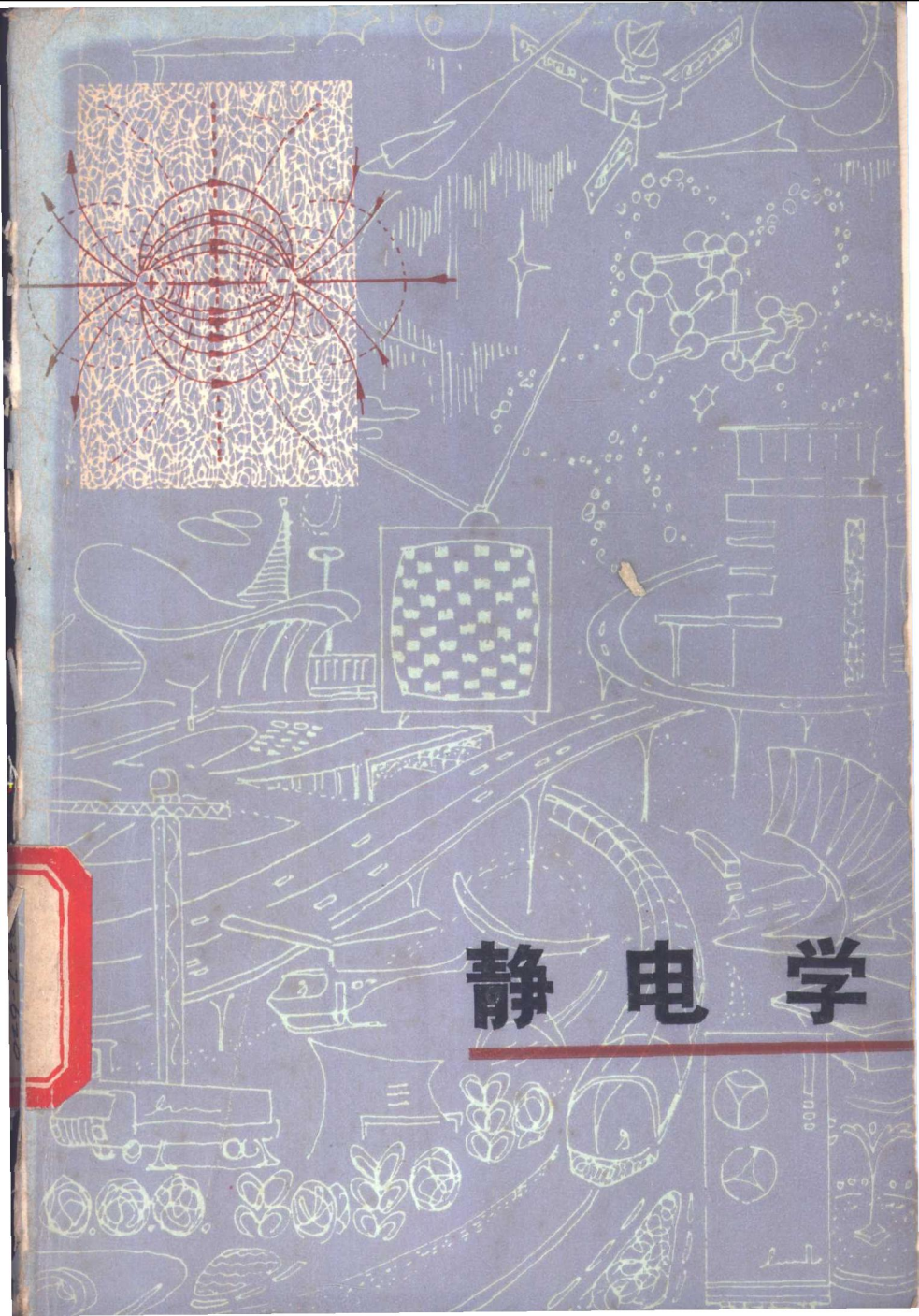




# 静电学

# 静 电 学

孙 怀 川 编

黑龙江人民出版社

1981年·哈尔滨

责任编辑：李秉千

封面设计：蒋 明

## 静 电 学

孙怀川 编

---

黑 龙 江 人 民 出 版 社 出 版

(哈尔滨市道里森林街 42 号)

黑龙江新华印刷厂印刷 黑龙江省新华书店发行

开本 787×1092 毫米 1/32·印张 4 12/16·字数 76,000

1981 年 5 月第 1 版 1981 年 5 月第 1 次印刷

印数 1—12,659

---

统一书号：13093·47 定 价： 0.40 元

## 出版说明

为加速实现四个现代化，迅速培养和造就大批又红又专的建设人材的需要，我们将陆续出版一套《中学生课外读物》。

这套读物包括数学、物理、化学、语文、历史、地理等基础知识和典型题解答几十种。这本《静电学》就是其中的一种。

本书以全国统编中学物理教学大纲为基础，适当扩大了知识范围，除比较全面、系统地讲述了静电学的基本概念和基本定律等基础知识外，还介绍了静电在工农业生产和科学技术中的应用。

本书可供中学生、知识青年自学之用，也可供中学物理教师教学参考。

本书经哈尔滨师范大学物理系张晋梗同志审阅。

## 目 录

|                |        |
|----------------|--------|
| 一 静电现象         | ( 1 )  |
| (一) 琥珀之谜       | ( 1 )  |
| (二) 两种电荷       | ( 2 )  |
| (三) 电子论        | ( 5 )  |
| (四) 导体、绝缘体和半导体 | ( 9 )  |
| (五) 验电器        | ( 11 ) |
| (六) 静电感应与感应起电  | ( 12 ) |
| (七) 导体上电荷的分布   | ( 15 ) |
| (八) 闪电与避雷      | ( 19 ) |
| (九) 库仑定律       | ( 21 ) |
| (十) 静电力的计算     | ( 27 ) |
| 二 电场           | ( 36 ) |
| (一) 电场         | ( 36 ) |
| (二) 电场强度       | ( 38 ) |
| (三) 电力线        | ( 43 ) |
| (四) 匀强电场       | ( 47 ) |
| (五) 高斯定理       | ( 47 ) |
| (六) 电场强度的计算    | ( 52 ) |
| 三 电势           | ( 60 ) |
| (一) 电场力所做的功    | ( 60 ) |

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| (二) 电势能 .....         | ( 63 ) |
| (三) 电势 .....          | ( 66 ) |
| (四) 电势差 .....         | ( 69 ) |
| (五) 等电势面 .....        | ( 72 ) |
| (六) 电势差与电场强度的关系 ..... | ( 74 ) |
| (七) 静电场中的导体 .....     | ( 76 ) |
| (八) 静电屏蔽 .....        | ( 78 ) |
| (九) 电势的计算 .....       | ( 81 ) |
| <b>四 电容</b> .....     | ( 90 ) |
| (一) 电容 .....          | ( 90 ) |
| (二) 电容器 .....         | ( 94 ) |
| (三) 电容器的击穿 .....      | (101)  |
| (四) 电容器的连接 .....      | (103)  |
| (五) 常用电容器 .....       | (108)  |
| (六) 电容的计算 .....       | (110)  |
| <b>五 静电的应用</b> .....  | (124)  |
| (一) 与静电的危害做斗争 .....   | (124)  |
| (二) 静电与农业 .....       | (126)  |
| (三) 静电与工业 .....       | (129)  |
| (四) 静电与科研 .....       | (132)  |
| 附录:                   |        |
| (一) 本书的基本公式 .....     | (137)  |
| (二) 单位与换算 .....       | (140)  |
| 练习题 .....             | (142)  |
| 练习题答案 .....           | (145)  |

# — 静电现象

## (一) 琥珀之谜

同学，你是否意识到，我们是生活在静电的世界之中？

当你拿起塑料梳子梳头时，你会听到有噼啪的声响；在阴雨的天气里，你可以看到耀眼的闪电；如果用一块绸子摩擦玻璃棒，你会发现玻璃棒能够吸引许多小纸屑；……这些奇妙的现象，就是静电。

在大自然里，广泛地存在着静电。我们就是生活在静电的海洋之中。

在奔腾的江河里，带着静电的电鳗在游动；在茂密的丛林中，带着静电的食虫草在捕食；就是我们身体的细胞里，也有静电存在；而我们赖以生存的大地，则是一个带有静电的庞然大物，它具有 50 万库仑的电量哩！

那么，静电的秘密是怎样发现的呢？

说起来话很长。据说在公元前七世纪，还是我国的周朝时期，古希腊有一个哲学家，名字叫做退利斯。退利斯仔细地研究了海滩上的一种透明的黄褐色石头，这种石头就是现在人们所谓的“琥珀”。有一天，退利斯发现了一个有趣的现象，当他使劲地摩擦这种美丽的石块时，石块就能吸引麦杆的小碎渣和一些轻小的羽毛。他感到非常奇怪，又取了些线丝、绒毛，也用这块石头去吸，结果，也被吸引起来了。

退利斯解释不了这个有趣的现象，就把这个发现记载下来，让后人去揭开这个“琥珀之谜”。其实，这就是现在我们所说的摩擦生电现象。

这种摩擦生电现象在我国发现得也很早。东汉时期，我国的著名学者王充，他写了一本叫做《论衡》的书，其中有一段“顿牟掇芥”的话。这是怎么回事呢？原来，这“顿牟”就是琥珀，“掇”就是拾取的意思，而“芥”则是轻小的物体。这就是说，琥珀能够吸引轻小的物体。可见，这和退利斯的发现是一样的。

可惜的是，这个极为重要的发现并没有引起人们的重视，被放弃了两千多年。直到十七世纪，英国物理学家吉尔勃才又重新研究这个“琥珀之谜”。

吉尔勃做了很多的试验。他发现物体被摩擦之后能吸引轻小物体的现象，并不是琥珀所独有的，象玻璃、火漆、胶木、宝石和水晶等，当它们和毛皮或丝绸摩擦之后，也能够吸引一些轻小的物体。

于是，吉尔勃就根据希腊文“琥珀”的字根制定了一个新名词，这就是“电”，而把能够吸引轻小东西的物体叫做“带电体”。

虽然吉尔勃没有解释这种奇妙的“带电现象”，然而却吸引了很多的科学家们去研究它。后来，人们认识了原子的结构，揭开了“琥珀之谜”，在电学的理论上和具体应用上都取得了一系列重大成就，大大地推动了科学技术的发展。

## (二) 两种电荷

我们把不同质料的物体相互摩擦后，吸引轻微物体的现



象叫做带电现象。只要具有能吸引轻小物体的性质，我们就说它带了电，或者说它有了电荷。我们还把这种处于带电状态的物体叫做**带电体**，使物体带电的过程叫做**起电**。象前面所讲的，用琥珀和毛皮相摩擦的方法使琥珀带电，就叫**摩擦起电**。

这样就提出了一个问题，是不是所有的带电体都带有同样的电荷呢？是有一种、两种，还是有很多种电荷呢？

为了回答这个问题，十八世纪的物理学家们做了很多的试验。现在我们也来做一个简单的试验，观察一个有趣的现象。

先取来两根玻璃棒，用绸子使劲地摩擦，使它们带电（图

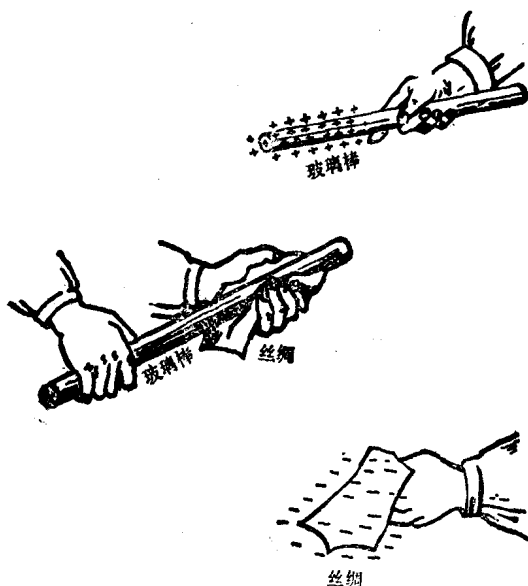


图1 摩擦生电

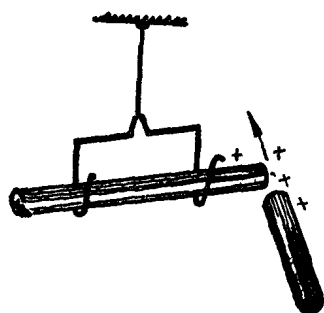


图2 同种电荷相互排斥

1)。然后，把其中的一根悬挂起来，再拿另一根靠近它，这时，我们就会发现被悬挂的一根玻璃棒发生了转动。它们相互排斥（图2）。

同样，再取来两根胶木棒，用毛皮使劲地摩擦，使它们也带电。然后把一根也悬挂起来，而拿另外一根靠近它，同样能够看到它们之间的排斥现象。

如果拿这根用毛皮摩擦过的胶木棒，去靠近那根用绸子摩擦后悬挂着的玻璃棒，我们就会发现它们之间不是相互排斥而是相互吸引了。

这个试验说明了三点：第一，电荷之间存在着相互作用力，这个力是排斥力或者是吸引力；第二，玻璃棒和胶木棒所带的电荷的性质是不相同的；第三，同种电荷相互排斥，异种电荷相互吸引。

1747年，美国物理学家富兰克林，他把用丝绸摩擦后玻璃棒上所带的电荷叫做**正电荷**，而把用毛皮摩擦后胶木棒上所带的电荷叫做**负电荷**。

后来，人们又做了很多的试验，采用了很多方法使物体起电，结果发现，物体所带的电荷，不是同胶木棒上所带的电荷相同，就是同玻璃棒上所带的电荷相同，从未发现过第三种电荷。

**事实证明，在自然界里，只存在着正、负两种电荷。**

### (三) 电 子 论

那么，电到底是什么？物体带电是怎么回事？这要用**电子论**来解释。

要想了解电子论的内容，就必须从物质的结构谈起。我们知道，自然界里的一切物体都是由很小的微粒——分子所组成的，分子是由更小的微粒——原子所组成的。然而原子也不是构成物质的最小微粒，它是由带正电的原子核以及外面绕着原子核高速旋转的带负电的电子组成的。

不同元素的原子有不同的结构。氢原子的结构是最简单的，它只有一个绕着原子核旋转的电子（图3）。而铜的原子结构就比较复杂了，它有29个电子绕核旋转。铀原子就更复杂了一些，它的核外有92个电

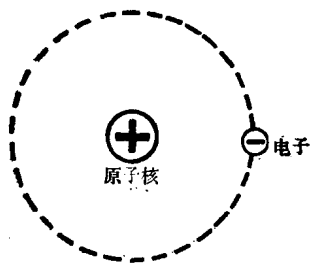


图3 氢原子

子。不过，无论是简单的原子还是复杂的原子，原子核所带的正电量，总是等于它的核外所有的电子带负电电量的总和。

那么，原子有多大呢？很微小，原子的直径只有  $2 \times 10^{-8} \sim 3 \times 10^{-8}$  厘米，如果把一亿个原子一个接一个地排成队，这个原子的队伍也不过一厘米长。

那么，原子核有多大呢？更小了，它的直径只相当于原子直径的几万分之一。至于电子那就更小了，它比原子核还要小得很多很多呢！各种元素的原子虽然不同，可是，所有的电子却都是相同的。

原子核虽然很小，然而，它却差不多集中了原子的全部质量，核外电子的质量是微乎其微的。经过科学家的精密测量，现在已经知道电子的质量是  $9.1 \times 10^{-31}$  公斤，约为氢原子质量的  $1/1840$ 。

电子所带的电量是  $-4.8 \times 10^{-10}$  静库，也就是  $-1.6 \times 10^{-19}$  库仑。这是已知的最小电荷，我们称为基本电荷，通常用  $e$  来表示。

在原子里，电子是分层地沿着各自的轨道不断地绕着原子核高速旋转的。电子的运动，可以看做是匀速圆周运动，原子核与电子之间的相互吸引力，就等于维持这种运动的向心力。

大家都知道我们所在的太阳系里的情况吧。水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星和冥王星这九大行星都在一刻不停地高速围绕着太阳旋转。它们分布在不同的轨道上，行星的质量很小，而太阳的质量却很大。请看，电子绕原子核的旋转运动，多么象行星绕着太阳旋转啊！所以，人们把原子的结构比做是小小的太阳系。然而，这个小小的“太阳系”的数目却亿亿万万数不尽！

原子的内部情况我们清楚了，这样，我们就能够解释各种带电现象了。利用电子的运动，以及原子核与原子之间的相互作用来解释各种带电现象的理论，就叫做**电子论**。

下面，我们就用电子论来解释几种简单的带电现象：

我们知道，在通常情况下，各种物体是不带电的。这是为什么呢？用电子论来解释，就是各种物体都是由原子组成的，原子又都是由带正电的原子核和带负电的核外电子组成

的。在通常情况下，每一个原子的核外电子所带的负电荷的总数与原子核所带的正电荷的总数相等，这样，正负两种电荷就恰好中和了，原子就是中性的。所以，在正常情况下物体也就是中性的，对外也就不显示带电现象。

使一个物体带电，实际上就是多给它一些电子，或者是从它那里拿去一些电子。如果物体得到多余的电子，物体就带负电；如果物体失去了电子，物体就带正电。

为什么摩擦可以生电呢？这是因为两个物体相互摩擦时，一个物体的一部分原子失去了电子，就带了正电；而另一个物体便得到了电子，电子多余了，就带了负电。一个物体失去的电子的总数和另一个物体获得的电子总数是相等的。因此，经过摩擦之后，两个物体不但带上了不同种类的电荷，而且，所带的异种电荷的数量也是相同的。

当我们把一个带电的物体同另一个不带电的物体接触的时候，就会发现，原来不带电的物体也带电了，而且所带电荷的种类和原来带电物体的所带电荷的种类相同。这是什么缘故呢？这是因为两个物体在接触的过程中，发生了电子转移的结果。如果原来的带电体带的是负电荷，那么，在接触的时候，带电的物体里的电子就要有一些转移到不带电的物体中去，结果两个物体都带上了负电荷。如果原来的带电体带的是正电荷，那么，在接触的时候，不带电的物体中的电子就要有一些转移到带正电荷的物体中去。这样，原来不带电的物体中就缺少了电子，因而也就带了正电荷，因此接触之后两个物体都上了正电荷。

如果我们将两个带有异种电荷物体相接触时，结果又会

怎样呢？这就看它们带电量的情况了，有可能都不带电，也可能都带正电或都带负电。让我们分别说明。

如果两个物体原来有等量的异种电荷，那么，在接触的时候，带负电荷的物体就把它多余的电子转移到带正电荷的物体中去。由于它们原来的带电量相等，也就是带负电荷物体多余的电子数量恰好等于带正电荷物体缺少的电子数量，因此，带负电的物体中的多余电子会全部转移到带正电的物体中去，结果，两个物体都不多余电子，也不缺少电子，它们就都不显电性，成了不带电的物体了。在电学中，我们把这种现象叫做电的**中和**。

如果两个带电的物体原来所带的异种电荷的电量不相等时，中和之后就会有多余电子或缺少电子。假如原来带负电荷的物体带电量多，在接触的时候，电子就要向带正电荷的物体中转移，与正电荷中和。由于正电荷数量少，中和之后，带负电荷的物体中仍有多余的电子，要继续转移，而使原来带正电荷的物体也多余了电子，这样，两个物体就都带了负电荷。假如原来带正电荷的物体带电量多，在接触的时候，带负电荷的物体中多余的电子在转移中和之后，原来带正电荷的物体还缺少电子，因而，原来带负电荷的物体中电子还要有一部分转移到带正电荷的物体中去，这就使两个物体都缺少电子，都带正电荷了。

从上面的分析我们可知，物体带电的过程，就是物体之间的电子重新分配的过程。一个物体失去一定数量的电子，必定有另一个物体获得相等数量的电子，因此可以说，**电荷是既不能消灭也不能创生的，这叫做电荷不灭定律或电荷守**

**恒定律。**

#### (四) 导体、绝缘体和半导体

如果使用一根铁棒碰一下带电体，你会感到麻手，这说明电荷通过铁棒把电荷传到了你的手上。如果你用一根玻璃棒去触带电体，你就不会有麻手触电的感觉了。这说明玻璃棒不像铁棒那样善于传导电荷。不同的物体对电荷的传导能力是不同的，按物体的导电性能不同，可以分为**导体**、**绝缘体**和**半导体**三类。

先谈谈什么是导体：

有一些物体，比如铜和铁，当我们用接触的方法使它们带电时，它们能把所得到的电荷迅速地传递出去。我们把这种能够迅速传导电荷的物体叫做**导电体**，简称为**导体**。自然界里的导体很多，各种金属材料，象金、银、铜、铝、钠、铁、锌、铅等都是很好的导体，这叫做金属导体。另外，还有一种导体，它们没有一定的形状，是成溶液状态，如酸、碱和盐的水溶液，也能够传导电荷，也是良好的导体，不过它们是靠离子导电的。我们人体和大地也是导体。

为什么金属能够导电呢？这是因为金属原子（还有碳原子）的最外层电子很容易脱离原子核的吸引范围，所以，一些最外层的电子就脱离了原子核的吸引，跑了出来，在原子之间作不规则的运动，这些电子叫做**自由电子**。如果金属物体的某一部分获得到多余的电子时，这些电子就以自由运动的状态移到其他部分去；如果金属物体的某一部分失去了电子时，其他部分的自由电子就移过来补充。这就是金属物体导

电的原理。我们把这种由于自由电子的运动而形成的导电现象叫做电子导电。

再谈谈什么是绝缘体：

有些物体，比如玻璃和橡皮，当我们用接触方法使它们带电时，它们不能把获得的电荷迅速地传递出去，而是长久地停留在接触过的部分，这种难以传递电荷的物体叫做绝缘体。也叫做电介质。自然界里的绝缘体也很多，象云母、玻璃、胶木、火漆、琥珀、丝绸、瓷器、橡皮和石蜡等等，都是很好的绝缘体。

绝缘体为什么难以导电呢？这是因为绝缘体里原子的最外层电子被原子核紧紧地吸引着，它很难脱离原子核的吸引范围，因此，自由电子就很少，导电能力就很弱。

最后，再来谈谈什么是半导体：

还有一些物体，比如锗和硅，它们的导电能力既不象导体那样强，也不象绝缘体那样弱，而是介于导体和绝缘体之间，这类物体叫做半导体。一些非金属晶体，例如前面谈到的锗和硅，以及树木和大理石等等都是半导体。

以前，人们错误地认为半导体是没有什么用途的，在很长的时间内不受人们的重视，遭到了冷遇。直到近几十年来，人们才转变了看法，半导体技术飞速发展起来，在现代化的建设上发挥着巨大的作用。

为什么半导体的导电性能介于导体和绝缘体之间呢？这是因为半导体里的自由电子比导体里的自由电子少，但比起绝缘体里的自由电子又多，或者是在常温下自由电子并不多，但是随着温度的升高，自由电子的数目却增加起来。所以半



导体的导电性能既不如导体那样强，也不象绝缘体那样弱，而介于两者之间。

应该说明的是导体、绝缘体和半导体它们之间并没有确定的界限，只是它们在导电的程度上有着大小的差别。

## (五) 验 电 器

电既然看不见，那么能不能检验出一个物体是不是带电呢？回答是：能。

**验电器**就是一种用来检验物体是否带电和带哪一种电荷的仪器。

通常使用的一种验电器叫做金箔验电器，它是利用同种电荷相排斥、异种电荷相吸引的相互作用特性而制成的（图4）。其中  $C$  是一个金属球，在金属球的下面接一个金属杆  $D$ ，

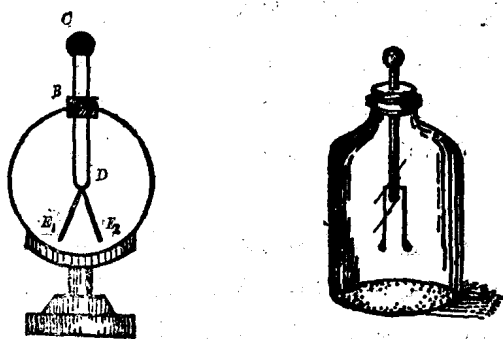


图4 金箔验电器

两片极薄的金箔  $E_1$  和  $E_2$  装在金属杆  $D$  的下端，再用一个绝缘体  $B$  把金属杆固定在一只有玻璃窗的金属盒子里或玻璃瓶里。