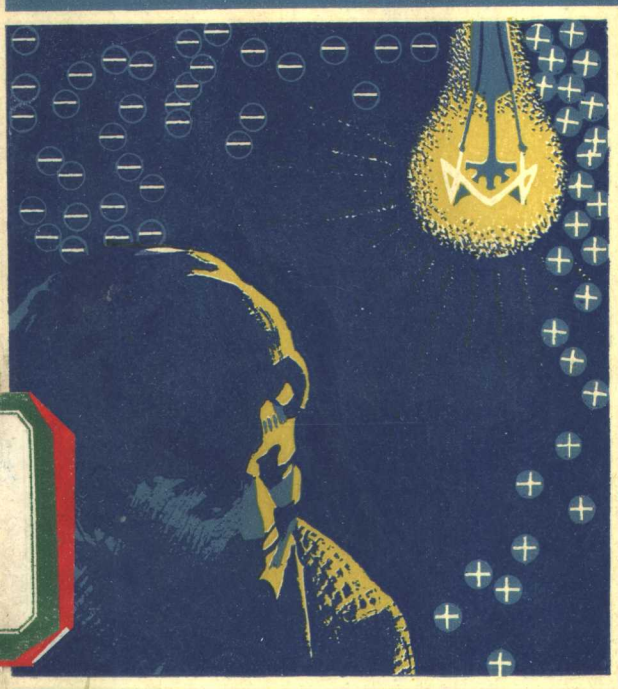
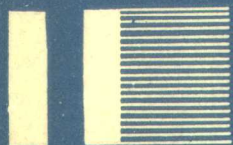


自然常识辅导员

电

陈 刚



科学普及出版社

自然常识辅导员

第十一册

电

陈 刚

科学普及出版社

内 容 提 要

近年来，古老的电学在应用领域逐渐活跃起来，本书从常见的电现象入手，系统介绍电的基础知识和电在工农业生产及科学技术中多方面的应用。内容比较丰富，可供小学生和中学生阅读，也可供小学教师备课参考。

本丛书共分十二册：天文、植物、动物、气象、地壳、空气和水、生理卫生、机械、声、光、电、热。

自然常识辅导员

第十一册

电

陈 刚

责任编辑：刘庆坤

封面设计：赵一东

*

科学普及出版社出版(北京白石桥紫竹院公园内)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京印刷一厂印刷

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：2 字数：42千字

1981年11月第1版 1981年11月第1次印刷

印数：1—16,500册 定价：0.20元

统一书号：13051·1197 本社书号：0238

目 录

一、静电	1
1. 静电的起源	1
2. 简单的电现象	2
3. 放电现象	10
4. 静电的应用	14
二、雷电	17
1. 大自然的放电现象	17
2. 云为什么会带电	19
3. 避雷针	20
三、电流	23
1. 电流	23
2. 电路	25
3. 电压	27
4. 电阻	28
四、电流的功	30
1. 电功、电功率	30
2. 怎样计算电流的功	31
五、电流的几种效应	32
1. 电流的热效应	32
2. 电流的化学效应	34
3. 电流的磁效应	35
六、导体、绝缘体和半导体	44
1. 导体	44

2. 绝缘体	45
3. 半导体	45
4. 安全用电	46
七、电源	47
1. 电池	47
2. 发电机	50
八、有线广播和无线广播	53
1. 有线广播	53
2. 无线广播	56

一、静 电

1. 静 电 的 起 源

在工农业生产、交通、通讯、医疗卫生、国防以及日常生活等方面都要用到电。电的用途是说不完的。可是在十九世纪以前，人类对于电的知识是很少的，只是近一百多年来才逐渐认识电的本质，并掌握了它的规律利用它来为人类服务。

人类虽然在近百多年来才逐渐认识电的本质，但在两千五百多年以前就已经发现电了。早在公元前六世纪，希腊哲学家泰尔斯无意中发现用绢丝摩擦过的琥珀能吸引羽毛、头发、羊毛以及其它一些轻小的东西。当时泰尔斯把这种现象解释为琥珀里有一种所谓的特别的“精灵”。

这种用绢丝摩擦过的琥珀能吸引羽毛等轻小物体的现象就是简单的电现象。又过了几百年，我国东汉时期的学者王充在他所著的《论衡》一书中也曾记载过摩擦起电的现象。但在其后的漫长岁月里，并没有人去研究它。直到十七世纪初，英国有一位叫吉柏的医生才进一步扩大泰尔斯的实验。他发现不仅琥珀有这种现象，还有水晶、宝石、硫磺、松香、火漆以及其它坚硬的东西，用皮革、呢绒、毛皮摩擦以后，也能吸引轻小的东西。但他也没有正确解释这种现象，而认为这些东西里面有一种看不见的液体叫做“琥珀质”。

不管泰尔斯解释为“精灵”也好，或吉柏解释为“液体”也

好，但最初发现这种现象总是从“琥珀”开始的。所以现在“电”这个词是从希腊文“琥珀”这个词演变过来的。

1672年科学家鄂图·格拉克用硫磺球发现带电物体不但有相互吸引而且有相互排斥的现象。到1733年科学家杜费提出电一定有两种，如果只有一种的话，就不会有相互吸引和相互排斥的现象。到1747年美国科学家富兰克林又发现两种电象正负数一样是可以相互抵消的（或者说可以相互中和的），他因而把丝绸与玻璃棒摩擦以后，玻璃棒所带的电叫正电荷（又叫阳电），另一种用毛皮摩擦过的火漆棒所带的电叫负电荷（又叫阴电）。这两个名称就这样沿用下来了。

2. 简单的电现象

摩擦起电 用摩擦的方法使物体带电，叫做摩擦起电。

把一根用丝绸摩擦过的玻璃棒悬挂在丝线上，将另一根用丝绸摩擦过的玻璃棒去接近它。就会看到两根玻璃棒互相排斥（图1）。

如果换一根用毛皮摩擦过的硬橡胶棒去接近悬挂着的那根玻璃棒，这时就会看见它们互相吸引（图2）。

从这个实验我们可以看出，摩擦过的玻璃棒或橡胶棒是带电的。这种带电的物体就叫做带电体。它们之间互相排斥或互相吸引的现象就叫电的互相作用现象。我们讨论这些现象时，一般是不考虑带电物体的运动，带电体上的电荷也不作定向运动。这一类电现象叫做静电现象。

我们可以制作一种验电器来测定物体是否带电，带的是哪种电以及比较两个带电体所带电量的多少。

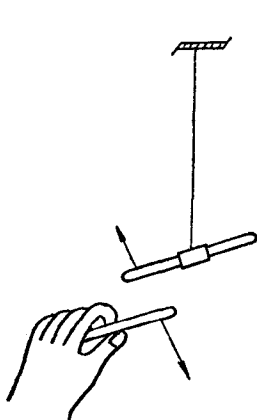


图 1 两根带正电的玻璃棒
互相排斥

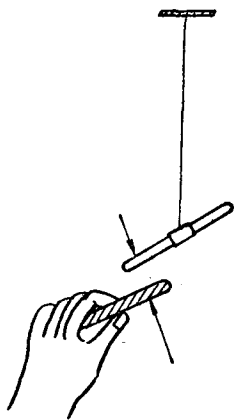


图 2 带正电的玻璃棒和带负电的橡胶棒互相吸引

验电器的制作如图 3 所示。用一个带绝缘瓶塞的玻璃瓶（锥形瓶、广口瓶、电灯泡均可）和一根金属丝，金属丝上端弯成一圆圈，下端挂两片长宽相等的金属箔（可用包香烟的锡箔）。

用丝绸摩擦过的玻璃棒放在验电器上端的金属圈上，验

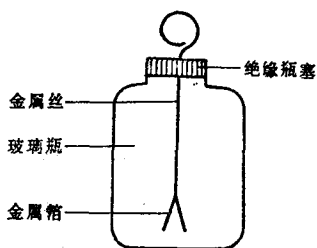


图 3 验电器

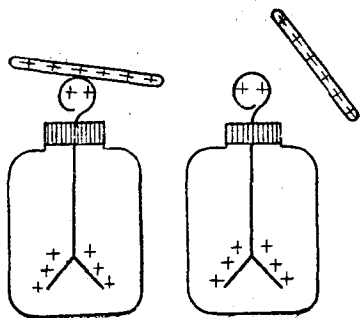


图 4

电器的金属箔就带上与玻璃棒上同种的电，由于同性电相互排斥，金属箔就张开一定角度。然后把玻璃棒拿开，金属箔上的正电荷还是存在，金属箔仍旧张开（图4）。

这时再拿另外一个绝缘带电体放到验电器的金属圈上，如果金属箔张开的角度减小，那么，这个带电体带的就是负电；如果金属箔张开的角度增大，这个物体带的就是正电。因为第一种情况是带电体上带的负电跑到金属箔上，和金属箔上的正电中和一部分，使金属箔电量减少，所以张开的角度减小。第二种情况是带电体上带的正电跑到金属箔上，使金属箔上的正电增加，所以张开的角度加大。

摩擦起电的时候，正电和负电是同时产生的。如用丝绸摩擦玻璃棒时，玻璃棒带正电，丝绸就带负电。同样，用毛皮摩擦橡胶棒时，橡胶棒带负电，毛皮就带正电。由于丝绸和毛皮面积较大，同时又容易跑电，所以它们不容易显电性，而玻璃棒和橡胶棒则相反，易显电性。

上面说过还有其它物体如硫磺、松香等摩擦以后也能带电。那么，究竟哪种物体带正电，哪种带负电。人们经过多次实验得到如下表所列的结果，

顺序号	物体名称	顺序号	物体名称
1	兽 皮	7	丝 绸
2	象 牙	8	干燥木材
3	羽 毛	9	金 属
4	水 晶	10	松 香
5	玻 璃	11	硫 磺
6	棉布、麻布	12	橡 皮

从表里任取两种物体互相摩擦，其顺序号在前的物体带正电，在后的带负电。如用1号的兽皮去摩擦5号的玻璃，

兽皮带正电，玻璃带负电。用7号的丝绸去摩擦5号的玻璃，玻璃带正电，丝绸带负电。但要注意物体表面不要带有杂质层，如毛皮上的油脂，金属表面的氧化物等。

摩擦为什么会起电 不同的物体互相摩擦为什么会起电。要弄清这个道理，须先了解一点有关物质构造的问题。

我们知道物质是由分子组成的，而分子又是由原子组成的。现在人们已经知道原子不是组成物质的最小微粒，原子是由带正电的原子核和绕核旋转的带负电的电子组成的，而原子核又是由质子和中子紧密地束缚在一起组成的。我们用太阳系来打个比方，原子核好象太阳，电子好象行星。电子在核外绕着原子核旋转，就好象行星绕着太阳旋转一样。

电子是带有负电荷的微粒，质子带有正电荷，中子是中性的，对外不显电性。但它们的质量都非常小，电子的质量大约是 9.11×10^{-28} 克，质子的质量大约是 1.67×10^{-24} 克，中子的质量和质子差不多。我们可以看出电子的质量比质子小得多，一个电子的质量只有质子的 $\frac{1}{1840}$ 。所以一个原子的

质量差不多全都集中在原子核里。原子核和原子比较起来又是非常小的，原子的直径约等于原子核直径的20000倍。所以一个原子的内部绝大部分是空间。

各种元素的原子大小都不相同，但平均说来原子的直径不过是 10^{-8} 厘米，而原子核的直径就更小了，大约不过是 $10^{-12} \sim 10^{-13}$ 厘米。如果把一个直径100公尺的大圆球比作原子，那么原子核的大小只相当于直径1毫米的小滚珠。电子就更小了，它和原子比起来，就象针尖比高大的楼房一样。

质子和中子由于核力的作用被牢牢地束缚在原子核里，

尽管带正电荷的质子与质子之间有互相排斥力，但也不会被排斥出去的。

不同元素的原子核中，质子数也不相同，如最简单的氢原子核里就只有一个质子，核外也只有一个绕核旋转的电子。而在钠原子核里就有十一个质子，核外也有十一个绕核旋转的电子。一般地说来原子核里的质子数和核外绕核旋转的电子数是相等的。所以在正常情况下，任何元素的原子核上所带的正电荷，跟核外绕核旋转的电子所带的负电荷总是相等的。所以整个原子是中性的，不显带电现象。因此，整个物体也不显带电现象。

现在我们用图来加以说明（图 5）。图中心的圆圈表示原子核，周围的小圆圈表示电子，电子在大圆圈的轨道上绕核旋转。

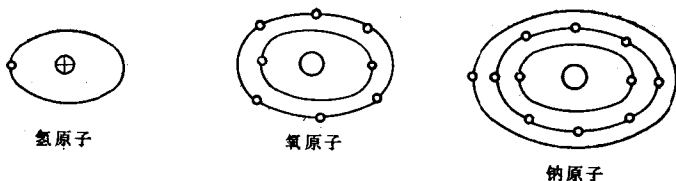


图 5

由于原子核的正电荷的吸引作用，核外绕核旋转的电子被束缚在原子结构内。但有的原子最外层的电子因为离核远，核对它的吸引力小，容易受到外界的影响和原子脱离。当两个物体互相摩擦时，加大了它们的接触面积，使它们之间就发生电子转移。但两种不同物体上的电子容易不容易脱落的情况是不同的，因此摩擦时电子的转移数目也不一样。如果甲物体获得的电子少而失去的电子多，那么乙物体一定和

甲物体相反付出的电子少，获得的电子多。这样一来，甲物体就失去一些电子，就要比正常情况下缺少电子，因此原子核的正电量就多于核外绕核旋转的负电量，甲物体就显出带正电。相反，乙物体获得一些多余的电子，就显出带负电。

我们用毛皮摩擦硬橡胶棒时，毛皮和胶棒之间就发生电子转移。由于从毛皮上转移到胶棒上的电子要多一些，摩擦结果使胶棒上获得一些多余的电子，毛皮上失去一些电子。因此，胶棒显出带负电，毛皮带正电。但甲乙两物体互相摩擦后，甲物体获得的多余电子和乙物体失去的电子数是相等的，所以它们所带的正负电量是相等的。这说明电荷也符合守恒定律，它们既不能产生也不能消灭。

任何两种物体摩擦起电，都是由于摩擦时电子转移的结果。

感应起电 我们拿一根用丝绸摩擦过的玻璃棒去靠近验电器，但不要接触它，就会看到验电器的金属箔张开，把玻璃棒移开，验电器的金属箔立即合拢（图6）。

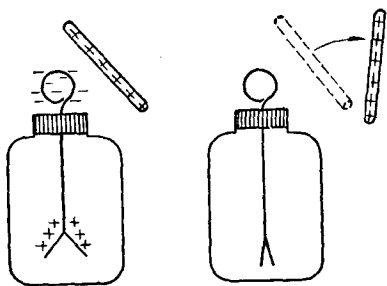


图 6

玻璃棒并没有接触验电器，但金属箔为什么会张开呢？从这个现象来看，说明金属箔是带了电的。可是玻璃棒既然没有接触验电器，那么验电器的金属箔为什么会带电呢？这种带电现象是怎样产生的呢？

这是由于带正电的玻璃棒去靠近验电器上端的金属圈

时，玻璃棒上的正电会吸引验电器金属杆上的自由电子，把许多自由电子吸引到验电器的金属杆上端来，使下端的金属箔部分缺少电子而带正电，产生互相排斥现象，金属箔就张开。当玻璃棒移开时，被吸引到验电器上端的自由电子又跑下去同金属箔上的正电中和，这时整个验电器又处于不带电状态，所以金属箔又合拢。

这种现象叫做静电感应。能不能用静电感应办法使物体带电呢？通过实验来解答这个问题。

拿一根用毛皮摩擦过的硬橡胶棒去靠近验电器，但不要接触它。这时验电器的金属箔就会张开。这是因为橡胶棒带负电，把验电器金属杆上的负电排斥到金属箔上，金属箔就带负电，互相排斥而张开(图7)。然后用手指去接触一下验电器上端的金属圈，金属箔就会合拢。这是因为橡胶棒上的负电要把金属箔上的负电排斥得远远的，金属箔上的自由电子就通过人体(人体是导电的)被排斥到地里。但验电器金属圈上的正电同橡胶棒上的负电互相吸引着，仍然存在。接着先把手指移开，然后再移开橡胶棒，验电器就因缺少电子而带正电，金属箔又张开。这种使物体带电的方法，就叫感应

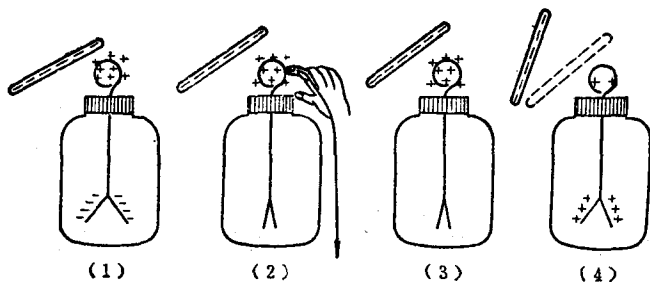


图 7

起电。

还可以用两个带绝缘柄座的导体，用感应起电的办法，使它们同时带异种电。做个实验来说明。

把两个带绝缘柄座的导体紧紧地接在一起，拿一根用毛皮摩擦过的硬橡胶棒去靠近两个导体的任何一个，但不要接触它。靠近橡胶棒的一个导体就会由于静电感应而带有正

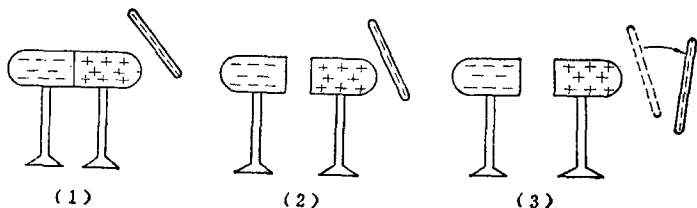


图 8

电，另一个导体就带负电(图 8)。然后把两个导体分开，最后再移开橡胶棒，这时两个导体就分别带上正电和负电。

为什么会感应起电 在前面做过导体感应起电的实验，但为什么会感应起电呢？我们根据电子学说 来回答 这个问题。

我们知道原子是由原子核和绕核旋转的电子组成的。导体里有许多自由电子存在，当这些自由电子受到带正电的物体的吸引时，它们就会向带正电的物体一端移动(图 9)。这时如果用手指去接触导体缺少自由电子那一端，地面上的自由电子就会通过人体跑到导体上来补充。这时整个导体上的电子数比正常情况时要多。然后把手指移开，再移开带正电的物体。那么，多余的电子就分布到整个导体上，这个导体就由感应而显示出带负电。

反之，如果用带负电的物体去靠近导体时，导体上的自

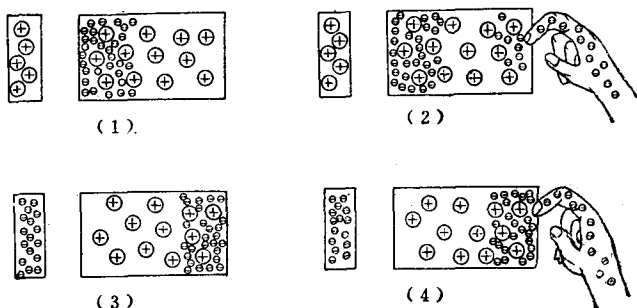


图 9

由电子就受到带负电体的负电所排斥，集中到离带电体远的一端。这时我们用手指去接触导体，导体上的自由电子就会通过人体导入到地里。然后把手指移开，再移开带负电的物体，导体就缺少电子，显示出带正电。

3. 放 电 现 象

在这一节里，我们要研究与后面将要讲到的雷电现象和避雷针有关的火花放电及尖端放电两个问题。

火花放电 我们用感应起电盘来做实验。感应起电盘是用一块橡胶或火漆做成的圆盘和另一个带有绝缘柄的比橡胶盘略小一点的铜盘组成的。先用毛皮摩擦橡胶盘，盘上带了负电荷，再把铜盘靠近橡胶盘上面，铜盘上下两面就感应出正负电（图 10）。然后用手指去接触铜盘上面，把负电导入地里，这时铜盘上就只剩正电。然后把手指移开，并移开铜盘。接着用一个手指逐渐移近铜盘，但不要接触它，当指尖离铜盘只有二、三毫米时，就会突然看见指尖和铜盘之间发

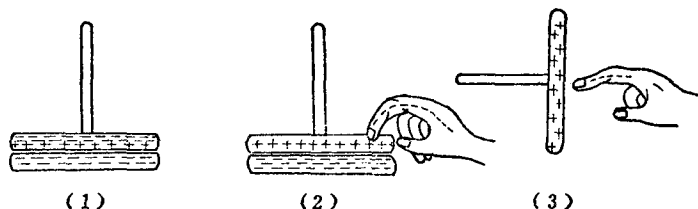


图 10

生一点微弱的小火花，同时听到轻微的爆破声。

这是因为铜盘上的正电使手指感应带了负电。由于正负电互相吸引，处在铜盘和手指之间的空间内的空气，被电离成带正、负电的正、负离子，变成了导电的空间，这就相当于正、负电荷突破绝缘的空气而放电，使空气分子发生激烈碰撞和振动，因而产生了热、光和声音。这种现象就是火花放电。

如果用感应起电机来做实验，就会十分明显地看见火花放电的现象。当我们摇动起电机的摇把，使正极和负极的放电球相离 10 毫米左右时，就可以看见强烈的火花放电和听到刺耳的爆破声。这种现象和大自然的放电现象——雷电现象是很相象的。

我们还可以用摩擦起电机来做实验。这种摩擦起电机构造比较简单，可以自己制作，用起来很方便，效果也好。其构造原理如(图 11)。

用一块圆玻璃板 A 装在木质支架上和摇柄连结着，玻璃板一侧被绸垫 B、另一侧被金属梳子 C 夹着。绸垫紧紧地 and 玻璃板接触着，金属梳子的尖端离玻璃板很近但不接触玻璃板。在绸垫夹和金属梳子的末端各连接一个小铜球 D 和 E，这样摩擦起电机就做成了。

当我们摇动摇柄时，绸垫与玻璃板互相摩擦，玻璃板带正电荷，绸垫和小铜球D带负电荷。金属梳子的尖端因没有

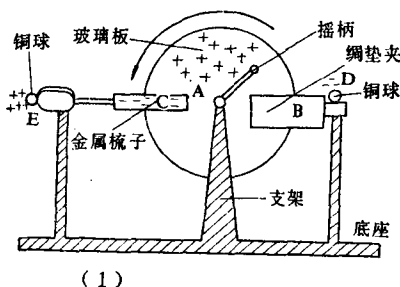


图 11(1) 摩擦起电机正面

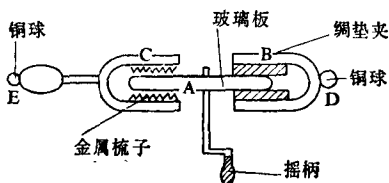


图 11(2) 摩擦起电机横截面

和带正电荷的玻璃板接触，但离得很近，就因感应而带负电荷，和金属梳子连接的小铜球E感应而带正电荷。两个小铜球D和E带的是异种电。这时如果把两根导线分别和两个小铜球连接起来，再把两根导线的末端互相接近，到距离只有几毫米的时候，我们快速地转动摇柄，就能使两个小铜球分别带较多的正电荷和负电荷，这时就会看见两根导线的末端空隙间有小火花跳跃不停，同时发出啪啪的响声。

火花放电现象，我们在日常生活中也会见到。如我们在天未亮的时候，对着镜子用塑料的梳子梳干燥的头发时，也会在镜子里看到梳子和头发之间发生小火星并听到轻微的爆破声，也会看见梳子把一部分头发吸起来。这就是因为梳子和头发摩擦之后，产生异种电互相吸引，发生微小的火花放电现象。后面我们将要谈到的春夏之交常见的雷电现象就是大自然的激烈的火花放电。