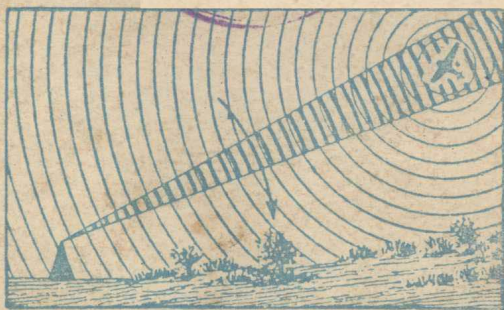


人 民 科 學 叢 書

雷 達

譯 衡 運 韓 著 克 立 列 高



雷

達

高
韓
郭

列
運
汝

立

克
衡
高

著
譯
校

天下出版社印行

人民科學叢書

雷達

原著者 高列立克

翻譯者 韓運衡

印行者 天下出版社

版權所有
不准翻印

一九五二年四月北京初版（一）

出版者的話

本書爲蘇聯高列立克（Г.С.Горелик）和列文（М.Л.Левин）兩教授合著。原文書名 Радиолокация，是蘇聯國立技術理論叢書出版社所出的科學普及叢書之一。

本譯文根據一九四八年俄文版譯出，曾請郭汝嵩教授校閱。

目 錄

序言.....	一
一、我們周圍的波.....	二
二、波之散射.....	八
三、無線電波.....	二一
四、我們怎樣看得見.....	二四
五、可否利用無線電波來看見物件.....	二六
六、如何測定目標的方向.....	二八
七、無線電回波.....	三〇
八、陰極射線的作用代替鏖針.....	三七
九、水平的金屬板是作什麼用的.....	三三
結論.....	三六

序言

我們全都知道無線電是一個强有力的聯絡工具。利用無線電可以同很遠的城市，同在海洋的船艦，同在空中飛着的飛機等等來談話。利用無線電能向全世界傳播言論，音樂，圖影。然而無線電還有許多其他的用途。我們在這本小叢書裡，也就是要來談一談這些用途之中的一種用途。這用途就是利用無線電，可以發覺飛機和船艦，並且很正確地知道這些飛機和船艦的位置在什麼地方。這種利用無線電的方法，叫做無線電定位。

『定位』顧名思意是決定方位的意思（原字 *Locis* 是拉丁文，讀作『羅枯斯』，譯意是定位）。所以所謂無線電定位者，就是說：利用無線電求知某一目標的位置現在什麼地方。在一般情形下，這目標是看不見的。時常在談話中，不習慣說『無線電定位』而簡單的稱作『雷達』。所以無線電定位又叫做雷達（爲了簡化和習慣，本書內的名稱，也將稱爲雷達——譯者註）。

在蘇聯，雷達在戰敗德國希特勒及其盟國的勝利戰爭中，得到了很大的幫助和收獲。很多法西斯的飛機和軍艦被消滅，也就是因爲利用了雷達，得能在深夜黑暗中和在濃厚的雲霧裡面，及時地發覺了敵人的飛機和軍艦。

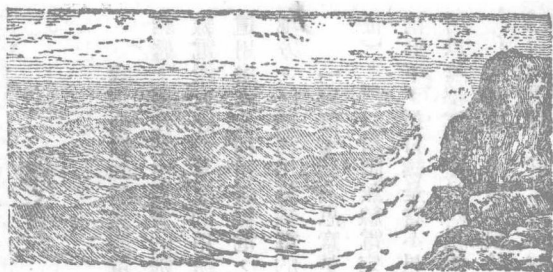


圖1. 水 上 的 水 波

一、我們周圍的波

爲了明瞭雷達的作用，應當知道無線電電波是怎樣的傳播，但是爲了對無線電波有個正確的認識，更應當預先認識一般波的特性。

每位讀者當然都看見過水上的波浪。如果注意一下，就可以發現這些水波是由一遍凸的水峯和凹的水谷，互相輪流交替着，順序排列而成。

如果水的狀態是穩定的話，那就會很容易的由它自己產生些水波。爲了這種目的，可以作一個小的試驗例子：取一浮標，其一端與線相繫，將浮標投擲水中，利用繫好的線，將浮標輕微的上下提降。這時候由浮標所在地方，向四週散佈圓形的水波。這樣我們不難注意到當浮標經過一個整的動作時，就是說一上和一下時，也可以說經過一次全振動時，就產生一個凸的水峯和一個

凹的水谷。如果在一秒鐘內，浮標經過兩次全振動時，則在浮標的周圍，在一秒鐘內可產生兩個新的水波。

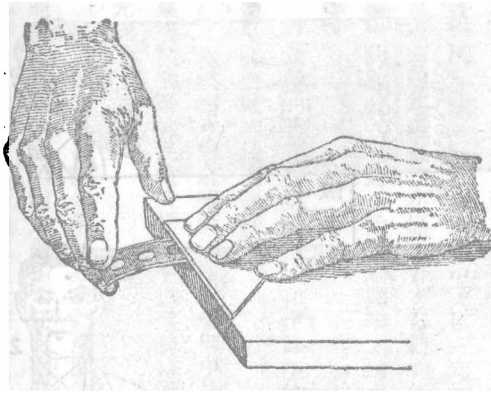


圖2. 由保險刀片產生聲音

當水波波動時，水的分子並不與水波共同向前移動，而僅是在一定的地方上下振動着。當然很明顯，在浮標周圍的每一個地方，這些水分子的全振動（一上和一下）之數量，將與產生水波的數量相等——在我們所作的試驗例子中，水分子在每秒中完成兩個振動。這個數量被稱為波動頻率，或波源的振動頻率。聲音在科學裡也被認定為波的一種，只是這波並不在水裡，而是在空氣中。聲波在空氣中是自音源傳來，它的性質也與水波自浮標傳來的情形相同。

聲波是怎樣發生的呢？

沿桌邊上壓緊一片刮鬍子用的保險刀片，並用手指擊動它。我們聽到輕微的聲音。在刀片周圍的空氣中產生着聲波。這聲波是由一片稠密的和稀疏的空氣

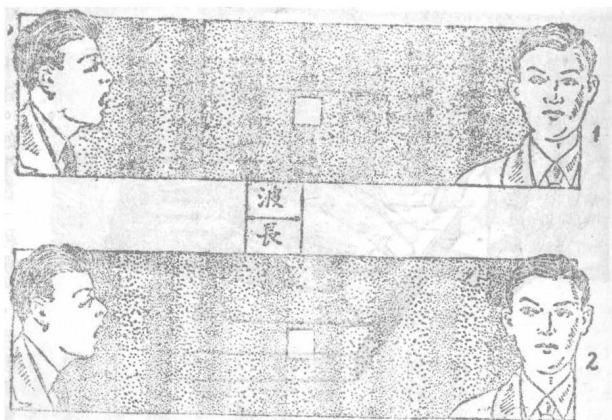


圖 3. 空氣中的聲波：

- (1) 在某一固定時間內，稠密和稀疏的狀態。
- (2) 同樣稠密和稀疏的狀態在較遲些的時候。

互相輪流交替着，順序排成。它們移動的速度，每秒鐘約為三百三十公尺。這種聲波也產生在我們讀出或講出某一個字的時候（圖三）。當聲波經過每一小塊體積時（參閱第三圖的小方格），空氣的密度，變得比正常密度或為較大或為較小。在此種情形下，音調愈高時（也就是說當音調愈細時），則空氣形成稠密或稀疏現象的次數也愈多。同時在此種情形下，每秒內空氣密度的每一全振動之數量，與聲波頻率相等，也就是說與每秒內經過小塊體積的稠密空氣（如凸的水峯）或疏薄空氣（如凹的水谷）所形成之次數相等。這聲波頻率，另一方面又與每秒內聲源振動的數量相等。

在很早以前，已經證明了光也是一種波動，然而光波與聲波所不同的，就是光波在沒有空氣

的地方，也能傳播。

在光波中是什麼在振動，當光波經過沒有空氣的地方發生些什麼現象，——這些問題，我們在以後再來討論。現在我們最應當注意的，就是光波也是由一遍互相輪流交替的『凸峯』和『凹谷』所形成。它們在空氣中，以一定的速度在移動着，同時還要注意的是當光波經過空中時，在那裡有着某種東西在振動着，它們的頻率與光波的頻率相等，也就是說等於每秒內經過空中『凸峯』的數量。但是，光波的頻率，同水中的水波及聲波，有着同樣的性質，它與波源振動頻率相等。

光波的速度在空氣中，和在真空的地方全都很大，每秒等於三十萬公里！這速度是宇宙間一切可能速度的最高速度。

水波在水中之來源，在所舉例中是由於提降浮標所生；聲波之來源，在所舉例中，是由於沿桌邊被壓緊的保險刀片用手指擊動時所發生。什麼是光波的來源呢？在發亮的物件上是什麼在發光呢？

大家當然全都知道，在我們周圍的一切物質，全是由很小的，看不見的微粒——原子——所組成。現在人們已經知道了，任何物質的原子，它本身的構造是一個重的原子核，在原子核的周圍轉動着電子。電子的重量最輕，也是最善於移動的部分。它所以被發覺的原因，是因為它帶着

負電荷。如果電子分別落於與蓄電池正負兩極連接的金屬板上時，則它將自負極板（也就是與蓄電池負極連接的一片），向正極板移動（也就是與蓄電池正極板連接的一片）。

當電子很快地振動的時候，電子放射着波，這種波叫做電磁波（為什麼叫做電磁波，將在以後再講），而光波也正是電磁波的一種。因之光波的來源，便是振動的電子。

光波放射的時間，僅是當某一波光物質的原子結構內，有某些電子在振動的時候。在物理學中，研究光的現象的部分，稱為光學。所以這些電子，因為由於它們放光的原因，也得名為發光電子。

發光電子在原子結構中，是距離原子核最遠的一些電子（圖四）。所以它又叫做原子外層電子。

然而為什麼在放光物質之原子結構中的發光電子要振動呢？舉例來說，電燈泡內燒紅的燈絲，為什麼在它的原子結構中，其原因與同沿桌邊被壓緊的保險刀片用手指擊動時發

生振動的原因一樣。構中之電子要振動呢？這個問題是簡單的，其原因與同沿桌邊被壓緊的保險刀片用手指擊動時發

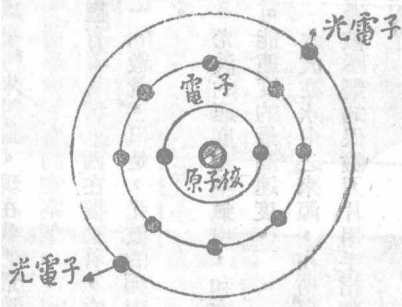


圖4. 原子簡圖

在實際上，這些電子所以被束縛的原因，就是由於原子核作用的關係。原子核以吸引力束縛着電子，這情形與地球被太陽的吸引力所束縛的情形是相似的。當電燈泡燈絲被電流燒熱之後，它的原子開始加速運動，互相間加強了碰撞。這些碰撞刺激着外層發光電子，使發光電子振動，這現象又如用手指來擊動保險刀片時，激動了的刀片會振動是一樣的。已經激動的發光電子，放射着能以目力看到的電磁波，也就是放射着——光。所以我們能够看見電燈泡裡燒紅了的燈絲。

這種放射着能以目力看到光地發光電子，它的振動頻率很大：每秒自三〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇，至八〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇週。這種每秒數百萬億週大的頻率，實在是太可觀的了。

其餘靠近原子核的電子，它們振動的頻率，比光電子振動頻率更大。在這種情形下所形成的電磁波，已經不是用我們的目力所能看得到的了。

然而另有一種目力所不能看到的電磁波，它們的頻率較目力所能看到的光波，少着很多倍。這種電磁波的實例，就是無線電波。無線電波是由電子放射而得，它們的振動頻率，較發光電子振動頻率少着數百萬倍。

關於電子所放射的電磁波，其振動頻率，為什麼較比原子內發光電子的振動頻率少着很多

備，我們以後再來講述。目前我們暫且重新回到研究一般波的性質方面來。

二、波之散射

大家已經見到，我們在上面所談到的三種波之區別，是相當的大。不過別看它們中間雖然存在着這些區別，但是這三種波的傳播規律，是很相近的。所以我們可以按照一種波的性質，比如說按照水上的水波，來斷定另一種波的性質，如：電磁波的性質。現在我們僅指出這些波的一個共同的性質來，其性質述明於下：

今假定某一振動來源——浮標，保險刀片或電子——在放射着波。如果在這個波的傳播途中置上一個同樣的，但不振動的物體時，那末這物體因受到波的影響，開始振動，且本身也成為波源：將由它向四外散佈新波。這種現象叫做原始波之散射。照這情形看來，在水面上自浮標放射出來的水波，由浮標處向河岸及四周圍傳播着，在途中遇到另一浮標時，使這另一浮標也開始振動，因此另一浮標的振動又產生了向四周傳播的圓形的新波（圖五）。在另一例中，如果聲波在途中遇到被夾在夾鉗上的另一保險刀片時，也使這另一刀片開始振動，而這振動又產生了新的聲波。當然在這後面的第二個例子中，被夾着的另一刀片之振動很小，然而如果不用保險刀片，而

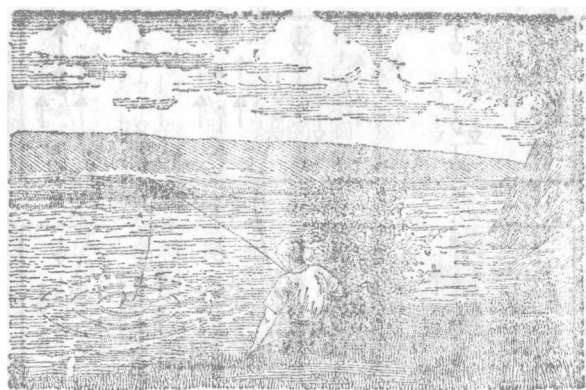


圖 5. 在浮標處的波之散射。

用兩根相同的樂器的絃時，則當某一根樂器的絃振動發出聲音時，能使第二根樂器絃發生很大的聲音。最後，處於靜態狀況之下的電子，由於電磁波的影響，也開始振動，並由它本身也放射出新的電磁波。

這樣在三個例子之中，我們全得到了波之散射現象：在第一例中，水波向浮標散射，在第二例中，聲波向保險刀片或樂器絃散射，又在第三例中，電磁波向電子散射。因此利用浮標，被夾鉗夾著的刀片或利用電子，可以得知在該附近範圍內有無波存在着。在這三者的比較中，對波之幾覺性最敏感的，當為極而易動的電子；甚至當在由遠處播來之較弱的電磁波情形時，也能同樣使它振動。

現在我們已經可以答覆前者所提出的問題了，就是說：當在某一地方有電磁波經過時，在這地方有什麼在振動，又電磁波的波峯和波谷，究竟是什麼。

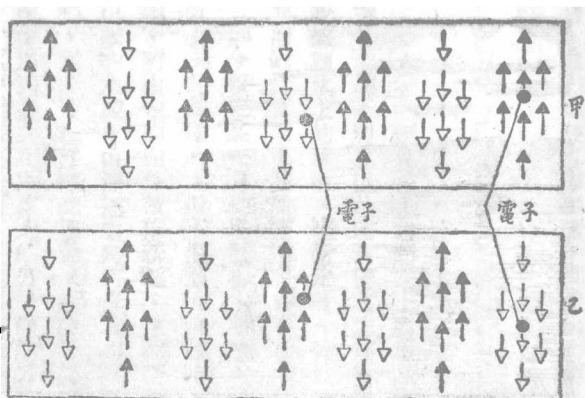


圖 6. 電磁波。(甲) 在某一時間內有着各種方向力量的波層之狀態。(乙) 同在較遲之時間內的波層之狀態。

當電磁波經過某地方時，向途中所遇到的電子所起之作用力，在每一處均變更着，並變更着所產生之振動的方向。電磁波本身則是一排力量，這力量的方向是正反交替的，換句話說，就是在同一方向的力量之間，有相反方向的力量間隔着（圖 6）（可用聲波內的疏密作比較）。在這裡，波長等於由某一波層之中心至鄰近有着同一方向的波層之中心的距離。這一整排力量，以每秒為三〇〇、〇〇〇公里之速度移動着。在這裡，那些波層叫做波峯，那些波層叫做波谷，並無什麼差別，因為這些波層所不同的地方，僅是它們向電子起作用的力，有着不同的方向而已，所以每層之命名，沒有什麼重要性。然而需要注意的是，電磁波不僅激動了小的載電荷的物體——電子，同時在自己途中如遇到小的磁鐵時，例如羅盤的磁針，電磁波也使它

振動。這理由就是因爲電磁波既向載電荷的物體起作用，而也向磁化的物體起作用。故此才把它叫做電磁波。

三、無線電波

到本章爲止，我們僅談到了如何產生光波，也就是目力所能看到的電磁波。然而如何才能產生目力看不到的，且頻率較光波頻率少着百萬倍的電磁波——無線電波呢？怎樣才能使電子的振動較原子內的發光電子的振動，慢着百萬倍呢？爲了答覆這問題，我們仍用保險刀片來做例子，但是已經不是將它用手指壓緊在桌沿上，而是牢牢的用老虎鉗夾緊（圖七甲）。究竟如何才能使保險刀片的振動頻率改變，或怎樣才能使刀片振動減慢呢？

回答是很容易的：轉動老虎鉗的手柄，將老虎鉗鬆開，將刀片抽出來一些，然後再轉動老虎鉗的手柄，將刀片再夾緊（圖七乙）。這樣在將刀片抽出來之後，已經比較長了一些的一段刀片，將要比先前被夾緊的一段刀片振動慢些，它的振動頻率也比較少了一些。在這種情形下，聲音也將變低。

上面這種答覆，確實很簡單，但是收獲很小。第一，用這種方法，僅能將振動頻率減少了數

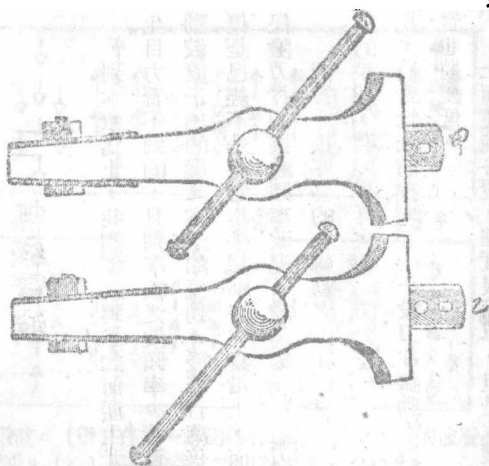


圖7. 動鉗夾鉗夾着的刀片之狀態，
可以變更刀片的振動頻率。

倍。第二，這種方法用老虎鉗來調整刀片的長短，不適用於電子，因為不是我們的人力能將原子核與電子的吸引力改變。我們可以使各種物質的原子發光，而且它們也將放射各種顏色的光波，但是我們不能夠將某一指定的電子振動頻率變更。

然而如何能使保險刀片的振動頻率，較比在被老虎鉗夾緊時候的振動頻率，少了很多倍呢？爲了這種目的，要把保險刀片自老虎鉗中取出來，並用較長的一根線，將它懸掛。這樣成爲一個特殊的垂擺。如果它動一下，則開始振動，並且這振動較慢。在這裡，我們可以放長或縮短垂線長度的方法大量的變更振動的頻率。換句話說，垂擺的振動頻率每秒鐘將在0.5秒內完成，而頻率每秒鐘則將等於