，使其與此等各小波之波面相切，如 CD 即成為次一波面，順次擴散而去，是為惠更斯原理（Huygens' principle）。

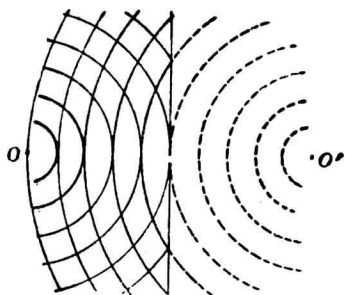


圖 四 六 〇



圖 四 六 一

波遇障體面反射及透過小孔發生新波之狀況

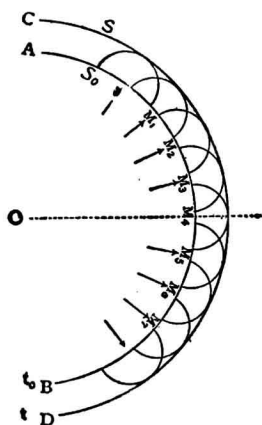


圖 四 六 二

船在水面上沿直線急駛時，尾後有一特殊形狀波紋現出，圖四六四所示，即其一例。由此現象，亦可表示惠更斯原理。設在水面上假想有圖四六五所示之 O 、 O_1 、 O_2 、 O_3 、 O_4 等各點，排列成一直線，在此各點上順次各投一石，則由此各點發出之波紋，在某一瞬間所作之共通切線，當如圖中 O_4R 之形狀，與船尾所曳之波面，完全相同。如能測定 RO_4O 之角度，即可將此時船之進行速度算出。



圖 四 六 三 惠更斯

遮斷波動之物體面上，如有大孔，或邊隅存在時，波當由此等處所，通至物體背後，且略呈繞轉

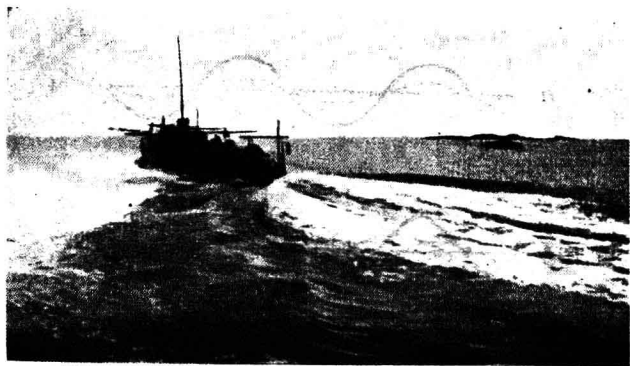


圖 四 六 四 船 尾 之 波

之現象如由上述之惠更斯原理說明之，爲事甚易。因此時孔上之各點，各成爲新波動之中心，故在孔之背後，沿入射方向，雖同樣有峯谷相間之波進行，其餘方向上，則因各新波互相干涉之結果，全體減弱，尤以波長小者爲甚。故在物體背後，成爲波動之影 (shadow)，無波出現。又此等波動之影，並不受沿波動進行方向所引之直線所範圍，因有惠更斯原理，故在物體背後，超過此種界線，亦略呈繞轉現象，是曰繞射 (diffraction)。

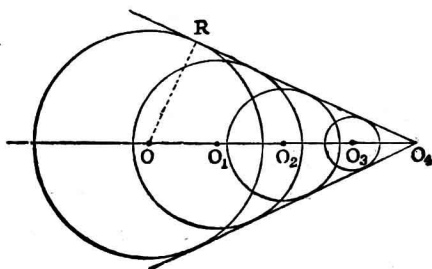
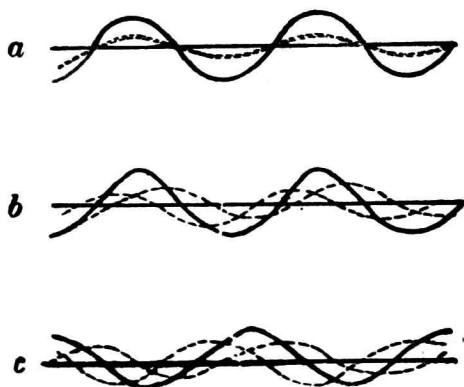
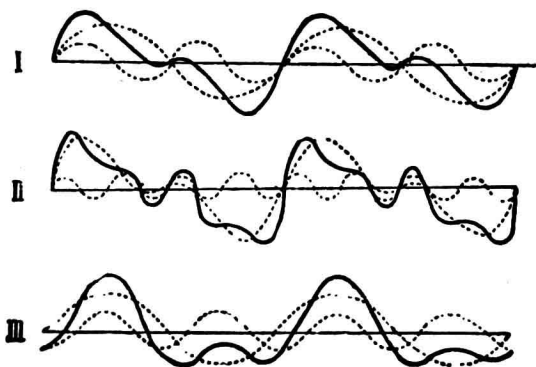


圖 四 六 五



圖四六六 兩波相重

兩虛線所表之波，如互相重疊，即成實線所示之波。



圖四六七

虛線之波重合即成實線之波

一般言之，波動互相重合時，其波形將生種種變化。如圖四六六所示，同一大小之兩波相重時，如兩波之峯谷恰各相合，相 (phase) 亦互等之時，成爲 (c) 之形狀。如一波之相，較他一波遲 $\frac{1}{2}$ 週期，則成 (b) 之形狀。如兩波之相差 $\frac{1}{2}$ 週期，則成 (c) 之形狀。又如兩波之相差半週期時，恰相抵消，無波可見。又圖四六七所示爲波長振

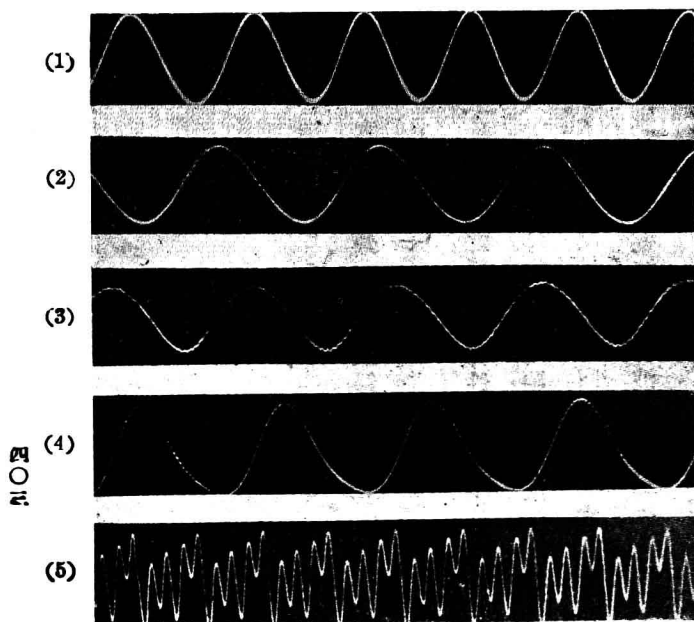


圖 四 六 八

- (1) 純粹之正弦波； (2) 短波長之弱波相合；
 (3) 短波長之強波相合； (4) 弱短波及長波相合；
 (5) 強長波相合。