



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3

必修第三册 RJ

北京
专版

数智教辅

索取二维码
贴此处
激活享受服务

— 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	107
2 库仑定律	109
专题课:静电力作用下的平衡问题	112
3 电场 电场强度	113
第1课时 电场强度、电场强度的叠加	113
第2课时 电场线、匀强电场	115
专题课:电场的力的性质	118
4 静电的防止与利用	119
⑩ 知识整合与通关(九)	122

10 第十章 静电场中的能量

PART TEN

1 电势能和电势	124
2 电势差	126
3 电势差与电场强度的关系	128
专题课:电场的能的性质	130
4 电容器的电容	132
第1课时 电容器的电容 实验:观察电容器的充、放电现象	132
第2课时 平行板电容器的电容	135
5 带电粒子在电场中的运动	137
※专题课:带电粒子在电场中运动的综合问题	139
⑪ 知识整合与通关(十)	142

11 第十一章 电路及其应用

PART ELEVEN

1 电源和电流	144
2 导体的电阻	146
3 实验:导体电阻率的测量	148
第1课时 测量工具的使用及实验电路的基础设计	148
第2课时 实验:导体电阻率的测量	152
4 串联电路和并联电路	154
5 实验:练习使用多用电表	156
※专题课:测量电阻的其他方法	159
⑩ 知识整合与通关(十一)	162

12 第十二章 电能 能量守恒定律

PART TWELVE

1 电路中的能量转化	164
2 闭合电路的欧姆定律	166
※专题课:闭合电路的功率及电源效率问题	170
※专题课:闭合电路的动态分析、含有电容器的电路	171
3 实验:电池电动势和内阻的测量	173
※专题课:安阻法和伏阻法测电池的电动势和内阻	175
4 能源与可持续发展	177
⑩ 知识整合与通关(十二)	179

13 第十三章 电磁感应与电磁波初步

PART THIRTEEN

1 磁场 磁感线	181
2 磁感应强度 磁通量	184
3 电磁感应现象及应用	186
4 电磁波的发现及应用	188
5 能量量子化	190
⑩ 知识整合与通关(十三)	191

◆ 参考答案	193
--------	-----

第九章 静电场及其应用

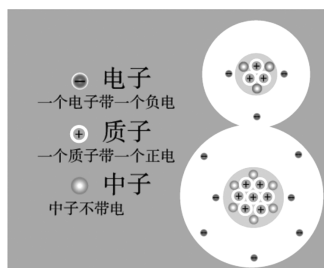


讲课智能体

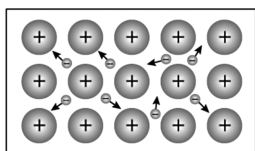
1 电荷

学习任务一 电荷

[问题导学]



甲 丝绸和玻璃棒摩擦时相互靠近的“丝绸原子”和“玻璃棒原子”



乙 金属的微观结构模型

(1)根据图甲分析,丝绸摩擦过的玻璃棒为什么带正电?摩擦后丝绸带电吗?

(2)根据图乙物理模型分析,金属为什么容易导电?

[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 [2024·北京怀柔区一中高二月考] 公元前 600 年左右,希腊人泰勒斯就发现了用毛皮摩擦过的琥珀能吸引轻小的物体,公元 1 世纪,我国学者王充在《论衡》一书中也写下了“顿牟掇芥”.下列关于摩擦起电现象说法正确的是 ()

- A. 摩擦起电的过程就是创造电荷的过程
- B. 玻璃棒与丝绸摩擦过后,玻璃棒带的是正电
- C. 经过摩擦的琥珀与能吸引的轻小物体带异种电荷
- D. 橡胶棒与毛皮摩擦后带负电,是因为橡胶棒上的电子移动到毛皮上

学习任务二 静电感应

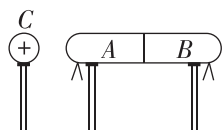
[问题导学] 摩擦可以使物体带电,那么,还有没有其他方法可以使物体带电吗?

[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] A 、 B 是两个相互接触的不带电的绝缘枕形导体,金属球 C 带正电.



(1)如图情形,则 A 的左端带_____, B 的右端带_____.

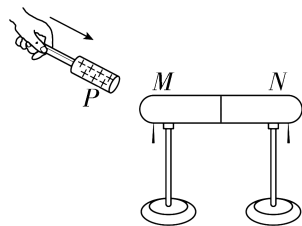
(2)若先将 C 移走,再把 A 、 B 分开,则 A _____, B _____.

(3)若先将 A 、 B 分开,再把 C 移走,则 A _____, B _____.

(4)若用手指瞬间触碰 B ,然后将 C 移走,再把 A 、 B 分开,则 A _____, B _____.

例 2 (多选)[2025·北京北大附中高二期中]

如图所示,一对带绝缘支柱的导体 M 、 N 彼此接触,且均不带电,贴在两端下部的两片金属箔是闭合的.当把带正电荷的物体 P 移近导体 M 时,下列说法正确的是 ()

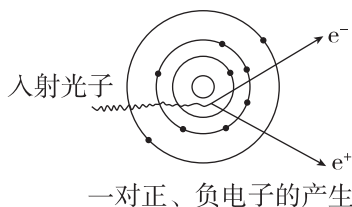


- A. M 端的金属箔张开, N 端的金属箔闭合
- B. M 端的金属箔张开, N 端的金属箔张开
- C. M 左端感应出正电荷, N 右端感应出负电荷
- D. 若先把 M 、 N 分开,再移去 P ,则 M 带负电荷, N 带正电荷

[反思感悟] _____

学习任务三 电荷守恒定律

[问题导学] 如图所示,近代物理实验发现,一个不带电的高能光子经过原子核附近时,会产生一个正电子(质量与电子相同,与电子的电荷量相等但符号相反)和一个负电子;一对正、负电子也可以同时湮没,转化为光子.由此可以得出什么普遍性结论?

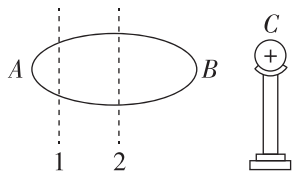


[教材链接] 阅读教材,完成下列填空.

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 (多选)[2026·北京北师大附中高二期中] 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. $Q_A' < 0, Q_B' > 0, |Q_A'| < |Q_B'|$

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. $e = \underline{\hspace{2cm}}$ C, 元电荷 e 的数值最早是由美国物理学家 密立根 测得的. 所有带电体的电荷量都是 e 的 整数 倍.

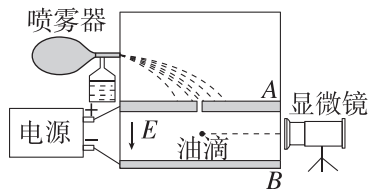
2. 比荷: 带电粒子的电荷量与 质量 之比叫作比荷.

[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 [2025·北京通州区运河中学高二月考] 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 1.6×10^{-20} C
- B. 油滴的电荷量可能是 3.2×10^{-19} C
- C. 电荷量为 1.6×10^{-19} C 的质子就是元电荷
- D. 带电体所带电荷量可取任意值

[反思感悟] 元电荷是最小的电荷量, 所有带电体的电荷量都是元电荷的整数倍.

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 大小和形状、质量 的理想化模型, 类似于力学中的质点, 实际中并不存在.

(2) 带电体能否被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 距离 小得多, 则带电体的大小及形状就可以忽略, 此时带电体就可以被看成点电荷.

【辨别明理】

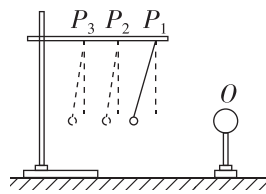
- 1. 很小的带电体就是点电荷. ()
- 2. 点电荷就是元电荷. ()

例 1 下列关于点电荷的说法中正确的是 ()

- A. 点电荷是一个理想化物理模型
- B. 点电荷的电荷量一定是 1.6×10^{-19} C
- C. 体积大的带电体一定不能看作点电荷
- D. 研究带电体的相互作用时, 所有带电体都可以看作点电荷

例2 (多选) [2025·北京日坛中学高二月考]

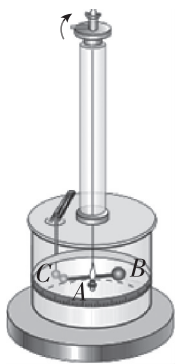
如图所示, O 是一个带电的物体, 若把系在丝线上的带电小球先后挂在横杆上的 P_1 、 P_2 、 P_3 位置, 可以比较小球在不同位置所受带电物体的作用力的大小, 这个力的大小可以通过丝线偏离竖直方向的角度 θ 显示出来(小球与物体 O 在同一水平线上). 若物体 O 的电荷量用 Q 表示, 小球的电荷量用 q 表示, 物体与小球间的距离用 d 表示, 物体和小球之间的作用力大小用 F 表示. 则下列对该实验的判断正确的是 ()



- 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

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. ()

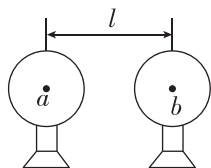
例3 [2025·北京五十中高二月考] 两个分别带有电荷量 $-Q$ 和 $+3Q$ 的相同金属小球(均可视为点电荷), 固定在相距为 r 的两处, 它们间库仑力的大小为 F . 两小球相互接触后将其固定距离变为 $\frac{r}{2}$, 则两球间库仑力的大小为 ()

- A. $\frac{1}{12}F$ B. $\frac{3}{4}F$
C. $\frac{4}{3}F$ D. $12F$

[反思感悟]

例 4 [2026 · 北京顺义区牛栏山一中高二期中]

如图所示,两个质量均为 m 的完全相同的金属球壳 a 和 b ,其壳层的厚度和质量分布均匀,将它们固定于绝缘支架上,两球心间的距离 l 是球半径的 3 倍.若使它们带上等量异种电荷,使其电荷量的绝对值均为 Q ,那么关于 a 、 b 之间的万有引力 $F_{\text{引}}$ 和库仑力 $F_{\text{库}}$ 的表达式中正确的是 ()



- A. $F_{\text{引}} = G \frac{m^2}{l^2}, F_{\text{库}} = k \frac{Q^2}{l^2}$
B. $F_{\text{引}} > G \frac{m^2}{l^2}, F_{\text{库}} > k \frac{Q^2}{l^2}$

学习任务三 静电力的计算

[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.

- C. $F_{\text{引}} = G \frac{m^2}{l^2}, F_{\text{库}} > k \frac{Q^2}{l^2}$
D. $F_{\text{引}} < G \frac{m^2}{l^2}, F_{\text{库}} < k \frac{Q^2}{l^2}$

[反思感悟]

【要点总结】

应用库仑定律需要注意的几个问题

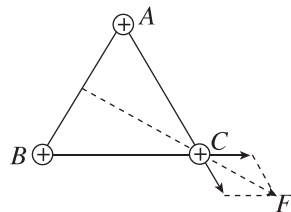
(1)真空中两个静止的点电荷,在空气中的作用与真空中相差很小,因此在空气中也可使用库仑定律.

(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 $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ 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.

例 5 如图所示,真空中有三个带正电的点电荷,它们固定在边长为 r 的等边三角形的顶点 A 、 B 、 C 处,已知每个点电荷的电荷量都是 q ,静电力常量为 k ,则 A 、 B 处的点电荷对 C 处点电荷的静电力的合力大小为 ()



- A. $\frac{kq^2}{r^2}$ B. $\sqrt{2} \frac{kq^2}{r^2}$
C. $\sqrt{3} \frac{kq^2}{r^2}$ D. $2 \frac{kq^2}{r^2}$

[反思感悟]

专题课:静电力作用下的平衡问题

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.

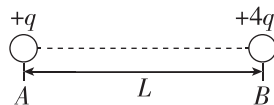
(2)对于三个自由电荷的平衡问题,只需对其中两个电荷列平衡方程,不必再对第三个电荷列平衡方程.

例 1 如图所示,电荷量分别为 $+q$ 和 $+4q$ 的两点电荷 A 、 B 相距 L ,问:

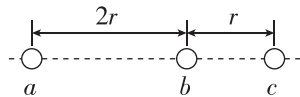
(1)若 A 、 B 固定,在何处放置点电荷 C ,才能使 C 处于平衡状态?

(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 .下列说法错误的是 ()



- 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 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

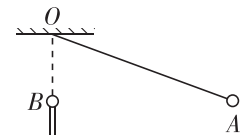
$$\text{为 } \frac{kQ^2}{l^2}$$

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 $\frac{2\sqrt{3}kQ^2}{9l^2}$



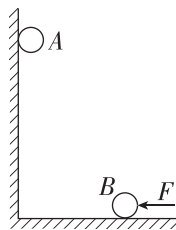
例 4 (多选)[2026·北京十一中高二月考] 如图所示,竖直墙面与水平地面均光滑且绝缘.两个带有同种电荷的小球 A、B(均可视为质点)分别位于竖直墙面和水平地面上,且处于同一竖直平面内.若用图示方向的水平推力 F 作用于小球 B,则两球静止于图示位置.如果将小球 B 向左推动少许,并待两球重新达到平衡时,与原来相比 ()

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

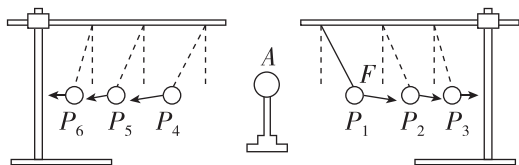


3 电场 电场强度

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

[问题导学] 如图所示,把同一试探电荷放在电场中的不同位置,由图可知,该试探电荷在不同点所受的静电力的大小和方向不相同,这说明各点的电场的强弱和方向不相同.



(1)用什么物理量表征电场的强弱?

(2)同一位置,放不同试探电荷,试探电荷受力越大,则该位置电场强度越大吗?

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_____.

[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.

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. ()

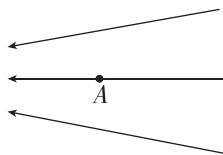
4. 用正、负两种试探电荷检验电场中某点场强方向时,由于受力方向相反,则得到同一点场强有两个方向. ()

例 1 [2025 · 北京育才学校高二月考] 如图所示,在某电场中的 A 点,电荷量 $q = +1.0 \times 10^{-8} \text{ C}$ 的试探电荷受到静电力的大小 $F = 2.0 \times 10^{-4} \text{ N}$.

(1)求 A 点的电场强度大小 E ;

(2)若将 A 点试探电荷替换为电荷量 $q = -2.0 \times 10^{-9} \text{ C}$ 的试探电荷,求其受到的电场力大小与方向;

(3)若将该点试探电荷取走, A 点的电场强度是否发生变化? 请说明理由.



【要点总结】

正确理解公式 $E = \frac{F}{q}$

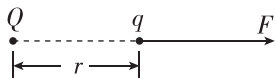
(1)公式 $E = \frac{F}{q}$ 是电场强度的定义式,适用于一切电场.

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.

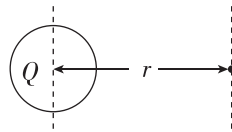
(2)公式 $E = \frac{F}{q}$ 仅定义了电场强度的大小,其方向需另外规定. 物理学上规定电场强度的方向是放在该处的正电荷所受静电力的方向.

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_____ Q .

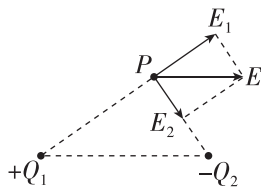


2. 如图所示,均匀带电球体(或球壳)外某点的电场强度: $E = k \frac{Q}{r^2}$, 式中 r 是球心到该点的距离 ($r \gg R$), R 为球体半径, Q 为整个球体所带的电荷量.



【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.

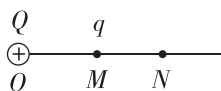


【辨别明理】

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. ()

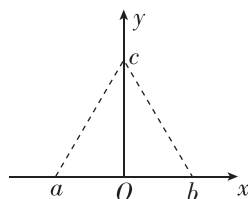
例 2 在真空中 O 点放一个点电荷 $Q = +2.0 \times 10^{-9} \text{ C}$, 直线 MN 通过 O 点, OM 的距离 $r = 30 \text{ cm}$, M 点放一个试探电荷 $q = -2.0 \times 10^{-10} \text{ C}$, 如图所示, 静电力常量为 $9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$.

- (1) 求 q 在 M 点受到的作用力;
- (2) 求 M 点的电场强度;
- (3) 求拿走 q 后 M 点的电场强度;
- (4) M 、 N 两点的电场强度哪点更大?



例 3 在 xOy 直角坐标系中, a 、 b 的坐标分别为 $(-l, 0)$ 和 $(l, 0)$, c 点在 y 轴上, a 、 b 、 c 为正三角形的顶点. 在 a 、 b 点分别固定电荷量为 $+Q$ 和 $-Q$ 的点电荷. 求:

- (1) O 点的电场强度大小和方向;
- (2) c 点的电场强度大小和方向.



【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.

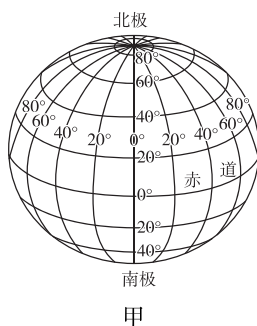
(2) 利用场的叠加原理求解: 若在空间中同时存在多个点电荷, 则这时在空间某一点的电场强度等于各个点电荷单独存在时在该点产生的电场强度的矢量和, 利用场的叠加法则——平行四边形定则求解. 在叠加时, 还可以使用三角形定则、正交分解法等进行求解.

(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.

第 2 课时 电场线、匀强电场

学习任务一 电场线的理解

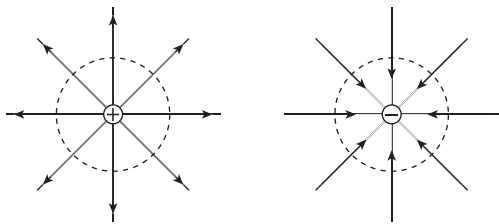
【问题导学】 (1) 如图甲所示为地球仪上的经线和纬线, 想一想, 它们实际存在吗? 它们的主要作用是什么?



(2)如图乙所示为模拟正电荷电场线的照片,结合该图,想一想如何能形象地描述电场的强弱和方向?

[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.

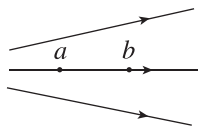
(2)以点电荷为球心的球面上,电场线 _____,但方向不同,说明 _____ 大小相等,但方向不同.

(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. ()

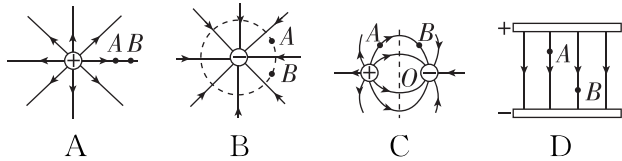
例 1 [2025·北京北师大二附开学考] 某电场区域的电场线如图所示, a 、 b 是其中一条电场线上的两点,下列说法正确的是 ()



- A. 负电荷在 a 点受到的静电力一定小于它在 b 点受到的静电力
- B. a 点的场强方向一定沿着 a 点的电场线向右
- C. 正电荷在 a 点受到的静电力一定小于它在 b 点受到的静电力
- D. a 点的场强一定小于 b 点的场强

[反思感悟] _____

例 2 [2025·北京东城区高二期末] 如图所示的各电场中, A 、 B 两点的电场强度相同的是 ()



[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		

(续表)

	等量异种点电荷	等量同种(正)点电荷
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

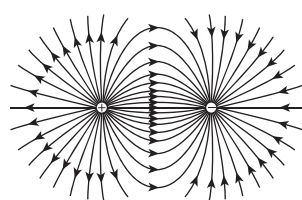
(续表)

	等量异种点电荷	等量同种(正)点电荷
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

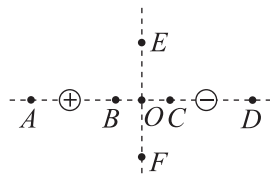
例 3 [2026·北京顺义一中高二月考] 用电场线能很直观、很方便地比较电场中各点场强的强弱. 如图甲所示是等量异种点电荷形成电场的电场线, 图乙是场中的一些点, O 是电荷连线的中点, E 、 F 是连线中垂线上相对 O 点对称的两点, B 、 C 和 A 、 D 也相对 O 对称. 关于电场强

度的比较, 下列说法错误的是

()



甲



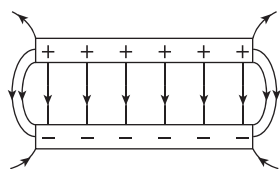
乙

- A. B 、 C 两点场强大小和方向都相同
 B. A 、 D 两点场强大小相等, 方向相反
 C. E 、 O 、 F 三点比较, O 点场强最强
 D. B 、 O 、 C 三点比较, O 点场强最弱

[反思感悟]

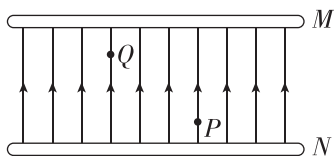
学习任务三 匀强电场的理解和计算

[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.



[反思感悟]

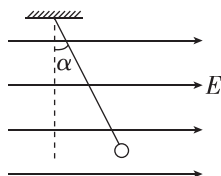
例 4 (多选) 如图所示, 水平放置的两块带等量异种电荷的平行金属板 M 、 N , 它们之间的电场线是间隔相等的平行线, P 、 Q 是电场中的两点. 下列说法正确的是 ()



- 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 $E_P = E_Q$

例 5 [2024·北京日坛中学高二月考] 如图所示, 一条长为 L 的细线上端固定, 下端拴一个质量为 m 的带电荷量为 q 的小球, 将它置于一方向水平向右的匀强电场中, 当细线与竖直方向夹角为 α 时, 小球处于静止状态, 重力加速度为 g . 求:

- (1) 小球所带电性;
 (2) 小球所受电场力的大小;
 (3) 匀强电场的场强大小.



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]

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.

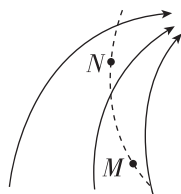
2. 分析方法

- (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 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 ()

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

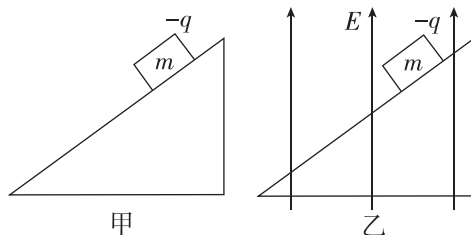


专题强化二 带电体在静电场中的受力和运动分析

[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变速状态,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 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 ()



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

| 素养提升 |

非点电荷电场强度的叠加问题

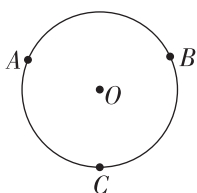
- 等效法:**在保证效果相同的前提下,将复杂的电场情景变换为简单的或熟悉的电场情景.
- 对称法:**利用空间上对称分布的电荷形成的电场具有对称性的特点,可使复杂电场的叠加计算大大简化.
- 补偿法:**将有缺口的带电圆环或圆板补全为圆环或圆板,或将半球面补全为球面,从而化难为易、事半功倍.

- 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.
- 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.

示例 1 (对称法)[2025·北京和平街一中高二期中] 如图所示,以 O 点为圆心的圆上有 A 、 B 、 C 三点, A 、 B 、 C 三点将圆三等分,其中 A 、 B 的连线水平.在 A 、 B 两点各固定一个电荷量为 $+Q$ 的点电荷,在 C 点固定一个电荷量为 $-Q$ 的点电荷.圆的半径为 R ,则 O 点的电场强度大小和方向为 ()

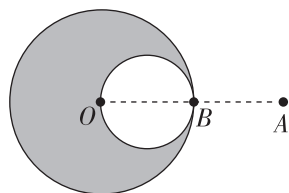
- A. 电场强度为零
B. 电场强度为 $\frac{kQ}{R^2}$,方向竖直向上
C. 电场强度为 $\frac{2kQ}{R^2}$,方向竖直向下
D. 电场强度为 $\frac{3kQ}{R^2}$,方向竖直向下



示例 2 (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 ,

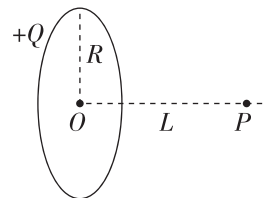
球的体积公式为 $V = \frac{4}{3}\pi r^3$,则 A 点处的电场强度大小为 ()

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



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

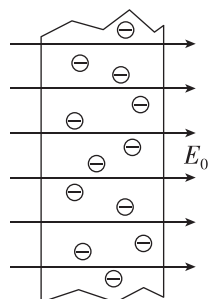


4 静电的防止与利用

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:

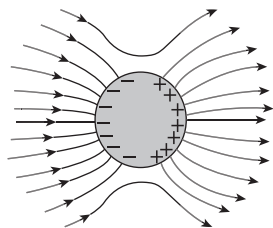
(1)自由电子定向移动的原因:自由电子受到_____的



静电力作用而定向移动,运动方向与电场的方向_____.

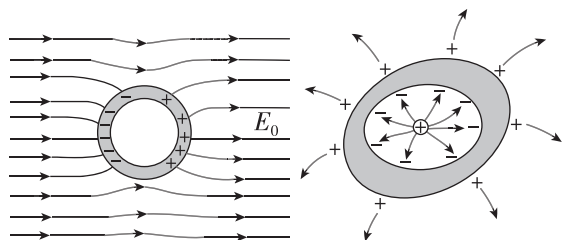
(2)自由电子不能一直定向移动的原因:感应电荷产生的_____与外加电场方向_____,阻碍电子的定向移动,当这两个电场的电场强度大小_____时,电子的定向移动终止.

【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】

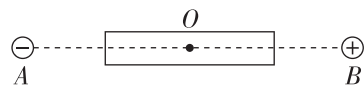
1. 静电平衡时,导体内的自由电子不再定向移动. ()
2. 静电平衡时,外加电场在导体内部的电场强度为零. ()
3. 静电平衡时,导体上的电荷都分布在表面,导体内部没有净剩电荷. ()

学习任务二 尖端放电

【教材链接】 阅读教材,完成下列填空.

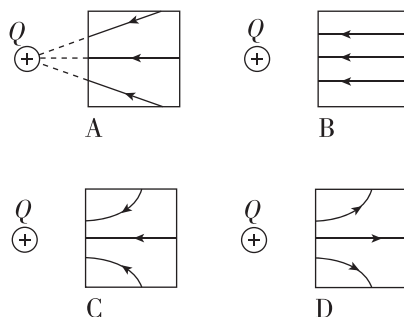
1. 在导体的外表面,越尖锐的位置,电荷的_____越大,周围的电场强度越大.
2. 电离:导体尖端周围的强电场使空气中残留的带电粒子发生剧烈运动,并与空气分子碰撞,从而使空气分子中的正、负电荷_____的现象.
3. 尖端放电:导体尖端周围被强电场电离的粒子中,所带电荷与导体尖端的电荷符号相反的

例1 [2024·北京育才学校高二期中] 如图所示,真空中两个点电荷 A 、 B 电荷量分别为 $-Q$ 和 $+2Q$,相距为 L ,若在其连线上放一导体棒,导体棒的中心位于两电荷连线的中点 O ,当达到静电平衡时,棒内 O 点处的场强是 ()



- A. 零
- B. $\frac{12kQ}{L^2}$,方向向左
- C. $\frac{4kQ}{L^2}$,方向向右
- D. $\frac{3kQ}{L^2}$,方向向右

例2 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 ()



【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.

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】

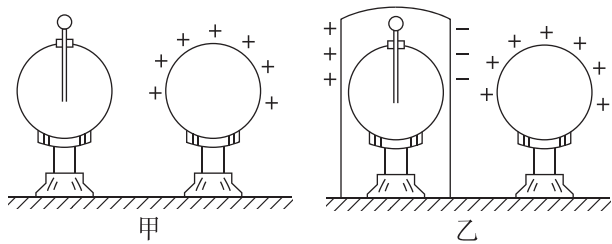
1. 在导体外表面,越平滑、凹陷的位置电荷的密度(单位面积的电荷量)越大. ()

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. ()

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.

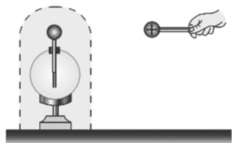


- (3)像这样放入电场中的导体壳,由于_____,壳内电场强度为_____,外电场对壳内的仪器不会产生影响,金属壳的这种作用叫作静电屏蔽.

例 4 [2025·北京二十中高二月考] 如图所示,用金属网把不带电的验电器罩起来,再使带电金属球靠近金属网,则下列说法正确的是 ()

- 例 3** (多选)关于避雷针,以下说法正确的是 ()
- A. 避雷针避雷是中和云层中的异种电荷
- B. 避雷针避雷利用了尖端放电现象
- C. 为了美观,通常把避雷针顶端设计成球形
- D. 避雷针安装在高大建筑物顶部,且必须接地

- A. 验电器的箔片张开
- B. 金属球带电荷足够多时验电器的箔片才会张开
- C. 金属网罩内部电场强度为零
- D. 金属网罩不带电



【要点总结】

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	

学习任务四 静电吸附

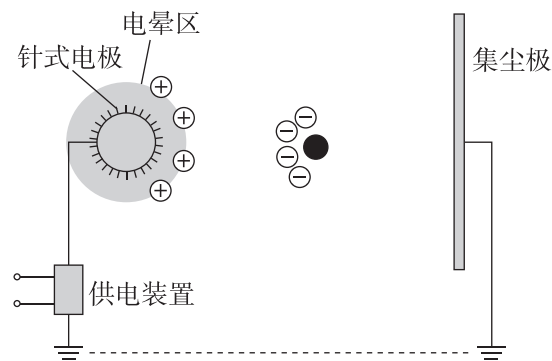
[教材链接] 阅读教材,完成下列填空.

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 [2025·北京八中高二期] 电晕放电在电选矿、静电除尘等方面均有广泛应用.以针板式电晕放电为例,如图,针式电极周围空气在高电压作用下发生电离,在周围产生电晕区,生成正离子和负离子.电晕区的负离子在电场力的作用下向集尘极移动,途中黏附在灰尘上,并在电场力作用下继续向集尘极移动,最后沉积在集

尘极上. 下列说法正确的是 ()

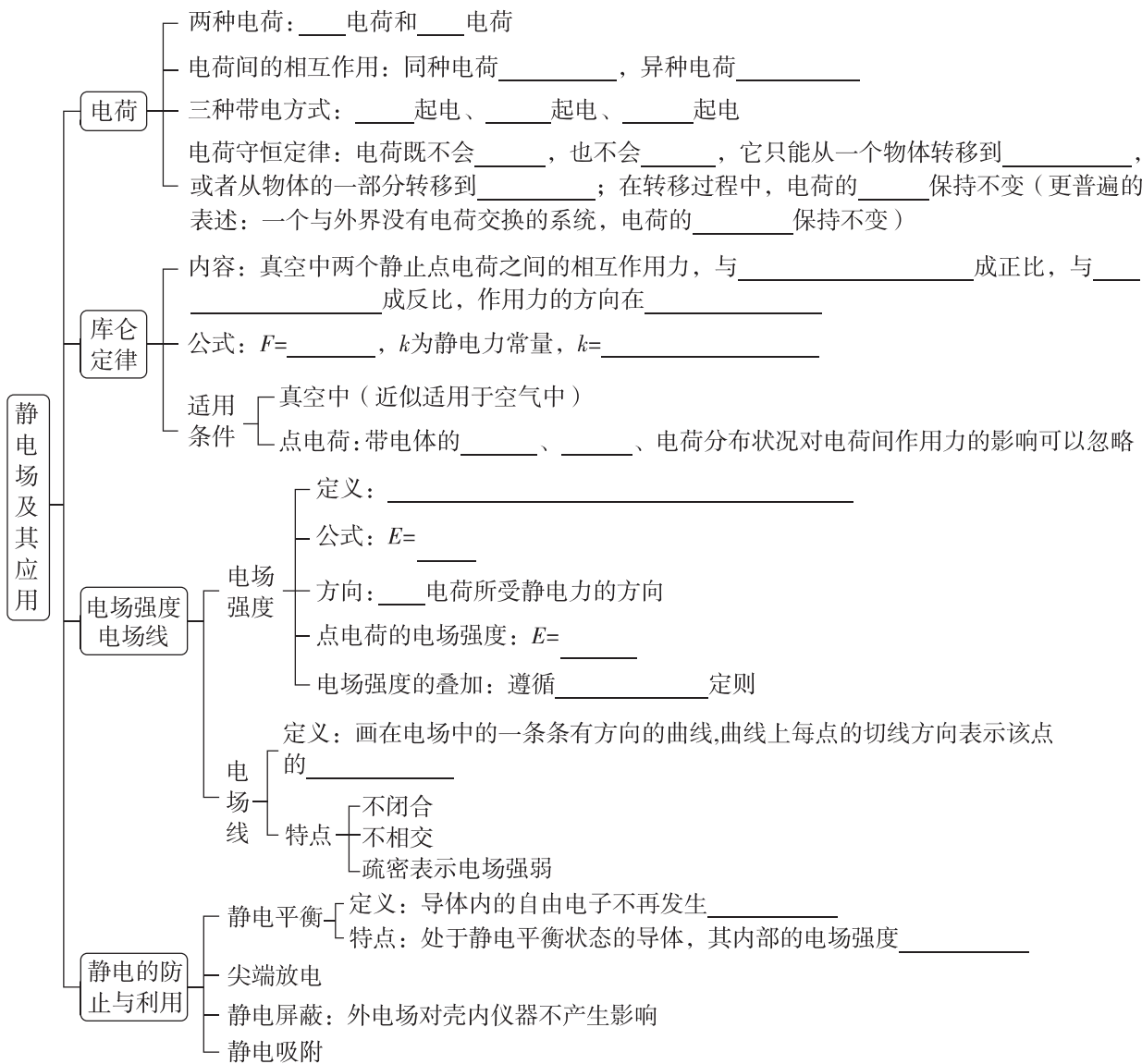


- A. 供电装置上端为电源正极, 下端为电源负极
- B. 针式电极附近电场较弱
- C. 带电灰尘飞向集尘极的过程中, 动能增大
- D. 带电灰尘飞向集尘极的过程中, 做匀加速直线运动

[反思感悟] _____

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

$$\text{为 } k \frac{q_2}{r^2}$$

- 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

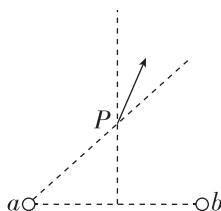
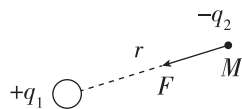
3. 图中箭头所示的是真空中两点电荷中垂线上某点 P 的场强方向,关于两点电荷带电性质以及电荷量多少的判断,下列选项中正确的是 ()

- 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 带负电, b 带正电

- D. $Q_b > Q_a$, a 带正电, b 带负电



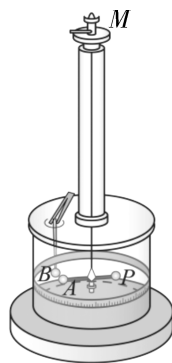
力与距离的关系.库仑作了三次记录:第一次两小球相距 36 个刻度,第二次为 18 个刻度,第三次约为 9 个刻度;悬丝的扭转角度:第一次为 36° ,第二次为 144° ,则第三次约为 ()

- A. 108°

- B. 216°

- C. 288°

- D. 576°



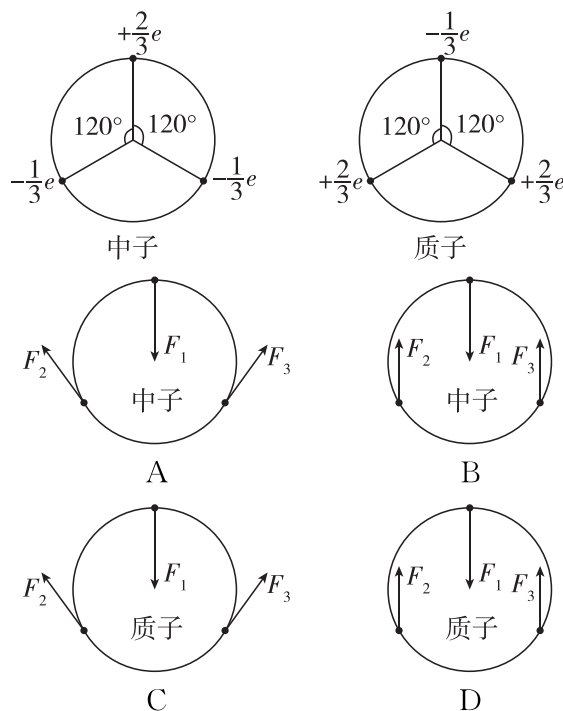
易错点 4 应用库仑定律公式时考虑不全面

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 ()



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