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

浙江省

必修第三册 RJ

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 …… 117

2　库仑定律 …… 119

专题课：库仑定律的应用 …… 122

3　电场　电场强度 …… 124

第 1 课时　电场强度、电场强度的叠加 …… 124

第 2 课时　电场线、匀强电场 …… 126

专题课：静电场的力的性质 …… 129

4　静电的防止与利用 …… 132

10 第十章　静电场中的能量
PART TEN

1　电势能和电势 …… 135

2　电势差 …… 137

3　电势差与电场强度的关系 …… 140

专题课：电场线和等势面的综合应用　利用等分法确定等势面和电场线 …… 142

专题课：电场中的功能关系与图像问题 …… 144

4　电容器的电容 …… 146

第 1 课时　电容器的电容 …… 146

第 2 课时　平行板电容器的电容 …… 150

5　带电粒子在电场中的运动 …… 151

第 1 课时　带电粒子在电场中的运动 …… 151

第 2 课时　平抛运动的推论在电场中的应用　示波管工作原理 …… 153

专题课：带电粒子在重力场与电场中的运动 …… 155

专题课：带电粒子在交变电场中的运动 …… 158

11 第十一章　电路及其应用
PART ELEVEN

1　电源和电流 …… 160

2　导体的电阻 …… 163

3　实验：导体电阻率的测量 …… 166

第 1 课时　测量工具的使用及实验电路的基础设计 …… 166

第 2 课时　导体电阻率的测量 …… 170

4　串联电路和并联电路 …… 172

5　实验：练习使用多用电表 …… 174

专题课：测量电阻的其他方法 …… 178

12 第十二章　电能　能量守恒定律
PART TWELVE

1　电路中的能量转化 …… 182

2　闭合电路的欧姆定律 …… 184

专题课：闭合电路的功率　两类 U-I 图像的综合应用 …… 187

专题课：闭合电路的动态分析　故障分析　含电容器电路的分析与计算 …… 189

3　实验：电池电动势和内阻的测量 …… 191

专题课：安阻法和伏阻法测电池的电动势和内阻 …… 193

4　能源与可持续发展 …… 196

13 第十三章　电磁感应与电磁波初步
PART THIRTEEN

1　磁场　磁感线 …… 198

2　磁感应强度　磁通量 …… 201

3　电磁感应现象及应用 …… 203

4　电磁波的发现及应用 …… 205

5　能量量子化 …… 207

◆ 参考答案 …… 209

第九章　静电场及其应用

1　电荷

学习任务一　认识电荷

[**教材链接**] 阅读教材，完成下列填空：

(1)两种电荷：_____电荷和_____电荷. 正、负电荷最早由_____命名.

(2)电荷量(Q 或 q)：电荷的_____. 电荷量的单位是_____，符号为 C.

(3)电荷间相互作用：同种电荷相互_____，异种电荷相互_____.

(4)电中性：原子是由带正电的_____、不带电的_____以及带负电的_____组成的，每个原子中_____的正电荷数量与_____的负电荷数量一样多，所以整个原子对外界表现为_____.

(5)摩擦起电的实质：当两种物质组成的物体互相摩擦时，一些受束缚较_____的电子会转移到另一个物体上，于是原来电中性的物体由于得到电子而带_____电，失去电子的物体则带_____电，本质上是_____造成的.

(6)自由电子和离子：金属中原子的外层电子往往会脱离原子核的束缚而在金属中自由运动，这种能自由运动的电子叫作_____，失去自由电子的原子便成为带正电的_____.

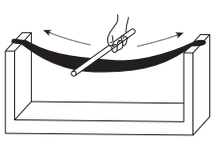
【**辨别明理**】

(1)两个正电荷之间的作用力互为斥力，两个负电荷之间的作用力为引力. (　)

(2)摩擦起电的方式就是创造电子的过程. (　)

(3)两种不同物质组成的物体相互摩擦使物体带电，是由于两物体的原子核对核外电子束缚的能力不同. (　)

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

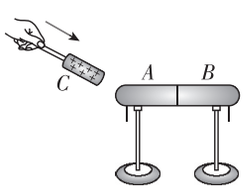
C. 毛皮上的电子转移到了橡胶棒上

D. 橡胶棒上的电子转移到了毛皮上

学习任务二　探究静电感应

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

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



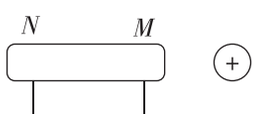
(2)这时把 A 和 B 分开，然后移去 C，金属箔片张角_____(选填“变小”“变大”或“不变”).

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

例 2 [2024·宁波荣安实验中学高一月考] 如图所示，原来不带电的绝缘金属导体 MN，在其两端下悬挂金属验电箔，现使一带正电的金属小球靠近 M 端，下列说法正确的是 (　)

A. 只有 M 端的验电箔张开，N 端带负电

B. 只有 N 端的验电箔张开，N 端带正电

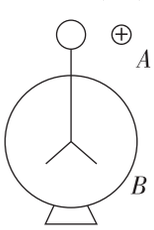


C. 两端的验电箔都张开，M 端带负电，N 端带正电

D. 两端的验电箔都张开，两端的验电箔都带正电

例 3　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

【要点总结】

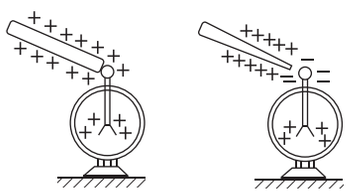
1. 三种起电方式的比较

	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		
说明	无论哪种起电方式，发生转移的都是电子，正电荷不会发生转移		

2. 验电器的两种应用方式及原理

(1)带电体接触验电器：当带电的物体与验电器上面的金属球接触时，有一部分电荷转移到验电器上，与金属球相连的两个金属箔片带上同种电荷，因相互排斥而张开，如图甲.

(2)带电体靠近验电器：当带电体靠近验电器的金属球时，带电体会使验电器的金属球感应出异种电荷，而金属箔片上会感应出同种电荷(感应起电)，两个金属箔片在斥力作用下张开，如图乙.



甲　　乙

学习任务三　追寻守恒量——电荷守恒定律

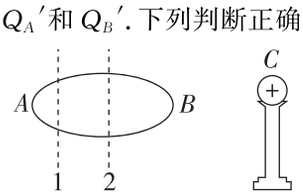
[教材链接] 阅读教材，完成下列填空：

(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 有三个相同的绝缘金属小球 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？

例 5 (多选)[2024·诸暨中学高一期末] 将带正电荷量为 Q 的导体球 C 靠近不带电的导体. 若沿虚线 1 将导体分成 A、B 两部分，这两部分所带电荷量分别为 Q_A、Q_B；若沿虚线 2 将导体分成两部分，这两部分所带电荷量分别为 Q_A' 和 Q_B'. 下列判断正确的是　(　)



A. $Q_A>0$，$Q_B<0$，$|Q_A|=|Q_B|$

B. $Q_A>0$，$Q_B<0$，$|Q_A|<|Q_B|$

C. $Q_A'>0$，$Q_B'<0$，$|Q_A'|=|Q_B'|$

D. $Q_A'<0$，$Q_B'>0$，$|Q_A'|<|Q_B'|$

【要点总结】

电荷的分配规律(导体接触带电时电荷量的分配与导体的形状、大小有关)

(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，$Q_1'=Q_2'=\dfrac{Q_1-Q_2}{2}$.

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，在计算中，可取 $e=$_____C，元电荷 e 的数值最早是由美国物理学家_____通过油滴实验测得的. 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.

特别提醒 (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.

【辨别明理】

(1)元电荷的本质就是质子或电子. (　)

(2)元电荷表示 1 C 电荷量. (　)

例 6 (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

[反思感悟]

随堂巩固

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

A. 玳瑁壳摩擦后创造了电荷

B. 玳瑁壳摩擦后转移了电荷

C. 玳瑁壳摩擦后一定带正电

D. 轻小物体原本一定也带电

2. (对电荷守恒定律的理解)关于电荷守恒定律，下列叙述不正确的是(　)

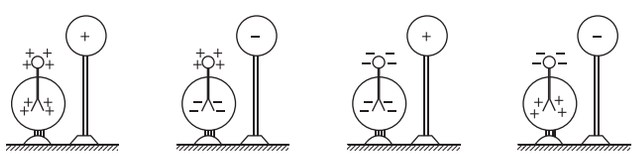
A. 一个物体所带的电荷量总是守恒的

B. 在与外界没有电荷交换的情况下，一个系统所带的电荷量总是守恒的

C. 在电荷转移的过程中，电荷的总量保持不变

D. 电荷守恒定律并不意味着带电系统一定和外界没有电荷交换

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



A　　B　　C　　D

4. (元电荷)一个带电质点的电荷量数据不完整，只能看清 6._____$\times10^{-18}$ C，你认为该带电质点的电荷量可能是(　)

A. 6.2×10^{-18} C　　B. 6.4×10^{-18} C

C. 6.6×10^{-18} C　　D. 6.8×10^{-18} C

2　库仑定律

学习任务一　电荷之间的作用力

[模型建构] 理想化模型——点电荷

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

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

【辨别明理】

(1)只有电荷量很小的带电体才能看成点电荷. (　)

(2)当两个带电体的大小远小于它们之间的距离时，可将这两个带电体看成点电荷. (　)

(3)体积很大的带电体有时也可以看成点电荷. (　)

(4)点电荷是一种理想化模型. (　)

例 1（多选）[2024·嘉兴一中高一月考] 下列关于点电荷和元电荷的说法中错误的是（　）

A. 只有很小的球形带电体才可以看成点电荷

B. 电荷量为 1.60×10^{-19} C 的带电体叫作元电荷

C. 任何带电体的电荷量都是元电荷的整数倍

D. 带电体间的距离比它们本身的大小大得多，以致带电体的形状、大小及电荷分布状况对它们之间的作用力的影响可以忽略不计时，带电体就可以视为点电荷

[反思感悟]

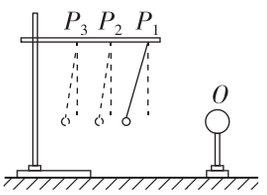
【要点总结】

正确区分点电荷与元电荷

(1)元电荷是一个电子或一个质子所带电荷量的数值，是电荷量的最小值，没有正、负之分.

(2)点电荷只是不考虑大小和形状的带电体，其带电荷量可以很大，也可以很小，但它一定是元电荷的整数倍.

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

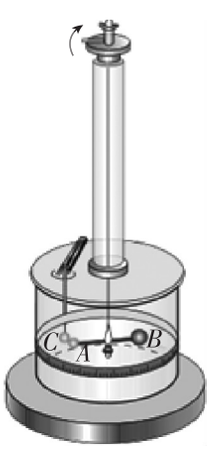
C. 保持 Q、d 不变，减小 q，则 θ 变小，说明 F 与 q 有关

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

[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、微小量放大法.



(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 $F=$_____. k 叫作静电力常量，$k=$_____ $\mathrm{N\cdot m^2/C^2}$.

[教材链接] 阅读教材，完成下列填空.

库仑定律的内容：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.

【辨别明理】

(1)两点电荷所带的电荷量越大，它们间的静电力就越大.（　）

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

(3)凡计算真空中两个静止点电荷间的相互作用力，就可以使用公式 $F=k\frac{q_1q_2}{r^2}$.（　）

(4)根据库仑定律的表达式 $F=k\frac{q_1q_2}{r^2}$，当两带电体之间的距离 $r\to0$ 时，两带电体之间的静电力 $F\to\infty$.（　）

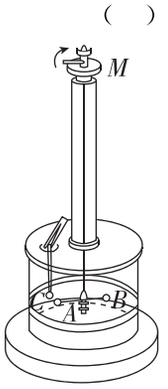
例 3 [2024·福建师大附中高一月考] 如图是库仑扭秤实验装置，绝缘棒两端分别是 A、B 小球，在 A 小球的不远处放一个跟 A 小球相同的金属小球 C，下列说法正确的是（　）

A. B 球起平衡作用，带电荷量与 A 球相同

B. 库仑准确测出了每一个带电小球的电荷量

C. A 球与 C 球之间的作用力与它们之间的距离成反比

D. 库仑扭秤能研究微小的库仑力，最主要的物理思想方法是微小量放大法



库仑扭秤

例 4 [2024·杭州二中高一期末] 使两个完全相同的金属小球(均可视为点电荷)分别带上$-3Q$和$+5Q$的电荷后,将它们固定在相距为a的两点,它们之间的库仑力大小为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,它们之间的库仑力大小为F_2.则F_1与F_2之比为 ( )

A. 2∶1　　B. 4∶1　　C. 16∶1　　D. 60∶1

例 5 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. $F=k\dfrac{Q_1Q_2}{(3R)^2}$　　B. $F>k\dfrac{Q_1Q_2}{(3R)^2}$

C. $F<k\dfrac{Q_1Q_2}{(3R)^2}$　　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,在空气中的作用与在真空中相差很小,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$F=k\dfrac{q_1q_2}{r^2}$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.

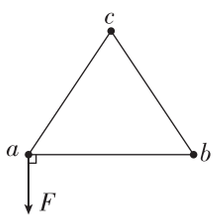
(4)库仑定性研究得出库仑定律,但是没有精确测出静电力常量.静电力常量是一个无误差常数,是根据麦克斯韦的相关理论计算出来的.

学习任务三　静电力的叠加

[科学思维] **1.** 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_____.这个结论叫作静电力的叠加原理.

2. 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_____.

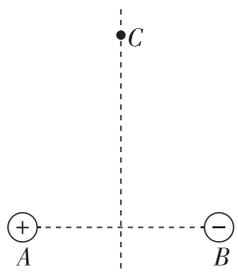
例 6 [2024·平湖中学高一月考] 如图所示,带电荷量分别为q_a、q_b、q_c的小球a、b、c(均可视为点电荷)固定在等边三角形的三个顶点上,a球所受库仑力的合力F的方向垂直于a、b的连线,则:



(1)a、b间为_____,a、c间为_____.(均选填“引力”或“斥力”)

(2)$\dfrac{q_c}{q_b}=$_____.

例 7 如图所示,分别在A、B两点放置电荷量为$Q_1=+2\times10^{-14}$ C和$Q_2=-2\times10^{-14}$ C的点电荷,在A、B连线的垂直平分线上有一点C,且$AB=AC=BC=6\times10^{-2}$ m.若有一电子(不计重力)静止放在C点处,则它所受的库仑力的大小和方向如何(静电力常量k取9.0×10^9 N·m^2/C^2)?



随堂巩固

1. (对点电荷概念的理解)下列关于点电荷的说法正确的是 ( )

A. 点电荷一定是电荷量很小的电荷

B. 点电荷是一种理想化模型,实际不存在

C. 只有体积很小的带电体才能看作点电荷

D. 体积很大的带电体一定不能看作点电荷

2. (库仑定律的应用)A、B、C三点在同一直线上,AB∶BC=1∶2,B点位于A、C之间,在B处固定一电荷量为Q的点电荷.当在A处放一电荷量为$+q$的点电荷时,B处点电荷所受的静电力为F;移去A处点电荷,在C处放一电荷量为$-2q$的点电荷,则B处点电荷所受的静电力为 ( )

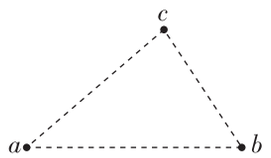
A. $-\dfrac{F}{2}$

B. $\dfrac{F}{2}$

C. $-F$

D. F

3. （静电力的叠加）[2024·宁波高一期末] 如图所示，三个固定的带电小球 a、b 和 c，相互间的距离长度分别为 $ab=5\ \text{cm}$，$bc=3\ \text{cm}$，$ca=4\ \text{cm}$. 小球 c 所受库仑力的合力的方向垂直于 a、b 连线. $\sin 37^\circ=0.6$，设小球 a、b 所带电荷量的比值的绝对值为 n，则 （ ）



A. a、b 带同种电荷，$n=\dfrac{16}{9}$

B. a、b 带异种电荷，$n=\dfrac{16}{9}$

C. a、b 带同种电荷，$n=\dfrac{4}{3}$

D. a、b 带异种电荷，$n=\dfrac{64}{27}$

专题课：库仑定律的应用

题型一　三个共线点电荷的平衡问题

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



A. Q_3 为负电荷，且放于 B 右方

B. Q_3 为负电荷，且放于 A 左方

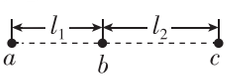
C. Q_3 为正电荷，且放于 A、B 之间

D. Q_3 为正电荷，且放于 B 右方

[反思感悟]

例 2 [2024·诸暨中学高一月考] 如图所示，a、b、c 分别表示真空中在一条直线上的三个自由点电荷，已知 a 与 b 之间的距离为 l_1，b 与 c 之间的距离为 l_2，且三个点电荷都处于平衡状态.

(1)若 b 为负电荷，请判断 a 与 c 的电性.



(2)求 a、b、c 三者电荷量大小之比.

【要点总结】

(1) 三个共线点电荷平衡的条件：每个点电荷受到的两个库仑力大小相等、方向相反.

(2) 三个共线点电荷平衡的规律：

①“三点共线”——三个点电荷分布在同一直线上；

②“两同夹异”——正、负电荷相互间隔；

③“两大夹小”——中间电荷的电荷量最小；

④“近小远大”——中间电荷靠近电荷量较小的电荷.

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

题型二　含库仑力的平衡问题

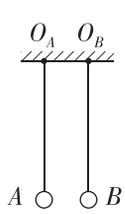
例 3 （多选）如图所示，把 A、B 两个相同的导电小球分别用长为 $0.10\ \text{m}$ 的绝缘细线悬挂于 O_A 和 O_B 两点. 用丝绸摩擦过的玻璃棒与 A 球接触，棒移开后将悬点 O_B 移到 O_A 点固定. 两球接触后分开，平衡时距离为 $0.12\ \text{m}$. 已测得小球质量为 $4.8\times10^{-3}\ \text{kg}$，带电小球可视为点电荷，重力加速度 g 取 $10\ \text{m/s}^2$，静电力常量 $k=9.0\times10^9\ \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$. 下列说法正确的是 （ ）

A. 两球所带电荷量相等

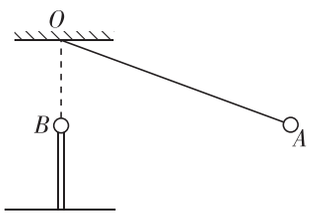
B. A 球所受的静电力为 $6.0\times10^{-2}\ \text{N}$

C. B 球所带的电荷量为 $2.4\times10^{-7}\ \text{C}$

D. A 球所带的电荷量为 $-2.4\times10^{-7}\ \text{C}$



例 4 [2024·杭州一中高一月考] 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 间库仑力大小为 $\dfrac{kQ^2}{l^2}$

B. A、B 间库仑力大小为 $2mg$

C. 细线拉力大小为 $\sqrt{3}mg$

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

【要点总结】

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.

题型三　含库仑力的动力学问题

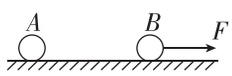
[科学思维] 静电力作用下的加速问题可以归纳为“电学问题、力学方法”，遵循力学规律和力的运算法则. 在分析具体问题时应注意：

(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 $\dfrac{F}{2}$ 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 （ ）

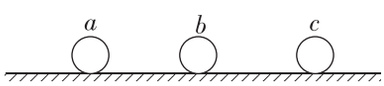


A. $4L$　　B. $2L$

C. L　　D. $\dfrac{1}{2}L$

随堂巩固

1. (三个共线电荷的平衡问题)(多选)[2024·宁波高一期中] 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 （ ）



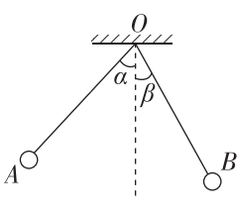
A. a 对 b 的静电力一定是引力

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)[2024·杭州高一期中] 如图所示，用两根等长的轻质细线把两个可视为点电荷的小球 A、B 悬挂在 O 点. 两小球静止时，细线与竖直方向的夹角分别为 α 和 β，两小球的质量分别为 m_A 和 m_B，电荷量绝对值分别为 q_A 和 q_B. 已知 α 大于 β，则 （ ）



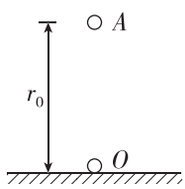
A. q_A 一定大于 q_B　　B. q_A 可能等于 q_B

C. m_A 可能等于 m_B　　D. m_A 一定大于 m_B

3. (含库仑力的动力学问题)[2024·湖州高一期中] 如图所示，在绝缘水平面上的 O 点固定一电荷量为 $+Q$ 的点电荷，在 O 点正上方高为 r_0 的 A 处由静止释放某带电荷量为 $+q$ 的小液珠，开始运动的瞬间小液珠的加速度大小恰好等于重力加速度 g. 已知静电力常量为 k，两电荷均可看成点电荷，不计空气阻力. 求：

(1)液珠开始运动瞬间所受库仑力的大小和方向；

(2)运动过程中小液珠速度最大时其离 O 点的距离 h.



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

(1)电场的产生：电场是在电荷周围存在的一种_____，电荷与电荷之间的力的作用通过_____来实现. 静止电荷产生的电场，叫作_____. 场的概念，最早由法拉第提出.

(2)电场的基本性质：电场对放入其中的电荷有_____的作用.

2. 电场强度

(1)试探电荷与场源电荷

①试探电荷：电荷量和体积都很小的点电荷，称为试探电荷.

②场源电荷：激发电场的带电体所带的电荷，称为场源电荷，或_____.

(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大小：$E=$_____；

③单位：_____，符号：_____；

④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物理意义：描述电场的_____和方向的物理量，是矢量.

【辨别明理】

(1)根据电场强度的定义式 $E=\dfrac{F}{q}$ 可知，E 与 F 成正比，与 q 成反比.　(　)

(2)电场中某点的电场强度与正电荷受力方向相同，当该点放置负电荷时，场强反向.　(　)

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. 试探电荷 q 受到的电场力 F 越大，则电场强度 E 就越大

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】

正确理解公式 $E=\dfrac{F}{q}$

(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

[教材链接] 阅读教材，完成下列填空：

1. 点电荷的电场强度

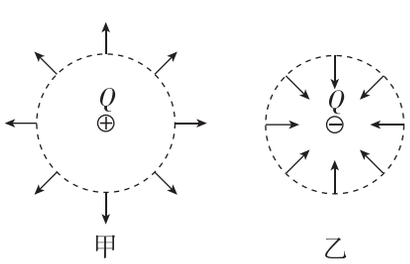
(1)表达式：$E=k\dfrac{Q}{r^2}$.

(2)适用条件：真空、静止、_____.

2. 点电荷电场的方向

当 Q 为正电荷时，电场强度 E 的方向沿半径_____(如图甲)；

当 Q 为负电荷时，电场强度 E 的方向沿半径_____(如图乙).



甲　　乙

3. 由 $E=k\dfrac{Q}{r^2}$ 可知，如果以 Q 为圆心、r 为半径作一个球面，则球面上各点的电场强度大小相等，但方向不同.

【辨别明理】

(1)根据公式 $E=k\frac{Q}{r^2}$ 可知,电场中某点的电场强度大小与场源电荷所带的电荷量 Q 成正比,与 r^2 成反比. (　)

(2)以点电荷为球心的球面上各点的电场强度处处相同. (　)

(3)由 $E=\frac{kQ}{r^2}$ 可知,在离点电荷非常近的地方($r\to0$),电场强度 E 可达无穷大. (　)

例 2 [2024·湖州高一期末] 电荷量为 Q 的点电荷置于真空中,将电荷量为 q 的试探电荷放在距 Q 为 r 的 P 点时,受到的静电力大小为 F,则点电荷在 P 点产生的电场强度大小是 (　)

A. $\frac{F}{Q}$　　B. $\frac{F}{q}$　　C. $k\frac{Q}{r}$　　D. $k\frac{q}{r^2}$

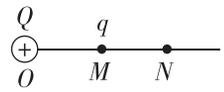
例 3 在真空中 O 点放一个点电荷,电荷量为 $Q=+1.0\times10^{-9}$ C,直线 MN 通过 O 点,O、M 的距离为 $r=30$ cm,M 点放一个电荷量为 $q=-1.0\times10^{-10}$ C 的试探电荷,如图所示. 已知静电力常量 $k=9.0\times10^9$ N·m^2/C^2.

(1)求试探电荷在 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 两点哪点的电场强度更大?



【要点总结】

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

	$E=\frac{F}{q}$(定义式)	$E=k\frac{Q}{r^2}$(决定式)
适用范围	一切电场	真空中点电荷的电场
E 与各量关系	E 的大小与 F、q 的大小无关	$E\propto Q$,$E\propto\frac{1}{r^2}$
$Q(q)$的意义	q 是试探电荷的电荷量,Q 是场源电荷的电荷量	

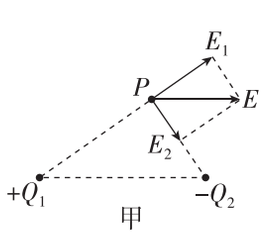
学习任务三　电场强度的叠加

[教材链接] 阅读教材,完成下列填空:

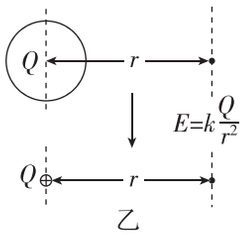
1. 电场强度叠加原理

在几个点电荷共同形成的电场中,任意一点的总电场强度等于各个点电荷在该点各自产生的电场强度的_____.

例如,图甲中 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.



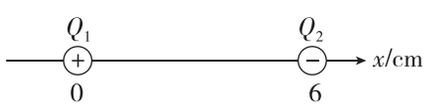
甲



乙

2. 一个半径为 R 的均匀带电球体(或球壳)在外部产生的电场,与一个位于球心的、电荷量相等的点电荷产生的电场相同(如图乙).

例 4 [2024·宁波高一期中] 如图所示,真空中有两个带电荷量分别为 $Q_1=+1.6\times10^{-7}$ C 和 $Q_2=-4\times10^{-8}$ C 的点电荷,分别固定在 x 坐标轴的 $x=0$ 和 $x=6$ cm 的位置上. 以下说法正确的是 (　)



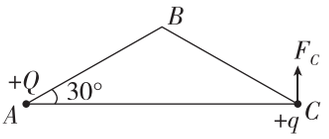
A. x 坐标轴上,电场强度为零的位置有两处

B. x 坐标轴上,$x=-12$ cm 处电场强度为零

C. x 坐标轴上,$x>12$ cm 区域内电场强度方向沿 x 轴正方向

D. x 坐标轴上,电场强度方向沿 x 轴正方向的区域只有 $0<x<6$ cm

例 5 [2024·萧山二中高一期中] 如图所示,等腰三角形 ABC 中,底边 AC 长为 l,$\angle A=\angle C=30°$. 分别在 A、B 两点固定两个点电荷,已知固定在 A 点的点电荷为正电荷,电荷量为 Q. 将一带正电的试探电荷放置在 C 点,其受到的电场力方向垂直于 AC 向上,已知静电力常量为 k,则固定在 B 点的点电荷的电性以及 C 点的电场强度大小分别是 (　)



A. 正电，$\frac{\sqrt{3}kQ}{3l^2}$　　B. 负电，$\frac{\sqrt{3}kQ}{3l^2}$

C. 正电，$\frac{2\sqrt{3}kQ}{3l^2}$　　D. 负电，$\frac{2\sqrt{3}kQ}{3l^2}$

[反思感悟]

【要点总结】

计算电场强度的几种方法

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

(2)利用场的叠加原理求解：若在空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)[2024·杭州高一期末] 将试探电荷 q 放在一点电荷产生的电场中，当试探电荷与该点电荷相距为 r_1 时，试探电荷所受的电场力为 F_1，则当试探电荷与该点电荷相距为 r_2 时，试探电荷所在处的场强大小为 (　　)

A. $\frac{F_1}{q}\frac{r_2^2}{r_1^2}$　　B. $\frac{F_1}{q}\frac{r_1^2}{r_2^2}$

C. $\frac{F_1}{q}\frac{r_2}{r_1}$　　D. $\frac{F_1}{q}\frac{r_1}{r_2}$

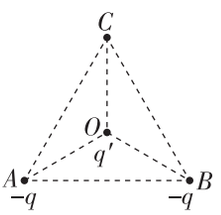
4. (电场强度的叠加)[2024·绍兴高一期末] 如图所示，A、B、C 是正三角形的三个顶点，O 为三角形的中心，A 点和 B 点分别固定电荷量均为 q 的负电荷，在 O 点固定电荷 q' 后，C 点的电场强度恰好为零，则电荷 q' 为 (　　)

A. 正电荷，电荷量为 $3q$

B. 正电荷，电荷量为 $\frac{\sqrt{3}}{3}q$

C. 负电荷，电荷量为 q

D. 负电荷，电荷量为 $\sqrt{3}q$



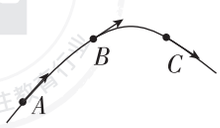
第 2 课时　电场线、匀强电场

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. 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.

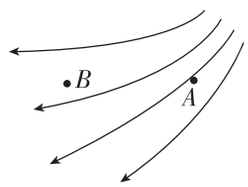
【辨别明理】

(1)点电荷和电场线都是客观存在的. (　　)

(2)英国物理学家法拉第最早引入了电场概念，并提出用电场线表示电场. (　)

(3)在相邻的两条电场线之间没画电场线的地方有电场. (　)

例 1 电场中某区域的电场线分布如图所示，A、B是电场中的两点，则 (　)



A. 正电荷在 A 点由静止释放，电场线就是它的运动轨迹

B. 同一点电荷放在 A 点时受到的电场力比放在 B 点时受到的电场力小

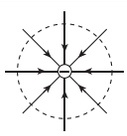
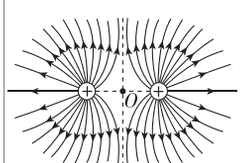
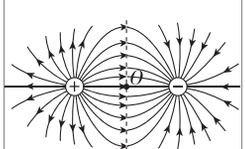
C. 因为 B 点没有电场线，所以电荷在 B 点不受电场力作用

D. A 点的电场强度比 B 点的电场强度大

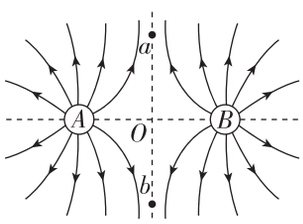
[反思感悟]

学习任务二　几种常见的电场线

[科学思维] 常见的几种电场线的分布

	电场线	电场强度的特点
正点电荷		以点电荷为球心的球面上各点电场强度大小相等、方向不同
负点电荷		以点电荷为球心的球面上各点电场强度大小相等、方向不同
等量同种点电荷		(1)由左向右，两点电荷连线上的电场强度先变小后变大，连线中点 O 的电场强度为零 (2)从两点电荷连线中点 O 沿中垂线到无限远，电场强度先变大后变小 (3)关于 O 点对称的两点的电场强度等大反向
等量异种点电荷		(1)由左向右，两点电荷连线上的电场强度先变小后变大 (2)从两点电荷连线中点 O 沿中垂线到无限远，电场强度逐渐变小 (3)关于 O 点对称的两点的电场强度等大同向

例 2 [2024·宁波效实中学高一期中] 如图所示为真空中两点电荷 A、B 形成的电场中的电场线，已知该电场线关于图中虚线对称，O 点为 A、B 两点电荷连线的中点，a、b 为 A、B 两点电荷连线的中垂线上关于 O 点对称的两点，则下列说法中正确的是 (　)



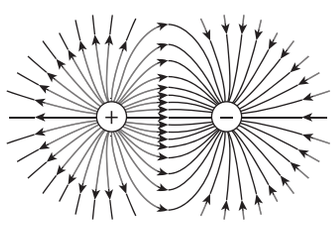
A. A、B 可能带不等量异种电荷

B. A、B 可能带等量同种电荷

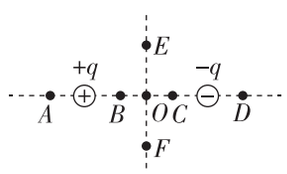
C. a、b 处电场强度相同

D. a、b 处无电场线经过，故其电场强度均为 0

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，图乙中给出了电场中的一些点，O 是两点电荷连线的中点，E、F 是连线中垂线上关于 O 对称的两点，B、C 和 A、D 是连线上关于 O 对称的两组点，则 (　)



甲



乙

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]

学习任务三　匀强电场

[教材链接] 阅读教材，完成下列填空：

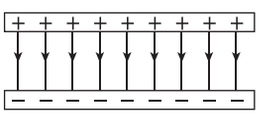
1. 定义：如果电场中各点的电场强度_____、_____，这个电场就叫作匀强电场.

2. 特点：

(1)由于方向相同，匀强电场的电场线应该是_____；

(2)由于电场强度大小相等，电场线的疏密程度应该是_____，即电场线分布_____.

特别提醒　如图所示，两块等大、正对的、带等量异种电荷的平行金属板相互靠近时，它们之间的电场(边缘除外)可以看作是匀强电场.

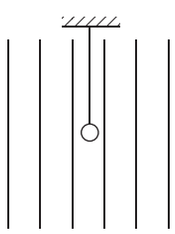


例 4 [2024·衢州高一期末] 如图所示，一质量为 m、电荷量为 q 的带正电小球，用绝缘细线悬挂在竖直方向的匀强电场中，小球静止时悬线上的张力恰好为零，重力加速度为 g.

(1)判断电场方向；

(2)求匀强电场的场强大小 E；

(3)若将电场反向，求小球平衡时悬线上的张力大小 F.



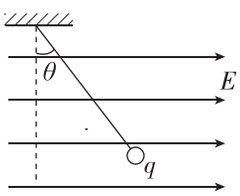
例 5 [2025·杭州高一期中] 如图所示，电荷量为 q、质量为 m 的带正电小球，用轻质不可伸长的绝缘细线悬挂在水平向右的匀强电场中，细线长为 L. 假设电场区域足够大，静止时细线与竖直方向夹角为 $\theta=37°$，小球在运动过程中电荷量始终保持不变，$\sin 37°=0.6$，$\cos 37°=0.8$，重力加速度为 g.

(1)求匀强电场的电场强度大小 E.

(2)若把小球拉到最低点由静止释放，当小球运动到细线与竖直方向夹角为 $\theta=37°$ 时忽然撤去电场，则

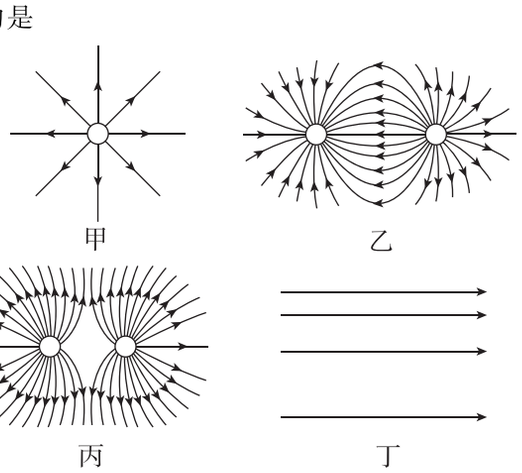
①小球回到最低点时的速度多大？

②小球回到最低点时对细线的拉力多大？



随堂巩固

1. (电场线的理解)[2024·湖州高一期末] 如图所示，图中的带箭头实线均为电场线，下列说法正确的是　(　)



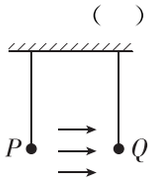
A. 图甲描述的是负点电荷形成的电场

B. 图乙描述的是两个等量异种点电荷形成的电场

C. 图丙描述的是两个等量同种负点电荷形成的电场

D. 图丁描述的是匀强电场

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



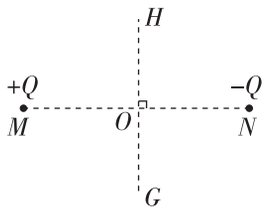
A. P 和 Q 都带正电荷

B. P 和 Q 都带负电荷

C. P 带正电荷，Q 带负电荷

D. P 带负电荷，Q 带正电荷

3. (等量异种点电荷形成的电场)在 M、N 两点放置等量的异种点电荷如图所示,MN 是两点电荷的连线,HG 是两点电荷连线的中垂线,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:静电场的力的性质

题型一　电场线与带电粒子轨迹结合问题

[科学思维] 仅受静电力的带电粒子运动问题的解题技巧

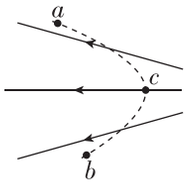
(1)解题时首先根据带电粒子轨迹弯曲的方向判断出受力的方向,带电粒子所受的静电力方向沿电场线指向轨迹的凹侧.注意:若电性未知,则不能根据受力方向判断电场强度的方向.

(2)根据电场线的疏密判断出受力大小关系和加速度大小关系.

(3)带电粒子的轨迹的切线方向为该处的速度方向.

(4)根据静电力的方向与速度方向的夹角是锐角还是钝角判断速度大小变化,从而确定静电力的做功情况.

例 1 如图所示,实线为某一点电荷电场的部分电场线,虚线为某带电粒子只在电场力作用下的运动轨迹,a、b、c 是轨迹上的三个点,则 (　　)



A. 粒子一定带负电

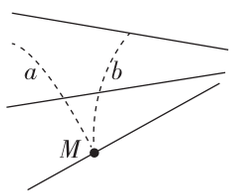
B. 粒子一定是从 a 点运动到 b 点

C. 粒子在 c 点的加速度一定大于在 b 点的加速度

D. c 点的电场强度小于 b 点的电场强度

[反思感悟]

变式 [2024·湖州高一期中] 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

题型二　带电体在静电场中的受力和运动分析

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

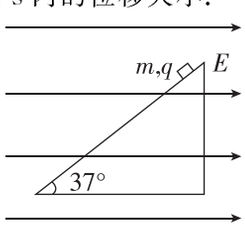
2. 根据受力情况确定带电体是处于平衡状态还是处于加速状态,分别用共点力平衡条件或者牛顿第二定律进行运动分析.

例 2 [2024·萧山中学高一期末] 如图所示,光滑绝缘的固定斜面(足够长)倾角为 37°,一带正电的小物块质量为 m,电荷量为 q,将其置于斜面上,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.$\sin 37°=0.6$,$\cos 37°=0.8$,重力加速度 g 取 10 m/s^2.某时刻,电场强度变为原来的 $\frac{1}{2}$,求:

(1)原来的电场强度大小;

(2)小物块运动的加速度;

(3)小物块 2 s 末的速度大小和 2 s 内的位移大小.

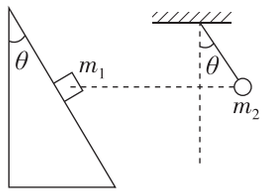


例 3 [2025·丽水高一期中] 如图所示，一个光滑斜面上放了一个质量为 $m_1=0.36$ kg、带正电的物块，另一边天花板上挂着一个带电小球，两者相距为 $l=3$ m，且在同一水平面上处于平衡状态. 斜面倾角和绳子的偏转角度 θ 均为 37°，绳长为 $L=1$ m，物块带电荷量为 $Q_1=1\times10^{-4}$ C，已知静电力常量 $k=9\times10^9$ N·m^2/C^2，sin 37°$=0.6$，cos 37°$=0.8$，tan 37°$=0.75$，g 取 10 m/s^2. 试求：

(1)小球带电荷量 Q_2；

(2)小球的质量 m_2；

(3)移开物块，小球向下摆动，摆到最低点时小球对绳子的拉力大小.



题型三　非点电荷电场的电场强度的叠加问题

[科学思维] 求解非点电荷电场的电场强度的叠加问题的方法

(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.

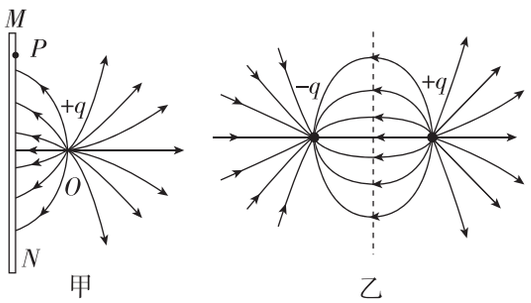
(2)对称法：利用空间上对称分布的电荷形成的电场具有对称性的特点，可使复杂电场的叠加计算大大简化.

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



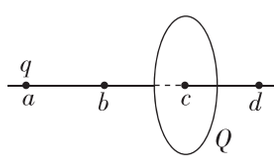
A. 方向沿 P 点和点电荷的连线向左，大小为 $\dfrac{2kqd}{r^3}$

B. 方向沿 P 点和点电荷的连线向左，大小为 $\dfrac{2kq\sqrt{r^2-d^2}}{r^3}$

C. 方向垂直于金属板向左，大小为 $\dfrac{2kqd}{r^3}$

D. 方向垂直于金属板向左，大小为 $\dfrac{2kq\sqrt{r^2-d^2}}{r^3}$

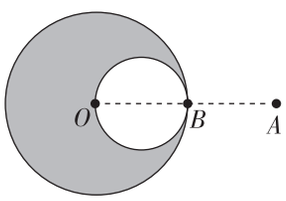
例 5 (对称法)如图所示，一半径为 R 的圆盘上均匀分布着电荷量为 Q 的电荷，在垂直于圆盘且过圆心 c 的轴线上有 a、b、d 三个点，a 和 b、b 和 c、c 和 d 间的距离均为 R，在 a 点处有一电荷量为 q($q>0$)的固定点电荷. 已知 b 点处的电场强度为零，则 d 点处电场强度的大小为(k 为静电力常量)　(　)



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

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

例 6（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 （ ）



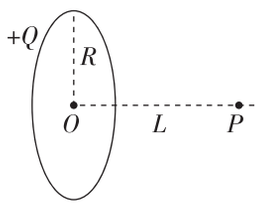
A. $\frac{5kQ}{36R^2}$

B. $\frac{7kQ}{36R^2}$

C. $\frac{7kQ}{32R^2}$

D. $\frac{3kQ}{16R^2}$

例 7（微元法）一半径为 R 的圆环上均匀地带有电荷量为 Q 的电荷，在垂直于圆环平面过圆环圆心的轴上有一点 P，它与环心 O 的距离为 $OP=L$. 设静电力常量为 k，关于 P 点的电场强度 E，下列四个表达式中只有一个是正确的，请你根据所学的物理知识，通过一定的分析，判断正确的表达式是 （ ）



A. $\frac{kQ}{R^2+L^2}$

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

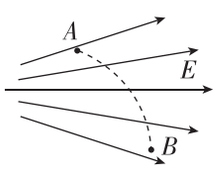
C. $\frac{kQR}{\sqrt{(R^2+L^2)^3}}$

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

[反思感悟]

随堂巩固

1.（电场线与轨迹结合问题）（多选）[2024·宁波高一期中] 一带电粒子从电场中的 A 点运动到 B 点，轨迹如图中虚线所示. 不计粒子所受重力，则下列说法正确的是 （ ）



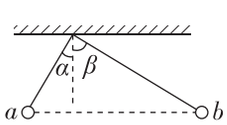
A. 粒子带正电

B. 粒子加速度逐渐减小

C. 粒子在 A 点的速度大于在 B 点的速度

D. 粒子的初速度不为零

2.（带电体在静电场中的受力和运动分析）[2024·温州高一期中] 如图所示，a、b 是两个带有同种电荷的小球，用绝缘细线悬挂于同一点，两球静止时，它们距水平面的高度相等，细线与竖直方向的夹角分别为 α、β，且 $\beta>\alpha$. 若同时剪断两根细线，空气阻力不计，两球带电荷量不变，则 （ ）



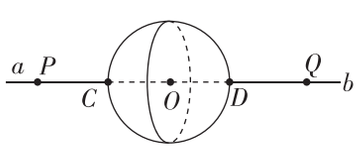
A. a 球的质量比 b 球的大

B. a 球先落地

C. a 球的电荷量比 b 球的大

D. a、b 两球飞行的水平距离相等

3.（非点电荷电场的电场强度的叠加问题）[2024·杭州高一期末] 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，一半径为 R 的球壳表面均匀带有正电荷，电荷量为 $2q$，O 为球心，直线 ab 是过球壳中心的一条水平线，球壳表面与直线 ab 交于 C、D 两点，直线 ab 上有两点 P、Q，且 $PC=DQ=R$. 现垂直于 CD 将球面均分为左右两部分，并把右半部分移去，左半球面所带电荷仍均匀分布，此时 P 点的电场强度大小为 E，则 Q 点的电场强度大小为（ ）



A. $\frac{kq}{2R^2}$

B. $\frac{kq}{4R^2}$

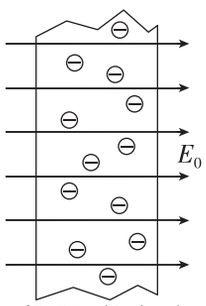
C. $\frac{kq}{4R^2}+E$

D. $\frac{kq}{2R^2}-E$

4　静电的防止与利用

学习任务一　静电平衡

[科学探究] 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.

[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_____.

2. 处于静电平衡状态的导体，其内部的电场强度处处为_____，即外电场的电场强度 E_0 和感应电荷产生的电场的电场强度 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_____没有净剩电荷(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)_____，在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_____.

例 1 (多选)关于静电感应和静电平衡，以下说法正确的是　(　)

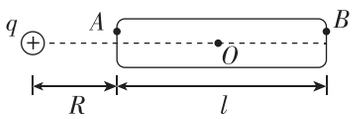
A. 静电感应是导体内的自由电子受静电力作用的结果

B. 处于静电平衡状态时，导体所占空间各处电场强度均为零

C. 导体内的自由电子都不运动称为静电平衡

D. 处于静电平衡状态时，导体内部将没有多余的“净”电荷

例 2 [2024·效实中学高一期末] 如图所示，原来不带电且长为 l 的导体棒水平放置，现将一个电荷量为 $+q(q>0)$ 的点电荷放在棒的中心轴线上距离棒的左端为 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　(　)



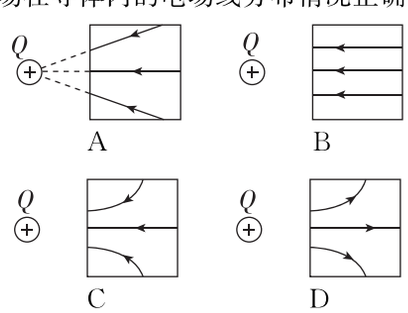
A. 棒的两端都感应出负电荷

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 处产生的电场强度大小 $E=k\dfrac{q}{\left(R+\dfrac{l}{2}\right)^2}$

D. 若用一根导线将 A、B 相连，导线上会产生电流

变式 [2024·福建泉州五中高一月考] 矩形金属导体处于正点电荷 Q 产生的电场中，静电平衡时感应电荷产生的电场在导体内的电场线分布情况正确的是(　)



【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. 空气的电离：在一定条件下，导体尖端电荷_____很大，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_____，这种现象叫作空气的电离.

2. 尖端放电：所带电荷与导体尖端的电荷符号相反的粒子，由于被_____而奔向尖端，与尖端上的电荷_____，这相当于导体从尖端_____.

3. 尖端放电的应用与防止：

(1)应用：避雷针是利用尖端放电避免雷击的一种设施.

(2)防止：高压设备中导体的表面尽量_____会减少电能的损失.

例 3 (多选)[2024·温州中学高一月考] 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

例 4 [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

【要点总结】

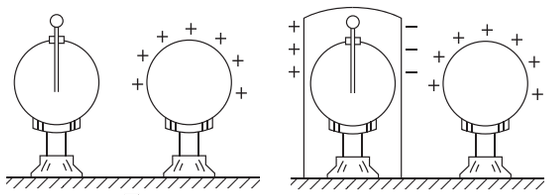
尖端放电的原因：导体尖端电荷密度大，周围的电场强度大，把周围的空气电离，带电粒子在强电场的作用下加速撞击空气中的分子，使它们进一步电离，所带电荷与导体尖端的电荷符号相反的粒子被吸引而奔向尖端，与尖端上的电荷中和.

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.



甲　　乙

(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.

[教材链接] 阅读教材，完成下列填空：

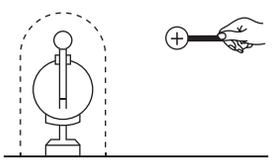
1. 定义：导体壳(或金属壳)内达到静电平衡后，外电场对内部_____产生影响，金属壳的这种作用叫作静电屏蔽.

2. 实质：实质是利用了_____现象，使金属壳内的感应电荷的电场和外加电场的电场强度矢量和为_____.

3. 应用：(1)生活中有很多对静电屏蔽的应用，以此来保护壳内仪器不受外加电场影响. 例如：电子仪器外部加装金属壳，通信电缆外面包有一层金属网，高压线路检修人员要穿屏蔽服.

(2)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的作用，在野外的高压输电线的三条输电线上方还有两条导线，它们的作用就是与大地相连形成一个稀疏的金属“网”，以此来保护高压输电线不受雷击.

例 5 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

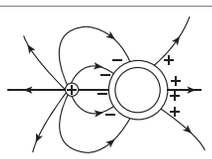
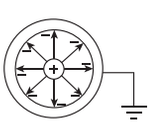
B. 若放金属网罩，则箔片张开

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】

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，其中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：

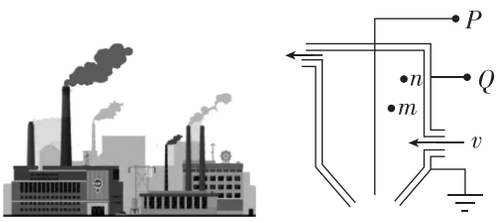
(1)静电吸附：在电场中，带电粒子在受到_____的作用，向着电极运动，最后被吸附在电极上.

(2)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.

(3)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.

(4)静电复印：复印机应用了静电吸附的原理.

例 6 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　(　)



甲　　乙

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 $E_m>E_n$

[反思感悟]

随堂巩固

1. (静电的利用)[2024·绍兴一中高一月考] 下列事例中属于利用静电的是　(　)

A. 制药生产中药品由于静电而吸引尘埃

B. 煤矿里，静电火花会引起瓦斯爆炸

C. 印刷厂里的纸张之间摩擦带电，使纸张吸附在一起

D. 喷漆时，使油漆微粒带负电，在静电力作用下沉积到工件表面

2. (尖端放电)电学知识在生活中有着广泛的应用，下列说法正确的是　(　)

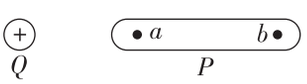
A. 在高大建筑物安装避雷针用到了静电屏蔽原理

B. 高压输电线上方两条导线是为了防止尖端放电

C. 燃气灶的电子点火器的放电电极做成钉尖形比球形好

D. 工作人员给汽车加油前先要碰一下静电释放器是为了防止尖端放电

3. (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　(　)



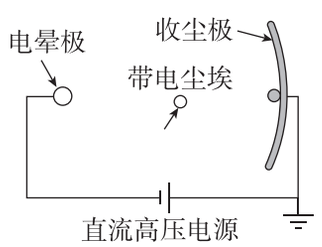
A. a、b 两点的电场强度大小 E_a、E_b 的关系为 $E_a>E_b$

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 $E_a'=E_b'$

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



A. 带电尘埃带正电

B. 电场方向由收尘极指向电晕极

C. 带电尘埃所受的静电力方向与电场方向相同

D. 在同一位置，带电荷量越多的尘埃所受的静电力越大