物理通报丛书

电学光学原子物理学问题介绍

物理通报编委会編

科学技术出版社

China

物理通报叢書

电学光学原子物理学問題介紹

物理通报編委会編

科学技术出版社

1959年·北京

出 版 者 的 話

历年来，“物理通报”發表了不少对物理教学实际有用的文章，也發表了不少帮助讀者进修物理学和扩大物理学知識領域的文章，受到了讀者的欢迎，并紛紛收到来信要求將这些文章彙訂出書。为了滿足广大讀者的要求，因此物理通报編委会特將 1951—1957 年(部分选至 1958 年)所發表的文章，分成“高、初中物理教材和教法分析”、“中学物理教学的一般問題”、“中学物理实驗專輯”、“力学热学分子物理学問題介紹”、“电学光学原子物理学問題介紹”、“近代物理学介紹”六方面选編成册，陆續出版，使广大讀者、物理学爱好者、中等学校和工农業余中学的物理教师們有一套比較实用的参考書。“电学光学原子物理学問題介紹”便是这套叢書中的一本。

总号：1359
电学光学原子物理学問題介紹

編　　者：物 理 通 报 編 委 会
出 版 者：科 学 技 术 出 版 社
（北京市西郊門外郝家湾）
北京市書刊出版業營業許可証出字第 091 号
發 行 者：新 华 書 店
印 刷 者：北 京 市 印 刷 一 厂
（北京市西便門南大街乙 1 号）

开　本：850×1168 公厘　　印張：10 $\frac{5}{16}$
1959年 8 月第 1 版　　字数：251,000
1959年 8 月第 1 次印刷　　印数：10,075

統一書号：13051·268
定　价：(9)1元1角7分

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

目　次

1.关于摩擦起电的几个問題…… 1
2.靜电場中的电势……11
3.用金箔驗电器量电势和电量……26
4.从电屏接地談到电力綫——关于靜电学上几种常見的
　錯誤看法……49
5.靜电学仪器使用不灵的原因和补救办法……56
6.雷电的成因……59
7.电介質的分子結構和極化作用……65
8.化学电源……80
9.交流电路……87
10.变压器的基本概念和演示实驗…… 129
11.惠更斯原理…… 149
12.关于透鏡光心的討論…… 159
13.为什么能夠看見本身不發光的物体？为什么看不見
　鏡子的面…… 163
14.虛像为什么能看得見…… 167
15.一个常犯的錯誤…… 168
16.望远鏡、放大鏡和显微鏡成像的位置与放大率…… 170
17.攝譜仪的色散率和分辨率…… 176
18.光柵攝譜仪…… 189
19.关于光在反射时的半波損失問題…… 203
20.原子光譜与分子光譜…… 209
21.紅外綫…… 222
22.陰極射綫的發生…… 233
23.物体的顏色…… 235
24.光电效应…… 241
25.电子…… 247
26.陽电子…… 261

27.原子的核模型…… 271
28.新的动力源泉——原子能…… 284
29.为什么重原子核会裂变并放出能量…… 291
30.关于反应堆的几个問題…… 295
31.原子核乳膠…… 306
32.宇宙射綫的起源…… 319

关于摩擦起电的几个問題

汪　家　詠

从一般的中学物理書上所附述的电学史中可以看出“摩擦起电”是人类研究电学的一个起始現象；而就教材的內容来說，“摩擦起电”对了解电的基本性質的帮助很大；所以不論依科学發展史或理解的邏輯順序的观点看，摩擦起电在中学物理学里都是不可缺少的一部分教材。就我个人的經驗和体会知道：由于摩擦起电現象本性的复杂性，其中存在着相当多的問題，而这类問題的解答有些不是一般教科書或参考書上所能找得到的；在以往国內的一般通俗科学杂誌上也沒有看到过对这些問題有較充分的討論。因此我不自揣簡陋，收集了一些資料，向自己拟定的一些問題作主观的解答，以供同志們在教学时的参考。不过这些資料产生在不同时期和不同国家，他們的实驗技能和仪器的精确程度都很难从他們的論文中准确判别，而他們的实驗結果又沒有經过我自己的驗証(当然，对我个人来說这是不可能的)，所以假若同志們要肯定一个实际的摩擦起电的問題时，还需要依靠自己的实驗。

一、摩擦起电的順序表各書不同，这个矛盾如何解决？

在一般物理学教科書上常附着摩擦起电的順序表，可是各書上所載的次序常略有出入，如北京工業学校呂勛、王甬宁、李季暉三同志發現薩本栋著“普通物理”和东北人民教育部翻譯的“高中物理学”中所載玻璃和皮革的次序二者恰巧相反[参1]，他們由自己的实驗証实了苏联教本是正确的。我認为他們以实驗来判定是非，这种实事求是的科学精神，是值得我們倣仿的。不过我还以为这問題不仅是誰的实驗錯誤的問題，还由于各人所用的物品标准不同和影响摩擦起电順序的原因太复杂所致。

一般摩擦起电的物品如玻璃、毛、木、紙等，每一个物質名称

所包括的品种有許多种类别。如木有松木、杉木等；紙除有各种原料不同的紙以外；还因放入各种不同填料粉末而不同。所以科学家們很早就發生了实驗結果互相不符的事实，如下面所列的表是四个科学家实驗所得的次序表，他們的結果是不同的。

威耳克 (Wilcke) 1759	法拉第 1840	雅滿(Jamin)和邦替斯 (Bontys)1891	蕭 (Shaw)1917
玻璃	貓皮	貓皮	玻璃
毛	毛	玻璃	毛
羽	羽	毛	貓皮
木	玻璃	羽毛	鉛
紙	棉	木	絲
玻璃	麻布	紙	紙，
鉛	絲	絲	棉
硫	手	松脂	木、鉄
金屬	木	玻璃(？)	松脂
	鉄、銅、銀、鉛		銅、銀
	硫		硫

影响摩擦起电結果的因素很多，主要有下列几項：

(一)表面杂質層。物体表面常附有杂質層。如金屬表面的氧化物、动物皮毛上的油脂等，最普遍附着的是湿气。这些杂質層的存在对摩擦起电的作用既可影响电量的多寡，又可影响所得电荷的符号。如 1928 年萧(Shaw)与傑克斯(Jex)[参2]曾將新熔得的玻璃与 Zn、Sn、Al、Sb、Ni、Co 等物摩擦，在同一压力之下起初这些金屬帶陽电，經相当时間之后变成陰电。他們对这現象的解釋是"金屬表面的氧化物等杂質層經摩擦長久之后便被摩去，产生了新金屬面，因此电荷符号發生改变"。

(二)物品的溫度。萧于 1915 年由实驗發現："物体冷热不同，摩擦起电順序發生变化，而且次序的变化發生在一定的溫度之下"，他叫这溫度为中肯溫度。一般金屬的中肯溫度約在 130°—240°C 之間。

(三)物体表面粗糙情况。瓊斯 (Jones) 于 1915 年[参3]由实驗

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

發現：以 Sb、Zn、Cu、Fe、Al 五种金屬与絲絹摩擦，当这些金屬表面光滑时，摩擦之后帶陽电，若表面是很粗糙的，摩擦之后帶陰电。

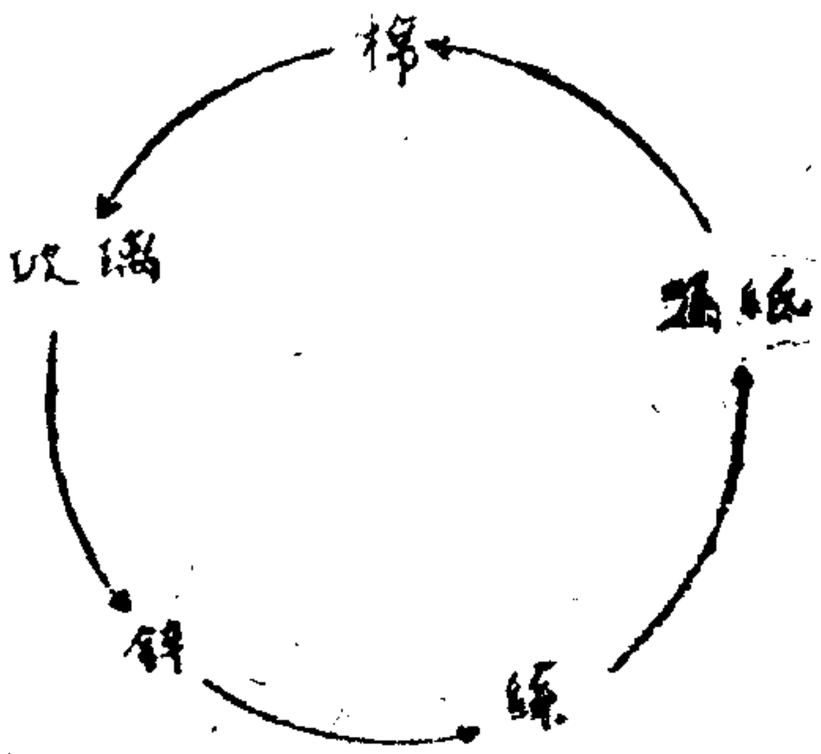

圖 1

由此可見，影响摩擦起电的原因是很复杂的，無怪乎各人的結果可以不同了。又“各种物品相互摩擦之后，帶电的陰陽可以列成一次序表”，这只是某些科学家的主观願望。事实上，蕭于 1928 年由实驗發現：“將世界上各种物品排成一行的摩擦起电順序表是不可能的”。上圖是他發現的循环順序表，可以用来說明他这一句話。

二、玻璃和絲絹摩擦，玻璃上的电定名为陽电，严格地說这句話是否妥当，

蕭由实驗發現在平常溫度下，玻璃和絲絹摩擦，玻璃帶陽电，在高溫度时玻璃帶陰电；他又發現玻璃所帶电的符号还要看玻璃表面的摩擦系数 μ 而定[参4]；$\mu>0.18$ 时，摩擦后玻璃帶陰电；$\mu<0.18$ 时，玻璃帶陽电。通常实驗时玻璃經过强烈的摩擦，摩擦系数变小得很快，所以玻璃常帶陽电。由此可見普通教科書上所用富蘭克林定电荷陰、陽的方法严格地說应該写为：“以絲絹和光滑的玻璃摩擦，在室溫之下玻璃上所帶的电称为陽电”。

三、摩擦所得的电量和摩擦所作的功有什么关系，

最先用实驗来求摩擦所需的功 W 和摩擦物品所帶的电量 Q 底关系的是毛·奧文 (Morris Owen)，他于 1909 年[参5]用了如圖 2 所示的仪器进行实驗。摩擦所作的功可自重物 mg 势能的減少值和降到最低点时重物所有的动能之差来确定，試品上所帶的

电量則用靜电仪器来測定，于是他得到了如圖 3 所表示的曲綫。

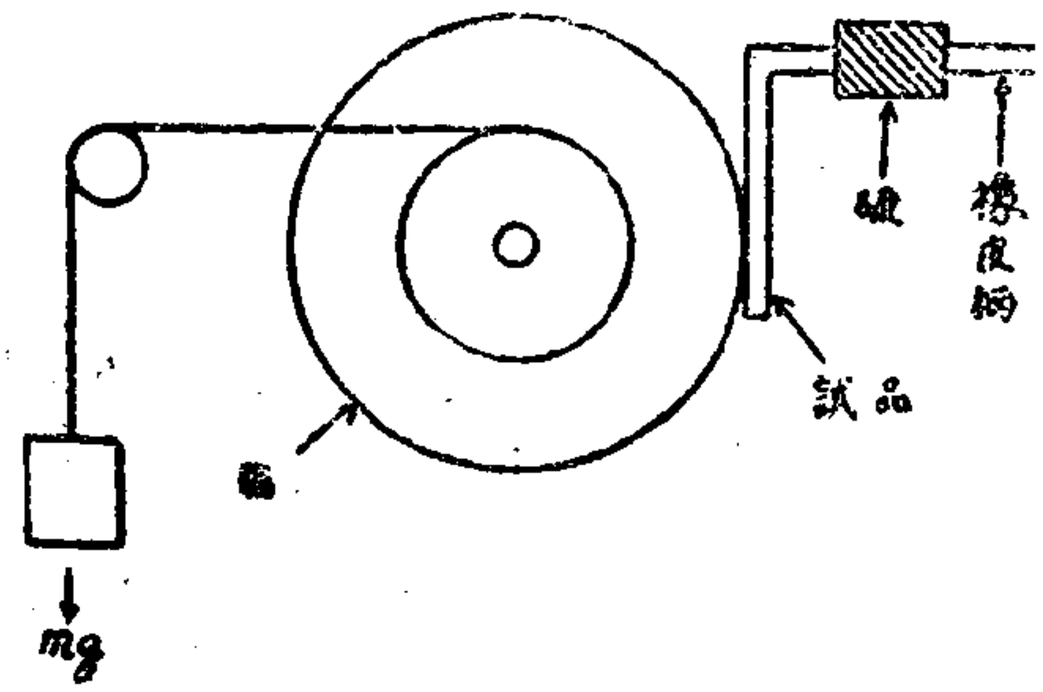

圖 2

从这圖上可以看出："起初摩擦所得的电量 Q 和摩擦所需的功 W 几乎是成比例的增加，最后漸漸达到一最大值，此最大电荷便与摩擦所作的功沒有关系，而这个最大的电荷值随所用的二种物品的本質而变。

六年以后瓊斯改进了上述的仪器再重新实驗，他所得到的結果也是一样的，并且他將这个現象說明如下：他以为产生电量 e 的时率 $\frac{de}{dt}$ 是和那时所作的功率 $\frac{dW}{dt}$ 成比例的，

即

$$\frac{de}{dt}=a\frac{dW}{dt},$$

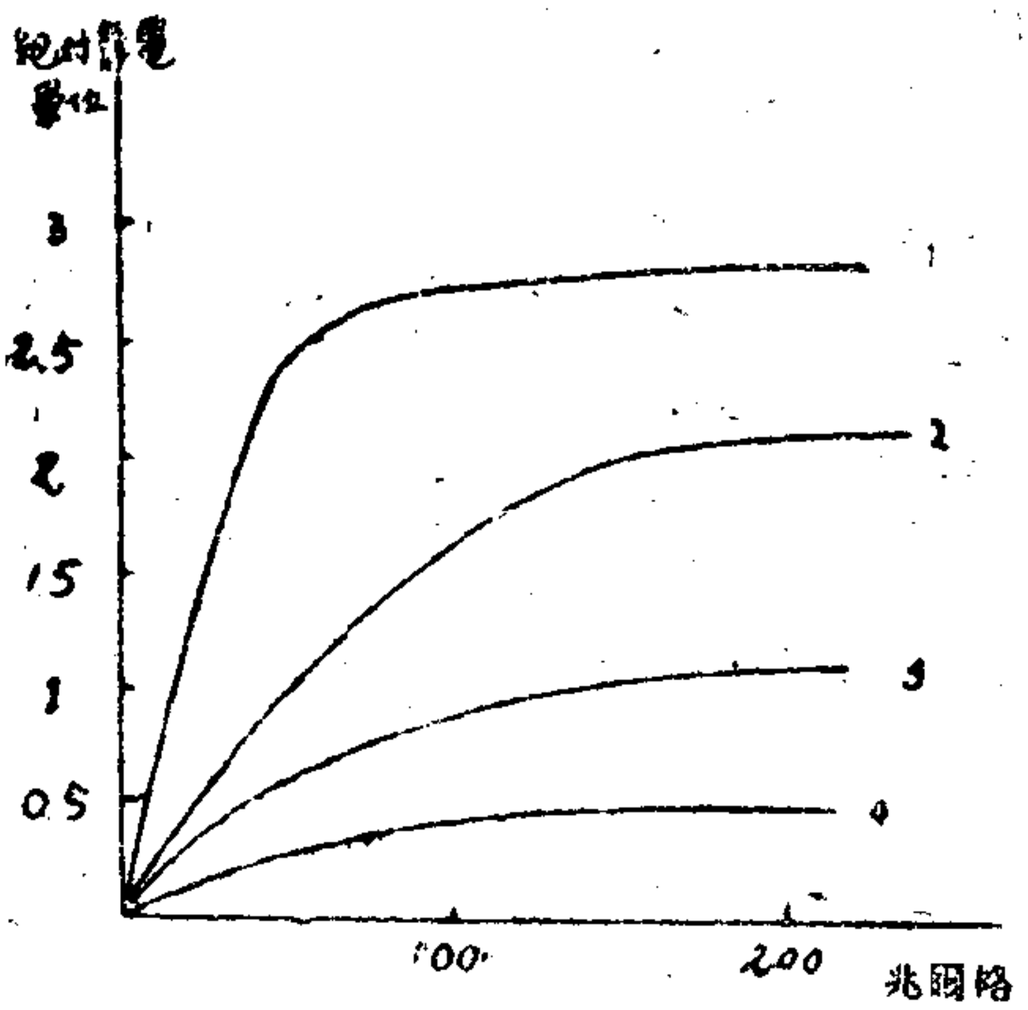

圖 3

1.橡皮(陰电)和石板　2.橡皮(陽电)和銅
3.玻璃(陽电)和石板　4.玻璃(陽电)和銅

另一方面有一部分电量 e' 漏还，所以如果用 Q 表示任何时候的总电量，那么这电量便等于所生的电量和漏还电量之差，即

$$Q=e-e'$$

对时率而言应有关系式：$\frac{dQ}{dt}=\frac{de}{dt}-\frac{de'}{dt}$.

又漏还电量的时率是和 Q 成比例的，再假定漏还电量和那时的功率也

成正比，那么

$$\frac{de'}{dt} = b\frac{dW}{dt}Q,$$

所以

$$\frac{dQ}{dt} = a\frac{dW}{dt} - b\frac{dW}{dt}Q,$$

或

$$\frac{dQ}{a - bQ} = dW.$$

积分后可以得到

$$Q = \frac{a}{b}(1 - e^{-bW}).$$

(上式已經应用了初始条件：$W=0$ 时 $Q=0$)。上式所表示的曲綫和圖 3 中的曲綫形狀是相似的。將常数 a 和 b 适当的湊合，可以使上一方程式近似地表示任何一根实驗曲綫。所以 a 和 b 是由物質的本性来确定的常数。

四、摩擦对起电的作用是否仅为使二物密切接触？

在有些教科書上認为摩擦对起电的作用只是使二物密切地接触而已。如果这个結論是正确的話，那么將二塊不同物質制成的平板壘在一起加以强大的压力就应該得到多量的电荷。但是科学家們实驗的結果証明了这个想法是不合事实的。例如 1923 年里查德(Ricchard)[参 6]用近于半个可見光波波長的平板加以75[千克]/[厘米]^{2}的压强才得到最大电荷的 15%的电量。但如將它們輕微的接触，然后相对旋轉一90°的角，这样的一个摩擦便能得到最大的电荷。又如瓊斯將鉑和絲压在一起所得的电量仅是稍加摩擦所得的电量的$\frac{1}{20}$。又根据瓦克来(Wackly)的实驗知道：一般純接触所得的电量只是將二者相对旋轉90°角所得电量的0.3—2.5%。由这些实驗可以知道，密切地將二物接触是可以起电的，但是所得的电量是不多的；而相互摩擦可以得到大量电荷，因此摩擦的

作用，不仅是使二物密切接触而已，二物間的相互摩擦对起电才具有很大的作用。

摩擦的起电作用主要在摩擦后物体表面溫度的增高，因而該处电子的动能增大，增加了接触面間电子流动所發生的效果，因此二接触表面一个电子过多，一个电子过少的現象就显著起来，也就是产生了显著的带电現象。

五、如何解釋摩擦起电的現象——或較可靠的摩擦起电的理論底大意如何？

由于金屬和非金屬在导电性質上有显著的差别，因此摩擦起电的理論对金屬和非金屬也就不同。

金屬和金屬摩擦起电的原因正如一般物理学工作者所想像的，可用"接触电势"来解釋。

首先發現金屬間存在着接触电势的是伏打(1779年)，他將一对絕緣的金屬板接触后再分开，用驗电器可以驗出它們都已帶了电，当然它們的电量是相等的而电荷的符号是相反的。他从实驗的結果將金屬排成下表：

$$Zn—Pb—Sn—Fe—Cu—Ag$$

上表中任二金屬接触后再分离，那么前者帶陰电而后者帶陽电。伏打將这接触起电的原因归之于金屬接触面間存在着电势差——接触电势。

不过有一个矛盾必須要加以說明：就是一般金屬的接触电势只有几个伏特的大小，而摩擦起电后用金箔驗电器驗电时金箔張开的程度和用七、八个B电池串联(共約数百伏)使金箔張开的程度相仿。此事的解釋是这样的(亥姆霍兹 Helmholtz 1879 年)：二金屬接触时由接触电势使二金屬的接触面間产生了一層陰陽电荷偶層，这偶層电荷好像是一个平行板电容器，它的电容如依平行板电容器的公式$C=\frac{KA}{4\pi d}$近似地估計，那么由接触电势V_C所引起的电量Q就由$Q=CV_C$决定。此时电荷偶層的距离d很小，約为分子直徑的数量級，所以电容C很大。当二金屬分离时d变

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

得很大，所以电容C变小，假定分离后的电容用C'表示，又假定分离后二金屬面上的电荷沒有發生漏还的現象，那么Q保持不变，于是分离后的电势差V由$V=Q/C'$决定，所以V在分离后变得很大。

事实上对一般的实驗来說，二金屬分离后所得的电量多少很不一定，好像和接触电势沒有一个确定的关系。原来二金屬板在接触的时候有很多的接触点，当分离的时候这些接触点离开的时候先后不一致，所以先分离部分所帶的电常由尚在接触的点漏还去。为了避免此种現象，亥斯(Hess)創議改用二个金屬球来实驗。不但如此，假使在接触的时候有些微細的滑动也要影响到所得电量的多少。最近哈尔濴尔(W. R. Harper 1951年)[参7]將二金屬球接触的动作用精細的仪器控制，經他这样的改进才得到了确定不变的电量(較妥当的說法是由实驗得到一个有价值的統計曲綫)；并且由实驗証实了疊加原理是眞确的。所謂疊加原理就是說：A、C二金屬接触后再分离时所得的电量是"A、B二金屬接触后再分离所得的电量"和"B、C二金屬接触后再分离所得的电量"的代数和。

現在既然从实驗已經肯定了接触电势是金屬摩擦起电的原因，那么剩下的就是"用电子学說来說明这个現象的本質"了。最早用电子說来說明接触电势現象的是里查孙(Richardson 1912年)，不过应用量子力学建立正确理論的是苏联物理学家夫連克耳(Френкель 1930年)[参8]。現在本文只能叙述一下簡單的大意。我們知道在金屬中存在着許多自由电子，但在金屬中有帶陽电的原子核，所以电子在金屬中的势能很低，而在金屬表面外陽电場既不存在，所以势能很高，这样金屬中的电子像容器中气体的分子一样杂乱地运动❶。电子的速率有大有小，在某一速率v左右的微小范圍Δv內的电子数Δn对总电子数n是依一定的比率分布的(依費米 Fermi 分布律)；当溫度增高时电子和气体分子相似，电子的速率也增大。假若在表面附近的电子的速度的方向指

---

❶ 关于接触电势本身的理論可参看 Lindsay: physical statistics.

向外方，并且有很大的速率，那么这些电子就能自金屬表面逸出，而速率較小的电子由于沒有足够的动能，所以不能越过表面附近很高的势能壁壘而折回。当二金屬接触时它們的势壘曲綫如圖4，二边較低的窪形区域表示二金屬的內部，中間高聳的曲綫就是障碍电子流动的势壘。在 A 处速度很高的电子有些可以越过势壘达到金屬 B 里（这是在高溫的情况下發生的），同样 B 处的电子也可以越过势壘达到 A 处；不但如此，A 处低于势壘的电子（即动能小于在势壘的势能的电子）也可以穿过势壘达到 B 处（这現象称为隧道效应），同样在 B 处低于势壘的电子也可以穿过势壘达到 A 处。由于 A、B 二处的势能綫高低不一致，所以电子自 A 到 B 和自 B 到 A 的机会是不均等的（它們穿过势壘的几率称为貫穿常数）。当二金屬初接触时，自 A 至 B 和自 B 至 A 的电子数是不相等的，假定起初自 A 流到 B 的电子数比自 B 流到 A 的电子数多，那么經相当时間之后金屬 B 中便有过量的电子数而帶陰电，此时 B 中的电子互相排斥引起了反向流还到 A 的趋势。所以經相当長的时間之后，自 A 流到 B 的电子数和 B 流到 A 的电子数便会相等。此时如將二金屬分开，那么 A、B 之間的势壘的闊度便随时間而迅速变大，当势壘的闊度变化的时候，A、B 間的电子流的平衡遭受破坏，到了依我們的經驗說二金屬已經分离的时候，对原子的大小看起来闊度已經变成無穷大，此时 A、B 間的电子流已經不存在了。那时 A、B 二金屬上的电子数一个較中和所需的多，一个过少，有过多电子的金屬帶陰电，缺少电子的金屬帶陽电，这便是二不同金屬接触起电的現象。

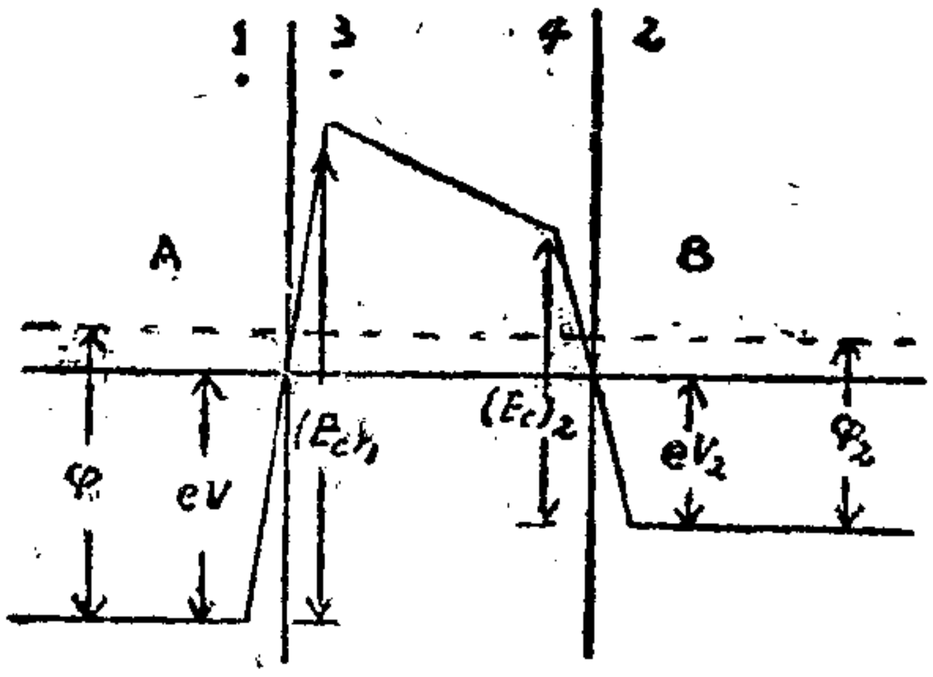

圖 4

接触电势 $=V_3-V_4$

关系式：$e(V_3-V_4)=[(E_c)_2-\phi_2]-[(E_c)_1-\phi_1]$

一般摩擦起电时所用的物質是良好的絕緣体，所以說明非金

屬摩擦起电的原因更是我們所迫切要求的。本文在問題四中已經說过，摩擦对摩擦起电的作用是很大的，对絕緣体而言，摩擦更是"起电"的必要动作。1936 年包登 (F. P. Bowden)[参 9]用精密的仪器測定了物体經摩擦后表面溫度变化的情形，他得到的重要結果是：物体經强烈摩擦之后，它的整个物体的溫度虽然仍在室溫，但是它的表面溫度升高很大，熔点高的金屬，在表面上某些地方的溫度可以超过 1,000°C；熔点低的物質可以达到熔点；一般物体經摩擦后表面溫度常超过 600°C。苏联物理学家夫連克耳根据这个事实創立了(晶質)絕緣体摩擦起电的理論[参10]。現在再来叙述一下这个理論的大意❶：我們知道金屬导体、半导体、絕緣体的区别在电导率的数量級不同，金屬导体的电导率約为 10^6 姆/厘米；半导体为 10^{-5} 至 10^3 姆/厘米；絕緣体在 10^{-10}至 10^{-17} 姆/厘米之間。所以我們可以把絕緣体看成电阻很高的半导体。要解釋它們在导电特性上的差别可以用能帶圖說明。所謂能帶圖是用来表示物質中的电子所具有的能量自理論上准許存在的分布圖(圖 6)。最低的能級常为电子所占滿，因此称为滿帶，如滿帶中占滿了电子，那么这电子便不能参加导电的作用。这可以用圖 5 所繪的汽車房来說明，下層的汽車房里已排滿了汽車，因此那里的汽車已無法开动。对半导体和絕緣体来說，滿帶之上都存在着一个禁帶，而金屬則沒有禁帶存在。所謂禁帶的含意是在理論上不允許物質中的电子具有禁帶中所表示的能量。在禁帶之上是傳导帶，金屬的傳导帶便直接和滿帶相連如圖 6 a，这是金屬导电的基本特性，在傳导帶中电子可有可無，有了电子便可参加导电的作用。所以如給滿帶內的电子以充分大的能量，使它进入傳导帶內，那么便可参加导电的作用。这可以用圖 7 的汽車房說明，將下層的一輛汽車放在上層，那么

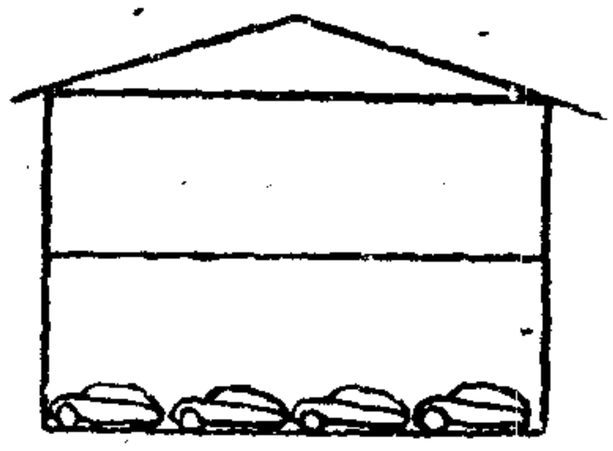

圖 5

❶ 可参看物理通报叢書"近代物理学介紹"中关于半导体的文章。

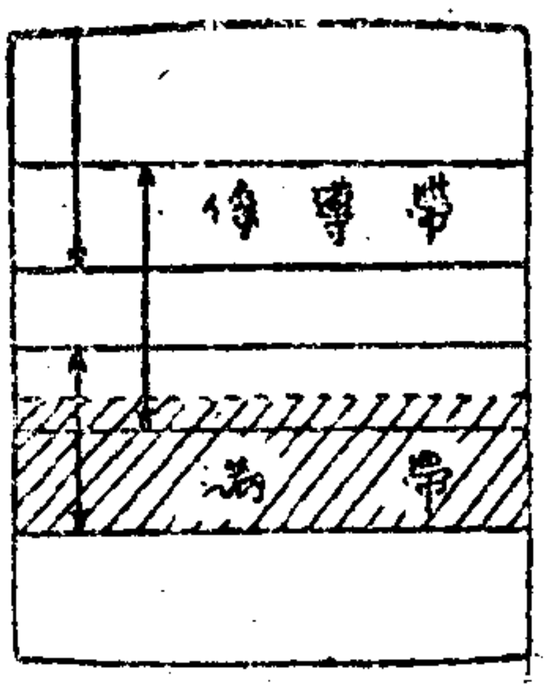

圖 6(a)　金屬能帶圖

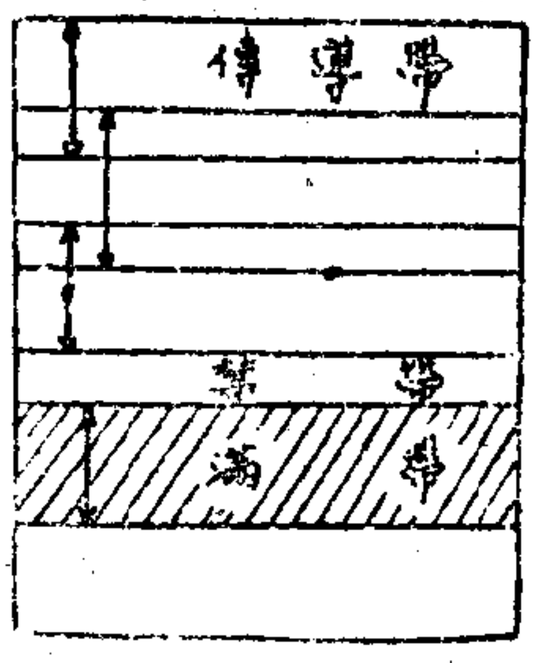

圖 6(b)　(內禀)半导体

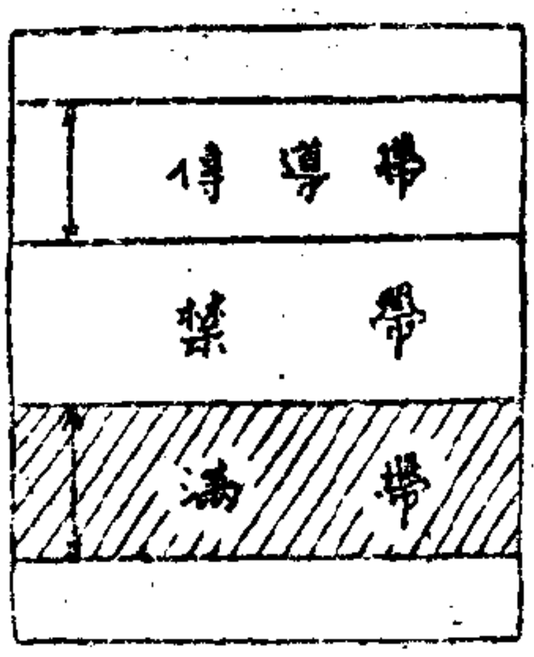

圖 6(c)　絕緣体

上下層的汽車都可以开动了。一般絕緣体的禁帶都比半导体（内禀)的禁帶闊(比較圖 6 b、c)，这就是說"要絕緣体中滿帶內的电子进入傳导帶內所需要增加的能量"比"半导体內滿帶中的电子进入傳导帶內所需的能量"要多得多，若供給这个能量的是热能，那么絕緣体就要在更高的溫度之下才有可能"有滿帶內的电子进入傳导帶內"。当絕緣体和絕緣体互相摩擦时它們的表面局部發生高热，在这些地方可能有相当多数目的电子的能量量級在傳导帶內，二絕緣体在摩擦时是接触着的，这些高能量的电子可自一面进入另一面，不过也同样須經过势壘，这和剛才所說金屬和金屬接触的情况相类似，于是發生帶电現象。这就是絕緣体与絕緣体摩擦帶电的一个說明。

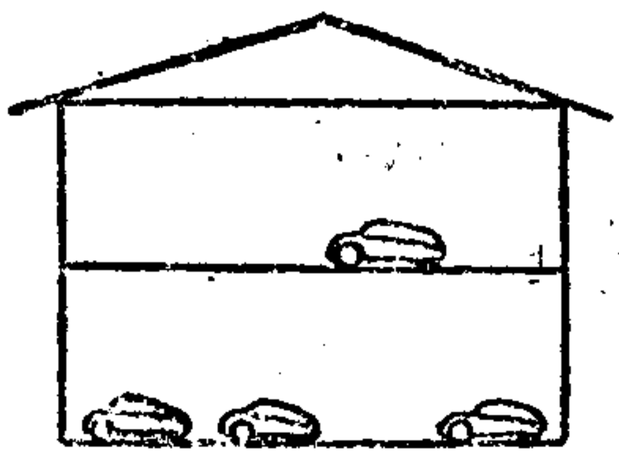

圖 7

这个理論的缺点是只說明了晶态电介質的摩擦起电現象，事实上我們摩擦起电所用的物質是像玻璃那样非晶的物質，由于非晶物質在物質構造上的复杂性，应用量子力学的理論是相当困难的。我們所談的摩擦起电的理論現在也只好到此为止了。

最后由于作者知識膚淺，不够深入而影响到淺出的地方，希望同志們給予批評和指正。

参 考 文 献

[参 1]　1953年"物理通报" 7 月号。

[参2] P. E. Shaw, Proc. Roy. Soc. A 118, 97—108, 1928.
[参3] W. Morris Jones, Phil. Mag. 29, 261, 1915.
[参4] P. E. Shaw & C. S. Jex, Proc. Roy. Soc. A 111, 339, 1926.
[参5] Morris. Owen, Phil. Mag. 17, 457, 1909.
[参6] H. F. Rickards, Phys. Rev. 22, 122. 1923.
[参7] W. R. Harper, Proc. Roy. Soc. №, 1080, 22, Jan, 1951.
[参8] J. Frenkel, Phys. Rev. 36, 1604, 1930.
[参9] F. P. Bowden, Proc. Roy. Soc. A 154, 640, 1936.
[参10] J. Frenkel, J. Phys. U. S. S. R. 5, 25, 1941.

靜电場中的电勢

褚 聖 麟

物理通报編輯委員会得到讀者的反映，有需要討論一下靜电場中的电勢这个問題，囑笔者写一篇短文。現在把这問題的要点作一簡約論述。范圍只限于眞空中靜电場的电勢及眞空靜电場中导体的电勢。涉及电介質的問題不在本文討論。所举实例只为了說明原理，不拟对具体問題作詳細論述。为了較多讀者的方便，文中需要一点簡單数学的地方，避免用微积分的方法。

一、电　場

1. 电場是否客观存在？

兩个点电荷 q_0 与 q 之間有力的存在。如果兩电荷是同号的，彼此推斥，如果異号，彼此吸引。力的方向是在联接兩个点电荷的直綫上的。庫侖發現这力与兩电荷电量的乘积成正比，与兩电荷間距离的平方成反比。現在設想把 q_0 固定起来，把 q 放在 q_0 周圍任何地方，q 都会感受力的作用，而力的大小是符合于上述庫侖定律的。这里我們可以引进一个概念，說 q 是处在 q_0 的电場中。因为 q_0 的存在，在它周圍任何处的电荷都会受到力的作用，我們說 q_0 产生了电場。

現在有一个基本問題。究竟电場只是描述电荷 q_0 与 q 之間

的作用的一种簡便方法呢，还是不管有沒有被作用的电荷 q，电場是在空間存在的？从电磁波的事实可以知道，电場是客观存在的。举一件事来說，电場如有变动，这变动是以一定的速度在空間中傳播的。在眞空中，这速度是 3×10^{10} 厘米/秒，这就是光及無綫电波在眞空中的速度。所以电場决不是空想的一种描述方法，而是物理的实在。不論被作用的电荷 q 是否存在，电場是客观存在的，电場是物質的一种形式。因此兩电荷 q_0 与 q 之間的力不是兩者之間的"超距作用"，q 所受的力是 q_0 所产生的电場在 q 所在的地点对它的作用。

2.描述电場的一个物理量——电場强度

同一个电荷 q，在某处受力小，在另一处受力大，我們說电場的强弱不同。如果 f 是 q 所受的力，我們以 $E=f/q$ 表示电場的强弱，称为靜电場的强度，簡称場强。如果 q 是一个單位的陽电荷，即 $q=+1$，那么 E 和 f 同值，而且方向相同。所以在空間中某一点的場强，是数值上等于作用在置于該处一个單位陽电荷的力的一个物理量，它的方向是和这力的方向相同的。这是一个矢量。

上述兩个点电荷 q_0 与 q 之間的庫侖力，如果單位采用得合适，可以列作：

$$f=\frac{q_0q}{r^2},$$

r 是兩个点电荷之間的距离。因此，点电荷 q_0 所产生的电場强度是

$$E=\frac{f}{q}=\frac{q_0}{r^2}. \qquad (1)$$

但电場不一定由單个点电荷产生，也可由几个点电荷产生，或由連續分布在一个面上的电荷，或連續分布在空間里的电荷产生。几个点电荷联合产生的电場强度是各个电荷分别产生的电場强度的矢量和。連續分布的电荷所生的电場强度也可以按这原則計算：把分布的电荷看作無数个微量电荷在不同的位置上組

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com