

第4节 静电的防止与利用

[课标要点]	[学法指导]	[知识导图]
1.了解静电平衡的概念,知道处于静电平衡的导体的特性. 2.了解静电平衡时带电导体上电荷的分布特点. 3.了解尖端放电和静电屏蔽现象. 4.了解静电吸附的应用.	1.通过对静电场中导体的自由电荷运动情况的讨论,知道处于静电平衡的导体的特征. 2.通过FLASH和视频感受尖端放电的产生过程和静电屏蔽现象. 3.通过学习,知道如何有效利用静电和防止静电的危害.	<div>静电的防止与利用<ul style="list-style-type: none">静电现象<ul style="list-style-type: none">感应电荷的电场静电平衡<ul style="list-style-type: none">特征规律电荷分布规律应用<ul style="list-style-type: none">尖端放电静电屏蔽静电吸附</div>

新
知
课

备教材

必备知识分层讲透

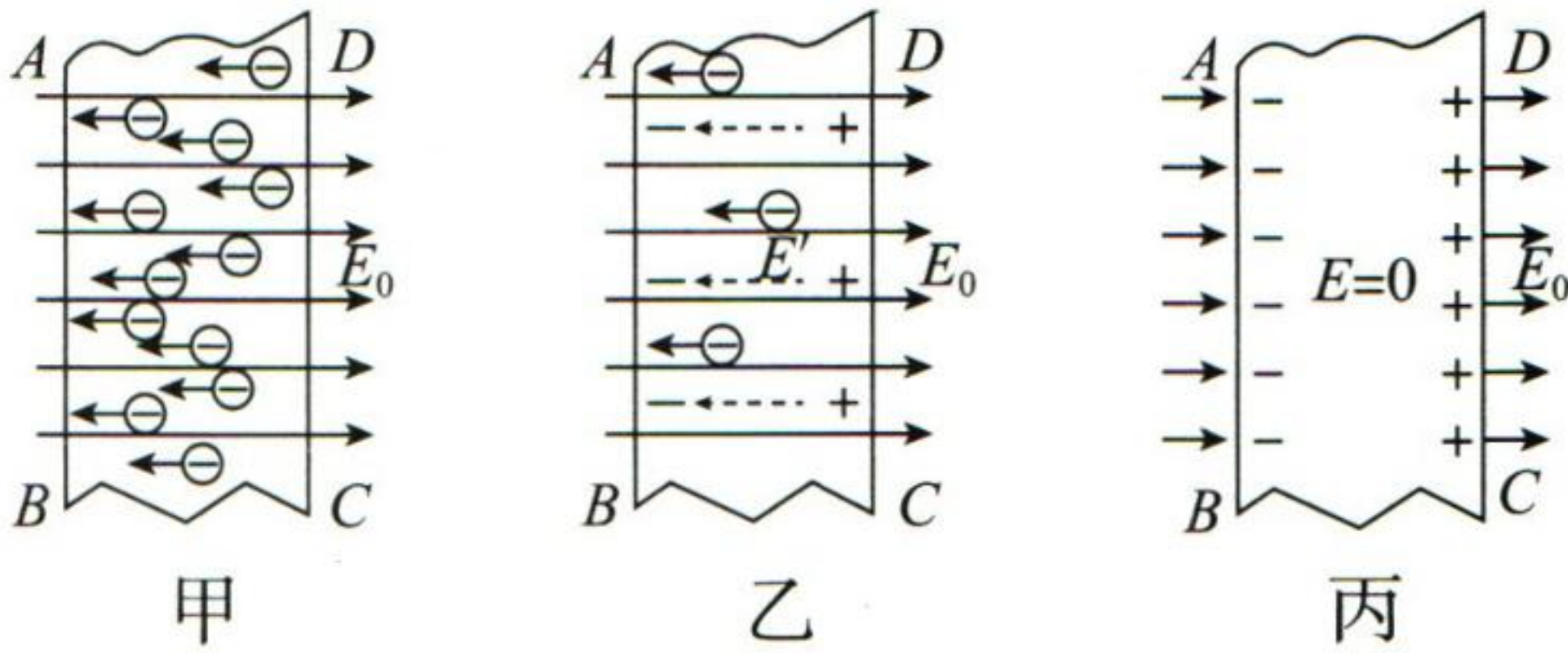
学新知 教材解读

知识点1 静电平衡状态下导体的电场

1. 静电感应现象

导体中正、负电荷数量相等,呈现电中性.

如图甲所示,将一不带电的金属导体 $ABCD$ 放到电场强度为 E_0 的电场中,导体内的自由电子在电场力的作用下向电场线的反方向移动,使导体的一侧聚集负电荷,导体另一侧聚集等量的正电荷,这种现象就是静电感应现象.



如果静电平衡时导体内部场强不为0,那么自由电子就会在静电力作用下定向移动,那就不是静电平衡状态了.

2. 静电平衡状态

如图乙所示,导体两侧正、负电荷在导体内部产生与原电场方向相反的电场.因与原来的电场方向相反,叠加的结果是使合电场强度逐渐减弱,直到导体内部各点的合电场强度等于零为止,于是导体内的自由电子不再发生定向移动,我们就说导体达到了静电平衡状态,如图丙所示.

达到静电平衡的条件.

教案 摘抄

摘自河北衡水中学集体备课资料

自由电子不会一直运动,因为感应电荷的电场和外加电场反向,阻碍电子的定向移动,当这两个电场大小相等时,电子将停止定向移动. → 但电子仍在做无规则运动.

3. 静电平衡状态的特征

(1) 处于静电平衡状态的导体,内部的场强处处为0.

外电场的场强与导体内感应电荷产生的场强的矢量和为零.

(2)处于静电平衡状态的导体,外部表面附近任何一点的场强方向必定与这点的表面垂直.

假如导体表面的电场强度方向与该点的表面不垂直,则沿表面有电场强度的切向分量,在导体表面的自由电荷将受到静电力作用而发生定向移动,这与静电平衡相互矛盾.

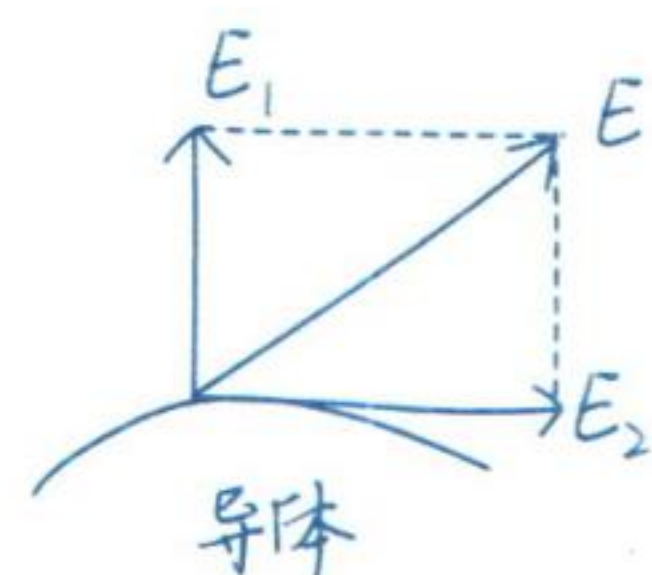
教案 摘抄

摘自山东历城二中集体备课资料

- 1.静电平衡是自由电荷发生定向移动的结果,达到静电平衡时,自由电荷不再发生定向移动.
- 2.金属导体建立静电平衡的时间是非常短暂的.
- 3.导体达到静电平衡后内部电场强度处处为零是指外电场 E 与导体两端的感应电荷产生的附加电场 E' 的合电场强度为零, $E' = -E$.

师问 问:一个导体处在某个点电荷产生的电场中,处于静电平衡状态,若这个点电荷的电荷量发生改变,或者导体到点电荷的距离发生改变,那么原先处于静电平衡的导体上的电荷是否重新分布?理由是什么?

生答 答:是,当这个点电荷的电荷量发生改变,或者导体到点电荷的距离发生改变时,点电荷在导体内部产生的电场强度会发生改变,导体内部的电荷会在电场的作用下定向移动,直到导体达到新的静电平衡状态.



例 1 AB 是长为 L 的金属杆, P_1 、 P_2 是位于 AB 所在直线上的两点,位置如图所示,在 P_2 点有一个带电荷量为 $+Q$ 的点电荷,试求出金属杆上的感应电荷在 P_1 点产生的场强大小和方向.



[名师讲习] 由于金属杆处于静电平衡状态, P_1 点的合场强为零,因此金属杆上的感应电荷在 P_1 点产生的场强与点电荷 $+Q$ 在 P_1 点产生的场强大小相等、方向相反,从而得: $E = k \frac{Q}{L^2}$, 方向向右.

利用感应电荷在 P_1 点产生的电场强度与点电荷 $+Q$ 在 P_1 点产生的电场强度大小相等、方向相反求解.

[正确答案] $k \frac{Q}{L^2}$ 方向向右

知识点② 尖端放电、静电屏蔽和静电吸附

电荷在导体上的分布特点,不仅适用于达到静电平衡的导体(原来不带电),也适用于孤立的带电体.

1. 静电平衡时导体电荷分布的特点

(1)导体内部没有净剩电荷,电荷只分布在导体的外表面.这是因为,假如导体内部有电荷,导体内部的场强就不可能为零,自由电荷就会发生定向移动,导体也就没有处于静电平衡状态.

(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)越大,周围的电场强度越大,而凹陷的位置几乎没有电荷.

2. 尖端放电

简单讲就是使空气导电,变成导体.

(1)空气的电离:在一定条件下,导体尖端周围的强电场足以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、负电荷分离.这个现象叫作空气的电离.

(2)尖端放电:中性分子电离后变成带负电的自由电子和失去电子而带正电的离子.这些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,产生更多的带电粒子.那些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,与尖端上的电荷中和,这相当于导体从尖端失去电荷.这种现象叫作尖端放电.

导体中越尖锐的地方,电荷密度越大,产生的电场强度越大,周围的空气越容易电离.

(3)尖端放电的应用和防止

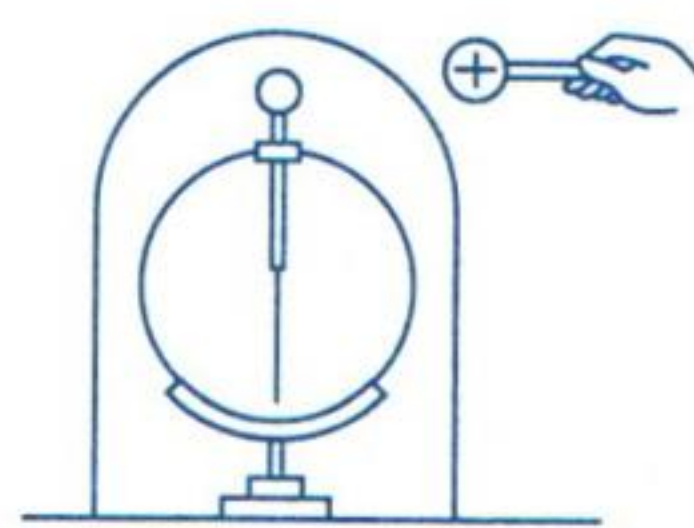
①应用:避雷针是利用尖端放电避免雷击的一种设施;另外燃气灶中的电子打火器的放电电极做成针状,加上电压时更容易产生电火花.

②防止:高压设备中导体的表面尽量光滑,以减少电能的损失.

导体外表面越平滑,
电荷越不容易聚集.

师问 问:夜间高压电线周围有时会出现一层绿色光晕,这是什么原理?

生答 答:在带电的高压架空电力线路上,导线周围会产生电场.如果电场强度超过了空气的击穿强度,就会使导线周围的空气电离而呈现局部放电现象,这就是通常所说的电晕现象(也就是在高压电线周围会出现一层绿色光晕).



3. 静电屏蔽

——→特点:外部电场对导体内部没有影响.如图.

(1)定义:把一个电学仪器放在封闭的金属壳里,即使壳外有电场,但由于壳内电场强度保持为零,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.——→前提条件:处于静电平衡状态的导体.

(2)静电屏蔽的实质:静电屏蔽的实质是利用了静电感应现象,使金属壳内感应电荷的电场和外加电场的矢量和为零,好像是金属壳将外电场“挡”在外面,即所谓的屏蔽作用,其实是壳内两种电场并存,矢量和为零.

(3)静电屏蔽的应用和危害 实现静电屏蔽不一定要用密封的金属容器,金属网也能起到静电屏蔽的作用.

①静电屏蔽的应用

电学仪器和电子设备外面会有金属罩,通讯电缆外面包一层铅皮,可以防止外电场的干扰;电工高压带电作业时,穿戴由金属丝网制成的衣、帽、手套、鞋子,可以对人体起到静电屏蔽作用,使人安全作业.

②静电屏蔽的危害

静电屏蔽也可带来不利的影响,如航天飞机、飞船返回地球大气层时,由于飞船高速运动,与大气层摩擦产生高温,在飞船的周围形成一层等离子体,它对飞船产生静电屏蔽作用,导致地面控制中心与飞船的通信联系暂时中断,对航天员来说,这是一个危险较大的时间段.

法拉第曾经冒着被电击的危险,做了一个闻名于世的实验——法拉第笼实验.法拉第把自己关在金属笼内,在笼外发生强大的静电放电时,他并未受到任何影响,并且验电器也无任何显示.

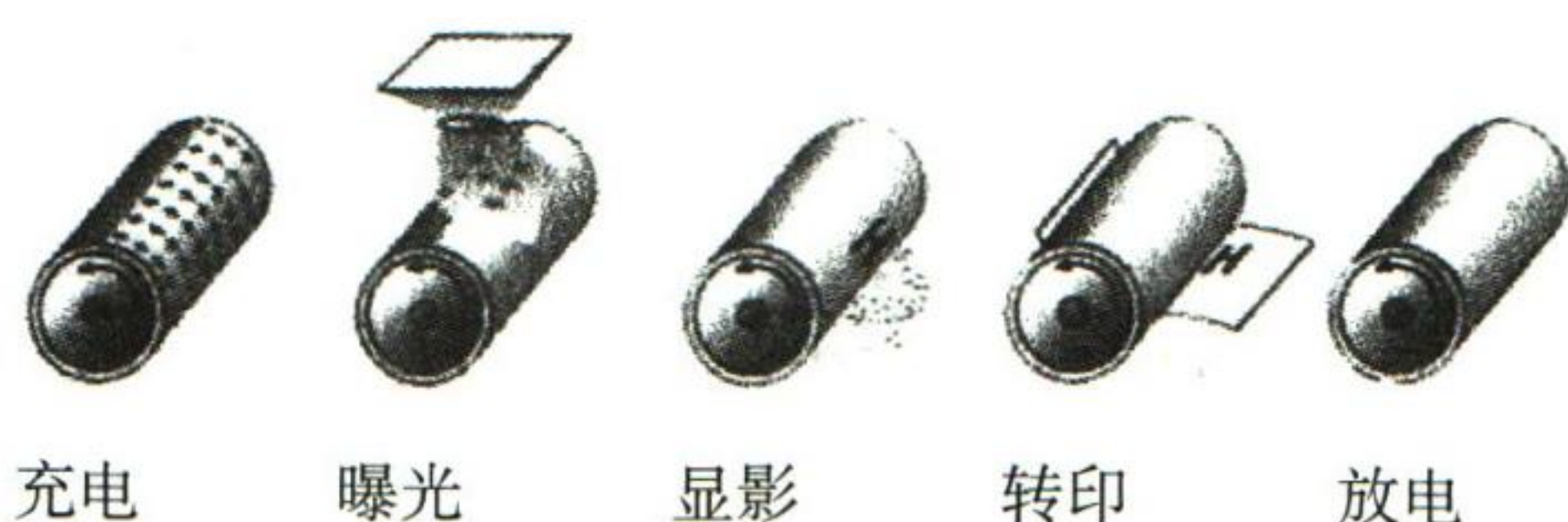
野外高压输电线受到雷击的可能性很大,所以在三条输电线上方还有两条导线,它们与大地相连,形成一个稀疏的金属“网”,把高压线屏蔽起来,使其免遭雷击.

4. 静电吸附

(1)静电除尘:含尘气体经过高压静电场时被电离为正离子和电子,电子奔向正极过程中遇到尘粒,使尘粒带负电吸附到正极被收集,达到清洁空气的目的.

(2)静电喷漆:雾化的油漆微粒在直流高压(80~90 kV)电场中带负电荷,在静电力作用下,油漆微粒飞向带正电荷的工件表面,形成漆膜,此过程称为静电喷漆.

(3)静电复印:复印机也应用了静电吸附.复印机的核心部件是有机光导体鼓,它是一个金属圆柱,表面涂覆有机光导体(OPC).没有光照时,OPC是绝缘体,受到光照时变成导体.复印机复印的工作过程如图所示.



带电粒子在静电力作用下聚集到相应带电极板,从而达到除尘、喷涂、复印等目的.

例2 (2023 江苏苏州高二期中) 国家电网检修人员利用直升机直接或通过绝缘绳索等间接方式将作业人员运载至线路故障位置开展带电检修. 请用学过的电学知识判断下列说法正确的是



()

- A. 电工被铜丝纺织的衣服所包裹, 使体内电场强度保持为零, 对人体起保护作用
 B. 直升飞机内存在很强的电场 \rightarrow 金属网也可以起到静电屏蔽的作用.
 C. 小鸟停在单根高压输电线上会被电死
 D. 铜丝必须达到一定的厚度, 才能对人体起到保护作用 \rightarrow 静电屏蔽与金属丝的厚度无关.

[名师讲习] 电工被铜丝纺织的衣服所包裹, 起到静电屏蔽作用, 使处于高压电场中的人体外表面各部位形成一个等电位屏蔽面, 使人体内电场强度保持为零, 对人体起保护作用, 与铜丝的厚度没有关系, A 正确, D 错误; 直升机由金属制成, 由于静电屏蔽, 内部场强为零, B 错误; 小鸟停在单根高压输电线上, 小鸟的两只脚之间的距离很小, 所以两脚间的电压也很小, 小鸟不会被电死, C 错误.

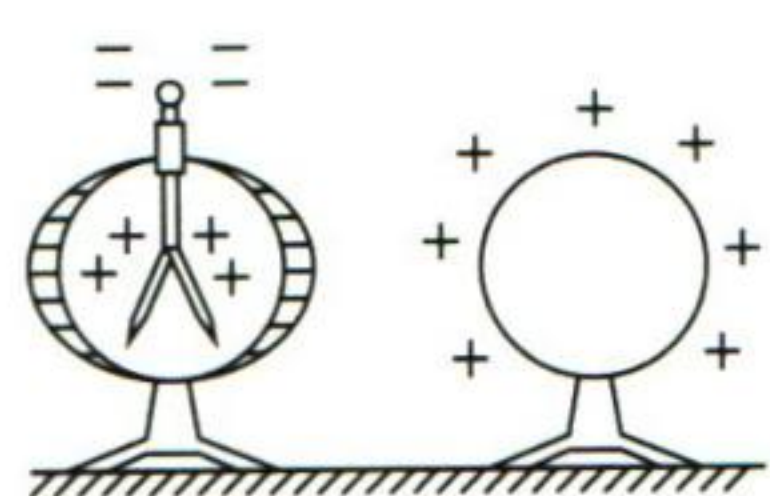
[正确答案] A

释疑难 深度理解

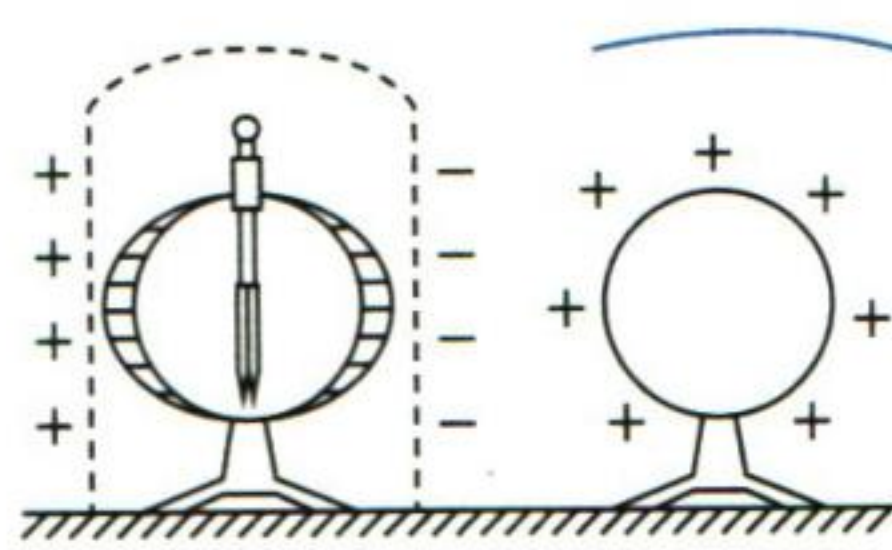
知识点3 静电屏蔽的两种情况

1. 导体外部的电场影响不到导体内部(外屏蔽)

(1) 现象: 把验电器靠近带电体, 箔片会张开, 如图甲所示, 但如果把验电器置于金属网罩内, 如图乙所示, 再靠近带电体, 箔片不再张开, 说明网罩内不受外电场的影响.



甲



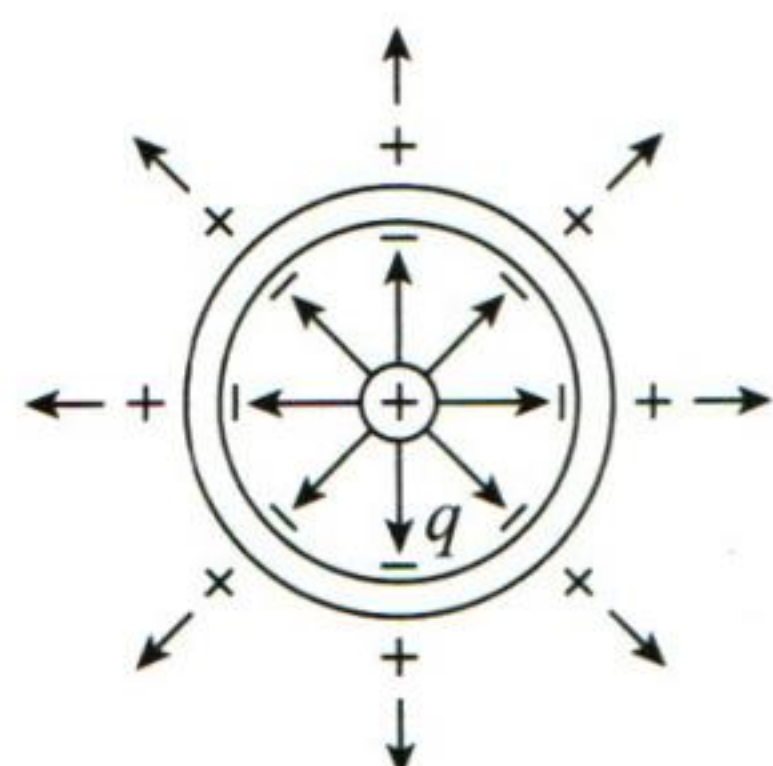
乙

由于静电感应, 金属网内场强处处为零, 验电器上的自由电荷不再受电场力作用, 故不再发生定向移动, 验电器呈电中性, 箔片不张开.

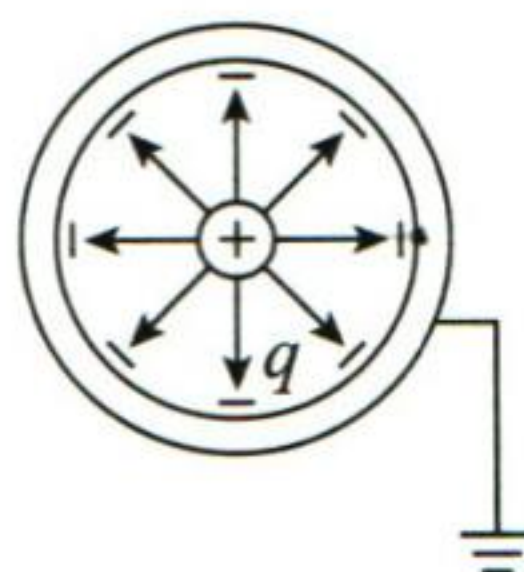
(2) 本质: 由于静电感应, 外加电场与导体的感应电场在导体内部任一点的合场强为零.

2. 接地导体的内部电场影响不到导体外部(全屏蔽)

(1) 现象: 一封闭的导体球壳内部空间有一点电荷 $+q$, 由于静电感应, 导体球壳内外表面感应出等量的异种电荷, 其电场线分布如图甲所示.



甲



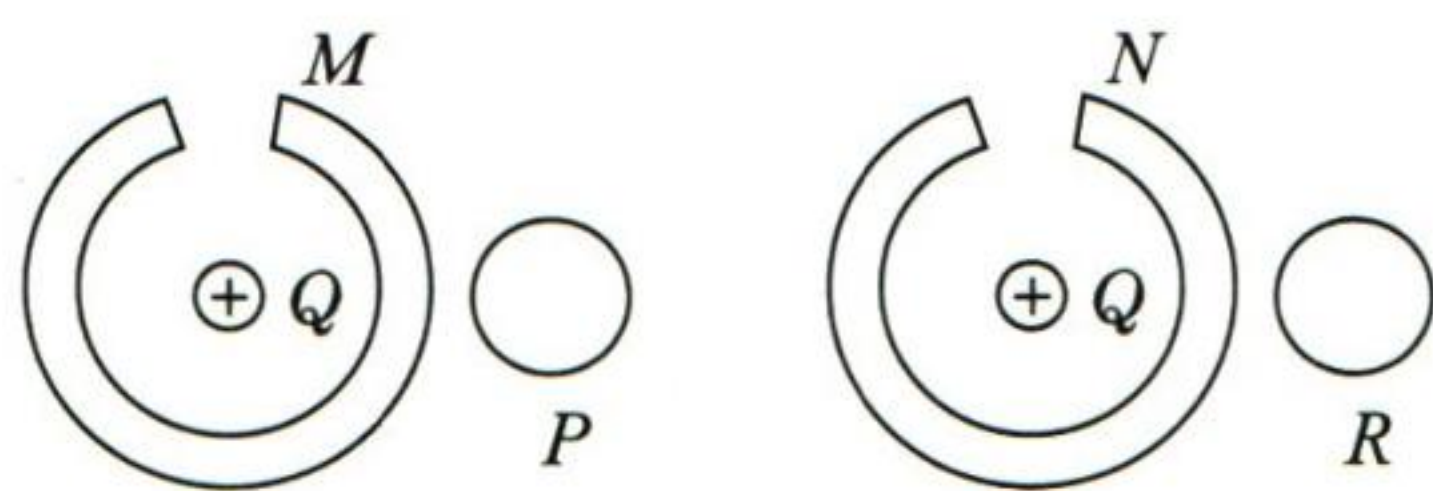
乙

要将内电场屏蔽, 导体必须接地, 将外表面的感应电荷导走.

当把导体球壳接地后, 点电荷 $+q$ 在球壳内的电场对外部空间就没有影响了, 此时的电场线分布如图乙所示.

(2)本质:接地导体的内部电场不影响导体外部,是因为导体外部的感应电荷都被导入大地,在只有源电荷和内壁感应出的异种电荷的情况下,两部分电荷在导体外部任何一点的场强叠加后为零.

例 3 (2023 玉溪江川区第二中学高二开学考试)如图所示,两个相同的空心金属球 M 和 N , M 带电荷量为 $-Q$, N 不带电(M 、 N 相距很远,互不影响),旁边各放一个不带电的金属球 P 和 R ,当将带正电 Q 的小球分别放入 M 和 N 的空腔中时 ()



- A. P 、 R 上均有感应电荷
B. P 、 R 上均没有感应电荷
C. P 上有而 R 上没有感应电荷
D. P 上没有而 R 上有感应电荷

分析静电屏蔽问题的关键是抓住静电平衡的特点,区分两种屏蔽现象,认清感应电荷的分布特点.

[名师讲习]把一个带正电 Q 的小球放入原来不带电的金属空腔球壳内,带负电的电子被带正电的小球吸引到内表面,内表面带负电,外表面剩余了正电荷,外表面带正电,而 R 处于电场中,出现静电感应现象,从而导致 R 上有感应电荷出现;若将带正电 Q 的小球放入带 $-Q$ 电荷 M 的空腔内时,因同种电荷相互排斥,异种电荷相互吸引,且正负电荷相等, M 所带负电荷被吸引至内表面,则金属壳外表面不带电,则 P 处没有电场,因而没有感应电荷出现,故 A、B、C 错误, D 正确.

[正确答案] D

习题课

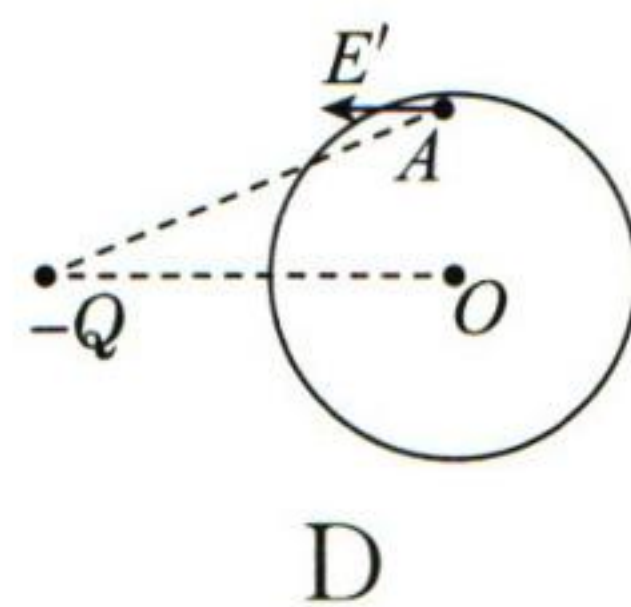
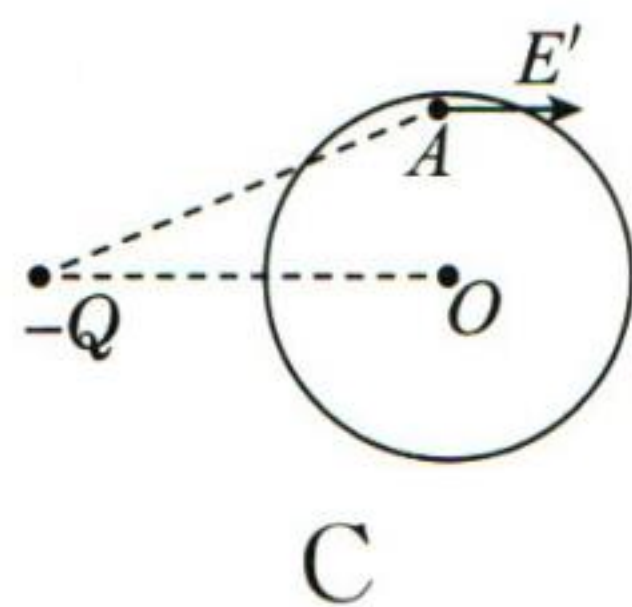
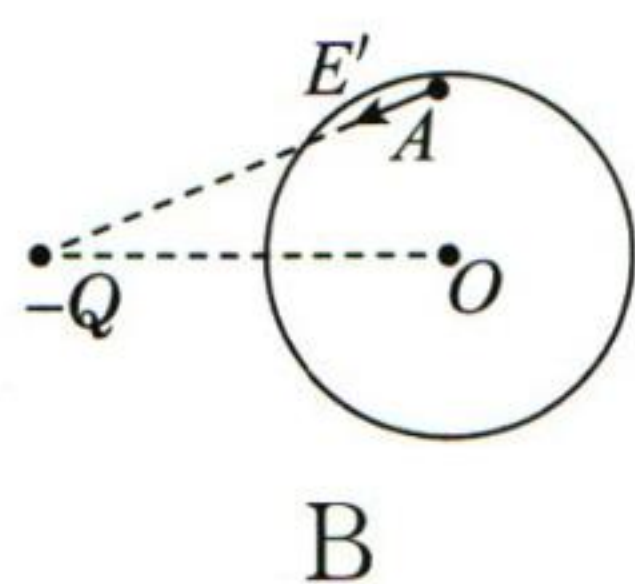
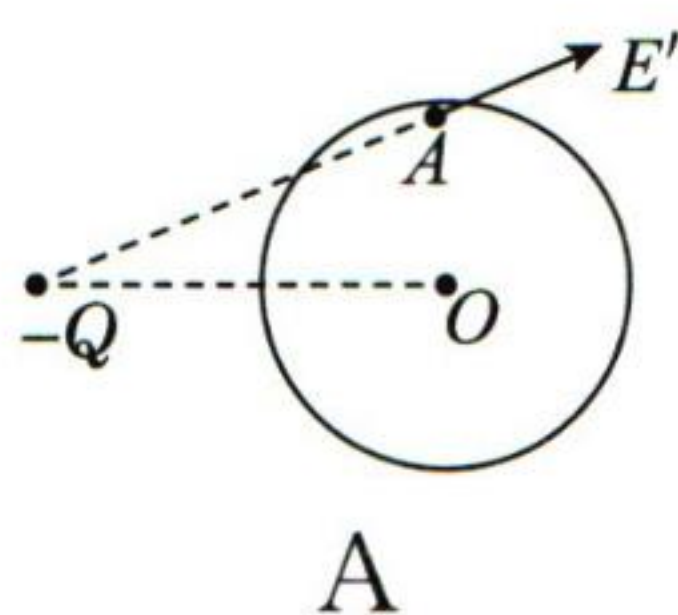
研题型

重点题型分类研究

答案见 P290

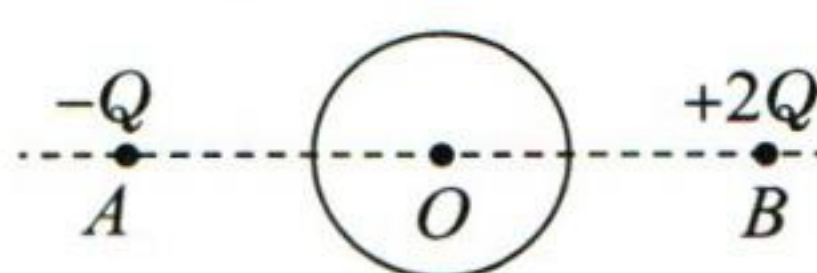
题型 1 对静电平衡的理解

1. (2023 昆明高二检测)在点电荷 $-Q$ 的电场中,一金属圆盘处于静电平衡状态,若圆平面与点电荷在同一平面内,则盘上感应电荷在盘中 A 点所激发的附加电场强度 E' 的方向在下图中正确的是 ()



圆盘内各点场强为零,即 A 点场强为零,则电场强度 E' 应与 $-Q$ 在 A 点产生的电场强度等大、反向.

2. (2023 河北正定中学高二周测)如图所示,在真空中有两个点电荷 A 和 B ,电荷量分别为 $-Q$ 和 $+2Q$,它们相距 L ,如果在两点电荷连线的中点 O 有一个半径为 r ($2r < L$) 的空心金属球,且球心位于 O 点,求球壳上的感应电荷在 O 点处的电场强度.



(1)利用点电荷场强决定式 $E = k \frac{Q}{r^2}$ 求出 $-Q$ 和 $+2Q$ 在 O 点的场强.
(2)感应电荷在 O 点产生的电场强度与 $-Q$ 和 $+2Q$ 在 O 点产生的电场强度的矢量和大小相等、方向相反.