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

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

长江出版传媒
崇文書局

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 …… 110

专题课：静电力作用下的平衡 …… 112

3　电场　电场强度 …… 114

第 1 课时　电场强度、电场强度的叠加 …… 114

第 2 课时　电场线、匀强电场 …… 117

专题课：电场的力的性质 …… 119

4　静电的防止与利用 …… 122

知识整合与通关（九） …… 126

10 第十章　静电场中的能量
PART TEN

1　电势能和电势 …… 128

2　电势差 …… 130

3　电势差与电场强度的关系 …… 133

专题课：电场的能的性质 …… 135

专题课：电场线和等势面的综合应用 …… 137

4　电容器的电容 …… 139

第 1 课时　电容　实验：观察电容器的充、放电现象 …… 139

第 2 课时　平行板电容器　电容器动态分析 …… 143

5　带电粒子在电场中的运动 …… 145

专题课：带电粒子在重力场与电场中的运动 …… 147

专题课：带电粒子在交变电场中的运动 …… 149

知识整合与通关（十） …… 151

11 第十一章　电路及其应用
PART ELEVEN

1　电源和电流 …… 153

2　导体的电阻 …… 156

3　实验：导体电阻率的测量 …… 158

第 1 课时　测量工具的使用及实验电路的基础设计 …… 158

第 2 课时　导体电阻率的测量 …… 160

4　串联电路和并联电路 …… 162

第 1 课时　串联电路和并联电路　滑动变阻器两种接法 …… 162

第 2 课时　电流表的内接法和外接法　电表的改装 …… 165

5　实验：练习使用多用电表 …… 168

专题课：测量电阻的其他方法 …… 172

知识整合与通关（十一） …… 177

12 第十二章　电能　能量守恒定律
PART TWELVE

1　电路中的能量转化 …… 179

2　闭合电路的欧姆定律 …… 181

专题课：闭合电路的功率和效率　两类 U-I 图像 …… 184

专题课：闭合电路的动态分析、含有电容器的电路 …… 186

3　实验：电池电动势和内阻的测量 …… 188

4　能源与可持续发展 …… 192

知识整合与通关（十二） …… 194

13 第十三章　电磁感应与电磁波初步
PART THIRTEEN

1　磁场　磁感线 …… 196

2　磁感应强度　磁通量 …… 199

3　电磁感应现象及应用 …… 201

4　电磁波的发现及应用 …… 203

5　能量量子化 …… 205

知识整合与通关（十三） …… 207

◆ 参考答案 …… 209

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

[教材链接] 阅读教材，完成下列填空.

(1)两种电荷：正电荷和负电荷.

(2)电荷量(Q 或 q)：电荷的多少. 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：原子是由带正电的质子、不带电的中子以及带负电的电子组成的. 每个原子中质子的正电荷数量与电子的负电荷数量一样多，所以整个原子对外界表现为电中性.

(5)金属导电的原因：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_____，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移动，只有_____穿梭其中，这就使金属成为导体. 绝缘体之所以不导电是因为其中几乎不存在能自由移动的电荷.

(6)摩擦起电：

①由于_____而使物体带电的方式叫作摩擦起电.

②实质：当两种物质组成的物体相互摩擦时，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负电，失去电子的物体则带_____电，本质上是_____造成的.

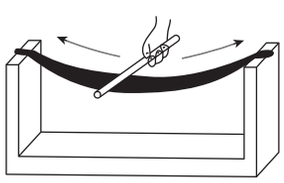
【辨别明理】

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.　(　)

3. 摩擦起电现象使本来没有电子和质子的物体中产生电子和质子.　(　)

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]

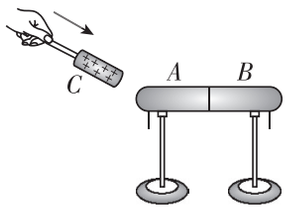
学习任务二　静电感应　验电器

[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，由于电荷间相互吸引或排斥，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：利用静电感应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.

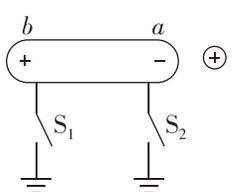


(1)把带正电荷的物体 C 移近导体 A，金属箔片_____(选填“张开”或“不变”).

(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，把一个不带电的枕形导体靠近带正电的小球，由于静电感应，在 a、b 两端分别出现负、正电荷，则以下说法正确的是 (　　)



A. 闭合开关 S_1，有电子从枕形导体流向大地

B. 闭合开关 S_2，有电子从枕形导体流向大地

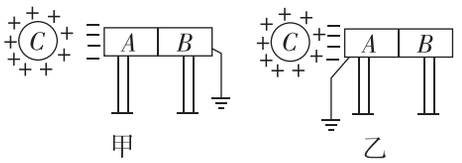
C. 闭合开关 S_1，有电子从大地流向枕形导体

D. 闭合开关 S_2，没有电子通过开关 S_2

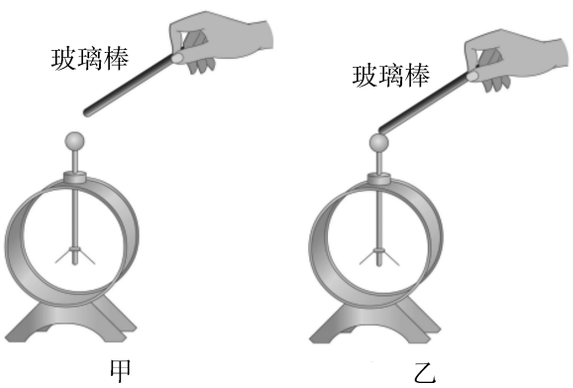
[反思感悟]

【技法点拨】

凡是遇到接地问题时，该导体与地球可视为一个更大的导体，而且该导体可视为近端，带异种电荷，地球可视为远端，带同种电荷，如图所示.



例 3 [2026·天津滨海区高二期末] 用丝绸摩擦过的玻璃棒先靠近不带电的验电器的金属球，验电器的金属箔张开，如图甲所示；再将玻璃棒与金属球接触，验电器的金属箔仍张开，如图乙所示，则下列判断正确的是 (　　)



A. 甲、乙两图使验电器的带电方式相同

B. 甲、乙两图中验电器的总带电荷量均为零

C. 甲图中，玻璃棒靠近金属球的过程中，验电器金属杆有向上的瞬时电流

D. 甲、乙两图中的金属箔均带正电

学习任务三　电荷守恒定律　元电荷

[教材链接] 阅读教材，完成下列填空.

(1)电荷守恒定律：

①内容：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.

(2)元电荷

①元电荷：最小的_____，即_____所带电荷量的大小. 所有带电体所带电荷量只能是元电荷的_____.

②元电荷的值 $e=$_____，由物理学家_____测定.

③比荷：带电体的_____与_____的比值叫作比荷.

电子的比荷为：$\frac{e}{m_e}=1.76\times10^{11}\ \mathrm{C/kg}$.

(3)接触起电

将一个带电体与另一个不带电的导体接触，就可以使不带电的物体带上与带电体电性相同的电荷，叫作接触起电.

[科学思维] 三种起电方式的比较

使物体带电的方法	本质	电荷的总量	起电的共性本质
摩擦起电	电子从一个物体转移到另一个物体	不变	本质都是_____，起电并不是创造了电荷，也没有电荷消失
接触起电	电子从一个物体_____	_____	
感应起电	电子从物体的一部分_____	_____	

【辨别明理】

1. 所谓“电荷的中和”是正、负电荷一起消失了. (　)

2. 摩擦起电是创造了电荷，从而使物体带电. (　)

3. 物体所带的电荷量可以为任意实数. (　)

例 4 (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$+1.60\times10^{-9}$ C，这是因为该物体失去了1.0×10^{10}个电子

D. 物体所带电荷量的最小值为1.60×10^{-19} C

例 5 有三个相同的金属小球A、B、C，其中A小球带有3×10^{-3} C的正电荷，B小球带有2×10^{-3} 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，试求这时三个小球的带电荷量分别为多少?

【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. $Q_1'=Q_2'=\dfrac{Q_1+Q_2}{2}$.

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. $Q_1'=Q_2'=\dfrac{Q_1-Q_2}{2}$.

随堂巩固

1. (电荷和元电荷)[2026·河南省实验中学高二期中] 在物理学的发展历程中，对于电荷的研究至关重要. 从早期对静电现象的观察，到后来对电荷本质的深入探索，科学家们付出了巨大的努力. 下列关于电荷的说法正确的是 (　)

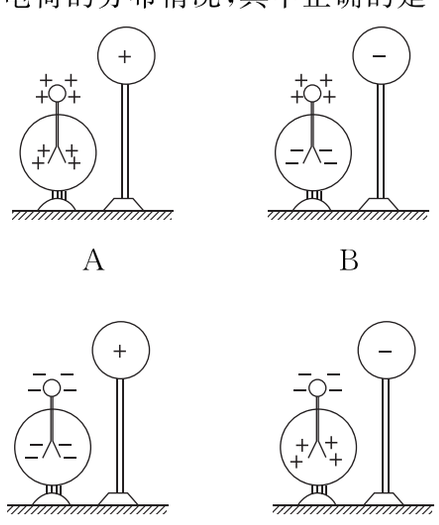
A. 元电荷就是质子

B. 库仑首先区分了正电荷和负电荷

C. 某带电体的电荷量可能为3×10^{-16} C

D. 电荷量是可以连续变化的

2. (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 (　)



3.（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　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)定义：当带电体之间的距离比它们自身的大小_____，以致带电体的_____、_____及_____对它们之间的作用力的影响可以忽略时，这样的带电体可以看作带电的点，叫作_____.

(2)带电体看成点电荷的条件：带电体本身的大小_____它们之间的距离.

(3)点电荷是一个_____，与力学中的质点类似.

例 1 [2026·广东汕尾高二期末] 下列关于点电荷的说法正确的是（　）

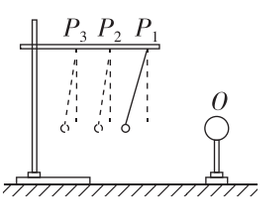
A. 点电荷是一种理想化模型

B. 点电荷是指体积很小的带电体

C. 点电荷是指电荷量很少的带电体

D. 只有带电的金属球才可视为点电荷

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

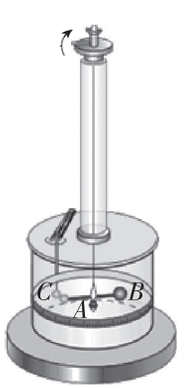
B. 保持 Q、q 不变，减小 d，则 θ 变大，说明 F 与 d 成反比

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

学习任务二　库仑定律的理解和应用

[科学探究] 如图所示的实验装置为库仑扭秤.



(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 $F\propto\frac{1}{r^2}$.

②力 F 与 q_1 和 q_2 的乘积成正比，即 $F\propto q_1q_2$.

[教材链接] 阅读教材，完成下列填空.

(1)库仑定律

①内容：真空中两个静止点电荷之间的相互作用力，与它们的_____成正比，与它们的距离的_____成反比，作用力的方向在_____，这个规律叫作库仑定律. 这种电荷之间的相互作用力叫作_____或_____.

②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；$k=$_____ $N\cdot m^2/C^2$，叫作静电力常量.

③适用条件：a. _____；b. _____.

【辨别明理】

1. 两电荷的电荷量越大，它们间的静电力就越大. (　)

2. 两点电荷之间的作用力是相互的，其方向相反，但电荷量大的电荷对电荷量小的电荷作用力大. (　)

3. 只要是均匀的球形带电体，不管球的大小如何，都能看作点电荷. (　)

例 3 [2026·陕西榆林高二期中] 对于库仑定律，下面说法中正确的是 (　)

A. 计算两个带电体间的相互作用力，都可以使用公式 $F=k\frac{Q_1Q_2}{r^2}$ 计算

B. 真空中两个静止的点电荷，若它们的电荷量不相同，它们之间的库仑力大小可能不相等

C. 真空中两个静止的点电荷的电荷量各减为原来的一半，它们之间的距离保持不变，则它们之间的库仑力变为原来的四分之一

D. 两带电体在真空中的距离趋近于 0 时，库仑力趋近无穷大

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

【要点总结】

库仑定律表达式 $F=k\frac{q_1q_2}{r^2}$ 适用于点电荷，当 $r\to0$ 时，带电体不能看作点电荷，库仑定律及其表达式不再适用.

学习任务三　静电力的叠加

[教材链接] 阅读教材，完成下列填空.

如果存在两个以上点电荷，那么每个点电荷都要受到其他所有点电荷对它的作用力. 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_____.静电力具有力的一切性质，静电力叠加的本质是矢量叠加，满足_____.

[科学思维] 静电力叠加的分析思路

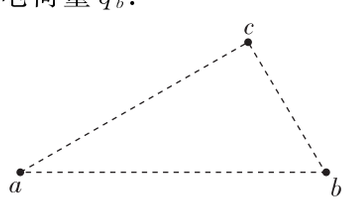
(1)两个点电荷之间的作用力不因第三个点电荷的存在而改变.

(2)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.

例 4 [2026·湖南湘潭一中高二期中] 如图所示，在三角形的三个顶点 a、b、c 处分别固定三个点电荷，a、b 两处的点电荷都带正电，c 处点电荷所受库仑力的合力的方向垂直于 a、b 的连线向下，已知 a 处点电荷所带的电荷量为 Q，$\angle acb=90°$，$\angle cab=30°$.

(1)试判断 c 处点电荷的电性；

(2)求 b 处点电荷的带电荷量 q_b.



随堂巩固

1. （点电荷和库仑定律）（多选）[2026·河北石家庄一中高二月考] 关于库仑定律，下列说法正确的是（　）

A. 库仑定律适用于点电荷，点电荷现实是存在的

B. 库仑定律是一条实验定律

C. 所带电荷量分别为 Q 和 $3Q$ 的点电荷 A、B 相互作用时，B 受到的静电力是 A 受到的静电力的 3 倍

D. 库仑定律的适用条件是真空和静止点电荷

2. （库仑定律与电荷守恒定律）[2026·浙江育英中学高二期末] 真空中有两个相同金属小球，可视为点电荷，带电荷量分别为 $+4q$ 和 $-2q$，固定在相距为 r 的两处，它们间的库仑力大小为 F. 两者相互接触后再固定在相距为 $2r$ 的两处，则此时两球间的库仑力大小为（　）

A. $\frac{1}{4}F$　　B. $\frac{1}{8}F$

C. $\frac{1}{16}F$　　D. $\frac{1}{32}F$

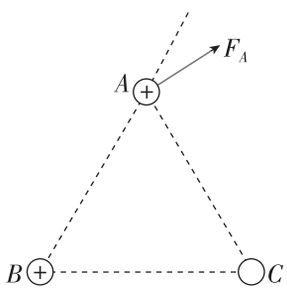
3. （静电力的叠加）如图所示，有三个点电荷 A、B、C 位于一个等边三角形的三个顶点上，已知 A、B 都带正电荷，A 所受 B、C 两个电荷的静电力的合力如图中 F_A 所示，则可以判定点电荷 C 的电性（　）

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



专题课：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. 三个自由电荷的平衡问题

(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.

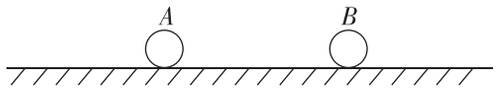
(3)对于三个自由电荷的平衡问题，只需对其中两个电荷列平衡方程，不必再对第三个电荷列平衡方程.

2. 两个电荷固定，第三个电荷平衡问题

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　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？

例 2（多选）[2026·江西南昌高二期中] 如图所示，光滑水平面上有 A、B 两个带电点电荷，质量均为 m，电荷量分别为 $4Q$ 和 $-36Q$，在真空中相距 $4l$. 已知静电力常量为 k. 现引进第三个点电荷 C，正好使三个点电荷均处于平衡状态，则点电荷 C （ ）



A. 应放在 A 的左侧 $2l$ 处

B. 应放在 A 的左侧 $3l$ 处

C. 电荷量为 $-9Q$

D. 电荷量为 $16Q$

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：

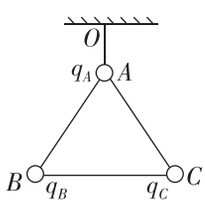
(1)确定研究对象：如果有几个物体相互作用，要依据题意，适当选取“整体法”或“隔离法”.

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

(3)根据 $F_{合}=0$ 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，用三根长度相同的绝缘细线将三个带电小球连接后悬挂在空中，三个带电小球质量相等，A 球带正电，平衡时三根绝缘细线都是直的，但拉力都为零. 则 （ ）



A. B 球和 C 球都带负电荷

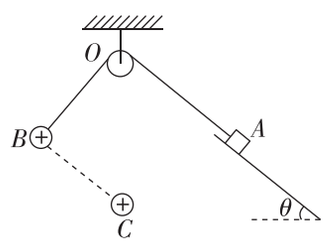
B. B 球带负电荷，C 球带正电荷

C. B 球和 C 球所带电荷量不一定相等

D. B 球和 C 球所带电荷量一定相等

[反思感悟]

例 4 [2026·浙江宁波高二期中] 如图所示，水平天花板下方固定一光滑小定滑轮 O，在定滑轮的正下方固定一带正电的点电荷 C，带正电的小球 B 通过跨过定滑轮的绝缘轻绳与不带电的滑块 A 相连，滑块 A 放在倾角为 θ 的粗糙斜面上. 开始时系统在图示位置静止，C 正缓慢漏电，已知连接滑块 A 的轻绳始终和斜面平行，滑块 A 始终不动，则 （ ）



A. BC 间的距离随 C 的带电荷量减少均匀变化

B. C 对 B 的库仑力一定减小

C. A 所受摩擦力可能减小

D. 滑轮受到轻绳的作用力减小

[反思感悟]

学习任务三　含库仑力的动力学问题

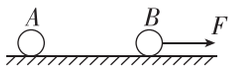
[科学思维] 静电力作用下的加速问题可以归纳为“电学问题、力学方法”，遵循力学规律和力的运算法则. 在分析具体问题时应注意：

(1)受力分析：除分析重力、弹力、摩擦力等之外，还要分析静电力的作用.

(2)状态分析：通过分析确定带电体运动状态.

(3)根据问题情境和提供的条件选取适当的物理规律列方程求解.

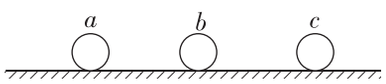
例 5 如图所示，光滑绝缘水平面上有质量分别为 m 和 $2m$ 的带有异种电荷的小球 A、B（A、B 可视为质点），在 B 球上施加水平向右、大小为 F 的作用力后，当两小球保持相对静止时，A、B 球间的距离为 L；若改用方向水平向左、大小为 $\frac{F}{2}$ 的力作用在 A 球上后，两小球仍能保持相对静止时，则 A、B 球间的距离为 （ ）



A. $4L$　　B. $2L$　　C. L　　D. $\frac{1}{2}L$

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 （ ）



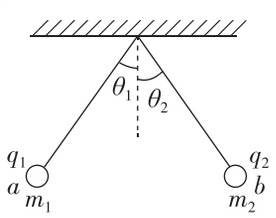
A. a 对 b 的静电力一定是引力

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）两个质量分别为 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 （ ）



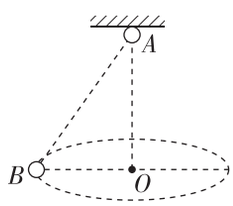
A. 若 $m_1>m_2$，则 $\theta_1>\theta_2$

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.（含库仑力的动力学问题）（多选）质量为 m 的带电小球 A 固定在绝缘天花板上，电荷量为 $+Q$ 的带电小球 B 质量也为 m，A 和 B 都可以视为点电荷，B 在空中水平面内绕 O 点做半径为 R 的匀速圆周运动，如图所示. 已知小球 A、B 间的距离为 $2R$，重力加速度为 g，静电力常量为 k，则下列说法正确的是 （ ）



A. B 球受到重力、库仑力、向心力三个力作用

B. A 球带负电

C. A 球的电荷量绝对值大小为 $\frac{8\sqrt{3}mgR^2}{kQ}$

D. B 球转动的周期为 $2\pi\sqrt{\frac{\sqrt{3}R}{g}}$

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特殊物质，电荷与电荷之间的力的作用通过电场来实现. 静止电荷产生的电场，叫作静电场.

(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：$E=$_____；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:描述电场的强弱和方向的物理量,是矢量.

[物理观念] 试探电荷与场源电荷

(1)试探电荷: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,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_____.

【辨别明理】

1. $E=\dfrac{F}{q}$中的q是场源电荷. (　)

2. 若在电场中某点放置负试探电荷,则该点的电场强度方向与放置正试探电荷时相反. (　)

例 1 由电场强度的定义式$E=\dfrac{F}{q}$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

[反思感悟]

【要点总结】

(1)公式$E=\dfrac{F}{q}$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$E=\dfrac{F}{q}$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.

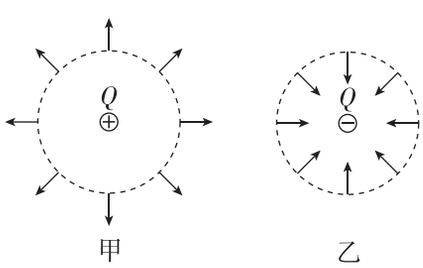
学习任务二　点电荷的电场　电场强度的叠加

[教材链接] 阅读教材,完成下列填空.

(1)点电荷的电场

①点电荷是最简单的场源电荷,一个电荷量为Q的点电荷,在与之相距r处的电场强度为_____;

②如图所示,如果以电荷量为Q的点电荷为中心作一个球面,则球面上各点的电场强度_____,若Q为正电荷,电场强度E的方向沿半径_____;若Q为负电荷,电场强度E的方向沿半径_____.

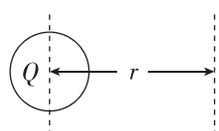


甲　　乙

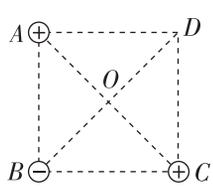
(2)电场强度的叠加

①如果场源是多个点电荷,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.

②如图所示,均匀带电球体(或球壳)外某点的电场强度:$E=k\dfrac{Q}{r^2}$,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.



例 2 如图所示,三个点电荷所带电荷量的绝对值均为Q,分别固定在正方形$ABCD$的三个顶点上,正方形边长为a,对角线交点为O,则D点与O点的电场强度大小之比为 (　)



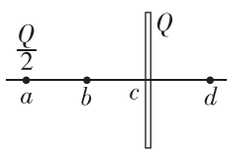
A. $\dfrac{2\sqrt{2}-1}{4}$　　B. $\dfrac{2\sqrt{2}+1}{4}$

C. $\dfrac{\sqrt{2}}{2}$　　D. $\dfrac{1}{4}$

例 3 [2025·内蒙古包头一中高二月考] 如图所示，一电荷量为 Q 的均匀带正电细棒，在过中点 c 垂直于细棒的直线上有 a、b、d 三点，且 $ab=bc=cd=L$，在 a 点处有一电荷量为 $\frac{Q}{2}$ 的固定正点电荷，已知 b 点处的场强为零，则 d 点处场强的大小为（k 为静电力常量） （ ）

A. $k\frac{5Q}{9L^2}$　B. $k\frac{3Q}{L^2}$

C. $k\frac{3Q}{2L^2}$　D. $k\frac{9Q}{2L^2}$



[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)关于电场的说法中正确的是 （ ）

A. 电场不是客观存在的物质，是为了研究电场力而假想的

B. 两电荷之间的相互作用力是一对平衡力

C. 电场是客观存在的物质，是由分子、原子等实物粒子组成的

D. 电场的基本性质是对放入其中的电荷产生力的作用

2. (电场强度的理解)[2026·辽宁朝阳高二开学考] 下列关于电场强度的两个表达式 $E=\frac{F}{q}$ 和 $E=k\frac{Q}{r^2}$ 的叙述，正确的是 （ ）

A. $E=\frac{F}{q}$ 是电场强度的定义式，F 是放在电场中的电荷所受的力，q 是产生电场的电荷量

B. 由电场强度的定义式 $E=\frac{F}{q}$ 可知，电场强度 E 跟 F 成正比，跟 q 成反比

C. $E=k\frac{Q}{r^2}$ 是点电荷场强的计算公式，Q 是产生电场的电荷量，它不适用于匀强电场

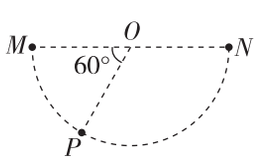
D. 在点电荷 Q 产生的电场中，距 Q 为 r 的某位置，放入的检验电荷的电荷量越大，检验电荷受力也越大，该处的电场强度也越大

3. (点电荷的电场)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)[2026·湖南岳阳一中高二月考] 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，$\angle MOP=60°$. 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∶$\sqrt{3}$

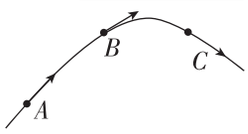
第 2 课时　电场线、匀强电场

学习任务一　电场线的理解

[教材链接] 阅读教材，完成下列填空.

1. 物理学家_____首先用电场线描述电场.

2. 电场线是画在电场中的一条条_____的曲线，曲线上每点的_____表示该点的_____方向. 电场线是假想的，实际电场中并不存在，它是用来形象地描述电场强弱与方向特性的一簇曲线.



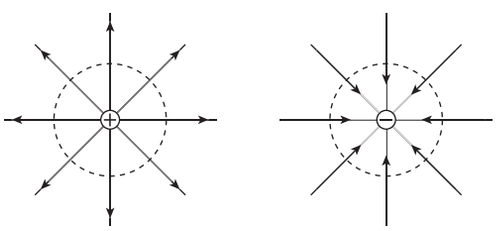
3. 静电场电场线的特点

(1)电场线从_____出发，终止于_____.

(2)电场线在电场中_____，这是因为在电场中任意一点的电场强度不可能有两个方向.

(3)电场线的_____可以用来比较各点电场强度的大小. 电场强度较大的地方电场线较密，电场强度较小的地方电场线较疏.

[科学探究] 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.

(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. 电场线就是电荷在电场中的运动轨迹. (　)

2. 静电场电场线永不闭合. (　)

3. 在同一电场中，同一试探电荷在电场线密集的地方所受静电力大. (　)

例 1 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 (　)



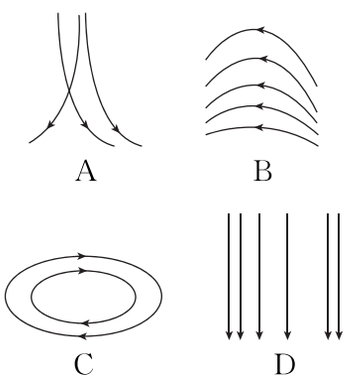
A. 电场线是真实存在的

B. 图中黑线就是电场线

C. 电极周围存在着电场

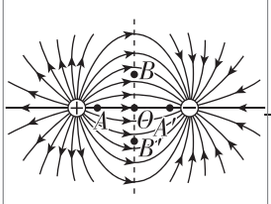
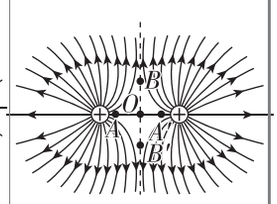
D. 只在图中黑线处存在电场

变式 1 [2026·四川雅安高二期末] 以下静电场的电场线分布图，可能正确的是 (　)



学习任务二　等量异种点电荷与等量同种点电荷的电场线

[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		

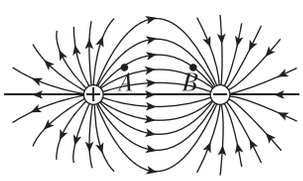
(续表)

	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

（续表）

	等量异种点电荷	等量同种(正)点电荷
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 2 [2026·安徽芜湖一中高二期中] 用电场线能很直观、很方便地比较电场中各点的电场强度强弱. 如图是等量异种点电荷形成电场的电场线，A、B 为同一电场线上的两点，以下说法正确的是 (　　)



A. A、B 两点电场强度相同

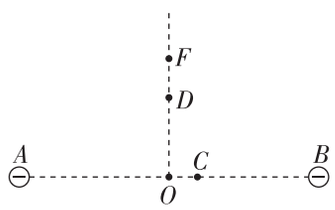
B. 两个电荷连线(直线)上的电场强度，连线中点电场强度最小

C. 将一正点电荷从 A 点无初速度释放，一定会沿电场线运动到 B 点

D. 两个电荷连线(直线)的中垂线上各点电场强度方向相同，大小相等

[反思感悟]

变式 2 [2026·东北师范大学附属中学高二月考] 两个电荷量相同的负点电荷固定在水平面上的 A、B 两点，O 点是两个点电荷连线的中点，C 点位于点电荷的连线上，D、F 两点位于中垂线上，如图所示. 下列说法正确的是 (　　)



A. O 点的场强不为零

B. D 点的场强方向竖直向上

C. F 点的场强一定比 D 点的场强小

D. C 点的场强方向水平向右

学习任务三　匀强电场

[教材链接] 阅读教材，完成下列填空.

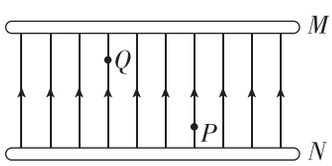
1. 定义：如果电场中各点的电场强度的_____相等、_____相同，这个电场就叫作匀强电场.

2. 特点：

(1)匀强电场的电场线是相互_____且_____的直线；

(2)电场线的疏密程度_____，即电场线分布_____.

例 3 (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 (　　)



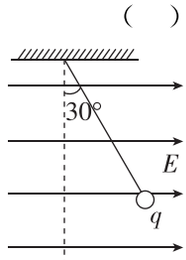
A. M 板带正电、N 板带负电

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 4 如图所示，用一条绝缘轻绳悬挂一个带正电的小球，小球质量为 m，所带电荷量为 q. 现加水平方向的匀强电场，平衡时绝缘绳与竖直方向夹角为 30°，重力加速度为 g. 下列选项正确的是 (　　)



A. 匀强电场的电场强度大小等于 $\dfrac{\sqrt{3}mg}{3q}$

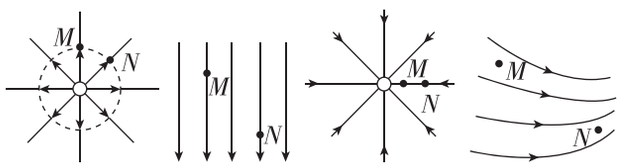
B. 小球受到的电场力大小等于 $\sqrt{3}mg$

C. 匀强电场的电场强度大小等于 $\dfrac{\sqrt{3}q}{3mg}$

D. 小球受到的拉力大小等于 $\sqrt{3}mg$

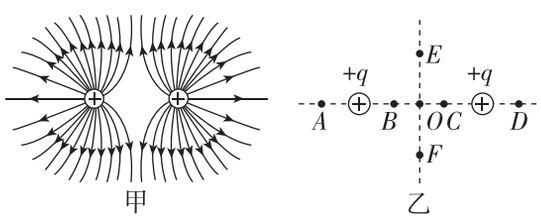
随堂巩固

1.（电场线、匀强电场）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中虚线是一个圆，图B中几条直线间距相等且互相平行，则在选项A、B、C、D中M、N两处电场强度相同的是（　）



A　　B　　C　　D

2.（等量同种点电荷形成的电场）（多选）[2026·安徽铜陵中学高二期中] 电场线能直观、方便的反映电场的分布情况. 如图甲是等量同种正点电荷形成电场的电场线，图乙是电场中的一些点；O是两正点电荷连线的中点，E、F是连线中垂线上关于O对称的两点，B、C和A、D是两正点电荷连线上关于O对称的两点. 则（　）



甲　　乙

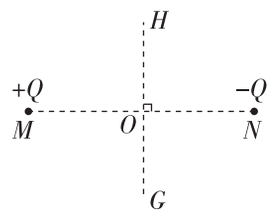
A. E、F两点场强相同

B. A、D两点场强大小相等

C. B、O、C三点中，O点场强最小

D. 从E向O运动的电子受到的电场力逐渐减小

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

学习任务一　非点电荷电场的电场强度的叠加问题

[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.

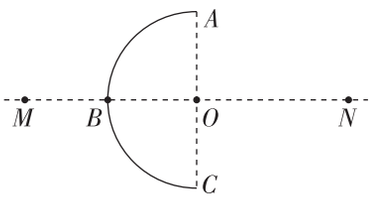
（2）对称法：利用空间上对称分布的电荷形成的电场具有对称性的特点，可使复杂电场的叠加计算大大简化.

（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 1（等效法）[2026·重庆九校高二期中] 如图所示，ABC 为半径为 R 的半球壳，ABC 整个球壳上均匀分布有正电荷，总电荷量为 $+2Q$，O 为球心，M、B、O、N 在同一直线上，且 $OM=ON=2R$，球壳上电荷在 M 点处的电场强度为 E，静电力常量为 k，则下列判断正确的是（　）



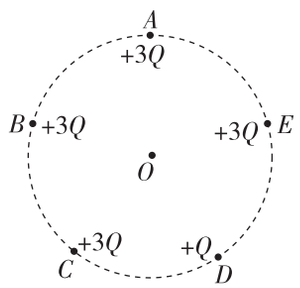
A. N 点处电场强度大小为 $k\dfrac{Q}{4R^2}-E$

B. N 点处电场强度大小为 $k\dfrac{Q}{R^2}-E$

C. N 点处电场强度大小为 $k\dfrac{Q}{R^2}$

D. N 点处电场强度大小为 $k\dfrac{Q}{4R^2}$

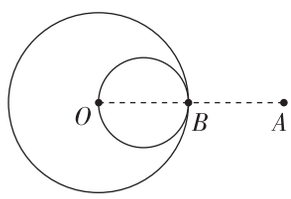
例 2（对称法）[2026·安徽合肥八中高二期中] 半径为 r 的圆周上等间距的五点 A、B、C、D、E 处分别固定如图所示的点电荷. 静电力常量为 k，则圆心 O 处的电场强度大小为（　）



A. $\dfrac{kQ}{r^2}$　　B. $\dfrac{2kQ}{r^2}$

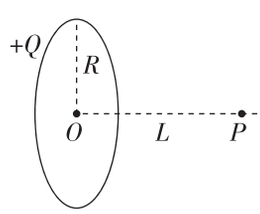
C. $\dfrac{3kQ}{r^2}$　　D. $\dfrac{4kQ}{r^2}$

例 3（补偿法）[2025·安徽蚌埠怀远高二期中] 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 的距离为 R、B 和 A 间的距离为 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 $V=\dfrac{4}{3}\pi r^3$，则挖一球形空腔后 A、B 两点电场强度大小的比值为（　）



A. $\dfrac{7}{18}$　　B. $\dfrac{5}{18}$　　C. $\dfrac{18}{7}$　　D. $\dfrac{18}{5}$

例 4（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. $\dfrac{kQ}{R^2+L^2}$

B. $\dfrac{kQL}{R^2+L^2}$

C. $\dfrac{kQR}{\sqrt{(R^2+L^2)^3}}$

D. $\dfrac{kQL}{\sqrt{(R^2+L^2)^3}}$

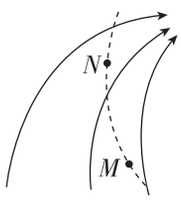
学习任务二　电场线与轨迹结合问题

[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. 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 5 [2026·广东深圳高二期中] 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 (　　)



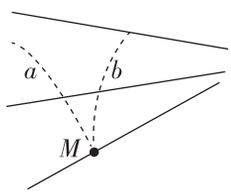
A. M、N 点的场强 $E_M>E_N$

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

学习任务三　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.

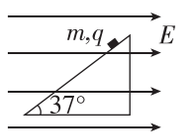
2. 根据受力情况确定带电体是处于平衡状态还是处于加速状态，分别用共点力平衡条件或者牛顿第二定律进行运动分析.

例 6 如图所示，光滑绝缘固定斜面(足够长)倾角为 37°，一带正电的小物块质量为 m、电荷量为 q，置于斜面上，当沿水平方向加如图所示的匀强电场时，带电小物块恰好静止在斜面上，从某时刻开始，电场强度变化为原来的 $\frac{1}{2}$，重力加速度为 g，求：($\sin 37°=0.6$，$\cos 37°=0.8$，g 取 10 m/s^2)

(1)原来的电场强度大小(用字母表示)；

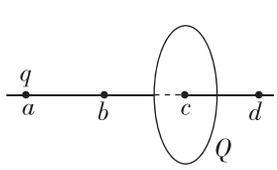
(2)小物块运动的加速度；

(3)小物块第 2 s 末的速度大小和前 2 s 内的位移大小.



随堂巩固

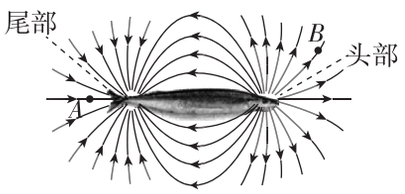
1. (对称法)如图所示，一半径为 R 的圆盘上均匀分布着电荷量为 Q 的电荷，在垂直于圆盘且过圆心 c 的轴线上有 a、b、d 三个点，a 和 b、b 和 c、c 和 d 间的距离均为 R，在 a 点处有一电荷量为 q($q>0$)的固定点电荷. 已知 b 点处的电场强度为零，则 d 点处电场强度的大小为(k 为静电力常量) (　　)



A. $k\frac{3q}{R^2}$　　B. $k\frac{10q}{9R^2}$

C. $k\frac{Q+q}{R^2}$　　D. $k\frac{9Q+q}{9R^2}$

2. (电场线与轨迹结合问题)(多选)[2026·天津南开中学高二期中]“反天刀”是生活在尼罗河的一种鱼类,沿着它身体的长度方向分布着电器官,这些器官能在鱼周围产生电场,如图为“反天刀”周围的电场线分布示意图,A、B 为电场中的点,下列说法正确的是 (　　)



A. 头部带正电,尾部带负电

B. 头部带负电,尾部带正电

C. A 点电场强度小于 B 点电场强度

D. 负离子运动到 A 点时,其加速度方向向左

3. (带电体在静电场中的受力和运动分析)在匀强电场中将一质量为 m、带电荷量为 q 的带电小球,由静止释放,带电小球运动轨迹为一直线,该直线与竖直方向夹角为 θ,如图所示.不能忽略小球的重力,重力加速度大小为 g,则匀强电场的电场强度 (　　)



A. 唯一值是 $\dfrac{mg\tan\theta}{q}$

B. 最小值是 $\dfrac{mg\sin\theta}{q}$

C. 最大值是 $\dfrac{mg\tan\theta}{q}$

D. 最小值是 $\dfrac{mg\cos\theta}{q}$

4　静电的防止与利用

学习任务一　静电平衡

[教材链接] 阅读教材,完成下列填空.

1. 静电平衡:导体内的自由电子不再发生_____的状态.

2. 处于静电平衡状态的导体,其内部的电场强度处处为_____,即外电场 E_0 和感应电荷产生的电场 E' 的关系为 $E_0=-E'$.

3. 导体上电荷的分布:

(1)静电平衡时,导体_____没有净电荷(未被抵消的电荷),电荷只分布在导体的_____.

(2)在导体外表面,越尖锐的位置,电荷的密度(单位面积的电荷量)_____,凹陷的位置几乎没有电荷.

4. 处于静电平衡状态的导体,其外表面任一点的电场强度方向跟该点的表面_____.

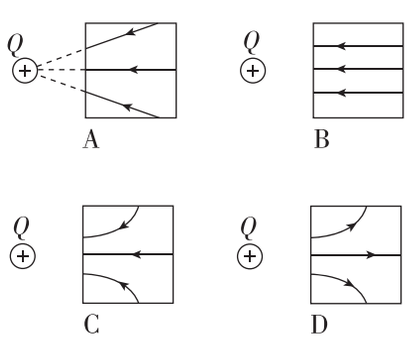
【辨别明理】

1. 处于静电平衡状态下的导体表面和内部的合电场强度均为零. (　　)

2. 静电平衡时,导体内部不再有电荷的定向移动. (　　)

3. 静电平衡状态下,导体内部的净电荷为零 (　　)

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 (　　)

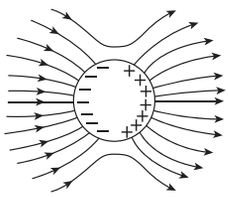


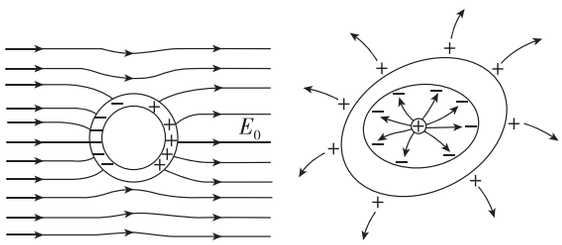
【要点总结】

静电平衡下的实心导体和空腔导体

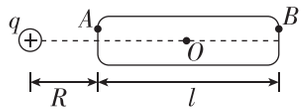
(1)实心导体:导体内部无电荷,电荷只分布在导体外表面上.

(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 2 (多选)如图所示,原来不带电、长为 l 的匀质导体棒水平放置,现将一个电荷量为 $+q(q>0)$ 的点电荷放在棒的中心轴线上且距棒的左端长为 R 处,A、B 分别为导体棒左右两端的一点,静电力常量为 k. 当棒达到静电平衡后,下列说法正确的是 (　)



A. 棒的两端都感应出负电荷

B. 棒上感应电荷在棒的中心 O 处产生的电场强度方向水平向右

C. 棒上感应电荷在棒的中心 O 处产生的电场强度方向水平向左

D. 棒上感应电荷在棒的中心 O 处产生的电场强度大小 $E=k\dfrac{q}{\left(R+\dfrac{l}{2}\right)^2}$

[反思感悟]

【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.

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)应用与防止:建筑物的顶端安装上避雷针且接地以达到避免雷击的目的;高压设备中导体的表面尽量光滑,以减少电能损失.

【辨别明理】

1. 验电器的金属杆上端固定一个金属球而不是做成针尖状,这是为了防止尖端放电. (　)

2. 避雷针避雷是中和云层中的异种电荷. (　)

3. 避雷针避雷利用了尖端放电现象. (　)

4. 为了美观,通常把避雷针顶端设计成球形. (　)

例 3 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