

全品
—SINCE 1992—



教育图书



功能学具



学生之家

基础教育行业专研品牌

30⁺年专注教育行业

全品学练考

主编 肖德好

导学案

高中物理

必修第三册 RJ

基础版

数智教辅



—全品AI学伴—
7×24小时有问必答
高效预复习，吃透每一课

天津出版传媒集团

天津人民出版社

CONTENTS

目录

导学案

09

第九章 静电场及其应用

PART NINE

1 电荷	109
2 库仑定律	111
专题课:静电力作用下的平衡	114
3 电场 电场强度	116
第 1 课时 电场强度、电场强度的叠加	116
第 2 课时 电场线、匀强电场	118
专题课:电场的力的性质	120
4 静电的防止与利用	122
◆ 知识整合与通关(九)	125

10

第十章 静电场中的能量

PART TEN

1 电势能和电势	127
2 电势差	129
3 电势差与电场强度的关系	131
专题课:电场的能的性质	133
4 电容器的电容	136
第 1 课时 电容器的电容 实验:观察电容器的充、放电现象	136
第 2 课时 平行板电容器的电容	139
5 带电粒子在电场中的运动	141
※专题课:带电粒子在电场中运动的综合问题	144
◆ 知识整合与通关(十)	147

11 第十一章 电路及其应用

PART ELEVEN

1 电源和电流	149
2 导体的电阻	151
3 实验:导体电阻率的测量	154
第 1 课时 测量工具的使用及实验电路的基础设计	154
第 2 课时 实验:导体电阻率的测量	158
4 串联电路和并联电路	160
5 实验:练习使用多用电表	162
※专题课:测量电阻的其他方法	166
◆ 知识整合与通关(十一)	169

12 第十二章 电能 能量守恒定律

PART TWELVE

1 电路中的能量转化	171
2 闭合电路的欧姆定律	173
※专题课:闭合电路的功率及电源效率问题	176
※专题课:闭合电路的动态分析、含有电容器的电路	178
3 实验:电池电动势和内阻的测量	180
※专题课:安阻法和伏阻法测电池的电动势和内阻	183
4 能源与可持续发展	186
◆ 知识整合与通关(十二)	188

13 第十三章 电磁感应与电磁波初步

PART THIRTEEN

1 磁场 磁感线	190
2 磁感应强度 磁通量	193
3 电磁感应现象及应用	196
4 电磁波的发现及应用	197
5 能量量子化	199
◆ 知识整合与通关(十三)	201

◆ 参考答案	203
--------	-----

第九章 静电场及其应用

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. 自然界的电荷只有两种:_____电荷和_____电荷.

2. 电荷量

电荷的_____叫作电荷量,用 Q 表示,有时也可以用 q 来表示. 在国际单位制中,它的单位是_____,简称库,符号是 C. _____电荷的电荷量为正值,_____电荷的电荷量为负值.

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. 摩擦起电及其原因

(1)摩擦起电:由于_____而使物体带电的方式.

(2)原因:当两种物质组成的物体互相摩擦时,一些受束缚较弱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.

6. 金属导电及绝缘体不导电的原因

(1)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,这种电子叫作_____.

失去自由电子的原子便成为带正电的_____,它们在金属内部排列起来,每个正离子都在自己的平衡位置附近振动而不动,只有_____穿梭其中,这就使金属成为导体.

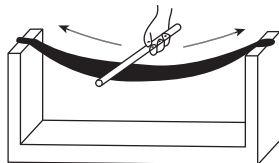
(2)绝缘体中几乎不存在能_____的电荷.

【辨别明理】

1. 电荷的正负是人为规定的. ()

2. 摩擦过的琥珀能够吸引羽毛,说明羽毛带了电. ()

例 1 [2025·福建三明北附高级中学高二月考] 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]

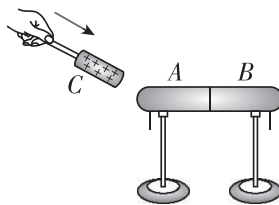
学习任务二 静电感应

[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.

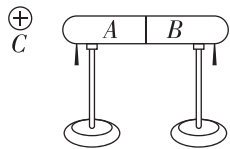


(1)把带正电荷的物体 C 移近导体 A,金属箔片_____ (选填“张开”或“不变”).

(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”).

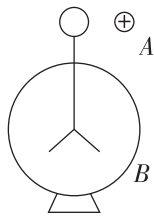
(3)再让 A 和 B 接触,金属箔片_____ (选填“闭合”或“张角变小”).

例 2 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

例 3 [2025·湖南岳阳云溪区高二期中] 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正(负)电物体吸引(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 4 [2024·山西省实验中学高二期中] 已知电子的电荷量为 $e = -1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$, A、B 两个完全相同的金属小球分别带有电荷量为 $Q_A = +3.2 \times 10^{-9} \text{ C}$ 、 $Q_B = +1.6 \times 10^{-9} \text{ C}$, 让两个小球接触, 在接触过程中 ()

- A. 球 B 向球 A 转移了 2.5×10^9 个电子
- B. 球 B 向球 A 转移了 5×10^9 个电子
- C. 球 A 向球 B 转移了 2.5×10^9 个电子
- D. 球 A 向球 B 转移了 5×10^9 个电子

例 5 有 A、B、C 三个完全相同的金属球, A 带 $1.2 \times 10^{-4} \text{ C}$ 的正电荷, B、C 不带电, 现用相互接触的方法使它们都带电, 则 A、B、C 所带的电荷量可能是下面哪组数据 ()

- A. $6.0 \times 10^{-5} \text{ C}$, $4.0 \times 10^{-5} \text{ C}$, $4.0 \times 10^{-5} \text{ C}$
- B. $6.0 \times 10^{-5} \text{ C}$, $4.0 \times 10^{-5} \text{ C}$, $2.0 \times 10^{-5} \text{ C}$
- C. $4.5 \times 10^{-5} \text{ C}$, $4.5 \times 10^{-5} \text{ C}$, $3.0 \times 10^{-5} \text{ C}$
- D. $5.0 \times 10^{-5} \text{ C}$, $5.0 \times 10^{-5} \text{ C}$, $2.0 \times 10^{-5} \text{ C}$

【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.

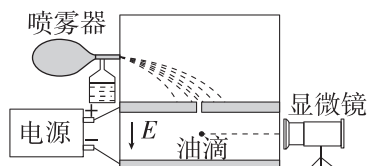
2. 比荷:带电粒子的电荷量与 _____ 之比叫作比荷.

[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 6 美国物理学家密立根通过如图所示的装置做实验,最先测出了电子的电荷量,该实验被称为密立

根油滴实验.实验时两块水平放置的金属板 A 、 B 分别与电源的正、负极相连接,图中油滴由于带负电悬浮在两板间保持静止.在进行了几百次的测量以后,密立根发现油滴所带的电荷量虽不同,但都是某个最小电荷量的整数倍,这个最小电荷量被称为元电荷.下列关于元电荷说法正确的是 ()



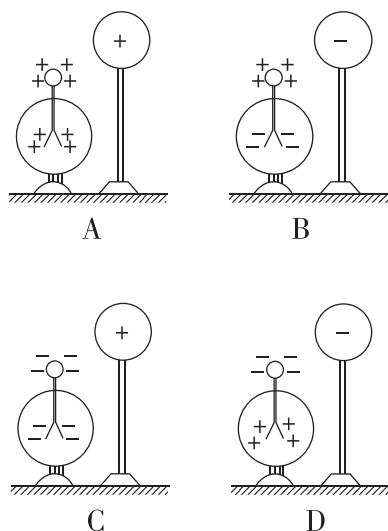
- A. 油滴的电荷量可能是 $1.6 \times 10^{-20} \text{ C}$
B. 油滴的电荷量可能是 $3.2 \times 10^{-19} \text{ C}$
C. 电荷量为 $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 的质子就是元电荷
D. 带电体所带电荷量可取任意值

// 随堂巩固 //

1. (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

2. (静电感应)[2025·北京十一学校高二月考]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 ()



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.

[辨别明理]

1. 很小的带电体就是点电荷. ()
2. 点电荷就是元电荷. ()

例 1 [2024·河南南阳鸿唐高级中学高二月考]

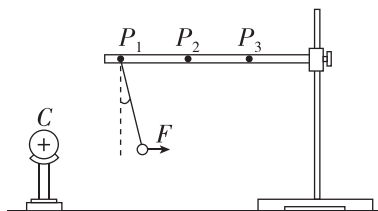
下列关于点电荷的说法中正确的是 ()

- A. 只要带电体的体积很小,就可以看成点电荷
B. 只要带电体的电荷量很小,就可以看成点电荷
C. 只有球形带电体,才可以看作点电荷
D. 不论两个带电体多大,只要它们之间的距离远大于它们的大小,这两个带电体就可以看成点电荷

[反思感悟] _____

[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_____.

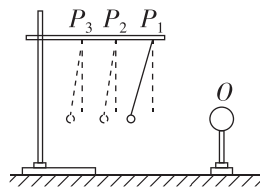
② 小球处于同一位置时, 小球所带的电荷量越大, 丝线偏离竖直方向的角度_____.

(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_____.

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 θ 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 ()

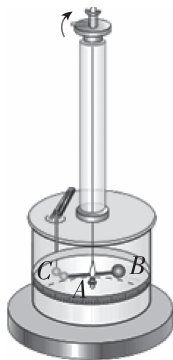
- A. 可用控制变量法, 探究 F 与 Q 、 q 、 d 的关系
- B. 保持 Q 、 q 不变, 减小 d , 则 θ 变大, 说明 F 与 d 成反比
- C. 保持 Q 、 d 不变, 减小 q , 则 θ 变小, 说明 F 与 q 有关
- D. 保持 q 、 d 不变, 减小 Q , 则 θ 变小, 说明 F 与 Q 成正比



[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.

1. 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_____, 与它们的距离的二次方_____, 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.

2. 静电力: 静止电荷之间的相互作用力. 也叫作_____力.

3. 表达式: $F = k \frac{q_1q_2}{r^2}$, 其中 r 指的是两点电荷间的距离; $k = 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$, 叫作静电力常量.

4. 适用条件: (1) _____; (2) _____.

[辨别明理]

1. 静电力的大小与电性没有关系. ()

2. 相互作用的两个点电荷, 不论它们的电荷量是否相等, 它们之间的静电力大小一定相等. ()

3. 两个带电小球即使相距非常近, 也能用库仑定律计算它们之间静电力的大小. ()

例 3 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

例 4 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. $F = k \frac{Q_1 Q_2}{(3R)^2}$ B. $F > k \frac{Q_1 Q_2}{(3R)^2}$
C. $F < k \frac{Q_1 Q_2}{(3R)^2}$ D. 无法确定 F 的大小

【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 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 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_____的一切性质, 静电力叠加的本质是矢量叠加, 满足_____.

【科学思维】

1. 微观带电粒子间的万有引力_____库仑力. 在研究微观带电粒子的相互作用时, 可以把万有引力忽略.

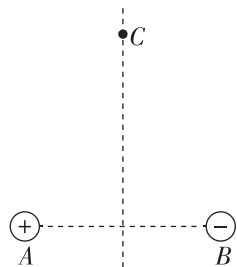
2. 两点电荷间的库仑力与周围是否存在其他电荷_____.

3. 两个或两个以上点电荷对某一个点电荷的作用力, 等于各点电荷单独对这个点电荷的作用力的_____.

4. 任何一个带电体都可以看成是由许多_____组成的, 如果知道带电体上的电荷分布, 根据_____就可以求出带电体之间的静电力的大小和方向.

例 5 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)[2025·湖南长郡中学高二月考] 对于点电荷, 下列说法中正确的是 ()

- A. 点电荷也叫“元电荷”, 是最小的电荷量
B. 点电荷是一个带有电荷的点, 它是实际带电体的抽象, 任何带电体在任何情况下都能当作点电荷处理
C. 只要带电体的电荷量足够小, 该带电体就可以视为点电荷
D. 相互作用的两个点电荷, 不论它们的电荷量是否相等, 它们之间相互作用的库仑力大小一定相等

2. (库仑定律的理解) 对库仑定律的理解, 以下说法中正确的是 ()

- A. 将两个点电荷放置在绝缘的煤油中相距一定距离, 则两点电荷间将没有库仑力的作用
B. 由库仑定律的表达式 $F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$ 可知, 当 $r \rightarrow 0$ 时, F 将趋向于无限大
C. 库仑在实验中发现并总结了电荷间相互作用规律, 同时用实验手段测定了静电力常量 $k = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$
D. 两个球心相距为 L 、带电荷量均为 Q 且电荷均匀分布的绝缘球间的静电力大小为 $k \frac{Q^2}{L^2}$

3. (静电力的计算)(多选)[2025·福建漳州高二期末] 库仑扭秤原理如图所示,细金属悬丝的下端悬挂一根绝缘棒,棒的两端分别固定带电荷量为 Q 的带正电的小球 A 和不带电的小球 B ,把另一个带电荷量为 q 的小球 C 靠近 A , A 、 C 两球相互排斥,最终 A 、 C 两球距离为 r . 已知静电力常量为 k ,忽略球的大小,则 ()

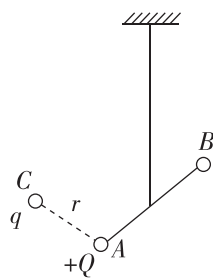
A. 小球 C 带负电

B. 小球 A 和 C 之间库仑力为 $\frac{kQq}{r^2}$

C. 若 $Q=4q$,则小球 A 对小球 C 的库仑力大于小球 C 对小球 A 的库仑力

D. 若不带电的小球 D 与 C 接触

后移开,保持 A 、 C 间距不变,库仑力变为 $\frac{kQq}{2r^2}$



专题课:静电力作用下的平衡

专题强化一 三个点电荷共线平衡问题

[物理观念]

1. 两个电荷固定,第三个电荷平衡问题

只需要确定第三个电荷位置即可,对其电性和所带电荷量没有要求.

2. 三个自由电荷的平衡问题

(1)同一直线上的三个自由点电荷都处于平衡状态时,每个电荷受到的合力均为零. 根据平衡条件可得,电荷间的关系为:

“三点共线”——三个点电荷分布在同一条直线上;

“两同夹异”——正、负电荷相互间隔;

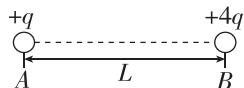
“两大夹小”——中间电荷的电荷量最小;

“近小远大”——中间电荷靠近电荷量较小的电荷.

(2)对于三个自由电荷的平衡问题,只需对其中两个电荷列平衡方程,不必再对第三个电荷列平衡方程.

例 1 [2025·黑龙江齐齐哈尔衡齐高级中学高二开学考] 如图所示,电荷量分别为 $+q$ 和 $+4q$ 的两点电荷 A 、 B 相距 L ,问:

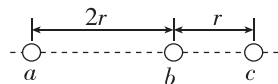
(1)若 A 、 B 固定,在何处放置点电荷 C ,才能使 C 处于平衡状态?



(2)在(1)中的情形下, C 的电荷量和电性对 C 的平衡有影响吗?

(3)若 A 、 B 不固定,在何处放一个什么性质的点电荷,才可以使三个点电荷都处于平衡状态?

例 2 如图所示,同一直线上的三个点电荷 a 、 b 、 c 恰好都处在平衡状态,除相互作用的静电力外不受其他外力作用. 已知 a 、 b 间的距离是 b 、 c 间距离的 2 倍, a 、 b 、 c 所带电荷量的绝对值分别为 q_1 、 q_2 、 q_3 . 下列说法不正确的是 ()



A. 若 a 、 c 带正电,则 b 带负电

B. 若 a 、 c 带负电,则 b 带正电

C. $q_1 : q_2 : q_3 = 36 : 4 : 9$

D. $q_1 : q_2 : q_3 = 9 : 4 : 36$

专题强化二 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:

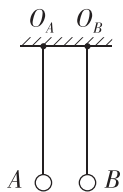
(1)确定研究对象:如果有几个物体相互作用,要依据题意,适当选取“整体法”或“隔离法”.

(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 3 (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 4.8×10^{-3} kg,带电小球可视为点电荷,重力加速度 g 取 10 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 $-2.4 \times 10^{-7} \text{ C}$

例 4 [2024 · 四川成都七中高二月考] 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

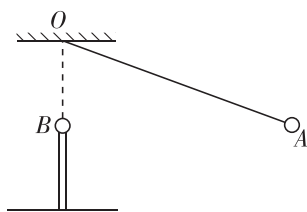
$$\text{为 } \frac{kQ^2}{l^2}$$

B. A、B 间库仑力大小

$$\text{为 } 2mg$$

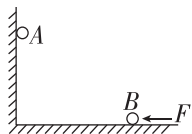
C. 细线拉力大小为 $\sqrt{3}mg$

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



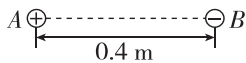
例 5 [2025 · 广东广州华南师大附中高二期中] 竖直墙面与水平地面均光滑且绝缘,小球 A、B 带同种电荷,现用水平向左推力 F 作用于小球 B,两球分别静止在竖直墙面和水平地面上,如图所示,如果将小球 B 向左推动少许,当两球重新达到平衡时,与原来的平衡状态相比较 ()

- A. 竖直墙面对小球 A 的弹力变大
- B. 两小球之间的距离变小
- C. 地面对小球 B 的支持力不变
- D. 推力 F 变大



// 随堂巩固 //

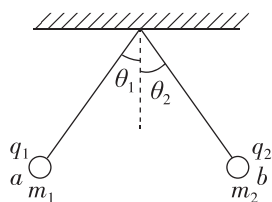
1. (三点电荷共线平衡问题)(多选)[2025 · 河北沧州一中高二月考] 如图所示,在一条直线上有两个相距 0.4 m 的点电荷 A、B, A 带电荷量为 $+Q$, B 带电荷量为 $-9Q$. 现引入第三个点电荷 C, 恰好使三个点电荷均在电场力的作用下处于平衡状态, 则下列说法正确的是 ()



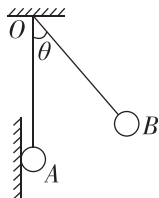
- A. C 所带电荷量为 $-\frac{4Q}{9}$
- B. C 所带电荷量为 $-\frac{9Q}{4}$
- C. C 在 B 的右边 0.4 m 处
- D. C 在 A 的左边 0.2 m 处

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 θ_1 、 θ_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, 若其中一个小球由于漏电, 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

电荷之间通过_____相互作用. 电场和磁场像分子、原子等实物粒子一样也有能量,因而场也是物质存在的一种形式.

静止电荷产生的电场叫作_____. 它的基本性质是对放入电场的电荷有_____的作用.

2. 电场强度

(1) 试探电荷与场源电荷

① 试探电荷: 为了便于研究电场各点的性质而引入的电荷, 是电荷量和体积都_____的点电荷.

② 场源电荷: _____的带电体所带的电荷, 也叫源电荷.

(2) 电场强度

① 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.

② 定义式: $E = \frac{F}{q}$ (适用于一切电场).

③ 单位: _____, 符号是_____.

④ 方向

规定: 与正电荷在该点所受的静电力的方向_____;
与负电荷在该点所受的静电力的方向_____.

⑤ 电场强度反映了电场的力的性质, 但与试探电荷受到的静电力大小_____ (选填“有关”或“无关”).

⑥ 电场中某点的电场强度 E 是唯一的, 是由电场本身的特性 (形成电场的电荷及空间位置) 决定的, 与是否放入试探电荷_____ (选填“有关”或“无关”).

【辨别明理】

1. 只有电荷发生相互作用时才产生电场. ()

2. 电荷与电荷间的相互作用力是通过电场发生的. ()

3. $E = \frac{F}{q}$ 中的 q 是场源电荷. ()

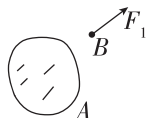
4. 用正、负两种试探电荷检验电场中某点场强方向时, 由于受力方向相反, 则得到同一点场强有两个方向. ()

例1 在一带负电荷的导体 A 附近有一点 B , 如在 B 处放置一个 $q_1 = -2.0 \times 10^{-8} \text{ C}$ 的电荷, 测出其受到的静电力 F_1 大小为 $4.0 \times 10^{-6} \text{ N}$, 方向如图所示, 问:

(1) B 处电场强度多大? 方向如何?

(2) 如果换成一个 $q_2 = +4.0 \times 10^{-7} \text{ C}$ 的电荷放在 B 点, 其受力多大? 此时 B 处电场强度多大?

(3) 如果将 B 处电荷拿走, B 处的电场强度是多大?



【要点总结】

正确理解公式 $E = \frac{F}{q}$

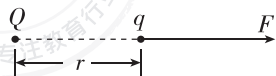
(1) 公式 $E = \frac{F}{q}$ 是电场强度的定义式, 适用于一切电场.

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.

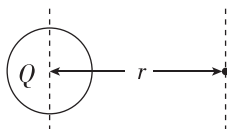
(2) 公式 $E = \frac{F}{q}$ 仅定义了电场强度的大小, 其方向需另外规定. 物理学上规定电场强度的方向是放在该处的正电荷所受静电力的方向.

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_____.

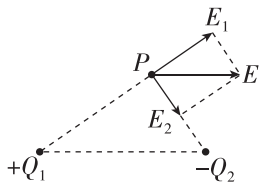


2. 如图所示, 均匀带电球体 (或球壳) 外某点的电场强度: $E = k \frac{Q}{r^2}$, 式中 r 是球心到该点的距离 ($r \gg R$), Q 为整个球体所带的电荷量.



【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.

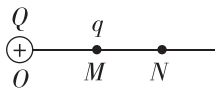


【辨别明理】

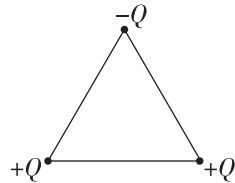
1. 以点电荷为球心的球面上电场强度处处相同. ()
2. 根据公式 $E=k\frac{Q}{r^2}$ 可知,电场中某点的电场强度与场源电荷所带的电荷量 Q 成正比,与 r^2 成反比. ()
3. 由 $E=\frac{kQ}{r^2}$ 可知,在离点电荷非常近的地方($r \rightarrow 0$),电场强度 E 可达无穷大. ()

例 2 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 间的距离 $r=30 \text{ cm}$, 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.



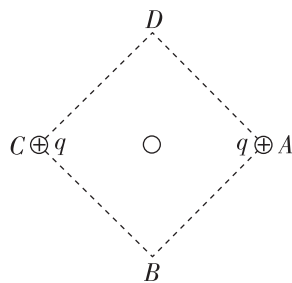
例 3 (多选) [2024 · 福建泉州高二期中] 如图所示,正三角形的三个顶点上固定有电荷量大小都为 Q 的点电荷,其中两个带正电、一个带负电,若 $-Q$ 在正三角形中心处的电场强度大小为 E ,则三个电荷在正三角形中心处产生的合场强 ()



- A. 大小为零
- B. 大小为 $2E$
- C. 方向竖直向下
- D. 方向竖直向上

【反思感悟】

例 4 如图所示, A 、 B 、 C 、 D 是正方形的四个顶点,四点在同一竖直面内, A 、 C 连线水平.在 A 、 C 放有电荷量都为 $+q$ ($q>0$) 的点电荷,连线中点放一电荷量大小为 q' (q' 未知) 的小球时, D 点电场强度恰好为 0.下列说法正确的是 ()



- A. 小球带正电,电荷量的大小为 $\sqrt{2}q$
- B. 小球带正电,电荷量的大小为 $\frac{1}{2}q$
- C. 小球带负电,电荷量的大小为 $\sqrt{2}q$
- D. 小球带负电,电荷量的大小为 $\frac{\sqrt{2}}{2}q$

【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:若在空间中同时存在多个点电荷,则这时在空间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 //

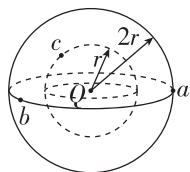
1. (对电场的理解)(多选) 关于电场,下列说法正确的是 ()
 - A. 只要有电荷存在,电荷周围就一定存在着电场
 - B. 电场是一种物质,它与其他物质一样,不依赖我们的感觉而客观存在

- 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 ()

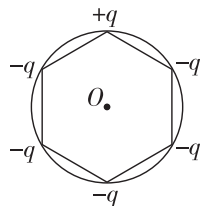
- A. 电荷所受的静电力越大,该点的电场强度一定越大
B. 在点电荷的电场中,以该点电荷为圆心、 r 为半径的球面上各点的电场强度相同
C. 若空间某点的电场强度为零,则试探电荷在该点受到的静电力也为零
D. 在电场中某点放入试探电荷 q ,该点的电场强度为 $E = \frac{F}{q}$;取走 q 后,该点的电场强度仍然为 $E = \frac{F}{q}$

3. (点电荷的电场)[2025·河南郑州高二期中] 如图所示, Q 是真空中固定的点电荷, a 、 b 、 c 是以 Q 所在位置为圆心、半径分别 $2r$ 或 r 球面上的三点. 电荷量为 q 的试探电荷在 c 点受到的库仑力方向指向 Q ,则 ()



- A. Q 带正电
B. a 、 b 两点电场强度相同
C. a 、 c 两点的电场强度大小之比为 $1:4$
D. 将 c 处试探电荷电荷量变为 $2q$,该处电场强度变为原来的 2 倍

4. (电场强度的叠加)[2024·北京十一学校高二月考] 如图所示, O 为半径为 R 的正六边形外接圆的圆心,在正六边形的一个顶点放置一带电荷量为 $+q$ 的点电荷,其余顶点分别放置带电荷量均为 $-q$ 的点电荷. 则圆心 O 处的场强大小为 ()



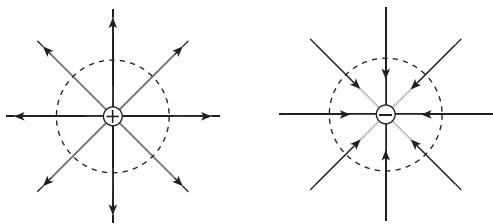
- A. $\frac{kq}{R^2}$
B. $\frac{2kq}{R^2}$
C. $\frac{3kq}{R^2}$
D. 0

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.

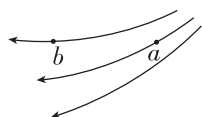
【辨别明理】

1. 电场线是形象表示电场的强弱和方向的曲线,客观上并不存在. ()
2. 在电场中,不画电场线区域内的点的电场强度为零. ()
3. 同一试探电荷在电场线密集的地方所受静电力大. ()

例1 关于电场线,下列说法正确的是 ()

- A. 电场线方向一定是带电粒子在电场中受力的方向
B. 在电场中两条电场线可以相交
C. 电场线就是带电粒子在电场中的运动轨迹
D. 在同一电场中电场强度越大的地方,电场线越密

例2 [2025·湖北武汉二中高二期中] 如图所示是电场中某区域的电场线分布, a 、 b 是电场中的两点,则 ()



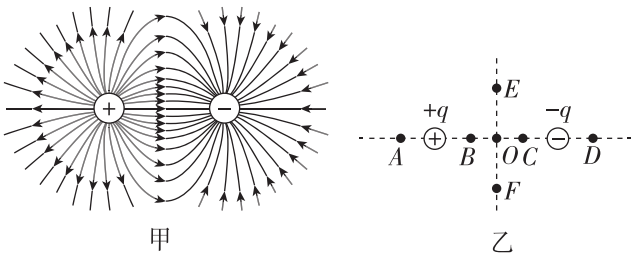
- A. a 、 b 两点的电场强度大小不同,方向相同
B. 电荷在 a 点受到电场力方向必定与电场强度方向一致
C. 正电荷在 a 点静止释放,它在电场力作用下运动的轨迹与电场线一致
D. 同一点电荷放在 a 点受到的电场力比放在 b 点时受到电场力大

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

例3 (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 ()



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

[反思感悟]

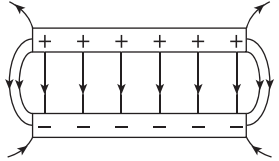
例4 [2024·四川成都四中高二月考] 如图所示, Q_1 、 Q_2 是两个电荷量相等的点电荷,O 点为它们连线的中点,M、N 为连线中垂线上的两点.下列说法正确的是 ()

- A. 若 Q_1 、 Q_2 均带正电,则在中垂线上,O 点的电场强度为零
B. 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
C. 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
D. 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]

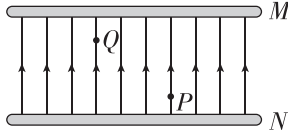
学习任务三 匀强电场的理解和计算

[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5 (多选)[2024·河南漯河高级中学高二月考] 如图所示,水平放置的两块带等量异种电荷的平行金属板 M、N,它们之间的电场线是间隔相等的平行

线,P、Q 是电场中的两点.下列说法正确的是 ()



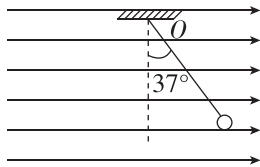
- A. M 板带正电、N 板带负电
B. P、Q 两点的电场强度 $E_P > E_Q$
C. M 板带负电、N 板带正电
D. P、Q 两点的电场强度 $E_P = E_Q$

[反思感悟]

例 6 (多选)[2025·四川眉山中学高二期中] 用轻质柔软绝缘细线拴一质量为 $1.0 \times 10^{-2} \text{ kg}$ 、电荷量为 $2.0 \times 10^{-8} \text{ C}$ 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° 角 (g 取 10 m/s^2 , $\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$), 则 ()

- A. 小球带正电
- B. 匀强电场的场强为 $1.5 \times 10^8 \text{ N/C}$

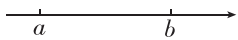
- C. 平衡时细线的拉力为 0.125 N
- D. 平衡时细线的拉力为 0.175 N



[反思感悟]

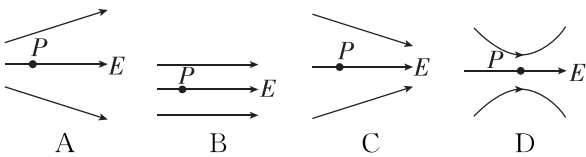
// 随堂巩固 //

1. (电场线的理解)(多选) 如图所示是电场中的一条电场线, 在该电场线上有 a 、 b 两点, 用 E_a 、 E_b 分别表示两点电场强度的大小, 有 ()

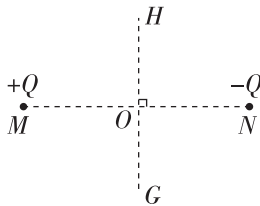


- A. a 、 b 两点的电场强度方向相同
- B. 因为电场线是直线, 所以 $E_a = E_b$
- C. 因为电场线由 a 指向 b , 所以 $E_a > E_b$
- D. 不知道 a 、 b 附近电场线的分布情况, E_a 、 E_b 的大小不能确定

2. (电场线的应用) 在如图所示的四种电场中, 某带电粒子从图中 P 点由静止释放, 其加速度一定变小的是 ()



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

专题课: 电场的力的性质

专题强化一 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.

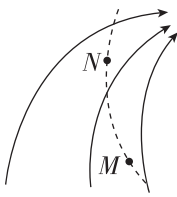
(2) 分析方法

- 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 [2025·广东广州黄广中学高二月考] 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

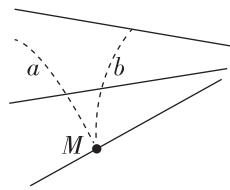


[反思感悟]

例2 [2025·安徽阜阳临泉一中高二开学考] 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

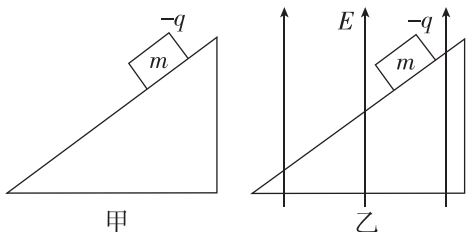


专题强化二 带电体在静电场中的受力和运动分析

[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3 [2024·河南开封高二期中] 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 ()

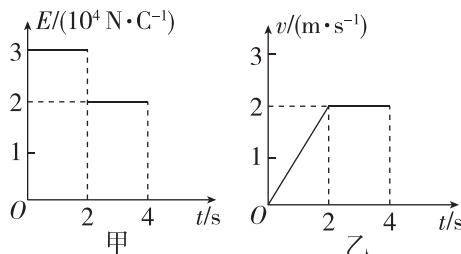


- A. 加电场后,滑块受到的重力变大
- B. 加电场后,滑块将沿斜面加速下滑
- C. 加电场后,滑块将沿斜面匀速下滑
- D. 加电场后,滑块仍然静止

[反思感悟]

例4 电荷量为 $q=1\times 10^{-4}$ C的带正电小物块置于绝缘水平面上,所在空间存在沿水平方向且方向始终不变的电场,电场强度 E 的大小与时间 t 的关系以及物块的速度 v 与时间 t 的关系如图甲、乙所示.若重力加速度 g 取 10 m/s^2 ,求:

- (1)物块的质量 m ;
- (2)物块与水平面之间的动摩擦因数 μ .



※专题强化三 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.

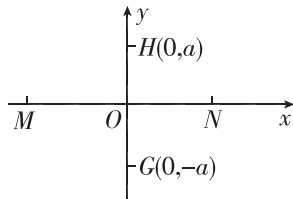
4. 微元法:将带电体分成许多微元电荷,每个微元电荷看成点电荷,先根据库仑定律求出每个微元电荷产生的电场强度,再结合对称性和电场强度叠加原理求出合电场强度.

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5 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 ()

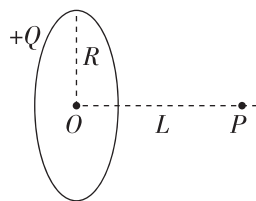
- A. $\frac{3kQ}{4a^2}$,沿 y 轴正方向
- B. $\frac{3kQ}{4a^2}$,沿 y 轴负方向
- C. $\frac{5kQ}{4a^2}$,沿 y 轴正方向
- D. $\frac{5kQ}{4a^2}$,沿 y 轴负方向



例 6 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. $\frac{kQL}{\sqrt{(R^2+L^2)^3}}$

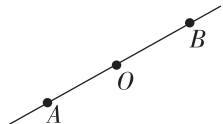


[反思感悟]

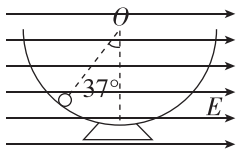
// 随堂巩固 //

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

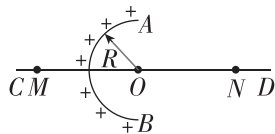


2. (带电体在静电场中的受力分析)[2025·浙江绍兴上虞中学高二月考] 由绝缘材料做成的内壁光滑的半球形碗固定在水平面上,处于方向水平向右、电场强度为 E 的匀强电场中. 质量为 m 的带电小球(视为质点)恰能静止的位置与球心 O 的连线与竖直方向的夹角为 37° ,如图所示. 已知 $\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$,重力加速度为 g ,下列说法正确的是 ()



- 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·安徽黄山屯溪一中高二月考] 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 ,静电力常量为 k ,则 N 点的电场强度大小为 ()



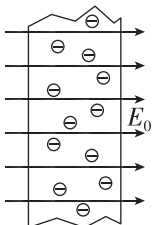
- A. $\frac{kq}{2R^2} - E$
B. $\frac{kq}{4R^2}$
C. $\frac{kq}{4R^2} - E$
D. $\frac{kq}{4R^2} + E$

4 静电的防止与利用

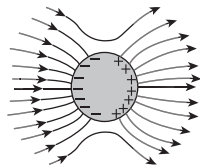
学习任务一 静电平衡

[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.

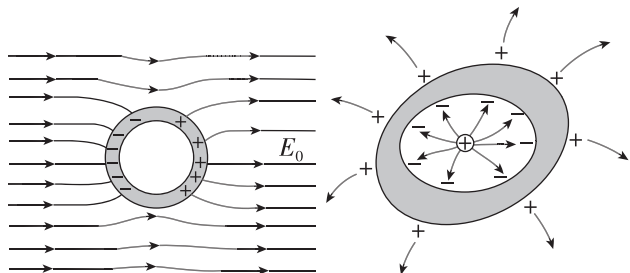


[物理观念] 将导体放置于电场中会发生_____现象,感应电荷在导体内部产生的感应电场与原电场发生_____,当导体内部的电场强度 $E=0$ 时,导体内自由电子不再发生定向移动,此时导体达到_____状态. 其本质是分布在导体外表面的电荷在导体内部产生的电场与外加电场的合电场强度为 0 ,即 $E_0 = -E'$.



(1) 实心导体:导体内部无电荷,电荷只分布在导体外表面上.

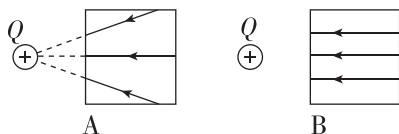
(2)空腔导体:空腔内无电荷时,电荷分布在外表面上(内表面无电荷);空腔内有电荷时,内表面因静电感应出现等量的异号电荷,外表面有感应电荷。



【辨别明理】

1. 静电平衡时,导体内的自由电子不再定向移动. ()
2. 静电平衡时,外加电场在导体内部的电场强度为零. ()
3. 静电平衡时,导体上的电荷都分布在外表面,导体内部没有净剩电荷. ()

例 1 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 ()



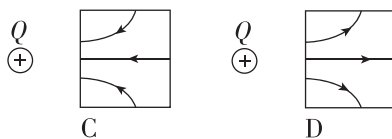
学习任务二 尖端放电

【教材链接】阅读教材,完成下列填空。

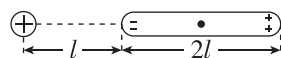
1. 在导体的外表面,越尖锐的位置,电荷的 _____ 越大,周围的电场强度越大。
2. 电离:导体尖端周围的强电场使空气中残留的带电粒子发生剧烈运动,并与空气分子碰撞,从而使空气分子中的正、负电荷 _____ 的现象。
3. 尖端放电:导体尖端周围被强电场电离的粒子中,所带电荷与导体尖端的电荷符号相反的粒子由于被吸引而奔向尖端,与尖端上的电荷 _____,相当于导体从尖端 _____ 电荷的现象。
4. 应用:建筑物的顶端安装上避雷针以达到避免雷击的目的;高压设备中导体的表面尽量 _____,以减少电能损失。

【辨别明理】

1. 在导体外表面,越平滑、凹陷的位置电荷的密度(单位面积的电荷量)越大. ()
2. 夜间高压线周围有时会出现一层绿色光晕,这是尖端放电现象. ()
3. 为了避免因尖端放电而损失电能,高压输电导线表面要尽量光滑. ()



例 2 [2024·重庆高二期末] 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 ()



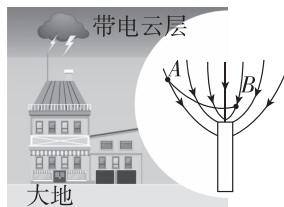
- A. 0 B. $\frac{kq}{4l^2}$ C. $\frac{kq}{l^2}$ D. $\frac{4kq}{l^2}$

【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 $E_{\text{外}}$ 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 $E_{\text{合}}=0$ 。
- (3)由 $E_{\text{外}}+E_{\text{感}}=0$,求出感应电场产生的电场强度 $E_{\text{感}}$ 的大小和方向。

例 3 [2024·浙江丽水育才学校高二月考] 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 ()



- A. 粒子带正电
- B. 电场强度 $E_A > E_B$
- C. 粒子的动能 $E_{kA} > E_{kB}$
- D. 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

【要点总结】

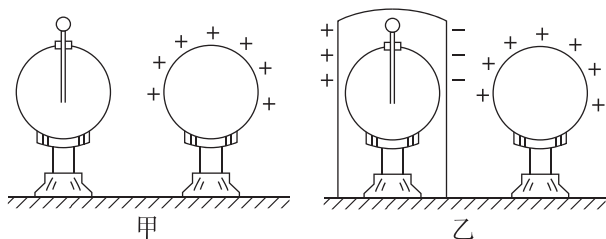
尖端放电的原因:导体尖端电荷密度大,周围的电场强度大,把周围的空气电离,带电粒子在强电场的作用下加速撞击空气中的分子,使它们进一步电离,所带电荷与导体尖端的电荷符号相反的粒子被吸引而奔向尖端,与尖端上的电荷中和。

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

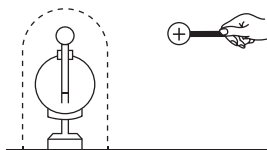
(1) 将验电器放在带正电的金属球的附近(如图甲所示), 验电器上的箔片_____ (选填“会”或“不会”) 张开。

(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 4 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 ()



- A. 若不放金属网罩, 则箔片张开
B. 若放金属网罩, 则箔片张开
C. 无论放不放金属网罩, 箔片都不张开

D. 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

【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		
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
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。

学习任务四 静电吸附

[教材链接] 阅读教材, 完成下列填空。

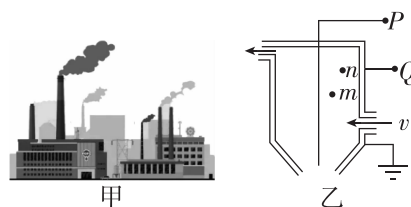
1. 静电除尘: 设法使空气中的尘埃带电, 在_____作用下, 尘埃到达电极而被收集起来。

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 5 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 ()



- A. Q 接电源的正极, 且电场强度 $E_m = E_n$
B. Q 接电源的正极, 且电场强度 $E_m > E_n$
C. P 接电源的正极, 且电场强度 $E_m = E_n$
D. P 接电源的正极, 且电场强度 $E_m > E_n$

// 随堂巩固 //

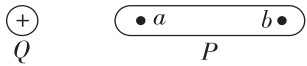
1. (尖端放电) [2021 · 浙江 6 月选考] 如图所示, 在火箭发射塔周围有钢铁制成的四座高塔, 高塔的功能最有可能的是 ()

- A. 探测发射台周围风力的大小

- B. 发射与航天器联系的电磁波
C. 预防雷电击中待发射的火箭
D. 测量火箭发射过程的速度和加速度



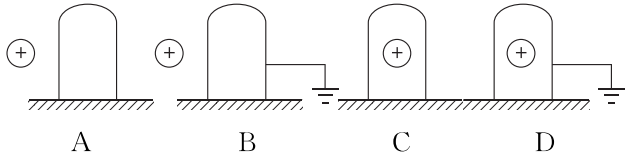
2. (静电平衡) 如图所示, Q 为一带正电的点电荷, P 为原来不带电的枕形金属导体, a 、 b 为导体内的两点. 当导体 P 处于静电平衡状态时 ()



- 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'

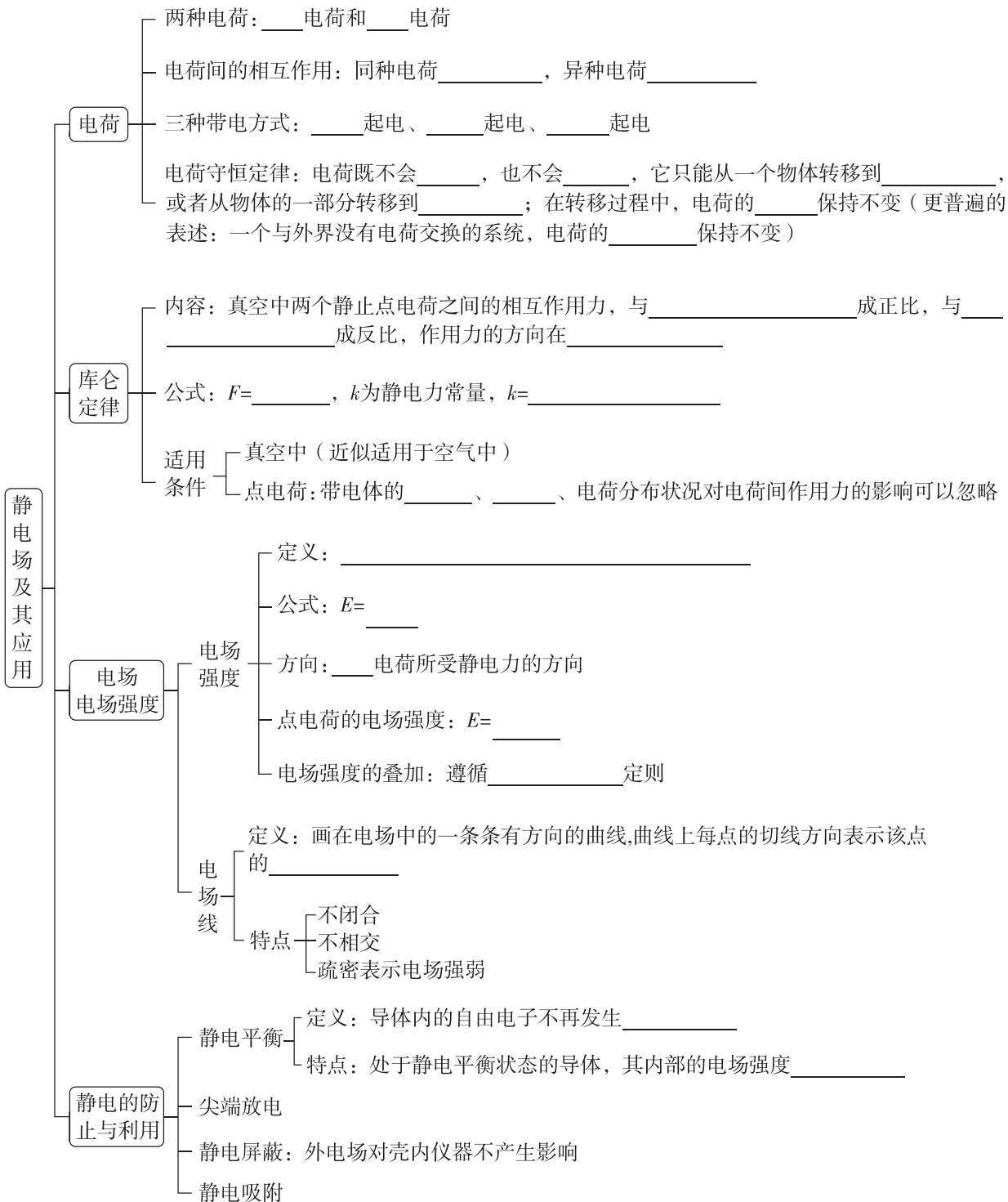
- 和 E_b' 的关系是 $E_a' > E_b'$
- D. 感应电荷在 a 、 b 两点产生的电场强度大小 E_a' 和 E_b' 的关系是 $E_a' = E_b'$

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 ()



知识整合与通关 (九)

【知识网络构建】



【本章易错通关】

易错点 1 对静电屏蔽理解不清楚

1. 静电现象在自然界普遍存在,在生产生活中也时常会发生静电现象.人们可让静电服务于生产生活,但也需对其进行防护,做到趋利避害.下列关于静电现象的说法正确的是 ()

- A. 静电除尘的原理是静电屏蔽
- B. 避雷针利用了带电导体凸起尖锐的地方电荷稀疏、附近空间电场较弱的特点
- C. 为了安全加油站工作人员工作时间须穿绝缘性能良好的化纤服装
- D. 印刷车间的空气应保证适当潮湿,以便导走纸页间相互摩擦产生的静电

易错点 2 对电场强度的大小、方向理解不透彻

2. 真空中,在与带电荷量为 $+q_1$ 的点电荷相距 r 的 M 点放一个带电荷量为 $-q_2$ 的试探电荷,此时试探电荷 $-q_2$ 受到的电场力大小为 F ,方向如图所示.已知静电力常量为 k ,则 ()

A. M 点的电场强度方向与 F 方向相同

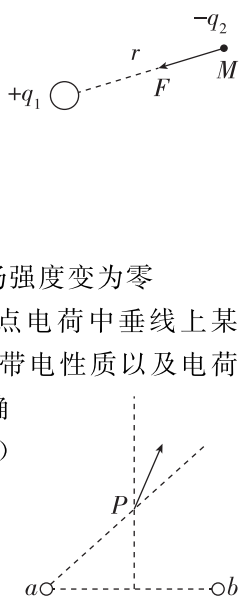
B. M 点的电场强度大小为 $k \frac{q_2}{r^2}$

C. M 点的电场强度大小为 $\frac{F}{q_2}$

D. 取走试探电荷 $-q_2$, M 点电场强度变为零

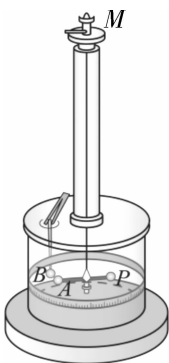
3. 图中箭头所示的是真空中两点电荷中垂线上某点 P 的场强方向,关于两点电荷带电性质以及电荷量多少的判断,下列选项中正确的是 ()

- A. $Q_a > Q_b$,且 a 、 b 带正电
- B. $Q_a > Q_b$, a 带正电, b 带负电
- C. $Q_b > Q_a$, a 负电, b 正电
- D. $Q_b > Q_a$, a 正电, b 负电



易错点 3 对库仑定律的理解不透彻,应用不熟练

4. 1785年,法国物理学家库仑用自己设计的扭秤对电荷间的相互作用进行了研究,扭秤仪器如图所示.在悬丝下挂一根秤杆,它的一端有一小球 A ,另一端有平衡体 P ,在 A 旁还放置有一固定小球 B .先使 A 、 B 各带一定的电荷,这时秤杆会因 A 端受力而偏转.玻璃圆筒上刻有360个刻度(在弧度较小时,弧长与弦长近似相等),通过观察悬丝扭转的角度可以比较力的大小(扭转角度与力的大小成正比).改变 A 、 B 之间的距离,记录



每次悬丝扭转的角度,便可找到力与距离的关系.库仑做了三次记录:第一次两小球相距36个刻度,第二次为18个刻度,第三次约为9个刻度;悬丝的扭转角度:第一次为 36° ,第二次为 144° ,则第三次约为 ()

- A. 108°
- B. 216°
- C. 288°
- D. 576°

易错点 4 应用库仑定律公式时考虑不全面

5. 真空中有两个相距为 r ,电荷量大小均为 Q 的点电荷;现将这两个点电荷间距离增大为 $2r$,电荷量均减小为 $\frac{Q}{2}$.则改变前后两电荷间的库仑力大小之比为 ()

- A. $1:16$
- B. $16:1$
- C. $1:4$
- D. $4:1$

易错点 5 分析电场力时容易缺漏、不全面

6. (多选)夸克模型是一种粒子物理学上的分类方案,在1964年由默里·盖尔曼和乔治·茨威格分别独立提出,并已成为标准模型的一部分.根据夸克模型,中子内有一个上夸克和两个下夸克,质子内有两个上夸克和一个下夸克,上夸克带电荷量为 $+\frac{2}{3}e$,下夸克带电荷量为 $-\frac{1}{3}e$,现将中子和质子的夸克模型简化为三个夸克都在半径为 r 的同一圆周上,如图甲、乙所示.下面给出的四幅图中,能正确表示出各夸克所受静电作用力的是 ()

