

新 中 學 文 庫

物 理 學 概 論

第 三 冊

石 原 純 著  
周 昌 壽 譯

商 務 印 書 館 發 行

自然科學小叢書

物 理 學 概 論

第三冊

石原純著  
周昌壽譯

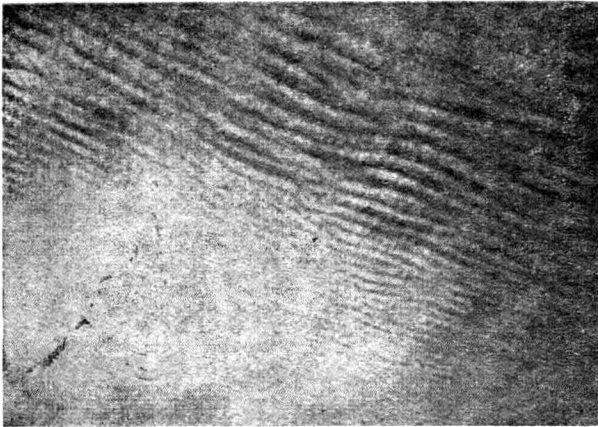
王雲五 周昌壽 主編

商務印書館發行

## 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，卽見石着水處，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，卽見其時高時低，上下不已，但始終未曾由其在所在地移開，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，卽其各部分，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。



圖四五一 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。

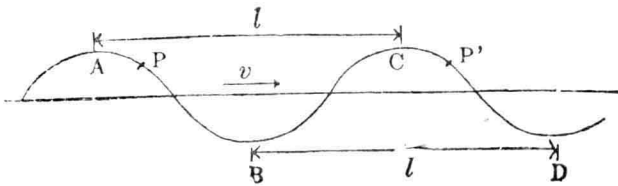
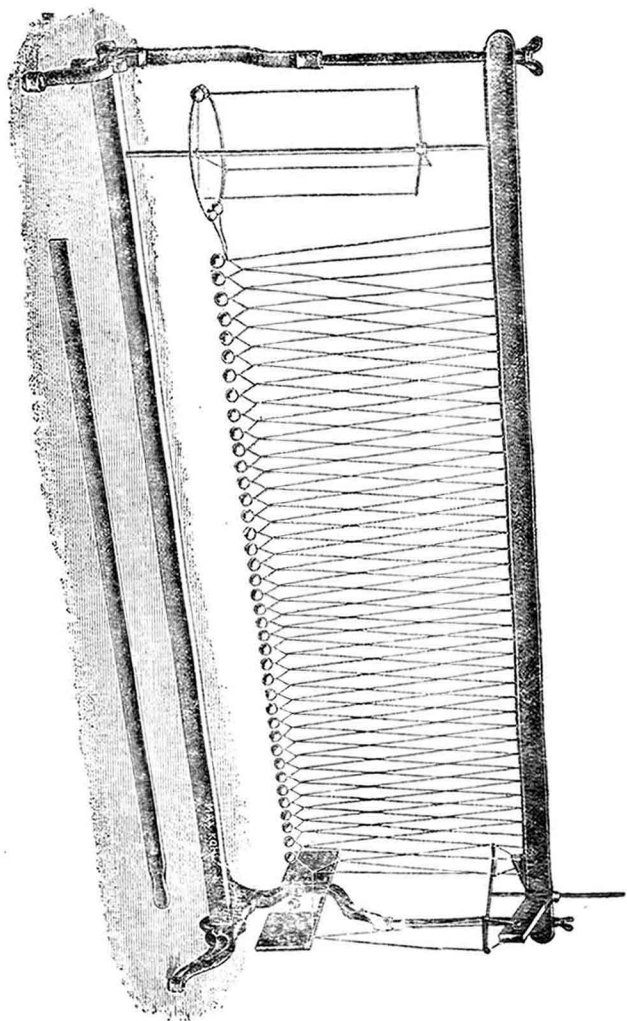


圖 四 五 二

圖 四 五 三 波 動 模 型



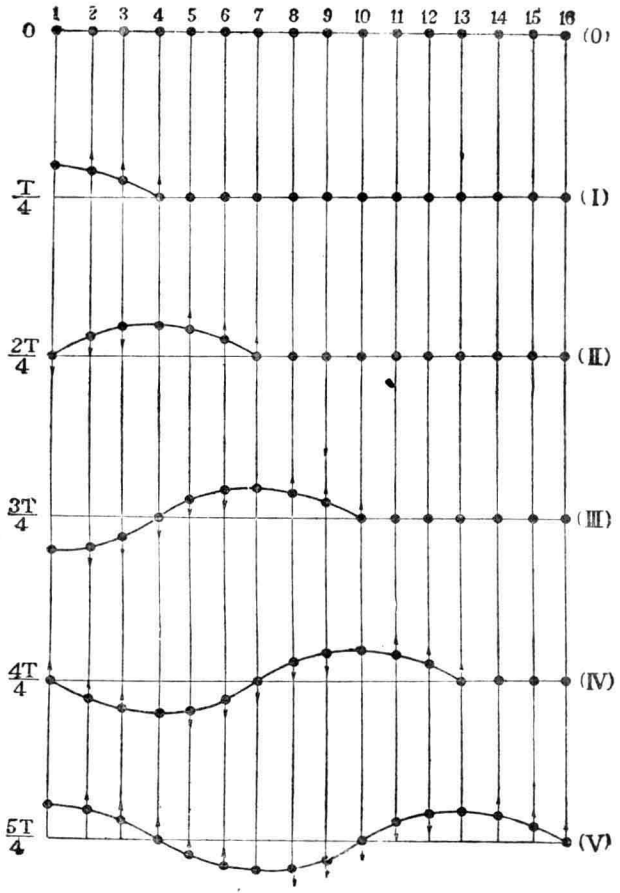


圖 四 五 四

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  $\Delta$  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  $O$ 。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， $\lambda$  表波長，則恆有

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

之關係成立。又如圖中所示之  $P$  及  $P'$  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，成爲波動；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

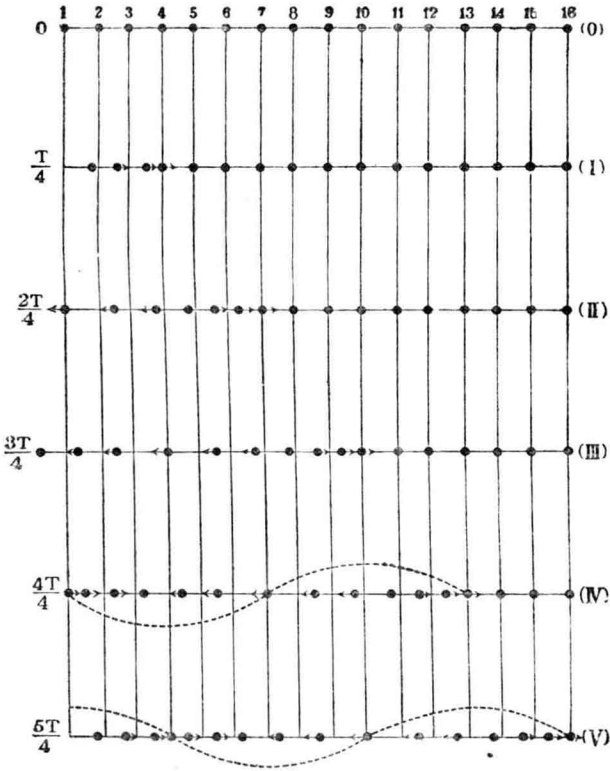


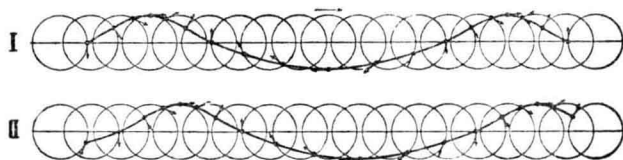
圖 四 五 五

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  $\frac{1}{12}T$  之兩瞬間波之形狀。

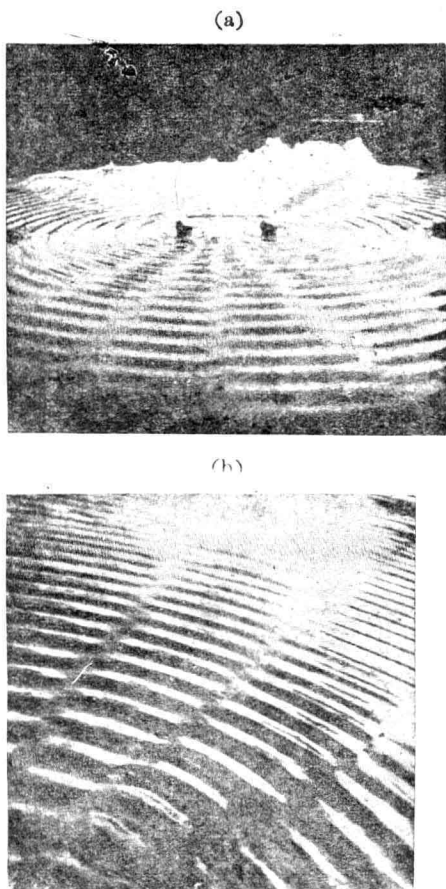


圖 四 五 七

- (a) 兩波動干涉之狀況  
 (b) 同上一部分擴大後

各部分，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，與未受波動影響者相同。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，則其情形更爲複雜。圖四五七所示，係相等兩波共同存在時，出現之狀況，極爲可觀。此項現象稱爲波之干涉(Inter-

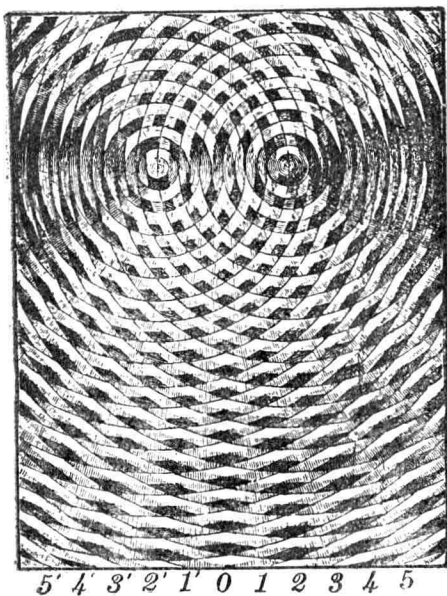


圖 四 五 八

(1)

(2)

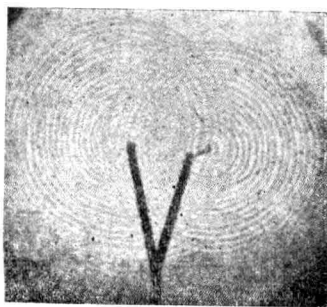
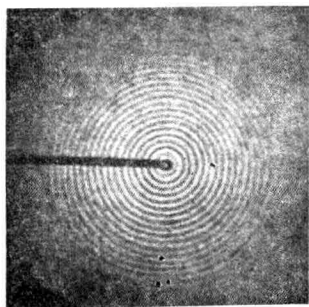


圖 四 五 九

(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 $\alpha$ 及 $\beta$ 之點，此處亦現完全相同之現象。反之，在其正中間之點，如 $\gamma$ 及 $\delta$ ，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，同時尙有反射波存在，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。

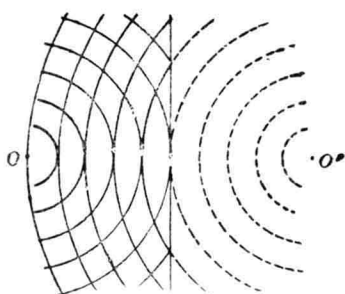


圖 四 六 〇



圖 四 六 一

波遇固體面反射及透過小孔發生新波之狀況

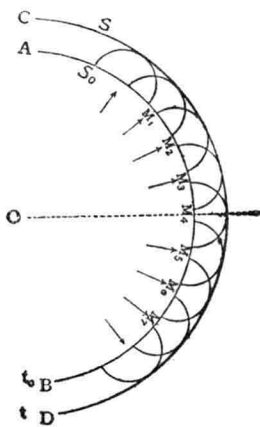


圖 四 六 二

關於波動之理論，係一六九〇年經惠更斯 (Huygens) 創成。如圖四六一所示，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)。

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 $O_1R$ 之形狀，與船尾所曳之波面，完全相同。如能測定 $RO_1O$ 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

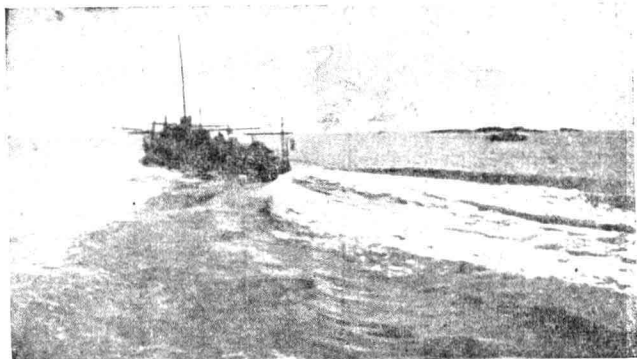


圖 四 六 四 船 尾 之 波

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)。

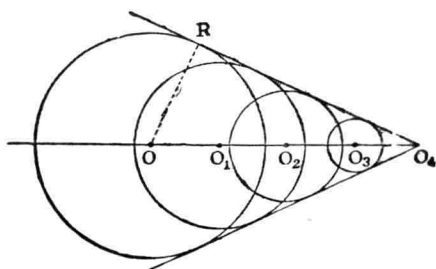
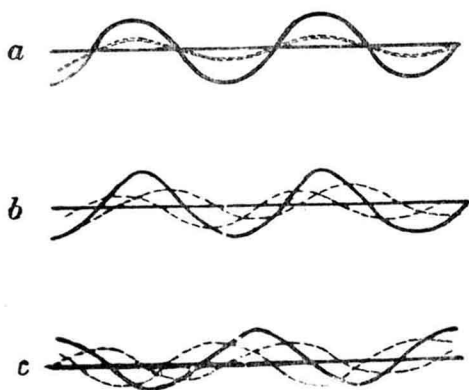
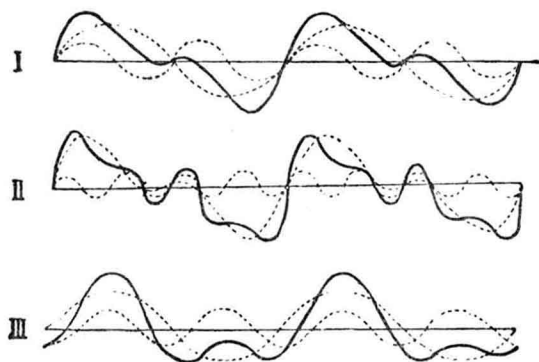


圖 四 六 五



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 (e) 之形狀。如一波之相，較他一波遲  $\frac{1}{4}$  週期，則成 (d) 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

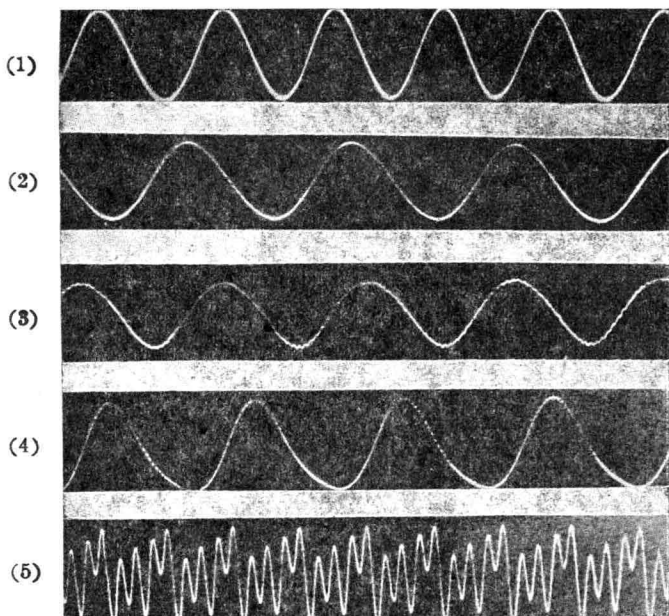


圖 四 六 八

- (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。