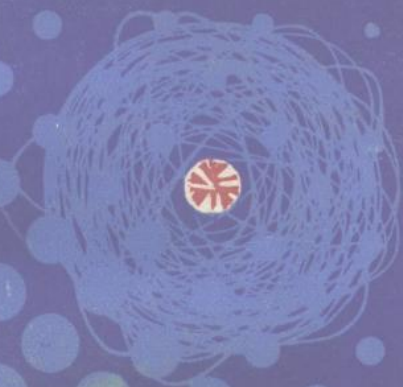




电子的基本概念

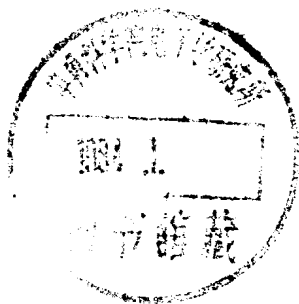
赵保经 编著

53.611

730

电子的基本概念

赵保经 编著



科学技术文献出版社

1983

1111124

电 子 的 基 本 概 念

赵保经 编著

科学技术文献出版社出版

中国科学技术情报研究所印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

◆

开本: $787 \times 1092^{1/32}$ 印张: 5.125 字数: 106千字

1983年10月北京第一版第一次印刷

印数: 1—17,120 册

科技新书目: 56—73

统一书号: 15176·594 定价: 0.68 元

前 言

当今人类生活在五光十色、异彩纷呈的电子世界中。人们凭借自己的智慧，驯服、驾驭和控制了微不可见的电子，使它乖乖地听从人们的使唤，为人们进行各种各样的出色劳动。

呈现在大家面前的这一本《电子的基本概念》是一本系统地描绘电子基本概念的小册子。它不仅饶有趣味地回答了“电子是啥东西？”和“它从哪儿来的？”这一类问题，而且以取譬论喻的方式，通俗而深入地剖析和介绍了电子的种种行为，形象地揭露了电流、光、磁和电磁波的本质。

作者并不以向读者平铺直叙地介绍有关电子的基本知识为满足，而是力图描写出科学推理的自然过程，不仅向读者介绍电子的性质和行为是啥样的，更重要的是剖析它为啥会有那些奇特的宏观行为。这里既有缜密的观察，更有丰富的想象和举一反三的联想。

本书完全摒弃繁冗的数学计算和高深的理论论述。以通俗的语言和人们生活中经常碰到的例子，来阐明科学概念，这是作者写作本书的初衷。当你细细读完本书后，作者有理由相信，书中的许多内容将构成你终生难忘的概念。

作 者

1982. 9.

目 录

一、探索电的秘密.....	(1)
电是什么?	(1)
地面上的电和天空中的电是相同的吗?	(1)
所有的电都是相同的.....	(4)
探索电的本质和寻找产生电的源由.....	(6)
二、电子的发现.....	(7)
电子发现前人们对电的认识.....	(7)
电子的实验发现.....	(9)
三、电子是从哪儿来的?	(13)
电子存在于物质之中.....	(13)
电子环绕原子核打转.....	(14)
原子内部所蕴藏的电.....	(17)
原子核对电子的吸引力.....	(18)
从原子中“解放”出来的电子.....	(19)
四、电子的一些性质.....	(23)
电子有多大?	(23)
电子有多重?	(24)
单个电子所带的电量.....	(25)
五、电子的流动.....	(27)
电子在导线中流动.....	(27)
电流——电子的定向流动.....	(29)
对电子施加压力.....	(31)

电子流动时碰到的阻力	(33)
电流在导线上的快速传输	(36)
六、电子会做功	(37)
你为什么要付电费?	(37)
电子的循环流动(电流循环)	(38)
电池或发电机所作的功	(40)
你用掉的是电能(电的能量)而不是电本身	(43)
七、化合物——电子活动的产物	(44)
景象万千的物质世界	(44)
电子将同一种原子联结成分子	(46)
电子促成了异种原子的化合——新物质的产生	(49)
八、揭开摩擦起电和冷热传递之谜	(53)
玻璃棒为什么能吸起纸屑?	(53)
为什么有许多物体不出现摩擦起电现象?	(54)
自由电子是热量的“搬运伙”	(56)
为什么有不同的冷热感觉?	(57)
九、电子的跳跃产生了光	(59)
光和电有密切关系	(59)
原子内部的电子能级	(61)
原子世界中的能量单位	(62)
释放电子所需的能量	(63)
会发光的原子	(65)
不同颜色 and 不同波长的光的产生	(68)
来自原子内部的“光使者”	(72)
电子跃迁的能量从哪儿来?	(74)

十、电子的运动产生了磁	(83)
磁是什么?	(83)
人类对电和磁认识的反复.....	(85)
奥斯特等人的发现.....	(88)
安培的假说.....	(91)
地球为什么是一个大磁体.....	(96)
原子内部的磁场.....	(101)
动物和人体内的磁性.....	(104)
电生磁和磁生电.....	(105)
十一、电子的振动产生电磁波	(110)
电磁波的“海洋”	(110)
波和波动.....	(110)
电场和磁场.....	(115)
电子的振动引起电磁场的振动.....	(118)
振动的电磁场在空间的传播——电磁波.....	(121)
电磁场在空间里是如何传播的?	(121)
电磁波的传播速度.....	(127)
电磁场也是一种物质.....	(131)
电磁波的频谱和无线电波.....	(134)
驱使电子振动的振荡电路.....	(137)
振荡电路内电场和磁场能量的相互转换.....	(143)
不同频率无线电波的获得.....	(149)

一、探索电的秘密

电 是 什 么？

自古到今，没有一个人亲眼看见过电，但现在不会有人怀疑电的存在。当你用手触到裸露着的通电导线时，你就会感到一阵电击（触电）；当你合上家中的电灯开关时，室内呈现一片光亮；人们只要轻轻地按一下电钮，巨大的水闸就会冉冉升起，使滚滚的江流奔腾向前；还有……

没有哪一个地方或部门不需要电。照明需要电，开动机器需要电，驱动马达需要电，加热物体需要电，通信联络需要电……总之，人类的生产和生活都需要电。电，这个从未为人们亲眼见过的“幽灵”，对我们现代人来说，真如水与空气那样地重要。它大大地推进了人类社会的文明进程，促进了科学技术的全面发展，使全人类沐浴在电气文明灵光之中。

电打从哪儿来的？也许你会说，电是从发电厂输送出来的。是的，通过纵横交错般的电的“河流”——蛛网状的电线，发电厂把强大的电力源源不断地输送到各个地方、各所房子。但是你可曾知道，从电的本质来说，电是到处存在着的，只要有物质存在的地方，就有电存在着，甚至连你的身体也是产生电的源泉。

电究竟是什么？千百年来，人们一直在探索电的秘密，但只有到了近代电子理论创立后，人们才真正搞清楚电的本

质及产生电的源由。

地面上的电和天空中的电是相同的吗？

早在两千五百多年前，古希腊著名哲学家泰勒斯在人类历史上第一次记载了摩擦起电现象。他发现用毛皮摩擦琥珀——一种透明的黄褐色石块后，琥珀就能够吸引麦杆的碎渣、小片的羽毛或轻小物体。琥珀在希腊文中称作“*Electran*”，现在英文里的电“*Electricity*”就是从希腊文的琥珀这个字源引来的。

以后人们又陆续发现，不仅摩擦琥珀可以起电，而且其他许多种物体——象玻璃棒、火漆、硫磺，蜂蜡和宝白等几种物体，经过摩擦后同样能象琥珀那样吸引纸屑等轻小物体。人们于是把凡是能产生电的物体统统称为“电体”，而将经摩擦后不能起电的物体称为“非电体”。

从泰勒斯发现物体摩擦起电现象后，时间过去了二千二百多年。在这漫长的岁月中，人们对电的认识仍是十分迷糊。那时摩擦起电不仅是人们在地面上看到的唯一电现象，而且也是人们获得电的唯一方法。

到了十八世纪中期，荷兰莱顿城的居民和学者发明了一种能够贮存电的瓶子——莱顿蓄电瓶（图1-1）。这是一只在瓶内外壁上都贴附着金属箔片的大玻璃瓶。当瓶内盛有水时，物体经摩擦产生的电就能通过插入瓶中的金属杆A被贮存起来。现在我们知道，莱顿蓄电瓶就相当于一个常见的平行板电容器；瓶子内外两层金属箔片即是平行板电容器的两块平板电极；玻璃瓶本身就作为电容器的两平板电极之间的绝缘介质。摩擦产生的电通过金属杆A以及与杆相接触的

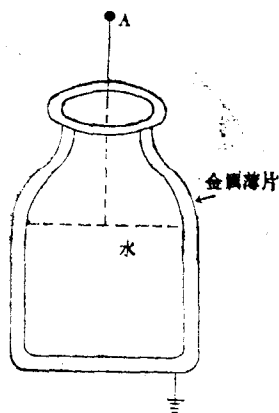


图 1-1

水，积贮于贴附在瓶壁的金属箔片上。

莱顿蓄电瓶的发明帮了当时科学家的大忙，因为在此以前，“电”真如灵幽一样，转瞬即逝。有了莱顿蓄电瓶，科学家们才有可能将由摩擦产生出来的电点点滴滴地积贮起来，从而可以对电进行详细的研究。

除了摩擦起电现象外，是否也存在着其他的电现象呢？这是时时回萦在当时科学家们脑海中的疑团。

读者大概都有这样的经历——当偶然不小心而把通电导线碰地或者把两根通市电的电线相碰时，就会出现耀眼的电火花和响亮的噼啪声。那时当人们开始发现莱顿蓄电瓶的内、外两个电极（金属箔片）相碰放电而迸发出闪烁的火花和噼啪的响声时，很自然地马上会联想到千百年来人们司空见惯的夏日天空中的闪电和雷鸣现象，这是否也是天空中带电的云层在剧烈地进行放电呢？

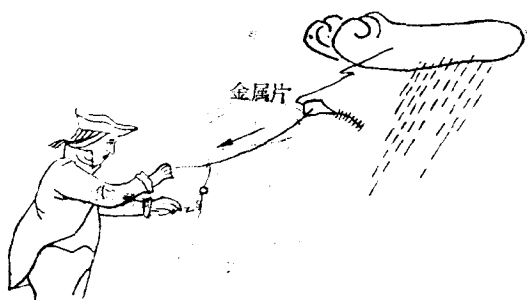


图 1-2

1752年7月的某一天，天空乌云密布，雷声隆隆，电光闪闪，美国著名科学家富兰克林在费城进行了一次大胆的科学冒险——天电试验。他向高空放一个风筝，在风筝的下端系着一块金属片，并用一根细长的丝质导线与此金属片连接着（图1-2）。突然间，金属片被云层的电吸引住了，云层所带的电——天电通过金属片和与其相连的细长导线，居然被导引到了地面上。富兰克林将被导引到地面上的天电与摩擦各种物体所得到的电进行了仔细的分析比较。他惊奇地发现，两者是相同的。从此，数千年来受人膜拜的雷神失去了它的尊严；世人第一次科学地认识到：威力无比的雷电原来不是什么上帝对世人“罪恶”的惩罚手段，而只不过是千千万万个自然现象中的一个而已。

于是人们开始知道：不仅地面上有电，天空中有电存在，而且地面上物体摩擦产生的地电与天电是相同的。

所有的电都是相同的

历史把人们带到了十八世纪末期。这时电学已逐渐成为

时髦的科学，燃起了更多科学家们对电的探求热情。

1780年，有一位名叫伽伐尼的意大利解剖学教授在作青蛙的解剖实验时，当他将一只死青蛙的大腿悬挂在铜钩上，并用钢刀触及蛙腿的神经时，蛙腿竟然意外地出现了抖动现象。后来经过研究知道，蛙腿肌肉的抖动是由于当钢刀触及蛙大腿的神经时，有一股电流（电的流动）通过了蛙腿肌肉的缘故，而电流的出现则是因为铜钩和钢刀这两种不同种类的金属同时接触蛙腿而引起的。这个现象不仅使人们得知通过两种不同金属的相互接触，正如通过物体的相互摩擦一样，可以产生电，而且知道了电能够沿着某些物体（导体）流动。

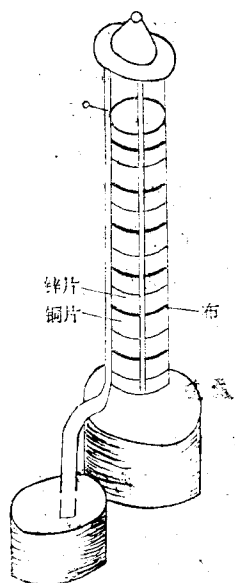


图 1-3

1800年，另一个著名的意大利科学家伏特从上述伽伐尼所作的不同金属接触蛙腿时产生电流的实验中得到启发。他在铜片和锌片之间间隔以能导电的物体，创造成功了化学电池（当时称伏特电池，见图1-3。这是现代干电池的原型）。这是继摩擦起电和导引天电的方法后人们获得电的另一个方法。

1831年订书徒工出身的伟大英国科学家法拉第发现了震动世界的电磁感应现象——当磁铁插入或抽出金属导线绕成的线圈时，线圈中就有电流流过（现代巨大的发电机正是基于电磁感应现象而建造起来的）。

那时呈现在人们面前的已不是单一

的通过物体的相互摩擦而产生的电，而是各种不同来源的电，因为除了地面上摩擦物体产生的电外，尚有天电（天空云层所带的电）、化学电（化学电池产生的电）、感应电（通过电磁感应产生的电）和其他来源的电。显然，要探索电的本质和物体带电的秘密，首先必须搞清楚：所有已发现的或通过各种不同方法产生的电是否都是完全相同的？因为如果各种不同来源的电是各不相同的话，那么我们需要对各种不同性质的“电”进行分门别类的研究和探明它们各自的本质了。

法拉第勇敢地担当起电的鉴别师的角色。他将当时通过各种方法可能得到的各种来源的电进行了反复的比较和试验，最后他惊讶地发现：各种不同来源的电，无论是从天上取得的，还是从地面上通过不同方法得到的，除了数量和强度有多少和强弱的区别外，都具有完全相同的性质，都显示同样的电现象。因此法拉第下了一个明确的结论，他宣布：

“不管电的来源如何不相同，它的本质总是相同的。”

于是人们在探索电本质的征途上无需对各种来源的电进行逐一的研究探索，宛如我们研究纯水时无需区别水的不同来源一样。

探索电的本质和寻找产生电的源由

既然许许多多种物体经过摩擦后都能起电（产生电），那么是否有理由认为，物体内部一定存在着电；当物体经摩擦后，蕴藏在物体内部的电就释放出来了。于是富兰克林大胆地提出了“一切物体都包含着电”这一著名论点。

如果富兰克林的见解是正确的话，那么“电”这东西似

乎是构成物体的最基本材料之一了。

法拉第证实了所有不同来源和用不同方法得到的电，在本质上都是完全相同的。这似乎又进一步向人们启示：电不仅是构成物体的最基本材料之一，而且作为构成物体的基本材料之一的电都是相同的。

这就启示人们，要探索电的本质和揭示产生电的源由，以及物体带电的秘密，我们不仅必须研究和观察电的宏观现象，而且需要从物质内部去寻找构成物质的电的单元材料。

于是科学家们开始将探索电的秘密与探索物质结构两者紧密地结合起来，这就首先导致本书的“主人公”——电子的发现。

二、电 子 的 发 现

电子发现前人们对电的认识

摩擦为什么能够起电？经过摩擦的物体为啥能吸引轻小的物体？三百多年前一些科学家认为电是一种看不见的奇妙液体。他们想象：在那些经过摩擦可以起电的物体中存在着一种看不见的无形流体，当摩擦物体时，这种看不见的流体就悄悄地从被摩擦的物体中流了出来，吸引邻近轻小的东西。

这种见解现在看来甚至连小学生也会觉得可笑，但在电学的迷惘时期却被许多人认为是千真万确的真理，甚至连十七世纪最负盛名的大科学家牛顿也认为在带电的物体内部有

一种特殊的液体在流动。

到了十八世纪时又有人提出电是一种神秘的“电素”的学说。正如那时风行的各种“素”理论一样，人们把一切都归结为“素”的作用——物体发热是因为物体内部积聚了“热素”的缘故；物体的弹性是由于它含有“弹性素”，物体的可燃烧性质是因它包含着“燃素”；磁石或磁铁所显示的磁性则是由于所谓的“磁素”引起的……当然，由此推论，物体的带电应是“电素”引起的。

但是这些被称为“素”的东西究竟是什么东西呢？谁也不知道，因为无论是早期所提出的“热素”、“燃素”，还是新冒出来的“电素”，不仅从来没有被人看见过和摸着过，更重要的，它们从未被实验发现或证实过。

因此，这些“素”的见解，与其说是解释现象的理论，还不如说是回避问题的挡箭牌和对事物懵然无知的代名词。

到了1733年，一个名叫杜·费的法国人通过多次实验的观察，他认为存在两种异性的电——一种是负性的（负电），另一种是正性的（正电），这两种异性电相互吸引，而同是负性或者同是正性的电却表现出相互排斥的现象。这就是现在大家都知道的异性电相吸、同性电相斥的现象。

时间又过去了十余年，到十八世纪四十年代，富兰克林进一步提出了物体为什么会带正电或负电的原因。他认为这是由于带电物体相互之间进行电的分配而引起的。他并且提出了电的“粒子学说”，即一切电都是由无数个微小的荷电的粒子组成的，富兰克林管这种电的粒子称为“电荷”。这可以说是近代电子论的第一级梯子，因为在这里富兰克林已勾勒出—个关于电子的模糊轮廓。

发展到了十九世纪初期，一些科学家们明确地提出了电子概念。他们认为在物体之中存在着——一颗颗微小的带电粒子——电子，电流就是电子的流动造成的。这一正确的见解更进一步逼近了近代电子论。

几千年来，在探索电的本质和寻找电的源由的迢迢征途上，人类就是这样一步一阶艰难地摸索前进。到十九世纪初，一个粗糙的电子概念终于首先被提出来了，这标志着电学研究的大突破。按理说人们完全可以通过这个已打开了的电的缺口，迳直的深入到电子世界中去，从而加速近代电子论的建立。但是在通向电子论的门槛上横踞着一个巨大的障碍物。当时电的液体概念已根深蒂固地盘踞在许多人的脑海中，特别是由于提倡电的液体学说的人中包括了象牛顿那样万方景仰的伟大学者，因此信仰代替了科学，偏见拒绝了真理。有关电的正确的电子概念和学说竟遭到众多人的反对和非议；早期的电子论即使在科学界中也未能引起应有的共鸣。

看来，在电的液体学说以君临一切的姿态统治当时科学界时，要想冲破旧理论的羈束，使电学从液体学说中彻底解放出来，不拿出确凿的证据和活生生的实验结果来，是不行的。

于是人们想方设法用实验去证明电子的存在。

电 子 的 实 验 发 现

从十九世纪三十年代末期开始，人们陆续发现电流不仅可以通过金属导体或导线，而且它还可以从稀薄气体中通过。这就是所谓稀薄气体放电现象。

按照电的液体学说——电是一种看不见的液体，那么根据观察到的许多稀薄气体放电现象，难道说液态的电可以无拘无束地飞越过空气稀薄的空间吗？

1879年，英国科学家克鲁克斯在前人实验的基础上做了一个很有趣的实验，这就是著名的克鲁克斯实验。

在一根抽成较高真空的玻璃管两端各封接一个金属电极（图2-1），当在两个电极之间施加近千伏的高压（加有负电压的一端称作阴极；连接正电压的电极则称为阳极）时，正对阴极的玻璃管壁上竟然出现了类同阴极面积大小的闪烁的光辉，好象是从阴极发射出了一种奇怪的射线。这种射线笔直地射到阴极对面的管壁上，使管壁出现亮光。人们把这种射线叫做阴极射线。

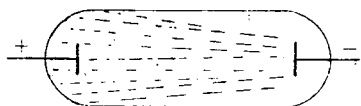


图 2-1

为了验证阴极射线的存在和探明它的本质，人们在玻璃管内的阴极前面安置了一块“+”字形的云母片（图2-2），看

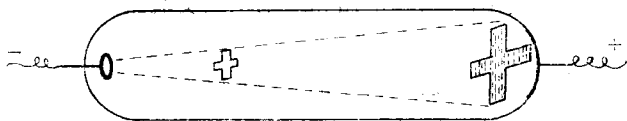


图 2-2

看是否真有什么东西从阴极射出来，打到管壁上。果然，当加置了云母片后，在玻壁上出现了很清晰的“+”暗形。于是人们才敢断言：从阴极确实射出了一股射线，而且射线是象