

中学物理
教学论坛
高中电学



中学物理教学论坛

——高中电学

本社编

上海教育出版社

中学物理教学论坛

——高中电学

本社编

上海教育出版社出版

(上海永福路123号)

新华书店上海发行所发行 祝桥新华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 4.5 字数 95,000

1986年6月第1版 1986年6月第1次印刷

印数 1—2,700本

统一书号: 7150·3579 定价: 0.59元

编者的话

《中学物理教学论坛》出版以来，得到了全国各地许多物理教师的热情支持，纷纷来稿，阐述教学工作中积累起来的点滴经验，讨论共同关心的问题。为了便于大家交流，现将来稿中比较集中的专题汇编成册。欢迎广大读者继续来稿，将教学中的心得体会，撰写成文。《中学物理教学论坛》将以集锦和专辑等多种形式陆续出版。

本书中的文章，都是属于电学范畴的。介绍的是各位作者在教学过程中的一些看法、想法和做法。从内容上看，有的是探讨某一专题的教学方法；有的是回顾某定律的发展史；有的是提供一些较好的讨论题、练习题；有的是介绍效果较为显著的演示实验；有的是比较详细地分析一些实验仪器的原理及其使用……。总之，有些经验和做法是普遍适用的，有些经验和做法得根据教学对象的具体情况而定，仅供读者在教学中参考。

本书汇编过程中得到了上海市教育学会物理教学研究会的多方面关心和帮助；在审阅、整理稿件方面郁志良、吴家伟两位老师做了大量工作，在此深表谢意。

由于编者水平有限，加上编辑时间短促，错误、缺点在所难免，敬请广大读者指正。

1985年5月

目 录

电 场

关于“场”的教学	许卓逊 (2)
库仑定律的历史回顾	黎月照 陆明昌 (9)
用类比法进行电场教学	陈 炜 (13)
场强三公式的由来及讨论	汪昭义 (16)
一组讨论题	李景松 (19)
谈谈中学阶段“电势”的教学	汪思谦 (22)
用类比法进行电势教学	李荣高 (28)
电势教学点滴	陈占田 白勤玉 (31)
判别电势高低的简便方法	章寿朴 (34)
分散难点的一种方法	顾绍珍 (36)
金箔静电计和金箔验电器	周仲恺 (40)
如何讲解电容、电容器	施 纯 (45)
关于“电容”教学的两个问题	钱 壮 (48)
关于“电容器带电”的说明	郁志良 (51)
“法拉”这个单位有多大?	梁 岩 (52)
自制的电容器及其演示	夏蒙森 (53)
演示“电容器的串、并联特性”	瞿承泰 (56)
“电容”教学中的演示实验的探讨	李绍基 (60)
学生在学习静电感应现象时易发生的错误	顾长乐 (64)

直 流 电 路

“稳恒电流”的教学

- 要重视电场 华培第(68)
- 浅谈直流电路中的能量传输问题 张春荣(70)
- “稳恒电流”的实验教学 衢化中学物理教研组(72)
- 关于中学“电动势”教学的一些看法 李世珊(75)
- 电源输出功率图象的近似作法 郁康熊(77)
- 分析混联电路的几种方法 徐自尧(79)
- 谈“混联电路”和“含源电路”的深广度 张甫楠(84)
- 关于“含源电路”的教学 唐锦顺(85)
- 关于含有反电动势电路的教学 俞雪峰(89)
- 演示“反电动势”的示教板 叶魁源(93)
- 伏安法测电阻的误差问题 杜广存(95)
- 谈谈欧姆表因电池用久所引起的误差 鲍凯歌(99)
- 怎样帮助学生分析有关“电桥”的问题 临 节(101)

磁 场

- “磁场”和“电磁感应”教学中的几个问题 孙祖瑛(107)
- 从能量守恒角度论证楞次定律 徐承楠(112)
- 使用公式 $\mathcal{E} = -\Delta\phi/\Delta t$ 的条件 席与康(113)
- 谈一种和“楞次定律”等效的简便判断方法 方荣信(115)
- 导线在磁场中运动时的洛仑兹力 葛锦发(118)
- 公式 $\mathcal{E} = Blv\sin\theta$ 中的 θ 指哪一个角? 王济时(121)
- 关于发电机模型作用原理的讨论 赵光荣(123)

应该补充这类题目	扬 顺(126)
关于自感现象中的电流和电压	丘永宁(127)
谈线圈和螺线管的图示	陈森权(132)

* 电 * 场 *

关于“场”的教学

许 卓 邈

场是物质存在的形态之一，场的概念是现代物理学的重要概念。现代物理认为，一切相互作用（从根本上说可分四大类，当然也包含历史上所谓“超距力”，以及通常所谓接触力如弹力、摩擦力等）实质上都和某种场相联系。场具有能量、动量和质量。它虽跟物质存在的另一形态——实物（由具有静止质量的基本粒子所组成的物质）有区别，但在一定条件下它可以与实物相互转化，场与粒子有着不可分割的联系。

人类对场的认识是漫长而曲折的。电力与磁力发现得极早，开始一直被认为是超距作用。法拉第首先批判了超距作用，认为电力和磁力都是以某种物质——电场和磁场为媒介的，并成功地研究了电场和磁场的一些性质。从此，场的中介作用的观点逐渐被人们采纳了，但是场的物质性并没有充分地被揭露。许多科学家乐于采用场的概念，只是因为它是一个有用而方便的数学工具。直到麦克斯韦建立了统一的电磁场理论，才算彻底否定了超距作用这一错误观念。麦克斯韦还为场的物质性提供了有力的论据。首先，他从电磁扰动的传播是需要时间的来理解场的物质性。设想两个相距为 r 的静止电荷，当一个电荷突然运动时，若根据超距观点，另一电荷应该立刻感到这一变化。但根据电磁场理论，场的变化只能以有限速度 c 在空间传播，要经过 $t = r/c$ 的时间才能影

响到另一电荷。实验证实了后者。

其次，电磁场理论还阐明了电磁场具有能量、动量和质量。这些量都是物质和物质运动的属性。由此看来，场和实物一样，都是物质存在的形式。

后来，量子力学又把物质存在的两种形式统一了起来。粒子和波(辐射场)是一个统一体的两种表现，而作为辐射场的粒子(光子)与所谓实物的粒子之间也可以相互转化(如光子与正负电子对的相互转化)。

然而，人们对场的认识，每深入一步总是伴随着产生一些谬误的观点。甚至先驱者的真知灼见中也不免夹杂着偏见。法拉第和麦克斯韦虽取得巨大成就，但他们把电磁场只看成是以太中的应变。电子对和光子的相互转化被一些有名望的科学家看成是物质的消灭。就在电磁场的物质性充分明瞭的今天，西方的有些教科书，在描述静电场的时候，仍然把电场 E 仅看成是一个便于计算的数学函数，一个矢量场，而不提它的物质性。

一、电场概念教学的初步要求

在进行电场教学的时候，教师必须先对场有正确的看法，才能帮助学生树立场的概念。

教材所讨论的只是静电场。从历史上来看，对静电场的研究并不能充分揭露场的物质性。单就静电场来说，把库仑力看作超距力；或承认电场，但把电场 E 当作纯数学的函数；或正确地认为场是物质， E 是描述场的物理量，这三种不同的认识在计算的结果上是没有任何区别的。要充分揭露场的物质性，比较复杂，在中学里不可能讲。电场是一种看不见、摸不着的

物质，和学生平常所见的由实物粒子所组成的物质有很大的差别，要使学生确信电场的存在、要使学生掌握电场的性质，是有一定困难的。因此，教学中对场的概念不能要求过高，有的内容讲了也不一定要全懂，给学生留下一个印象留待今后加深。个人认为能做到下列几点也就可以了。

1. 使学生明确电荷间的相互作用是以电场为媒介的。并不存在什么超距作用。

2. 对电场的物质性，只要求基本讲清楚。不必讲得过多、过高、过深。不要象讲哲学。要坚持观点，且寓观点于事实之中。有些证据可分散在今后有关教材之中，不要急于求成。

3. 一定要使学生学会用场的属性 E 和 U 来解决问题。这一点应解决得好一些。

二、电场教学的几个环节

1. 讲清什么是电场

(1) 两个互不接触的电荷，要通过一种媒介才能发生相互作用，犹如声源作用于耳朵需要空气作为媒介。这种电力的媒介叫做电场。

(2) 电荷周围一定存在着电场。注意不要说成：电荷周围的空间叫做电场。亦不要反过来说：有电场存在，一定有产生电场的电荷。广义地说，电场可以脱离电荷而独立存在，如电磁场中的电场部分，可以由变化磁场所激发，并不依赖于电荷。本章处理的是静电场，即相对于观察者静止的电荷所激发的场。

(3) 电场最基本的性质是它对放入其中的电荷产生力的作用。在 q_1 、 q_2 两个电荷的情况下，各有其电场。 q_1 受到的

力是 q_2 的电场所施加的,而 q_2 受到的力是 q_1 的电场所施加的。所以表现为同性相斥、异性相吸的电荷之间的相互作用力,实质上是电场力。

(4) 关于电场的物质性,可作以下几点说明:

(a) 电场是客观存在的、并能作用于人们感官的东西,例如一定强度的电场可引起麻电的感觉,一定频率的变化电场可以引起视觉等。

(b) 和一般物质一样,电场也具有力的性质和能的性质,即电场能对置于场中的电荷发生力的作用,电场和电荷共有电势能(留待电势能一节中讲述)。

(c) 现代科学证明,电场和一般物质一样,还具有动量和质量(这里只提一下,在以后的教材中再作联系)。

(d) 电场和我们熟知的物质确有一些区别:第一,静止的电场对人们的感官的作用没有那么明显。第二,通常的物质,是由分子、原子等粒子构成,而电场在静止的时候,并不表现出明显的粒子结构(可以留待波粒二重性一节再讨论)。第三,一般物质具有不可入性,而电场既可存在于“真空”,也可渗透一切物质,电场与电场也可以互相渗透而形成合电场。原则上说,电荷周围的电场遍布整个空间。正由于电场的渗透性使我们“摸不到”它。

2. 通过 E 和 U 的教学加深对场的认识

人们认识物质总是具体地通过物质的特殊性质来认识的。比如对铁的认识,首先是色泽、硬度,然后是密度等等。对电场这个不易被认识的物质,更应通过其特殊性质来加深认识。如通过学习描述电场性质的物理量 E 、 U (及 U_{AB}) 可以使学生更信服场的存在。

举场强 E 为例。首先可让学生讨论决定点电荷电场力的

因素。问题是：根据 $F = k \frac{Qq}{r^2}$ ，试探电荷 q 受到的电场力与哪些因素有关？（答： Q ， r 和 q 。）再问：其中哪些因素是属于电场的？（ Q 和 r 。 Q 是场源的特征，用量值及符号来确定。 r 是用来说明场中的一点。不同的点可能有不同的性质，因此 r 是属于场的。）问：哪些因素是属于试探电荷的？（ q 的大小及正负。）到此，可以引导学生得出如下的结论：电场力是电场施加于电荷的力，它的大小和方向是由电场与电荷双方决定的。所谓电场的一方，是指作为场源的电荷（在合电场情况下则要考虑到各个场源电荷的分布情况）以及所研究的那一点的位置。所谓电荷一方，指试探电荷的大小与正负。那末，能否撇开试探电荷，找出纯属电场一方的一个性质呢？以下就按照课本所述，讨论：如果取比值 $\frac{F}{q}$ ，可以发现这个比值与试探电荷 q 的大小及正负甚至是否存在都无关，只跟以上所说的电场一方有关。而且这个比值是一个矢量，在一点有确定大小和方向。它描述了电场的关于力的性质。

在引入场强概念时，应避免“ E 是（或：等于）单位正电荷在电场中所受的力”这种提法，因为这使场强的从属性混淆不清。

有条件时，还可对场强的合成及其独立性作一分析。设有 4 个点电荷 q_1 、 q_2 、 q_3 及 q_4 。先将 q_1 及 q_2 分别放在一个 4 边形的两个顶点上。这时周围空间存在着 q_1 的场及 q_2 的场的合电场（处处都按矢量加法的原则）。但 q_1 只受 q_2 的场的作用，同样 q_2 只受 q_1 的场的作用。如再在第三个顶点放上 q_3 ，则周围空间存在 q_1 、 q_2 及 q_3 所产生的合电场，但每个电荷只受到另外两个电荷所产生的合电场的作用。如在第四个顶点引入 q_4 ，则它受到的电场力才是前三个电荷的合电场。

对于电势概念，亦可按上述程序进行讨论得出，即先得
出电势能是场与电荷所共有，其大小及正负取决于场及电荷
双方的结论，然后抽象出 W/q 比值与 q 无关，而只与场有关
这一性质。具体讨论不再赘述。

3. 在引入描述场的物理量 E 和 U 之后，可让学生在不知
场源的情况下运用场的性质来进行有关的讨论和计算，这
可以帮助学生进一步摆脱超距观点的影响，巩固场的概念。

举例如下：

(1) 在电场中某点 A 放一个正电荷，受力向东，如果换一
个负电荷，受力向何方？

(几种估计答案：

正电荷如果受的是吸力，那么负电荷将受斥力，方向向
西。

正电荷如果受的是斥力，那么负电荷将受吸力，方向向
西。

先告诉我产生电场的电荷是正的、还是负的才能够回
答。)

讲评：刚才假定斥力或吸力，或先要求知道是何种力才
能作答，仍出于一种超距的观点，而且这种回答还要假定场源
电荷的正负及位置，有很大局限性。其实这个题目并没有对
场源作什么假定：它可以是一个点电荷，也可以是多个点电
荷。因此很难讲什么吸力、斥力。你是否能用场强的定义作
答？

正确答案：根据已知条件可知场强向东，因为是负电荷，
受力方向与场强相反，所以向西。

(2) 在电场中的 A 点放一个 $q_1 = -2 \times 10^9$ 库的点电荷，
受到电场力 $F = 5$ 牛，方向向东。如在同一点换以 $q_2 = 4 \times 10^{-9}$

库的电荷,则受力的大小和方向如何?

(3) $q_1 = 3 \times 10^{-8}$ 库的点电荷从电场的 A 点移向 B 点时,电场力做功 3×10^{-6} 焦。那么 $q_2 = -4 \times 10^{-9}$ 库的点电荷,从 B 点移向 A 点,电场力做功多少?

以上这些不要单纯地作为计算题,要注意用场的观点来分析。库仑定律虽是静电学的基础,原则上利用它可以计算电荷的受力、做功及能量,但有时利用场来计算上述各量,更为简便。

4. 用电力线和等势面形象化地描绘电场

(1) 要使学生在明确电力线的意义的基础上,熟悉书中给出的各种电力线图,最好把它们记住并能画出来。从而对场强的分布只与场源电荷有关而与试探电荷无关有更具体的认识。

(2) 对于孤立的点电荷周围的场,要结合 $E = k \frac{Q}{r^2}$ 来研究。如果规定从每个点电荷出发(或进入)的电力线根数与 Q 成正比,由于电力线是均匀地穿过越来越大的球面,而球面积正比于 r^2 ,所以各球面上每单位面积穿过的电力线根数正比于 Q/r^2 ,与 $E = kQ/r^2$ 符合。所以可以用电力线的密度来反映场强的大小。

(3) 电力线起始于正电荷(或无限远)而终止于负电荷(或无限远)。电力线不能形成闭合曲线。两根电力线不能相交。以上这些电力线的特征反映了静电场的极为重要的基本性质。

(4) 至于合成场的电力线,可以告诉学生,是点电荷的场矢量合成的结果。

(5) 点电荷电场的等势面,可以与地球上对称形的山峰

或深谷的等高线相比拟。使学生对场的分布有一个具体图象。有条件时,可将电势差、等势面的间距与场强的关系,跟 U_{AB} 与 E 的关系联系起来讨论。

库仑定律的历史回顾

黎日照 陆明昌

库仑定律作为静电学的一条实验定律,是人们对电的认识由定性开始转入定量研究的标志。库仑定律是靠库仑一个人直接由实验发现的呢?还是前人先用类比方法推理得出结论,而后用实验间接验证的呢?让我们看一看历史的事实吧!

1731年,英国物理学家格雷(1670—1736年)为了探索正电荷与负电荷之间的相互作用。他使两个同样大小(一个实心,另一个空心)的橡木方块带电,发现二者产生的电效应完全相同。从而知道电荷是分布在木块表面上的。1755年,富兰克林(1706—1790年)也做过实验:他先让放在绝缘架上的一只金属罐带电,然后用丝线悬着的软木球挂在罐外附近。立即见到软木球被罐的外表面吸引,而当软木球吊进罐内部去时,不论在罐中什么地方,软木球都不受电力作用。富兰克林觉得这个事实很奇怪,大约经过十年后,他把这一实验事实告诉他的朋友英国发现氧的化学家普利斯特莱(1733—1804年)。于1767年,普利斯特莱核实了富兰克林这个实验,证实空心带电体对它内部的电荷确实没有力的作用。他并以非凡的洞

察力领悟到：电荷间的相互作用力，可以用类似于早年在1687年被牛顿发现的万有引力定律的道理来推断。他大胆提出猜想：富兰克林的软木球放在带电的金属罐内部没有受电力作用这个事实，是与物体处于具有万有引力的物质构成的均匀球壳内没有万有引力作用这个事实相似；用类比的方法得知电力与万有引力一样，也遵循与距离平方成反比的规律。但是当时他对此未能给出严格的证明。

另一方面，1750年英国科学家米歇尔发现了磁极间的作用力也遵循与距离平方成反比的规律。他是把一根磁铁用线悬挂起来，再用另一根磁铁接近它，从线的扭转程度来测定磁力的大小。

法国科学家库仑(1736—1806年)对扭力作过很多的研究。他在1785年受普利斯特莱猜想和米歇尔磁力扭转实验的启示，根据自己的有关扭力方面的知识，自行设计制作扭秤。库仑通过扭秤实验建立了库仑定律。库仑的扭秤实验、精确度并不高。原因是实验用的带电球总是有线度的，不能严格满足点电荷的条件；带电球之间相距又不可能很远，因而两个带电体的电荷分布会互相影响；带电体的中心位置难以确定，以致带电体之间距离无法测准；又有漏电问题和扭秤的平衡问题。库仑得出的结论 $F \propto 1/r^n$ ，其中 $n = 2 \pm 4 \times 10^{-2}$ 。即库仑当时测出两带电体之间距离的指数偏离平方指数的差值约是 4×10^{-2} 。

值得指出的是英国科学家卡文迪许(1731—1810年)早在库仑定律提出之前，于1773年就已经改进了米歇尔验证磁力作用的扭秤实验装置，用来检验平方反比律，精度比库仑测得的还好一些。但可惜他的研究成果一直到1879年麦克斯韦从英国皇家学会档案柜里发现后才把它公开发表出来。