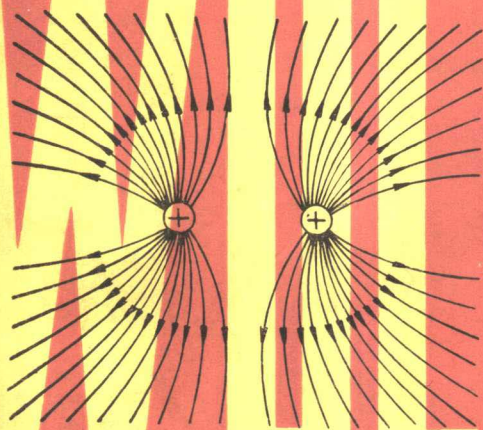


物理_下

福州市教师进修学院

福州市物理学会编

高中理科自习辅导



天津科学技术出版社

高中理科自习辅导

物 理

(下)

福州市教师进修学院 编
福州市物理学会

天津科学技术出版社

高中理科自习辅导
物 理

(下)

福州市教师进修学院 编
福州市物理学会

★

天津科学技术出版社出版

天津市赤峰道124号

天津新华印刷二厂印刷

天津市新华书店发行

★

开本 787×1092毫米 1/32 印张 14.76 字数 314,000

一九八三年十二月第一版

一九八三年十二月第一次印刷

印数: 1—262,000

书号: 13212·66 定价: 1.55元

前 言

为了提高全民族的科学文化水平，以适应四个现代化的需要，一九八〇年我们根据教育部制定的中学教学大纲和全国统编教材，编写了一套《新编高中数理化复习参考书》。其后，又充分分析了近几年高考复习情况，并考虑广大社会青年自学的需要，我们将原书做了较大修订，改名为《高中理科自习辅导》，包括《数学》（上、下）、《物理》（上、下）、《化学》（上、下）、《生物》等共七个分册。

这套书着眼于帮助读者切实掌握和灵活运用数理化生各科基础知识，增强读者分析问题和解决问题的能力。编写时，在总结教学经验、分析学生掌握和运用知识情况的基础上，特别注意到各学科内容的系统性和内在联系，概括出简明学习要点，指出了易混、易错概念和问题；同时精选了一定数量的典型例题和习题；在例题演示上，着重引导读者掌握正确的分析方法和解题思路。因此，这套书可帮助读者准确理解所学知识、扩大知识视野、增强思维能力、提高智力水平、掌握解题思路 and 技巧，既可作应届高中毕业生学习参考，也可供同等水平的青年学习使用。

本册为《物理》（下），由郑寿彭、陈心华、郑上殷、李家宝、刘通、李绍武、张大展、王家晖、黄锦涛等编写。

限于我们水平，书中难免有错误和不当之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

一九八三年六月

目 录

第三篇 电学	(1)
第十二章 电场.....	(1)
第十三章 稳恒电流.....	(55)
第十四章 磁场	(111)
第十五章 电磁感应	(166)
第十六章 交流电	(240)
第十七章 电磁振荡和电磁波	(272)
第十八章 电子技术基础	(285)
第四篇 光学	(303)
第十九章 几何光学	(303)
第二十章 光的本性	(348)
第五篇 原子物理学	(373)
第二十一章 原子结构	(373)
第二十二章 原子核	(380)
附一 电学、光学实验	(389)
附二 习题答案或提示	(427)

第三篇 电 学

第十二章 电 场

一、库 仑 定 律

自然界里只存在正、负两种电荷，而且同种电荷互相排斥，异种电荷互相吸引。

电子带负电。物体带正电是由于它失去电子，物体带负电则是由于它得到电子。失去或得到电子数越多，物体带的电量就越多。如果物体中具有等量异号的电荷，以致其整体处在中和状态，它对外界就不呈电性。

物体所带电荷数量的多少，叫做电量。在国际单位制中，电量的单位是库仑。一个电子的电量 $e = -1.6 \times 10^{-19}$ 库仑，人们把 1.6×10^{-19} 库仑叫做基本电荷。

库仑实验的结果是：“在真空中两个点电荷的作用力跟它们的电量的乘积成正比，跟它们之间的距离的平方成反比，作用力的方向在它们的连线上。”这也就是库仑定律。电荷间的这种作用力叫做静电力，又叫库仑力，用 F 表示；如果两个电荷的电量用 Q_1 、 Q_2 表示，它们之间的距离用 r 表示，库

仑定律的数学表达式是

$$F = K \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

式中 K 是比例恒量，当 F 取牛顿、 Q 取库仑、 r 取米做单位时， $K = 9 \times 10^9$ 牛顿·米²/库仑²，这个 K 值叫做静电力恒量。

学了电介质以后，我们可以知道，在电介质中两个点电荷间相互作用力的表达式是

$$F = K \frac{Q_1 Q_2}{\epsilon r^2}$$

式中 ϵ 是介电常数。

注意：

①库仑定律仅适用于点电荷；

②计算时不须考虑 Q 的正负，但必须判定是排斥力还是吸引力，并作出有关受力草图。

【思考题】

(1) 你对库仑定律中“点电荷”的含义是怎样理解的？

(2) 两个点电荷在真空中相互作用力为 F ，求在下列情况下的作用力：

①两电荷距离减少到原来的一半；

②两电荷带电量都加倍。

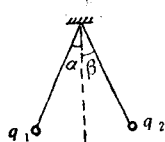
(3) 两个大小完全相同的点电荷：

①带有同种电荷；

②带有异种电荷。

已知其中一个带电量是另一个的3倍，它们相距为 r 时的作用力为 F ，将他们相碰后放在相距为 $2r$ 的位置时，其作用力分别为多大？

(4) 细线上两点电荷 q_1, q_2 的质量完全相同, 若 $q_1 > q_2$, 试比较两细线与竖直方向夹角 α 与 β 的大小, 见图12-1.



(5) 库仑定律与万有引力定律有何异同?

【例1】如图12-2所示, 两个点电荷 A, B 分别带有 $+9$ 微库仑和 $+36$ 微库仑的电量, 它们之间相距30厘米

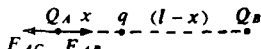


图12-2

米. 现在要引入第三个电荷, 正好使各个点电荷所受到的静电力平衡(即各个点电荷所受的合静电力为零). 问: 这第三个点电荷应该是带正电还是带负电? 电量是多少? 放在什么位置?

解: 要使引入的第三个电荷所受合静电力为零, 必须将第三个电荷置于由 A, B 两个点电荷所共同决定的电场中场强为零的点上. 设第三个电荷 q 置于点 C , C 距 A 为 x , 则距 B 为 $(l-x)$,

$$\text{所以 } K \frac{Q_A}{x^2} = K \frac{Q_B}{(l-x)^2}, K \frac{9 \times 10^{-6}}{x^2} = K \frac{36 \times 10^{-6}}{(l-x)^2},$$

约分后两边开平方, 得: $x = \frac{l}{3} = 10$ (厘米).

要使各个点电荷合静电力为零(也包括第三个点电荷合静电力为零), 而第三个点电荷必须置于 C 点, 则第三个点电荷必须是负电荷, 才能使 A, B 两点电荷受的合静电力为零.

A 点电荷受的合静电力为零时, $F_{AB} = F_{AC}$

$$\text{即 } K \frac{Q_A Q_B}{l^2} = K \frac{Q_A q}{(l/3)^2},$$

$$\frac{36 \times 10^{-6}}{l^2} = \frac{q}{\frac{1}{9} l^2},$$

得： $q = 4 \times 10^{-6}$ 库仑。

又： $\because F_{AC} = F_{BC}$ ，且 $F_{AB} = F_{AC}$ ， $\therefore F_{AB} = F_{BC}$ ，则B点电荷所受的合静电力必为零。

答：必须在AB连线中间距A点10厘米处置一带电量为 -4×10^{-6} 库仑的负电荷，各点电荷所受的合静电力才均为零。

二、电场 电场的描述

近代物理学的发展告诉我们，凡是有电荷的地方，其四周就存在着电场，即任何电荷都在自己周围的空间激发电场。电场的最基本特性是，它对于处在其中的任何其他电荷都有作用力，称做电场力。电荷与电荷之间是通过电场发生相互作用的。

电场是客观存在的一种特殊物质。有一种物质是由分子、原子、电子、质子、中子等实物粒子组成的，而另一种就是场（包括电场、磁场、引力场等），场与实物粒子既有共同之处，又有区别。相对于观察者来说，静止的电荷在其周围空间产生的电场，称为静电场。静电场与实物粒子一样也具有能量。

（一）电场强度 $\vec{E}$ ——表征电场的力的性质的物理量

电场中某点的电场强度定义为：放在电场中该点的电荷受到的电场的作用力跟它的电量的比值。表达式是

$$E = \frac{F}{q} \quad (1)$$

点电荷Q在真空中形成的电场里，距Q为r处的某点的电场强

度 $\vec{E}$ 的大小是

$$E = K \frac{Q}{r^2} \quad (2)$$

电场强度(简称场强)仅由该点在电场中的位置决定,而跟放入的电荷无关。

场强是矢量,从(1)式可知,电场中某点场强的方向,跟放在该点的正电荷所受的电场作用力的方向相同。如果有几个点电荷同时存在,则某点的合场强,可以根据矢量合成法表示为

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots$$

在国际单位制中,场强的单位是牛顿/库仑或伏特/米。而且1牛顿/库仑=1伏特/米。

在电场中的某一区域,如果各点的场强的大小和方向都相同,这个区域的电场就叫做匀强电场。

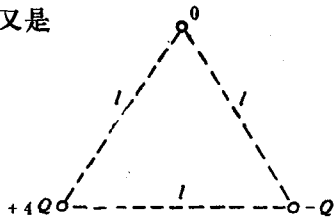
【思考题】

(6) 在真空中A处有一形成电场的电荷 Q , $Q = 5 \times 10^{-8}$ 库仑,离A1厘米处的B点,有一电荷 q , $q = 10^{-9}$ 库仑。求:

① 电荷 q 所受的电场力和B处的电场强度;

② 若把 $q' = -2 \times 10^{-9}$ 库仑的电荷放在B处,那么 q' 所受的电场力及B处的电场强度又是多少? 方向如何?

(7) 如图12-3,求与 $+4Q$, $-Q$ 相距都是 l 的O点的场强。



(二) 电势 U ——

表征电场的能的性质的

图12-3

物理量

1. 静电场中移动电荷时，电场力所做的功与路径无关。我们可以证明，在电场中移动电荷时，电场力所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，这个结论跟我们学过的重力场是相似的。

既然我们曾根据重力、弹力做功与路径无关这个特点，引进了重力势能和弹性势能，那么同样，我们可以根据电场力做功与路径无关的特点，引入电势能的概念。

2. 移动电荷所做的功跟电荷具有的电势能之间的关系。在“机械能”一章中，我们知道做功必定伴随着能量从一种形式转变为另一种形式。重力（弹力）对物体做正功，物体的重力（弹性）势能减少；重力（弹力）对物体做负功，物体的重力（弹性）势能增大。重力（弹力）做功等于物体重力（弹性）势能增量的负值。与此相似，电场力对电荷做正功，电荷的电势能减少；电场力对电荷做负功，电荷的电势能增大。电场力做功等于电荷电势能增量的负值。

当然，研究电荷在某点具有的电势能时，跟重力势能一样，必须假定电荷在某一位置的电势能为零值。

3. 电势 跟引入电场强度一样，由于在电场中任一点的电荷所具有的电势能，跟该电荷电量的比值，是一个跟移到该点电荷无关的恒量。我们定义电场中某一点电荷的电势能跟它的电量的比值，叫做该点的电势。定义式是

$$U = \frac{\varepsilon}{q}$$

电势是标量，电势为负值时，说明该点电势比假定的零电势还要低。因而在运用上式进行计算时，要注意各量的

正、负。

在国际单位制中，电势的单位是伏特。

4. 电势差 选择不同位置做零电势时，电场中某点的电势的数值会改变，但电场中任意两点间的电势的差值却保持不变。这样“电势差”比“电势”的应用更为普遍。

注意点：

$U_{AB} = U_A - U_B$, $U_{BA} = U_B - U_A$, 它们的绝对值都称为A、B两点的电势差。

知道了两点间的电势差，在电场中两点间移动电荷时，电场力做的功 W ，就等于电量 q 和这两点的电势差 U_{AB} 的乘积，即

$$W = qU_{AB}$$

运用这个公式时可以都取绝对值，再根据电荷的正负和移动的方向来判断功的正负。显然，在两点间移动电荷时所做的功，跟零电势能点的选择无关。

电功和电势能的单位均为焦耳，也常用电子伏特做单位，1 电子伏特 = 1.6×10^{-19} 焦耳。

在电场中，场强的方向就是电势降落陡度最大的方向。在匀强电场中，沿场强方向的两点间的电势差，等于场强和这两点间距离的乘积，即 $U_{AB} = Ed$

所以

$$E = \frac{U_{AB}}{d}$$

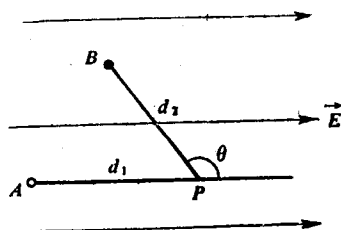


图12-4

【思考题】

(8) 如图12-4, 在场强为 E 的匀强电场中, 假定电荷在 P 点的电势能为零, $PA = d_1$, $PB = d_2$, PB 与场强方向的夹角为 θ . 试求正电荷 q 在 A, B 两点具有的电势能分别是多大?

(9) 试根据电势的定义式及移动电荷做功跟电势能变化的关系, 说明若规定无穷远处为零电势, 为什么负电荷周围的电势都是负值.

(10) 如图12-5, M, N 距离4毫米, A, C 距离4毫米, B 为 AC 中点, 板间匀强电场 $E = 10^2$ 伏/米. 求 M, N, A, B, C 各点的电势及 AC, MB 的电势差.

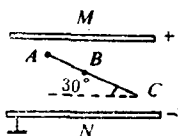


图12-5

(11) 试比较重力场、电场的异同点.

(三) 电力线与等势面

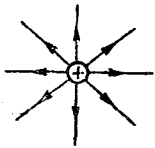
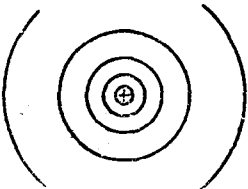
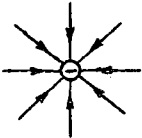
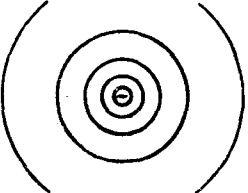
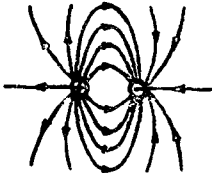
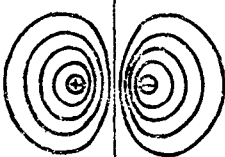
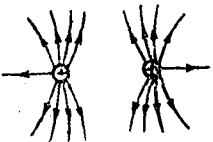
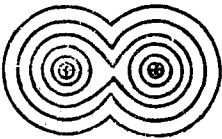
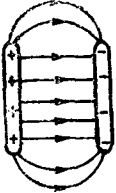
引入电力线, 可以对电场中各处场强的分布情况给出比较直观的图象. 引入等势面, 可以形象地描绘电场中电势的分布.

电力线上某点的切线方向, 可以表示该点的场强方向, 电力线的疏密可以表示场强的大小.

对同一电场来说, 等势面与电力线处处正交, 而且电力线总是由电势较高的等势面, 指向电势较低的等势面. 等势面越密集的地方场强越大, 等势面较稀疏的地方场强较小.

在同一等势面上两点间移动电荷时, 电场力不做功.

以下就一些常见电场的电力线与等势面做一比较:

	电 力 线	等 势 面
点电荷电场 (正)		
点电荷电场 (负)		
两等量异号 点电荷电场		
两等量同号 (正) 点电 荷 电 场		
匀 强 电 场		

【思考题】

(12) 一平行板电容器的两端加有100伏特电压，等势面

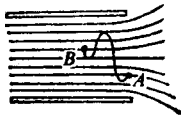


图12-6



图12-7

如图12-7所示，每两等势面之间的电势差为10伏特。现有 $q = -5 \times 10^{-10}$ 库仑的电荷，从A点移到B点。问：电场力所作的功是多少焦耳？合多少电子伏特？

(13) 把一个正电荷和一个负电荷分离得远一些，它们的电势能是增加了还是减少了？把两个正电荷或两个负电荷分离得远一些，情况又怎样？

(14) 如图12-8，电力线上A、B两点，一电子沿AB方向运动，它通过A点时速度为 v_A ，设电子带电量为 e ，质量为 m ，A、B两点电势差为 U 。问：电子从A到B是什么力做功？做了多少功？电势能是增加还是减少？变化了多少？机械能是增加还是减少？变化了多少？到达B点时的速度为多大？

(15) 两等量异种电荷连线的中点处，场强与电势有何特点？把某一电荷从无穷远处引到该点，电场力做了多少功？

(16) 下面哪些话是错误的？

- ①场强相等的地方电势也相等；
- ②场强为正的方电势也为正；
- ③场强越大的地方，电势也越大；
- ④电荷置于电势越高的点，所具有的电势能也越大。

(17) 有人说电力线就是带电粒子运动的轨迹，这个说

法在什么情况下是对的？

【例2】平行板电容器与电源连接如图12-9，两板间距离2厘米，A、B距下板都是0.5厘米，C距上板0.5厘米。已知带电量为 10^{-7} 库仑的负电荷由C移至B，电场力做了 10^{-5} 焦耳的功。

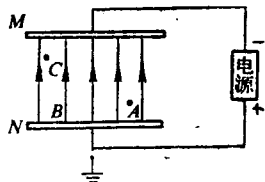


图12-8

- ①标出电源的正、负极；
- ②画出板间电力线；
- ③M极电势多大？
- ④两板间电场强度多大？
- ⑤该电荷在C点具有多大电势能？
- ⑥若将该电荷从C移到A再移到B，电场力做什么功？做了多少功？

⑦若要使该电荷自C向A作匀速直线运动，必须对电荷加一个外力，其大小和方向怎样？（重力的作用不计）

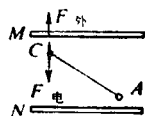


图12-9

解：①上板带负电，下板带正电，则电源极性如图所示。

②板间电力线自下而上（如图）。

$$\textcircled{3} \because U_{BC} = \frac{W_{BC}}{q} = \frac{10^{-5}}{10^{-7}} = 100 \text{ (伏特)},$$

$$\text{又} \quad E = \frac{U_{NM}}{d_{NM}} = \frac{U_{BC}}{d_{BC}},$$

$$\therefore \frac{U_{NM}}{2} = \frac{100}{1}, \quad U_{NM} = 200 \text{ (伏特)}.$$

$$\therefore U_N = 0, \therefore U_M = -U_{NM} = -200 \text{ (伏特)}.$$