

第二卷第一分册

兰茨别尔格主编

# 初等物理学

# 初 等 物 理 学

第 二 卷

(第 一 分 册)

兰 茨 别 尔 格 主 编

王 子 昌 俞 乐 译

上 海 教 育 出 版 社

一 九 六 一 年 · 上 海

Под Редакцией Г. С. Ландсберга  
**ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ УЧЕБНИК ФИЗИКИ**  
**ТОМ II**

Государственное издательство  
технико-теоретической литературы

Москва—1957

(根据苏联国立技术理论书籍出版社 1957 年版译出)

**初 等 物 理 学**

**第 二 卷**

(第 一 分 册)

(苏)兰茨别尔格主编

王子昌 俞 乐 译

**上海教育出版社出版**

(上海永福路 123 号)

上海市书刊出版业营业许可证出 090 号

上海市印刷三厂印刷

新华书店上海发行所发行 各地新华书店经售

\*

开本：850×1168 1/32 印张：3 1/4 字数：133,000

1961年11月第1版 1961年11月第1次印刷

印数：1—30,000 本

**统一书号：7150 · 1219**

**定 价：(九) 0.86 元**

# 目 录

## 第一章 电荷..... 1

§1. 电的相互作用(1) §2. 导体和絕緣体(3) §3. 导体和絕緣体的区别(6) §4. 正电荷和負电荷(8) §5. 起电时发生些什么(10) §6. 电子論(12) §7. 摩擦起电(14) §8. 感应起电(16) §9. 在光作用下的起电(光电效应)(20) §10. 庫侖定律(21) §11. 电量的单位(24)

## 第二章 电場.....28

§12. 电荷对四周物体的作用(28) §13. 电場(29) §14. 电場强度(31) §15. 电場强度的合成(33) §16. 电介质内部和导体内部的电場(35) §17. 电場的图示法(36) §18. 电場图的主要特点(39) §19. 靜电学問題中电力綫的用法(40) §20. 在电場里移动电荷时所做的功(43) §21. 电压或电势差(46) §22. 等势面(49) §23. 电势差或电压的意义(51) §24. 导体上电荷平衡的条件(53) §25. 靜电計(54) §26. 靜电計和驗电器的区别(57) §27. 接地(58) §28. 空气內各点电势差的测量、电的探测器(59) §29. 地球的电場(61) §30. 最簡單的电場(62) §31. 在导体上电荷的分布、法拉第圓筒(65) §32. 电荷的表面密度(69) §33. 电容器(69) §34. 电容器的种类(75) §35. 电容器的并联和串联(77) §36. 介电常数(80) §37. 在电介质内部电場减弱的原因、介质的极化(83) §38. 带电物体的(电場)能(86)

## 第三章 穩恆电流.....89

§39. 电流和电动势(89) §40. 电流的特征(94) §41. 电流的方向(97) §42. 电流强度(98) §43. “电流的速度”和带电质点的运动速度(99) §44. 电流計(101) §45. 通电导体上电压的分布(102) §46. 欧姆定律(105) §47. 导线的电阻(106) §48. 电阻跟温度的关系(109) §49. 超导电性(112) §50. 导体的串联和并联(114) §51. 变阻器(117) §52. 电路上电压的分布、导线上的电压“损失”(118) §53. 伏特計(120) §54. 伏特計和安培計的电阻(122) §55. 测量仪器的分路(123)

#### 第四章 电流的热效应..... 125

§56. 电流的热效应、焦耳-楞次定律(125) §57. 电流所做的功(126) §58. 电流的功率(127) §59. 电阻焊接(130) §60. 电热器、电炉(130) §61. 电热器的設計(133) §62. 白炽电灯(134) §63. 短路、熔断保險器(136) §64. 布线(138)

#### 第五章 电解质内的电流..... 140

§65. 法拉第第一定律(140) §66. 法拉第第二定律(143) §67. 电解质的离子导电性(145) §68. 电解质中离子的运动(147) §69. 元电荷(148) §70. 电解的初次过程和二次过程(149) §71. 电离(151) §72. 利用电解现象确定安培計的分度(153) §73. 电解在工业上的应用(154)

#### 第六章 化学的和热学的电源..... 157

§74. 引言·伏打的发现(157) §75. 伏打定則、伽伐尼电池(158) §76. 伽伐尼电池的电动势和电流(162) §77. 极化(167) §78. 伽伐尼电池的去极化(169) §79. 蓄电池(170) §80. 全电路的欧姆定律(173) §81. 电源的路端电压和电动势(175) §82. 电源的连接(178) §83. 温差电池(183) §84. 温差电池作电源(185) §85. 用温差电池测量温度(187)

#### 第七章 金属中的电流..... 191

§86. 金属的电子导电性(191) §87. 金属的构造(194) §88. 产生

电阻的原因(195) §89.表面电势差(196) §90.熾热物体的电子发射(197)

**第八章 气体中的电流..... 201**

§91.气体的自激和被激导电性(201) §92.气体的被激导电(201)  
§93.火花放电(206) §94.閃电(208) §95.电暈放电(210)  
§96.电暈放电的应用(211) §97.避雷針(213) §98.电弧(214)  
§99.弧光放电的应用(217) §100.輝光放电(218) §101.輝光放电时产生什么(219) §102.阴极射綫(221) §103.阴极射綫的本质(223) §104.极隧射綫(228) §105.在高度眞空中电子的导电性(228) §106.电子管(无綫电眞空管)(229) §107.电子射綫管(234)

**第九章 半导体中的电流..... 237**

§108.半导体內电流的本质(237) §109.半导体里电子的运动、具有电子的和“空穴”的导电性的半导体(241) §110.半导体整流器(246) §111.半导体光电池(250)

**习题答案..... 252**

# 第一章 电荷

§1. 电的相互作用 在絲綫上挂一个輕的物体,例如小紙卷。用玻璃棒在絲織品上摩擦几下,并把棒移近紙卷。我們可以看到,紙卷先吸向玻璃棒,但当它跟棒接触之后又分开(图 1)。

現在再把摩擦过的玻璃棒跟另一个紙卷接触一下。然后拿开玻璃棒,并使这样带电的两个紙卷彼此移近。它們就向相反的两边偏开(图 2)。

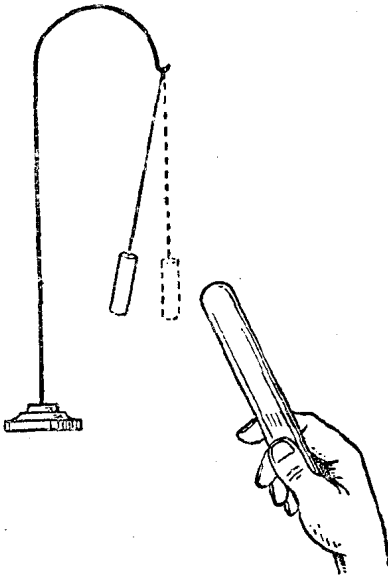


图 1 玻璃棒和从这棒上获得电的紙卷,相互推斥。

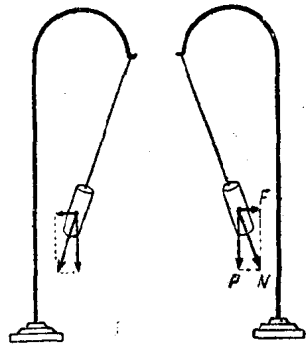


图 2 从玻璃棒上获得电的两个小紙卷,相互推斥。作用在紙卷上跟綫的張力平衡的力  $N$ , 可以分解成紙卷的重量  $P$  和电的力  $F$ 。

紙卷跟玻璃棒接觸以前，它处在豎直位置，綫的張力跟作用在紙卷上的重力相平衡。但現在紙卷的位置是偏斜的。因此除了上述的重力外，紙卷還受到另一種力的作用。這種力跟重力、物體形變所產生的力、摩擦力以及力學中所研究過的其他的力，都不相同。上述簡單實驗中這種新的力，叫做電的力。

一個物體有電的力作用于四周其他物體上時，這個物體叫做帶電體，我們并說，這物體上帶有電荷。

在上述實驗中我們是用玻璃在絲織品上摩擦而帶電的。但我們不一定用玻璃棒，也可以用火漆、硬橡膠、有機玻璃、琥珀等代替玻璃，并且也不一定用絲織品，可以用皮革、橡皮和其他物品來代替。實驗指出，任何物體都可由摩擦而帶電。

根據帶電體的相互排斥現象而制成的驗電器，是一種驗明物

體帶電與否的儀器。它由一根金屬棒所組成，棒的一端挂一片很輕的鋁箔或紙片（有時兩片，圖3 a）。這棒穿過一個硬橡膠或琥珀的塞子，通到玻璃瓶內，以免箔片受到空氣運動的影響。圖3 b是驗電器的示意圖，以後將常用到它。

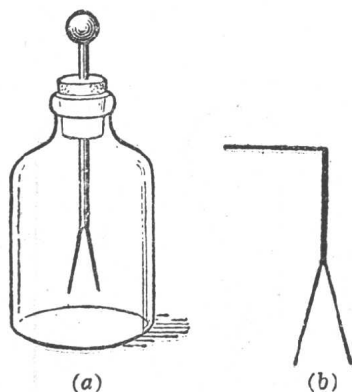


圖3 簡單的驗電器。

(a)外形；(b)示意圖。

使帶電體，例如摩擦過的玻璃棒，跟驗電器的棒的上端接觸一下。驗電器的箔片就張開到某

一個角度。移開帶電體時，箔片依然張開。這表示帶電體跟驗電器的棒接觸時有電荷轉移到箔片上去。

用玻璃棒使驗電器帶電，注意箔片張開的角度，并使驗電器跟



带电玻璃棒的另一点再接触一下。我们将发现，箔片間的張角增大了。当驗电器跟玻璃棒第三次接触后，箔片間的張角会更加增大。由此可见，箔片間張角的大小，可以用来說明在給定物体（这里是驗电器）上所带电荷的多少。

**§2. 导体和絕緣体** 在上节的实验中我們已看到，当带导体跟不带电物体接触时，不带电物体得到了电荷。我們就是用这一方法使驗电器带电的。这样，电荷就从一个物体轉移到另一个物体上。

电荷也可以在同一个物体上移动。例如当我们使驗电器带电时，我們用玻璃棒去接触金属棒的上端，但这时金属棒的下端和粘附在該处的箔片也带电了。这說明，电荷可以沿着棒到处移动。

不同物体上电荷的移动并不相同。我們来討論下列实验：相隔一段距离放着两个驗电器，使其中一个带电，然后用一根由两条絲綫挂起的銅杆跟这两个驗电器的棒的上端相接触，如图 4a 所示。这时带电驗电器的箔片間的張角立即减小，同时另一驗电器的箔片立即張开。这表明后者已带有电荷。由此可知，电荷在銅杆上容易移动。

重复做这一实验，但用一条絲綫来代替銅杆（图 4b）。絲綫的两端直接握在手里。我們將看到，带电驗电器上的电荷大小保持很久不变，而不带电的驗电器則依然沒有带电。由此可知，电荷并不沿絲綫移动。用普通的白棉綫代替絲綫，重做实验，我們將得到一个介于两者間的結果：电荷可以从一个驗电器上很慢地移动到另一个驗电器上去①。

凡是在上边电荷容易移动的物质，叫做导体，而不具有这一特

① 如果用黑棉綫代替白棉綫，那末电荷从一个驗电器移动到另一个驗电器上去要快得多，因为染在綫上的黑色染料是一种电荷在上面相当容易移动的物质。

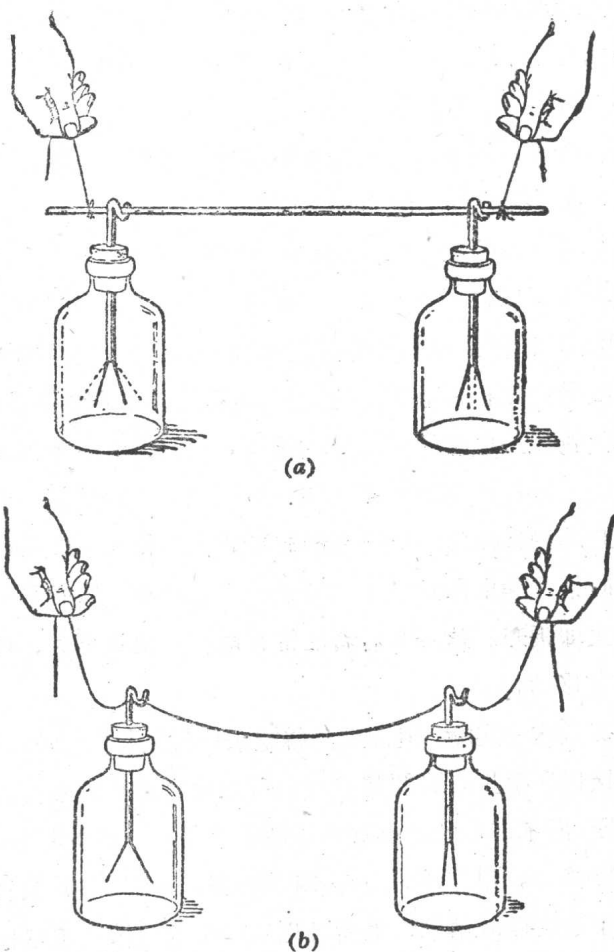


图 4

(a) 电荷在金属杆上容易移动。当两个验电器的棒用铜杆连接起来时, 左边一个验电器的(原来带电的)箔片间的张角减小, 而右边一个的箔片则由合拢变为张开。(b) 电荷在丝线上不能移动。当两个验电器棒用丝线连接起来时, 左边验电器箔片间的张角不变, 而右边验电器的箔片依然合拢。

性的物质,叫做絕緣体或电介质。

所有的金属、盐和酸的水溶液以及許多其他物质,都是良好的导体。熾热的气体也有良好的导电性:用火焰放在带电驗电器棒的上端附近,棒端四周的空气将变成导电而使驗电器上的电荷跑掉,因而箔片很快就会合攏(图5)。

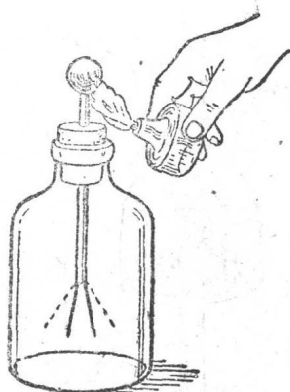


图5 当火焰放到带电的驗电器棒端附近时,箔片就很快合攏。

人体也是导电的,但不十分好。人們用手指接触到带电的驗电器时,驗电器就失去电荷而使箔片合攏。这时我們說,驗电器上的电荷经过人身、房間的地板和墙壁而“跑到地里”去了。在 §27 我們將詳細分析这种現象。

琥珀、陶瓷、玻璃、胶木、橡皮、絲和室温下的气体,都是良好的絕緣体的实例。請注意,許多固体(例如玻璃)只在干燥的空气里才能良好地絕緣;如果空气的湿度很高,它們就会变成劣质的絕緣体。这是由于空气中的水汽要在絕緣体的表面上形成一层导电的薄膜的緣故。仔細加热可以除去这层薄膜,使絕緣体重新恢复它的絕緣本領。

当任何一物体中有电荷移动时,我們說这物体上有电流。例如,当銅杆把两个驗电器連在一起时(图4a),銅杆上就产生時間非常短暫的电流;这电流跟照明网络中或电車饋电綫上的电流,本质上是完全一样的。

在近代电工中,导体和絕緣体都起着重要的作用。輸电綫路中的金属导綫組成了运动电荷应循的“康庄大道”。在导綫跟支柱連接的地方,不能让电荷从导綫上跑到四周的物体上去,所以导綫

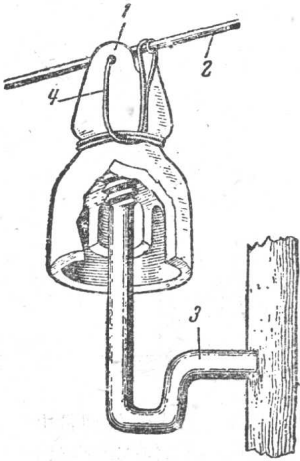


图6 在工程上应用的一种絕緣子。

1—瓷絕緣子；2—導綫；3—鐵的曲脚；4—把導綫固定在絕緣子上的綁綫。絕緣子下部的双层钟形部分，可以防止里面空間部分打湿，这样，即使在雨中，絕緣子，仍有干燥的部分把曲脚跟綁綫4 隔开。

必須安裝在特殊的絕緣子上。沒有絕緣子，就不能建造近代的輸电綫路。图6 表示工程上应用的一种絕緣子。在房屋中通常应用外面涂着一层油漆的(漆包綫)、包着絲綫的(絲包綫)或放在橡皮軟管中或特殊塑料管中(皮綫)的導綫。也經常同时应用几种絕緣层，图7 表示这种絕緣導綫的形式。

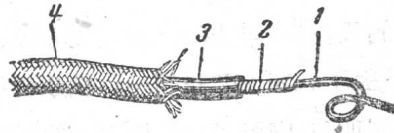


图7 室內用的絕緣導綫。

1—銅的芯綫；2—紗条；3—橡皮；4—棉紗編織层。

**§3. 导体和絕緣体的区别** 前面讲过，玻璃是不导电的。但这不是絕对的。經過仔細的研究发现，电荷也可以通过玻璃，象通过任何其他絕緣体一样。但在叫做絕緣体的物体中，在同一情况下同一時間内所通过的电荷，跟同样尺寸和同样形状的导体中所通过的相比，要小得多。当我们說，某种物质是絕緣体时，这仅仅說明，在应用它时通过它的电荷可以略去不計。

例如琥珀是我們所知道的一种最好的絕緣体，但經過驗电器上的琥珀塞子，还是有些电荷漏去的。不过在实验时，通过琥珀塞子所漏去的电荷，比驗电器上的总电荷小得多，因而琥珀可以作为驗电器的合适的絕緣体。用陶瓷来做塞子的驗电器，情形就完全

不同。这时即使在短短几分钟的实验时间内，经过陶瓷塞子所漏去的电荷就已经相当可观，以致使我们看到，验电器箔片的张角显著地减小。作为验电器的绝缘体，陶瓷是不适合的。但作为工程上用的绝缘体，陶瓷仍不失为一种优越的绝缘材料，因为在某一段时间内，经过陶瓷绝缘体所漏去的电荷跟在输电线上所通过的大量电荷相比，是非常微小的。由此可见，导体跟绝缘体的区别完全是相对的：同一种物质在一种情形中可以认为是绝缘体，而在另一种情形中则可以认为是导体。

近来在电工上应用的，几乎全都是很容易导电的金属或高度绝缘性的物质，如陶瓷、玻璃、胶木、琥珀等。导线由金属制成，而防止电荷从导线上漏失的支座则由绝缘体制成。自然界中绝大部分物体既不属于前者，也不属于后者，这些物体就是常说的半导体，也就是说它们的性质介于很好的导体和很好的绝缘体之间。因此，在制造导线和制造绝缘支座时，它们是没有多大用处的。但在一、二十年來，发现了和研究了半导体的一系列非常特殊的性质以后，在科学和技术的各个领域内为它打开了非常重要的远景。半导体这些性质的详细情况，将在第九章中叙述。

物质的绝缘性能跟它所处的状态有关，并且变化很大。图8表示玻璃在高温下完全丧失绝缘本领的实验：截断接到电灯上的一条电线，除去线端的绝缘层，并把它们分别绕在一根玻璃棒上。因为在室温下玻璃是一种相当良好的绝缘体，这时电灯不会发光。但当用火焰把玻璃棒烧得很热时，电灯就开始发光；因此，在烧热的玻璃棒上有电流通过。这时我们还可以看到：通过玻璃棒的电流也使玻璃棒发热，并且电流越大，这个现象越显著。因此，如果用功率够大的电灯，就是所通过的电流很大，那末这电流将使玻璃棒烧得很热，在火焰移去时，玻璃棒仍旧很热而依然能够导电。这

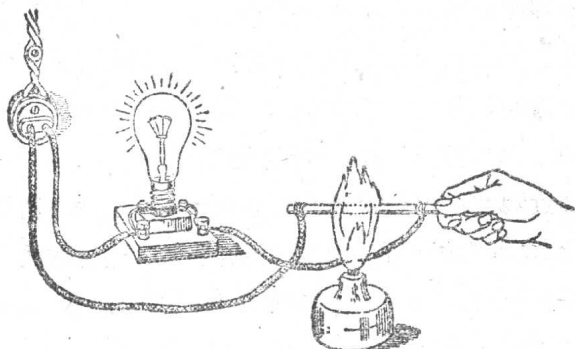


图 8 玻璃棒烧热时变成导体,电灯开始发光。

样,玻璃棒将越来越热,结果玻璃熔化。

§4. 正电荷和负电荷 用丝织品摩擦过的玻璃棒,使挂在丝线上的纸卷带电,再把一根在毛皮上摩擦过的火漆棒移近纸卷。我们将看到,纸卷和火漆棒相互吸引(图9)。从§1已经知道,这纸卷要被带电的玻璃棒推斥。这表示,玻璃棒上的电荷的性质,跟火漆棒上的电荷的性质是不同的。

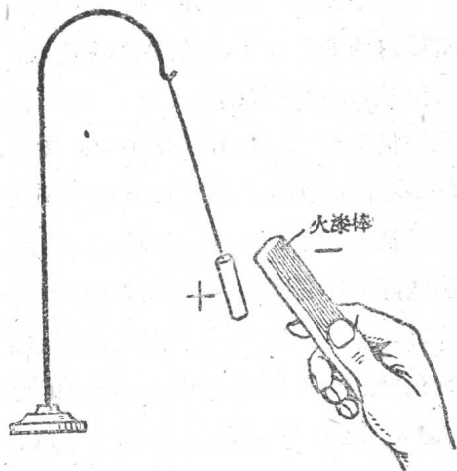


图 9 由玻璃棒上得到电荷的纸卷,被吸向带电的火漆棒。

再看下面的实验。用玻璃棒来使两个构造和大小完全一样的验电器带电,并用装在绝缘柄上的金属杆使它们的棒端连接。如果验电器完全一样,那末在用金属杆连接以后,它们箔片间的张角一定相等,这表示两个验电器上总电荷均匀地分布

着。现在用摩擦过的玻璃棒使一个验电器带电，而用摩擦过的火漆棒使另一个验电器带电，并使它们箔片间的张角相等。再用金属杆把验电器的棒端连接(图 10)，这时我们将发现，两个验电器都变成不带电了。这表示：等量的玻璃棒上的电荷和火漆棒上的电荷，会彼此中和或相互抵销。

如果在这些实验中，我们还应用了其他的带电体，那末我们将发现，有一部分带电体的作用象带电的火漆一样，也就是它们被玻璃棒的电荷所吸引而被火漆棒的电荷所推斥。不管自然界中物质的种类如何繁多，但电荷则只有两种。

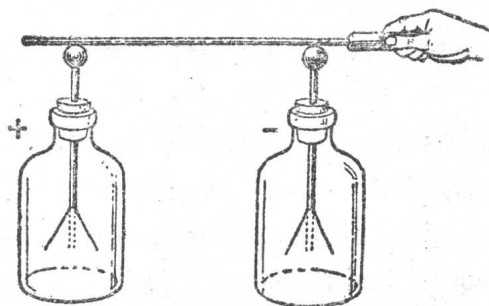


图 10 如果用不同的电荷使两个相同的验电器带电，并把验电器棒用金属杆连接，那末两个验电器都放电：当所带的两种电荷等量时，在连接之后它们都不显出带电。

我们知道，玻璃上的电荷和火漆棒上的电荷可以相互抵销。也就是当两种不同的电荷相遇时，它们的数量会相互减小的。因此电荷可以区分为正、负两种，在说明电荷时，必须同时说明它的大小和符号(图 10)。

凡是跟用丝绸摩擦过的玻璃有一样的作用的带电物体，叫做带有正电荷的物体。其他跟用毛皮摩擦过的火漆有一样作用的带电物体，叫做带有负电荷的物体。由以上实验可知，同号的电荷相

斥,异号的电荷相吸<sup>①</sup>。

**习题 4.1.** 使带电的玻璃棒,跟用火漆棒使它带电的驗电器接触时,箔片的張角将发生怎样的变化?

**习题 4.2.** 当手中捏着的黃銅棒在絲綢上摩擦时,黃銅棒不会带电。使黃銅棒跟手絕緣,例如戴着橡皮手套,黃銅棒上就会带有电荷。指出这两种情形中不同的地方。

**习题 4.3.** 如果手边有一只噴灯,怎样可以用它除去絕緣体(例如带电的玻璃棒)上的电荷?

**习题 4.4.** 在四个絕緣体上(例如玻璃杯上)放一块木板。实验者手中取一块毛皮,并使毛皮在木板上摩擦。当另一人向实验者伸近手时,可能他能从在实验者手指上引出火花来。試解釋这种現象。

**习题 4.5.** 怎样在实验中証明,当絲綢和玻璃摩擦时,絲綢上所带的是負电荷?

**§5. 起电时发生些什么** 到現在为止,我們还没有討論过,使物体带电时,物体中发生了什么。現在詳細地討論这一問題。

首先証明,起电时是两个物体同时带电的。在两个絕緣很好的手柄上,一个装上一小片硬胶木,另一个装上一小片粘着呢絨的木片。事先在驗电器的棒上装一个金属小圓筒(图 11),以便正确地判断小片上电荷的多少。在§31 将讲到,当带电体放进闭合的导电腔室里面时,即使不跟腔壁接触,腔室的外表面上也将有电荷出現,电荷的大小恰好等于带电体所带的电荷。对于底面小的圓筒,例如細长的圓筒,这情形也近似地适用。

現在把两块小片分別插入小圓筒里,驗电器箔片并不張开。这表示它們都不带电。使这两块小片相互摩擦,再把它們分別插入小圓筒里,当每一块小片插进时,驗电器的箔片都会張开,表示

---

① 選擇玻璃棒上的电荷作为“正电荷”,火漆棒上的电荷作为“負电荷”,是完全偶然的。



胶木和呢絨在摩擦后都已带电了。

把这两块小片同时插到同一个小圆筒里，驗电器的箔片并不張开。但如果其中任意一块小片从筒里取出使筒里只剩下一块小片时，驗电器的箔片立刻張开很大。这表示每一块小片是带着大量的电荷的。这现象指出，两块小片上的电荷大小相等，但符号相反，因而两者之和等于零。

这一重要的实验使我们认识到，正电荷和负电荷都不是由摩擦所产生的；它们是在实验前已存在于两个小片中的，但由于具有相等的数量，因而不可能被发现。起电就是用某种方法使物体上面的正、负电荷分开，使在一个小片上(呢絨)有过剩的正电荷，而在另一个小片上(胶木)有等量的过剩负电荷。虽然每一小片是带电的，但它们所具有的正电荷和负电荷的总和依然等于零。

在以后各章中将证明，起电就是分开正、负电荷这一概念，是完全正确的。我们知道，在自然界中负电荷是一种很小的质点——电子。单个电子的质量非常微小，约只是氢原子质量的 $1/2000$ 。因此，从物体上取去单个电子或加上大量的电子，并不会显著地改

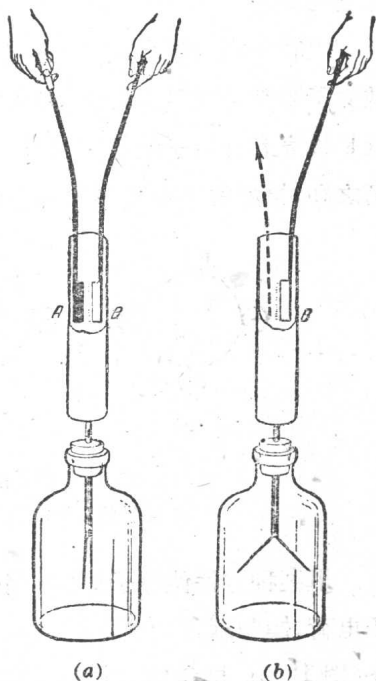


图 11

(a)当圆筒里同时插进摩擦过的胶木片A和粘有呢絨的木片B时，驗电器的箔片并不張开。(b)当其中的一块小片从筒里取出后，驗电器的箔片立即張开。