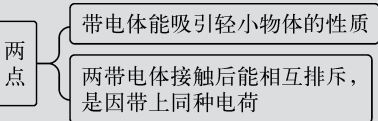


第九章 静电场及其应用

课时提优 1 电荷

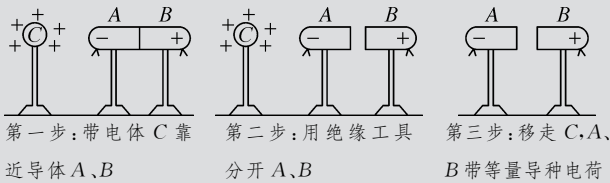
1. B 由带电体具有吸引轻小物体的特性,并且异种电荷相互吸引,故碰前 A、B 可能带异种电荷,也可能 A 不带电, B 带电. 碰后相互排斥,根据同种电荷相互排斥,可知碰后 A、B 带同种电荷. 碰前橡胶棒带负电,若 A 不带电或者所带异种电荷量小于 B 所带电荷量,则碰后 A、B 带负电. 若 A 带电且所带异种电荷量大于 B 所带电荷量,则碰后 A、B 带正电,选项 A、C、D 错误, B 正确.

易错警示 带电体特点



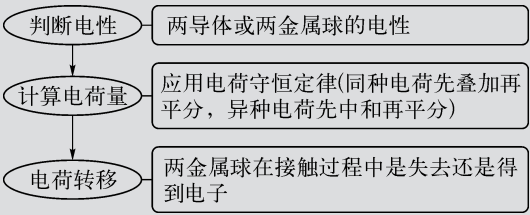
2. B 秋冬季节用手指触摸金属时手指常感受到刺痛,是静电感应现象,选项 A 错误;空气中的飞絮很容易吸附在行进中的汽车挡风玻璃上,是因为挡风玻璃与空气摩擦后成为带电体,可以吸引轻小物体,选项 B 正确;梳完头发后,部分头发反而根根竖立起来,是因为梳子与头发摩擦使部分头发带上同种电荷而相互排斥,选项 C 错误;摩擦过的琥珀成为带电体,靠近验电器时,由于静电感应,验电器的金属箔片张开,选项 D 错误.
3. B 当金属球带正电时,靠近带电金属球的验电器的金属球带异种电荷(负电荷),而验电器的金属箔片带同种电荷(正电荷),选项 A、C 错误;当金属球带负电时,靠近带电金属球的验电器的金属球带异种电荷(正电荷),而验电器的金属箔片带同种电荷(负电荷),选项 B 正确, D 错误.
4. A 先把两球分开,再移走棒,两球由于感应起电,带正电的棒吸引负电荷到甲球,则乙球带上正电,选项 A 正确;先移走棒,此时两球中的电荷又发生中和,不再带电,再把两球分开,同样甲、乙不再带电,选项 B 错误;先将棒接触一下其中的一个球后拿开,再把两球分开,是接触带电,甲、乙均带正电荷,甲、乙两球电荷量平分,选项 C 错误;手摸一下甲球,将大地中的负电荷传到甲球,此时甲带负电荷,乙不带电,然后移走棒,再把两球分开,甲、乙带等量负电荷,选项 D 错误.

方法技巧 利用静电感应使金属导体带电的方法



5. C 3 与 1 接触后,1 和 3 所带电荷量均为  $+2.5\text{ C}$ , 3 再与 2 接触后,2 和 3 所带电荷量均为  $-0.25\text{ C}$ ,选项 C 正确.

方法技巧 守恒法处理电荷转移问题



6. D 元电荷是指最小电荷量,元电荷是一个质子或一个电子的带电荷量,选项 A 错误;元电荷是电荷量的数值,没有正负之分,选项 B、C 错误;元电荷的数值最早是由美国科学家密立根通过油滴实验测出的,选项 D 正确.

易错警示 元电荷的理解

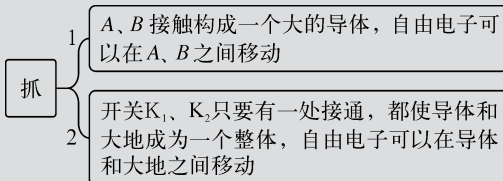
- (1)元电荷是电荷量的最小值,没有正、负,不是物质,而电子、质子是实实在在的粒子,不是元电荷,虽然其带电荷量为一个元电荷.
- (2)元电荷是自然界中最小的电荷量,电荷量是不能连续变化的物理量,因为任何带电体的电荷量都是元电荷的整数倍.

7. B 电子电荷量的大小是最小的,人们把最小电荷量叫作元电荷,其数值为  $e=1.6\times 10^{-19}\text{ C}$ ,物体的带电量都为  $e$  的整数倍,将 4 个选项中的电荷量除以  $e$  结果为整数的即为正确的数字,只有  $6.4\times 10^{-19}\text{ C}$  满足条件,选项 B 正确.

易错警示 牢记任何带电体的电荷量都是元电荷的整数倍.

8. D 由于静电感应,接触前 B 球左侧感应出负电荷,选项 A 错误;完全相同的带电小球接触时,若是同种电荷,则将总电荷量平分,若是异种电荷,则先中和然后将剩余电荷量平分,所以分开后两球带等量同种电荷,选项 B 错误;两球接触后再分开, B 球上电子转移到 A 球上,最终两球电荷量相同,电荷量都为  $+\frac{1}{2}Q$ ,则转移电子数为  $n=\frac{Q}{2e}$ ,选项 C 错误,选项 D 正确.
9. D 导体原来不带电,在 C 中电荷的作用下,导体中的自由电子向 B 部分移动,使 B 部分带负电, A 部分带正电,根据电荷守恒定律可知, A 部分减少的电子数目和 B 部分增加的电子数目相同,所以从任意位置切开时,均有  $Q_A=Q_B$ ,选项 D 正确, A、B、C 错误.
10. D 只闭合开关  $K_1$  时,由于静电感应的作用,金属导体 B 右端带的正电荷会被从大地上来的负电荷中和,所以导体 B 右端不带电,导体 A 左端带负电,选项 A 错误;当闭合开关  $K_2$  时,由于静电感应的作用,金属导体 B 右端带的正电荷会被从大地上来的负电荷中和,所以导体 B 右端不带电,左端带负电,接着移走带电小球,负电荷流向大地, A、B 都不带电,最后将 A、B 分开,则 A 端和 B 端均不带电,选项 B 错误;  $K_1$ 、 $K_2$  均闭合时,导体 AB 的近端还是 A 左端,会感应异种电荷带负电,远端通过接地线变成了无穷远,故 B 右端不带电,选项 C 错误, D 正确.

关键点拨 解答本题要抓住以下两点



11. C 摩擦只能转移电荷,不能够创造电荷, A 错误;下雨天,空气潮湿,摩擦起电现象不明显,实验效果会不明显, B 错误;所有带电体所带电荷量一定为元电荷的整数倍, C 正确;用丝绸摩擦过的玻璃棒,玻璃棒会带正电,毛皮摩擦过的 PVC 管带负电,虽然两者带电种类不同,但细水流依旧会向靠近玻璃棒方向偏转, D 错误.
12. B 由题可知,笔套的起电方式属于摩擦起电,选项 A 错误;笔套与毛皮摩擦后带负电,则笔套靠近圆环过程中,圆

环上靠近笔套一侧带正电,选项 B 正确;笔套带负电,则接触圆环后,圆环带负电,选项 C 错误;笔套碰到圆环后,根据接触起电可知,笔套所带电荷没有被全部中和,仍然带电,选项 D 错误。

## 课时提优 2 库仑定律

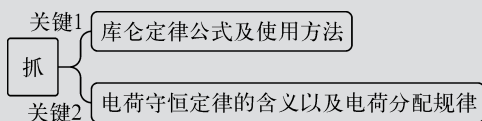
1. B 由题意可知,此时两个金属小球不能视为点电荷,由于异性电荷相吸,所以正电荷会分布在左侧小球偏右侧位置,负电荷会分布在右侧小球偏左侧位置,则此时 $+Q$ 和 $-Q$ 之间的平均距离大于 $2r$ 且小于 $4r$ ,根据库仑定律可知两球间的静电力 $\frac{kQ^2}{(2r)^2} > F > \frac{kQ^2}{(4r)^2}$ ,选项 A、C、D 错误, B 正确。

### 易错警示 受规则图形干扰出错

误认为是带电的绝缘球体或球壳,其形状规则,所以球体的电荷可以看作集中在圆心。实际上把电荷看作集中在球心是有条件限制的,若两个带电绝缘球体相距较近时不能将它们看作点电荷,且球面上的电荷分布不再均匀。解题时不能盲目直接代入公式,而要先审核是否符合公式的适用条件。

2. B 同种电荷相互排斥,则可知,保持 $q_2$ 不动,释放 $q_1$ ,两者因相互排斥而远离,而根据库仑定律 $F=k\frac{q_1q_2}{r^2}$ 可知, $q_1$ 在运动过程中受到的库仑力不断减小,选项 B 正确。
3. D 由库仑定律可得 $F=k\frac{q_1q_2}{r^2}=k\frac{2q\cdot 4q}{L^2}=k\frac{8q^2}{L^2}$ ,将 A 和 B 接触后分开,小球 A 和 B 带电荷量先中和后平分,带电荷量均为 $q$ ,再使 A、B 之间距离增大到原来的 2 倍,则它们之间的静电力大小为 $F_1=k\frac{q_1'q_2'}{r^2}=k\frac{q\cdot q}{(2L)^2}=k\frac{q^2}{4L^2}$ ,则 $F_1=\frac{1}{32}F$ ,选项 A、B、C 错误, D 正确。

### 方法技巧 解答本题要抓住两个关键

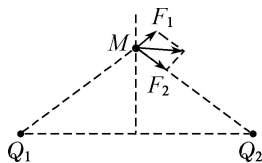


4. D 两个下夸克带同种电荷,所以两个下夸克之间的库仑力为斥力,大小为 $F=\frac{k\cdot\frac{e}{3}\cdot\frac{e}{3}}{r^2}=k\frac{e^2}{9r^2}$ ,选项 A、B 错误;一个下夸克和上夸克带异种电荷,所以它们两个之间的库仑力为引力,大小为 $F=\frac{k\cdot\frac{2e}{3}\cdot\frac{e}{3}}{r^2}=\frac{2ke^2}{9r^2}$ ,选项 C 错误, D 正确。
5. A 两点电荷之间的库仑力为 $F=k\frac{q_Aq_B}{r^2}$ ,若它们之间的距离变为原来的 2 倍,电荷量都变为原来的 2 倍,则 $F'=k\frac{2q_A\cdot 2q_B}{(2r)^2}=F$ ,选项 A 正确。
6. A 根据库仑定律, A 对 B 的库仑力向左,大小为 $F_{AB}=k\frac{|q_Aq_B|}{r_{AB}^2}=5.625\times 10^{-5}$  N, C 对 B 的库仑力向左,大小为 $F_{CB}=k\frac{q_Cq_B}{r_{CB}^2}=1.125\times 10^{-4}$  N,故根据力的合成可知, $q_B$ 受到的库仑力的大小为 $F=F_{AB}+F_{CB}=1.6875\times 10^{-4}$  N,方向向左,选项 A 正确。

### 方法技巧 计算库仑力大小的两点注意

- (1) 矢量性:如果是多个点电荷对另一个点电荷的作用,可分别对每个点电荷与该点电荷间使用 $F=k\frac{Q_1Q_2}{r^2}$ ,然后把该电荷所受库仑力进行矢量合成,合成时满足平行四边形定则。
- (2) 特殊性:在利用库仑定律的公式计算库仑力的大小时,无论是正电荷还是负电荷,均用电荷量的绝对值代入公式 $F=k\frac{Q_1Q_2}{r^2}$ 中,库仑力的方向根据“同性相斥,异性相吸,作用力的方向沿两电荷连线方向”进行判定。

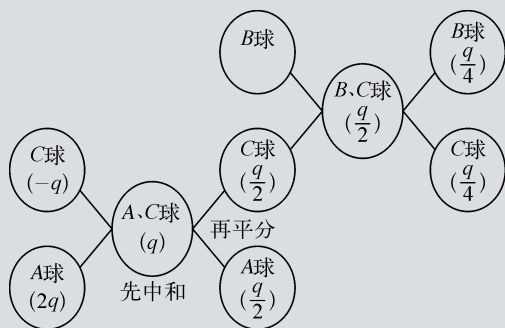
7. B 由于试探电荷(带正电)在 O、A 两点所受静电力方向均向右,且试探电荷在 A 点所受静电力大于它在 O 点所受静电力,因此带电体带负电,且在 A 点的右侧,设带电体的电荷量为 $Q$ ,带电体到 A 点的距离为 $s$ 。根据库仑定律有 $F=k\frac{Qq}{(s+d)^2}$ ,  $4F=k\frac{Qq}{s^2}$ ,解得 $Q=\frac{4Fd^2}{kq}$ ,选项 B 正确。
8. C 两个相同的带等量同种电荷的金属球 A 和 B,设它们的电荷量都为 $Q$ ,原来它们之间的库仑力为 $F=k\frac{Q^2}{r^2}$ ,一个不带电的相同金属球 C 和 A 接触后, A 和 C 的电荷量都为 $\frac{1}{2}Q$ , B 的电荷量不变;此时, A、B 两球之间的库仑力为 $F'=k\frac{Q\cdot\frac{Q}{2}}{r^2}=\frac{1}{2}F$ ,选项 C 正确。
9. C 根据电子在 M 点的受力情况,结合平行四边形定则可可知,电子与 $Q_1$ 间为斥力,电子与 $Q_2$ 间为引力,且电子与 $Q_2$ 间的引力 $F_2$ 大于电子与 $Q_1$ 间的斥力 $F_1$ ,如图所示,则 $Q_1$ 为负电荷, $Q_2$ 为正电荷,选项 A、B 错误;根据库仑定律 $F=k\frac{Qq}{r^2}$ 可知 $Q_1$ 小于 $Q_2$ ,选项 C 正确,选项 D 错误。



10. A 没有挖去之前,点电荷所受库仑力为 $F_0=k\frac{Qq}{(2R)^2}$ ,挖去部分对点电荷的库仑力为 $F_1=k\frac{Q'q}{(R+\frac{R}{2})^2}$ ,其中 $\frac{Q}{\frac{4}{3}\pi R^3}=\frac{Q'}{\frac{4}{3}\pi(\frac{R}{2})^3}$ ,设剩余部分对点电荷的库仑力为 $F_2$ ,则有 $F_0=F_1+F_2$ ,解得 $F_2=\frac{7kQq}{36R^2}$ ,选项 A 正确。
11. (1) A、C 球间的库仑力为引力, A 球带正电,则 C 球带负电,即 $q_C < 0$ ,  
A、C 接触前, $F=\left|\frac{kq_Aq_C}{r_{AC}^2}\right|$ ,  
A、C 接触后, $\frac{F}{8}=\frac{k\left(\frac{q_A+q_C}{2}\right)^2}{r_{AC}^2}$ ,  
解得 $q_C=-q$ 或 $q_C=-4q$ 。  
(2) 已知 C 球与 A 球接触前所带电荷量大小小于 A 球所带电荷量大小,则 $q_C=-q$ ,  
故 C 球先后与 A 球、B 球接触后, $q'_A=\frac{q}{2}$ ,  $q'_B=\frac{q}{4}$ ,  $q'_C=$

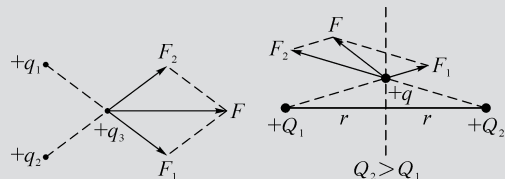
$\frac{q}{4}$ , B、C 之间的库仑力大小  $F_{BC} = \frac{k \frac{q}{4} \cdot \frac{q}{4}}{r_{BC}^2} = \frac{F}{8}$ , 方向由 C 指向 B (水平向左)。

### 方法技巧 小球带电分析



12. A 设正四面体的四个顶点为 A、B、C、D, 作底边三角形 ABC 中点 O, 连接 OD、AO, 如图所示, 由几何关系可知  $\cos \alpha = \frac{\sqrt{6}}{3}$ , D 点的点电荷受到 A、B、C 三个点电荷的库仑斥力, 大小均为  $F_0 = k \frac{Q^2}{L^2}$ , 这三个库仑力水平分量互成  $120^\circ$  且大小相等, 相互抵消, 竖直分量为  $F_y = F_0 \cos \alpha = \frac{\sqrt{6}kQ^2}{3L^2}$ , 故 D 点电荷受静电力大小为  $F = 3F_y = \frac{\sqrt{6}kQ^2}{L^2}$ , 则每个点电荷所受静电力大小都为  $\frac{\sqrt{6}kQ^2}{L^2}$ , 选项 A 正确。

**模型构建** 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矢量和。



## 培优突破 1 库仑力作用下的平衡与运动

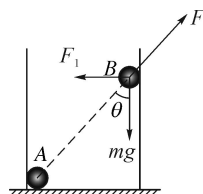
1. A 运用整体法研究两个质量相等的小球 A 和 B, 不管 A、B 是否带电, 整体都受重力和上端细绳的拉力, 则由平衡条件得上端细绳的拉力  $F = 2mg$ , 所以  $F_A = F'_A$ . 再隔离 B 研究, 不带电时受重力和下方细绳的拉力, 由平衡条件得  $F_B = mg$ . 带电时受重力、下方细绳的拉力和 A 对 B 的向下的排斥力. 由平衡条件得  $F'_B = F' + mg$ , 即  $F'_B > mg$ , 所以  $F_B < F'_B$ , 选项 A 正确, B、C、D 错误。

**关键点拨** 运用整体法研究, 根据共点力平衡条件判断上方细绳受的力的变化. 再隔离 B 研究, 进行受力分析, 根据共点力平衡条件判断下方细绳受的力的变化。

2. B 以圆周上三个金属小球中的一个为研究对象, 受到另外两个圆周上的金属小球的库仑斥力作用, 同时受到圆心上的小球的库仑引力作用, 设圆的半径为  $r$ , 根据受力平衡得  $2 \cdot k \frac{q^2}{L^2} \cdot \cos 30^\circ = \frac{kQq}{r^2}$ , 根据几何关系有  $L = \sqrt{3}r$ , 联立解

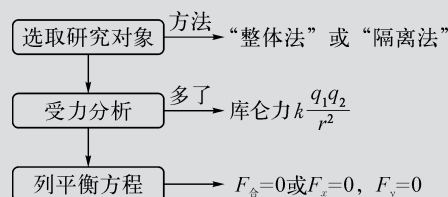
得  $\frac{Q}{q} = \frac{\sqrt{3}}{3}$ , 选项 B 正确。

3. D 由题可知, 两带电小球间的库仑力为  $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ , 根据牛顿第二定律可知  $a = \frac{F}{m} = k \frac{q_1 q_2}{r^2 m}$ , 随着距离的增加, 小球的带电荷量不变, 加速度逐渐减小, 故小球 N 做加速度逐渐减小的加速运动, 选项 D 正确。
4. C 以整体为研究对象可知, 筒底对 A 球的支持力大小等于 A、B 两球的重力, 由牛顿第三定律可知 A 对筒底的压力也等于 A、B 两球的重力, 小球 A 对筒底的压力不变, 选项 A 错误; 隔离 B 球受力分析如图所示, 小球 A、B 间的库仑力  $F = \frac{mg}{\cos \theta}$ ,  $\theta$  角变大,  $\cos \theta$  变小, 库仑力  $F$  变大, 选项 B、D 错误; 根据受力平衡有  $F_1 = mg \tan \theta$ , 由于漏电而下降少许重新平衡,  $\theta$  角变大, 因此筒壁对球 B 的支持力增大, 根据作用力与反作用力可知 B 球对筒壁的压力变大, 选项 C 正确。

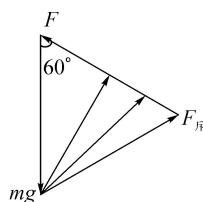


### 模型构建 静态平衡模型

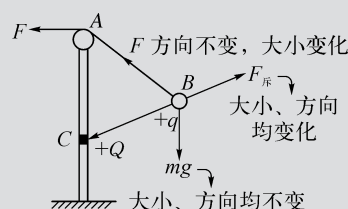
带电体处于静止状态, 其所受合力为零, 符合共点力平衡的条件, 只是在分析物体受力时多了一个库仑力而已, 解题步骤如图所示。



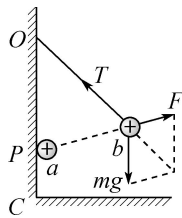
5. B 对小球 B 受力分析, 小球 B 受重力  $mg$ 、库仑力  $F_{斥}$  和细绳拉力  $F$ , 三个力作用下小球 B 平衡, 开始时三个力构成等边矢量三角形, 受力分析如图所示. 由受力图可知, 当细绳 AB 长度减小且夹角不变时, 细绳拉力  $F$  逐渐减小, 选项 A 错误, B 正确; 细绳 AB 长度逐渐减小为原来的一半过程中, 库仑力减小, 两点电荷之间的距离也逐渐减小, 根据库仑力公式  $F_{斥} = k \frac{Qq}{r^2}$  可知, 小球 B 所带的电荷量  $q$  逐渐减小, 选项 C、D 错误。



### 模型构建 动态平衡模型

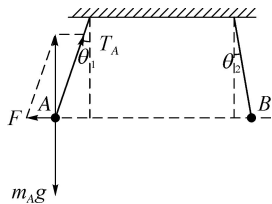


6. C 以小球  $b$  为研究对象,其受力情况如图所示,根据相似三角形可得  $\frac{mg}{OP} = \frac{T}{Ob}$ ,球  $b$  由于漏电而向下摆动少许后重新平衡,在此过程中由于重力  $mg$ 、长度  $OP$  和  $Ob$  均不变,则细线拉力  $T$  大小不变,可知细线对悬点  $O$  的拉力保持不变,选项 C 正确。



7. C 液滴与小球之间的库仑力一定为引力,所以液滴与小球带异种电荷,选项 A 错误;库仑力是矢量,液滴运动过程中所受库仑力的方向不同,选项 B 错误;设  $O$ 、 $A$  间距离为  $h$ ,液滴的运动半径为  $R$ ,液滴与小球连线与竖直方向的夹角为  $\theta$ ,则根据力的分解与牛顿第二定律,有  $mg \tan \theta = m \frac{4\pi^2}{T^2} R$ ,根据几何关系可知  $\tan \theta = \frac{R}{h}$ ,联立可得  $h = \frac{gT^2}{4\pi^2}$ ,选项 C 正确;若要求出圆周运动的半径,必须已知  $\theta$  或者通过所给的其他条件求得  $\theta$ ,否则在已知液滴的质量的情况下无法求出圆周运动的半径,选项 D 错误。

8. B 对小球 A 受力分析,受重力、静电力、拉力,如图所示,根据平衡条件,有  $\tan \theta_1 = \frac{F}{m_A g}$ ,故有  $m_A = \frac{F}{g \tan \theta_1}$ ,同理有  $m_B = \frac{F}{g \tan \theta_2}$ ,由于  $\theta_1 > \theta_2$ ,故  $m_A < m_B$ ,选项 A 正确;两球间的库仑力是作用力与反作用力,大小一定相等,无法判断出  $q_A$  和  $q_B$  的大小关系,选项 B 错误;设悬点到  $A$ 、 $B$  的竖直高度为  $h$ ,则摆球 A 到最低点时下降的高度  $\Delta h_A = \frac{h}{\cos \theta_1} - h = h \left( \frac{1}{\cos \theta_1} - 1 \right)$ ,小球 A 摆动过程机械能守恒,有  $m_A g \Delta h_A = \frac{1}{2} m_A v_A^2$ ,解得  $v_A = \sqrt{2g\Delta h_A}$ ,摆球 B 到最低点时下降的高度  $\Delta h_B = \frac{h}{\cos \theta_2} - h = h \left( \frac{1}{\cos \theta_2} - 1 \right)$ ,小球 B 摆动过程机械能守恒,有  $m_B g \Delta h_B = \frac{1}{2} m_B v_B^2$ ,解得  $v_B = \sqrt{2g\Delta h_B}$ ,由于 A 球摆到最低点过程,下降的高度较大, A 球的速度较大,选项 C 正确;小球摆动过程机械能守恒,设摆长为  $L$ ,有  $mg\Delta h = E_k$ ,故有  $E_k = mg\Delta h = mgL(1 - \cos \theta) = \frac{F}{\tan \theta} L(1 - \cos \theta) = FL \cos \theta \tan \frac{\theta}{2}$ ,其中  $FL \cos \theta$  相同,故  $\theta$  越大,动能越大,  $E_{k1}$  一定大于  $E_{k2}$ ,选项 D 正确。



9. C 设甲、乙、丙三球的质量为  $m$ ,加速度为  $a$ ,相邻两个小球之间的距离为  $r$ ,三球的带电量分别为  $6q$ 、 $3q$ 、 $8q$ ,对甲、乙、丙三球整体,由牛顿第二定律得  $F = 3ma$ ,对丙球,由牛

顿第二定律得  $F_{\text{丙合}} = ma = \frac{F}{3}$ ,选项 A 错误;甲、丙间库仑力大小为  $F_{\text{甲丙}} = k \frac{6q \cdot 8q}{(2r)^2} = \frac{12kq^2}{r^2}$ ,乙、丙间库仑力大小为  $F_{\text{乙丙}} = k \frac{3q \cdot 8q}{r^2} = \frac{24kq^2}{r^2}$ ,甲、乙间库仑力大小为  $F_{\text{甲乙}} = k \frac{3q \cdot 6q}{r^2} = \frac{18kq^2}{r^2}$ ,即  $F_{\text{乙丙}} > F_{\text{甲乙}} > F_{\text{甲丙}}$ ,甲、乙所受库仑力的合力向右,则小球甲、丙带同种电荷,小球甲、乙带异种电荷,选项 B 错误;对乙,根据牛顿第二定律得  $F_{\text{乙丙}} - F_{\text{甲乙}} = ma$ ,可得  $\frac{kq^2}{r^2} = \frac{1}{6} ma = \frac{1}{18} F$ ,则小球乙和小球丙之间的作用力大小为  $F_{\text{乙丙}} = \frac{24kq^2}{r^2} = \frac{24}{18} F = \frac{4}{3} F$ ,选项 C 正确;小球甲和小球乙之间的作用力大小为  $F_{\text{甲乙}} = \frac{18kq^2}{r^2} = F$ ,选项 D 错误。

### 方法技巧 库仑力作用下物体加速问题的处理方法

第一步	恰当选取研究对象,必要时交替使用整体法和隔离法
第二步	对研究对象进行受力分析,注意库仑力的方向与电荷的正负有关
第三步	根据牛顿第二定律列方程求解

10. A 由题意可得,初始状态,地面对斜面体  $c$  的摩擦力大小为  $f = T \cos 30^\circ$ . 对小球  $M$  受力分析得  $T \sin 60^\circ = F$ ,其中

$$F = k \frac{|Q_M Q_N|}{d^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{10^{-6} \times \frac{\sqrt{3}}{2} \times 10^{-6}}{(0.03)^2} \text{ N} = 5\sqrt{3} \text{ N}, \text{联立解得 } f = 5\sqrt{3} \text{ N}, \text{选项 A 正确;}$$

放电过程中,两小球之间的库仑力  $F$  减小,对小球  $M$  受力分析得  $T \cos \alpha = mg$ ,  $mg \tan \alpha = F$ ,则随着库仑力  $F$  减小,夹角  $\alpha$  减小,拉力减小,且开始时夹角  $\alpha = 60^\circ$ ,可求得  $M$  小球的质量为  $m = 0.5 \text{ kg}$ ,开始时绳子拉力为  $T = 10 \text{ N}$ ,则开始时,对物块  $b$  受力分析知  $m_b g \sin \theta = T$ ,即开始时,斜面体对物块  $b$  的摩擦力为零,随着拉力减小,斜面体对物块  $b$  的摩擦力沿斜面向上,且有  $m_b g \sin \theta = T + f_c$ . 可见,随着拉力减小,斜面体对物块  $b$  的摩擦力一定增大,选项 B 错误;设  $b$ 、 $c$  整体质量为  $m_k$ ,则对  $b$ 、 $c$  整体受力分析得  $F_N + T \sin \theta = m_k g$ ,可见,随着拉力减小,地面对斜面体  $c$  的支持力一直变大,选项 C 错误;由题意知,放电结束后绳子拉力即为小球  $M$  的重力,且物块  $b$  恰好没滑动,则对  $b$  受力分析得  $m_b g \sin \theta = mg + \mu m_b g \cos \theta$ ,解得  $\mu = \frac{\sqrt{3}}{6}$ ,选项 D 错误。

11. B 设弹簧劲度系数为  $k_1$ ,静电力常量为  $k_2$ ,小球不带电时弹簧的长度为  $a$ ,则三角形的面积为  $S = a \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} a \cdot \frac{1}{2} = \frac{\sqrt{3}}{4} a^2$ ,如果让小球均带  $Q_1$  的电量,面积变成  $4S$ ,则弹簧的长度为  $2a$ ,弹簧的伸长量为  $a$ ,根据平衡条件得  $k_1 a = k_2 \frac{Q_1^2}{(2a)^2}$ . 如果让小球均带  $Q_2$  的电量,面积变成  $9S$ ,则弹簧的长度为  $3a$ ,弹簧的伸长量为  $2a$ ,根据平衡条件得  $k_1 \cdot 2a = k_2 \frac{Q_2^2}{(3a)^2}$ ,解得  $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\sqrt{2}}{3}$ ,选项 B 正确。



方法技巧 解答本题要抓三个关键点

抓

相同的轻质弹簧围成三角形是等边三角形,边长设为 $a$

面积 $S$ 变成 $4S$ ,三角形边长变为 $2a$ ,弹簧伸长量等于 $a$

面积 $S$ 变成 $9S$ ,三角形边长变为 $3a$ ,弹簧伸长量等于 $2a$

12. (1)对小球  $B$  受力分析,如图所示,

由平衡条件得  $\sin 30^\circ = \frac{F_{\text{库}}}{mg}$ ,

由库仑定律有  $F_{\text{库}} = k \frac{q^2}{x^2}$ ,

联立解得小球的带电荷量大小  $q = \sqrt{\frac{mgx^2}{2k}}$ .

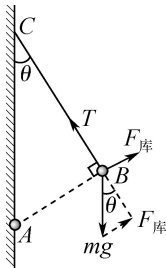
(2)剪断丝线前,对小球  $B$  受力分析,由平衡条件得

$\cos \theta = \frac{T}{mg}$ ,

剪断丝线瞬间,小球  $B$  所受的合外力为  $T = mg \cos \theta$ ,

由牛顿第二定律,有  $mg \cos 30^\circ = ma$ ,

可得小球  $B$  的加速度大小为  $a = \frac{\sqrt{3}}{2}g$ .



13. (1)根据题意,对小球  $B$ ,库仑力提供向心力,则有  $k \frac{Qq}{R^2} =$

$m \frac{v_0^2}{R}$ ,

解得  $q = \frac{mv_0^2 R}{kQ}$ .

(2)根据题意,由库仑力提供向心力得

$k \frac{Qq}{R^2} = 2m\omega^2 r_A$ ,

$k \frac{Qq}{R^2} = m\omega^2 r_B$ ,

又有  $r_A + r_B = R$ ,

解得  $r_B = \frac{2}{3}R, \omega = \frac{\sqrt{6}v_0}{2R}$ .

方法技巧 分析库仑力作用下圆周运动要“三定”

三定

定对象:确定做圆周运动的带电物体作为研究对象

定平面:确定带电物体做圆周运动的平面及圆心

定受力:确定带电物体的受力情况,找到向心力来源

14. (1) $A$ 、 $B$ 、 $C$  静止时,以  $A$ 、 $B$  为研究对象,有

$(m_A + m_B)g \sin 30^\circ = k \frac{q_B q_C}{L^2}$ ,

解得  $L = 2.0 \text{ m}$ .

(2) $A$ 、 $B$  分离时两者之间弹力恰好为零,此后  $F$  变为恒力,对  $B$ ,根据牛顿第二定律得

$k \frac{q_B q_C}{l^2} - m_B g \sin 30^\circ = m_B a$ ,

解得  $l = 3.0 \text{ m}$ .

由匀加速运动规律得  $l - L = \frac{1}{2}at^2$ ,

解得  $t = 1.0 \text{ s}$ .

关键点拨 解答本题可按以下思路进行

四步

找对象:以  $A$ 、 $B$  为研究对象,根据受力平衡求出  $B$ 、 $C$  间的距离

判临界:  $A$ 、 $B$  在拉力  $F$  的作用下,先一起做匀加速直线运动,当两者的弹力为零时,  $A$  单独做匀加速直线运动

求距离:利用牛顿第二定律求出临界时刻  $B$ 、 $C$  间的距离,从而得出  $A$ 、 $B$  一起匀加速运动的距离

求时间:根据匀变速直线运动的位移时间公式求出力  $F$  从变力至恒力所需时间

课时提优 3 电场强度 电场线

1. D 电场强度  $E = \frac{F}{q}$  是通过比值定义法得出的,其大小及方向与试探电荷无关,放入任何电荷时电场强度的方向、大小均不变,选项  $A$ 、 $B$ 、 $C$  错误,  $D$  正确.

易错警示 公式  $E = \frac{F}{q}$  是电场强度的比值定义式,该式给出了测量电场中某一点电场强度的方法,应当注意,电场中某一点的电场强度由电场本身决定,与是否测量及如何测量无关.

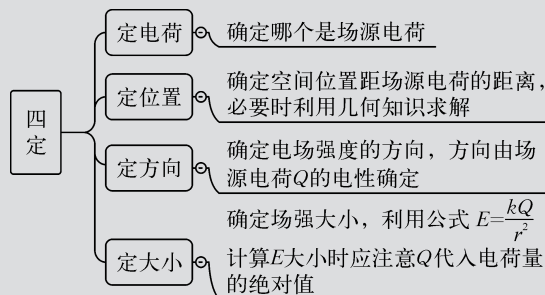
2. C 电场线疏密程度表示电场强度大小,图  $A$  和图  $B$  中,电场中  $A$ 、 $B$  点电场强度大小相同,方向不同,电场强度是矢量,  $A$ 、 $B$  两点电场强度不同,选项  $A$ 、 $B$  错误;图  $C$  中,电场中  $A$ 、 $B$  两点电场强度大小相同,方向相同,选项  $C$  正确;图  $D$  中,电场中  $A$ 、 $B$  两点电场强度大小不相同,方向相同,选项  $D$  错误.

3. D 电场线越密,电场强度越大,由图可知  $A$  点的电场强度大于  $B$  点的电场强度,即大小不相等,电场线某点的切线方向为该点的电场强度方向,  $A$ 、 $B$  两点的电场强度方向不同,选项  $D$  正确.

4. B 对试探电荷  $q$  有  $nF = qE_A$ ,对电荷量为  $nq$  的试探电荷有  $F = nqE_B$ ,结合上述解得  $\frac{E_A}{E_B} = n^2$ ,选项  $B$  正确.

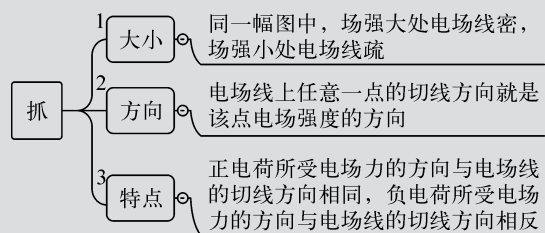
5. D 根据题意,由图乙可知,  $A$ 、 $B$  两点的电场强度的大小分别为  $E_A = \frac{4 \times 10^{-4}}{1 \times 10^{-9}} \text{ N/C} = 4 \times 10^5 \text{ N/C}$ ,  $E_B = \frac{1 \times 10^{-4}}{4 \times 10^{-9}} \text{ N/C} = 0.25 \times 10^5 \text{ N/C}$ ,则  $A$ 、 $B$  两点的电场强度的大小之比为  $16 : 1$ ,由于在  $A$ 、 $B$  两点放两个电荷量不同均带正电的试探电荷,  $A$ 、 $B$  两点的试探电荷受到静电力的方向都跟  $x$  轴正方向相同,则点电荷  $Q$  为正电荷,选项  $A$ 、 $B$ 、 $C$  错误;设  $B$  点的位置坐标为  $x_B$ ,由点电荷场强公式  $E = \frac{kQ}{r^2}$  可得  $E_A = \frac{kQ}{(0.1 \text{ m})^2}$ ,  $E_B = \frac{kQ}{x_B^2}$ ,代入数据解得  $x_B = 0.4 \text{ m}$ ,选项  $D$  正确.

## 方法技巧 利用 $E=k\frac{Q}{r^2}$ 求解 $E$ 要“四定”



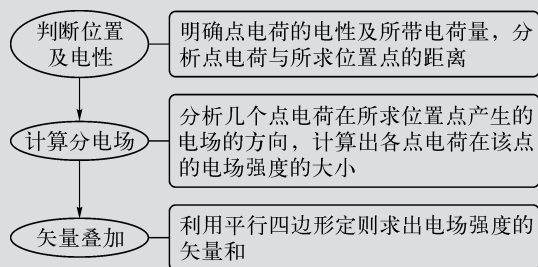
6. A 由于  $Q_{\text{甲}}$ 、 $Q_{\text{乙}}$  两个点电荷到  $P$  点的距离相等,  $P$  点合场强方向偏向右上方, 根据场强叠加原理可知, 两点电荷一定为异种点电荷, 且甲为正电荷, 乙为负电荷, 两电荷在  $P$  点产生的场强  $E_{\text{甲}} > E_{\text{乙}}$ , 根据点电荷场强公式  $E=k\frac{Q}{r^2}$ , 则  $Q_{\text{甲}} > Q_{\text{乙}}$ , 选项 A 正确。
7. C 由于电场线关于虚线对称,  $O$  点为  $A$ 、 $B$  点电荷连线的中点, 结合等量异种与等量同种点电荷电场线的分布特征, 可知  $A$ 、 $B$  带等量同种正电荷, 选项 A、B 错误;  $a$ 、 $b$  为其连线的中垂线上对称的两点, 根据等量同种点电荷电场线的分布特征, 可知  $a$ 、 $b$  两点位置的电场强度大小相等, 方向相反, 则同一试探电荷在  $a$ 、 $b$  两点处所受电场力大小相等, 方向相反, 选项 C 正确; 电场线是为了形象描述看不见、摸不着的电场而人为假想的, 其分布的疏密程度表示电场的强弱,  $a$ 、 $b$  两点处虽然无电场线, 但其电场强度不为零, 选项 D 错误。

## 方法技巧 电场线的应用要“三抓”



8. C 电荷量为  $-q$  的试探电荷在  $a$  点受到的库仑力方向指向  $Q$ , 故场源电荷  $Q$  带正电, A 错误; 根据点电荷场强公式  $E=k\frac{Q}{r^2}$  可知  $b$ 、 $c$  两点电场强度大小相等, 但方向不同, B 错误; 根据点电荷场强公式  $E=k\frac{Q}{r^2}$ ,  $a$ 、 $b$  两点与场源电荷间距之比为  $1:2$ , 故电场强度的大小之比为  $4:1$ , C 正确; 电场强度只与电场本身有关, 与试探电荷无关, 故将  $a$  处试探电荷电荷量变为  $+2q$ , 该处电场强度不会变, D 错误。
9. A 设三角形的边长为  $L$ , 则两个正电荷在  $O$  点的场强为  $E=2\frac{kq}{(\frac{\sqrt{3}}{3}L)^2}\cos\frac{120^\circ}{2}=\frac{3kq}{L^2}$ , 方向由  $O$  指向  $A$  点,  $A$  点的电荷量为  $-q$  的点电荷在  $O$  点的场强为  $E_1=\frac{kq}{(\frac{\sqrt{3}}{3}L)^2}=\frac{3kq}{L^2}=E$ , 方向由  $O$  指向  $A$  点, 则  $O$  点的电场强度大小为  $E_O=E+E_1=2E$ , 选项 A 正确。

## 方法技巧 处理电场强度叠加的方法



10. C 根据电场强度的叠加原理可知, 等量同种点电荷在中垂线上  $O$  点的电场强度为零, 中垂线上距  $O$  点无穷远处电场强度也为零, 从  $O$  点到  $A$  点电场强度可能逐渐增大, 也可能先增大后减小, 故从  $O$  点到  $A$  点试探电荷所受的电场力可能逐渐增大, 也可能先增大后减小, 选项 A、B 错误, C 正确; 试探电荷受竖直向下的电场力, 速度越来越大, 选项 D 错误。
11. D 由题意知带正电的试探电荷在  $A$  点由静止释放, 恰好能在  $A$ 、 $B$  间做往复运动, 说明  $A$ 、 $B$  间存在有一点  $P$  场强为零, 从  $A$  到  $P$  场强逐渐减小, 方向向右; 从  $P$  到  $B$  场强增大, 方向向左, 知  $A$ 、 $B$  两点的场强方向相反, 但大小无法比较, 选项 A、B 错误。从  $A$  点到  $B$  点的过程, 场强先减小后增大, 试探电荷从  $A$  点运动到  $B$  点的过程中, 电场力先减小后增大, 选项 C 错误。因为  $A$ 、 $B$  间有一点场强为零, 所以两点电荷  $Q_1$ 、 $Q_2$  的带电性质相反, 且  $Q_1$  的电荷量大于  $Q_2$  的电荷量, 因为从  $A$  到  $P$  场强逐渐减小, 方向向右; 从  $P$  到  $B$  场强增大, 方向向左, 故点电荷  $Q_1$  带负电、 $Q_2$  带正电, 选项 D 正确。

**关键点拨** 试探电荷在电场力作用下恰好能在  $A$ 、 $B$  间做往复运动, 说明试探电荷在  $A$ 、 $B$  点的速度为零。试探电荷从  $A$  点由静止开始先做加速运动, 后做减速运动。

12. D 根据电场强度的叠加可知两个正点电荷在  $B$  点的合电场强度为  $E_1=2\cdot\frac{kq}{a^2}\cdot\sin 30^\circ=\frac{kq}{a^2}$ , 沿着  $DB$  方向。在  $D$  点放了某个未知点电荷  $Q$  后, 恰好  $B$  点的电场强度等于 0, 可知该位置点电荷为负电荷, 有  $|E_2|=|E_1|=\left|\frac{kQ}{a^2}\right|$ , 可得  $Q=-q$ , 选项 A、B 错误; 两个正点电荷在  $O$  点的合场强为零, 则  $O$  点的电场强度的大小  $E=\frac{kq}{\left(\frac{a}{2}\right)^2}=\frac{4kq}{a^2}$ , 选项 C 错误, D 正确。
13. B 两个电荷量相同的正点电荷固定在关于原点  $O$  对称的  $x$  轴上, 可知  $y$  轴相当于中垂线, 原点  $O$  场强为零, 无穷远处场强也为零, 所以从  $y$  轴上离原点  $O$  足够远的位置到原点  $O$  场强先增大后减小,  $y$  轴上的电场强度方向始终沿  $y$  轴背离原点  $O$ , 所以将一个负点电荷从  $y$  轴上离原点  $O$  足够远的位置由静止释放, 仅在电场力作用下运动, 点电荷所受的电场力始终指向  $O$  点, 即加速度方向始终指向  $O$  点, 点电荷先向  $O$  点做加速度先增大后减小的加速运动, 然后过原点  $O$  加速度反向, 又做加速度先增大后减小的减速运动, 最后关于  $O$  点做往复运动, 选项 B 正确。
14. B 正点电荷置于  $O$  点时,  $G$  点处的电场强度恰好为零, 则