

物理教学法

第三册

物理教学法教研室 編

吉林师范大学

D4-42

04-02

13.3-15

2/3

主编：刘永才

5-2/3

物理教学法教研室编

物理教学法教研室编

物理教学法

第三册

物理教学法教研室 編

本书由齐庆升主编

第一、二、三册由齐庆升编写，第四册

由安忠、孙景春等同志编写。

物理教学法教研室

物理教学法 第三册

吉林师范大学出版(长春斯大林大街)

吉林师范大学印刷厂印刷

120千字·787×1092毫米 $\frac{1}{25}$ ·5 $\frac{3}{4}$ 印张4插页

1963年12月修订第1版 第1次印刷

印数: 1—560

目 录

第二編 (續) 高中物理教材教法分析

第三章 电 学	3
§ 1. 电 場	5
§ 2. 稳恒电流	21
§ 3. 液体中的电流	37
§ 4. 气体中的电流	40
§ 5. 磁 場	45
§ 6. 电磁感应	48
§ 7. 交 流 电	53
§ 8. 电磁振蕩和电磁波	83
第四章 光 学	92
§ 1. 光的传播	93
§ 2. 光的波动性	118
§ 3. 光的粒子性	125
第五章 原子物理	128

第二編 (續)

高中物理教材教法分析

第二編 (附)

高中物理教學法

第三章 电 学

高中电学教材是在学生已经学过初中电学初步知识的基础上编排的，不但对有关现象要深入研究，而且要在更大的范围内从电子论的观点解释各种现象。其中有些新概念，如电场、电场强度、电势、电动势、磁场、磁场强度、交流电、自感现象和电磁振荡、电磁波等都是学生不易理解的，教学必须充分掌握教材内容的深度广度和教学方法，才能收到较好效果。

本编教材的系统性，体现在以下几点：

1. 首先从静电现象的观察出发，归纳出点电荷间相互作用的规律——库仑定律。以库仑定律为基础，引出电场的概念。然后，根据电场对其中检验电荷的作用和在电场中移动电荷需要作功等引出电场强度、电势和电势差这三个物理量，来表征电场的物理性质。

2. 在点电荷电场的理论基础上，研究导体上电荷分布的情况和静电平衡的条件，进一步研究导体的电容和电容器的电容。

3. 在静电学的知识基础上引出电流概念，并研究电流形成的条件、电流强度和方向，从而理解稳恒电流的意义。

4. 为了研究稳恒电流的规律，首先明确电源的物理性质和导体的物理性质，从而引出电源的电动势和导体的电阻这两个物理量；掌握根据实际的需要应用电池组获得不同电动势的方法和改变电路电阻的方法，进一步研究全电路欧姆定律。

5. 根据在闭合电路中电场力移动电荷作功（电流作功）是电能转变成其它形式的能的过程，归纳出焦耳—楞次定律、法拉第电解定律和安培右手定则。这些定律和定则是电流的热效应、化学效应和磁效应的基本规律。

6. 通过电磁感应现象的研究，总结出楞次定律和法拉第电磁感应

定律。在这两个定律的基础上再研究自感现象、电机原理、交流电和变压器原理等。

7. 在电容和电感的知识基础上研究振荡电路发生振荡电流的过程，从而获得电磁振荡和电磁波等概念。最后，研究电磁波的发射和接收的大意，以及电子管的检波和放大的作用。

从上述教材的系统性可知，高中电学教材从一开始就介绍电子论的概念，因而使教材具有较大的严密性、系统性和逻辑性。讲述电子论时，适当注意人们对于电的本性的认识过程和电子论的发展史略是有好处的，例如“带电粒子”观念的产生，关于基本粒子、正电荷和负电荷的发现等。当然在这里要指出电子论的建立对于现代科学发展的伟大意义。

在电学教学中必须充分注意理论联系实际的问题，在教材的各个部分里都必须尽可能地使理论论证和其在生活与生产中的应用结合起来。电学教学对于进行生产技术教育有很多丰富的内容。

学生应该明确理解电能在我国社会主义建设中的广泛应用；学生应该理解我国电力化的宏伟前景。

在电学这一编教学的导言中要说明电在现代科学、技术、我国社会主义建设和文化发展中的重要意义。导言可以从概述电学发展的简史开始。

介绍电学发展史时，应指出电在未获得实际应用之前（19世纪以前），电学的发展是非常缓慢的。19世纪前半期就已建立了电流的基本定律。这些定律的发现给弱电流的应用奠定了基础。1831年法拉第发现了电磁感应现象，而为现代电工学奠定了基础。法拉第的研究（1833年—1836年）是从电化学和关于物质的电的结构学说开始的。同时电化学发展了，因而产生了化学工业。

到19世纪的后半期解决了电在实际应用中的重大问题，如发明和改进了电话、电报、电动机和发电机，其中尤为突出的是变压器的发明。这样就使电能的远距离输送成为可能。

19世纪60年代麦克斯韦从理论上得知电磁波的存在和它的传播速度——等于光速。到1888年赫芝在实验中证明了麦克斯韦的理论。1895年

俄国学者波波夫又发明了无线电发射和接收装置。20世纪以后又改进了电子管，尤其最近二十几年无线电电子学的发展更是大踏步向前发展着。这些研究和发展对现代各方面的科学研究都具有很重大的意义。

当然，在这里应该简要地介绍一下我国，特别是1958年以来电力化的情况和电学方面的科学研究的发展情况。

§ 1. 电 场

教材内容 电荷、电量、库仑定律、介电常数、电荷在导体上的分布、用电子论来说明带电现象；电场、电场强度、匀强电场；在匀强电场中移动电荷所作的功、电势和电势差、电势差的单位、静电计；电容、电容的单位、电容器、可变电容器。

单元概述 关于静电现象，学生在初中已经学过。高中教材关于电场知识就是在初中静电知识的基础上编排的。而在这里要对静电现象做进一步的研究，并作一定程度的定量研究。本单元的中心问题是对电场性质的探讨，从而抽出电场强度和电势这两个新的物理量。为了建立电场强度概念，首先要研究电荷之间的相互作用力——库仑力，研究这种力的作用规律——库仑定律，由此提出电场的概念，明确电荷的相互作用是电场对电荷的作用的结果，而不是电荷的直接作用。这样，就得出电场的一个属性——电场强度。电荷处在电场的某一位置时，要受到电场力的作用，这个力的大小，首先由电场该点的性质来决定。从而抽出电场强度概念。然后再根据电荷在电场中移动时电场力做功的事实，引出电势的概念。电场强度和电势是反映电场特性的两个物理量，它们不仅是静电场理论的重要内容，而且是研究下章的电荷定向移动——电流规律的理论基础。

以上仅就点电荷的静电场的性质加以研究，进而研究孤立导体的静电场和导体上静电平衡条件，最后再研究导体的电容。这些内容都是以电场强度和电势概念为基础来逐渐深入静电知识的。

总之，本单元教材，是从静电现象的观察出发，找出带电的特征，总结出库仑定律。在库仑定律的基础上，研究理论的点电荷的静电场、孤立导体的静电场、导体上电荷的平衡条件，然后过渡到研究导体的电

容。

学生在学习分子物理学中对于物质的分子结构已经有了初步认识。通过本单元电子论和电场的学习，可以扩展他们的物质观念和他们对物质的微观结构的认识。这样，为以后学习磁场、电磁场、物理光学和原子结构等作了一定的知识准备；反过来，以后各编的学习，又不断地补充他们对“场”的理解。

講授要点：

第一部分

1. 1956年教学大纲把电子论编在这一部分教材之末，采用“用电子论来说明带电现象”。我们认为，根据教学大纲的基本要求，“高中三年级电学教学中，比起初中三年级来，应该在更大的范围内从电子论的观点来解释各种电现象”（参看1956年大纲高中大纲说明），电子论大意应该编在教材的一开始。这样作，学生是可以接受的，因为学生在初中三年已经学过了基本电学现象，并对电子论的基本内容也知道了一些。这样，一方面可以把电子论讲得具体一些，也可以使以后的讲解更有理论根据。

在20世纪初叶，人们已经认识原子并不是组成物质的最基本质粒；它是由带着正电的原子核和围绕着原子核而循着一定轨道旋转着的带负电的电子所组成。

不同元素原子的电子数不同，最简单的氢原子只有一个电子，而铀原子则有92个电子。原子核所带的正电量总是等于它的全部核外电子所带的负电量的总和。

原子的质量差不多完全集中在原子核里，电子的质量是很小的，几乎等于氢原子质量的 $\frac{1}{1840}$ ，只有 9.11×10^{-28} 克。

每个电子所带的电量，是已知的最小电量，等于 4.8×10^{-10} 静电系单位电量，也就是 1.6×10^{-19} 库仑。

如果把原子和原子核都看成球体，则原子直径要比原子核直径大一万倍；虽如此，原子直径仍不过是 $2 \times 10^{-8} \sim 3 \times 10^{-8}$ 厘米。原子的直径就是原子的最外层电子轨道的直径。

原子中的电子和行星围绕太阳运动一样，分层地按着各自的轨道绕原子核旋转。电子绕核的运动可以近似地看做匀速圆周运动；电子就是依靠它与核间的库仑力维持着这种运动。

2. 带电现象 物体是由原子组成的，原子是中性的，所以不带电的物体都是中性的，就是它带有等量的正电和负电。如果物体失去了一些电子，它就呈现带正电现象；如果它获得了一些电子，就呈现带负电现象。使物体带电一般有下列方法：

(1) 接触带电 当我们使两种不同物体表面互相接触时，就有一部分具有较高的运动速度的电子从一个物体跑到另一个物体里。如果前一个物体里的电子减少，而后一个物体里电子就过多。所以前者呈现带正电现象，而后者呈现带负电现象，物体接触发生电子交换的现象叫做电子扩散。两个物体接触时，如果发生电子扩散，结果产生两种异名、量值相等的电。一般我们说的摩擦起电，实际就是两个物体的互相接触带电。

(2) 传导带电 不带电物体与带电物体接触，由于电子转移，结果引起电子在两物体间重新分配，两物体都带同种电；如果两个带有等量异种电的绝缘导体相接触，由于电子的转移，就呈现中和现象。若两物体原来所带的异种电量不等，中和后有多余电子，则两物体都带负电；如中和后缺少电子，则两物体都带正电。

一般把传导带电叫做“接触带电”。严格讲来，是不够正确的。

(3) 感应带电 在绝缘导体近旁有带电体存在时，由于同种电相斥，异种电相引的作用，即呈现电的分离现象；若在施感带电体（即原带电体）移开之前，使绝缘导体瞬时接地，则由于电子的转移，使绝缘导体带有与施感带电体相异的电。

总结以上，我们说：物体的带电过程就是物体之间的电子重新分配的过程。

在这里用电子论的观点分析一下学生在初中学过的导体和绝缘体，是有好处的。

3. 电荷和电量 物体若具有吸引轻小物体的特性，我们就说这个物体带了电，或者说这个物体上有了电荷。这个物体就叫做带电体。习惯

上有时也把小的带电体叫做电荷，例如我们说，在某处有一个电荷等等。

电量是学习电学里接触到的第一个新的物理量。应当，有意识地让学生领会到，引出这个物理量的事实基础、引出这个物理量的目的，以及量度它的方法。至于电量单位，则必须在讲完库仑定律再来规定。

引用这个物理量的根据是：不同的带电体对于同一个轻小物体（或另一个小带电体）在等距离情况下的作用力不同，这说明电荷有一定量值，有大有小。我们引用电量来表征电荷的多少。因此，比较电荷大小或电量大小，必须测定它们在一定条件下对特定的检验电荷的作用力的大小。

4. 库仑定律 在学生已经理解了电荷间有相互的作用，同种电荷相排斥，异种电荷相吸引之后，就应当引导学生考虑电荷之间相互作用力的大小和哪些条件有关。然后提出历史上法国人库仑根据实验建立库仑定律的简单情况。此时，可以给学生观看库仑扭秤的模型或挂图。至于如何应用扭秤确定两电荷的作用力问题，在课内可以不予介绍，只布置给有能力的学生在课外活动中研究之。

库仑定律应该叙述为：两个点电荷间的相互作用力的方向在两个点电荷的连线上，作用力的大小跟每个电荷的电量成正比，跟它们距离的平方成反比。

这个定律只适用于两个相对静止的点电荷。所谓点电荷就是指这样的带电体：它们的大小比它们之间的距离小得很多。

在这里必须指出，两个电荷的作用力，总是大小相等、方向相反的。

从定律的表述内容建立公式时，应该注意导出过程，并注意交待清楚各个量之间的联系，尤其要指出比例系数 K 的意义和它的单位。

5. 电量的单位 根据库仑定律就可以规定电量的单位，在厘米·克·秒单位制里我们这样规定：在真空中两个等量的点电荷，相距1厘米，若相互作用力恰为1达因，我们就规定每一个点电荷的电量为1单位，叫做1静电系单位电量。

在电量单位用静电系单位电量，在真空中点电荷之间的距离用厘米

为单位、力用达因作单位时，库仑定律公式 $F = K \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 中的 K 就等于 1 达因·[厘米]²/[静电系单位电量]²。因此，表示点电荷在真空中的库仑公式具有下面的形式：

$$F = \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

6. 介电常数 在学生掌握了库仑定律之后，进一步就要得出这样的结论：两个点电荷的相互作用力不但和两个电量 q_1 、 q_2 ，以及它们之间的距离 r 有关，而且和带电体周围的介质的性质有关（这就是前面为什么强调在真空中两个点电荷的相互作用力的道理）。

讲解这段教材时应首先写出两个点电荷在真空中相互作用力的库仑定律公式：

$$F_0 = \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (1)$$

若把这两个点电荷放在均匀无限的电介质中，距离和两个点电荷的电量都不变，则它们的相互作用力就变小了，其大小可以用下式表示：

$$F = \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2} \quad (2)$$

式中 $\epsilon > 1$ ，它的量值由电介质决定，叫做电介质的介电常数。公式 (2) 就是在厘米、克、秒单位制中，两个点电荷在电介质中相互作用的库仑定律。

由 (1)、(2) 式可以看出，

$$\epsilon = \frac{F_0}{F}$$

在厘米·克·秒单位制中， ϵ 是一个纯系数。

7. 讨论电荷在导体上面平衡时的分布情况，主要根据实验做出下列结论：导体上电荷平衡时，(1) 电荷只分布在导体的外表面上，(2) 外表面上曲率越大的地方电荷分布的越密。在这里应用的演示很

① 参看高等工业学校试用教科书，《普通物理学》上册，§3—1—10，上海科学技术出版社1958年8月第一版。

多，其中主要的是絕緣金屬圓筒試驗（圖62）和金屬網試驗（圖63）。

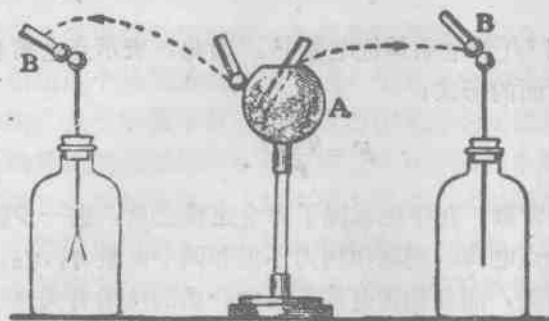


圖62 演示電荷只分布在金屬圓筒的表面上

最后要演示尖端導體的放電現象和靜電屏的作用。

第二部分

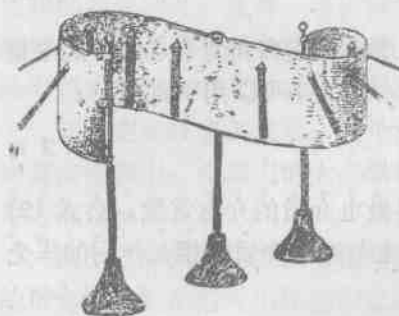


圖63 金屬網上曲率越大的地方電荷越多

1. 電場概念在中學物理課程里是比較難講的課題之一。在中學物理教材里，這是第一次使學生接觸“場”的概念。應用場的概念能夠正確理解許多物理現象的本質，並且它對於形成學生的科學世界觀的基礎具有重大的意義。要求教師講解電場概念時必須給以充分的注意。

提出電場概念之前，應該批判“超距作用”的錯誤^①。然後提出電荷的存在也和其它物質存在相聯系着。近代物理學已經證明，電荷的周圍存在着一種特殊物質，這種物質叫做電場。兩個電荷之間的相互作用並不是電荷之間的直接作用，而是一個電荷的電場對另一電荷存在着作用。

① 參看中國物理學會上海分會中學物理教學研究委員會編，《高中物理教學參考讀物》，電場，第二章，§ 1，新知識出版社1958年版。

电荷和电场是同一存在的两个方面，只要有电荷，它的周围就有电场，它们永远是不可分割的整体。当电荷静止不动时，电场也静止不变，这种电场叫静电场。当电荷运动时，电场也在运动变化，这叫动电场。起电的过程也是电场建立的过程。

在这里还应给学生指出，以前我们认为物质是由分子、原子组成的。这种说法并不是错的，但是由分子、原子组成的物质只是物质的一种形态。除此之外，还有以场的形式存在的物质。这种认识并不和以前的认识相违背，而是扩大了我们对物质存在形式的认识，是对自然的了解更加深刻了。

2. 电场强度 电场对电荷有作用，这是电场的一种重要属性。电场对电荷的作用力是这种属性的具体表现。

把同一电荷放在不同的电场或同一电场的不同位置上，它所受的电场力可能不同。这说明电场的这种属性可能随“场”而异，随处而异。再把不同电荷依次放在同一电场的同一位置上，结果会发现各电荷所受的电场力也不相同。但是，作用力和电量的比值却总是相等的。在另一电场或同一电场的另一位置上进行同样的实验，结果会告诉我们，情况完全相同，但力和电量之比值则不一定与前相同。

从实验结果可以得知，电荷所受的电场力不但与所在位置的电场属性有关，而且与电荷的电量有关；同时，这还说明力和电量的比值只与电荷所在位置的电场的属性有关。因此，我们就可以用这种力与电量的比值来量度电场的这种属性。这个物理量叫做电场强度。如果检验电荷^①的电量为 q ，它在电场中某一位置所受的电场力等于 F ，则这个位置的电场强度（简称场强）为

$$E = \frac{F}{q}$$

在厘米·克·秒单位制中， F 的单位为达因， q 的单位为静电系单位电量，场强 E 的单位应为〔达因 / 静电系单位电量〕，读作“每静电系单

① 检验电荷是指它的电量很小，并且是点电荷，把这种电荷放在电场里可以不考虑原电场性质的改变。

位电量·达因”，我们也把它叫做“静电系单位场强”。

实验还告诉我们，把同一电荷放在电场里的不同位置上，不但电场力的大小可能不同，它的方向也往往不同。这就使我们理解到：电场强度是一个矢量，它具有方向性。

由于电场的同一位置对正负电荷作用力的方向恰好相反，我们为了更确切地说明场强的方向性，规定以正电荷所受电场力的方向为场强的方向。

归纳以上各点如下：

电场强度是从电场属性中抽出的一种物理量，用以表征电场对电荷作用力的属性，它的大小在数值上等于单位电荷所受的电场力的大小，方向与正电荷受力的方向相同。

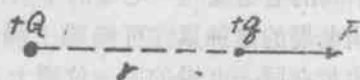


图64 点电荷的电场

3. 真空中点电荷的电场 这个问题，在雷树人等著高中课本里，作为计算电场强度的例子而列入的。

电场不能脱离电荷而单独存在。与不同电荷相联系着的电场具有不同的性质。在一个点电荷周围的空間里，也存在着和它相联系着的电场，一般我们把它叫做点电荷的电场。如果点电荷的电量为 $+Q$ ；在离开它 r 距离的地方放一个带有 $+q$ 电量的检验电荷，如图64，则检验电荷所受的电场力

$$F = \frac{Qq}{r^2}.$$

F 的方向在 Q 和 q 的联线上。代入场强的公式里，得

$$E = \frac{Q}{r^2}.$$

这就是检验电荷所在位置的电场强度。

4. 电力线 为了形象地描写电场的性质，具体地说，为了形象地描述电场內各点电场强度而设想的，它既能表示电场强度的方向，也能表

示电场强度的大小。所以电力线的概念是我们研究电场性质的一个辅助概念。

电场中任何一点都有它的电场强度，要想表现出来电场某一区域的电场强度的情况，就不可能应带有箭头的线段来一个一个地表示出来。法拉第提出来应用电力线的方法来表现它。

所谓电力线是在电场里描绘出来的这样的光滑曲线，这个曲线所经过的电场中某一点的电场强度都在该曲线的切线方向上，如图65曲线 AB 是电场中的电力线， C 、 D 两点是这条电力线所通过的电场里的两个点。过 C 、 D 点与曲线相切的直线方向表示着 C 、 D 两个点的电场强度的方向。这样，就可以用曲线表示出来电场里各个连续位置的电场强度的方向的变化情况。

至于应用电力线表示电场强度的大小的方法也和力的图示法不同，而是应用电力线的密度来表示之。我们规定每平方厘米横截面（与电力线方向垂直）穿过一根电力线代表1静电系单位电场强度。因此，在电场中任一点的电场强度在数值上等于该点处的电力线密度。

关于以上所述电力线的规定，我们可以概括电力线的性质有以下几点：

（1）因为电力线表示着电场强度的方向，所以每一根电力线，都必须从正电荷出发到负电荷终止；它既不能形成一个闭合曲线，也不能在正负电荷之间中断。

（2）因为电场里任何一点总有一个，也只有一个电场强度，所以通过电场里每一点总能，也只能作出一条电力线。电力线决不相交。

给学生介绍电力线时应当注意，不能把电力线和电荷在电场里运动的轨迹混淆起来，因为电力线只代表电场中各点场强的方向，也就是表示着各个位置对电荷作用力的方向。

关于电场中电力线分布情况的演示方法有很多。最简单的是应用贴有长绒毛（或绢丝）或细纸条的绝缘金属小球。如把它联到起电机的一极上，使之带电时，绒毛或纸条就在球体的周围按照辐射线的方向扩展

图65 电力线