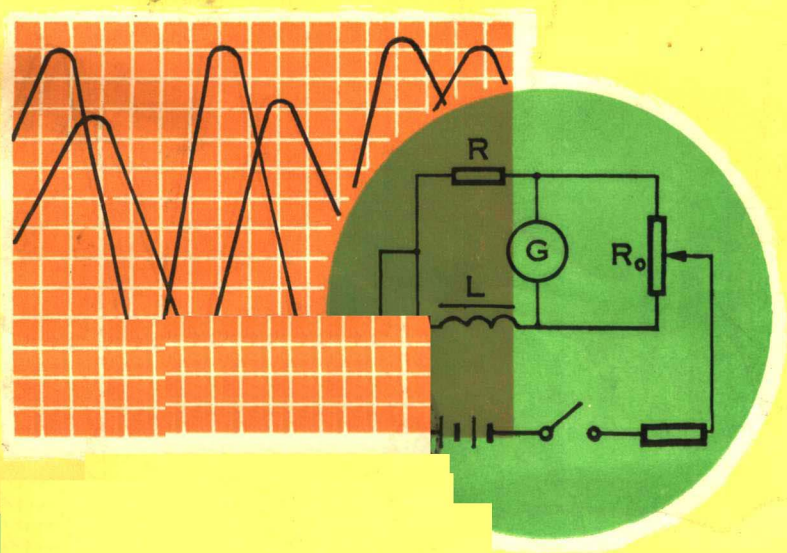


胡名章 编著

中学物理

演示实验与自制教具

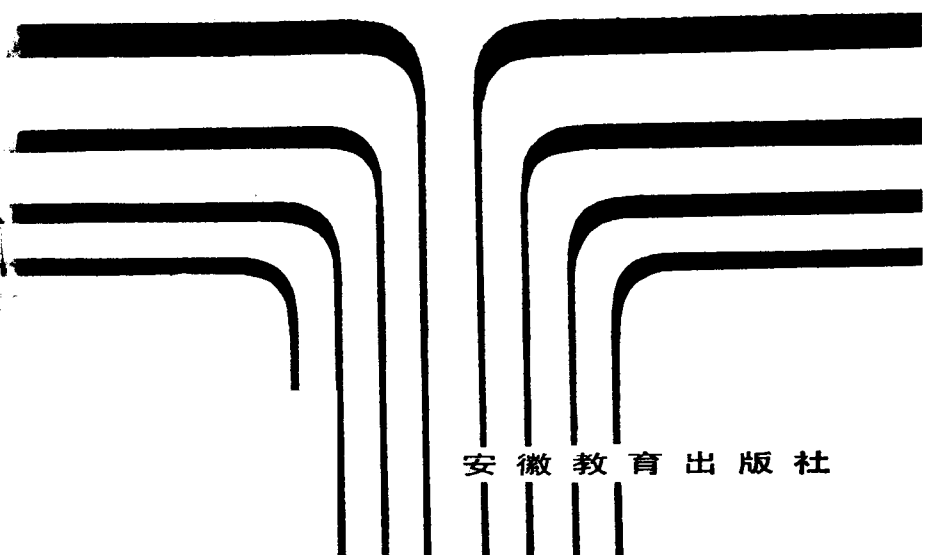
电磁学 · 光学 · 原子物理学



中学物理

演示实验与自制教具

胡名章 编著



安徽教育出版社

中学物理演示实验与自制教具

胡名章

安徽教育出版社出版

(合肥市跃进路1号)

安徽省新华书店发行 芜湖新华印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 12 字数: 258,000

印数: 6,500

1983年9月第1版 1983年9月第1次印刷

统一书号: K7276·69 定价: 0.88元

目 录

电磁学部分

一、静电实验	(1)
二、静电场电力线的演示	(20)
三、静电除尘的演示	(29)
四、高压带电作业模拟实验	(31)
五、静电植绒的演示	(33)
六、电场中的等位面的演示	(35)
七、电容器的充、放电和电容器的串、并联的演示	(39)
八、绝缘体转化成导体的演示	(47)
九、电阻定律的演示	(50)
十、金属电阻率和温度的关系的演示	(55)
十一、热敏电阻和光敏电阻的演示	(59)
十二、载流导线上的电位降落的演示	(67)
十三、输电线路上的电压损失的演示	(71)
十四、部分电路欧姆定律的演示	(75)
十五、路端电压和外电路电阻的关系的演示	(77)
十六、闭合电路欧姆定律的演示	(80)
十七、演示用电流计的改装	(86)
十八、电流的热效应的演示	(98)
十九、焦耳定律的演示	(102)
二十、液体的离子导电的演示	(112)

二十一、电解的演示	(118)
二十二、电镀的演示	(123)
二十三、大气的导电现象的演示	(126)
二十四、稀薄气体中放电现象的演示	(130)
二十五、磁力线的演示	(134)
二十六、磁极间的相互作用的演示	(136)
二十七、电流的磁场的演示	(138)
二十八、磁分子模型的演示	(146)
二十九、磁现象的电本质的演示	(150)
三十、磁感应现象的演示	(153)
三十一、磁场对运动电荷的作用力的演示	(156)
三十二、磁场对直线电流作用力的研究实验	(163)
三十三、测定螺线管内的磁感应强度实验	(169)
三十四、电磁感应现象的演示	(176)
三十五、楞次定律的演示	(184)
三十六、自感现象的演示	(190)
三十七、交流电压的最大值等于有效值的 $\sqrt{2}$ 倍的 演示	(204)
三十八、三相交流电的演示	(207)
三十九、三相异步电动机原理的演示	(209)
四十、变压器原理的演示	(213)
四十一、涡流现象的演示	(216)
四十二、电阻、电容、电感电路中电流和电压的相 位关系的演示	(222)
四十三、电感器对交流电的感抗作用的演示	(230)
四十四、电容器对交流电的容抗作用的演示	(235)

四十五、电阻、电感、电容对交流电的作用的演示	… (240)
四十六、功率因数的演示	… (245)
四十七、晶体二极管单向导电性的演示	… (249)
四十八、晶体二极管的整流和滤波作用的演示	… (251)
四十九、用示波器观察晶体二极管的特性曲线	… (258)
五十、用示波器观察晶体三极管的特性曲线	… (266)
五十一、晶体三极管的放大作用的演示	… (272)
五十二、偏置电路的作用的演示	… (278)
五十三、LC 振荡的演示	… (280)
五十四、电谐振的演示	… (286)
五十五、变化的电场产生磁场的演示	… (290)

光学、原子物理学部分

五十六、几何光路的演示	… (295)
五十七、光导纤维的演示	… (308)
五十八、近视眼远视眼的演示	… (312)
五十九、光的干涉的演示	… (316)
六十、光的衍射的演示	… (331)
六十一、光偏振的演示	… (338)
六十二、紫外线、红外线的作用的演示	… (347)
六十三、光电效应的演示	… (350)
六十四、光谱的观察	… (362)
六十五、威尔逊云室	… (370)

一、静电实验

静电实验过去一直被认为是比较难做的，但是，只要我们掌握了其中的关键，就能做到操作自如，得心应手。甚至完全不需要成品的静电仪器，也不需要静电起电机，而只是利用自制的一个验电器和几样简单的教具，再加上一些日常生活器具，如塑料纸、塑料写字板、搪瓷把杯、石蜡矿烛等，就能将静电学部分的绝大部分实验演示出来，并能取得比较满意的演示效果，有时比用成品仪器来演示还更为方便。在这里主要介绍如何用自制验电器和一些日常生活器具来做好静电实验。

（一）静电实验中的关键问题

用摩擦等方法获得的静电有两个特点：一是电位很高，可达数千伏至数万伏，使在通常情况下的绝缘体如木头、玻璃、橡胶等都失去了绝缘性能，故电荷极易流失；二是电量很少，一经漏电即很快漏完。因此，要做好静电实验，关键在于解决绝缘问题。验电器的绝缘塞，各种导体的绝缘支架等，都要用绝缘性能很好的物质做成。实验的结果表明，有机玻璃、塑料（聚氯乙稀）、石蜡等具有良好的绝缘性能。

但是，各种绝缘体的绝缘性能并不是一成不变的。如常用作静电仪器绝缘支架的玻璃棒、硬橡胶棒等，在其表面清洁干燥时绝缘性能还好，一旦表面弄脏了（如落了灰尘或被

手汗污渍)或在潮湿的空气中,绝缘性能很快消失。即使是绝缘性能很好的有机玻璃、石蜡矿烛等,在其表面弄脏后,绝缘性能也明显下降甚至完全消失。这一点可以从下面的实验中看出:将清洁、干燥的玻璃棒或硬橡胶棒与带电的验电器接触,箔片张角不变;如用手抚摸其表面将其弄脏或用嘴哈气使其表面潮湿,重放至验电器上,箔片即很快落下。因此,为使静电仪器有良好的绝缘性能,仪器的支架、底座等必须保持清洁干燥。

石蜡不仅绝缘性好,而且具有很好的防潮性能。将一支石蜡矿烛从水中取出后,立即移至带电的验电器上,可以看到箔片的张角无变化。这是因为尽管蜡烛表面有很多水珠,但由于这些水珠互不相联,不构成通路(高压瓷瓶也如此)。利用这一点,我们可以在静电仪器绝缘部分的表面敷一层蜡,或将整个仪器用蜡块垫起来。如给验电器绝缘塞表面敷一层蜡以后,即使用喷雾器对着验电器喷雾,其上面所带的电荷也不会失去。如果将一根普通的玻璃棒擦净烘干后,在其中部敷一圈蜡,即使把这根玻璃棒放入水中后取出,手持棒的一端,另一端和带电的验电器接触,箔片的张角也不会有变化。说明经敷蜡处理的玻璃棒已具有良好的绝缘和防潮性能。用这样的玻璃棒来做摩擦起电的实验就很容易了。

环境对静电实验的影响是很大的。除了湿度的影响以外,有一点往往容易被忽视,就是空气的电离情况。我们可以做这样的一个实验,在带电的验电器附近点燃一根火柴,验电器上的电荷即很快失去,这是由于空气被火焰电离导电所致。因此,静电实验应避免在周围空气被电离的情况下进行,如实验室内不得生炭火;刚做过感应圈、起电机放电实

验后，须打开窗子让空气流通一下再做静电实验。利用这一点，我们要使不需要带电的绝缘体上的电荷失去，只须将带电体在酒精灯火焰上轻轻一掠即可。

另外，硬橡胶等绝缘材料使用时间太久或经高温烘烤后老化；仪器金属部分的表面锈蚀，使得仪器的表面产生许多毛刺和尖端，从而加快了电荷的流失等等。这些都会影响到仪器的带电。

因此，为了保证静电实验的成功，除了在制作仪器时要选用较好的绝缘材料以外，实验前还必须对仪器表面进行清洁工作。除去金属表面的锈蚀，用软毛刷拂去仪器上的灰尘，再用清洁干燥的软布擦净仪器表面（必要时先用酒精擦拭一遍），擦拭后还应仔细检查一下有无纤维等杂物落在仪器表面，因为这些都很可能构成电荷的通路。然后对仪器的绝缘部分认真地进行绝缘性能的检查。检查的方法是将各绝缘部分分别与带电的验电器接触（或通过连接杆接触），看其是否漏电，对于绝缘不好的部分应重新处理或换去，也可以用绝缘很好的蜡块等将仪器垫起来。

静电仪器不用时应存放在干燥、密闭的橱柜中，防止灰尘落入，以保持仪器表面的清洁干燥。

（二）验电器的制作

验电器（图 1—1）是静电实验的主要仪器，利用它可以做静电方面的许多实验。制作一个灵敏度很高的验电器需要注意以下几个问题：

（1）验电器的电容量要小，使验电器带很少的电荷就会有明显的张角。因此，验电器的体积要适当小一些，外壳

直径可取在10厘米以下；绝缘塞直径应尽可能大一些，以增大导杆与外壳之间的距离；导杆要长一些，使导杆顶部的小球或小平台不要与外壳太近，以免增大电容。

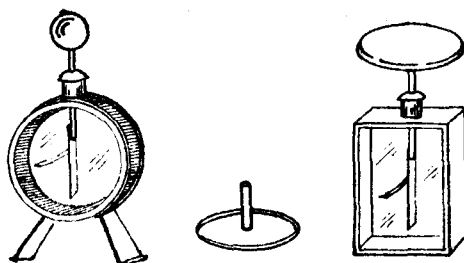


图 1-1

导杆顶部装置一个较大的金属球或金属小平台（用硬纸片等做亦可），使验电器能从带电体获得（或感应）较多量的电荷。

（4）验电器的箔片应当相当灵敏。纯金的箔片最为理想，如用竹衣代替金箔，装置得当，也能取得满意的效果。

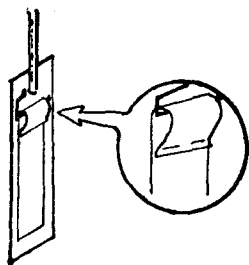


图 1-2

竹衣的张贴方法如图1-2，导杆、金属片和悬挂箔片的金属丝用铜做为宜，以免日久生锈，竹衣不易张开。挂竹衣的铜丝焊在铜片上。用针尖沾少许浆糊涂在竹衣两角后粘上。竹衣与铜丝、铜片间应留出足够的间隙，以保证竹衣张落灵活。

验电器外壳用薄铁皮或硬纸板做均可。也可以做成图1-1所示的方形。

为了提高演示效果，可采用点光源阴影投影或幻灯透射

投影。作阴影投影时需将验电器前面玻璃衬以薄白纸，再用小灯泡（点光源）从后面将箔片的动作投影在白纸上。透射投影最好采用如图 1—3 所示的两次反射式的，可以成正立的像。

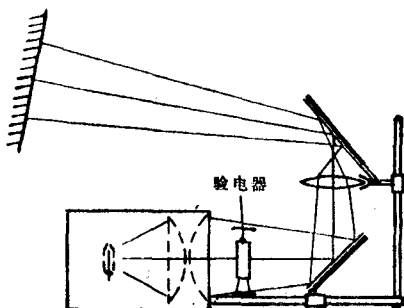


图 1—3

（三）静电实验演示

1. 摩擦起电的本质

摩擦起电严格说来是接触起电。理论的研究知道，任何两个不同的物体接触时有接触电位差，伴随有电荷（电子）的转移现象发生，其中一个物体将要失去电子而带正电，另一个物体则因得到电子而带负电。摩擦的作用仅仅是使得物体间有更紧密的接触，同时摩擦部分温度升高，从而更有利于电荷的转移。相互摩擦的两物体，不论是绝缘体还是导体（如金属），只要将其绝缘起来，就能使其带电。

（1）取一把大螺丝刀或一把钢丝钳，用几层塑料纸将其手柄包起来，然后在头发上（必须清洁干燥）摩擦几下，就可以从验电器上看出其已带电。

（2）在验电器导杆上置一表面贴有塑料纸的金属小圆盘，将另一装有塑料筷手柄的小圆盘（或上述的钢丝钳）在塑料纸上摩擦几下后拿起，验电器箔片张开，放下又重新合

拢，如果拿起后用手接触一下其中一个圆盘，再放下时箔片就不能完全合拢。说明相互摩擦的两个物体带有等量异号电荷，进一步揭示了摩擦起电的本质是电荷转移。

(3) 用丝绸先后摩擦玻璃棒和塑料纸，用验电器可以检验出塑料纸和玻璃棒所带的电荷正好相反（与丝绸摩擦过的玻璃棒带正电），说明丝绸在两次摩擦过程中，一次是得到电子，一次是失去电子；或用玻璃棒先后与头发、丝绸摩擦，同样可用验电器检验出玻璃棒两次所带的电荷正好相反。这些都说明了一个物体在和其他物体摩擦时，其所带电荷的正负是不一定的，两物体间电荷转移的方向由该两物体接触电位的高低所决定。

2. 感应带电现象

(1) 用丝线悬挂一导体与一带电体靠近，并用手抚摸一下导体后移开。用验电器可以检验出导体已带与带电体异号的电荷。

(2) 用丝线悬挂两个导体，在靠近带电体时将其由接触分开。用验电器可检验出两导体带等量异号电荷。

(3) 用塑料布或塑料写字板作起电盘，用手或丝绸在上面摩擦几下，再将用丝线悬挂的金属圆盘放在起电盘上，用手摸一下圆盘，然后提起。用验电器可以检验出圆盘已感应带电。

给验电器带电常采用感应带电的方法，改变带电体与验电器之间的距离，可以很方便的控制验电器带电量的多少。

3. 验电器是电位差计

验电器是量度电位差的，箔片的张角反映了验电器导杆与外壳之间的电位差，验电器导杆或外壳不论哪一个带电，

两者之间都有电位差存在，箔片都会张开，且电位差越大，张开的角度也越大。为了说明这一现象，可做下面的实验。

将整个验电器用蜡块绝缘起来，并使外壳带电，箔片就会张开（图 1—4）。如用手抚摸一下导杆，箔片张开的角度还会更大。如用一根金属丝将导杆与外壳连起来，则不管验电器如何带电，因为整个验电器为一等势体，箔片都不会张开（图 1—5）。



图 1—4

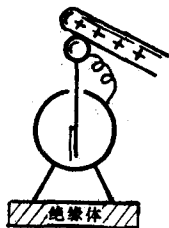


图 1—5

4. 带电导体上电荷的分布

(1) 电荷分布在导体的外表面

将搪瓷口杯（代替法拉第桶）用蜡块绝缘起来并使它感应带电，用丝线悬挂一小圆盘（或金属球）分别与口杯的内、外表面接触，每次接触后都移至验电器小圆盘上检查其是否带电（图 1—6），可以看出导体上电荷分布在外表面。

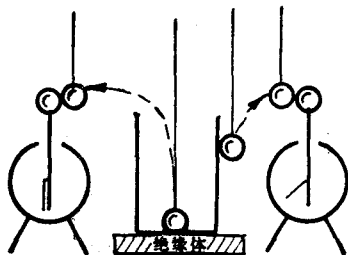


图 1—6

图 1—5 的实验也说明了导体上电荷分布在外表面。

还可以再做一个实验来说明导体上电荷是分布在外表面的。

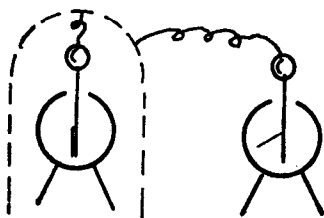


图 1—7

如图 1—7 在金属网罩内、外各放一个验电器，并分别与网罩的内、外表面连接。给网罩带电，可以看到网罩外验电器箔片张开，网内的并不张开。

将与网罩内表面连接的验电器移至网外，两验电器箔片都张开（图 1—8）。

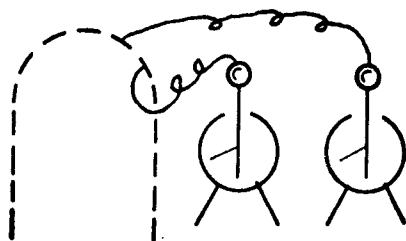


图 1—8

再将与网罩外表面连接的验电器移至网内，结果仍然是网罩外的验电器箔片张开，而网罩内的并不张开（图 1—9）。

上述实验可以这样来解释：验电器和网罩连接后组成一个整体，验电器在

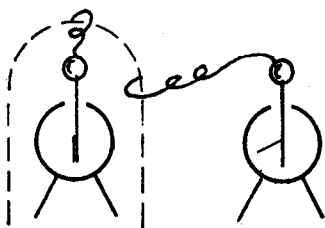


图 1—9

网罩外时为整个导体外表面的一部分，因而带电，在网罩内时相当于导体内部的一部分，无电荷分布，箔片也不会张开。

这个实验也可以不用验电器，而改用验电羽（见“静电场电力线的演示”实验）来演示，方法相同。

（2）电荷在导体表面按曲率分布

将上述实验的搪瓷口杯翻过来放在蜡块上，并在口杯的把上夹一木夹(木夹用水润湿)，使连成统一的导体。用感应的方法给导体带电，再将验电球先后与杯底、杯把和木夹尖端接触后放至验电器上(此演示顺序不要倒过来，

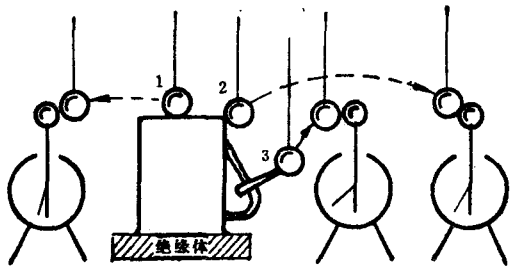


图 1—10

以免被误认为电荷逐渐跑掉了)，可以看到电荷在导体表面按曲率分布的情形(图 1—10)。曲率愈大处，电荷愈密集，箔片张角也愈大。

5. 带电导体为一等势体

取一个一端具有锥形凸面，另一端具有锥形凹面的导体(锥形导体，可以用硬纸片自制，表面贴以铝箔，这里也可以用搪瓷口杯倒放着代替实验)。用一段长的导线将验电球

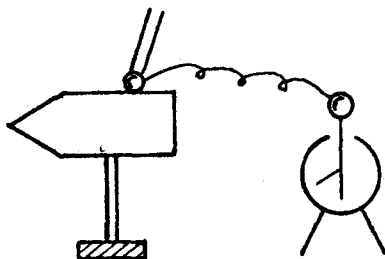


图 1—11

连接到验电器的导杆上(图 1—11)，先使锥形导体带电。将验电球接触导体上任何一点，验电器箔片都会张开，然后将球沿着整个导体表面移动，无论是外面还是里面，验电器箔片的张角都一样，说明导

体上处处电位相等，整个导体为一等势体。

做这个实验时应注意，连接线不宜离其他物体太近，最好采用验电球不动而移动带电导体的办法。移动过程中小球不得与导体脱离。

6. 尖端放电现象

如图 1—12，将带电体移近验电器，箔片张开 (a)，移去后箔片又重新合拢 (b)。然后在验电器小平台上竖立一根针，重做一次实验 (c)，可以看到带电体移去后箔片已不再合拢 (d)，说明一部分感应电荷已从尖端跑掉而使验电器带电。

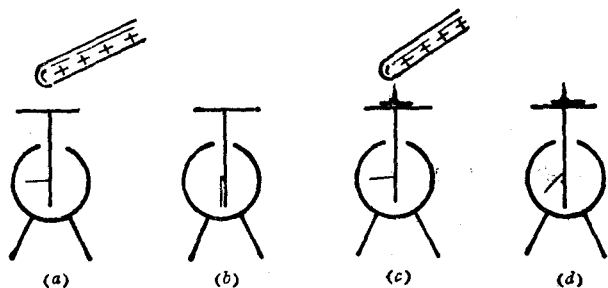


图 1—12

也可以用下面的方法来做实验：

将半导体收音机旋至无电台处，并将电位器旋至音量最大位置。取一块塑料纸靠近收音机用手摩擦，可以听到收音机里发出“咔咔”的声音，这是带电的塑料纸和手之间放电时的电磁辐射被收音机接收到了的缘故。

或将已带电的塑料靠近收音机，用一金属物体在塑料上划，收音机里也发出连续的“咔咔”声。改用一只金属的锥子，先是用锥尖很快地靠近带电的塑料，当锥尖离塑料还很

远(可达10厘米以上)时,就能从收音机里听到放电的“咔咔”声(从此放电距离可生动说明摩擦起电的电位很高),这就是尖端放电现象。然后用锥把(圆端)相对塑料运动,需与塑料接触,才会发生放电现象。

7. 静电屏蔽现象

如图1—13,将带电体移近验电器,箔片张开(a);手持一张硬纸片(导体)插入验电器和带电体之间,箔片不张开(b),说明带电体的电场被接地导体所屏蔽;将纸片改为塑料写字

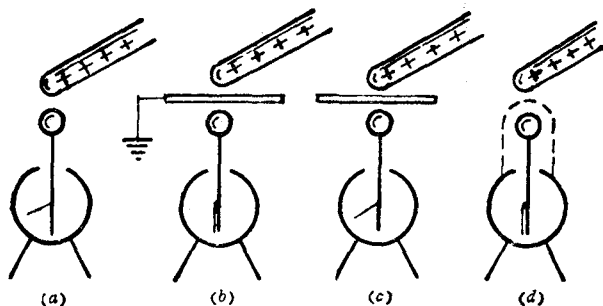


图 1—13

板(绝缘体)重做上述实验,箔片仍张开(c),说明绝缘体无屏蔽作用。也可以用一小金属网罩在验电器上,由于网罩与外壳的屏蔽,箔片也不会张开(d)。

还可以做一个有趣的实验:将一个正在响着的半导体收音机放在接地的金属网内(或钢精锅内,并用盖子盖住,仅留一小缝),收音机立即哑了,说明电磁场被导体屏蔽了。

8. 平行板电容器的性质

(1) 平行板电容器电荷聚集在内表面