

全日制十年制学校高中课本

物理教学参考资料

下 册

(第一分册)

北京教育学院

前 言

为了帮助本市中学物理教师更好地掌握教材，研究教学方法，不断改进教学，提高教学质量，我们约请了部分有经验的教师，参照中学物理教学大纲（试行草案），在人民教育出版社编印的中学物理《教学参考书》的基础上，结合本市实际，编写了这套中学物理教学参考资料。内容包括各章概述、各节教学建议和资料介绍等。

参考资料中的各项内容，都是供教师参考的。深入钻研教学大纲和教材，是教好课的前提，教师要独立思考，多下功夫。教学方法要从教材实际出发，从学生实际出发，实事求是，讲求实效。要贯彻“百花齐放”，“百家争鸣”的方针，不强求一律。

王津瑜、邵醒凌、梁敬纯、谭国伦等参加了本书的编写工作，张金榜同志审阅，我们谨向他们表示感谢。

由于我们水平有限，编写时间仓促，资料的内容会有很多不当的地方，希望教师们在使用中提出意见和建议，以便修改。

北京教育学院物理教研室

1981年6月



031409

目 录

前 言	
第一章 电场	(1)
第二章 稳恒电流	(27)
第三章 磁场	(56)
第四章 电磁感应	(81)
第五章 交流电	(94)
学生实验	(112)

第一章 电 场

一、全章概述

电场有两种，一种是电荷产生的电场，另一种是变化的磁场产生的电场。本章研究的是静止的电荷产生的电场，叫做静电场。

本章内容按教材顺序，可分为四个单元：第一单元包括第一节至第五节，讲述库仑定律以及场强和电势的基本概念，库仑定律是建立场强、电势这两个基本概念的基础，场强和电势是本章的重点；第二单元包括第六节和第七节，讲述带电粒子在电场中的运动及其应用；第三单元包括第八节和第九节，讲述电场中的导体和电介质；第四单元包括第十节和第十一节，讲述电容的概念和电容器的串、并联。

本章知识与力学知识联系紧密，许多力学规律是学习本章的基础。应用本章知识时，又要联系力学规律综合解题，所以学习电场这一章，既可以学到许多新知识，又可以扩大和加深对力学规律的理解和应用。

本章学习的场强、电势和电容等的基本概念在电学其它几章中经常用到，因此学好电场这一章的基础知识，可以为学习以后各章的电学知识打好基础。

（一）目的要求

1. 掌握库仑定律的内容、公式、单位和适用条件，能熟练应用定律来分析问题和进行计算。

2. 了解电场的概念, 理解场强的概念。掌握场强的公式和单位, 并会应用公式进行有关计算。理解电力线的概念。掌握匀强电场的特点, 并能根据它的特点来分析问题和解决问题。

3. 了解电场力做功的特征。理解电势能、电势和电势差的概念。熟练掌握电势差和场强的关系。

4. 掌握带电粒子在匀强电场中的运动规律, 能分析带电粒子的加速和偏转问题。了解示波管的基本构造和原理。

5. 了解静电感应现象和导体处于静电平衡状态下所具有的特性, 了解电介质的电极化现象和介电常数。

6. 理解电容器的电容概念, 掌握电容的公式和单位。了解平行板电容器的电容公式及其物理意义, 并会用它来分析问题和解决问题。掌握电容器的串、并联的特点。

(二) 课时安排

第一节	库仑定律	2 课时
第二节	电场、电场强度	2 课时
习题课		1 课时
第三节	电场中移动电荷做功 电势能	1 课时
第四节	电势 等势面	2 课时
第五节	电势差	
	电势差跟场强的关系	2 课时
习题课		1 课时
第六节	带电粒子在电场中的运动	2 课时
第七节	示波管	1 课时
第八节	电场中的导体	1 课时

第九节 电场中的电介质	1 课时
第十节 电容器 电容	1 课时
第十一节 电容器的连接	2 课时
习题课	1 课时
单元复习	1 课时
学生实验 示波器的使用	1 课时

二、教学建议

第一节 库仑定律

(一) 目的要求

1. 掌握库仑定律的内容、公式和适用条件，会用公式计算库仑力。
2. 了解电量单位的规定以及两种单位间的换算关系，了解基本电荷的概念和数值。

(二) 教材分析和教法建议

1. 库仑定律是个实验定律。教材中介绍了库仑扭秤实验，目的是使学生了解进行科学实验的方法。扭秤实验的原理，要用到扭转形变的知识，由于这部分知识在中学教材里不讲，因此这里只作定性叙述，不作定量推导。关于电量的大小问题，库仑实验中采用的方法所根据的原理，要用到孤立导体电容的概念，本教材中不讲这部分内容，这里不必补充。

2. 关于应用库仑定律公式计算时，电荷 Q 的正负号问题，教材中提出了两种处理方法。一种是根据电荷的正负，

Q用正负值代入公式，得出F的正负，再从F的正负确定F是引力还是斥力，然后确定 $\vec{F}$ 的方向。另一种是Q用绝对值代入公式，求出力的大小，再从电荷的正负确定F是引力或斥力，然后确定 $\vec{F}$ 的方向。前一种方法由于F的正负值不能表示力在空间的取向，用了正负号以后，学生容易跟力的正负是表示力在坐标轴上的取向混淆起来，造成混乱，因此以用Q不代入正负号的后一种方法为宜。库仑力的方向，可根据学生比较熟悉的“同种电荷相斥，异种电荷相吸”的规律进行分析，并通过力的图示来确定。这样易被学生掌握。

3.教材中安排的〔例题2〕，目的是巩固对库仑定律的理解和应用，同时从计算中了解原子内部电子和质子间库仑力和万有引力的数量级关系，为后面讲原子物理作准备。

参 考 题

1.假设氢原子中电子绕核做匀速圆周运动，电子轨道半径为 0.53×10^{-8} 厘米，求电子绕核运动的速率和周期。（答案： $V = 2.2 \times 10^6$ 米/秒， $T = 15 \times 10^{-16}$ 秒）

2、在真空中两个相距为r的相同金属小球，一个带正电荷 q_1 ，另一个带负电荷 q_2 ，已知 $q_1 = 2q_2$ 。问：（1）它们之间的相互作用力是多少？是引力还是斥力？（2）两个小球接触后放回原处，相互作用力是多大？引力还是斥力？（3）若 $q_1 = q_2$ 相接触后放回原处，相互作用力是多大？

（答案：（1） $F = K \frac{2q_2^2}{r^2}$ 是引力，（2） $F = K \frac{q_2^2}{4r^2}$ 是斥力，（3） $F = 0$ ）

第二节 电场 电场强度

(一) 目的要求

1、了解电场的概念，理解场强的概念。掌握场强的公式和单位，会应用场强公式进行计算。

2、了解点电荷场强公式的物理意义，掌握它的公式，会用公式进行计算。

3、理解电力线的概念，掌握匀强电场的特点。

(二) 教材分析和教法建议

1、教材中关于场强的定义式 $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ 中的 q ，可以是正电荷，也可以是负电荷，当 q 为正值时， $\vec{E}$ 与 $\vec{F}$ 同方向， q 为负值时， $\vec{E}$ 与 $\vec{F}$ 反方向。教学中应强调：正负电荷在电场中受到的电场力方向相反。

教材中利用图 1—2，把 $+q$ 分别放在图中 A、B、C 三点，应用库仑定律分析 $+q$ 受力情况，然后引入场强的概念，并得出场强的定义式。在这个基础上引导学生总结出以下结论：场强是描述电场的力的性质的物理量，场强是由电场本身性质决定而与引入的电荷无关。

2、关于点电荷场强公式，可启发学生运用库仑定律公式自己推导出来，重点给学生分析公式的物理意义和适用条件。至于正、负点电荷电场中各点场强的方向，可让学生根据

场强定义式分析，得出以下结论： $+Q$ 电场中各点场强 $\vec{E}$ 的方向是背离场电荷， $-Q$ 电场中各点场强 $\vec{E}$ 的方向是指向场电荷。从点电荷场强公式和电场中各点场强的方向，可以进一步说明：场强是由场电荷 Q 和电场中的位置 r 决定，而跟引入的电荷无关。

3、应给学生指出 $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$ 是矢量式，计算时应根据矢量和法则去求合场强 $\vec{E}$ 的大小和方向。

4、关于电场力的计算，由场强定义式很容易得到 $\vec{F} = q\vec{E}$ 。应向学生指出，对任何电场，只要知道 q 和 $\vec{E}$ 均可用 $\vec{F} = q\vec{E}$ 求 $\vec{F}$ 。

参 考 题

1、有的同学说：根据 $E = \frac{F}{q}$ ，电场中某点的场强 E 和电荷 q 成反比，因此放入的电荷 q 越大，场强 E 越小。这种说法对吗？为什么？

2、两个等量同种电荷连线的中点场强是多大？方向如何？如果两个电荷是异种，答案如何？

3、在电场中某一点放一个 $q = 2 \times 10^{-9}$ 库仑的电荷，它受到的电场力 $F = 6.0 \times 10^{-4}$ 牛顿，如果在该点放一个 $q = -3 \times 10^{-9}$ 库仑的电荷，它受到的电场力是多少？方向如何？（答案 $F' = 9 \times 10^{-4}$ 牛顿， $\vec{F}'$ 与 $\vec{F}$ 方向相反）

第三节 在电场中移动电荷做功 电势能

(一) 目的要求

1. 了解电场力做功的特征和电势能的概念。
2. 掌握电场力做的功和电势能变化量的关系。

(二) 教材分析和教法建议

1. 关于电场力做的功只跟电荷的起始位置和终止位置有关, 而跟电荷经过的路径无关的结论, 教材是根据功的定义式, 通过在匀强电场中移动电荷做功推导出来的。这个结论对于非匀强电场仍然适用的推论, 并没有给学生证明。这是由于电荷在非匀强电场中移动时, 电荷受到的电场力是变力, 要证明上述推论, 牵涉到变力做功问题, 需用高等数学, 不是中学阶段所能解决的。这点可给学生说明。

2. 教材采用与重力场对比的方法, 引入了电势能的概念, 并从重力对物体做功与物体重力势能变化量的关系, 来讨论电场力做功与电荷电势能变化量的关系, 从而得出电场力做正功电势能减少, 电场力做负功电势能增加的结论。采用这样的对比方法, 可以使学生从已有的知识出发, 去获得新知识, 便于理解和记忆。但由于电荷有正负, 电场比重力场复杂, 为了使学生对电场力做的功跟电势能变化量的关系, 有个具体的了解, 还可通过图1—1进行分析。在 $+Q$ 的电场中, 正电荷 q 从 a 移到 b 的过程中, 电场力与位移方向相同, 电场力做正

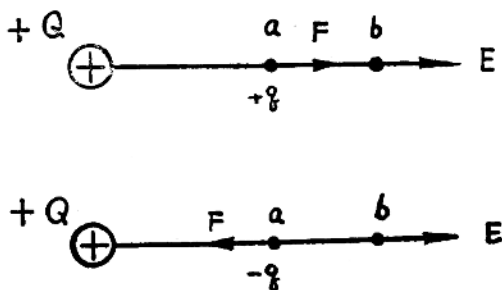


图1—1

功，电荷的电势能减少。如果放入负电荷 q ，从 a 点移到 b 点的过程中，电场力与位移方向相反，电场力做负功，电势能增加。

通过以上分析可给出公式

$$W_{ab} = -\Delta\varepsilon = -(\varepsilon_b - \varepsilon_a) = \varepsilon_a - \varepsilon_b$$

上式可为后面讲电场力所做功与电势差的关系作好准备。

第四节 电势 等势面

(一) 目的要求

1. 理解电势的概念，掌握电势的公式和单位以及确定电势正负和高低的方法，明确电势的值与零电势的选择有关。
2. 了解等势面的概念，掌握等势面的特点，会根据电力线方向来比较电势的高低。

(二)教材分析和教法建议

1.教材中关于电势的定义,是以匀强电场为例来说明的。通过分析可知正电荷从电场中的任意一点移到另一点时,电荷的电势能和电荷电量的比值,仅与始末两点的位置有关,而与电荷电量无关。这个比值 $\frac{\mathcal{E}}{q}$ 反映了电场的某一种性质,我们把这个比值定义为电场中某点的电势。讲课中要在学生充分了解这个比值的物理意义的基础上给出电势的定义、公式和单位。还要给学生指出电势是标量,只有大小没有方向,电势的大小习惯上叫高低。只有在规定零电势以后,电场中各点的电势才有确定的值。理论上以无穷远处,电势为零,实际上常取大地的电势为零。对所选定的零电势来说,高于零的电势为正值,低于零的电势为负值。

2.关于电势能的计算,根据 $U = \frac{\mathcal{E}}{q}$,可得 $\mathcal{E} = qU$ 。由于 q 和 U 都有正负值,所以电势能也有正负值。在电势 U 为正值的地方,正电荷的电势能为正值,负电荷的电势能为负值。在电势 U 为负值的地方,正电荷的电势能为负值,负电荷的电势能为正值。

3.如何具体确定电场中各点电势的正负和高低,是本节的重点,也是难点。教材中提到了以下两点内容:(1)在规定无穷远处的电势为零以后,正电荷电场中各点电势为正值,负电荷电场中各点电势为负值;(2)在任何电场中,沿电力线方向电势越来越低。这两点内容很重要,但是抽象难懂,讲课中应注意使抽象概念形象化,可通过实例进行分析。

关于电势的正负问题，可通过下面的例子进行分析，例如在图1—2中，以无穷远处的电势为零，把 $+q$ 从无穷

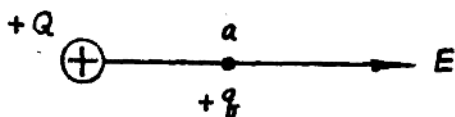


图1—2

远处移入 $+Q$ 电场中任意点 a ，因为电场力作负功，电荷的电势能增加，所以 $\varepsilon_a > 0$ ，根据电势的定义式可得

$$U_a = \frac{+\varepsilon_a}{+q} \text{ 为正值。}$$

如图1—3所示，如果把 $-q$ 从无穷远处移入 $+Q$ 的电

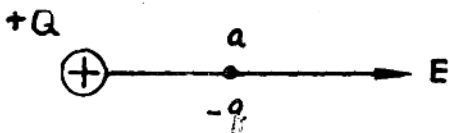


图1—3

场中的 a 点，因为电场力做正功，电荷的电势能减少，所以 $\varepsilon_a < 0$ ，根据电势定义式可得 $U_a = \frac{-\varepsilon_a}{-q}$ 为正值。

由上面的分析可得出结论：在规定无穷远处电势为零以后，正电荷的电场中各点电势为正值。关于 $-Q$ 的电场中各点电势为负值，可用同样的方法进行分析，这个分析可留给学生在课外进行。

通过分析可以总结出确定电势正负的步骤如下：

(1) 应用功的定义式 $W = F \cdot \cos\theta$ ，确定电荷从无穷远

处移入电场中，电场力做功的正负值；

(2) 应用电场力做的功与电势能变化量的关系，根据电功的正负确定电势能的增减，从而确定电势能的正负值；

(3) 应用电势的定义式，根据电势能和电荷的正负值，确定电势的正负值。

关于电势沿电力线方向降低的问题，可通过以下例子进行分析。在图 1—4 中，把 $+q$ 从 a 点移到 b 点，电场力做正

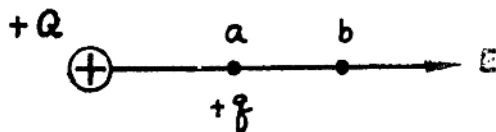


图1—4

功，电荷的电势能减少，所以 $+q$ 在 b 点的电势能 ϵ_b 小于在 a 点的电势能 ϵ_a ，即 $\epsilon_b < \epsilon_a$ ，根据 $U = \frac{\epsilon}{q}$ ，可见 $U_b < U_a$ 。

在图 1—5 中，把 $+q$ 从 a 点移到 b 点，电场力做负功，

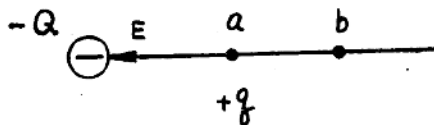


图1—5

电荷的电势能增加，所以 $+q$ 在 b 点的电势能 ϵ_b 大于在 a 点的电势能 ϵ_a ，即 $\epsilon_b > \epsilon_a$ ，根据 $U = \frac{\epsilon}{q}$ ，可见 $U_b > U_a$ 。

由以上分析可见：任何电场中，沿着电力线的方向电势逐渐降低。因此可以据电力线的方向来判断电势的高低。

参 考 题

1. 电场中沿电力线方向电势逐渐降低, 因此电荷沿电力线方向移动时, 电势能逐渐减少。这种说法对吗? 为什么?

2. a、b两点在同一条电力线上, 已知负电荷 q 在b点的电势能比在a点多, 问a、b两点的电势哪点高?

(答案: $U_a > U_b$)

第五节 电势差 场强跟电势差的关系

(一) 目的要求

1. 理解电势差的概念。掌握公式 $W_{AB} = q(U_A - U_B)$, 并能熟练应用公式进行有关计算。

2. 掌握电势差和场强的关系式 $U_{AB} = E \cdot d$, 了解场强的另一种单位伏特/米及其跟牛顿/库仑的关系, 能熟练运用公式进行计算。

(二) 教材分析和教法建议

1. 教材是根据功是能量变化的量度推导出电场力作功的公式的。应给学生指出公式 $W = qU$ 对匀强电场或非匀强电场都适用, 只要知道了电场中两点的电势差(即电压), 就可以算出在这两点间移动电荷时电场力做的功, 而不用去考虑电场力和电荷移动的路径。由于用公式 $W = qU$ 来计算电功或电能的变化量很方便, 所以它的应用十分广泛。关于电功的正负, 教材中采用的处理方法是 q 和 U_{AB} 均用绝对值, 由公

式求出的 W_{AB} 均为正值。 W_{AB} 的正负从电荷的正负和移动方向来判断。这样处理有助于学生理解电功正负值的物理意义。

2. 公式 $U_{AB} = Ed$ 将电势差和电场强度这样两个主要的物理量联系了起来。这个公式在实际应用中很重要，在已知两点间的电势差和两点的距离的情况下常用来确定电场强度。在教学中可通过例题和习题使学生能运用这一公式来分析和计算有关的问题。

参 考 题

1. 带电量为 1.0×10^{-2} 库仑的粒子，在电场中先后飞经 A、B 两点，飞经 A 点时的动能为 10 焦耳，飞经 B 点时的动能是 4 焦耳，若 A 点电势为 -700 伏特，问：(1) 带电粒子在 A 点的电势能是多少？(2) B 点的电势是多少？

($\varepsilon_A = -7.0$ 焦耳， $U_B = -100$ 伏特)

2. 匀强电场的场强 $E = 2.0 \times 10^5$ 牛顿/库仑，方向如图 1—6 所示，a、b 两点相距 10

厘米，其连线与电力线成 60°

角，a 点距 A 板 2.0 厘米，b 点距

B 板 3.0 厘米。求：(1)

U_{Aa} 和 U_{Bb} 的值；(2) ab 两点

哪点电势高？ U_{ab} 和 U_{ba} 各是

多少；(3) U_{Ab} 是多少；(4) 用外力把 $q = 1.0 \times 10^{-7}$ 库仑的正电荷由 b 匀速移到 a 外力做的功是多少？这电荷在那点电势能较大？电势能差是多少？如果以 b 点为零电势，正电荷 q 在 a 点所具有的电势能是多少？(1) $U_{Aa} = 4 \times 10^3$ 伏特； $U_{Bb} = -6 \times 10^3$ 伏特。(2) $U_{ab} = 1 \times 10^4$ 伏特； $U_{ba} =$

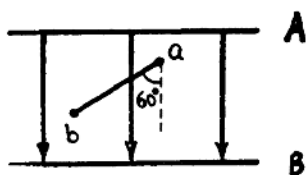


图 1—6

-1×10^4 伏特。(3) $U_{AB} = 2 \times 10^4$ 伏特。(4) $W_{外} = 1 \times 10^{-3}$ 焦耳；正电荷 q 在 a 点的电势能较大； $\varepsilon_a - \varepsilon_b = 1 \times 10^{-3}$ 焦耳； $\varepsilon_a = 1 \times 10^{-3}$ 焦耳]

第六节 带电粒子在电场中的运动

(一) 目的要求

了解利用电场使带电粒子加速和偏转的原理，培养学生运用所学力学和电学基础知识解决综合题的能力。

(二) 教材分析和教法建议

1. 关于利用电场使带电粒子加速问题，教材中重点谈带电粒子初速为零的情况，根据动能定理得出了 $qU = \frac{1}{2}mv^2$ 。要提请学生注意公式对于匀强电场和非匀强电场均适用。如果带电粒子初速不为零，则上式应改为

$$qU = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

2. 关于利用电场使带电粒子偏转的问题，教材是通过带电粒子垂直电场方向进入匀强电场中发生偏转来讨论的。这样的问题可以应用力学中所学过的研究平抛运动的方法来进行研究。

关于偏角的概念，可说明带电粒子从偏转电场飞出的速度方向与进入此电场的初速度方向之间的夹角叫偏角。

关于带电粒子离开电场后的运动，都好象是从金属板的