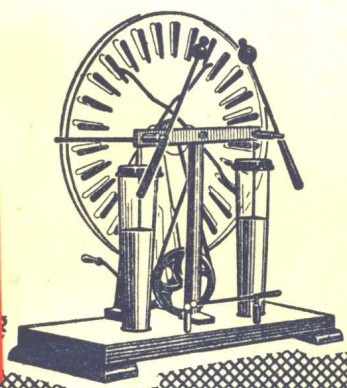


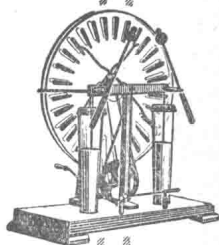
中学靜电仪器和实验

孙 昌 树 編



人 民 教 育 出 版 社

13.341/12 ✓



中学静电仪器和实验

孙昌树编

人民教育出版社

157482

本书介绍了中学静电实验所用的16种仪器,说明了它们的结构、使用和維護方法;讲述了静电仪器的絕緣性能和提高絕緣性能的方法;介绍了在中学里可以做的50余个静电实验,并说明了做好这些实验应注意的问题。本书可供中学物理教师、实验人员、师范院校的师生閱讀。

中学静电仪器和实验

孙 昌 树 編

北京市书刊出版业营业许可证出字第2号

人民教育出版社出版(北京景山东街)

新华书店北京发行所发行

全 国 新 华 书 店 經 售

人 民 教 育 印 刷 厂 印 装

統一书号: 13012·60 字数: 52 千

开本: 787×1092 毫米 1/32 印张: $2\frac{13}{16}$

1964 年 9 月 第一版

1964 年 12 月 第一次印刷

北京: 1—23,000 册

*

定价 0.24 元

編者的話

本书介紹中学靜电仪器和利用这些仪器所做的实验。书中詳述了仪器的用途、結構、使用、保养、檢修等方面的知識，希望这些内容能对物理教师有一定帮助。

由于編者水平有限，书中难免有缺点和錯誤，希望讀者給予批評和指正。

編 者 1964. 8.

目 录

第一章 靜电实验仪器	1
一、起电棒	1
二、起电盘	2
三、起电板	4
四、感应起电机	4
五、箔片驗电器	16
六、靜电計(指針驗电器)	19
七、驗电羽	21
八、驗电幡	22
九、金屬网罩	23
十、球形导体	24
十一、尖形导体	25
十二、枕形导体	25
十三、电力綫演示器	26
十四、电輪	27
十五、萊頓瓶(附放电叉)	28
十六、避雷針模型	29
第二章 靜电实验的絕緣問題	30
一、絕緣材料	31
二、空气的絕緣性	36
三、环境溫湿度的影响	40
四、演示时应注意的事項	42
五、絕緣性的檢驗和維護	44
第三章 靜电实验	48
一、电力	48
1. 带电体吸引紙屑	
2. 球摆实验和紙筒实验	
3. 木板实验	

4. 带电体吸引金属物体 5. 水流实验	
二、电荷的相互作用	51
1. 电摆 2. 验电羽 3. 悬棒 4. 飞棉 5. 飞球 6. 作用力跟距离的关系	
三、两种电荷	54
1. 两物体相互摩擦时同时带等量异种电荷 2. 电荷符号的研究 3. 异种电荷的作用相互抵消	
四、电力线	56
1. 用验电羽表演 2. 用电力线演示器表演	
五、电荷在导体上的分布	57
1. 金属网罩 2. 验电幡 3. 空心金属球 4. 金属球和金属半球 5. 尖形导体 6. 静电屏蔽	
六、电势	62
1. 导体的电势 2. 静电计量度电势差 3. 用火焰探测器研究电场中各点的电势	
七、静电感应	64
1. 导体的静电感应 2. 感应带电 3. 感应作用与电场强度的关系 4. 感应电荷的作用	
八、起电盘	67
1. 起电方法 2. 静电势能由机械功转换而来	
九、尖端上的电荷	68
1. 装尖端的球形导体 2. 尖端对感应起电机火花放电的影响 3. 电风 4. 电输	
十、感应起电机	71
1. 火花放电 2. 电火花点火 3. 点亮氖管(验电泡) 4. 演示电谐振现象 5. 液体电介质中的火花放电 6. 固体电介质的击穿 7. 人体带电和放电 8. 跳跃的棉花球 9. 纸束跳舞 10. 静电场对固体微粒的吸引作用 11. 电离、感应带电 12. 火焰的电离作用 13. 半导体上的电势降落 14. 液滴飞溅	
十一、电容	79
1. 莱顿瓶的充电和放电 2. 莱顿瓶的串联和并联 3. 平行板电容器 4. 平行板电容器中的电场 5. 电介质对电容器电容的影响 6. 物体大小形状改变时电容的变化	
十二、避雷针	82

第一章 靜电实验仪器

一、起电棒

〔用途〕

起电棒常用于演示摩擦起电、电荷的相互作用和静电感应等实验中。

〔结构〕

仪器厂制造的起电棒(图 1), 长 250 毫米, 有两种形状, 一种是粗细均匀的圆棒, 一种是一端做成圆锥形的, 这样做的目的, 是为了摩擦时方便, 且不易损伤毛皮或丝绸等物体。后一种起电棒不象前一种那样两端都可以用手握, 这样实验者的手就不会把被摩擦那端的棒面弄脏。

图 1

起电棒一种是硬橡胶棒(又称胶木棒), 附有一块毛皮。另一种是玻璃棒, 附有一块丝绸。硬橡胶棒的起电性能和保持电荷的能力较好。玻璃棒则要看玻璃材料而定, 石英玻璃、铅玻璃的较好, 普通玻璃的较差。有机玻璃的起电棒, 起电性能和保持电荷的能力比前两种好。

〔使用〕

摩擦起电时, 必须使棒的被摩擦部分各方面均匀受力, 但不要紧压, 最后一次摩擦要快一些抽出来。将起电棒上的电



图 2

荷傳遞給別的物体时，应使起电棒前后移动和轉动(图 2)，这样能使物体得到多量电荷。只用棒的一点与物体接触，則傳遞給物体的电荷是很少的，通常显示不出物体已从棒上取得电荷。

有时会遇到起电棒不能使絕緣导体带电，这时先要檢查起电棒本身是否已带电：用起电棒移近細軟纖維，从細軟纖維是否受到吸引就可以判断起电棒是否带电。

硬橡胶棒与毛皮摩擦后，硬橡胶棒上带負电。玻璃棒与絲綢摩擦后，玻璃棒上带正电。有机玻璃棒与軟紙、毛皮、呢絨或絲綢摩擦后，有机玻璃棒上总是带正电。

粗細均匀的起电棒，最好在一端用漆塗上記号，使用时手只握这一端，免得染污棒的被摩擦部分的表面。

二、起电盘

〔用途〕

起电盘是用感应起电的方法取得电荷的仪器。除了本身能用于演示靜电感应外，常用来作另外一些靜电实验中的輔助仪器，又能用来演示平行板电容器的构造和作用等。

〔結構〕

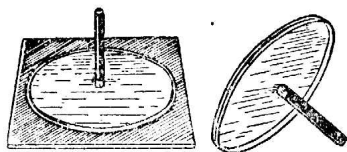


图 3

如图 3 所示，起电盘是由两个装有硬橡胶絕緣手柄的金属圓盘和一块正方形的有机玻璃板組成的。圓盘的

直徑为 230 毫米，有机玻璃板的面积为 250×250 毫米，厚 2 毫米。

在沒有采用有机玻璃之前，平板是用普通玻璃制的，金属圆盘也只有一个。这种结构的仪器起电性能很差，使用范围也小。学校旧有的起电盘中，还普遍采用火漆作底盘。火漆盘一般不能做得较大，大了表面不易做平整，并且容易开裂。由于火漆盘不宜做大，使得金属盘也不能做大，因此，在一次感应起电中所能取得的电量就远不及有机玻璃板的多。而且火漆用料很多，结构又笨重，时间长了表面也会变形、开裂并降低绝缘性，因此时常要返修。

起电盘中采用硬橡胶板，起电及保持电荷的性能都很好，也可以做成与有机玻璃板一样的形式。

〔使用〕

使用前必須先将金属盘上、硬橡胶手柄上及有机玻璃板上的灰尘、污垢等用软干布或脱脂棉花擦净。在擦有机玻璃板时，可以先用软干布稍蘸一些酒精在板上轻擦一遍，然后很快的把表面擦干净。

使有机玻璃板带电时，用一小块干的毛皮、丝绸、呢绒或软纸，很快地擦拭约 10—20 秒，有机玻璃板上就带有正电荷。再用感应带电的方法在金属圆盘上得到负电荷（详见第三章起电盘实验）。

用作平行板电容器时，只需将两个金属盘分别装在普通的实验支架上，并不一定需要装在绝缘支架上，因为硬橡胶手柄本身就已使金属盘与支架绝缘。

使用完毕, 应将有机玻璃板平稳地放置, 不要在板上放置其他物体, 以防止平板变形, 影响使用效果。

三、起电板

〔用途〕

起电板用于演示两种物体相互摩擦(接触)时两物体同时带等量异号电荷, 并可借验电器测定所带电荷的符号。

〔结构〕

如图 4 所示, 起电板系由三块面积都为 60×40 毫米的长方形平板各装在一个绝缘柄上而成。三块板用不同的材料

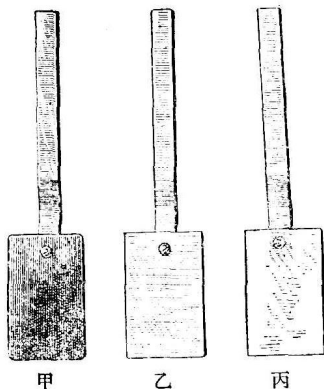


图 4

制成, 甲为硬橡胶板, 乙为有机玻璃板, 丙为表面光滑的金属板。

四、感应起电机

〔用途〕

用感应起电机能够连续地得到大量电荷, 因而获得较高的电压。它不仅是静电实验及气体导电实验常用的仪器, 还能够用来作电谐振及电流等实验。而且它本身也可作一系列的实验。盘径为 400 毫米的起电机, 放电火花距达 80 毫米以上; 盘径为 270 毫米的, 放电火花距达 50 毫米以上。

〔結構〕

各厂制造的感应起电机在結構形式上都稍有不同，图 5 是目前学校中应用較广泛的一种感应起电机的結構示意图。

在感应起电机中，带針尖的集电杆、萊頓瓶及放电叉构成一个导体系統，由于萊頓瓶的接入，使这个导体系統的电容量显著增大，因而起电机能积聚大量电荷。

如果把两萊頓瓶外面的鋁箔用金属柱上的連接杆連接起来，使綫路的总电容增加，就能获得較为明亮的放电火花。

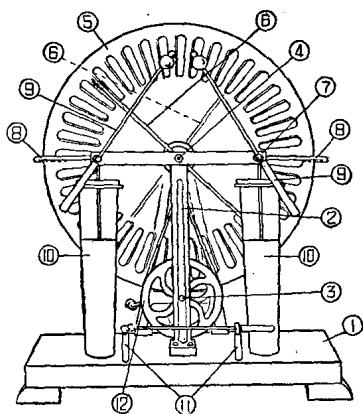


图 5

1. 底座 2. 金属支架 3. 皮带輪軸 4. 轉动盘軸 5. 玻璃盘 6. 中和电刷 7. 絕緣橫梁 8. 集电杆 9. 放电叉 10. 萊頓瓶 11. 金属柱 12. 傳动装置

图 5 中所示的金属柱上的連接杆是在水平面內轉动的。这种結構的缺点是，正面的观察者不易看清楚連接杆的断开或接通及两小球間产生的火花放电现象。近来生产的仪器，这部分已按图 6 所示的結構加以改进，連接杆是沿左右方向拉开或接通的。这样，在教室內的所有观察者都能看清楚連接杆的断开或接通，及在其間产生的放电火花。

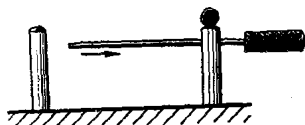


图 6

〔使用〕

感应起电机使用时必須具有清洁而干燥的表面，否則就很难起电。要使表面清洁，可用軟刷子或軟干布除去起电机上的灰尘，至于仪器的硬橡胶部分，則需用干布較用力地擦拭。在一般情况下仪器能够具有干燥的表面，在潮湿天气或在受潮后，可以用电灯烘箱先烘 1—2 小时，或者用火盆烘烤。不論用何种方法，都要保证良好的通風，并且仪器的硬橡胶部分及有机玻璃部分的受热溫度都不能超过 50°C 。此外，用日晒、理发用的电吹風等也可获得良好的效果。实践证明，用玻璃盘（上面貼有鋁箔和紙片）的起电机，在溫度很高湿度很大的条件下，用烘烤方法就能保证起电。用有机玻璃盘的起电机，通常很少需要进行烘烤。

有时由于中和电刷与箔片失去接触，使起电机不能起电。因此，需要随时进行檢查。为了保证接触良好，必須把损坏了的刷子換掉。刷子可采用細軟的金屬絲，如压扁的細銀絲及細磷銅絲等。

当中和电刷与集电杆相对位置装反时，或者反向搖轉时，起电机也不能正常起电，这点应特別注意（电刷与集电杆相对位置見結構图，搖轉应按順时針方向）。

用銀粉漆代替箔片的起电机用久后，被中和电刷刮下的銀粉漆附着在盘面上，会影响箔片之間的絕緣，使放电火花距隨之縮短。此时，可用脫脂棉花蘸少量酒精或汽油，把盘面上多余的銀粉漆擦去。

偶而也有这种情况，即在正常的条件下起电机仍不能起

电,这时用其他方法先使圆盘上某些箔片带电(如用摩擦过的起电棒),起电机即行起电。

两圆盘间的距离会影响起电情况和最大火花距。要得到较大的放电火花距,可以将圆盘间的距离增大,在2—4毫米范围内进行调节。距离较大时,由于静电感应减弱,常常要先使少数箔片带电,才能使起电机起电。

圆盘距离一定时,最大放电火花距并不是当两个放电球在对称位置时才获得。大多数情况下,用一个球斜对着另一个球时可得最大放电火花距(用负极斜对着正极,相对位置如图7)。起电机使用时,放电球的正负极性并不固定(一次连续摇转时是固定的),究竟用哪个球对着另一个球,无需用别的方法先确定极性,只要临时变换几次位

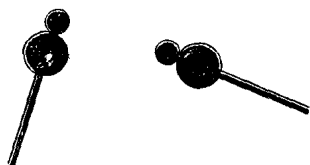


图 7

置,当距离相同时,根据是否容易获得放电火花就可以确定。

如果将两莱顿瓶外面铝箔用连接杆接通,得到的放电火花就较强而明亮,但两次放电所间隔的时间加长。将连接杆拉开,使拉开的距离大于两放电球间的距离,这时得到的放电火花较弱,但两次放电所间隔的时间缩短。在大教室里,要获得更明亮的放电火花,可另外再用几只莱顿瓶与原有莱顿瓶并联联接,增大集电系统的电容量。此时,伴随放电火花的出现,可听到很大的响声,加强了演示的效果。

起电机使用时摇转应由慢到快,并且不宜过快,过快了会影响中和电刷与箔片的接触。因此,有时摇转很快反而不能

起电。另一方面，轉速太大时，容易损坏圆盘，特别是玻璃圆盘。搖轉結束时亦需慢慢地进行，可以在松手后靠摩擦作用使其自然减慢。

为了檢查起电机各部分的絕緣性，可參閱第二章有关部分，將起电机放在黑暗处进行。

使用起电机时，人体应避免移近或接触带电部分，不然会有电火花跳过，引起触电。这种触电有时会引起强烈的生理感觉。在經常使用起电机时，难免会遇到这种情况，此时也不必惊慌，实际上，虽然电压很高，但电流很小，一般这种微弱的电流要用灵敏度达 10^{-6} 安培的电流計才能显示出来。

用起电机給另外的物体带电时，可用导綫、驗电器連接杆或放电叉使物体与起电机的任一极相連，或直接把物体与包含集电杆的导体系統接触。做气体导电实验时，可用絕緣支架將气体放电管架起，再用悬空导綫接在两极上，或直接用导綫將放电管悬挂在起电机两放电球間。

〔保养〕

起电机应放在清洁干燥处，不宜經常受到日晒。萊頓瓶及玻璃盘上的漆是用来改善玻璃的絕緣性的，应注意保护，勿使其损伤或受到过热。

每次使用时，要將起电机緩慢搖轉一周，观察集电杆針尖是否与箔片相碰，因为有时由于零件松动，針尖会碰到箔片，迅速搖轉时会把箔片刮坏。

起电机的轉动軸与軸承之間，应經常加潤滑油（如机油、凡士林等），以保证搖轉輕便并减少机件磨損。

〔修理〕

起电机性能失效的原因大部分是由于絕緣遭受损坏，机械結構部分一般是不易损坏的。如果在干燥的天气用干布仔細擦淨感应起电机后，經多次試驗仍不能起电，可按下列步驟进行修理：

（一）拆卸

拆卸感应起电机时，可先旋下轉軸兩端的螺帽（图5），托住絕緣橫梁，使軸稍行抬高，取下萊頓瓶，再把轉軸上各个零件逐个取下。拆下的零件用干布擦淨后放在一起，以免散失。所用拆卸工具，如手虎鉗等，不能直接用力夹持金屬零件表面，以免造成尖端，使用时产生漏电。

（二）絕緣处理

玻璃盘絕緣性能的好坏，对起电情况有很大影响。为了达到絕緣良好，可重将玻璃盘表面加以塗漆处理。如果盘上还有絕緣漆，需先用小刀把已损坏的漆层刮去。处理过程中应始終保持盘面清潔干燥，因为玻璃表面附着水汽、灰尘及油污是造成絕緣破坏的主要原因。其具体工艺过程如下：

1. 先用溫肥皂水清洗盘面，除去表面油污、灰尘等髒物，再在清水中冲洗，然后用清潔布擦淨并凉干。

2. 用脫脂棉或医用紗布蘸少量汽油或酒精細擦整个表面，然后存放在清潔干燥处。

3. 盘面完全干燥后，用毛刷在所有表面均匀塗一薄层絕緣漆。絕緣漆可用75%（按容量計）的新鮮自干絕緣清漆（又名凡立水）加25%松节油調合，也可以用75%的新鮮高頻漆

(酚醛絕緣漆)加25%的酒精調合。高頻漆的絕緣性比自干絕緣清漆好,但寿命沒有它长。

4. 將玻璃盤穿在細棒上凉干,在剛塗漆后的兩小时內,分數次从玻璃盤边上推动盤面,上下倒轉 180° ,防止玻璃側緣存留的漆层較厚,使表面塗漆不均匀。

5. 在48小时晾干絕緣漆的过程中,保持周圍环境清潔干燥,防止灰砂、尘埃粘附在未干的漆层上,损坏漆层的整洁,降低其表面絕緣性能,并且影响漆层与玻璃表面的粘附力。

6. 表面漆层全部干透后,才能进行粘貼箔片。

萊頓瓶的塗漆处理方法与上述方法相同,但需注意瓶内表面的清潔。硬橡胶零件的絕緣处理,只須用干布擦淨其表面。如果圓盤是用硬橡胶制的,而且盤面已变成灰白色,就必须用小刀刮去表面层或用砂紙磨掉表面层,直到全部显露烏黑色的表面为止。

(三)粘貼箔片

將鋁箔用酒精或汽油清洗晾干,按原样貼上,或按图8所示位置貼上。图中有細綫条的表示鋁箔,沒有細綫条的表示紙片,箔片与圓盤外緣的距离約15毫米。若原有鋁箔及紙片已损坏,可向仪器厂购买或用鋁箔及道林紙自行剪裁。

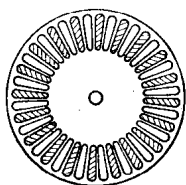


图 8

在直径为400毫米的圆盘上

貼20片鋁箔和20片紙片 下述工艺过程进行:

为了便于粘貼并保证质量,可按

1. 把厚0.1毫米左右的鋁箔在酒精灯上加熱,当鋁箔开

始变暗色就离开火焰,使它在空气中自然冷却。这样,铝箔就失去了弹性,贴平时不致卷曲。

2. 把铝箔放在桌面上整平,用毛笔涂一薄层均匀的浓缩自干绝缘清漆,再平整牢固的贴上一层棉纸。

3. 经 48 小时以上,当两者已粘附牢固,即可与道林纸一起分别剪成所需形状的铝箔和纸片(参看图 9)。

4. 在纸上画好玻璃盘及箔片的位置图。把涂有绝缘漆的玻璃盘放在纸上,使两者对准。

5. 用毛笔在铝箔和纸片背面细心涂一薄层均匀的浓缩自干绝缘清漆。这时需特别注意漆的用量。涂得过多,会使漆在粘贴箔片后从边缘挤出,损坏表面整洁。涂得过少,则不易贴牢。

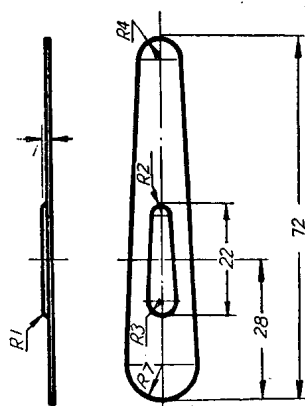


图 9

6. 使涂漆面向上,放置约 1—2 小时,待箔片上漆呈半干状态时,即可按图上位置贴在玻璃盘上。然后把玻璃盘穿在细棒上晾干。

7. 晾干箔片的过程中,应随时从玻璃背面检查所有箔片是否贴得牢固,若发现有少量不合要求的箔片,应加以整修或撕下重贴。若发现铝箔边缘有少量漆被挤出,在漆未干前,可用脱脂纱布蘸少量汽油把多余部分轻轻擦去。

8. 因为封盖在箔片下的漆很难干透,所以至少经一星期以上才能将贴好箔片的玻璃盘从支架上取下进行装配。