

根据最新课程标准编写



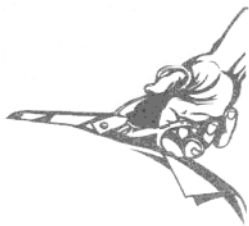
高中物理

电磁学

丛书主编◎周智良 本册主编◎钱泽仪

模块化 互动式 领航新课标

能听懂 会做题 开启新思路



“新思路”何以新

关键词 1:新课标 “新思路”丛书根据新课标教材的教学模块逐一突破教学重点、难点,采用一问一答的启发式讲解引导学生变被动学习为主动思考。

关键词 2:新内容 以“新思路”丛书和一般教辅图书核心内容的区别来说明。

例题多,信息量大,不仅知识覆盖面广,每类试题及试题所体现的解题方法都比较典型;例题的讲解采用课堂教学模式,对试题的题眼、障碍、考查意图等关键地方设问,然后回答,逐步呈现解题思路。学生在课外阅读的过程中,会感觉有老师随时在身边指导。

练习题紧紧围绕例题来设置,是对例题的拓展和延伸,往往在考查知识点或方法上同例题有相似之处,以此引导学生举一反三。

例题

例题
少,信息量小;
对例题的讲解是先给出解题过程,再作简单评点,学生能看懂,却不知道为什么要这样解。

练习

练习题与例题无多少联系,能看懂前面的例题,不一定能正确解答后面的练习题。



关键词 3: 新理念 我们认为,解题时,解题过程的规范性、计算的准确性是学生的基本功,不同题目的要求都是一样的;而不同的题目,其解题思路却可能大相径庭,所以,解题的核心应该是解题思路的寻找.学生在面对一道题目的时候,要有意识地想到这些问题:考查什么?哪些叙述中包含有效信息?存在哪些易错点?解题的突破口在哪里……如果能回答这些问题,解题思路就已呈现,不必完整地写出每道试题的解题过程.

最后,衷心祝愿每一位丛书的读者在学习上有新的突破,在思维层面上有新的境界!

编 者

2008 年 5 月



目 录



1	“新思路”何以新
1	专题一 电 场
1	知识梳理
5	技能探究
36	资料卡片
42	专题二 带电粒子在电场中的运动
42	知识梳理
44	技能探究
68	资料卡片



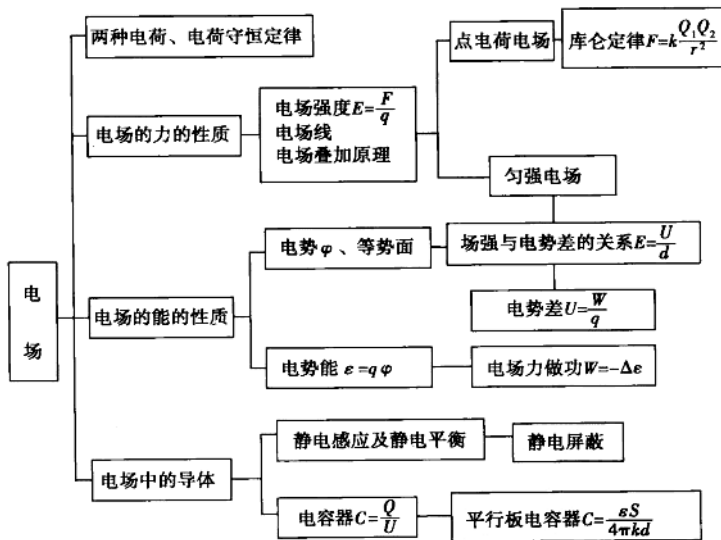
73	专题三 恒定电流
73	知识梳理
75	技能探究
98	资料卡片
104	专题四 磁 场
104	知识梳理
108	技能探究
130	资料卡片
139	专题五 电磁感应
139	知识梳理
140	技能探究
171	资料卡片
175	专题六 交变电流 电磁振荡和电磁波
175	知识梳理
180	技能探究
195	资料卡片
199	参考答案



专题一 电 场



知识梳理



考点1：起电的方法

某物体电荷变化是电子的转移引起的，起电的方法有三种：摩擦起电、接触带电、感应起电。

考点2:库仑定律

(1)内容:真空中两个点电荷之间的相互作用力,跟它们的电荷量的乘积成正比,跟它们的距离的二次方成反比,作用力的方向在它们的连线上.即: $F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$,其中 k 为静电力常量, $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

(2)适用条件:

①真空中.一般在空气中近似适用.

②点电荷.带电体的形状和大小对它们之间相互作用力的影响可以忽略不计时,可近似把带电体视为点电荷.(这一点与万有引力很相似,但又有不同:对质量均匀分布的球,无论两球相距多远, r 都等于两球球心距;而对带电导体球,距离太近,电荷会重新分布,不能再用电球心距离代替 r .)

考点3:电场强度

(1)定义:放入电场中某点的电荷所受的电场力 F 跟它的电荷量 q 的比值,叫做该点的电场强度,即 $E = \frac{F}{q}$,简称场强.

①这是电场强度的定义式,适用于任何电场.

②其中的 q 为试探电荷,是电荷量很小的点电荷.

③电场强度是矢量,规定其方向与正电荷在该点受的电场力方向相同.

(2)点电荷周围的场强公式: $E = \frac{kQ}{r^2}$,其中 Q 是产生该电场的电荷,叫场源电荷.

(3)匀强电场的场强公式是: $E = \frac{U}{d}$,其中 d 是沿电场线方向上的距离.

(4)从力的角度研究电场,发现电场强度是电场本身的一种特性,与检验电荷存在与否无关.

(5)判断场强大小和方向的方法.

①判断电场强度大小的几种方法:

方法一:由定义式 $E = \frac{F}{q}$ 决定.

方法二:在点电荷电场中, $E = k \frac{Q}{r^2}$.

方法三:电场线密(疏)处场强大(小).

方法四:在匀强电场中,场强处处相等.

②判断电场强度方向的几种方法:

方法一:正电荷所受电场力的方向即是该点的场强方向.

方法二:电场线上每一点的切线方向即是该点的场强方向.

方法三:电势降低最快的方向即是场强的方向.

考点 4:电势

电势 φ 是描述电场的能的性质的物理量. 电场中某点的电势, 等于单位正电荷由该点移动到参考点(零电势点)时电场力所做的功. 和重力场中的高度类似, 电场力做功也只跟始末位置间的电势差有关, 和路径无关. $W_{\text{电}} = qU = q(\varphi_A - \varphi_B) = \varepsilon_A - \varepsilon_B$, 即电势能的增量等于电场力做功的负值.

(1) 电势是电场本身的一种特性, 与检验电荷存在与否无关.

(2) 电势差 U 是两点电势之差, 是标量.

(3) 通常规定: 无限远处的电势为零, 电势的正负和大小是相对的, 电势差的值是绝对的.

(4) 沿电场线方向电势降低.

考点 5: 电场线

一种抽象化、理想化的模型, 用来形象地描绘电场的分布情况, 不表示带电粒子在电场中的运动轨迹.

(1) 电场线、等势面的特点及关系

① 电场线的方向为该点的场强方向, 电场线的疏密表示场强的大小.

② 电场线互不相交, 等势面也互不相交.

③ 电场线和等势面相互垂直.

④ 电场线的方向是电势降低最快的方向.

⑤ 电场线密的地方等差等势面密; 等差等势面密的地方电场线也密.

(2) 带电粒子只在电场力作用下运动轨迹与电场线重合的条件

① 电场线必须是直线.

② 初速度为零, 或初速度方向与电场线的方向相同或相反.

(3) 5 种常见的电场的电场线和等势面(见图 1-1)

考点 6: 处于静电平衡的导体的特点

内部场强处处为零, 整个导体是一个等势体, 导体表面任一点的场强方向跟该点表面垂直; 净电荷只分布在导体的外表面.

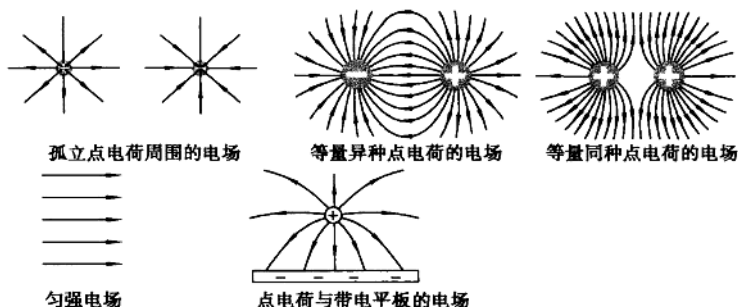


图 1-1

考点 7: 电容器

(1) 两个彼此绝缘又相隔很近的导体都可以看成一个电容器。

(2) 电容 $C = \frac{Q}{U}$, 是表示电容器容纳电荷本领的物理量, 是由电容器本身的性质(导体大小、形状、相对位置及电介质)决定的。

(3) 平行板电容器的电容的决定式: $C = \frac{\epsilon S}{4\pi k d} \propto \frac{\epsilon S}{d}$

(4) 两种不同变化

电容器和电源连接如图 1-2 所示, 改变板间距离、改变正对面积或改变板间电解质材料, 都会改变其电容, 从而可能引起电容器两板间电场的变化。这里一定要分清两种常见的变化:

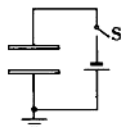


图 1-2

①开关 S 保持闭合, 则电容器两端的电压恒定(等于电源电动势), 这种情况下:

$$Q = CU \propto C, \text{ 而 } C = \frac{\epsilon S}{4\pi k d} \propto \frac{\epsilon S}{d}, E = \frac{U}{d} \propto \frac{1}{d}.$$

②充电后断开 S, 保持电容器电荷量 Q 恒定, 这种情况下:

$$C \propto \frac{\epsilon S}{d}, U \propto \frac{d}{\epsilon S}, E \propto \frac{1}{\epsilon S}.$$



技能探究

一、例题讲解

★ 精例 1 半径均为 R 的两个相同的金属球带有等量同种电荷 Q , 两球心相距 $3R$. 两金属球间的相互作用力为 F . 另有两个等量异种点电荷, 电荷量也为 Q , 相距也为 $3R$, 两点电荷间的相互作用力为 F' , 则 $F:F'$ ()

- A. 等于 1 B. 大于 1 C. 小于 1 D. 不能确定

◇ 解题思路剖析

问题(1): 本题考查两点电荷间的相互作用力, 用什么知识求解?

答: 库仑定律.

问题(2): 库仑定律的适用条件是什么?

答: 在真空中的点电荷.

问题(3): 两个相同的金属球能看成点电荷吗?

答: 两个相同的金属球由于相距不够远, 所以不能看做点电荷. 可把小球带的电荷量等效为带电中心处带电荷, 由于两球带同种电荷相互排斥, 因此每球的带电中心不在球心处而在球心连线偏外一些. 故两球间电荷的相互作用力 $F = \frac{kQ^2}{r^2}$, 其中 $r > 3R$. 而两个等量异种点电荷间的相互作用力, 由

库仑定律得 $F' = \frac{kQ^2}{9R^2}$, 所以 $F < F'$.

◇ 答案: C.

★ 精例 2 绝缘细线上端固定, 下端挂一轻质小球 a , a 的表面镀有铝膜. 在 a 的旁边有一绝缘金属球 b , 开始时 a 、 b 都不带电, 如图 1-3 所示, 现使 b 带电, 则 ()

- A. a 、 b 不发生相互作用 B. b 将吸引 a , 吸住后不放开
C. b 立即把 a 排斥开
D. b 先吸引 a , 接触后又把 a 排斥开

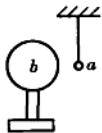


图 1-3

◇ 解题思路剖析

问题(1): 本题出现的轻质小球是什么意思?

答: 带电体有吸引轻小物体的性质, 如果 b 带电, 将吸收 a .

问题(2): 带电体 b 吸引轻质小球 a , 而 a 的表面镀有铝膜, 又会发生哪些变化呢?

答: 将发生接触带电, a 会带上与 b 相同的电荷.

问题(3): a 、 b 都带电后, 又将如何作用?

答: 同种电荷相互排斥.

◇ 答案: D.

★ 精例 3 两个半径相同的金属小球, 电荷量之比为 $1:7$, 相距为 r , 两者相互接触后再放回原来的位置上, 则相互作用力可能为原来的 ()

- A. $\frac{4}{7}$ B. $\frac{3}{7}$ C. $\frac{9}{7}$ D. $\frac{16}{7}$

◇ 解题思路剖析

问题(1): 两球原来的作用力如何表达?

答: 设两小球的电荷量分别为 q 与 $7q$, 则原来相距 r 时的相互作用力

$$F = k \frac{q \times 7q}{r^2} = k \frac{7q^2}{r^2}.$$

问题(2): 由于两球的电性未知, 接触后再分开, 它们的电量将有何变化?

答: 由电荷守恒的思想, 即电荷不会创生也不会消失, 只能从一个物体传递到另一个物体, 或从物体的一部分转移到另一部分, 电荷的总量保持不变. 两电性相同的球, 接触后平分电荷, 两电性不同的球接触后电荷先中和再平分, 故相互作用力的计算可分两种情况:

两球电性相同时, 相互接触时两球电荷量平均分布, 每球电荷量为 $4q$, 所以, 放回原处后的相互作用力为 $F_1 = k \frac{4q \times 4q}{r^2} = k \frac{16q^2}{r^2}$, 所以 $\frac{F_1}{F} = \frac{16}{7}$;

两球电性不同时, 相互接触时电荷先中和再平分, 每球电荷量为 $3q$, 放回原处后的相互作用力为 $F_2 = k \frac{3q \times 3q}{r^2} = k \frac{9q^2}{r^2}$, 所以 $\frac{F_2}{F} = \frac{9}{7}$.

◇ 答案: CD.

★精例4 如图1-4所示,一个质量为 m ,电荷量为 $-q$ 的半径极小的小球,用丝线悬挂在某匀强电场中,电场线与水平面平行.当小球静止时,测得悬线与竖直夹角为 30° ,由此可知匀强电场方向为_____,电场强度大小为_____.

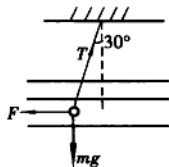


图1-4

◇解题思路剖析

问题(1):当小球静止时,小球处于什么状态?

答:小球静止,处于平衡状态.

问题(2):小球受到哪些力的作用?怎样判断场强的方向?

答:小球受到重力 mg ,竖直向下;丝线拉力 T ,沿丝线方向向上;因为小球处于平衡状态,还应受水平向左的电场力 F ,而小球带负电,所受电场力方向与场强方向相反,所以场强方向水平向右.

问题(3):小球在三个力作用下处于平衡状态,三个力的合力必为零,如何利用正交分解求场强大小?

答:以水平和竖直方向建立坐标系,得

$$F = mg \tan 30^\circ \text{ 又 } F = qE$$

$$\text{故 } E = \frac{mg \tan 30^\circ}{q} = \frac{\sqrt{3}mg}{3q}.$$

◇答案:水平向右; $\frac{\sqrt{3}mg}{3q}$.

★精例5 一个带负电的小球,受水平方向的匀强电场力和重力的作用,由静止开始运动,不计空气阻力.设坐标轴如图1-5所示, x 轴方向与电场方向一致, y 轴向下,原点在小球起始位置.在四个图示中,哪个图可以表示此小球的

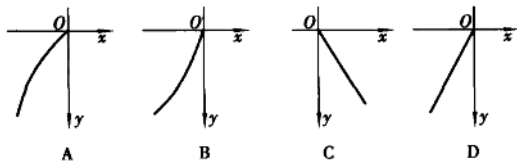


图1-5

运动轨迹? ()

◇解题思路剖析

问题(1): 小球的运动轨迹由哪些因素决定?

答: 由受力情况和初速度共同决定.

问题(2): 带负电的小球在电场中受哪些力作用?

答: 由于小球带负电, 且电场强度方向向 x 轴正向, 所以电场力沿 x 轴负方向, 小球还受到重力作用. 这两个力都是恒力, 故合外力恒定. 由力的合成可得合力方向斜向左下方.

问题(3): 根据小球初速度和其受力情况, 能判断出小球的运动性质吗?

答: 小球做初速度为零的匀加速直线运动.

◇答案: D.

★★精例6 一半径为 R 的绝缘球壳上均匀地带有电荷量为 $+Q$ 的电荷, 另一电荷量为 $+q$ 的点电荷放在球心 O 上, 由于对称性, 点电荷所受合力为零, 现在球壳上 A 处挖去一个半径为 r ($r \ll R$) 的小圆孔, 则此时置于球心的点电荷所受合力的大小为 _____ (已知静电力常量为 k), 方向 _____.

◇解题思路剖析

问题(1): 由于对称性, 点电荷 q 所受力为零是什么意思呢?

答: 由于球壳上均匀带电, 原来每条直径两端相等的一小块球面上的电荷对球心 $+q$ 的力互相平衡.

问题(2): 现在球壳上 A 处挖去半径为 r 的小圆孔后, 会改变电荷在球壳上的分布吗?

答: 由于满足半径为 r ($r \ll R$), 故可近似认为挖去小圆孔后, 不改变电荷在球壳上的分布.

问题(3): 挖去半径为 r 的小圆孔后, 点电荷的受力情况将如何变化?

答: 其他直径两端电荷对球心 $+q$ 的力仍互相平衡, 而剩下的就是与 A 对称的 B 处, 半径也等于 r 的一小块圆面上电荷对它的作用力 F .

问题(4): 如何求解小块圆面上电荷对它的作用力呢?

答: 如图 1-6 所示.

B 处半径为 r 的小块圆面上的电荷量为 $q_B = \frac{\pi r^2}{4\pi R^2}$

$$Q = \frac{r^2}{4R^2} Q$$

由于半径 $r \ll R$, 可以把 B 看成点电荷. 根据库仑定律, 它对中心 $+q$ 的作用力大小为

$$F = k \frac{q_B q}{R^2} = \frac{k Q q r^2}{4 R^4}, \text{ 其方向由球心指向小孔 } A \text{ 的中心.}$$

◇ 答案: $\frac{k Q q r^2}{4 R^4}$; 由球心指向小孔 A 的中心.

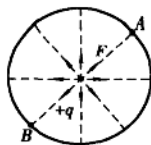


图 1-6

★★ 精例 7 在 x 轴上 A 、 B 两处分别放有两个点电荷, A 处为 $-Q$, B 处为 $+2Q$. 在 x 轴上某处, 两个电荷各自产生电场强度大小为 E_A 和 E_B , 则()

- A. $E_A = E_B$ 之点只有一处, 该处合场强为 0
- B. $E_A = E_B$ 之点有两处, 一处合场强为 0, 另一处合场强为 $2E_A$
- C. $E_A = E_B$ 之点共有三处, 其中两处合场强为 0, 另一处合场强为 $2E_A$
- D. $E_A = E_B$ 之点共有三处, 其中一处合场强为 0, 另两处合场强为 $2E_A$

◇ 解题思路剖析

问题(1): 空间有两个场源电荷时, 应如何求某点的场强?

答: 应用矢量合成的方法求该点的合场强.

问题(2): 由题意两个电荷各自产生电场强度大小为 E_A 和 E_B , 选项中皆有 $E_A = E_B$, 该怎样作出示意图?

答: 由于点电荷的场强大小与距离的平方成反比, 根据题意在 x 轴上, A 、 B 两点把 x 轴分成三个区域, 满足 $E_A = E_B$ 的点不可能在 B 点右侧, 只能在其他两个区域.

故画出图 1-7, 在 AB 之间某点 x_1 , $-Q$ 在

x_1 处产生的场强: $E_A = k \frac{Q}{r_A^2}$

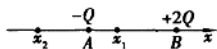


图 1-7

$+2Q$ 在 x_1 处产生的场强: $E_B = k \frac{2Q}{r_B^2}$

当 $r_A^2 = \frac{1}{2}r_B^2$ 时, $E_A = E_B$, E_A 的方向向左, E_B 的方向向左, 所以合场强 $E = 2E_A$.

在 A 点左侧 x_2 处, $Ax_2 = r_A$, $Bx_2 = r_B$, 当 $r_A^2 = \frac{1}{2}r_B^2$ 时, $E_A = E_B$, E_A 的方向向右, E_B 的方向向左, 合场强 $E = 0$. 在 B 点右侧不可能存在 $r_A^2 = \frac{1}{2}r_B^2$, 故 $E_A = E_B$ 不存在. 所以 $E_A = E_B$ 之点只有两处, 且合场强一处为 0, 另一处为 $2E_A$.

◇ 答案: B.

★★ 精例 8 在场强为 E 的匀强电场中, 取 O 点为圆心, r 为半径作一圆周, 在 O 点固定一电荷量为 $+Q$ 的点电荷, a 、 b 、 c 、 d 为互相垂直的两条直径与圆周的交点. 当把一试探电荷 $+q$ 放在 d 点时恰好平衡, 如图 1-8 所示. 求:

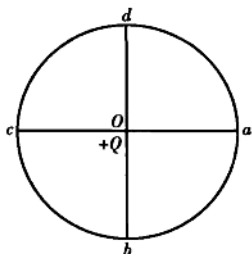


图 1-8

① 匀强电场场强的大小和方向.

② 试探电荷 $+q$ 放在 c 点时, 受力的大小和方向.

③ 试探电荷 $+q$ 放在 b 点时, 受力的大小和方向.

◇ 解题思路剖析

问题(1): 此题求场强, 应从哪个角度入手?

答: 试探电荷在电场中处于平衡态.

问题(2): 试探电荷受到哪些力的作用呢?

答: 试探电荷处在匀强电场和点电荷 $+Q$ 电场的叠加场中, 受到这两个电场对它的作用, 而在 d 点时恰好平衡, 故可由平衡方程求解.

问题(3): 各个电场对试探电荷的作用力该如何表达?

答: 在 $+Q$ 电场受到的力为 $F_1 = k \frac{Qq}{r^2}$, 在匀强电场受到的力为 $F = qE$

故由题意:当试探电荷在 d 点时,有 $k\frac{Qq}{r^2} = qE$

得: $E = k\frac{Q}{r^2}$, 方向沿 db 方向.

问题(4): 求出匀强电场的场强后, 如何确定试探电荷 $+q$ 放在其他点时的受力情况?

答: 当空间同时存在两个或两个以上电场时, 合场强与分场强的关系满足场强叠加原理, 故求合场强应先把各个分场强求出, 包括其大小和方向, 再利用平行四边形法则求它们的矢量和.

试探电荷放在 c 点时, c 处合场强如图 1-9 所示

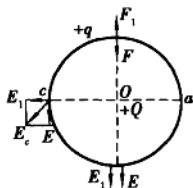


图 1-9

$E_c = \sqrt{E_1^2 + E^2} = \sqrt{2} \frac{kQ}{r^2}$, 方向与 ac 方向成

45° 角;

试探电荷在 c 点时, 受力为 $F_c = qE_c = \sqrt{2} \frac{kQq}{r^2}$, 方向与 ac 方向成 45° 角;

试探电荷放在 b 点时, $E_b = E_1 + E = 2 \frac{kQ}{r^2}$, $F_b = qE_b = 2 \frac{kQq}{r^2}$, 方向沿 db 方向向下.

向向下.

◇ 答案: ① $k \frac{Q}{r^2}$, 方向沿 db 方向向下; ② $\sqrt{2} \frac{kQq}{r^2}$, 方向与 ac 成 45° 角;

③ $2 \frac{kQq}{r^2}$, 方向沿 db 方向向下.

★★ 精例 9 有两个带正电的小球, 电荷量分别为 Q 和 $9Q$, 在真空中相距 L , 如果引入第三个小球, 恰好使得三个小球都处于平衡状态, 则第三个小球应带何种电荷? 放在何处? 电荷量为多少?

◇ 解题思路剖析

问题(1): 何为平衡状态?

答: 小球所受合力为零.

问题(2): 没有引入第三个小球前, 两球之间有力的作用吗? 如何使它们平衡?

答: 没有引入第三个小球前, 两球之间存在斥力的作用: F_1 和 F_2 , 如图 1-10 所示, 它们互为作用力和反作用力。

欲使两球平衡, 必须受到 F'_1 和 F'_2 两个力的作用, 且须满足 $F_1 = F'_1$, $F_2 = F'_2$ 。而这两个力是由引入的第三个带电小球施加的。

问题(3): 能否确定第三个小球应带何种电荷? 大致放在何处?

答: 由上述分析可得: 第三个小球应放在两球之间, 且带负电荷。

设第三个小球所带电荷量大小为 q , 距 $+Q$ 距离为 x

因为第三个小球也静止, 故 $F'_1 = F'_2$

$$\text{由库仑定律得: } k \frac{qQ}{x^2} = k \frac{9Q^2}{(L-x)^2}$$

$$\text{解得: } x = \frac{L}{4}$$

又因为 $F_1 = F'_1$

$$\text{由库仑定律得: } k \frac{qQ}{x^2} = k \frac{9Q^2}{L^2}$$

$$\text{得: } q = \frac{9}{16}Q$$

仔细分析发现第三个电荷所在平衡位置, 正是原来两个电荷所产生电场的合场强为零的地方, 且三个电荷各自的平衡位置均是其余两个电荷产生电场的合场强为零的地方。

◇ 答案: 负电; 与 $+Q$ 距离 $\frac{L}{4}$ 处; $\frac{9}{16}Q$ 。

★ 精例 10 如图 1-11 中的实线为电场线, 虚线为等势线, a 、 b 两点的电势分别为 $\varphi_a = -50 \text{ V}$, $\varphi_b = -20 \text{ V}$, 则 a 、 b 连线的中点 c 的电势应为()

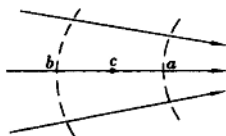


图 1-11