

图书在版编目(CIP)数据

新课标高中物理(选修3-1)导与学:鲁科版/
宋树杰主编. —济南:山东科学技术出版社,2006.8
ISBN 7-5331-3976-3

I.新... II.宋... 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(2005)第020234号

新 课 标
高中物理(选修3-1)
导与学
(鲁科版)
宋树杰 主编

出版者:山东科学技术出版社

地址:济南市玉函路16号

邮编:250002 电话:(0531)82098088

网址:www.lkj.com.cn

电子邮件:sdk@sdpress.com.cn

发行者:山东科学技术出版社

地址:济南市玉函路16号

邮编:250002 电话:(0531)82098071

印刷者:济南申汇印务有限责任公司

地址:济南市王官庄12号

邮编:250022 电话:(0531)88796822

开本:850mm×1168mm 1/16

印张:8

字数:180千

版次:2006年8月第2版第3次印刷

ISBN 7-5331-3976-3

N·466

定价:11.20元

第1章

静电场

第1节 静电现象及其微观解释

课标解读

- ★ 了解静电现象,知道使物体带电的三种方式:摩擦起电、接触起电、感应起电。
- ★ 知道电荷守恒定律的内容。
- ★ 能用原子结构和电荷守恒的知识分析静电现象。
- ★ 了解静电现象在生活和生产中的应用。

知识精讲

三点解析

知识点① 静电的产生

使物体带电的三种方式:

摩擦起电——通过摩擦的方式使物体带电。

接触起电——通过与带电体接触的方式使物体带电。

感应起电——通过静电感应使物体带电。

知识点② 原子结构与电荷守恒

1. 电荷守恒定律

电荷既不能创造,也不能消灭,只能从物体的一部分转移到另一部分,或者从一个物体转移到另一个物体。在任何转移的过程中,电荷的总量不变。

2. 利用原子结构对物体带电的解释

使物体带电的过程实际上是物体得失电子的过程,原来不带电的物体得到电子带负电,失去电子带正电。摩擦起电、接触起电、感应起电分别利用摩擦、接触、感应的方式,使物体得到电子或失去电子,从而使物体带负电或带正电。

知识点③ 静电的应用与防护

1. 静电的应用

激光打印、静电复印、静电除尘、静电喷雾等等。

2. 静电的防护

防止静电产生危害的方法是及时把产生的电荷导走,油罐车为防止静电引起爆炸用铁链导走电荷,印刷厂通过增加空气湿度的方法导走纸间摩擦产生的电荷,等等。

议一议:(1)塑料刻度尺摩擦头发后能够吸引轻小纸片吗?分析一下原因好吗?

(2)用绸子摩擦过的玻璃棒带正电,是因为玻璃棒上产生了正电荷吗?

(3)如何用带负电的物体使两个不带电的导体带上等量异种电荷?

活学活用解題

◆ **夯实基础** (独立做一做,你会利用上述知识点解决问题吗?)

例1 如图1-1-1,有一带正电的验电器,当一金属球A靠近验电器的小球B(不接触)时,验电器的金箔张角减小,则

- A. 金属球可能不带电
- B. 金属球可能带负电
- C. 金属球可能带正电
- D. 金属球一定带负电

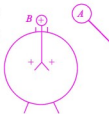


图1-1-1

分析:验电器的金箔之所以张开,是因为它们都带有正电荷,而同种电荷相排斥,张开角度的大小决定于两金箔带电荷的多少。而验电器的金箔张角减小,说明验电器的金箔带电量减小,正电荷向B移动,说明A、B之间相互吸引。

如果A球带负电,靠近验电器的B球时,异种电荷相互吸引,使金箔上的正电荷逐渐“上移”,从而使两金箔张角减小,选项B正确,同时否定选项C。如果A球不带电,在靠近B球时,发生静电感应现象使A球上电荷重新分布,靠近B球的端面出现负感应电荷,而背向B球的端面出现正感应电荷,A球上的感应电荷与验电器上的正电荷发生相互作用,因距离的不同而表现为吸引作用,从而使金箔张角减小,选项A正确,同时否定选项D。

答案:A、B

反思

- (1) 同种电荷互相排斥,异种电荷互相吸引。
- (2) 根据静电感应现象,带电物体可吸引不带电的轻小物体。

变形 如图 1-1-2 所示,原来不带电的绝缘金属导体 MN,在其两端下面都悬挂着金属验电箔。若使带负电的绝缘金属球 A 靠近导体的 M 端,可能看到的现象是 ()

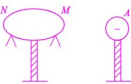


图 1-1-2

- A. 只有 M 端验电箔张开
- B. 只有 N 端验电箔张开
- C. 两端的验电箔都张开
- D. 两端的验电箔都不张开

答案: C

二、物理与生活 (你稍微留心一下,就会发现生活中的很多有趣的物理问题和物理现象。)

例 2 住进一北方旅店的旅客对服务员说:“有好几次在旅店走廊内与人握手或者按电梯开关时,感到浑身一震,手臂发麻,一定是旅店内有什么地方漏电。”服务员说:“请放心,本店经过严格的检查,没有漏电现象。”你能解释旅店遇到的情况吗?

分析 物体由于相互摩擦,可以带电,电荷积累到一定程度时,就会放电。

解答 北方的空气很干燥,人体与衣物由于相互摩擦而积累了电荷,且人穿的皮鞋,走的地毯等与大地绝缘,积累的电荷不能及时导入大地。当电荷在身上积累过多时,与他人握手或接近其他物体时,就会有放电现象发生,人就有了局部触电的感觉。因为电荷积累有限,所以不会发生触电事故。

反思

摩擦是起电的一种方式,由于摩擦,一个物体中的原子失去电子带正电,一个物体得到电子带负电,电荷积累过多时,就会发生接触放电。

变形 以下关于静电现象的说法中,正确的是 ()

- A. 穿着化纤服装的人在晚上脱衣服时,常常会看见闪光并伴有“噼啪”的声音,这是由于摩擦起电造成的现象
- B. 摩擦起电产生的电压总是很低的,因此对人并不会造成危害
- C. 脱化纤服装时,由于摩擦起电所产生的电压可能高达几千伏以上
- D. 脱化纤服装时,由于摩擦起电所产生的静电能量很小,通常不会造成伤害

答案: A、C、D

三、探究创新 (放飞你想像的翅膀吧!)

例 3 下列说法正确的是 ()

- A. 摩擦起电时产生电荷
- B. 带等量异种电荷的两个物体接触后转变为不带电的情况时,电荷消失
- C. 自然界中带电体所带的电量都是元电荷的整数倍
- D. 以上说法都不对

分析 不管采取什么方法使物体带电,都是物体得失电子的过程,物体失去电子带正电,得到电子带负电。根据电荷守恒定律,所有认为电荷可以凭空产生或消失的说法都是错误的,电荷带电量都是元电荷的整数倍,答案是 C。

答案: C

反思

对各种使物体起电的方法必须深刻理解,从本质上知道使物体带电,实际上是电荷的转移。

变形 下列说法正确的是 ()

- A. 摩擦起电和静电感应都是使物体的正负电荷分开,而总电荷量并未变化
- B. 用毛皮摩擦过的硬橡胶棒带负电,是摩擦过程中硬橡胶棒上的正电荷转移到了毛皮上
- C. 用丝绸摩擦过的玻璃棒带正电,是摩擦过程中玻璃棒得到了正电荷
- D. 物体不带电,表明物体中没有电荷

答案: A

课后题解

1. **解答**: 可以是 A、B 都带电, A、B 带异种电荷相互吸引;也可以只有 A 或 B 带电,由于静电感应相互吸引。

说明 该题答案并不唯一,可充分发表自己的看法,再请同学或老师加以评价。同时可复习静电力的相互作用规律。

2. **解答**: 能。先将丝绸和玻璃棒相互摩擦过的地方充分接触,然后再分别将两者用验电器检验是否带电。由于两者带的是等量异种电荷,充分接触时,两者所带的电荷会被部分或全部中和掉,从而使验电器的金属箔张开幅度减小或完全闭合。

3. **解答**: 小球 a 向左摆动,接触金属球 b 后迅速弹开。

当绝缘金属球 b 带上电荷后,由于静电感应,会使小球 a 靠近 b 的一侧带上与 b 的电性相反的电荷,而远离 a 的一侧带上与 b 的电性相同的电荷,虽然 a 的两侧所带的电荷电量相同,但由于它们离球 b 的距离不一样,因此 a、b 两球表现为相互吸引,从而使小球 a 向左摆动。当两球接触后,整个 a 球带上了与 b 球电性相同的电荷,因而两球相互排斥。

说明 本题要注意理解何为绝缘金属球,要与绝缘体相区别。

4. **解答**: 如果让一个金属球带上正电荷,它的质量是减小的,因为它失去了电子;如果让它带上负电荷,它的质量是增加的,因为它得到了电子。

说明 这样改变的质量非常小,在一般情况下可忽略不计。

5. **解答**: (1) 由于静电感应。

(2) 可在传送带上镀银或增加空气湿度。

说明 该题可以提出多种解决方案。也可以试着对另外一些静电现象进行分析,去设计解决方案。



课堂演练

一、选择题

1. 把两个完全相同的小球接触后分开, 两球相互排斥, 则两球原来的带电情况不可能是 ()

A. 其中一个带电
B. 两个小球分别带等量异种电荷
C. 两个小球分别带同种电荷
D. 两个小球分别带不等量异种电荷

2. 挂在绝缘细线下的两轻质通草球, 由于电荷的相互作用而靠近, 如图(a)所示; 或远离, 如图(b)所示, 则 ()

A. 图(a)中两球一定带异种电荷
B. 图(b)中两球一定带同种电荷
C. 图(a)中至少有一个带电
D. 图(b)中两球至少有一个带电

3. 干燥的天气里, 在阳光下用塑料梳子梳理干燥的头发, 越梳头发越蓬松, 其主要原因是 ()

A. 头发散失了水分后变得坚硬
B. 由于摩擦起电, 头发带了同种电荷互相排斥
C. 由于太阳照射和摩擦产生的热使头发膨胀
D. 由于梳子的机械分离作用使各根头发彼此分开

4. 有甲、乙、丙三个小球, 将它们两两靠近, 它们都相互吸引, 如图所示。那么, 下面的说法正确的是 ()

A. 三个小球都带电
B. 只有一个小球带电
C. 有两个小球带同种电荷
D. 有两个小球带异种电荷

5. 两个形状大小完全相同的金属球 A 和 B, 如果 A 球带大量的正电荷, B 球带少量的负电荷, 当 A、B 两球接触后再分开, 则 ()

A. A、B 两球都不带电
B. A、B 两球带等量的正电荷
C. A、B 两球带等量的负电荷
D. A 球带正电荷, B 球不带电

6. 如图所示, 甲、乙、丙为三个半径不同的金属球, 甲、乙均不带电, 丙球带正电。现将甲、乙球接触, 丙球接近乙球 (不接触)。先把甲、乙球分开, 再移去丙球, 则 ()

A. 甲、乙球都不带电

B. 甲、乙球都带负电
C. 甲球带负电, 乙球带正电
D. 甲球带正电, 乙球带负电

7. 在空气潮湿的情况下, 已带正电的验电器金属箔片张角不断减小, 在这个过程中 ()

A. 验电器上的电子数不断增加
B. 验电器上的电子数不断减小
C. 验电器上的电子数保持不变
D. 验电器上的质子数不断减小

8. 用带正电的物体去接触不带电的验电器, 验电器的金属箔片会张开, 这是因为验电器 ()

A. 得到质子带正电
B. 得到电子带负电
C. 失去电子带正电
D. 失去质子带负电

9. 三个用丝线系住的泡沫塑料球, 静止时如图所示, 这三个球带电情况肯定是 ()

A. 甲、乙带电
B. 乙、丙带电
C. 甲、丙带电
D. 三球均带电

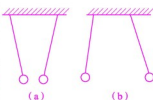
二、解答题

10. 有 A、B、C 三个用绝缘柱支撑的相同导体球, A 带正电, B 和 C 不带电。讨论用什么办法能使:

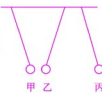
(1) B、C 都带正电;
(2) B、C 都带负电;
(3) B、C 带等量异种电荷。

11. 悬挂在丝线上的泡沫塑料小球, 用一带电体去靠近, 会发现小球先被吸引, 与带电体接触后又立即被带电体推开。这是为什么?

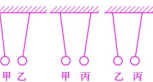
12. 小明在加油站看到一条醒目的标语: “严禁用塑料桶装运汽油!” 请你说出这种规定的道理。



(第2题)



(第9题)



(第4题)



(第6题)

13. 运送汽油的汽车,在它的车尾总装有一根拖在地上的铁链条。这是为什么?

14. 在潮湿的天气里,做摩擦起电或一些别的静电实验时不容易成功,主要原因是什么?

第2节 静电力 库仑定律

课标解读

- ★ 知道点电荷,体会科学研究中的理想模型方法。
- ★ 知道库仑定律的内容。
- ★ 通过静电力与万有引力的对比,体会自然规律的多样性与统一性。
- ★ 能用库仑定律分析解决有关问题。

知识精讲

三点解析

知识点① 静电力与点电荷

1. 静电力
同种电荷相排斥,异种电荷相吸引。
2. 点电荷
本身的线度比相互之间的距离小得多的带电体叫做点电荷。
点电荷是类似于质点概念的理想模型。

知识点② 库仑定律

1. 内容
真空中两个点电荷之间的相互作用力 F 的大小,跟它们的电荷量 Q_1 、 Q_2 的乘积成正比,跟它们的距离 r 的二次方成反比,作用力的方向沿着它们的连线。同种电荷相斥,异种电荷相吸。
2. 表达式
$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

式中, k 是静电力常量, $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ 。

议一议: (1) 任何两个带电体间的作用力都可用库仑定律求解吗?

(2) 点电荷是体积很小的电荷吗?

(3) 两个不等量的带电球接触以后再分开放回原处,相互作用力如何变化?

活学活用解題

一、夯实基础(独立做一做,你会利用上述知识点解决问题吗?)

例1 真空中两个相同的带等量异种电荷的金属小球 A 和 B (A、B 均可看做点电荷),分别固定在两处,两球间静电力为 F 。用一个不带电的同样的金属小球 C 先和 A 接触,再与 B 接触,然后移去 C,则 A、B 球间的静电力应为多大? 若再使 A、B 间距增大 1 倍,则它们的静电力又为多大?

分析: 先根据“两个等大的金属小球接触后,电荷中和和均分”求出小球的带电量,再根据库仑定律求两个电荷间的静电力。

解答: 设 A、B 两球的电量分别为 q 、 $-q$,相距 r ,那么

$$F = \frac{kq^2}{r^2}$$

F 是引力。

用球 C 接触球 A 后, A、C 带电量均为 $\frac{q}{2}$,再用球 C 与球 B 接触后,电荷又重新平均分配,有

$$q' = q' = \frac{1}{2} \left(\frac{q}{2} - q \right) = -\frac{q}{4}$$

移去球 C, A、B 间的静电力为

$$F' = k \frac{\frac{q}{2} \cdot \frac{q}{4}}{r^2} = \frac{1}{8} \cdot \frac{kq^2}{r^2} = \frac{1}{8} F$$

F' 仍为引力。

再把 A、B 间距从 r 增大到 $2r$,静电力为

$$F'' = k \frac{\frac{q}{2} \cdot \frac{q}{4}}{(2r)^2} = \frac{1}{32} F$$

F'' 仍为引力。

反思

在本题中,若球 C 继续与 A 接触又与 B 接触,可以发现,接触次数越多, A、B 所带电量越少,最终 A、B、C 三个小球带电量都趋于零。一般的,两相同的金属小球分别带电 q 、 q ,利用第三个相同的金属小球来回与它们接触无限多次后,三个小球所带电量趋于相等,即 $q' = q' = q' = (q + q)/3$ 。



变形 半径相同的两个金属小球 A、B 带有电量相等的电荷,相隔一定距离,两球之间相互作用力是 F ,今用第三个半径相同的不带电金属小球 C 先后与 A、B 接触后移开,这时 A、B 之间相互作用力的大小是 ()

- A. $\frac{1}{8}F$ B. $\frac{1}{4}F$ C. $\frac{3}{8}F$ D. $\frac{3}{4}F$

答案: A、C

二、物理与生活 (你稍留心一下,就会发现生活中很多有趣的物理问题和物理现象。)

例 2 三个电量相同的正电荷 Q ,放在等边三角形的三个顶点上,问在三角形的中心应放置多大的电荷,才能使作用于每个电荷上的合力为零?

分析: 两电荷间的作用力,可根据库仑定律求得;库仑力的合成遵循平行四边形定则;物体受三个力,合力为零,任意两个力的合力与第三个力等大反向。

解答: 设等边三角形边长为 l ,在 $\triangle ABC$ 中 O 为中心, AO 为 r ,则

$$r = \frac{l/2}{\cos 30^\circ} = \frac{\sqrt{3}}{3}l$$

由题意可知 A 电荷对 B 电荷的作用力和 C 电荷对 B 电荷的作用力的合力 F_B 与 q 电荷对 B 电荷的作用力 F_B' 为一对平衡力,其中

$$F_B' = k \frac{Qq}{r^2} = k \frac{Qq}{(\frac{\sqrt{3}}{3}l)^2}$$

$$\text{而 } F_B = 2F_{AB} \cos 30^\circ = 2k \frac{Q^2}{l^2} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \sqrt{3} \cdot k \frac{Q^2}{l^2}$$

$$\text{因为 } F_B = -F_B'$$

$$\text{即 } k \frac{\sqrt{3}Q^2}{l^2} = -k \frac{Qq}{(\frac{\sqrt{3}}{2}l)^2}$$

$$\text{所以 } q = -\frac{\sqrt{3}}{3}Q$$

应在三角形中心处放置负电荷,它所带电量 $q = -\frac{\sqrt{3}}{3}Q$ 。

反思

对于处于静止或匀速直线运动状态的带电体,合力为零,受力分析并根据平行四边形定则或正交分解列平衡方程即可求未知量。注意同种电荷相斥,异种电荷相吸。对于不平衡的带电体,根据牛顿第二定律求解。

变形 相距 l 的点电荷 A、B 的带电量分别为 $+4Q$ 和 $-Q$,要引入第三个点电荷 C,使三个点电荷在库仑力作用下都处于平衡状态,求电荷 C 的电量和放置的位置。

答案: 电荷 C 应放在 A、B 两点确定的直线上 B 点的右侧,距 B 点 l 处,带电量为 $+4Q$ 。

三、探究创新(放飞你想像的翅膀吧!)

例 3 如图 1-2-2 所示,真空中

有两根绝缘细棒组成 V 字形装置,处于竖直平面内,棒上各穿一个质量为 m 的小球,球可沿棒无摩擦地滑下,两球都带 $+Q$ 的电荷量,现让两小球从同一高度由静止开始滑下。问两球相距多远时速度最大。

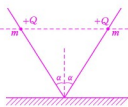


图 1-2-2

分析: 随着小球的下滑,两球间距离变小,两球间的库仑力不断增大,小球运动的加速度不断减小,当球的加速度为零时,球的速度最大。

解答: 小球受力如图 1-2-3 所示,当 $mg \cos \alpha = F \sin \alpha$ 时,速度达最大。

$$\text{由库仑力公式有 } F = k \frac{Q^2}{r^2}$$

$$\text{由上边两式解得 } r = \sqrt{\frac{kQ^2 \tan \alpha}{mg}}$$



图 1-2-3

反思

库仑力随带电体间距离改变而变化,库仑力变化,会导致带电体的加速度变化,从而引起带电体运动状态的改变。解题时,注意受力分析,判断合外力的变化。

变形 宇航员在探测某星球时,发现该星球均匀带电,且电性为负,电荷量为 Q ,表面无大气。在一次实验中,宇航员将一带电 $-q$ ($q \ll Q$) 的粉尘置于离该星球表面 h 高处,该粉尘恰处于悬浮状态;宇航员又将此粉尘带到距该星球表面 $2h$ 处,无初速释放,则此带电粉尘将 ()

- A. 向星球球心方向飞向太空
B. 仍处于悬浮状态
C. 沿星球自转的线速度方向飞向太空
D. 向星球球心方向下落

答案: B

课后题解

1. **解答:** 由库仑定律得,它们之间的静电力变为 $3F$;由库仑定律得,它们之间的静电力变为 $\frac{1}{9}F$ 。

2. **解答:** 氢原子核对核外电子的静电引力提供电子做匀速圆周运动的向心力。

$$\text{静电力大小 } F = k \frac{e^2}{r^2}$$

$$\text{由匀速圆周运动规律得 } F = m \frac{v^2}{r}$$

$$\text{所以 } k \frac{e^2}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$$

$$\text{从上式可得,速率 } v = e \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\text{所以周期 } T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi r}{e \sqrt{\frac{k}{m}}}$$

3. 解答: 如图所示, 对右边小球进行受力分析, 它受重力 G 、静电力 F_1 和细线拉力 F_2 。

由三力平衡知识可得

$$F_1 = G \tan \theta = 1.75 \times 10^{-4} \text{ N}$$

由几何关系可得两球间距

$$r = 2 \sin \theta = 5.23 \times 10^{-2} \text{ m}$$

由库仑定律表达式可得

$$F_1 = k \frac{q^2}{r^2}$$

所以, 每个小球的电荷量

$$\begin{aligned} q &= r \sqrt{\frac{F_1}{k}} \\ &= 5.23 \times 10^{-2} \times \sqrt{\frac{1.75 \times 10^{-4}}{9.0 \times 10^9}} \text{ C} \\ &= 7.29 \times 10^{-9} \text{ C} \end{aligned}$$

4. 解答: 设原点处的小球为 q , x 轴正方向 0.30 m 位置的小球为 q_1 , 另一个小球为 q_2 。

先运用库仑定律求得 q 对 q_1 的作用力 F_{11} 和 q_1 对 q 的作用力 F_{12} , 然后进行矢量叠加。

$$\begin{aligned} F_{11} &= k \frac{q q_1}{r_{11}^2} \\ &= 9.0 \times 10^9 \times \frac{5.0 \times 10^{-9} \times 6.0 \times 10^{-9}}{0.30^2} \text{ N} \\ &= 3.0 \times 10^{-6} \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{12} &= k \frac{q q_2}{r_{12}^2} \\ &= 9.0 \times 10^9 \times \frac{5.0 \times 10^{-9} \times 3.0 \times 10^{-9}}{0.30^2} \text{ N} \\ &= 1.35 \times 10^{-5} \text{ N} \end{aligned}$$

根据右图, q 受到的合静电力为

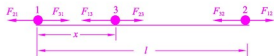
$$F = \sqrt{(3.0 \times 10^{-6})^2 + (1.35 \times 10^{-5})^2} \text{ N}$$

$$= 1.4 \times 10^{-5} \text{ N}$$

$$\tan \theta = \frac{1.35 \times 10^{-5}}{3.0 \times 10^{-6}} = 4.5$$

查表知, $\theta = 77.5^\circ$, 即 F 与 x 轴负方向成 77.5° 角。

5. 解答: 没有引入第三个小球前, 两球之间存在斥力 F_{11} 和 F_{12} , 它们互为作用力和反作用力。欲使两球平衡, 则必须受到 F_{11} 和 F_{12} 这两个力作用。而这两个力是由引入的第三个带电小球施加的, 因此第三个小球应放在这两球之间, 且带负电。如图所示。



设第三个小球电荷量为 $-q$, 与第一个小球的距离为 x 。

因为第三个小球处于平衡状态, 因此 F_{13} 与 F_{23} 为一对平衡力, 即 $F_{13} = F_{23}$

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

$$\text{所以 } x = \frac{1}{4} l$$

又因为 F_{13} 和 F_{21} 为一对平衡力, 即 $F_{21} = F_{13}$

$$\text{由库仑定律得 } k \frac{Qq}{x^2} = k \frac{Q \cdot 9Q}{l^2}$$

$$\text{所以 } q = \frac{9}{16} Q$$

第三个小球应带负电荷, 电荷量为 $-\frac{9}{16} Q$, 放在前两个球中间, 且距电荷量为 Q 的小球 $\frac{1}{4} l$ 。

说明: 通过该题体会定性分析在定量解题中的作用。当然, 本题也可以先假设位置、电荷量, 再解方程讨论。

课堂演练

一、选择题

1. 关于库仑定律, 下列说法正确的是 ()

A. 库仑定律适用于点电荷, 点电荷其实就是体积很小的球体

B. 根据 $F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$, 当两点电荷间的距离趋近于零时, 电场力将趋无穷大

C. 若点电荷 Q_1 的电荷量大于 Q_2 的电荷量, 则 Q_1 对 Q_2 的电场力大于 Q_2 对 Q_1 的电场力

D. 库仑定律和万有引力定律的表达式相似, 都是平方反比律

2. 下面关于点电荷的说法正确的是 ()

A. 大小、形状可以忽略的带电体可看成点电荷

B. 点电荷所带的电荷量一定很小

C. 点电荷的体积一定很小

D. 点电荷所带电荷量可多可少

3. 两个半径为 R , 所带电荷量分别为 $+Q_1$ 、 $+Q_2$ 的带电球体,

当两球心相距 $50R$ 时, 相互作用的库仑力大小为 F_0 , 当两球心相距为 $5R$ 时, 相互作用的库仑力大小为 ()

A. $F = F_0/25$

B. $F > F_0/25$

C. $F = 100F_0$

D. $F < 100F_0$

4. a 、 b 两个同种点电荷的距离保持恒定, 当另有一个异种点电荷移近时, a 、 b 之间的库仑力将 ()

A. 变小

B. 变大

C. 不变

D. 不能确定

5. 如图所示, 有三个点电荷 A 、 B 、 C 位于一个等边三角形的三个顶点上, 已知 A 、 B 都带正电荷, A 所受 B 、 C 两个电荷的静电力的合力如图中的 F_A 所示, 那么可以判定点电荷 C 所带电荷的电性为 ()

A. 一定是正电

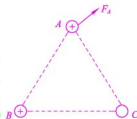
B. 一定是负电

C. 可能是正电, 也可能是负电

D. 无法判断

6. 将两个半径极小的带电小球 (可视为点电荷) 置于一个绝缘的光滑水平面上, 从静止开始释放, 那么下列叙述正确的是

(第5题)





(忽略两球间的万有引力作用)

- A. 它们的加速度一定在同一直线上,而且方向可能相同
 B. 它们的加速度可能为零
 C. 它们的加速度方向一定相反
 D. 它们加速度的大小一定越来越小
7. 将一定电量 Q 分为 q 和 $(Q-q)$, 在距离一定时, 其相互作用力最大, 则 q 值应为 ()
 A. $\frac{Q}{2}$ B. $\frac{Q}{3}$ C. $\frac{Q}{4}$ D. $\frac{Q}{5}$

8. 有一弹簧原长为 l , 两端固定的绝缘小球上带同种电荷, 电量都为 q , 由于静电力使弹簧伸长了 l , 如图所示。如果两球的电量均减为原来的一半, 那么, 弹簧比原长伸长了 ()



(第8题)

- A. $\frac{1}{4}$ B. 小于 $\frac{1}{4}$ C. 大于 $\frac{1}{4}$ D. $\frac{1}{2}$
9. 如图所示, 用两根丝线挂着两个质量相同的小球 M、N, 此时上下丝线的受力分别为 T_M 和 T_N , 如果使 M 球带正电, N 球带负电, 上下线受到的力分别为 T_M' 、 T_N' , 则 ()
 A. $T_M < T_M'$ B. $T_N > T_N'$
 C. $T_M = T_M'$ D. $T_N < T_N'$ (第9题)



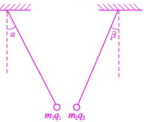
10. 三个点电荷 q 、 q 、 q 固定在同一直线上, q 与 q 的距离是 q 与 q 距离的 2 倍, 每个电荷所受静电力合力均为零。如图, 由此可以判定, 三个电荷的电量之比 $q_1 : q_2 : q_3$ 为 ()



(第10题)

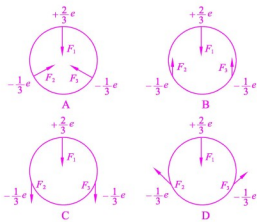
- A. $(-9) : 4 : (-36)$ B. $9 : 4 : 36$
 C. $(-3) : 2 : 6$ D. $3 : 2 : 6$
11. 两个相同的金属小球, 带电量之比为 $1:7$, 相距为 r , 两者相互接触后再放回原来的位置上, 则它们间的库仑力可能为原来的 ()
 A. $4/7$ B. $3/7$ C. $9/7$ D. $16/7$

12. 如图所示, 质量分别是 m_1 和 m_2 , 电荷量分别是 q 和 q 的小球, 用长度不等的轻丝线悬挂起来, 两丝线与竖直方向的夹角分别是 α 和 β , $\alpha > \beta$, 两小球恰在同一水平线上, 那么 ()
 A. 两球一定带异种电荷
 B. q_1 一定大于 q_2
 C. m_1 一定小于 m_2
 D. m_1 所受的电场力一定大于 m_2 所受的电场力

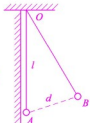


(第12题)

13. 已经证实, 中子内有一个电荷量为 $+\frac{2}{3}e$ 的上夸克和两个电荷量为 $-\frac{1}{3}e$ 的下夸克, 一简单模型是三个夸克都在半径为 r 的同一圆周, 如图所示。图中给出的四幅图中, 能正确表示出各夸克所受的静电力的是 ()



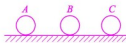
14. 如图, 带电小球 A、B 的电荷分别为 Q_A 、 Q_B , $OA=OB$, 都用长 l 的丝线悬挂在 O 点。静止时 A、B 相距为 d , 为使平衡时 AB 间距离减为 $d/2$, 可采用以下哪些方法? ()
 A. 将小球 A、B 的质量都增加到原来的 2 倍
 B. 只将小球 B 的质量增加到原来的 8 倍
 C. 将小球 A、B 的电荷量都减小到原来的一半
 D. 将小球 A、B 的电荷量都减小到原来的一半, 同时将小球 B 的质量增加到原来的 2 倍



(第14题)

二、填空题

15. 如图所示, 在绝缘的光滑水平面上固定着等质量的三个带电小球 (可视为质点), A、B、C 三小球排成一条直线, 若只释放 A 球, 则释放 A 球的瞬间它的加速度为 1 m/s^2 , 方向向左; 若只释放 C 球, 则 C 球的瞬间加速度为 2 m/s^2 , 方向向右。现同时释放三球, 则释放瞬间 B 球的加速度大小为 m/s^2 , 方向 m/s^2 。
16. 两个电荷量大小相等的点电荷, 在真空中相距 1 m 时, 相互吸引力为 0.1 N , 则它们的电荷量分别是 $Q_1 = \text{C}$, $Q_2 = \text{C}$; 将它们相碰一下再放到相距 1 m 远处, 它们的相互作用力为 N 。
17. 两个完全相同的带电小球, 质量均为 m 且带有等量同种电荷, 用两根长度相同的绝缘细线悬挂于同一点 (如图所示), 静止后两条细线张角为 2θ , 若细线长度为 l , 两个小球所带电量大小均为 C , 悬线张力大小为 N 。



(第15题)



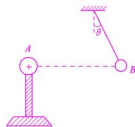
(第17题)

三、解答题

18. 真空中有两个点电荷,其中 $q = 5 \times 10^{-3} \text{ C}$, $q = -2 \times 10^{-2} \text{ C}$,它们相距 15 cm 。现引入第三个点电荷,则它们各自处在何处才能使三个点电荷都处于静止状态?

19. A、B、C 是三个完全相同且带有绝缘棒的金属小球,已知其中一个带电,如果 A 球先后与 B、C 球相接触,再把 A、C 球放在距离为 r 的两位置上,测得它们之间的库仑力为 F_1 ;设法使三个球恢复初始状态,然后用 C 球先后和 B、A 球相接触,再把 A、C 球放在距离为 r 的两位置上,此时两球间的库仑力仅为 $F_1/4$ 。由此,可判断原先哪个球带有电荷?

20. 一个挂在丝线下端的带正电的小球 B,静止在图示位置。若固定的带正电的小球 A 电量为 Q ,B 球的质量为 m ,带电量为 q , $\theta = 30^\circ$,A 和 B 在同一水平线上,整个装置处于真空中,求 A、B 两球之间的距离。



(第20题)

第3节 电场及其描述

课标解读

- ★ 了解静电场,初步了解场是物质存在的形式之一。
- ★ 知道电场强度的定义式,能推导点电荷电场的场强大小的表达式。
- ★ 知道电场强度是矢量,能确定电场强度的方向。
- ★ 会用电场线描述电场,知道孤立的点电荷、等量异种电荷、等量同种电荷的电场和匀强电场等常见电场的电场线形状和分别情况。

知识精讲

三点解析

知识点① 电场及电场力

- 电场
电荷在其周围产生电场,电荷间的相互作用力是通过电场产生的。电场是客观存在的一种物质。电场的特点是对放入其中的电荷产生力的作用。
- 电场力
电场力就是电场对电荷的作用力。

知识点② 电场强度

- 定义

把放入电场中某点的电荷受到的电场力与它的电荷量的比值,叫做电场强度。

- 表达式

$$E = \frac{F}{q}$$

- 对电场强度的理解

电场强度是矢量,规定电场中某点电场强度的方向跟正电荷在该点所受电场力的方向相同,负电荷受电场力的方向与电场强度的方向相反。

知识点③ 点电荷的电场与匀强电场

- 点电荷电场的场强大小的表达式

$$E = k \frac{Q}{r^2}$$

- $E = \frac{F}{q}$ 与 $E = k \frac{Q}{r^2}$ 比较

$E = \frac{F}{q}$ 是电场强度的定义式,适用于任何电场,电场强度

与式中的 F 、 q 无关; $E = k \frac{Q}{r^2}$ 是真空中点电荷场强大小的决定式,仅适用于真空中点电荷产生的电场,电场强度与场源电荷 Q 成正比,与到场源电荷的距离的平方 r^2 成反比。

- 匀强电场

匀强电场中的电场强度大小处处相等,方向处处相同。两块大小相等、相互正对、靠得很近、分别带等量异种电荷的金属板之间的电场是匀强电场。



知识点④ 电场线

电场线是为了形象地描述电场而假想的线,电场中实际并不存在电场线。

电场线的特点:

(1) 电场线从正电荷(或无穷远处)出发,到负电荷(或无穷远处)终止。

(2) 电场线的疏密表示电场强度的大小,电场线密的地方电场强度大,电场线疏的地方电场强度小。

(3) 电场线上某点的切线方向表示该点的电场强度方向。

议一议: (1) 电场中某点的电场强度与放入的试探电荷的受力大小成正比,当拿走试探电荷后,该处的场强变为零吗?

(2) 电场中某点放入正电荷,电场力向右;放入负电荷,电场力向左,说明电场的方向发生了改变,你认为如何?

(3) 电场线是实际存在的线吗?

(4) 场强大小处处相等的电场是匀强电场吗?

活学活用解題

一、夯实基础 (独立做一做,你会利用上述知识点解决问题吗?)

例1 电场中有一点P,下列说法正确的有 ()

- A. 若放在P点的电荷的电量减半,则P点的场强减半
- B. 若P点没有试探电荷,则P点场强为零
- C. P点的场强越大,则同一电荷在P点受到的电场力越大
- D. P点的场强方向为放在该点的电荷的受力方向

分析: 为了知道电场中某点的场强,我们可以把一个试探电荷放于该点,其受到的电场力 F 与自身电量 q 的比值可反映该点电场的强弱,但这个比值对这一点来讲是个定值,即该点的场强由电场本身决定,与试探电荷大小、正负、有无都无关系,另外,规定正电荷在某处所受力的方向为电场方向。

解答: 因为场强由电场本身决定,与试探电荷大小、正负、有无都无关系,所以A、B选项错误。选项C考查电场力公式 $F=qE$,当 q 一定时, E 越大, F 就越大, C选项正确。规定正电荷在某处所受力的方向为电场方向,选项D没有明确是正电荷,若是负电荷,其受力方向与场强方向相反, D错。正确答案是C。

反思

电场强度是描述电场本身性质的物理量,与试探电荷的电量、电性无关。 $E = \frac{F}{q}$ 是电场的定义式,只是在客观上反映空间某点场强的强弱,场的强弱、方向跟是否放入电荷无关。

变形 当电场中某点放入正电荷时受到的电场力向右;放入负电荷时它受到的电场力向左,下列说法正确的是 ()

- A. 当放入正电荷时,该点场强方向向右;当放入负电荷时,该点场强方向向左
- B. 只有在该点放入电荷时,该点才有场强
- C. 该点场强方向一定向右
- D. 以上说法均不正确

答案: C

二、物理与生活 (你稍微留心一下,就会发现生活中的很多有趣的物理问题和物理现象。)

例2 关于带电粒子在电场中的运动轨迹与电场线的关系正确的下列说法,正确的是 ()

- A. 带电粒子在电场中运动,如只受电场力作用,其加速度方向一定与电场线方向相同
- B. 带电粒子在电场中的运动轨迹一定与电场线重合
- C. 带电粒子只受电场力作用,由静止开始运动,其运动轨迹一定与电场线重合
- D. 带电粒子只受电场力作用,其运动轨迹可能与电场线重合

分析: 电荷的运动轨迹和电场线是两个完全不同的概念。轨迹的切线方向为速度方向,电场线的切线方向为场强方向,而正电荷的受力方向跟场强同向,负电荷的受力方向跟场强反向,当运动方向与粒子受力方向在一条直线上时,粒子只能做直线运动,运动方向与受力方向有一定夹角时,粒子做曲线运动。另外,电场线有直线、曲线之分。

解析: 粒子只受电场力的作用,加速度与电场力同向,即正电荷与电场线同向,负电荷反向, A错;如果电场线是曲线,轨迹一定不可能与电场线重合,若重合,速度方向与电场力的方向就在一条线上了,粒子也就不可能做曲线运动,所以B、C错;当电场线为直线,粒子初速度为零或初速度方向与电场线在一条直线上时,只在电场力的作用下其运动轨迹才与电场线重合,所以D选项正确。

反思

粒子的运动轨迹由初速度方向和所受合力方向两者决定,速度方向同粒子受力方向同向时,粒子做加速直线运动;速度方向同粒子受力方向反向时,做减速直线运动;速度方向同粒子受力方向有不为零的夹角时,粒子做曲线运动,轨迹夹在速度和力的方向之间,向力的方向弯曲。

变形 如图1-3-1所示,带箭头的线段表示某一电场的电场线,在电场力作用下(不计重力),一带电粒子径迹如图中虚线所示,以下判断正确的是 ()

- A. A、B两点相比较, A点场强大
- B. 粒子在A点时加速度大
- C. 粒子带正电
- D. 因粒子运动方向不确定,无法判断粒子的电性

答案: A



图1-3-1

三、探究创新(放飞你想像的翅膀吧!)

例3 如图1-3-2所示,A为带正电Q的金属板,沿金属板的垂直平分线,在距板r处放一质量为m、电量为q的小球,小球用绝缘丝线悬挂于O点,小球受水平向右的电场力,偏转 θ 角而静止。试求小球所在处的电场强度。

分析:带电小球在电场中受电场力,静止和匀速直线运动遵循平衡条件;某个状态的合外力遵循牛顿定律。

解析:分析小球的受力如图1-3-3所示。由平衡条件得

$$F_e = m \tan \theta$$

所以,小球所在处的电场强度

$$E = \frac{F_e}{q} = \frac{m \tan \theta}{q}$$

小球带正电q,因此电场强度方向水平向右。

反思

学生常出的错误是,据库仑定律求小球受到的电场力 $F = k \frac{Qq}{r^2}$,得P点的场强为 $E = \frac{kQ}{r^2}$ 。要注意带电金属板A不能当成点电荷。

电场强度是矢量,不仅要求出大小,还要明确方向。

变形 如图1-3-4,一带电小球用丝线悬挂在水平方向的匀强电场中,当小球静止后把悬线烧断,则小球在电场中 will 做

- ()
- 自由落体运动
 - 曲线运动
 - 沿着悬线的延长线做匀加速运动
 - 变加速直线运动

答案: C

课后题解

1. **解答:** $E = \frac{F}{q}$
 $= \frac{3.0 \times 10^{-4}}{-4.0 \times 10^{-6}} \text{ N/C}$
 $= -7.5 \times 10^1 \text{ N/C}$

所以,该处电场强度大小为 $7.5 \times 10^1 \text{ N/C}$,方向水平向左。

如果把该点电荷移走,该处的电场强度大小仍为 $7.5 \times 10^1 \text{ N/C}$ 。

说明:通过该题应明确电场强度与试探电荷的有无没有关系。

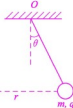


图1-3-2

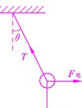


图1-3-3

2. **解答:**电子受重力 $G = mg$,电场力 $F = qE$ 。

因为 $qE = mg$,得

$$E = \frac{mg}{q} = \frac{9.1 \times 10^{-31} \times 10}{1.60 \times 10^{-19}} \text{ N/C} = 5.7 \times 10^{11} \text{ N/C}$$

所以,该处电场强度大小为 $5.7 \times 10^{11} \text{ N/C}$,方向竖直向下。

3. **解答:**电场中没有画电场线的地方,电场强度不一定为零。因为电场线是为了形象描述电场而假想的线,电场线应充满整个电场区域,并不是没有画电场线的地方就没有电场。

4. **解答:**电场中任何两条电场线都不相交。

根据电场线的定义,电场中某点电场线的切线方向就是该点的场强方向,如果两条电场线相交,则在交点处将出现两个切线方向,即两个场强方向,这是不可能的。

5. **解答:**不是。

电场线是为形象地表示电场方向而引入的曲线,曲线上任意一点的场强方向就在该点的切线方向上。正电荷(负电荷)在该点所受的电力方向与该点的场强方向相同(相反)。而电荷运动的轨迹不但与受力情况有关,而且与初速度有关,即使受力情况相同,初速度不同,运动轨迹也不同。因此,电场线与运动轨迹是两回事。只有当电场线是直线,且带电粒子初始速度为零或者初速度方向在这条直线上时,运动轨迹才和电场线重合,这是一种特殊情况。

课堂演练

一、选择题

1. 下面关于电场的叙述正确的是 ()

- 两个未接触的电荷发生了相互作用,一定是电场引起的
- 只有电荷发生相互作用时才产生电场
- 只要有电荷存在,其周围就存在电场
- A 电荷受到 B 电荷的作用,是 B 电荷的电场对 A 电荷的作用

2. 关于电场强度和电场力的下列说法正确的是 ()

- 电场强度和电场力都是反映电场本身的一种物理性质
- 电场强度反映了电场本身的一种物理性质,其大小由放入电场中的电荷受到的电场力大小而定
- 电场中某一点的电场强度反映了电场本身的一种物理性质,其大小与放入电场中的电荷无关
- 电荷在电场中某点受电场力的大小与电场强度的大小、电荷量的大小都有关系

3. 关于电场强度的两个表达式 $E = \frac{F}{q}$ 和 $E = \frac{kQ}{r^2}$ 的下列叙述,正确的是 ()

- $E = \frac{F}{q}$ 是场强的定义式,F是放入电场中的电荷所受的力,q是产生电场的电荷的电荷量
- $E = \frac{F}{q}$ 是电场强度的定义式,F是放入电场中的电荷所受的电力,q是放入电场中的电荷的电荷量
- $E = \frac{kQ}{r^2}$ 是真空中点电荷场强的计算公式,Q是产生电场



的电荷的电荷量

- D. $E = \frac{F}{q}$ 适用于任何电场, 而 $E = \frac{kQ}{r^2}$ 只适用于点电荷 Q 产生的电场

4. 下列说法正确的是 ()

- A. 在一个以点电荷 Q 为中心、 r 为半径的球面上, 各处的电场强度都相同

- B. $E = kQ/r^2$ 仅适用于真空中点电荷形成的电场

- C. 电场强度的方向就是放入电场中的电荷所受电场力的方向

- D. 电场中某点场强的方向与试探电荷的正负无关

5. 在电场中某点放一试探电荷, 其电量为 q , 试探电荷受到的电场力为 F , 则该点电场强度为 $E = F/q$ 。那么, 下列说法正确的是 ()

- A. 若移去试探电荷 q , 该点的电场强度就变为零

- B. 若在该点放一个电量为 $2q$ 的试探电荷, 该点的场强就变为 $E/2$

- C. 若在该点放一个电量为 $-2q$ 的试探电荷, 则该点场强大小仍为 E , 但电场强度的方向变为与原来相反的方向

- D. 若在该点放一个电量为 $-\frac{1}{2}q$ 的试探电荷, 则该点的场强大小仍为 E , 电场强度的方向也是原来的场强方向

6. 关于电场线的下列说法, 正确的是 ()

- A. 电场线的方向, 就是电荷受力的方向

- B. 正电荷只在电场力作用下一定沿电场线运动

- C. 电场线越密的地方, 同一电荷所受电场力越大

- D. 静电场的电场线不可能是闭合的

7. 如图所示, 带箭头的直线是某一电场中的一条电场线, 在这条线上有 A、B 两点, 用 E_A 、 E_B 表示 A、B 两处的场强, 则 () (第 7 题)

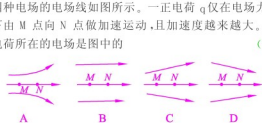
- A. A、B 两处的场强方向相同

- B. A、B 在一条电场线上, 且电场线是直线, 故 $E_A = E_B$

- C. 电场线从 A 指向 B, 所以 $E_A > E_B$

- D. 不知 A、B 附近电场线的分布情况, E_A 、 E_B 的大小关系不能确定

8. 四种电场的电场线如图所示。一正电荷 q 仅在电场力作用下由 M 点向 N 点做加速运动, 且加速度越来越大, 则该电荷所在的电场是图中的 ()



9. 一个电场中 a、b、c、d 四点分别引入试探电荷时, 测得试探电荷所受电场力与电量间的函数关系图象如图所示。那么, 下列说法正确的是 ()

- A. 该电场是匀强电场

(第 9 题)

- B. 这四点场强的大小关系是 $E_a > E_b > E_c > E_d$

- C. 这四点场强的大小关系是 $E_d > E_a > E_b > E_c$

- D. 无法比较这四点场强大小关系

10. 在匀强电场中, 有一质量为 m 、带电荷量为 q 的带电小球静止在 O 点, 然后从 O 点自由释放, 其运动轨迹为一直线, 直线与竖直方向的夹角为 θ , 如图所示。那么关于匀强电场的场强大小的下列说法, 正确的是 ()

- A. 唯一值是 $\frac{mg \tan \theta}{q}$

- B. 最大值是 $\frac{mg \tan \theta}{q}$ (第 10 题)

- C. 最小值是 $\frac{mg \sin \theta}{q}$

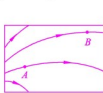
- D. 不可能是 $\frac{mg}{q}$

二、填空题

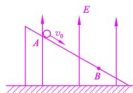
11. 真空中的两个点电荷 A、B 相距 20 cm, A 带正电, $Q_A = 4.0 \times 10^{-10}$ C。已知 A 对 B 的吸引力 $F = 5.4 \times 10^{-8}$ N, 则 B 在 A 处产生的场强的大小是 _____ N/C, 方向 _____; A 在 B 处产生的场强大小是 _____ N/C, 方向 _____。

12. 在点电荷 Q 形成的电场中, 已测出 A 点场强为 100 N/C, C 点场强为 36 N/C, B 点为 A、C 两点连线的中点, 如图所示。那么, B 点的场强为 _____ N/C。

13. 如图所示为某区域的电场线, 把一个带负电的点电荷 q 放在点 A 或 B 时, 在 _____ 点受的电场力大, 方向为 _____。



(第 13 题)



(第 14 题)

14. 如图所示, 质量为 m 、电荷量为 q 的带正电小球以初速 v_0 沿光滑绝缘的斜面从 A 点向 B 点运动, 匀强电场的方向向上, 要使小球能通过 B 点, 则匀强电场的场强 E 应满足的条件是 _____, 小球通过 B 点时速度的最小值是 _____。

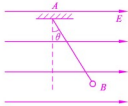
三、解答题

15. 如图, A、B 两小球带等量同种电荷, A 固定在竖直放置的 10 cm 长的绝缘支柱上, B 平衡于光滑的绝缘斜面上与 A 等高处, 斜面倾角为 30° , B 的质量为 52 g, 求 B 的带电量。



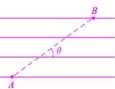
(第 15 题)

16. 在如图匀强电场中,有一轻质棒 AB, A 点固定在一个可以转动的轴上, B 端固定有一个大小可忽略、质量为 m 、带电量 Q 的小球,当棒静止后与竖直方向的夹角为 θ ,求匀强电场的场强。



(第 16 题)

17. 如图,一个带正电的微粒从 A 点射入水平方向的匀强电场中,微粒沿直线 AB 运动, A B 与电场线夹角 $\theta=30^\circ$,已知带电微粒的质量 $m=1.0 \times 10^{-2}$ kg, 电量 $q=1.0 \times 10^{-10}$ C, A、B 相距 $l=20$ cm。



(第 17 题)

- (1) 说明微粒在电场中运动的性质,要求说明理由。
- (2) 求电场强度的大小和方向。
- (3) 要使微粒从 A 点运动到 B 点,微粒射入电场时的最小速度是多少?
(取 $g=10$ m/s², 结果保留 2 位有效数字)

第 4 节 电场中的导体

课标解读

- ★ 知道电场强度的叠加遵循平行四边形定则。
- ★ 了解静电平衡的概念。
- ★ 了解静电屏蔽,知道静电屏蔽的应用。

知识精讲

三点解析

知识点 ① 场强叠加原理

若有几个点电荷同时存在,它们产生的电场中任一点的电场强度等于这几个点电荷各自在该点产生的电场强度的矢量和,这个结论叫做场强的叠加原理。

场强的叠加遵循平行四边形定则。

知识点 ② 静电平衡与静电屏蔽

1. 静电平衡

导体中没有电荷定向移动的状态叫做静电平衡。处于静电平衡的导体内部场强为零。

2. 静电屏蔽

中空导体达到静电平衡时,内部场强为零,使得内部空间不受外部电场的影响,这种现象叫做静电屏蔽。接地的中空导体也可以将导体内部的电荷产生的电场屏蔽住,使其对外部不产生影响。

议一议: (1) 从等量同种电荷连线中点沿着中垂线移动到无穷远处,电场强度如何变化? 等量异种电荷呢?

(2) 放在密封性很好的金属盒内的手机,能接收到信号吗? 放在纸盒内情况如何? 不妨做一做,验证一下你的猜想是否正确。

活学活用例题

一、夯实基础(独立做一做,你会利用上述知识解决问题吗?)

例 1 在真空中有两个点电荷

q_1 和 q_2 , 分别位于 A 和 B, A、B 相距 20 cm, q_1 为 4×10^{-8} C, q_2 为 -8×10^{-8} C。则

图 1-4-1

(1) 在 AB 连线上 A 的外侧离 A 20 cm 处的 D 点场强大小、方向如何?

(2) 能否在 D 点处引入一个带负电荷的 $-q$, 通过求出一 q 在 D 处受合电场力, 然后根据 $E = \frac{F}{q}$ 求出 D 处的场强大小和方向?

分析: 场强是矢量, 根据 $E = k \frac{Q}{r^2}$ 求出每个电荷在 D 点产生的电场强度的大小, 判断出每个电荷的场强方向, 然后根据平行四边形矢量叠加即可。

解答: (1) q_1 在 D 点产生的场强

$$E_1 = k \frac{q_1}{r_{1D}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-8}}{0.2^2} \text{ N/C} = 9 \times 10^3 \text{ N/C}$$

方向向右。

q_2 在 D 点产生的场强

$$E_2 = k \frac{q_2}{r_{2D}^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{8 \times 10^{-8}}{0.4^2} \text{ N/C} = 4.5 \times 10^3 \text{ N/C}$$



方向向左。

D 点的合场强 $E=E_1-E_2=4.5\times 10^3\text{ N/C}$

方向向右。

(2) 可以。因为电场中某点的场强由电场本身决定,与放入电荷无关,不论放入电荷的电量是多少,也不论放入电荷的正、负,该点的场强大小、方向是确定的。

反思

电场强度是矢量,在计算过程中要明确其方向。电场的叠加也要遵守矢量合成法则。因本题中 q_1 、 q_2 在 D 点产生的场强方向在一条直线上,故矢量合成简化成了代数加减。

变形 有一水平方向的匀强电

场,场强大小为 $9\times 10^3\text{ N/C}$,在电场中作一半径为 10 cm 的圆,圆周上取 A、B 两点,如图 1-4-2 所示,连线 AO 沿电场方向,BO $\perp$ AO。在圆心 O 处放一电荷量为 $1\times 10^{-8}\text{ C}$ 的正电荷,则 A 处的场强大小为 _____;B 处的场强大小和方向为 _____。

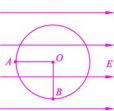


图 1-4-2

答案: $0.9\sqrt{2}\times 10^3\text{ N/C}$,方向与 E 成 45° 角斜向右下方

二、物理与生活(你稍微留心一下,就会发现生活中的很多有趣的物理问题和物理现象。)

例 2 如图 1-4-3 所示,空心导

体一方有一靠近的带有正电的带电体,当一个重力不计的正电荷以速度 v 水平飞入空心导体内时,电荷将做 _____。

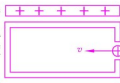


图 1-4-3

- A. 向上偏转的类似平抛运动
- B. 向下偏转的类似平抛运动
- C. 匀速直线运动
- D. 变速直线运动

分析: 电荷如何运动,由电荷的受力决定,而电荷的重力不计,则只需考虑电荷是否受电场力。根据电场中的导体的特点,即可判断。

解答: 空心导体处在带正电的带电体的附近,根据电场中导体的特点,空心导体起到了静电屏蔽的作用,使得内部电场强度为零,电荷不受电场力的作用,所以做匀速直线运动。C 选项正确。

反思

空腔可以屏蔽外界的电场,一个接地的空腔可以屏蔽内部的电场,对于处在电场中的导体一定要明确,导体内部场强处处为零,导体表面处电场线与导体垂直。

变形 某研究性学习小组学习电学知识后对电工穿的高压作业服进行研究,发现高压作业服是用铜丝编织的。下列各同学的理由正确的是 _____。

- A. 甲认为铜丝编织的衣服不易拉破,所以用铜丝编织
- B. 乙认为电工被铜丝编织的衣服包裹,使体内电势保持为零,对人体起保护作用
- C. 丙认为电工被铜丝编织的衣服包裹,使体内电场强度保持为零,对人体起保护作用
- D. 丁认为铜丝必须达到一定的厚度,才能对人体起到保护作用

答案: C (铜丝编织的衣服起到静电屏蔽的作用,使人体内部场强为零。)

三、探究创新(放飞你想象的翅膀吧)

例 3 一带正电的绝缘金属球壳 A,顶部开孔,有两只带正电的金属球 B、C 用金属导线连接,让 B 球置于球壳 A 的空腔中,与内表面接触后又提到图 1-4-4 位置, C 球放 A 球壳外离 A 球较远,待静电平衡后,正确的说法是 _____。



图 1-4-4

- A. B、C 球都带电
- B. B 球不带电, C 球带电
- C. 让 C 球接地后, B 球带负电
- D. C 球接地后, A 球壳空腔中场强为零

分析: 静电平衡的导体内部场强为零,内部没有净电荷,电荷带在外表面,同种电荷相斥,异种电荷相吸,静电感应过程总是把同种电荷推向远力或把异种电荷吸引到近端,移动的都是自由电子。

解答: B 放入空腔中 A 接触后, A、B、C 成为一个导体,根据电荷带在导体外表面可知, A、C 带电, B 不带电;当把 C 球接地后, B、C 和大地成为一个导体, A 把大地的负电荷(电子)吸引到近端,即 B 端,此时空腔内表面带正电,有由 A 指向 B 的电场,故场强不为零。选项 D、C 正确。

反思

静电感应过程,一定要明确哪个是导体的内表面,哪个是外表面,明确导体是否接地。

变形 有一绝缘空心金属球 A 带有 $4\times 10^{-8}\text{ C}$ 的正电荷,一个有绝缘柄的金属小球 B 带有 $2\times 10^{-8}\text{ C}$ 的负电荷。若把 B 球跟 A 球的内壁相接触,如图 1-4-5 所示,则 B 球上电量为 _____ C, A 球上电量为 _____ C,分布在 _____。



图 1-4-5

答案: 0.2×10^{-8} A 的外表面

课后题解

1. **解答:** 如图所示,两电荷在连线中点处产生的场强大小分别为

$$E_1 = k \frac{q}{(\frac{r}{2})^2} \quad E_2 = k \frac{q}{(\frac{r}{2})^2}$$

二者方向相同,所以

$$E = E_1 + E_2 = 2k \frac{q}{(\frac{r}{2})^2} = 8k \frac{q}{r^2}$$

方向由 +q 指向 -q。

2. 解答: 设该点距 Q_1 为 x , 则距 Q_2 为 $1-x$, 由条件 $E_1 = E_2$ 得

$$k \frac{Q_1}{x^2} = k \frac{Q_2}{(1-x)^2}$$

将 $Q_1 = 2Q_2$ 代入, 得

$$x_0 = (2 - \sqrt{2}) \text{ l} \quad x_0 = (2 + \sqrt{2}) \text{ l}$$

可知 $E_1 = E_2$ 的位置有两个, 一个在 Q_1 、 Q_2 之间, 距 Q_1 为 $(2 - \sqrt{2}) \text{ l}$, 另一个在 Q_1 与 Q_2 连线的延长线上 Q_2 的外侧, 距 Q_1 为 $(2 + \sqrt{2}) \text{ l}$ 。

对于距 Q_1 为 $(2 - \sqrt{2}) \text{ l}$ 的点, 有 $E_1 = k \frac{Q_1}{(2 - \sqrt{2})^2 \text{ l}^2}$

$$\text{该点的场强为 } E = E_1 + E_2 = 2k \frac{Q_1}{(2 - \sqrt{2})^2 \text{ l}^2} \approx 5.8 k \frac{Q_1}{\text{ l}^2}$$

在距 Q_1 为 $(2 + \sqrt{2}) \text{ l}$ 的点处, E_1 与 E_2 大小相等, 方向相反, 所以 $E = 0$ 。

3. 解答: 对 A 进行受力分析, B 对 A 有向右的作用力 F_A , 要悬线保持竖直, 匀强电场对 A 的作用力应向左, 且与 F_A 等大。所以匀强电场方向向左。

因为 $F_A = F_A$

$$\text{所以 } qE = k \frac{q \cdot q}{\text{ l}^2}$$

$$\text{从而得 } E = k \frac{q}{\text{ l}^2}$$

对 B 的分析结论相同。

课堂演练

一、选择题

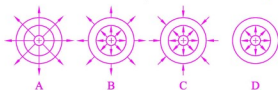
1. 真空中两个等量异种点电荷电量的值均为 q , 相距 r , 两点电荷连线中点处的场强为 ()

- A. 0 B. $2kq/r^2$ C. $4kq/r^2$ D. $8kq/r^2$

2. 如图所示, 一电子沿等量异种电荷的中垂线由 A $\rightarrow$ O $\rightarrow$ B 匀速飞过, 电子重力不计, 则电子所受另一个力的大小和方向变化情况是 ()

- A. 先变大后变小, 方向水平向左
B. 先变大后变小, 方向水平向右
C. 先变小后变大, 方向水平向左
D. 先变小后变大, 方向水平向右

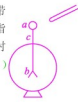
3. 一个不带电的空心金属球, 在它的球心处放一个正点电荷, 其电场分布是图中的哪一个? ()



(第 2 题)

4. 用一根跟毛皮摩擦过的硬橡胶棒, 靠近不带电验电器的金属小球 a (如图), 然后用手指瞬间接触一下金属杆 c 后拿开橡胶棒, 这时验电器小球 a 和金箔 b 的带电情况是 ()

- A. a 带正电, b 带负电
B. a 带负电, b 带正电
C. a、b 均带正电
D. a、b 均带负电



(第 4 题)

5. 在绝缘板上放有一个不带电的金属箔验电器 A 和一个带正电荷的空腔导体 B, 下列实验方法中能使验电器箔片张开的是 ()

- A. 用取电棒 (带绝缘柄的导体棒) 先跟 B 的内壁接触一下后再跟 A 接触
B. 用取电棒先跟 B 的外壁接触一下后再跟 A 接触
C. 用绝缘导线将验电器跟取电棒的导体部分相连, 再把取电棒与 B 的内壁接触
D. 使验电器 A 靠近 B

6. 在一个导体球壳内放一个电量为 $+Q$ 的点电荷, 用 E_r 表示球壳外任一点 P 处的场强, 则 ()

- A. 当 $+Q$ 在球壳中央时, $E_r = 0$
B. 不论 $+Q$ 在球壳内何处, E_r 一定为零
C. 只有当 $+Q$ 在球心且球壳接地时, $E_r = 0$
D. 只要球壳接地, 不论 $+Q$ 在球壳内何处, E_r 一定为零

7. 如图所示, 把一个架在绝缘支架上的枕形导体放在正电荷形成的电场中, 导体处于静电平衡时, 下列说法正确的是 ()

- A. A、B 两点场强相等, 且都为零
B. A、B 两点的场强不相等
C. 感应电荷产生的附加场强大小是 $|E_A| < |E_B|$
D. 当开关 S 闭合时, 电子从大地沿导线向导体移动

8. 如图所示, A、B 带等量异种电荷, C、D 为两个不带电金属棒, 放在 A、B 连线之间, 现在开关 S 闭合, 则 ()

- A. 有电流由左向右流过开关 S
B. 有电流由右向左流过开关 S
C. 没有电流通过 S
D. 条件不足, 无法判断



(第 8 题)

二、填空题

9. 长为 l 的导体棒原来不带电, 将一带电量为 q 的点电荷放在距棒左端 R 处, 如图所示, 当达到静电平衡后棒上感应的电荷在棒内中点处产生的场强的大小等于 (第 9 题)



10. 如图, 在真空中有两个点电荷 A 和 B, 电量分别为 $-Q$ 和 $+2Q$, 它们相距 l , 如果在两点电荷连线的中点 O 有一个半径为 r ($2r < l$) 的 (第 10 题)





空心金属球,且球心位于O点,则球壳上的感应电荷在O点处的场强大小____,方向_____。

11. 如图所示,导体棒AB靠近带正电的导体Q放置。用手接触B端,移去手指再移去Q,AB带_____电荷;若手的接触点改在A端,AB带_____电荷。



12. 如图,A、B是两个不带电的相同的绝缘金属球,它们靠近带正电的金属C。在下列情况中,判断A、B两球的带电情况:

- (1) A、B接触后分开,再移去C,则A_____,B_____;
 (2) A、B接触,用手指瞬间接触B后再移去C,则A_____,B_____;
 (3) A、B接触,用手指接触A,先移去C后再移去手指,则A_____,B_____。



13. 如图所示,B球带正电。如果B球不在A球内部而在A球的外部左侧附近,则A球外表面的带电情况是_____,A球内表面的带电情况是_____。



三、解答题

14. 如图所示,A、B为体积可忽略的带电小球, $Q_A = 2 \times 10^{-8} \text{ C}$, $Q_B = -2 \times 10^{-8} \text{ C}$,A、B相距3 cm。在水平外电场作用下,A、B保持静止,悬线都沿竖直方向,试求:

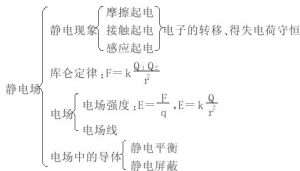
- (1) 外电场的场强大小和方向;
 (2) AB中点处总电场的场强大小和方向。



(第14题)

整合与提高

结构梳理



本章自测

(时间:90分钟 满分:100分)

一、选择题(每小题3分,共39分)

1. 关于点电荷的概念,下列说法正确的是 ()
 A. 当两个带电体的形状对它们之间相互作用力的影响可忽略时,这两个带电体可看做点电荷
 B. 只有体积很小的带电体才能看做点电荷
 C. 体积很大的带电体一定不能看做点电荷
 D. 对于任何带电球体,总可把它看做电荷全部集中在球心的点电荷
2. 两个可视为点电荷的完全相同的小金属球的电荷量之比为5:1,它们在真空中相距一定距离时相互作用的库仑力

为 F_1 ,如果让它们接触后再放回各自原来的位置上,此时它们相互作用的库仑力变为 F_2 ,则 $F_1:F_2$ 可能为 ()
 A. 5:2 B. 5:4 C. 5:6 D. 5:9

3. 在绝缘光滑水平面上,相隔一定距离有两个带同种电荷的小球同时从静止释放,则两个小球的加速度大小和速度大小随时间变化的情况是 ()
 A. 速度变大,加速度变大 B. 速度变小,加速度变小
 C. 速度变大,加速度变小 D. 速度变小,加速度变大

4. 关于电场强度的定义式 $E = \frac{F}{q}$,下列说法正确的是 ()

- A. 式中 F 是放入电场中的电荷所受的力, q 是放入电场中的电荷的电量
B. 电场强度 E 与电场力 F 成正比, 与放入电荷的电量 q 成反比
C. 电场中某一点的电场强度在数值上等于单位电荷在该点所受的电力

- D. 在库仑定律的表达式 $F = \frac{kQ_1Q_2}{r^2}$ 中, $\frac{kQ_1}{r^2}$ 是点电荷 Q_1 产生的电场在点电荷 Q_2 所在位置处的场强的大小

5. 对于由点电荷 Q 产生的电场, 下列说法正确的是 ()

- A. 电场强度的表达式仍成立, 即 $E = \frac{F}{Q}$, 式中的 Q 就是产生电场的点电荷
B. 在真空中, 电场强度的表达式为 $E = \frac{kQ}{r^2}$, 式中 Q 就是产生电场的点电荷

- C. 在真空中 $E = \frac{kQ}{r^2}$, 式中 Q 是试探电荷
D. 上述说法都不对

6. 由电场强度的定义式 $E = \frac{F}{q}$ 可知, 在电场中的同一点 ()
A. 电场强度 E 跟 F 成正比, 跟 q 成反比
B. 无论试探电荷所带的电量如何变化, $\frac{F}{q}$ 始终不变

- C. 电场中某点的场强为零, 则在该点的电荷受到的电场力一定为零
D. 一个不带电的小球在 P 点受到的电场力为零, 则 P 点的场强一定为零

7. 在 x 轴上有两个点电荷, 一个带正电荷 Q_1 , 一个带负电荷 $-Q_2$, $Q_1 = 2Q_2$. 用 E_1 和 E_2 分别表示两个电荷所产生的场强的大小, 则在轴上 ()
A. $E_1 = E_2$ 的点只有一处, 该处场强为零
B. $E_1 = E_2$ 的点共有两处, 一处场强为零, 另一处场强大小为 $2E_2$
C. $E_1 = E_2$ 的点共有三处, 其中两处场强为零, 另一处场强大小为 $2E_2$
D. $E_1 = E_2$ 的点共有三处, 其中一处场强为零, 另两处场强大小为 $2E_2$

8. 三个相同的金属球, 原来有两个小球带电量相等, 相互间的引力为 F , 用第三个不带电的小球, 依次接触两个带电球后再移走, 则原来两个带电小球之间的相互吸引力变为 ()
A. $\frac{F}{2}$ B. $\frac{F}{4}$ C. $\frac{F}{8}$ D. $\frac{3}{8}F$

9. 如图, 把一带正电的小球 a 放在光滑绝缘面上, 欲使球 a 能静止在斜面上, 需在 MN 间放一带电小球 b , 则 b 应 ()
A. 带负电, 放在 A 点
B. 带正电, 放在 B 点



(第 9 题)

- C. 带负电, 放在 C 点
D. 带正电, 放在 C 点

10. 一根放在水平面内的光滑玻璃管绝缘性很好, 内部有两个完全相同的弹性金属小球 A 和 B , 带电量分别为 $9Q$ 和 $-Q$, 两球从图示的位置由静止释放, 那么两球再次经过图中的原静止位置时, A 球的瞬时加速度为释放时的多少? ()
A. $\frac{16}{9}$ 倍 B. $\frac{9}{16}$ C. 1 倍 D. $\frac{3}{20}$



(第 10 题)

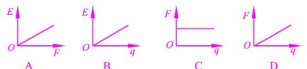


(第 11 题)

11. 如图, 真空中三个点电荷 A 、 B 、 C , 可以自由移动, 依次排列在同一直线上, 都处于平衡状态, 若三个电荷的带电量、电性及相互距离都未知, 但 $AB > BC$, 则根据平衡条件可断定 ()
A. A 、 B 、 C 分别带什么性质的电
B. A 、 B 、 C 中哪几个带同种电荷, 哪个带异种电荷
C. A 、 B 、 C 中哪个电量最大
D. A 、 B 、 C 中哪个电量最小

12. 一个试探电荷 q 在电场中某点受到的电场力为 F , 这点的电场强度为 E . 能正确反映 q 、 E 、 F 三者关系的是 ()
A. B. C. D.

13. 正电荷 Q 位于如图所示的坐标原点, 另一负电荷 $-2Q$ 放在何处才能使 (1, 0) 点的电场强度为零? ()
A. 位于 x 轴上, $x > 1$
B. 位于 x 轴上, $x < 0$
C. 位于 x 轴上, $0 < x < 1$
D. 可以不在 x 轴上

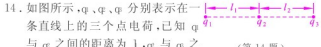


(第 13 题)

14. 如图所示, q_1 、 q_2 、 q_3 分别表示在一条直线上的三个点电荷, 已知 q_1 与 q_2 之间的距离为 l_1 , q_2 与 q_3 之间的距离为 l_2 , 且每个电荷都处于平衡状态。
(1) 若 q_1 为正电荷, 则 q_2 为 _____ 电荷, q_3 为 _____ 电荷;
(2) q_1 、 q_2 、 q_3 三者电量大小之比是 _____。

15. 有两个完全相同的金属小球, 分别带有正负电荷, 所带电荷量分别为 Q 和 $-9Q$ 。当它们相距为 1 时, 相互作用的静电力为 $36 N$ 。现使两球接触后再分开, 让它们间距离变为 2 , 那么它们之间相互作用的静电力变为 _____ N 。

16. 真空中固定着 A 、 B 两个带负电的点电荷, 它们间的距离为 $10 cm$, 现将另一个点电荷 C , 放到 A 、 B 连线上距 A



(第 14 题)