



# 导学案 基础版

主编 肖德好

全品

# 学练考

## 高中物理3

必修第三册 RJ

细分课时

分层设计

夯实基础

突出重点

天津出版传媒集团  
天津人民出版社

# 目录 Contents

## 09 第九章 静电场及其应用

PART NINE

- 1 电荷 导 117
- 2 库仑定律 导 120
- 习题课:静电力作用下的平衡 导 122
- 3 电场 电场强度 导 124
  - 第 1 课时 电场强度、电场强度的叠加 导 124
  - 第 2 课时 电场线、匀强电场 导 126
- 习题课:电场的力的性质 导 128
- 4 静电的防止与利用 导 131

## 10 第十章 静电场中的能量

PART TEN

- 1 电势能和电势 导 135
- 2 电势差 导 137
- 3 电势差与电场强度的关系 导 139
- 习题课:电场的能的性质 导 141
- 4 电容器的电容 导 145
  - 第 1 课时 电容器的电容 导 145
  - 第 2 课时 实验:观察电容器的充、放电现象 导 148
- 5 带电粒子在电场中的运动 导 150
- ※习题课:带电粒子在电场中运动的综合问题 导 153

## 11 第十一章 电路及其应用

PART ELEVEN

- 1 电源和电流 导 156

2 导体的电阻	导 158
3 实验:导体电阻率的测量	导 162
第 1 课时 测量工具的使用及实验电路的基础设计	导 162
第 2 课时 导体电阻率的测量	导 165
4 串联电路和并联电路	导 168
5 实验:练习使用多用电表	导 170
※专题课:测量电阻的其他方法	导 174

## 12 第十二章 电能 能量守恒定律

PART TWELVE

1 电路中的能量转化	导 177
2 闭合电路的欧姆定律	导 179
※专题课:闭合电路的功率及电源效率问题	导 182
※专题课:闭合电路的动态分析、含有电容器的电路	导 184
3 实验:电池电动势和内阻的测量	导 186
※专题课:安阻法和伏阻法测电池的电动势和内阻	导 189
4 能源与可持续发展	导 192

## 13 第十三章 电磁感应与电磁波初步

PART THIRTEEN

1 磁场 磁感线	导 194
2 磁感应强度 磁通量	导 196
3 电磁感应现象及应用	导 199
4 电磁波的应用	导 201
5 能量量子化	导 203

◆ 参考答案	导 205
--------	-------

**1 电荷**

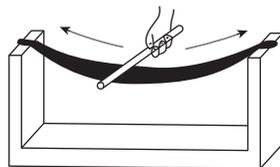
**学习任务一 电荷**

[教材链接] 阅读教材,完成下列填空:

- (1)两种电荷:\_\_\_\_\_电荷和\_\_\_\_\_电荷.
- (2)电荷量( $Q$  或  $q$ ):电荷的\_\_\_\_\_. 电荷量的单位是\_\_\_\_\_,符号为  $C$ .
- (3)电荷间相互作用:同种电荷相互\_\_\_\_\_,异种电荷相互\_\_\_\_\_.
- (4)电中性:原子是由带正电的\_\_\_\_\_,不带电的\_\_\_\_\_以及带负电的\_\_\_\_\_组成的,每个原子中\_\_\_\_\_的正电荷数量与\_\_\_\_\_的负电荷数量一样多,所以整个原子对外界表现为\_\_\_\_\_.
- (5)摩擦起电的实质:当两种不同的物体相互摩擦时,一些受束缚较\_\_\_\_\_的电子会转移到另一个物体上,于是原来电中性的物体由于得到电子而带\_\_\_\_\_电,失去电子的物体则带\_\_\_\_\_电,本质上是\_\_\_\_\_造成的.
- (6)自由电子和离子:金属中原子的外层电子往往会

脱离原子核的束缚而在金属中自由运动,这种能自由运动的电子叫作\_\_\_\_\_,失去自由电子的原子便成为带正电的\_\_\_\_\_.

**例 1** 如图所示,均不带电的橡胶棒与毛皮摩擦后,橡胶棒带负电,毛皮带正电,这是因为 ( )



- A. 空气中的正电荷转移到了毛皮上
- B. 空气中的负电荷转移到了橡胶棒上
- C. 毛皮上的电子转移到了橡胶棒上
- D. 橡胶棒上的电子转移到了毛皮上

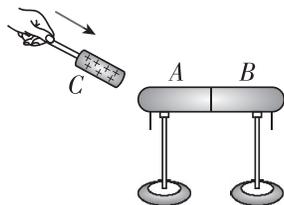
[反思感悟] \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**学习任务二 静电感应**

[教材链接] 阅读教材,完成下列填空:

- (1)静电感应:当一个带电体靠近导体时,由于电荷间相互\_\_\_\_\_或\_\_\_\_\_,导体中的\_\_\_\_\_便会趋向或远离带电体,使导体靠近带电体的一端带\_\_\_\_\_电荷,远离带电体的一端带\_\_\_\_\_电荷.
- (2)感应起电:利用\_\_\_\_\_使金属导体带电的过程.

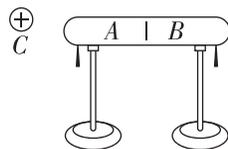
[科学探究] 如图所示,分别用绝缘柱支撑的导体  $A$  和  $B$ ,使它们彼此接触.起初它们不带电,贴在下部的金属箔片是闭合的.



- (1)把带正电荷的物体  $C$  移近导体  $A$ ,金属箔片\_\_\_\_\_ (选填“张开”或“不变”).
- (2)这时把  $A$  和  $B$  分开,然后移去  $C$ ,金属箔片张角\_\_\_\_\_ (选填“变小”“变大”或“不变”)

(3)再让  $A$  和  $B$  接触,金属箔片\_\_\_\_\_ (选填“闭合”或“张角变小”).

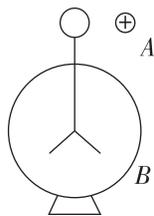
**例 2** [2024·上海浦东新区期末] 如图所示,不带电的枕形导体的  $A$ 、 $B$  两端各连有一对金箔,当带正电小球  $C$  靠近  $A$  端时 ( )



- A.  $A$  端聚集负电荷, $A$  端的金箔张开
- B.  $B$  端聚集负电荷, $B$  端的金箔张开
- C. 用手触碰枕形导体后,移走  $C$ ,导体带上正电荷
- D. 用手触碰枕形导体后,移走  $C$ ,导体依然不带电

[反思感悟] \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**变式 1** 如图所示,用起电机使金属球 A 带上正电荷,并靠近验电器 B,则 ( )



- A. 验电器金属箔片不张开,因为金属球 A 没有和验电器上的金属小球接触
- B. 验电器金属箔片张开,因为整个验电器都感应出了正电荷
- C. 验电器金属箔片张开,因为整个验电器都感应出了负电荷
- D. 验电器金属箔片张开,因为验电器的金属箔片上感应出了正电荷

[反思感悟]

.....

.....

.....

.....

**【要点总结】**

三种起电方式的比较

	摩擦起电	感应起电	接触起电
产生及条件	两不同物体摩擦时	导体靠近带电体时	导体与带电体接触时
现象	两物体带上等量异种电荷	导体两端出现等量异种电荷,且电性与原带电体“近异远同”	导体带上与带电体相同电性的电荷
原因	不同物质的原子核对核外电子的束缚力不同而发生电子得失	导体中的自由电子受带电体吸引(排斥)而靠近(远离)	自由电荷在带电体与导体之间发生转移
实质	均为电荷在物体之间或物体内部的转移		

**学习任务三 电荷守恒定律**

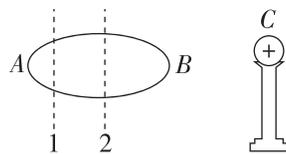
[教材链接] 阅读教材,完成下列填空:

(1)电荷守恒定律:电荷既不会创生,也不会消灭,它只能从一个物体\_\_\_\_\_到另一个物体,或者从物体的一部分\_\_\_\_\_到另一部分;在转移过程中,电荷的总量保持\_\_\_\_\_.

(2)电荷守恒定律更普遍的表述:一个与外界没有电荷\_\_\_\_\_的系统,电荷的\_\_\_\_\_保持不变.

**例 3** [2024·湖南长沙期中] 有三个相同的金属小球 A、B、C,其中 A 小球带有  $3 \times 10^{-3} \text{ C}$  的正电荷, B 小球带有  $2 \times 10^{-3} \text{ C}$  的负电荷,小球 C 不带电. 先让小球 C 与小球 A 接触后分开,再让小球 B 与小球 A 接触后分开,最后让小球 B 与小球 C 接触后分开,这时三个小球的带电荷量分别为多少?

**变式 2** (多选)[2024·石家庄二中期末] 将带正电荷 Q 的导体球 C 靠近不带电的导体. 若沿虚线 1 将导体分成 A、B 两部分,这两部分所带电荷量分别为  $Q_A$ 、 $Q_B$ ;若沿虚线 2 将导体分成两部分,这两部分所带电荷量分别为  $Q'_A$  和  $Q'_B$ . 下列判断正确的是 ( )



- A.  $Q_A > 0, Q_B < 0, |Q_A| = |Q_B|$
- B.  $Q_A > 0, Q_B < 0, |Q_A| < |Q_B|$
- C.  $Q'_A > 0, Q'_B < 0, |Q'_A| = |Q'_B|$
- D.  $Q'_A < 0, Q'_B > 0, |Q'_A| < |Q'_B|$

**【要点总结】**

电荷的分配规律

- (1)在两小球接触时,电荷先中和后分配.
- (2)两个完全相同的金属球接触后再分开,电荷的分配规律:
  - ①若两球带同种电荷,电荷量分别为  $Q_1$  和  $Q_2$ ,则接触后两球的电荷量相等.  $Q_1' = Q_2' = \frac{Q_1 + Q_2}{2}$ .
  - ②若两球带异种电荷,电荷量分别为  $Q_1$  和  $-Q_2$ ,则接触后两球的电荷量相等.  $Q_1' = Q_2' = \frac{Q_1 - Q_2}{2}$ .

## 学习任务四 元电荷

[教材链接] 阅读教材,完成下列填空:

(1)元电荷:迄今为止,实验发现的最小电荷量就是电子所带的电荷量.人们把这个最小的电荷量叫作元电荷,用  $e$  表示.  $e =$  \_\_\_\_\_ C,元电荷  $e$  的数值最早是由美国物理学家 \_\_\_\_\_ 测得的.所有带电体的电荷量都是  $e$  的 \_\_\_\_\_ 倍.

(2)比荷:带电粒子的电荷量与 \_\_\_\_\_ 之比叫作比荷.

[物理观念] (1)元电荷是最小的电荷量,而不是实物粒子,元电荷无正、负之分.

(2)虽然质子、电子的电荷量等于元电荷,但不能说质子、电子是元电荷.

**例 4** [2024·内蒙古通辽期末] 关于元电荷的说法正确的是 ( )

- A. 很小的电荷量就是元电荷
- B. 元电荷实质上是指电子和质子本身
- C. 元电荷就是体积很小的电荷
- D. 带电体的电荷量一定是元电荷的整数倍

**例 5** [2024·湖北黄冈中学月考] 现代理论认为,反质子的质量与质子相同,约为电子质量的 1836 倍.若  $m_e = 0.91 \times 10^{-30}$  kg,  $e = 1.6 \times 10^{-19}$  C,求反质子的比荷.

### // 随堂巩固 //

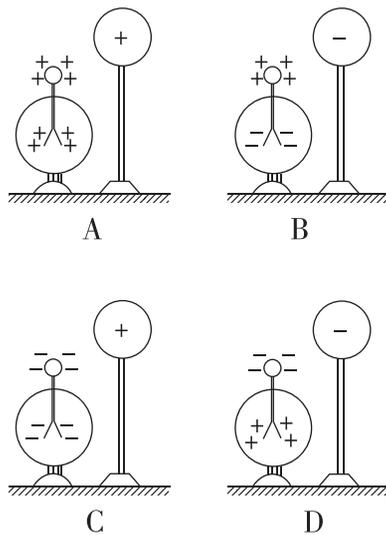
1. (电荷)东汉王充在《论衡·乱龙篇》中有“顿牟掇芥,磁石引针”的描述,显示了中国古人对电磁的正确认知.“顿牟掇芥”意思是玳瑁的壳经摩擦后会产生静电,可以吸引芥一类的轻小物体.下列说法正确的是 ( )

- A. 玳瑁壳摩擦后创造了电荷
- B. 玳瑁壳摩擦后转移了电荷
- C. 玳瑁壳摩擦后一定带正电
- D. 轻小物体原本一定也带电

2. (电荷守恒定律)关于电荷守恒定律,下列叙述不正确的是 ( )

- A. 一个物体所带的电荷量总是守恒的
- B. 在与外界没有电荷交换的情况下,一个系统所带的电荷量总是守恒的
- C. 在电荷转移的过程中,电荷的总量保持不变
- D. 电荷守恒定律并不意味着带电系统一定和外界没有电荷交换

3. (静电感应)使带电的金属球靠近不带电的验电器,验电器的箔片张开.各图表示验电器上感应电荷的分布情况,其中正确的是 ( )



4. (元电荷)(多选)关于电荷量,以下说法中正确的是 ( )

- A. 物体所带的电荷量可以为任意实数
- B. 物体所带的电荷量只能是某些特定值
- C. 物体带电荷量为  $+1.60 \times 10^{-9}$  C,这是因为该物体失去了  $1.0 \times 10^{10}$  个电子
- D. 物体所带电荷量的最小值为  $1.60 \times 10^{-19}$  C

## 2 库仑定律

### 学习任务一 电荷之间的作用力

[模型建构] 理想化模型——点电荷

(1)点电荷是只有电荷量,没有\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_的理想化模型,类似于力学中的质点,实际中并不存在.

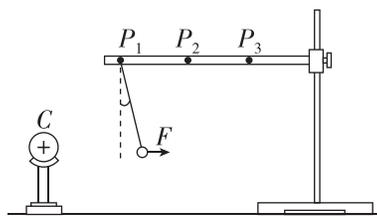
(2)带电体能否看成点电荷视具体问题而定,不能单凭它的大小和形状下结论.若带电体的大小比带电体间的\_\_\_\_\_小得多,则带电体的大小及形状就可以忽略,此时带电体就可以看成点电荷.

**例 1** (多选)[2024·天津一中月考] 下列关于点电荷和元电荷的说法中错误的是 ( )

- A. 只有很小的球形带电体才可以看成点电荷
- B. 电荷量为  $1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$  的带电体叫作元电荷
- C. 任何带电体的电荷量都是元电荷的整数倍
- D. 带电体间的距离比它们本身的大小大得多,以致带电体的形状、大小及电荷分布状况对它们之间的作用力的影响可以忽略不计时,带电体就可以视为点电荷

[科学探究] 探究影响电荷之间相互作用力的因素

(1)实验现象:(如图所示)



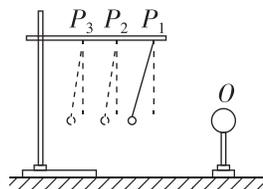
- ①小球带电荷量一定时,距离带电物体越远,丝线偏离竖直方向的角度\_\_\_\_\_.
- ②小球处于同一位置时,小球所带的电荷量越大,丝线偏离竖直方向的角度\_\_\_\_\_.

(2)实验结论:电荷之间的作用力随着电荷量的增大而\_\_\_\_\_,随着距离增大而\_\_\_\_\_.

[反思感悟]

**例 2** (多选)如图所示, $O$  是一个带电的物体,若把系在丝线上的带电小球先后挂在横杆上的  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$  位置,可以比较小球在不同位置所受带电物体的作用力的大小,这个力的大小可以通过丝线偏离竖直方向的角度  $\theta$  显示出来(小球与物体  $O$  在同一水平线上).若物体  $O$  的电荷量用  $Q$  表示,小球的电荷量用  $q$  表示,物体与小球间的距离用  $d$  表示,物体和小球之间的作用力大小用  $F$  表示,则下列对该实验的判断正确的是 ( )

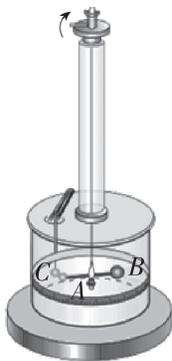
- A. 可用控制变量法,探究  $F$  与  $Q$ 、 $q$ 、 $d$  的关系
- B. 保持  $Q$ 、 $q$  不变,减小  $d$ ,则  $\theta$  变大,说明  $F$  与  $d$  成反比
- C. 保持  $Q$ 、 $d$  不变,减小  $q$ ,则  $\theta$  变小,说明  $F$  与  $q$  有关
- D. 保持  $q$ 、 $d$  不变,减小  $Q$ ,则  $\theta$  变小,说明  $F$  与  $Q$  成正比



[反思感悟]

### 学习任务二 库仑定律

[科学探究] (1)实验原理:如图所示, $A$  和  $C$  之间的作用力使悬丝扭转,通过悬丝扭转的角度来比较力的大小.



(2)实验方法:控制变量法.

(3)实验步骤

- ①改变  $A$  和  $C$  之间的距离  $r$ ,记录每次悬丝扭转的角度,便可找出力  $F$  与\_\_\_\_\_的关系.
- ②改变  $A$  和  $C$  的电荷量  $q_1$  和  $q_2$ ,记录每次悬丝扭转的角度,便可找出力  $F$  与\_\_\_\_\_之间的关系.

(4)实验结论

- ①力  $F$  与距离  $r$  的二次方成反比,即\_\_\_\_\_.
- ②力  $F$  与  $q_1$  和  $q_2$  的乘积成正比,即\_\_\_\_\_.

综合以上实验结论可得  $F = \frac{kQ_1Q_2}{r^2}$ .  $k$  叫作静电力常量,  $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ .

[教材链接] 阅读教材, 完成下列填空.

库仑定律: 真空中两个静止点电荷之间的相互作用力, 与它们的电荷量的乘积 成正比, 与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. 这个规律叫作库仑定律. 这种电荷之间的相互作用力叫作静电力或库仑力.

**例 3** [2024·辽宁沈阳期末] 使两个完全相同的金属小球(均可视为点电荷)分别带上  $-3Q$  和  $+5Q$  的电荷后, 将它们固定在相距为  $a$  的两点, 它们之间库仑力的大小为  $F_1$ . 现用绝缘工具使两小球相互接触后, 再将它们固定在相距为  $2a$  的两点, 它们之间库仑力的大小为  $F_2$ . 则  $F_1$  与  $F_2$  之比为 ( )

- A. 2 : 1                      B. 4 : 1  
C. 16 : 1                     D. 60 : 1

[反思感悟] .....

**变式** 两个半径均为  $R$  的金属球所带电荷量分别为  $Q_1$  和  $Q_2$ , 当两球球心距离为  $3R$  时, 相互作用的库仑力为  $F$ , 则 ( )

- A.  $F = k \frac{Q_1Q_2}{(3R)^2}$                       B.  $F > k \frac{Q_1Q_2}{(3R)^2}$   
C.  $F < k \frac{Q_1Q_2}{(3R)^2}$                       D. 无法确定  $F$  的大小

[反思感悟] .....

**[要点总结]**

应用库仑定律需要注意的几个问题

- (1) 真空中两个静止的点电荷, 在空气中的作用与真空中相差很小, 因此在空气中也可使用库仑定律.
- (2) 应用库仑定律公式计算库仑力时不必将表示电荷性质的正、负号代入公式中, 只将其电荷量的绝对值代入公式中算出力的大小即可, 力的方向根据“同种电荷相互排斥, 异种电荷相互吸引”的原则另行判断.
- (3) 库仑定律表达式  $F = k \frac{q_1q_2}{r^2}$  适用于点电荷, 当  $r \rightarrow 0$  时, 带电体不能看作点电荷, 库仑定律及其表达式不再适用.
- (4) 库仑定性研究得出库仑定律, 但是没有精确测出静电力常量. 静电力常量是一个无误差常数, 是根据麦克斯韦的相关理论计算出来的.

### 学习任务三 静电力的叠加

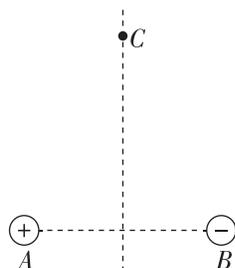
[物理观念] 静电力具有 矢量性 的一切性质, 静电力叠加的本质是矢量叠加, 满足 平行四边形定则.

[科学思维] 静电力作用下带电体平衡问题的分析思路

- (1) 确定研究对象.
- (2) 对研究对象进行受力分析, 只是此时受力多了静电力.
- (3) 根据矢量合成法则, 采用力的合成与分解法或者正交分解法对各力进行合成和分解, 根据平衡条件列方程求解出静电力.

**例 4** 如图所示, 分别在  $A$ 、 $B$  两点放置点电荷  $Q_1 = +2 \times 10^{-14} \text{ C}$  和  $Q_2 = -2 \times 10^{-14} \text{ C}$ , 在  $A$ 、 $B$  连线的垂直平分线上有一点  $C$ , 且  $AB = AC = BC = 6 \times$

$10^{-2} \text{ m}$ . 若有一电子静止放在  $C$  点处, 则它所受的库仑力的大小和方向如何?



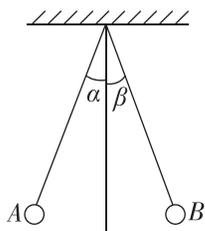
## // 随堂巩固 //

1. (点电荷)[2024·天津一中月考] 下列关于点电荷的说法正确的是 ( )

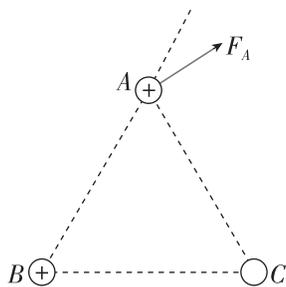
- A. 点电荷一定是电荷量很小的电荷
- B. 点电荷是一种理想化模型, 实际不存在
- C. 只有体积很小的带电体才能看作点电荷
- D. 体积很大的带电体一定不能看作点电荷

2. (库仑定律) 如图所示, 用两根同样长的细绳把两个带同种电荷的小球悬挂在一点, 两球的质量相等,  $A$  球所带的电荷量大于  $B$  球所带的电荷量. 两球静止时, 悬挂小球的细绳与竖直线的偏角分别为  $\alpha$  和  $\beta$ , 则 ( )

- A.  $\alpha > \beta$
- B.  $\alpha = \beta$
- C.  $\alpha < \beta$
- D. 无法确定



3. (静电力的叠加) 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  $F_A$  所示, 则可以判定点电荷  $C$  的电性 ( )



- A. 一定是正
- B. 一定是负
- C. 可能是正, 也可能是负
- D. 无法判断

## 习题课：静电力作用下的平衡

### 学习任务一 三个共线点电荷的平衡问题

[物理观念] (1) 条件: 每个点电荷受到的两个库仑力大小相等, 方向相反.

(2) 规律:

- ①“三点共线”——三个点电荷分布在同一直线上;
- ②“两同夹异”——正、负电荷相互间隔;
- ③“两大夹小”——中间电荷的电荷量最小;
- ④“近小远大”——中间电荷靠近电荷量较小的电荷.

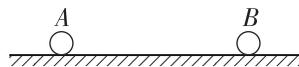
(3) 注意: 若两个点电荷固定, 让新引入的一个自由点电荷平衡, 则只能确定其位置, 对其电性和电荷量无要求.

**例 1** 两个可自由移动的点电荷分别放在  $A$ 、 $B$  两处, 如图所示.  $A$  处电荷带负电, 电荷量为  $Q_1$ ,  $B$  处电荷带负电, 电荷量为  $Q_2$ , 且  $Q_2 = 5Q_1$ , 另取一个可以自由移动的点电荷  $Q_3$ , 放在  $AB$  直线上, 欲使整个系统处于平衡状态, 则 ( )

- A.  $Q_3$  为负电荷, 且放于  $B$  右方
- B.  $Q_3$  为负电荷, 且放于  $A$  左方
- C.  $Q_3$  为正电荷, 且放于  $A$ 、 $B$  之间
- D.  $Q_3$  为正电荷, 且放于  $B$  右方

[反思感悟] .....

**变式 1** [2024·江苏盐城中学月考] 真空中有两个距离为  $r$  的点电荷  $A$  和  $B$ , 它们位于同一条直线上, 带电荷量分别为  $q_1 = -q$  和  $q_2 = 4q$ . 若  $A$ 、 $B$  固定, 则在此条直线上的什么位置放入第三个点电荷  $C$ , 可使点电荷  $C$  处于平衡状态? 对  $C$  的电荷量及电性有无要求?



## 学习任务二 含库仑力的平衡问题

**[科学思维]** 分析静电力作用下点电荷的平衡问题时,方法仍然与力学中分析物体的平衡方法一样,具体步骤如下:

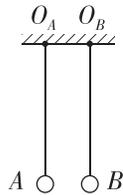
(1)确定研究对象:如果有几个物体相互作用,要依据题意,适当选取“整体法”或“隔离法”。

(2)对研究对象进行受力分析,此时多了静电力( $F = \frac{kQ_1Q_2}{r^2}$ )。

(3)根据  $F_{\text{合}} = 0$  列方程,若采用正交分解,则有  $F_x = 0, F_y = 0$ 。

(4)求解方程。

**例 2** (多选)如图所示,把 A、B 两个相同的导电小球分别用长为 0.10 m 的绝缘细线悬挂于  $O_A$  和  $O_B$  两点.用丝绸摩擦过的玻璃棒与 A 球接触,棒移开后将悬点  $O_B$  移到  $O_A$  点固定.两球接触后分开,平衡时距离为 0.12 m.已测得小球质量为  $4.8 \times 10^{-3}$  kg,带电小球可视为点电荷,重力加速度  $g$  取  $10 \text{ m/s}^2$ ,静电力常量  $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$ . 下列说法正确的是 ( )



- A. 两球所带电荷量相等
- B. A 球所受的静电力为  $6.0 \times 10^{-2} \text{ N}$
- C. B 球所带的电荷量为  $2.4 \times 10^{-7} \text{ C}$
- D. A 球所带的电荷量为  $-2.4 \times 10^{-7} \text{ C}$

**[反思感悟]**

**变式 2** [2024·浙江杭州一中月考] 如图所示,质量为  $m$ 、电荷量为  $Q$  的带电小球 A 用绝缘细线悬挂于 O 点,另一个带电荷量也为  $Q$  的带电小球 B 固定于 O 点的正下方.已知绳长 OA 为  $2l$ ,O 到 B 点的距离为  $l$ ,平衡时 A、B 处于同一高度,重力加速度为  $g$ ,静电力常量为  $k$ ,则 ( )

A. A、B 间库仑力大小

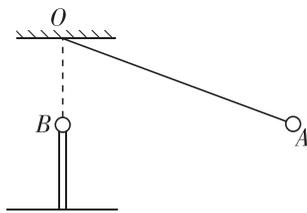
$$\text{为 } \frac{kQ^2}{l^2}$$

B. A、B 间库仑力大小

$$\text{为 } 2mg$$

C. 细线拉力大小为  $\sqrt{3}mg$

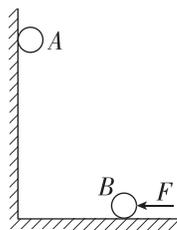
D. 细线拉力大小为  $\frac{2\sqrt{3}kQ^2}{9l^2}$



**[反思感悟]**

**例 3** (多选)如图所示,竖直墙面与水平地面均光滑且绝缘.两个带有同种电荷的小球 A、B(均可视为质点)分别位于竖直墙面和水平地面上,且处于同一竖直平面内.若用图示方向的水平推力  $F$  作用于小球 B,则两球静止于图示位置.如果将小球 B 向左推动少许,并待两球重新达到平衡时,与原来相比 ( )

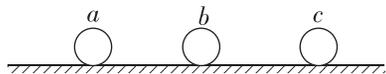
- A. 两小球的间距变大
- B. B 球受到的推力  $F$  变大
- C. A 球对竖直墙面的压力变小
- D. 水平地面对 B 球的支持力不变



**[反思感悟]**

### // 随堂巩固 //

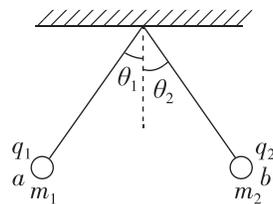
**1.** (三个共线电荷的平衡问题)(多选)如图所示,光滑绝缘水平面上有三个带电小球 a、b、c(可视为点电荷),三球沿一条直线摆放,仅在它们之间的静电力作用下静止,则以下判断正确的是 ( )



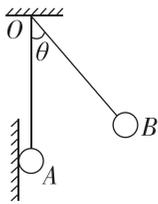
- A. a 对 b 的静电力一定是引力
- B. a 对 b 的静电力可能是斥力
- C. a 的电荷量可能比 b 的少
- D. a 的电荷量一定比 b 的多

**2.** (含库仑力的平衡问题)(多选)两个质量分别是  $m_1$ 、 $m_2$  的小球 a、b 各用丝线悬挂在同一点,当两球分别带同种电荷且电荷量分别为  $q_1$ 、 $q_2$  时,两丝线张开一定的角度  $\theta_1$ 、 $\theta_2$ ,如图所示,此时两个小球处于同一水平面上.下列说法正确的是 ( )

- A. 若  $m_1 > m_2$ ,则  $\theta_1 > \theta_2$
- B. 若  $m_1 = m_2$ ,则  $\theta_1 = \theta_2$
- C. 若  $m_1 < m_2$ ,则  $\theta_1 > \theta_2$
- D. 若  $q_1 > q_2$ ,则  $\theta_1 = \theta_2$



3. (含库仑力的平衡问题)如图所示,  $A$ 、 $B$  两个带电小球用等长绝缘轻质细线悬挂于  $O$  点,  $A$  球固定, 跟  $B$  球相连的细线与竖直方向成一定的夹角, 若其中一个球由于漏电, 电荷量缓慢减小, 则关于  $A$ 、 $B$  两球的间距和它们



之间的库仑力大小的变化, 下列说法中正确的是 ( )

- A. 间距变小, 库仑力变大
- B. 间距变小, 库仑力变小
- C. 间距变小, 库仑力不变
- D. 间距变大, 库仑力变小

### 3 电场 电场强度

#### 第 1 课时 电场强度、电场强度的叠加

##### 学习任务一 电场、电场强度

[教材链接] 阅读教材, 完成下列填空:

(1) 电场的产生: 电场是在电荷周围存在的一种 \_\_\_\_\_, 电荷与电荷之间的力的作用通过 \_\_\_\_\_ 来实现. 静止电荷产生的电场, 叫作 \_\_\_\_\_.

(2) 电场的基本性质: 电场对放入其中的电荷有 \_\_\_\_\_ 的作用.

(3) 电场强度的定义: 放入电场中某点的试探电荷所受的 \_\_\_\_\_ 跟它的 \_\_\_\_\_ 之比叫作该点的电场强度.

(4) 电场强度的大小:  $E = \frac{F}{q}$ ; 单位: \_\_\_\_\_, 符号: \_\_\_\_\_; 方向: 规定与 \_\_\_\_\_ 在该点所受的静电力方向相同, 与 \_\_\_\_\_ 在该点所受的静电力方向相反.

(5) 电场强度的物理意义: 描述电场的 \_\_\_\_\_ 和方向的物理量, 是矢量.

[物理观念] 试探电荷与场源电荷

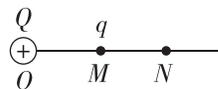
(1) 试探电荷: 电荷量和体积都很小的点电荷, 称为试探电荷.

(2) 场源电荷: 激发电场的带电体所带的电荷, 称为场源电荷, 或 \_\_\_\_\_.

**例 1** [2024·天津二中月考] 在真空中  $O$  点放一个点电荷, 电荷量为  $Q = +1.0 \times 10^{-9} \text{ C}$ , 直线  $MN$  通过  $O$  点,  $O$ 、 $M$  的距离  $r = 30 \text{ cm}$ ,  $M$  点放一个电荷量为  $q = -1.0 \times 10^{-10} \text{ C}$  的试探电荷, 如图所示. 已知静电力常量  $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ , 求:

- (1)  $q$  在  $M$  点受到的作用力;
- (2)  $M$  点的电场强度;

(3) 拿走  $q$  后  $M$  点的电场强度.



**变式 1** [2024·山东日照一中月考] 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. 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
- C. 若移去试探电荷  $q$ , 该点的电场强度就变为零
- D. 若移去试探电荷  $q$ , 该点的电场强度不变

[要点总结]

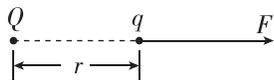
正确理解公式  $E = \frac{F}{q}$

(1) 公式  $E = \frac{F}{q}$  是电场强度的定义式, 适用于一切电场. 该式给出了测量电场中某一点的电场强度的方法, 应当注意, 电场中某一点的电场强度与是否测量及如何测量无关.

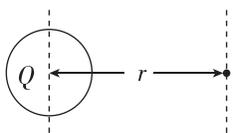
(2) 公式  $E = \frac{F}{q}$  仅定义了电场强度的大小, 其方向需另外规定. 物理学上规定电场强度的方向是放在该处的正电荷所受静电力的方向.

## 学习任务二 点电荷的电场 电场强度的叠加

**[科学探究]** (1)场源电荷  $Q$  与试探电荷  $q$  相距为  $r$  (场源电荷为点电荷),请你推导出试探电荷所在位置的电场强度为\_\_\_\_\_ ;若  $Q$  为正电荷,电场强度方向沿  $Q$  和该点的连线\_\_\_\_\_  $Q$ ;若  $Q$  为负电荷,电场强度方向沿  $Q$  和该点的连线\_\_\_\_\_.

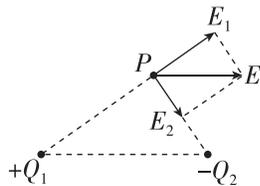


(2)如图所示,均匀带电球体(或球壳)外某点的电场强度:  $E = k \frac{Q}{r^2}$ , 式中  $r$  是球心到该点的距离 ( $r \gg R$ ),  $Q$  为整个球体所带的电荷量.



**[物理观念]** 电场中某点的电场强度为各个点电荷单独在该点产生的电场强度的矢量和,这种关系叫作电场强度的叠加. 电场强度是矢量,电场强度的叠加本质是矢量叠加,所以要用平行四边形定则.

例如,图中  $P$  点的电场强度,等于电荷  $+Q_1$  在该点产生的电场强度  $E_1$  与电荷  $-Q_2$  在该点产生的电场强度  $E_2$  的矢量和.

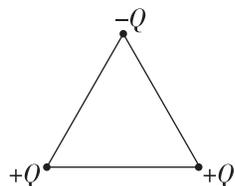


**例 2** [2024·河南新乡期末] 在  $A$ 、 $B$  两点分别固定一带电荷量为  $3q$  ( $q > 0$ ) 和  $-2q$  的点电荷,  $A$ 、 $B$  两点间的距离为  $r$ .  $D$  为  $AB$  延长线上的点,且  $D$  点到  $B$  点的距离为  $r$ ,静电力常量为  $k$ .

- (1)求  $D$  点的电场强度大小;
- (2)一不带电的与  $A$ 、 $B$  处点电荷完全相同的点电荷  $C$  先与  $B$  处的点电荷接触,再与  $A$  处的点电荷接触,之后把点电荷  $C$  移走,求  $A$ 、 $B$  两点连线的中点的电场强度大小.

**例 3** (多选)[2024·福建漳州期末] 如图所示,正三角形的三个顶点上固定有电荷量大小都为  $Q$  的点电荷,其中两个带正电、一个带负电,若  $-Q$  在正三角形中心处的电场强度大小为  $E$ ,则三个电荷在正三角形中心处产生的合场强 ( )

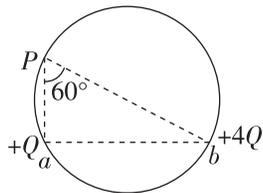
- 大小为零
- 大小为  $2E$
- 方向竖直向下
- 方向竖直向上



**[反思感悟]**

**变式 2** [2024·贵州六盘水期末] 如图所示,在半径为  $r$  的圆周上,  $a$ 、 $b$  两点分别固定有电荷量为  $+Q$  和  $+4Q$  的点电荷,  $Pa$  与直径  $Pb$  夹角为  $60^\circ$ ,则  $P$  点的电场强度大小为 ( )

- $k \frac{Q}{r^2}$
- $k \frac{4Q}{r^2}$
- $k \frac{\sqrt{3}Q}{r^2}$
- $k \frac{4\sqrt{3}Q}{r^2}$



**[反思感悟]**

### 【要点总结】

计算电场强度的几种方法

(1)利用定义式  $E = \frac{F}{q}$  和决定式  $E = k \frac{Q}{r^2}$  求解.

(2)利用场的叠加原理求解: 若在空中同时存在多个点电荷,则这时在空中某一点的电场强度等于各个点电荷单独存在时在该点产生的电场强度的矢量和,利用场的叠加法则——平行四边形定则求解. 在叠加时,还可以使用三角形定则、正交分解法等进行求解.

(3)巧妙而合适地假设放置额外电荷,或将电荷巧妙地分割,使问题简化而求得未知的电场强度.

## // 随堂巩固 //

1. (对电场的理解)(多选)关于电场,下列说法正确的是 ( )

- A. 只要有电荷存在,电荷周围就一定存在着电场
- B. 电场是一种物质,它与其他物质一样,不依赖我们的感觉而客观存在
- C. 电荷间的相互作用是通过电场产生的,电场最基本的性质是对放在其中的电荷有力的作用
- D. 电场只能存在于真空中和空气中,不可能存在于物体中

2. (对电场强度的理解)(多选)关于电场强度和静电力,以下说法正确的是 ( )

- A. 电荷所受的静电力越大,该点的电场强度一定越大
- B. 在点电荷的电场中,以该点电荷为圆心、 $r$  为半径的球面上各点的电场强度相同
- C. 若空间某点的电场强度为零,则试探电荷在该点受到的静电力也为零
- D. 在电场中某点放入试探电荷  $q$ ,该点的电场强度

为  $E = \frac{F}{q}$ ; 取走  $q$  后,该点的电场强度仍然为

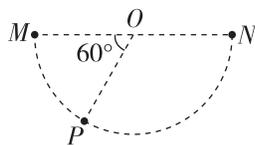
$$E = \frac{F}{q}$$

3. (点电荷的电场)[2024·湖南师大附中月考] 把一个试探电荷  $q$  放在某点电荷  $Q$  产生的电场中的  $a$  点,测得它所受的静电力为  $F$ ; 再把该试探电荷  $q$  放在电场中的  $b$  点,测得它所受的静电力为  $3F$ ; 在电场中另有一点  $c$ ,  $c$  点处于  $a$  点和点电荷  $Q$  的中点,则  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三点电场强度大小之比为 ( )

- A. 1 : 3 : 4
- B. 3 : 1 : 12
- C. 1 : 3 : 2
- D. 1 : 9 : 4

4. (电场强度的叠加) 如图所示,  $M$ 、 $N$  和  $P$  是以  $MN$  为直径的半圆弧上的三点,  $O$  点为半圆弧的圆心,  $\angle MOP = 60^\circ$ . 电荷量相等、电性相反的两个点电荷分别置于  $M$ 、 $N$  两点, 这时  $O$  点电场强度的大小为  $E_1$ ; 若将  $N$  点处的点电荷移至  $P$  点, 此时  $O$  点的场强大小为  $E_2$ , 则  $E_1$  与  $E_2$  之比为 ( )

- A. 1 : 2
- B. 2 : 1
- C.  $2 : \sqrt{3}$
- D.  $4 : \sqrt{3}$

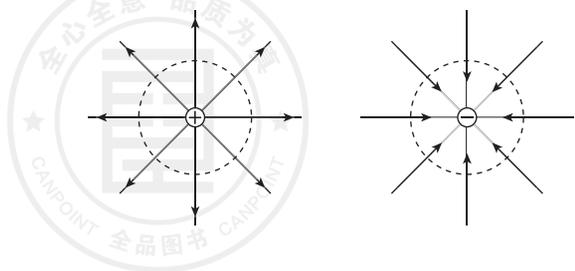


## 第 2 课时 电场线、匀强电场

### 学习任务一 电场线的理解

[物理观念] 1. \_\_\_\_\_ 最早用电场(力)线来描述电场,从而给出一幅清晰的场的图像,但他当年确信空间中处处存在着真实有形的“力”线,如今人们已不再认同这一看法. 现在观点认为电场线以其 \_\_\_\_\_ 描述了电场的强弱(电场强度的大小),以其上某点的 \_\_\_\_\_ 方向描述了电场的方向(电场强度的方向). 静电场的电场线具有以下四大特点: (1)不存在; (2)不相交也不相切; (3)不闭合; (4)不是轨迹.

2. 观察下面点电荷的电场线分布图,请总结出它们的特点.



(1)点电荷的电场线呈 \_\_\_\_\_, 正点电荷的电场线向外至 \_\_\_\_\_, 负点电荷则相反, 如图所示.

(2)以点电荷为球心的球面上, 电场线 \_\_\_\_\_, 但方向不同, 说明 \_\_\_\_\_ 大小相等, 但方向不同.

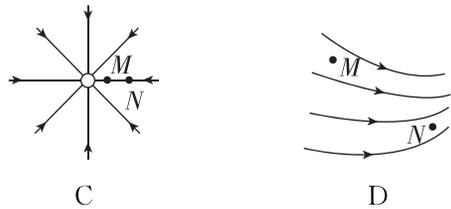
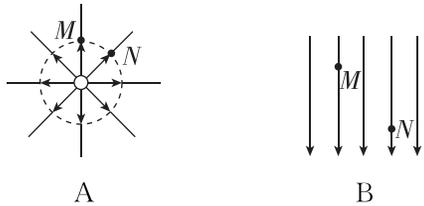
(3)同一条电场线上, \_\_\_\_\_ 方向相同, 但大小不等.

**例 1** [2024·湖北武汉二中月考] 蓖麻油和头发碎屑置于器皿内, 用起电机使电极带电, 头发碎屑会呈现如图所示的图样. 则下列说法正确的是 ( )

- A. 电场线是真实存在的
- B. 图中黑线就是电场线
- C. 电极周围存在着电场
- D. 只在图中黑线处存在电场



**变式 1** 如图中画了四个电场的电场线,其中图 A 和图 C 中小圆圈表示一个点电荷,图 A 中虚线是以小圆圈为圆心的圆,图 B 中几条直线间距相等且互相平行,则在选项图 A、B、C、D 中 M、N 两处电场强度相同的是 ( )

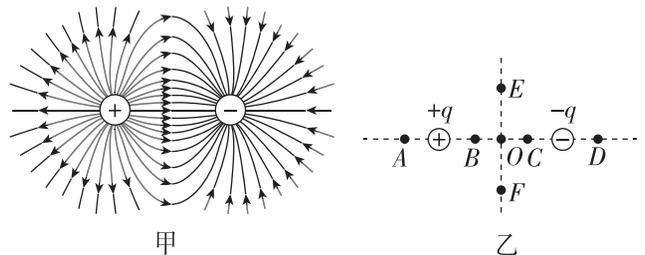


[反思感悟] \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## 学习任务二 等量异种点电荷与等量同种点电荷的电场线比较

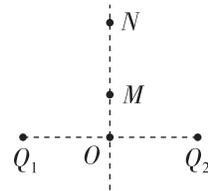
[物理观念]

	等量异种点电荷	等量同种(正)点电荷
电场线分布图		
连线上的场强大小	O 点最小,从 O 点沿连线向两边逐渐变大	O 点为零,从 O 点沿连线向两边逐渐变大
中垂线上的场强大小	O 点最大,从 O 点沿中垂线向两边逐渐变小	O 点为零,从 O 点沿中垂线向两边先变大后变小
关于 O 点对称的点 A 与 A'、B 与 B' 的场强	等大同向	等大反向



[反思感悟] \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**变式 2** [2024·福建福州一中期末] 如图所示, $Q_1$ 、 $Q_2$  是两个电荷量相等的点电荷,O 点为它们连线的中点,M、N 为连线中垂线上的两点.下列说法正确的是 ( )



- 若  $Q_1, Q_2$  均带正电,则在中垂线上,O 点的电场强度为零
- 若  $Q_1, Q_2$  均带正电,则 M 点的电场强度一定大于 N 点的电场强度
- 若  $Q_1$  带正电、 $Q_2$  带负电,则 M 点的电场强度一定比 N 点电场强度小
- 若  $Q_1$  带正电、 $Q_2$  带负电,则在中垂线上,O 点的电场强度最小

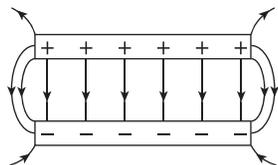
[反思感悟] \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**例 2** (多选)用电场线能很直观、很方便地比较电场中各点的电场强弱.如图甲所示是等量异种点电荷形成的电场的电场线,图乙中给出了场中的一些点,O 是电荷连线的中点,E、F 是连线中垂线上关于 O 对称的两点,B、C 和 A、D 是连线上关于 O 对称的两组点,则 ( )

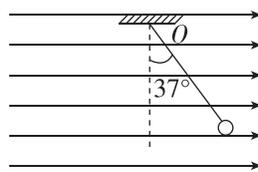
- B、C 两点的电场强度大小相等,方向相同
- A、D 两点的电场强度大小相等,方向相反
- E、O、F 三点比较,O 点的电场强度最大
- B、O、C 三点比较,O 点的电场强度最大

## 学习任务三 匀强电场的理解和计算

**[物理观念]** 如果电场中各点的电场强度的\_\_\_\_\_相等、\_\_\_\_\_相同,这个电场就叫作匀强电场. 电场线是间隔\_\_\_\_\_的平行线. 相距很近的一对带等量异种电荷的平行金属板,它们之间的电场除边缘外,可以看作匀强电场.



**例 3** [2024·广西贺州期中] 用轻质柔软绝缘细线拴一质量为  $1.0 \times 10^{-2}$  kg、电荷量为  $2.0 \times 10^{-8}$  C 的小球,细线的上端固定于  $O$  点. 现加一水平向右的匀强电场,如图平衡时细线与竖直方向成  $37^\circ$  角 ( $g$  取  $10 \text{ m/s}^2$ ,  $\sin 37^\circ = 0.6$ ,  $\cos 37^\circ = 0.8$ ), 则 ( )



- A. 小球带负电
- B. 匀强电场的场强为  $1.5 \times 10^8 \text{ N/C}$
- C. 平衡时细线的拉力为  $0.125 \text{ N}$
- D. 平衡时细线的拉力为  $0.175 \text{ N}$

**[反思感悟]** \_\_\_\_\_

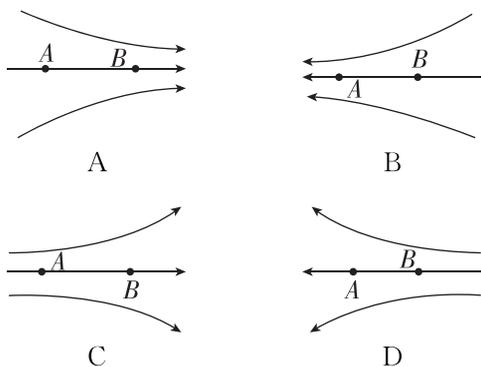
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

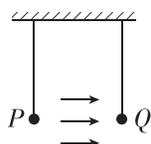
\_\_\_\_\_

### // 随堂巩固 //

**1.** (电场线的理解) [2024·甘肃白银期末]  $A$ 、 $B$  是一条电场线上的两个点,一带正电的粒子仅在电场力的作用下以一定的初速度从  $A$  点沿电场线运动到  $B$  点,已知粒子做加速度越来越大的减速运动,则电场的电场线分布可能是 ( )

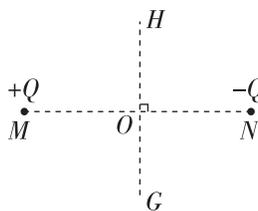


**2.** (匀强电场中受力分析) 如图所示,空间存在一方向水平向右的匀强电场,两个带电小球  $P$  和  $Q$  用相同的绝缘细绳悬挂在水平天花板下,两细绳都恰好与天花板垂直,则 ( )



- A.  $P$  和  $Q$  都带正电荷
- B.  $P$  和  $Q$  都带负电荷
- C.  $P$  带正电荷,  $Q$  带负电荷
- D.  $P$  带负电荷,  $Q$  带正电荷

**3.** (等量异种点电荷形成的电场) 在  $M$ 、 $N$  两点放置等量的异种点电荷如图所示,  $MN$  是两电荷的连线,  $HG$  是两电荷连线的中垂线,  $O$  是垂足. 下列说法正确的是 ( )



- A.  $OM$  中点的电场强度大于  $ON$  中点的电场强度
- B.  $O$  点的电场强度大小与  $MN$  上各点相比是最小的
- C.  $O$  点的电场强度大小与  $HG$  上各点相比是最小的
- D. 将试探电荷沿  $HG$  由  $H$  移动到  $G$ , 试探电荷所受静电力先减小后增大

# 习题课：电场的力的性质

## 学习任务一 电场线与轨迹结合问题

[科学思维] 仅受静电力的带电粒子运动问题的解题技巧

1. 带电粒子仅受静电力作用做曲线运动时,静电力指向轨迹曲线的内侧.静电力沿电场线方向或电场线的切线方向,粒子速度方向沿轨迹的切线方向.

### 2. 分析方法

(1)由轨迹的弯曲情况,结合电场线确定静电力的方向;

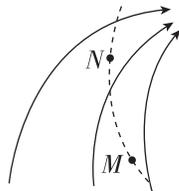
(2)由静电力和电场线的方向可判断电荷的正负;

(3)由电场线的疏密程度可确定静电力的大小,再根据牛顿第二定律,可判断带电粒子加速度的大小;

(4)根据力和速度的夹角,由静电力做功的正负,动能的增大还是减小,可以判断速度变大还是变小,从而确定不同位置的速度大小关系.

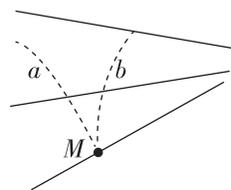
**例 1** [2024·湖南雅礼中学月考] 某电场线分布如图所示,一带电粒子沿图中虚线所示途径运动,先后通过  $M$  点和  $N$  点,以下说法正确的是 ( )

- A.  $M$ 、 $N$  点的场强  $E_M > E_N$
- B. 粒子在  $M$ 、 $N$  点的加速度  $a_M > a_N$
- C. 粒子在  $M$ 、 $N$  点的速度  $v_M > v_N$
- D. 粒子带正电



**变式** 如图所示,实线为不知方向的三条电场线,从电场中  $M$  点以相同速度垂直于电场线方向飞出  $a$ 、 $b$  两个带电粒子,仅在静电力作用下的运动轨迹如图中虚线所示,则 ( )

- A.  $a$  一定带正电,  $b$  一定带负电
- B.  $a$  的速度将减小,  $b$  的速度将增大
- C.  $a$  的加速度将减小,  $b$  的加速度将增大
- D. 两个粒子的动能,一个增大一个减小



## 学习任务二 带电体在静电场中的受力和运动分析

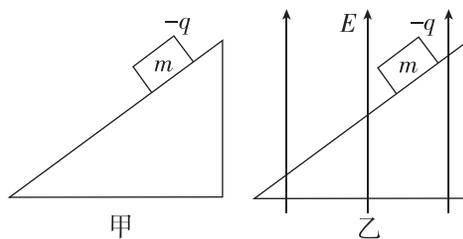
[科学思维] 1. 带电体在静电力作用下的受力分析与必修第一册所学的力学受力分析思路相同,只是受力分析中多了静电力.

2. 根据受力情况确定带电体是处于平衡状态还是处于加速状态,分别用共点力平衡条件或者牛顿第二定律进行运动分析.

**例 2** [2024·山西太原一中月考] 未加外电场时,电荷量为  $-q$ 、质量为  $m$  的滑块能静止在绝缘斜面上,如图甲所示.现加一竖直向上的匀强电场,如图乙所示,下列说法正确的是 ( )

A. 加电场后,滑块受到的重力变大

- B. 加电场后,滑块将沿斜面加速下滑
- C. 加电场后,滑块将沿斜面匀速下滑
- D. 加电场后,滑块仍然静止



[反思感悟] .....

## ※学习任务三 求解电场强度的特殊方法

[科学思维] (1)等效法:在保证效果相同的前提下,将复杂的电场情景变换为简单的或熟悉的电场情景.

(2)对称法:利用空间上对称分布的电荷形成的电场具有对称性的特点,可使复杂电场的叠加计算大大简化.

(3)补偿法:将有缺口的带电圆环或圆板补全为圆环或圆板,或将半球面补全为球面,从而化难为易、事

半功倍.

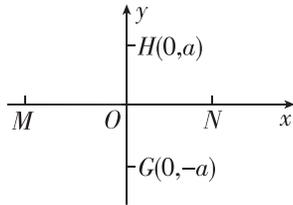
(4)微元法:将带电体分成许多微元电荷,每个微元电荷看成点电荷,先根据库仑定律求出每个微元电荷产生的电场强度,再结合对称性和电场强度叠加原理求出合电场强度.

(5)极限法:对于从给出的较为复杂的电场强度表达式中选出合理的表达式这一类题目,当采用其他方法不能计算出时,一般采用极限法,将表达式中的距

离推向极端值(一般是推向零,或者无穷大,或者题中的其他长度值),从而定性判断出结果正误,用极限法进行某些物理过程分析时,具有化难为易、化繁为简的效果.

**例 3** (对称法) 直角坐标系  $xOy$  中,  $M$ 、 $N$  两点位于  $x$  轴上,  $G$ 、 $H$  两点的坐标如图所示.  $M$ 、 $N$  两点各固定一负点电荷, 一电荷量为  $Q$  的正点电荷置于  $O$  点时,  $G$  点处的电场强度恰好为零. 静电力常量用  $k$  表示. 若将该正点电荷移到  $G$  点, 则  $H$  点处的电场强度大小和方向分别为 ( )

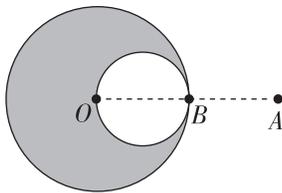
- A.  $\frac{3kQ}{4a^2}$ , 沿  $y$  轴正方向  
 B.  $\frac{3kQ}{4a^2}$ , 沿  $y$  轴负方向  
 C.  $\frac{5kQ}{4a^2}$ , 沿  $y$  轴正方向  
 D.  $\frac{5kQ}{4a^2}$ , 沿  $y$  轴负方向



[反思感悟]

**例 4** (补偿法) 已知均匀带电球体在球的外部产生的电场与一个位于球心的、电荷量相等的点电荷产生的电场相同. 如图所示, 半径为  $R$  的球体上均匀分布着电荷量为  $Q$  的电荷, 在过球心  $O$  的直线上有  $A$ 、 $B$  两个点,  $O$  和  $B$ 、 $B$  和  $A$  间的距离均为  $R$ . 现以  $OB$  为直径在球内挖一球形空腔, 若静电力常量为  $k$ , 球的体积公式为  $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ , 则  $A$  点处的电场强度大小为 ( )

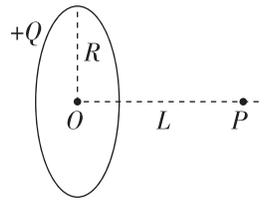
- A.  $\frac{5kQ}{36R^2}$   
 B.  $\frac{7kQ}{36R^2}$   
 C.  $\frac{7kQ}{32R^2}$   
 D.  $\frac{3kQ}{16R^2}$



[反思感悟]

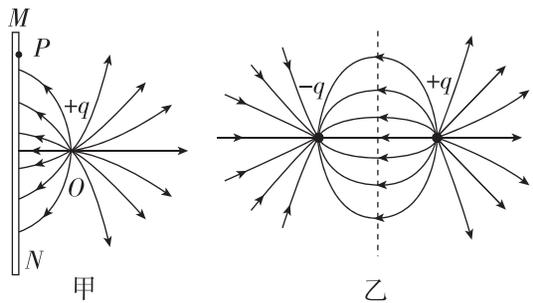
**例 5** (微元法) 一半径为  $R$  的圆环上均匀地带有电荷量为  $Q$  的电荷, 在垂直于圆环平面过圆环圆心的轴上有一点  $P$ , 它与环心  $O$  的距离为  $OP = L$ . 设静电力常量为  $k$ , 关于  $P$  点的电场强度  $E$ , 下列四个表达式中只有一个是正确的, 请你根据所学的物理知识, 通过一定的分析, 判断正确的表达式是 ( )

- A.  $\frac{kQ}{R^2 + L^2}$   
 B.  $\frac{kQL}{R^2 + L^2}$   
 C.  $\frac{kQR}{\sqrt{(R^2 + L^2)^3}}$   
 D.  $\frac{kQL}{\sqrt{(R^2 + L^2)^3}}$



[反思感悟]

**例 6** (等效法)  $MN$  为足够大的不带电的金属板, 在其右侧距离为  $d$  的位置放一个电荷量为  $+q$  的点电荷  $O$ , 金属板右侧空间的电场分布如图甲所示,  $P$  是金属板表面上与点电荷  $O$  距离为  $r$  的一点. 几位同学想求出  $P$  点的电场强度大小, 但发现很难, 经过研究, 他们发现图甲的电场分布与图乙中虚线右侧的电场分布是一样的. 图乙是两等量异种点电荷周围的电场线分布图, 两点电荷的电荷量的大小均为  $q$ , 它们之间的距离为  $2d$ , 虚线是两点电荷连线的中垂线, 静电力常量为  $k$ . 由此他们分别对甲图中  $P$  点的电场强度方向和大小作出以下判断, 其中正确的是 ( )

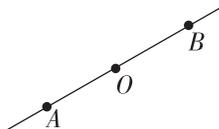


- A. 方向沿  $P$  点和点电荷的连线向左, 大小为  $\frac{2kqd}{r^3}$   
 B. 方向沿  $P$  点和点电荷的连线向左, 大小为  $\frac{2kq\sqrt{r^2 - d^2}}{r^3}$   
 C. 方向垂直于金属板向左, 大小为  $\frac{2kqd}{r^3}$   
 D. 方向垂直于金属板向左, 大小为  $\frac{2kq\sqrt{r^2 - d^2}}{r^3}$

[反思感悟]

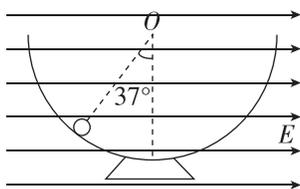
## // 随堂巩固 //

1. (电场线与轨迹结合问题)如图所示,  $AB$  是某个点电荷的一根电场线, 在电场线上  $O$  点由静止释放一个负电荷, 它仅在静电力作用下沿电场线向  $B$  运动, 下列判断一定正确的是 ( )



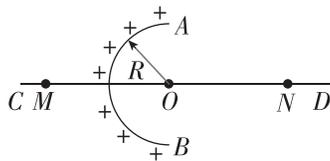
- A. 电场线由  $B$  点指向  $A$  点, 该电荷做加速运动, 加速度越来越小
- B. 电场线由  $B$  点指向  $A$  点, 该电荷做加速运动, 其加速度大小变化情况由题设条件不能确定
- C. 电场线由  $A$  点指向  $B$  点, 该电荷做匀加速运动
- D. 电场线由  $B$  点指向  $A$  点, 该电荷做加速运动, 加速度越来越大

2. (带电体在静电场中的受力分析)[2024·海南海口期末] 由绝缘材料做成的内壁光滑的半球形碗固定在水平面上, 处于方向水平向右、电场强度为  $E$  的匀强电场中. 质量为  $m$  的带电小球(视为质点)恰能静止的位置与球心  $O$  的连线与竖直方向的夹角为  $37^\circ$ , 如图所示. 已知  $\sin 37^\circ = 0.6$ ,  $\cos 37^\circ = 0.8$ , 重力加速度为  $g$ , 下列说法正确的是 ( )



- A. 小球带正电
- B. 小球所受电场力与重力大小之比为  $4:3$
- C. 小球带负电且电荷量为  $q = \frac{3mg}{4E}$
- D. 碗内壁对小球的弹力大小为  $F_N = \frac{4}{5}mg$

3. (等效法求电场强度)[2024·河北保定一中月考] 均匀带电的球壳在球外空间产生的电场等效于电荷集中于球心处产生的电场. 如图所示, 在半球面  $AB$  上均匀分布正电荷, 总电荷量为  $q$ , 球面半径为  $R$ ,  $CD$  为通过半球面顶点与球心  $O$  的轴线, 在轴线上有  $M$ 、 $N$  两点,  $OM = ON = 2R$ . 已知  $M$  点的电场强度大小为  $E$ , 则  $N$  点的电场强度大小为 ( )



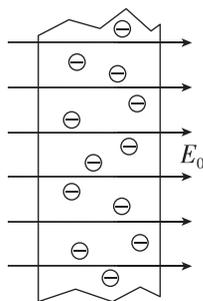
- A.  $\frac{kq}{2R^2} - E$
- B.  $\frac{kq}{4R^2}$
- C.  $\frac{kq}{4R^2} - E$
- D.  $\frac{kq}{4R^2} + E$

## 4 静电的防止与利用

### 学习任务一 静电平衡

[科学推理] 如图所示, 不带电的金属导体放到电场中, 导体内的自由电子将发生定向移动, 使导体两端出现等量异号电荷. 请思考下列问题:

- (1) 自由电子定向移动的原因: 自由电子受到 \_\_\_\_\_ 的静电力作用而定向移动, 运动方向与电场的方向 \_\_\_\_\_.
- (2) 自由电子不能一直定向移动的原因: 感应电荷产生的 \_\_\_\_\_ 与外加电场方向 \_\_\_\_\_, 阻碍电子的定向移动, 当这两个电场的电场强度大小 \_\_\_\_\_ 时, 电子的定向移动终止.

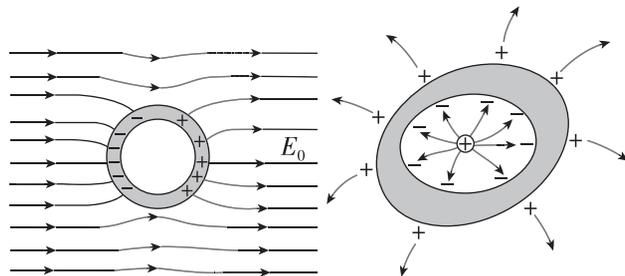
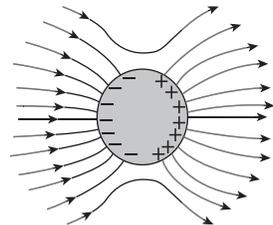


[物理观念] 将导体放置于电场中会发生 \_\_\_\_\_ 现象, 感应电荷在导体内部产生的感应电场与原电场发生 \_\_\_\_\_, 当导体内部的电场强度  $E=0$  时, 导体内自由电子不再发生定向移动, 此时导体达到 \_\_\_\_\_ 状态. 其本质是分布在导体外表

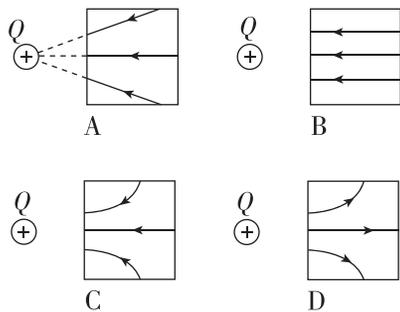
面的电荷在导体内部产生的电场与外加电场的合电场强度为  $0$ , 即  $E_0 = -E'$ .

(1) 实心导体: 导体内部无电荷, 电荷只分布在导体外表面上.

(2) 空腔导体: 空腔内无电荷时, 电荷分布在外表面上(内表面无电荷); 空腔内有电荷时, 内表面因静电感应出现等量的异号电荷, 外表面有感应电荷.



**例 1** [2024·福建泉州五中月考] 矩形金属导体处于正点电荷  $Q$  产生的电场中, 静电平衡时感应电荷产生的电场在导体内的电场线分布情况正确的是 ( )



[反思感悟] .....

.....  
 .....  
 .....

## 学习任务二 尖端放电

[教材链接] 阅读教材, 完成下列填空:

- (1) 在导体的外表面, 越尖锐的位置, 电荷的 \_\_\_\_\_ 越大, 周围的电场强度越大.
- (2) 电离: 导体尖端周围的强电场使空气中残留的带电粒子发生剧烈运动, 并与空气分子碰撞, 从而使空气分子中的正、负电荷 \_\_\_\_\_ 的现象.
- (3) 尖端放电: 导体尖端周围被强电场电离的粒子中, 所带电荷与导体尖端的电荷符号相反的粒子由于被吸引而奔向尖端, 与尖端上的电荷 \_\_\_\_\_, 相当于导体从尖端 \_\_\_\_\_ 电荷的现象.
- (4) 应用: 建筑物的顶端安装上避雷针以达到避免雷击的目的; 高压设备中导体的表面尽量 \_\_\_\_\_, 以减少电能损失.

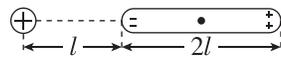
**例 2** (多选) [2024·天津一中月考] 关于避雷针, 以下说法正确的是 ( )

- 避雷针避雷是中和云层中的异种电荷
- 避雷针避雷利用了尖端放电现象
- 为了美观, 通常把避雷针顶端设计成球形
- 避雷针安装在高大建筑物顶部, 且必须接地

[反思感悟] .....

**变式 2** [2024·浙江杭州期中] 当带电云层接近地面时, 地面上的物体受其影响会感应出异种电荷, 为

**变式 1** [2024·湖南长沙期末] 如图所示, 一长为  $2l$  且粗细均匀的导体棒原来不带电, 现将一电荷量为  $+q$  的点电荷放在其中轴线上距其左端  $l$  处, 静电力常量为  $k$ , 当该导体棒达到静电平衡后, 棒上感应电荷在棒内中心处产生的场强大小为 ( )



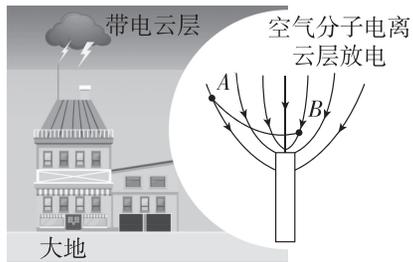
- 0
- $\frac{kq}{4l^2}$
- $\frac{kq}{l^2}$
- $\frac{4kq}{l^2}$

[要点总结]

求处于静电平衡状态的导体的感应电荷产生的电场强度的方法

- (1) 先求出外电场产生的电场强度  $E_{外}$  的大小和方向.
- (2) 由于导体处于静电平衡状态, 则满足静电平衡条件  $E_{合} = 0$ .
- (3) 由  $E_{外} + E_{感} = 0$ , 求出感应电场产生的电场强度  $E_{感}$  的大小和方向.

为了避免遭受雷击, 在高大的建筑物上安装尖端导体——避雷针. 如图为带电云层和避雷针之间电场线的分布示意图, 有一个带电粒子(不计重力)从  $A$  点运动到  $B$  点, 则以下说法正确的是 ( )



- 粒子带正电
- 电场强度  $E_A > E_B$
- 粒子的动能  $E_{kA} > E_{kB}$
- 当带电云层靠近地面的过程中, 避雷针会有自下而上的电流

[反思感悟] .....

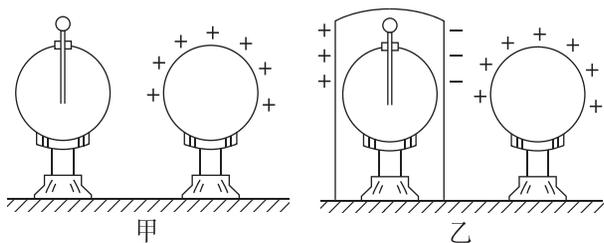
[要点总结]

尖端放电的原因: 导体尖端电荷密度大, 周围的电场强度大, 把周围的空气电离, 带电粒子在强电场的作用下加速撞击空气中的分子, 使它们进一步电离, 所带电荷与导体尖端的电荷符号相反的粒子被吸引而奔向尖端, 与尖端上的电荷中和.

### 学习任务三 静电屏蔽

**[科学探究]** 探究处于静电平衡状态下的空腔导体上电荷分布的特点

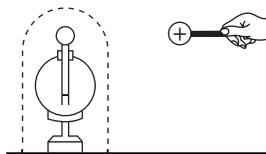
- (1) 将验电器放在带正电的金属球的附近(如图甲所示), 验电器上的箔片\_\_\_\_\_ (选填“会”或“不会”) 张开.
- (2) 若用金属网罩将验电器罩住, 使带电的金属球靠近验电器(如图乙所示), 则验电器的箔片\_\_\_\_\_ (选填“会”或“不会”) 张开.



(3) 像这样放入电场中的导体壳, 由于\_\_\_\_\_, 壳内电场强度为\_\_\_\_\_, 外电场对壳内的仪器不会产生

影响, 金属壳的这种作用叫作静电屏蔽.

**例 3** 如图所示, 带电金属球靠近验电器. 下列关于验电器的箔片的说法正确的是 ( )



- 若不放金属网罩, 则箔片张开
- 若放金属网罩, 则箔片张开
- 无论放不放金属网罩, 箔片都不张开
- 只要带电金属球所带电荷量足够大, 无论放不放金属网罩, 箔片都会张开

**[反思感悟]**

### 学习任务四 静电吸附

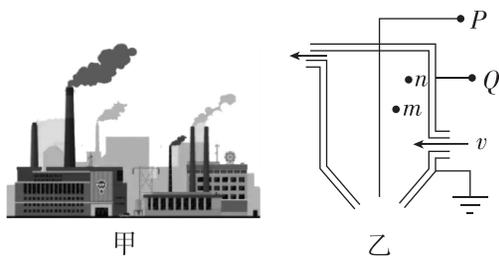
**[教材链接]** 阅读教材, 完成下列填空:

- (1) 静电除尘: 设法使空气中的尘埃带电, 在\_\_\_\_\_作用下, 尘埃到达电极而被收集起来.
- (2) 静电喷漆: 接负高压的涂料雾化器喷出的油漆微粒\_\_\_\_\_, 在静电力作用下, 这些微粒向着作为\_\_\_\_\_的工件运动, 并沉积在工件的表面, 完成喷漆工作.
- (3) 静电复印: 复印机的核心部件是有机光导体鼓, 在没有光照时是\_\_\_\_\_, 有光照时是导体. 复印机复印的工作流程: 充电、曝光、显影、转印、放电.

**例 4** 很多以煤为燃料的工厂, 每天排出的烟气带走大量的煤粉, 如图甲所示, 这不仅浪费燃料, 而且严重污染环境, 为了消除烟气中的煤粉, 如图乙所示为静电除尘示意图,  $m$ 、 $n$  为金属管内两点. 在  $P$ 、 $Q$  两点加高压电, 金属管内空气被电离. 电离出来的电子在电场力的作用下, 遇到烟气中的煤粉, 使煤粉带负电, 导致煤粉被吸附到管壁上, 排出的烟就清洁了. 就此示意图, 下列说法正确的是 ( )

- $Q$  接电源的正极, 且电场强度  $E_m = E_n$
- $Q$  接电源的正极, 且电场强度  $E_m > E_n$

- $P$  接电源的正极, 且电场强度  $E_m = E_n$
- $P$  接电源的正极, 且电场强度  $E_m > E_n$



**[反思感悟]**

**[要点总结]**

(1) 静电屏蔽的两种情况

	屏蔽外电场外屏蔽	屏蔽内电场全屏蔽或内屏蔽
图示		

(续表)

	屏蔽外电场外屏蔽	屏蔽内电场全屏蔽或内屏蔽
实现过程	因场源电荷产生的电场与导体球壳表面上感应电荷产生的电场在空腔内的合电场强度为零,达到静电平衡状态,起到屏蔽外电场的作用	当空腔外部接地时,外表面的感应电荷因接地将传给地球,外部电场消失,起到屏蔽内电场的作用

(续表)

	屏蔽外电场外屏蔽	屏蔽内电场全屏蔽或内屏蔽
最终结论	导体内空腔不受外界电荷影响	接地导体空腔外部不受内部电荷影响
本质	静电感应与静电平衡,所以做静电屏蔽的材料只能是导体,不能是绝缘体	

(2) 实现静电屏蔽不一定要用密封的金属容器,金属网也能起到屏蔽作用.例如,野外三条高压输电线上方还有两条导线,它们与大地相连,形成一个稀疏的金属“网”,把高压线屏蔽起来,使其免遭雷击.

## // 随堂巩固 //

1. (静电的利用与防止)[2024·江苏苏州中学期末] 从生活走向物理,从物理走向社会,物理和生活息息相关,联系生活实际对物理基本概念的认识和理解,是学好物理的基础.下列有关电磁学知识的相关说法,正确的是 ( )



甲



乙



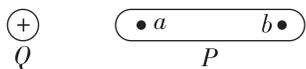
丙



丁

- A. 图甲中家用煤气灶点火装置的针形放电电极,利用了尖端放电的工作原理  
 B. 图乙中是避雷针的示意图,避雷针防止建筑物被雷击的原理是静电吸附  
 C. 图丙中超高压带电作业的工作人员,为了保证他们的安全,他们必须穿上橡胶制成的绝缘衣服  
 D. 图丁为静电喷漆的示意图,静电喷漆时使被喷的金属件与油漆雾滴带相同的电荷,这样使油漆在静电斥力作用下喷涂更均匀

2. (静电平衡) 如图所示,  $Q$  为一带正电的点电荷,  $P$  为原来不带电的枕形金属导体,  $a$ 、 $b$  为导体内的两点. 当导体  $P$  处于静电平衡状态时 ( )

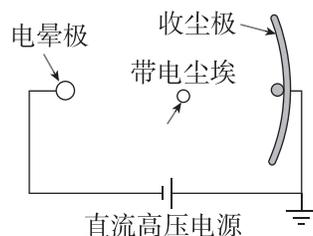


- A.  $a$ 、 $b$  两点的电场强度大小  $E_a$ 、 $E_b$  的关系为  $E_a > E_b$   
 B.  $a$ 、 $b$  两点的电场强度大小  $E_a$ 、 $E_b$  的关系为

$$E_a < E_b$$

- C. 感应电荷在  $a$ 、 $b$  两点产生的电场强度大小  $E_a'$  和  $E_b'$  的关系是  $E_a' > E_b'$   
 D. 感应电荷在  $a$ 、 $b$  两点产生的电场强度大小  $E_a'$  和  $E_b'$  的关系是  $E_a' = E_b'$

3. (静电吸附)(多选) 静电除尘器除尘原理如图所示. 尘埃在电场中通过某种机制带电,在静电力的作用下向收尘极迁移并沉积,以达到除尘目的. 下列表述正确的是 ( )



- A. 带电尘埃带正电  
 B. 电场方向由收尘极指向电晕极  
 C. 带电尘埃所受的静电力方向与电场方向相同  
 D. 在同一位置,带电荷量越多的尘埃所受的静电力越大

4. (静电屏蔽)(多选) 如图所示,金属壳放在绝缘垫上,能起到屏蔽点电荷电场作用的是 ( )

