

黄霭英 康锦屏 主编

物理

高中生能力培养丛书

(供高二年级使用)



· 新教材同步 · 与新教材同步 · 与新教材同步

高中生能力培养丛书

物 理

(供高二年级使用)

分科主编 国运之

本册编者 童 星 秦家达

王天谔 国运之

华 夏 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

物理/黄霭英,康锦屏主编. - 北京:华夏出版社,1997.1

(高中生能力培养丛书)

供高二年级使用

ISBN 7-5080-1167-8

I. 物… II. ①黄… ②康… III. 物理课-高中-教学参考资料 IV. G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 23810 号

华夏出版社出版发行

(北京东直门外香河园北里4号 邮编:100028)

新华书店经销

中国建筑工业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米32开本 6.75印张 153千字

1997年1月北京第1版 1997年1月北京第1次印刷

印数1-11000册

ISBN 7-5080-1167-8/G·766

定价:8.90元

本版图书凡印刷、装订错误,可及时向我社发行部调换

编者的话

由于在教育学院执教所具有的条件,因而有了广泛接触、深入了解中学教育的机会,有了博览研究全国各地出版部门编辑出版的有关中学教学的各类书籍的机会。研读之余,感慨良深。那些书籍虽或多或少有助于教师的教,学生的学,但均不无缺憾之处:有的详于知识而略于将知识转化为能力的指点;有的详于题例的堆列而略于重点、难点知识的疏解;有的虽兼顾了知识与题例,但又缺乏规律与方法的揭示与提供……。至于专门在能力培养上下力气的得力之作,更是凤毛麟角了。看到这多如牛毛的大同小异的书籍,我们感到忧心。为培养高级中学学生学习能力和提高教师教学质量,我们约集了北京市专门从事中学教育或专门研究中学教育的有共识的专家、学者,编著了这套丛书,名之曰《高中生能力培养丛书》。采众家之长,去各家之短。本丛书体现了如下特点:重点难点知识的疏解与典型题例相结合;精讲知识与怎样将知识转化为能力的点拨相结合;精选、精设典型题例与解题思路、解题方法的分析、揭示相结合;注重指导平时教学与适应高考实际需要相结合。因此,丛书是科学性、针对性、实用性、有效性的有机统一。编著此丛书的构想方案形成以后,华夏出版社为丛书出版竭尽心力,北京市原教育局长、中学教育专家陶西平同志欣然同意任丛书顾问,为此,我们由衷地表示谢意!由于时间紧,任务重,难度大,因此是否将美好的设想变成了现实,尚待广大中学师生在实践中去验证。

黄霭英 康锦屏

目 录

第一章	电场	(1)
第二章	恒定电流	(20)
第三章	磁场	(56)
第四章	电磁感应	(79)
第五章	交流电	(100)
第六章	电磁振荡和电磁波	(119)
第七章	光的反射和折射	(128)
第八章	光的本性	(151)
第九章	原子和原子核	(164)
第十章	会考模拟练习	(175)
会考模拟练习答案		(194)
练习题参考答案		(196)
附录一	常用的物理量及单位	(205)
附录二	重要的物理常数	(209)

第一章 电 场

能力基础和知识掌握

知识点、重难点

1. 电荷的相互作用

电荷的相互作用有互相吸引和互相排斥两种情况,同种电荷互相排斥,异种电荷互相吸引。

2. 库仑定律: $F = K \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$

(1) 式中 Q_1 、 Q_2 分别是相互作用的两个点电荷的电量。点电荷是一种理想化的模型,真正的点电荷是不存在的。如果带电体自身的大小远小于两带电体之间的距离,以致带电体自身大小和形状对相互作用力的影响可以忽略不计,就可以把带电体视为点电荷。

(2) 点电荷之间相互作用力大小跟距离的平方成反比。

(3) 静电力恒量 $K = 9.0 \times 10^9$ 牛·米²/库²。它表示,电量都是 1 库仑的两个静止电荷,相距 1 米时,相互作用力(静电力)是 9.0×10^9 牛顿。

(4) 电量的单位和基本电荷:

① 电量的单位库仑是由基本单位安培通过电流强度定义式 $I = \frac{Q}{t}$ 导出的单位,即 1 库仑 = 1 安培·秒。

② 基本电荷 $e = 1.6 \times 10^{-19}$ 库仑。它是目前发现的最小电量,任何带电体的电量都是这个最小电量的整数倍。质子和电子

分别带正电和负电,但它们的电量绝对值都等于基本电荷。

3. 电场

(1)电荷周围存在着电场。静止的电荷产生的电场称为静电场。

(2)电场是传递电荷相互作用的物质。

4. 电场强度 $E = \frac{F}{q}$, 单位: 牛/库

(1)上式是电场强度的定义式,式中 q 不是产生电场的电荷,而是引入到电场中受到电场力的电荷(称为检验电荷)。电场强度的大小与检验电荷 q 无关。

(2)电场强度是矢量。电场强度的方向规定为正电荷在电场中受电场力的方向。

5. 电力线是为了形象描述电场中各点电场强度大小和方向而假想的线

(1)电力线从正电荷出发到负电荷终止。电力线上每一点的切线方向为该点电场强度的方向。

(2)电力线密处电场强度大,电力线疏处电场强度小。

6. 电势差(电压) $U = \frac{W}{q}$

(1)在电场中电势差为 U 的两点间移动电量为 q 的电荷,电场力做功 $W = qU$ 。

(2)电场中的电荷 q 在电场力作用下移动电场力做功 W , 则电荷的电势能就减小 W 。

7. 电容器和电容器的电容

(1)电容器是由彼此绝缘又相互靠近的两个导体组成。组成电容器的两个导体称为电容器的两个极板。

(2)使电容器带电的过程叫充电。电容器带电时,两极板分别带等量异种电荷,一个极板上所带电量的绝对值叫做电容器

所带的电量。

(3) 电容器带电时, 两极板间产生电压。使电容器的两极板间电压增加 1 伏所需的电量叫做电容器的电容。电容的单位是法拉(F)。1 法拉表示电容器两极板间电压增加 1 伏特所需的电量是 1 库仑。如果电容器两极板间电压增加 1 伏特所需的电量是几库仑, 则电容器的电容是几法拉。比法拉于小的电容单位有微法拉(μF)和皮法拉(pF)。

(4) 常见的电容器可以分为固定电容器和电容可以变化的可变电容器两类。

8. 静电危害的防止和静电的利用

(1) 防止静电危害的基本办法是尽快把产生的静电导走, 避免越积越多。

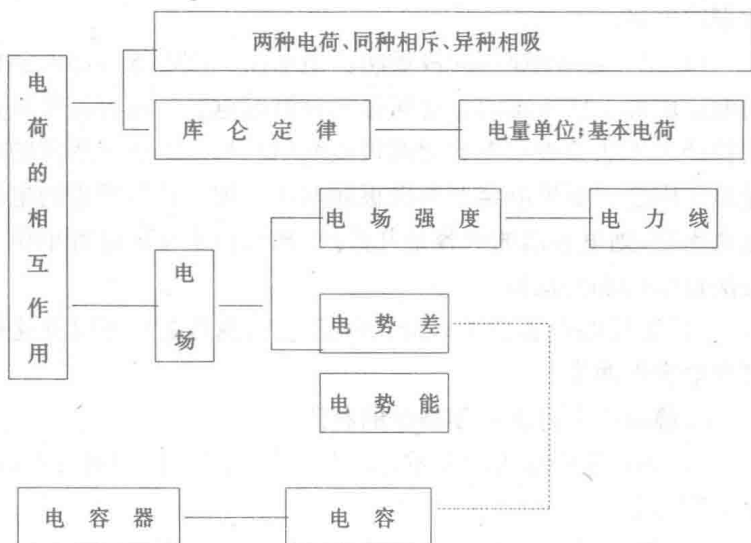
(2) 静电广泛应用于除尘、喷涂、植绒、复印等。

电场是中学物理的重要内容, 它是电磁学的基础。这一章又集中了许多既是重点又是难点的知识, 如电场强度、电势和电势差、电势能、电容等概念, 以及电场对导体和带电粒子的作用等重要内容。目前中学物理把这些内容分为“必修”和“选修”两个层次加以要求。必修部分只要求了解最基本的电现象——电荷的相互作用和电场强度、电势差、电容等重要概念。知道和记住其内容, 能在有关的问题中识别和直接使用(即相当于考试, 水平的 A 级)。这其中以库仑定律、电场强度和电势差为重点。

知识结构(见下表)

知识的比较

电荷的相互作用是电场的基础, 因为电场是传递电荷相互作用的物质。库仑定律给出了点电荷相互作用力的公式。如果知道了电场中电场强度 E , 也可以根据电场强度定义式给出电荷 q 在电场中受电场力的公式 $F=qE$ 。这个电场力计算式是对



任何电场都适用的。由于存在两种电荷，库仑定律计算出的静电力可以是斥力（同种电荷），也可以是引力（异种电荷）；而电场力的公式计算出的电场力的方向可以和电场强度方向相同（正电荷受电场力），也可以和电场强度方向相反（负电荷受电场力）。这是和以前计算其它力不同之处，也是初学者容易出错之处。

电场强度是描述电场的力的属性的物理量，它的大小方向通过引入检验电荷在电场中受力情况来量度，但它与引入检验电荷的正、负，检验电荷的电量无关。而电场力则不但与电场强度有关，还和受力的电荷电量和正、负有关。电场强度和电场力是相关而又不同的物理概念。

电势差是跟电场力移动电荷做功有关的物理量。知道电场中两点的电势差 U ，那么在这两点间移动电荷 q ，电场力做功 W 就可以算出， $W = qU$ 。但电场力做功可正、可负；移动的电荷也

有正、有负；电场中两点的电势差也会有正、有负。所以有关电势差的知识的理解和电场力做功的计算比理解电场强度和计算电场力要难。

电场力做功是和电势能变化相联系的，所以电势差是描述电场能量属性的物理量，电场中两点的电势差跟在这两点间是否移动电荷以及移动电荷的电量，正、负无关。

上述内容在必修的层次里要求较低，基本上不做深层次的讨论。如有了库仑定律和电场强度定义式后不讨论点电荷的电场强度；介绍了电势差而不涉及电势，所以回避电势差的正、负，保持初中物理电压是正值的认识水平；介绍了电荷在电场力作用下移动，电场力做功电势能减小而没讨论移动电荷电势能增加的问题；介绍了电容的含义而没给出电容的定义式等。对于智力潜能较强，知识基础较好的学生，上述知识可以有选择地适当加以深化。

能力形成和方法训练

电荷的相互作用、库仑定律

例 1. 相距 2 厘米的两个点电荷，相互斥力是 3.6×10^{-2} 牛顿，已知其中一点电荷 $Q_1 = -2.0 \times 10^{-8}$ 库仑。问

(1) 另一点电荷带电的正负和多少？

(2) 若使这两点电荷的距离再增加 1 厘米，那么两点电荷间的静电力是多少？

分析与思考

这是应用库仑定律 $F = K \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$ 计算点电荷之间静电力的问题。在 F 、 r 、 Q_1 和 Q_2 四个量中，只要已知其中的三个，就能应用公式求出另一个。要注意的是距离 r 应取米为单位。

解(1)已知 $Q_1 = -2.0 \times 10^{-8}$ 库, $r = 0.02$ 米, $F = 3.6 \times 10^{-2}$ 牛,

根据 $F = \frac{KQ_1Q_2}{r^2}$ 得

$$Q_2 = \frac{Fr^2}{KQ_1} = \frac{3.6 \times 10^{-2} \times (2 \times 10^{-2})^2}{9.0 \times 10^9 \times (-2.0 \times 10^{-8})} \text{ 库} \\ = -8.0 \times 10^{-8} \text{ 库}$$

则另一点电荷也带负电,电量是 8.0×10^{-8} 库。

(2)这时 $r' = (0.02 + 0.01)$ 米 $= 0.03$ 米, $Q_1 = -0.2 \times 10^{-8}$ 库, $Q_2 = -8.0 \times 10^{-8}$ 库。

$$F' = \frac{KQ_1Q_2}{r'^2} = \frac{9.0 \times 10^9 \times (-2.0 \times 10^{-8}) \times (-8.0 \times 10^{-8})}{(3 \times 10^{-2})^2} \text{ 牛} \\ = 1.6 \times 10^{-2} \text{ 牛}。$$

实际上本问题是保持 Q_1Q_2 不变的情况下,使电荷间距由 r 变为 r' ,求静电力由 F 变成多大(F')?,这时可应用库仑定律得出 $Fr^2 = F'r'^2$ 。

$$\text{所以 } F' = F \left(\frac{r}{r'} \right)^2 = 3.6 \times 10^{-2} \left(\frac{0.02}{0.03} \right)^2 \text{ 牛} \\ = 1.6 \times 10^{-2} \text{ 牛}$$

两点电荷距离再增加 1 厘米时,电荷间的静电力变为 1.6×10^{-2} 牛。

注意与说明 应用库仑定律解问题,一是要注意选用的单位必须是牛顿、库仑、米;二是如果电荷的正、负代入计算,那么静电力为正时表示斥力,静电力是负值时表示吸引力,也可以不把电荷的正、负代入,只计算静电力的数值,再根据同种电荷相斥,异种电荷相吸来判定静电力的方向;三是对于 Q_1 和 Q_2 保持不变的情况下,计算静电力随电荷间的距离变化,不必把 Q_1Q_2 的数代入(有时根本不知道 Q_1 和 Q_2 的具体数值),而用 $F_1r_1^2 = F_2r_2^2$ 来计算更简便。

例 2. 两个带有同种电荷的点电荷,带电量之和是 Q ,相距为 r 。这两个点电荷之间的静电力可能是 []

- (A) $\frac{KQ^2}{r^2}$ (B) $\frac{KQ^2}{2r^2}$ (C) $\frac{KQ^2}{4r^2}$ (D) $\frac{3KQ^2}{16r^2}$ 。

分析与思考 库仑定律说明两点电荷之间的静电力跟两点电荷的电量乘积成正比,而本题只知两点电荷电量之和为 Q 。两点电荷的电量乘积大小是跟这两点电荷的电量分配有关。如果这两点电荷各自带电 $\frac{Q}{2}$,那么静电力是 $\frac{KQ^2}{4r^2}$,当一个点电荷带电 $\frac{1}{4}Q$ 时,另一点电荷带电应 $\frac{3}{4}Q$,这时静电力是 $\frac{3KQ^2}{16r^2}$,说明(C)、(D)选择是正确的。

解:选项(C)、(D)是正确的。

注意与说明 根据本题的条件,两点电荷间的静电力大小可以有无数种结果,如 $\frac{2KQ^2}{9r^2}$ 、 $\frac{4KQ^2}{25r^2}$ 、 $\frac{5KQ^2}{36r^2}$ 也是正确的结果。根据数学知识可以知道,这无数种结果中以 $\frac{KQ^2}{4r^2}$ 为最大,所以(A)、(B)选项是错的。

例 3. 在真空中相距为 d 的两个固定的电荷 Q_A 、 Q_B ,其电量分别是 $+q$ 和 $+9q$,现在要在两点电荷之间放入第三个点电荷 Q_C ,要使 Q_C 受静电力平衡, Q_C 应放在什么位置? Q_C 的正、负和电量跟它受静电力平衡有无关系?

分析与思考 本题有三个电荷的相互作用,每个电荷都受到其它两个电荷的作用力,本题 Q_A 和 Q_B 是固定的,不考虑它们受静电力是否平衡,只考虑 Q_C 受静电力平衡,这要求 Q_A 对 Q_C 的静电力 F_{AC} 和 Q_B 对 Q_C 的静电力 F_{BC} 要大小相等,方向相反,因为 Q_A 、 Q_B 是同种电荷,所以 Q_C 不论是正、是负,都能满足 F_{AC} 和 F_{BC} 方向相反的要求,因为 $Q_B > Q_A$,所以要使 F_{AC} 和 F_{BC} 大小

相等, Q_C 应离 Q_A 较近, Q_C 和 Q_A 、 Q_B 的距离可以通过库仑定律和力的平衡条件求得。

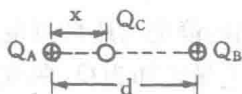


图 1-1

解 设 Q_C 放在离 Q_A x 处, 如图 1-1 所示。

$$F_{AC} = \frac{KQ_A Q_C}{x^2} = \frac{KqQ_C}{x^2}$$

$$F_{BC} = \frac{KQ_B Q_C}{(d-x)^2} = \frac{9KqQ_C}{(d-x)^2}$$

因两力方向相反, Q_C 受静电力平衡条件是

$$\frac{KqQ_C}{x^2} = \frac{9KqQ_C}{(d-x)^2}$$

解得 $x = \frac{d}{4}$ 。即 Q_C 放在离 Q_A $\frac{d}{4}$ 处 (离 Q_B $\frac{3}{4}d$ 处), Q_C 受 Q_A 与 Q_B 的静电力平衡, 上述计算 Q_C 消去, 说明 Q_C 的电量和正、负跟它受静电力平衡无关。

注意与说明 三个点电荷在一条直线上, 用库仑定律计算其中的点电荷受静电力时, 不要把电荷的正、负代入计算, 只计算其绝对值, 因为中间电荷受到两边电荷的斥力或受两边电荷的引力时, 它受到的两个力的方向是相反的 (但计算出的两个力是同号的), 这时若用两个力之和为零做为中间电荷受力平衡的条件来求解 (如本题中用 $F_{AC} + F_{BC} = 0$ 做为平衡条件求解) 就会出错。

本题又要求中间的电荷 Q_C 受静电力平衡, 所以 Q_C 的正、负和电量都不影响它受静电力平衡。如果题目还要求两边的电荷 Q_A 与 Q_B 受静电力也平衡 (即移入 Q_C 后, 三个点电荷受静电力都平衡), 那么 Q_C 的正、负就不能任意, 而应与 Q_A 、 Q_B 是异种电荷。 Q_C 的电量也不能任意取值, 而应通过 Q_A (或 Q_B) 受静电

力平衡的条件求解确定。若还以本题原来的已知条件而要求三个点电荷受静电力都平衡,那么 Q_C 应是负电荷,电量应是 $\frac{9}{16}q$, 即 $Q_C = -\frac{9}{16}q$ 。

电场强度 电力线

例 4. 以上有关电场强度的叙述,正确的是 []

(A) 根据 $E = \frac{F}{q}$, 说明电场强度与电场力成正比,与检验电荷电量成反比。

(B) 由 $F = E \cdot q$ 知道,电荷在电场中受电场力的大小和电荷的电量成正比。

(C) 电场强度是矢量,它们的方向和电荷受电场力方向相同。

(D) 相互距离 r 的点电荷 Q_A 和点电荷 Q_B 之间的作用力 $\frac{KQ_A Q_B}{r^2}$, 说明点电荷 Q_A 产生的电场在 Q_B 处的电场强度是 $\frac{KQ_A}{r^2}$ 。

分析与思考 电场的最基本的性质是它对放入其中的电荷有力的作用,这个性质是电场本身固有的属性,是与电场中有无放入电荷无关。这和导体通电时对电流有阻碍作用,电阻就是描述导体这一属性的物理量,导体的电阻并不因为导体中有无电流而变化的情况是类似的。电场对放入其中的电荷有力的作用这一属性经实验表明,同一检验电荷在电场中不同点时,受力大小、方向可能有不同,这表明电场中不同点处的电场强弱不同;实验还表明,在电场中某点放入检验电荷,检验电荷受到的电场力 F 的大小和检验电荷的电量 q 在正比,其比例系数 $\left(\frac{F}{q}\right)$ 的大小反

映了电场的强弱,这个比例系数就是(就定义为)电场强度 E 。所以(A)选项是错的,而(B)选项是正确的。由于电荷有正、负两种,两种电荷在电场中同一点受电场力的方向是相反的,所以(C)选项也是错的。根据电场强度的定义,相距 r 的点电荷 Q_A 和 Q_B , Q_A 点电荷在 Q_B 处产生的电场强度 $E = \frac{KQ_A Q_B}{r^2} / Q_B = \frac{KQ_A}{r^2}$, 所以(D)选项是正确的。

解:(B)、(D)选项是正确的。

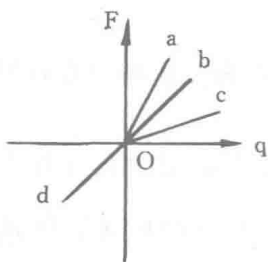


图 1-2

注意与说明 从(D)选项可以看出, Q_A 产生电场的电场强度是和受电场力的 Q_B 无关的,而只和产生电场的电荷 Q_A (称为场源电荷)及该点在电场中的位置(相当于式中的 r)有关。

例 5. 图 1-2 表示电场中的 a、b、c、d 点引入检验电荷时,检验电荷受电场力跟检验电荷电量的函数关系,由此可以判定

(A) a、b、c 三点的电场强度大小关系是 $E_a > E_b > E_c$;

(B) a、b、c 三点的电场强度大小关系是 $E_a < E_b < E_c$;

(C) b、d 两点的电场强度大小相等,方向相反;

(D) b、d 两点的电场强度大小和方向都相同。

分析与思考 由图中可以看出 $\frac{F_a}{q_a} > \frac{F_b}{q_b} > \frac{F_c}{q_c}$, 所以 $E_a > E_b > E_c$ 是正确的。从图中可以看出在 d 点放入负电荷时,负电荷受电场力的方向跟 b 点放入的正电荷受到的电场力方向相反,所以 b、d 两点的电场强度方向是相同的。图中同样有 $\frac{F_b}{q_b} = \frac{F_d}{q_d}$ 的关系,所

以 $E_b = E_d$ 。

解：(A)、(D)选项是正确的。

注意与说明 用比值来定义的物理量，其大小可以用比值的两个物理量分别做直角坐标的两坐标轴，以过坐标原点的直线的斜率来加以判断。要注意的是纵坐标轴代表的物理量和横坐标轴代表的物理量的比是否就是用来定义新物理量的比，或者是这个比值的倒数。

例 6. 真空中有一电场，把一个带电量为 3.0×10^{-8} 库的点电荷放入电场中的 A 点时受电场力是 4.5×10^{-4} 牛，放入电场中的 B 点时受电场力是 6.0×10^{-4} 牛，那么 A 点的场强和 B 点的场强各是多大？如果在 A 点引入检验电荷 q_A ，在 B 点引入检验电荷 q_B ，而使它们各自受到的电场力 F_A 和 F_B 大小相等，那么

$$\frac{q_A}{q_B} = ?$$

分析与思考 本题的前一部分是已知检验电荷的电量及它在电场中受电场力的大小，求电场强度，应用电场强度定义式 $E = \frac{F}{q}$ 直接求解。后一部分是知道了电场强度和电场力的要求，求解检验电荷的电量。由于要求两检验电荷受电场力相等。所以有 $q_A E_A = q_B E_B$ 。

解： $q = 3.0 \times 10^{-8}$ 库， $F_A = 4.5 \times 10^{-4}$ 牛， $F_B = 6.0 \times 10^{-4}$ 牛

$$\begin{aligned} E_A &= \frac{F_A}{q} = \frac{4.5 \times 10^{-4}}{3.0 \times 10^{-8}} \text{牛/库} \\ &= 1.5 \times 10^4 \text{牛/库} \\ E_B &= \frac{F_B}{q} = \frac{6.0 \times 10^{-4}}{3.0 \times 10^{-8}} \text{牛/库} \\ &= 2.0 \times 10^4 \text{牛/库。} \end{aligned}$$

在 A、B 两点分别引入 q_A 、 q_B 后，要求它们受电场力相等， $F'_A =$

F'_B 。

所以 $q_A E_A = q_B E_B$

$$\begin{aligned}\text{得 } \frac{q_A}{q_B} &= \frac{E_B}{E_A} = \frac{2.0 \times 10^4}{1.5 \times 10^4} \\ &= \frac{4}{3}\end{aligned}$$

注意与说明 本题的后部分只要求 $\frac{q_A}{q_B}$ ，不求 q_A 、 q_B 的具体大小。实际上本题没有给出引入 q_A 、 q_B 后，其受电场力的具体大小，所以无法求出 q_A 、 q_B 的具体带电量的多少。

例 7. 图 1-3 是某区域的电力线图，a、b、c 是电场中的三点，以下叙述中，正确的是

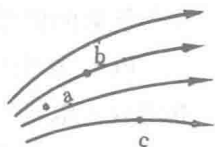


图 1-3

[]

(A) a、b、c 三点中，a 不在电力线上，所以 a 点的电场强度最小；

(B) a、b、c 三点中，电场强度大小关系是 $E_a > E_b > E_c$ ；

(C) 在 b 点有一检验电荷，释放后检验电荷将沿过 b 点的电力线运动(其它作用力不计)；

(D) 把图中的这些电力线延长，会出现电力线相交的情况。

分析与思考 电力线是为了形象描述电场中各点电场强度的大小和方向而假想的线。原则上可以画出无数条电力线，实际上图中画出的电力线只是电力线中有代表性的部分，所以 a 点虽然不过图中的电力线，但并不等于它没有电力线通过。根据图中画出的有代表性的几条电力线可以看出，在 a 点处电力线的密集度要大于在 b 点的密集度，电力线在 b 点的密集度又大于在 c 点处的密集度，根据电力线密集度大的地方电场强度大，可以判定(A)选项是错的，(B)选项是正确的。在 b 点的检验电荷受电