

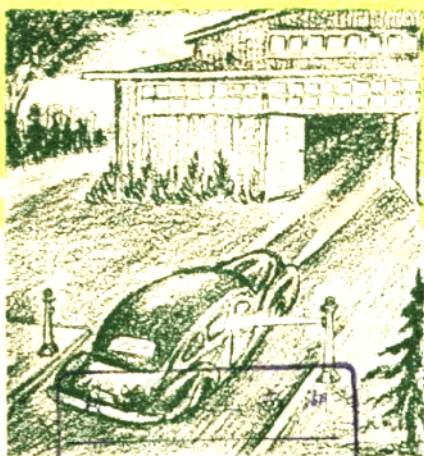
044-15C₂

35756

蘇聯青年科學叢書

電 眼

米森采夫著
滕砥平譯



室 書 圖

開 明 書 店

目 次

前言.....	1
一 由光產生的電.....	2
二 光電管的構造.....	17
三 電眼的用途.....	33
結語.....	58

前 言

我們每一位都到過電影院。距今不久(約在 20-25 年以前),人們稱電影做‘偉大的啞吧’,因為電影院裏只放映附有說明字幕的活動影片。可是現在‘偉大的啞吧’說話了,影片上發出了各式各樣的聲音——戰場上的噪音和枝頭的索索聲,談話聲和唱歌聲。

是怎樣的機器使默片發音的呢?

請看圖 1。那是一個尺寸很小、外觀很簡單的儀器。它是一個小型的電機,叫做光電管。

這儀器發明後,本來不發聲的影片才有了灌音的可能。原來它就是有聲電影機的一個基本部分。

光電管不但電影上要使用它。在現代生活中到處有它的用途。而且它的可能的用途,還似乎是無窮的。

利用導線或無線電波傳播畫片,自動管理複雜機器作工,各種機器和工具的自動通電和斷電,製作物的品性的控制,光量的精確測量——這一切,還有許多別的,都要有光電管的幫



圖 1. 最新式光電管的外形

助才能實現。

光電管受到光的照射，就產生電流，也只在有光落到的時候才能開始工作。因此人們常將它叫做‘電眼’。電眼能萬無一失地計算、反映、預見意外的事故，正確執行消防和看守的工作。進一步，它還能在人的眼力連幾步以外的物體輪廓都看不清的黑暗中，清清楚楚地看見幾百公尺以外的一切。

這種非常的儀器——光電管——是怎樣建造的？它裏面會發生電流是怎樣搞的？電眼有哪些種類？在生活中，它們在哪裏被利用，和怎樣被利用？這些就是本書所要講的內容。

一 由光產生的電

1. 偉大的俄國物理學家的實驗

1888年，莫斯科大學物理學教授斯托列托夫(圖2)做了一些有趣的實驗，去觀察光的作用怎樣產生電流。

這些實驗是這樣設計的：

兩塊不大的圓盤——一塊是實體的金屬板，一塊是很稀的金屬網——垂直而且面對面地固定着。圓盤上聯有電線，電線依次和電池組及測量微弱



圖2. 斯托列托夫
(1839-1896)

電流的靈敏儀器——電流計相聯(圖3)。這樣,就做成了一條電路,它是由第一盤、電池組、電流計、第二盤、還有聯接它

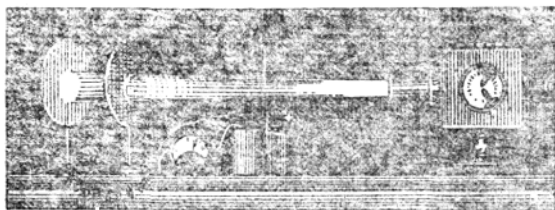


圖3. 斯托列托夫的實驗

們的電線一同組成的。但這電路並沒有接通,因為在兩盤中間有着空氣的間隔。電路既然不通,裏面雖然接上了電池組,也不能發見有電流。可是奇事出現了。只要使一道從電弧燈發出的有力的光射在金屬板上,電流計便能指出電路裏出現了電流。這到底是怎麼回事呢?

光似乎將電荷從一盤搬到了另一盤——從金屬板搬到了金屬網。

斯托列托夫爲了自己的實驗,曾用各種不同的金屬做圓盤:鋁、銅、鋅、銀、鎳。無論用的是什麼金屬,在電弧燈的照耀下,電路裏都有電流發生。唯一的條件是被照射的金屬板必須和電池組的陰極相聯,金屬網必須和陽極相聯。

假如將電池組的兩極調換裝置,使陽極和板相聯,陰極和網相聯,那末,電路裏便沒有電流發生,無論怎樣更換圓盤的金屬,都是一樣的結果。

似乎光只有能力將陰電荷從板上送到網上去。

‘電弧的光線落在帶陰電的物體上時，能從它上面搬走電荷……陽電荷則不能被光搬走。’這是斯托列托夫根據他第一批觀察寫下來的結論。

斯托列托夫因這種不尋常的物理現象而感興味後，又設計了許多新的實驗。

他這樣裝置他的儀器：使光只能在圓盤上起片刻的作用，只能在一百五十分之一秒的時間裏大量地照射在圓盤上。結果電流計仍然指出這裏發生了電流。

他又試用各種來源的光線去照射圓盤，如電弧的光、石油燈的光、日光。得出的結論是電弧的光，作用高於一切。

最後，斯托列托夫又做了一個更有趣的實驗。他從上述的裝置裏除掉電池組，再用光去照射那絕對沒有帶電的板。

這時候，電路中仍然有電流發生！

在這裏，實體的金屬板已使自己帶了陽電。

光竟產生了電！

第一次被俄國學者斯托列托夫詳細加以研究的光線的驚人能力——使物體得到陽電或從其中逐去陰電的能力，叫做光電效應。

光電效應就是本書所要講的那個驚人儀器——光電管的基礎。

光電效應由何而起？光線落在金屬盤上時，為什麼電路

裏會有電流發生？電流又以怎樣的方式而發生？

要搞清楚這些，須先將物體帶電時的情形說明一下。

2. 物體怎樣帶電？

我們知道：圍繞我們的一切都是由眼睛看不見的極小的微粒——原子——組成的。原子的種類不多。但是它們卻能以各種組合方式互相結合起來，構成安定的羣體——分子。這就是為什麼原子的數目不多，而由它們構成的世界卻是那樣的物類繁多，不可計數。

原子的大小，小得出奇——不超過厘米的一萬萬分之幾。由此可知，一塊普通物質中所含微粒——原子或分子——的數目非常多。例如一克水中所含的分子就有

30,000,000,000,000,000,000,000個

那就是說，若以億億為單位，也有三百萬個單位！

從這裏你可以想像每一單獨的分子和原子，在質量上是怎樣的小了！

原子和分子雖然極小，關於它們現在卻已知道得很多了。科學家查出了它們的質量等於什麼，那就是說，他們已經定出了各別原子的重量，又詳細地研究了各種分子和原子的許多特性。而在最近五十年來，物理學者又進而斷定原子本身也都是些構造複雜的小世界。

原子的構造是這樣的。在原子的中心，有一帶陽電的原

子核。原子核的大小，大約只有整個原子的 100,000 分之一。原子核所帶電荷的多寡和它們的質量的大小，隨原子的種別而不同。圍在帶有陽電荷的原子核外面旋轉着的是帶有陰電荷的微粒——電子。它們組成了原子的電子層。電子很像是一種‘陰電的原子’。它們本身帶着微小的陰電荷。一切電子所帶電荷都相同。

不同的原子，其中電子的數目也不同。例如，氫原子只有一個電子，氦原子有兩個電子，氧原子有八個電子。

電子所帶電荷的總量和原子核所帶電荷相均衡。因此，任何原子在正常的狀態下，總是中和性的——那就是說，其中符號相反的電荷彼此對消。

在這本小冊子裏，我們將不提到原子核的構造如何，是什麼力量把原子核和它的電子層吸引在一起的。關於這些，將在別本小冊子中詳談。我們爲了懂得光電現象的本質，把有關原子的知識這樣簡短地介紹一下已經夠了。

知道了原子的構造，也就不難明白物體是怎樣帶電的。

物體帶電時，往往發生陰陽兩種電荷的分離。怎樣才能造成這種分離呢？顯然地，爲了這，必需從某一物體的原子的電子層上用各種方法去逐出一個或幾個電子，並將它們移到另一物體的原子的電子層上去。

這樣做的結果是什麼呢？原子被逐出了一個或幾個電子之後，它便不會再是中和的了！核的陽電荷多過電子層陰電

荷的總量，因而就整個來說，原子已帶陽電。這種微粒叫做陽離子。如果物體中陽離子的數目十分多，那末，整個物體也就帶上了陽電。

他方面，擁有過剩的外來電子的原子就帶陰電。它被稱為陰離子。當一物體中陰離子的數目多了時，整個物體也帶上了陰電。

被逐出的電子可以留在物體裏成自由狀態；在這種情況下，它們和任何一定的原子都不發生關係。

這樣說來，物體帶電的結果，常有一部分中和性原子變成了帶電的顆粒——離子。

當然，要得到這種結果，必須做點工作。參加原子組織的電子，是被電的力量吸住在那裏的。因此即使要從原子的電子層上逐出一個電子（也就是說，要使原子電離），就必需克服那吸住電子的電力。而這也是能夠做到的，只要費去定量的能力，也就是說做點工作就行。這種工作叫做‘電離’。要完成它，可以藉着熱能（就是對物體加上高熱），也可以藉着光能。

讓我們總結一下上面所說的一切。首先，我們知道一切物體的原子和分子都是由帶電的微粒組成的。其次，如果任何物體得到了電荷，那意思就是說這物體的原子或者是失去了原有電子的一部分，或者相反地是得到了若干過剩的電子。這種過剩的電子可以和原子結合，造成陰離子，也可以在自由

的狀態中留在物體裏，不爲任何一定的原子所吸住。

這裏還應該說明，這種自由電子也常常存在於某些物質裏，而不使那物質發生帶電現象。屬於這類物質的，特別是各種金屬。在任何一塊金屬中，由於個別原子間的交互作用，常有大量的電子脫離自己原子核的約束。這樣的‘自由’電子，不再屬於任何一個原子，卻屬於整塊金屬，因而能在整塊金屬中‘旅行’。這便說明了金屬的良好導電性。實際上金屬裏的電流，只是這種自由電子在電力的作用下從陰極向陽極移動。

自由電子是不能離開金屬塊而飛向空中的，因為作用於固體表面的力要阻止它們這樣做。所以要將自由電子從金屬中拉出來，就要使原子電離一樣，必須花費若干工作。這種工作叫做放電工作。就大小上說，個別原子的放電工作要比電離工作小些。

知道了物質帶電是怎麼回事，也就不難瞭解光電效應是怎麼一回事了。

3. 光電效應的基本原理

回想一下斯教授的實驗。只在這位科學家把光線照射到帶陰電的金屬板上時，電路中才有電流發生。光好像能將陰電荷從金屬板上打下來，並將它們送到網上去。

這是什麼意思呢？這只能夠這樣解釋，即光線有能力從

金屬上面打下那些使物體成為帶電體的過剩的陰電微粒來，並將它們向四周的空間拋去。

光線從物體中打出來的微粒是怎樣的微粒呢？它們既是帶陰電的微粒，自然都是電子。

這便可以明白光電效應的本質是什麼了！它便是藉光的力量從物體中拉出電子來！換句話說，光能完成使電子離開物體的工作。

而電子的飛向空際，這就是電流！

這便是為什麼在斯教授的電路中，每次將電池的陰極聯在金屬板上，再使光線落到上面時，總會發生電流。原來在這場合，兩盤中間，有空氣也好，沒空氣也好，都要發生電流，因而將整個實驗裝置中的電路接通（斯教授又曾在抽盡了空氣的地方舉行實驗）。

這便是光電效應的要點。

這種奇異現象的規律又如何呢？

首先讓我們回想到一件事。要得到光電流必須使適宜的光線照射到物體上。

但什麼才是適宜的光線？光線裏一般有着什麼？讓我們對這先理解一下。

誰都知道，從太陽或電燈發來的光線，內容是很複雜的。參加它的組成的，有着各種‘簡單的’或單色的光線。讓我們想一想虹吧。在虹裏，你可以看到那組成複雜的白光的全部

光線。這些可見的光線，各各不同地作用在我們的眼簾上。其中一種造成藍色的感覺，另一種造成綠色的感覺，第三種——紅色的感覺，其餘類推。依一定的比例混合時，這些光線就給我們白光。也可能使它們依他種比例混合，那時候我們便感覺到橙色的、深藍色的或紫色的光。

除了這種可見的光線以外，誰都知道還有許多種不可見的光線。它們不能在我們的眼簾上造成色的感覺，但它們有別的作用，使我們感覺到它們的存在。這種不可見的光線中有紫外線、紅外線和X射線。紫外線能有力地作用於照像底片，並能曬黑我們的皮膚。紅外線在日光裏、燈光裏，分量很多。這是熱射線，它使各種物體在受到光線的照射時發生溫熱。X射線，醫生用它來檢查我們的身體，工程師用它來檢查不透明的材料。和不可見光線有關係的還有無線電波。

所有這些光線，可見的也好，不可見的也好，雖然彼此區別得很清楚，卻有一種共同的性質。它們全體都是以極大的速度（每秒 300,000 公里）在空間展開的電磁波。

各種光線彼此只以波長互相區別。例如可見的紅光，波長大約十萬分之 6-7 厘米，藍光波長大約十萬分之 4 厘米。紫外線的波長更短。紅外線的波長從十萬分之 8 厘米起，到百分之一厘米止。而無線電波有着從數厘米到數千米的波長（圖 4）。

和圖中所見一樣，從一種射線到另一種射線，中間並沒有

什麼顯明的界限。例如，極短的無線電波和極長的熱波一般



圖4. 各種光線的不同波長

沒有什麼區別。它們只是一種波。大體上可以說，全部射線——可見的和不可見的——同屬於一個家庭。

那末，怎樣的射線才能引起光電效應呢？

原來對於每一種物體存在着一定的波長，可以叫做光電效應的波長界限。那就是說，假使光線的波長大於這種界限的話，那就一點光電效應都不能產生，一個電子也拉不出來。例如我們可以向鋅板發射任何分量的紅光，或別種的可見光，結果卻一個電子也拉不出來。他方面，若用紫外線，那末，就是光量不大也可以拉出整羣的電子來（這種電子亦稱光電子）。這便是為什麼在斯教授的實驗裏，光電效應在使用含有紫外線很多的電弧燈時最為明顯。

只有紫外線能使大多數的金屬——如金、鉑、鎳和多數別的物质發生光電效應。只有像鉀、鈉、鎢和幾種別的金屬，用可見光照射，才可以得到光電效應。

但是從物質裏拉出來的電子的數目，除了依靠射線的波長以外，還依靠別的條件嗎？這數目還依靠光的亮度嗎？換言之，還依靠落在物體上的光能的分量嗎？

是的，還依靠的。

這種依賴性並且十分明確。在有任何一種光線射到金屬上時，光量越強，從金屬中拉出來的電子也就越多。

光電效應的基本法則在提到這一點時說，飛出的電子數常和射到物體上的光能的分量成正比。

許多研究從各方面來核對這一法則。一種研究是改變射來的光的強度，而不改變波長，再測量在任何確定時間，譬如說一秒鐘裏，飛出來的電子的數目。另一種，發出強度不變的光，卻改變光起作用的時間，然後測量在長短不同的各種時間裏飛出來的電子數。在這裏照射的強度和照射的時間改變的範圍極其廣大，譬如強度就可以改變五千萬倍！可是在這一切情況下，都只得到了同一結果：即就一定波長的光來說，在射來的光能的每一單位裏，飛出來的電子數目都是相同的。

光電效應的這種規律性，在開始時是非常難以解釋的，爲什麼呢？我們以前已經說過，光是一種在空間傳播着的電磁波，這在十九世紀已經無可爭辯地證明了。

但用這點來解釋爲什麼這種電子的數目依靠着射來的光的分量，特別是爲什麼波長不同的光線會對各種物體起不同的作用，卻極困難。

此外，當物理學家開始研究光電子的速度問題，也就是研究每一個別的電子在光的作用下所獲得的能的含量問題時，又出現了更大的謎和不可解的矛盾。

這裏首先發現了這樣一件事實。雖然被拉出的電子數依靠着光的強度，但每一個被拉出來的電子的能量，卻不依賴光的強度，而只依賴於波長。我們可以用極強的光或最弱的光照射一物體，可是從物體飛出的電子只有一種速度，也就是說，一種能量。

假如我們用波來解釋光的話，我們怎樣去解釋這件事實呢？真的，從波的觀點看時，光的強度的增大意味着波所帶來的能量增大，也就是光波的振幅變得更大。

那末，在這種情形下，為什麼被波打出的電子常有同一的能量，和光的強度不生關係呢？

一位名物理學者曾對此寫道：‘這簡直可以用這樣一件事打比方。假使海水的波以加倍的高度打到岸邊，卻只能扔出比以前更多的小石子，而不能強迫每一小石子比以前受到微波的洗濯時更願意離開原來的地位，也不能把它拋到比微波所拋更遠的距離。’*

而當開始考察使電子從物體中飛出的能量對於射在物體上的光的波長二者間的依賴性時，又發現一個不能用光波說來解釋的事實：便是，隨着波長的減小，電子的能量，或它的速度，必見增高！

這些謎一般的光電效應的法則性，怎樣才能解釋呢？

* 譯者按：這一個比方是針對着前面所說的事實而舉出來的，這顯然是不可能的現象，由此說明了用光波說不能解釋上述的事實。

答案來自光的量子說。

這個學說同時又能十分簡明地解釋讀者們心中也許早已發生的問題——光是用什麼方式從各種物體拉出電子來的？

4. 用 光 ‘轟 擊’

光究竟是什麼？它的性質是怎樣的？

這些問題難答極了。在很久的時期裏，它們對於科學家始終是謎。

在十九世紀，光只被認為是電磁波。然而和光的吸收及發射有關的一連串現象——光電效應的現象也在內——在二十世紀的開始已經強迫物理學家放棄上述關於光的性質的看法。原因是這些關於光的現象在行為上並不像波，卻很像由個別的微粒組成的流。

然而在別的場合，光仍表現着波的特性。

那末，光到底是什麼呢？

首先，我們把光只當做波看的說法是不夠的：光還有別的特性。

現在已經公認，光的本質要比，譬如說，海波的本質或從手槍裏射出的子彈的本質，遠為複雜。

光確實是電磁波，但光的發射和吸收卻不是連續進行的，而是一部一部分開進行的。這樣的部分，取得了量子的稱號。

物體中的每一原子只能吸收整數的光能的量子，那就是

說，只能吸收一個光子，或二個，三個……，而決不能吸收半個或一個半光子。

各種量子所含能量的大小並不一樣。它是靠波長決定。波長越長，量子所含的能量就越小。所以紅光的量子要比藍光的量子能量更小。

量子說極明確地解釋了光電效應和它的規律性。

事實上，如果量子擁有的能大得可以從物體裏拉出電子來，那就很顯明，射到物體上的量子越多，被拉出來的電子也將越多。這樣，光電子的放出對於波長的依賴性，便得到了解釋。原來光的波長越短，它的量子所擁有的能量就越多，而這種量子也就比較地越有拉出電子的能力。

這樣說來，光就好像是在射擊各種不同的物體！用各種不同波長的光射擊物體的表面，好像是用獵槍射擊鳥獸。每一獵人都知道對於小的禽鳥可以使用小子彈。對鴨和鵝就得使用大些的子彈。如果要獵取身體龐大的目標，如山羊、野豬或熊，那就必需使用槍彈或巨型的子彈了。假如你用小子彈打熊，你將什麼也得不到——熊不會殺死！因為小子彈不能穿透牠的厚皮。在這種情況下的小子彈（和小型的只擁有少量能力的量子一樣），不能達成任何目的。可是只要一個擁有很大能量的槍彈，就可以把熊殺死了。

用光來射擊時，情形也是這樣。如果每一單獨量子，它的能量不够完成從物體中拉出光電子所必需的放電工作，那末，