

# 第一章 静电场的描述

## 第一节 静电现象

### 刷基础

1. AD 【解析】感应起电的实质是电荷从物体的一部分转移到另一部分,故 A 错误;摩擦起电的实质是电子从一个物体转

移到另一个物体,物体原来呈现电中性,所以失去电子的物体带正电,得到电子的物体带负电,故 B 正确;摩擦起电和感应起电都是因为电子的转移,只不过前者是电子从一个物体转移到另一个物体上,后者则是电子从物体的一部分转移到另一部分,故 C 正确;一个带电体接触一个不带电的导体,属于接触起电,接触起电的两个物体只能带上同种电荷,故 D 错误. 故选 A、D.

2. D 【解析】用丝绸摩擦过的玻璃棒带正电,玻璃棒和验电器接触后二者都带正电,故 A、B 错误;摩擦起电的实质是电荷的转移,并没有创造电荷,故 C 错误;验电器的两金属箔都带正电,同种电荷相互排斥,故金属箔张开,故 D 正确.

3. D 【解析】枕形体 A、B 不可以采用绝缘材料制作,否则无法发生感应起电,故 A 错误;根据感应起电可知,枕形体 A 带负电, B 带正电,则 A、B 下端的金属箔片均会张开,故 B 错误;金属导体中能自由移动的是电子,正电荷不能移动,故 C 错误;分开 A、B,再拿走 C,则枕形体 A 仍带负电, B 仍带正电, A 和 B 下端的金属箔片仍张开,故 D 正确.

突破点: 感应起电的前提是物体能导电,这样电荷才能在物体内移动

教材变式 本题目由教材 P2 实验与探究演变而来,教材考查了铝罐 A、B 各自金属箔的变化,本题延伸考查了带电小球靠近枕形体 A、B 时电荷的移动情况.

4. D 【解析】仅甲或者乙伸入球内后,由于静电感应,验电器箔片一直张开,故 A 错误;甲、乙先后伸入球内,验电器箔片先张开、后闭合,故 B 错误;甲、乙同时伸入球内,感应电荷为零,验电器箔片闭合,甲或乙撤出后箔片张开,故 C 错误;甲、乙先后伸入球内,验电器箔片先张开再闭合,甲或乙撤出后箔片又张开,故 D 正确.

5. D 【解析】元电荷是最小的电荷量,而电子是携带元电荷的粒子,两者概念不同, A 错误;元电荷是最小的电荷量,电荷的多少叫作电荷量, B 错误;元电荷的数值最早由密立根通过油滴实验测得, C 错误;因为电子所带的电荷量等于元电荷,所谓的带电就是电子的得失,失去电子就带正电荷,得到电子就带负电荷,得失电子的数目只能是整数,所以带电体的电荷量一定是元电荷的整数倍, D 正确.

注意说明 (1) 元电荷是最小的电荷量,它不是带电体;(2) 所有带电体的电荷量都是元电荷的整数倍.

6. D 【解析】带电体所带电荷量一定等于元电荷  $e$  的整数倍,只有 D 项为元电荷的整数倍,即  $4.8 \times 10^{-19} \text{ C} = 3e$ ,故 D 正确.

关键点拨 元电荷又称为基本电荷量,迄今为止,实验发现的最小电荷量就是电子所带的电荷量,人们把最小电荷量叫作元电荷,用符号  $e$  表示,任何带电体所带的电荷量都是元电荷的整数倍.

7. B 【解析】M 和 N 摩擦后 M 带正电荷,说明 M 失去电子,摩擦过程中电子从 M 转移到 N,故 A 错误;根据电荷守恒定律, M 和 N 这个与外界没有电荷交换的系统原来电荷量的代数和为 0,摩擦后电荷量的代数和应仍为 0,所以 N 在摩擦后一定带负电荷且所带电荷量为  $1.6 \times 10^{-10} \text{ C}$ ,故 B 正确;元电荷的值为  $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ ,摩擦后 M 带正电荷且所带电荷量为  $1.6 \times 10^{-10} \text{ C}$ ,所以 M 在摩擦过程中失去  $10^9$  个电子,故 C 错误;电子所带的电荷量等于元电荷,但元电荷不是电子,元电荷数值是由美国物理学家密立根测得的,故 D 错误.

关键点拨 两个不带电的绝缘体经过摩擦后如果带电,则一定带上异种电荷,且电荷量大小相等.

8. A 【解析】根据电荷守恒定律,电荷在转移的过程中,电荷的总量是不变的, A 正确;自然界只有两种电荷,正电荷和负电荷, B 错误;物体通常呈现电中性,是因为物体内正、负电荷数量相等, C 错误;摩擦起电、接触带电、感应起电的带电实质是电子发生转移,电荷不会创生或消灭, D 错误.

9. B 【解析】根据电荷守恒定律可知,电荷既不会创生,也不会消灭,在转移过程中,电荷的总量保持不变,所以在电极放电过程中,电极 A 得到的电荷数等于电极 B 失去的电荷数, B 正确, A、C、D 错误.

10. A 【解析】由于 A、B 都是金属导体,可移动的电荷是自由电子, B 带上负电荷的原因是电子由 A 移动到 B,转移的电子数为  $n = \frac{1 \times 10^{-8} \text{ C}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 6.25 \times 10^{10}$  (个),故选 A.

11. B 【解析】三个金属球完全相同,所以两两接触后会进行电荷均分或电荷先中和后均分. 第一次接触,甲球与乙球,甲、乙的电荷量均变为  $q_1 = \frac{-0.12}{2} \text{ C} = -0.06 \text{ C}$ ,即有  $-0.06 \text{ C}$  的电荷从甲转移到乙,故 B 正确;第二次接触,乙球与丙球,乙、丙的电荷先中和后均分,为  $q_2 = \frac{-0.06+0.1}{2} \text{ C} = 0.02 \text{ C}$ ,

突破点: 先中和后均分实质为先求代数和再求平均值

可知乙球与丙球接触的过程,有  $-0.08 \text{ C}$  的电荷从乙转移到丙,故 C 错误;第三次接触,丙球与甲球,甲、丙的电荷先中和后均分,为  $q_3 = \frac{-0.06+0.02}{2} \text{ C} = -0.02 \text{ C}$ ,可知丙球与甲球接触的过程,有  $-0.04 \text{ C}$  的电荷从甲转移到丙,最终甲球带  $-0.02 \text{ C}$  的电荷,故 A、D 错误.

### 刷易错

★易错点 误认为相互吸引必带异种电荷

12. BD 【解析】毛皮摩擦过的橡胶棒带负电荷,接触前如果小

球带电,根据异种电荷相互吸引可知,小球带正电;由于小球的质量较小,根据带电体能吸引轻小物体的性质可知,接触前小球可能不带电;接触后又相互排斥,故接触后橡胶棒  $B$  和小球  $A$  一定带同种电荷,故 **B、D 正确**.

**易错分析** 本题容易出现的错误是只考虑相互吸引的两个物体都带电的情况,而忽略了其中一个物体可能不带电的情况,从而错选  $A$ . 在分析电荷间的相互作用问题时,要知道相互吸引有两种情况:(1)两物体带异种电荷;(2)一个物体带电,另一个物体不带电.

刷提升

**1. B** 【解析】根据静电感应可知,易拉罐靠近气球一侧与气球带异种电荷,远离气球一侧与气球带同种电荷,故 **B 正确, A 错误**;气球对易拉罐远侧为斥力,对近侧为吸引力,并且对近侧的作用力大于对远侧的作用力,故 **C、D 错误**.

2. ACD

**思路导引** 遇到接地问题时,将导体与地球看成一个整体,则该导体为近端,带电体靠近时,与带电体带异种电荷,地球为远端,与带电体带同种电荷.

**【解析】**将带负电荷的绝缘棒移近两球,由于静电感应,甲球带正电荷,乙球带负电荷,用绝缘工具把两球分开后,它们带上了等量异种电荷,再移走棒并不影响两球带电情况,此时两球都带电, **A 正确**;若先将棒移走,则两球感应出的等量异种电荷立即全部中和,再用绝缘工具把两球分开,两球不会带上电荷, **B 错误**;使棒与其中一个球接触,则两球会因接触而带上负电荷, **C 正确**;若使乙球瞬时接地,则大地为远端,甲球为近端,由于静电感应,甲球带正电,再将棒移走,由于甲、乙两球是接触的,所以甲球上的电荷会重新分布在甲、乙两球上,则两球都带上正电荷, **D 正确**.

**3. D** 【解析】根据静电感应原理可知,若带负电的云接近避雷针顶端,则避雷针顶端带正电,故 **A 错误**;金属内的正电荷不会移动,故 **B 错误**;由  $A$  项分析可知,验电器  $D$  下端带负电,小球  $C$  在验电器  $D$  下端的吸引下撞击  $A$ ,然后和  $A$  带同种电荷(负电),相互排斥,和  $B$  接触,此时电子通过  $B$  导入大地,

**关键点:**  $C$  和  $B$  接触时会将电荷转移给  $B$  然后  $C$  不带电,如此反复,验电器下端两小球始终带负电,所以两小球相互排斥,故 **D 正确, C 错误**.

**4. BD** 【解析】用毛皮摩擦过的橡胶棒带负电,操作①中,将橡胶棒靠近不带电验电器的金属球时,由于静电感应,验电器的金属球带正电,则金属箔带负电,从而张开,随着橡胶棒靠近验电器金属球,金属箔张开的角度越来越大,是因为产生的感应电荷越来越多,则金属箔上聚集的负电荷也越来越多, **A 错误, B 正确**;操作②中,手接触验电器的金属球,金属箔中的负电荷经手流入大地,使得金属箔闭合,但金属球依旧属于近端,带正电, **C 错误**;操作③中,若先把手移开,再把橡胶棒移开,金属球上的电荷重新分布,金属箔与金属球均带正电荷,导致金属箔又张开, **D 正确**.

刷素养

**5. D** 【解析】导体原来不带电,由于静电感应,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,所以沿任意一条虚线切开时,都有  $A$  带正电,  $B$  带负电,且  $Q_A = Q_B$ ,故 **D 正确**.

第二节 库仑定律

课时 1 库仑定律

刷基础

**1. D** 【解析】点电荷是一种理想化模型,实际是不存在的, **A 错误**;带电体能否被看成点电荷,主要看其形状、大小和电荷分布对所研究问题的影响是否可以忽略不计,与带电体的

**突破点:** 点电荷的概念可类比质点的概念

体积大小和电荷量多少没有关系, **B 错误, D 正确**;库仑力公式  $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$  适用于点电荷模型,当  $r \rightarrow 0$  时,两电荷不能被看作点电荷,此时公式不适用, **C 错误**.

**2. C** 【解析】实验中将  $A$ 、 $C$  球接触,使两球所带的电荷量相同,实验前  $A$ 、 $C$  球带电荷量不需要相等,故 **A 错误**;在库仑那个时代,没有电荷量的单位,不可能准确测出每个小球的电荷量,故 **B 错误**;悬丝扭转的角度越大,说明  $A$ 、 $C$  球间的库仑力越大,通过悬丝扭转的角度比较力的大小,故 **C 正确**;该实验探究出库仑力与距离的二次方成反比,故 **D 错误**.

**3. C** 【解析】由库仑定律可得  $F = \frac{k \cdot 3q \cdot 5q}{L^2} = \frac{15kq^2}{L^2}$ ,将  $A$  和  $B$  接触后分开,此时  $A$ 、 $B$  的电荷量均为  $q$ ,再使  $A$ 、 $B$  之间距离增大为原来的 2 倍,则它们之间的静电力大小为  $F' = \frac{kq \cdot q}{(2L)^2} = \frac{kq^2}{4L^2} = \frac{1}{60} F$ ,故选 **C**.

**关键点拨** (1)两导体接触后,电荷分配和导体的材料、形状、大小等有关,只有两导体完全相同时,电荷才平均分配. (2)电荷分配的原则:两个完全相同的金属球,若带同种电荷,接触后平分原来所带电荷量的总和;若带异种电荷,接触后先中和后平分. (3)计算静电力时,电荷量只代入绝对值,力的方向单独判断,电荷中和时必须带电荷的正负号计算.

**4. A** 【解析】将  $C$  球先后与  $A$ 、 $B$  球接触后,  $A$ 、 $B$ 、 $C$  球带电量分别为  $+2Q$ 、 $+Q$ 、 $+Q$ ,对  $B$  球受力分析可得  $B$  球所受  $A$  球的静电力大小为  $F_1 = k \frac{2Q^2}{L^2}$ ,方向沿  $AB$  方向,  $B$  球所受  $C$  球的静电力大小为  $F_2 = k \frac{Q^2}{(L \tan 60^\circ)^2} = \frac{kQ^2}{3L^2}$ ,方向沿  $CB$  方向,由力的合成可知  $B$  球所受静电力大小为  $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \frac{\sqrt{37}kQ^2}{3L^2}$ ,故选 **A**.

刷易错

★易错点 1 带电体看成点电荷的条件理解不到位

5. B 【解析】由万有引力公式可得两金属球壳之间的万有引力为  $F_{引} = G \frac{m^2}{l^2}$ . 由于同种电荷相互排斥, 两金属球壳上的电荷分布不均匀, 会相互远离, 使得电荷之间的实际距离大于  $l$ , 故两金属球壳之间的库仑力  $F_{库} < k \frac{Q^2}{l^2}$ , 故 B 正确.

**易错分析** 由于本题中带电金属球壳的半径与它们之间的距离相比不能忽略, 因此不能看成点电荷, 不能直接利用库仑定律计算库仑力的大小, 只能根据库仑定律定性判断库仑力的大小. 注意: 库仑定律的适用条件是真空和静止点电荷. 本题易由于没有正确理解库仑定律的适用条件, 乱套公式导致错选 D 项.

★易错点 2 忽视电荷运动过程中位置关系变化对库仑力的影响

6. AD 【解析】若试探电荷  $b$  获得与  $a$ 、 $b$  连线垂直的速度, 且  $a$ 、 $b$  间的库仑力恰好提供  $b$  做匀速圆周运动的向心力, 则  $b$  将绕  $a$  做匀速圆周运动, 即  $b$  的速度大小不变, 故 A 正确; 若  $b$  远离电荷  $a$  运动, 则  $a$ 、 $b$  间的库仑力做负功,  $b$  的速度减小, 随着  $a$ 、 $b$  间距离增大, 由  $F = k \frac{q_a q_b}{r^2}$  可知,  $a$ 、 $b$  间的库仑力减小, 根据  $F = ma$  可知,  $b$  的加速度将减小, 即  $v-t$  图像的切线斜率绝对值减小, 故 B 错误, D 正确; 同理可知, 若  $b$  靠近电荷  $a$  运动,  $b$  的速度增大, 随着  $a$ 、 $b$  间距离减小,  $a$ 、 $b$  间的库仑力增大,  $b$  的加速度增大,  $v-t$  图像的切线斜率的绝对值增大, 故 C 错误.

**易错分析** 本题的易错点有二: 一是对库仑力及运动关系理解不到位, 没有正确把握  $a$  对  $b$  的库仑力是引力还是斥力, 不能将力与运动状态变化进行关联; 二是在应用  $F = k \frac{q_a q_b}{r^2}$  时, 误认为  $F$  是恒力, 没有正确写出表达式进行分析, 从而导致错选 B、C.

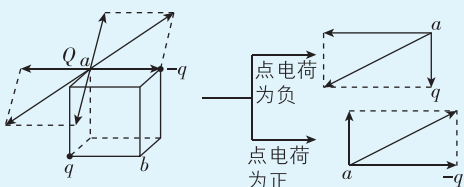
课时 2 库仑定律的综合问题

刷基础

1. D 【解析】因两个电荷量为  $+q$  的点电荷对正方形中心点电荷的库仑力的合力为零, 则正方形中心的点电荷受到的库仑力等于电荷量为  $+2q$  的点电荷对它的库仑力, 大小为  $F = k \frac{2q \cdot q}{(\frac{a}{\sqrt{2}})^2} = \frac{4kq^2}{a^2}$ , 故 D 正确.

2. C

**思路导引** 求  $a$  点的点电荷受到的库仑力, 可以化“立体”为“平面”, 如图所示.



【解析】 $a$  点的点电荷可能带正电, 也可能带负电, 根据力的合

成可知, 该点电荷受到的库仑力不可能沿  $ab$  方向, 故 A、B 错误;

该点电荷受到的库仑力大小为  $F = \sqrt{\left(k \frac{Qq}{l^2}\right)^2 + \left(k \frac{Qq}{2l^2}\right)^2} = \frac{\sqrt{5}kQq}{2l^2}$ , 故 C 正确, D 错误.

3. ABC 【解析】三个自由点电荷在同一直线上处于平衡状态, 则一定满足“两同夹异, 两大夹小, 近小远大”, 所以  $A$  与  $C$  是同种电荷, 与  $B$  是异种电荷, 故 A、B 正确; 根据库仑定律, 对三个点电荷进行受力分析, 有  $k \frac{q_1 q_2}{(2r)^2} = k \frac{q_1 q_3}{(3r)^2} = k \frac{q_2 q_3}{r^2}$ , 化简可

得  $q_1 : q_2 : q_3 = 36 : 4 : 9$ , 故 C 正确, D 错误.

**关键点:**  $A$ 、 $B$  之间的引力等于  $A$ 、 $C$  之间的斥力等于  $B$ 、 $C$  之间的引力

**教材变式** 本题目由教材 P12 第 2 题演变而来. 教材考查了第三个点电荷的电性、位置及电量, 本题考查了三个点电荷的电荷量之比.

**方法总结** 本题为三个自由点电荷仅在静电力作用下的平衡问题, 三个点电荷要平衡必须在一条直线上, 外侧两个点电荷相互排斥, 中间的点电荷吸引外侧两个点电荷, 所以外侧两个点电荷电性相同, 中间点电荷与它们电性相反; 要平衡中间点电荷的吸引力, 必须满足外侧点电荷的电荷量大, 中间点电荷的电荷量小, 即三个自由点电荷在同一直线上处于平衡状态时一定满足“两同夹异, 两大夹小, 近小远大”.

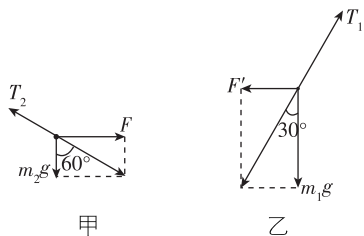
4. BD 【解析】小环  $C$  不能在小球  $A$ 、 $B$  间处于平衡状态, 因为在小球  $A$ 、 $B$  间所受库仑力指向同一个方向, 也不能处于小球  $A$  的左侧, 因为在小球  $A$  的左侧受到小球  $A$  对它的库仑力大于小球  $B$  对它的库仑力, 不能平衡, 所以小环  $C$  处于小球  $B$  的右侧, 根据平衡条件有  $k \frac{4qQ}{(x+d)^2} = k \frac{qQ}{x^2}$ , 解得  $x = d$ , 由于小球  $A$ 、 $B$

固定, 小环  $C$  可能带正电也可能带负电, 且带电荷量大小不能确定, 故 A、C 错误, B 正确; 小环  $C$  的电性未知, 拉离平衡位置方向未知, 若小环  $C$  带负电且靠近小球  $B$  拉动, 小环  $C$  会在斥力作用下经过平衡位置再受引力作用, 故 D 正确.

5. B 【解析】以  $B$  球为研究对象, 受力分析如图甲所示, 可知  $A$ 、 $B$  间库仑力大小为  $F = m_2 g \tan 60^\circ = \sqrt{3} m_2 g$ , A 错误; 以  $A$  球为研究对象, 受力分析如图乙所示, 可知  $A$ 、 $B$  间库仑力大小  $F = F' = m_1 g \tan 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3} m_1 g$ , 细线  $OA$  的弹力大小  $T_1 = \frac{m_1 g}{\cos 30^\circ} = \frac{2\sqrt{3}}{3} m_1 g$ , B 正确; 由几何关系可知,  $A$ 、 $B$  之间距离为  $2l$ , 由库仑定律可知, 两球间库仑力大小为  $F = \frac{kq_1 q_2}{(2l)^2} = k \frac{q_1 q_2}{4l^2}$ , C

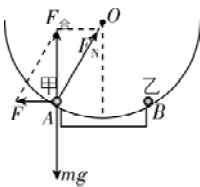


错误;由前面分析可知  $F = \sqrt{3}m_2g = \frac{\sqrt{3}}{3}m_1g$ , 可得 A、B 的质量之比为  $m_1 : m_2 = 3 : 1$ , D 错误。

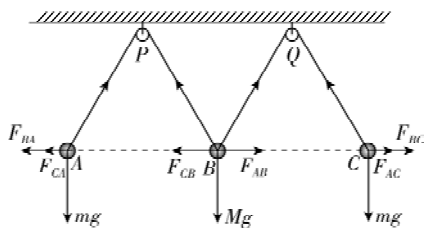


刷提升

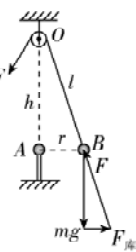
1. A 【解析】对甲球受力分析如图所示, 由已知条件可得  $AB = R$ , 由库仑定律可知, 甲、乙间的库仑力大小为  $F = \frac{2kq^2}{R^2}$ , 由平衡条件可得  $F_{\text{合}} = mg = \frac{F}{\tan 30^\circ}$ , 解得甲球的质量  $m = \frac{2\sqrt{3}kq^2}{gR^2}$ , 故选 A。



2. AC 【解析】若 A、B、C 带同种电荷, 相互之间都为斥力, 受力如图所示。由于电荷量大小未知, 三个小球受力可能平衡, A 正确。由题意可知细绳对 B 球在水平方向上拉力矢量和为 0, 可知 B 球受到 A、C 球的库仑力大小相等、方向相反, 则 A、C 球带同种电荷且电荷量相等; 若 B 球与 A、C 球带异种电荷, 由 A 球水平方向上受力平衡可知, B 球对 A 球的库仑力小于 C 球对 A 球的库仑力, 则 B 球电荷量最小; 若 B 球与 A、C 球带同种电荷, B 球的电荷量大小无法确定, B 错误。由于细绳拉力大小相等, 则对 A 球和 B 球在竖直方向上分别有  $T \sin 60^\circ = mg$ ,  $T \sin 60^\circ = \frac{Mg}{2}$ , 联立解得  $M = 2m$ , C 正确。若 A、B、C 带同种电荷, 由图可知, 对 A 球在水平方向上有  $F_{BA} + F_{CA} = \frac{mg}{\tan 60^\circ} = \frac{\sqrt{3}}{3}mg$ , 可知 A、B 球之间库仑力大小不可能为  $\frac{\sqrt{3}}{3}mg$ , D 错误。



3. D 【解析】对 B 球受力分析, 如图所示, 设 A、B 间的距离为  $r$ , O、A 间的距离为  $h$ , O、B 间距离为  $l$ , B 球重力为  $mg$ , A、B 之间的库仑力大小为  $F_{\text{库}} = k \frac{q_A q_B}{r^2}$ , 根据力的矢量三角形与距离的几何三角形相似可得  $\frac{mg}{h} = \frac{F_{\text{库}}}{r} = \frac{F}{l}$ , 可得



突破点: 利用相似三角形解题

$$F = \frac{mgl}{h}, r = \sqrt{\frac{kq_A q_B h}{mg}}, \text{缓慢拉动细线, B 球移动过程支杆始终}$$

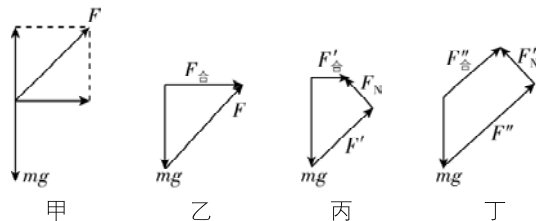
静止, 且两球的电荷量均不变, 可知  $l$  减小,  $h$  不变, 所以  $F$  减小, 即细线上的拉力一直减小;  $r$  不变, 即 B 球的运动轨迹是一段圆弧, 并且 B 球受到的库仑力大小不变, 方向改变, 故 A、B、C 错误。根据平衡条件可知, 支杆受到水平面的摩擦力与 B 对 A 的库仑力的水平分量大小相等、方向相反, 而 B 对 A 的库仑力大小不变, 方向由水平向左变为斜向左下, 所以水平分量变小, 则支杆受到水平面向右的摩擦力逐渐减小, 故 D 正确。

$$4. g \sin \alpha - \frac{kQq \sin^2 \alpha}{mH^2}$$

【解析】规定沿细杆向下为正方向, 小球 A 刚释放时, 由牛顿第二定律有  $mg \sin \alpha - \frac{kQq}{r^2} = ma$ , 由几何知识可知  $r = \frac{H}{\sin \alpha}$ , 联立解得  $a = g \sin \alpha - \frac{kQq \sin^2 \alpha}{mH^2}$ 。

刷素养

5. D 【解析】根据题目条件, 仅能知道 N 与 M 之间产生了库仑力, 二者所带电荷量大小关系无法判断, 故 A 错误; 对 M 受力分析, 如图甲所示, 任意位置库仑力与 M 的运动方向垂直, 做功为零, 故 B 错误; M 在原位置做圆周运动时, 重力和库仑力的合力提供向心力, 如图乙所示, 如果将 M 向下移动, 此时库仑力减小, 由重力、支持力和库仑力的合力提供向心力, 如图丙所示, M 可以在新平面内做匀速圆周运动, 如果将 M 向上移动, 则库仑力变大, 合力必然斜向上, 如图丁所示, M 不能在新平面内做匀速圆周运动, 故 C 错误, D 正确。



第三节 电场 电场强度

课时 1 电场 电场强度及电场强度的叠加

刷基础

1. D 【解析】根据电场强度的定义式有  $E = \frac{F}{q}$ , 该表达式为比值定义式, 电场中某点的电场强度由电场自身决定, 与试探电荷无关, 可知移去试探电荷、改变试探电荷的电性或电荷量大小, P 点的电场强度均不变, 故选 D。

关键点拨 电场强度是用比值定义法定义的, 比值定义法的基本特点是被定义的物理量往往反映物质的最本质属性, 它不随定义所用的物理量的变化而变化。电场强度仅由电场本身决定, 与有无试探电荷及试探电荷的电荷量、电性、所受静电力无关。

2. B 【解析】在电场中, 试探电荷所受电场力  $F = Eq$ , 因此  $F-q$  图像斜率绝对值大小反映电场强度的大小, 题图中四个点与



$O$  点连线的斜率不同,说明四个点所在位置的场强大小不同,且  $E_d > E_c > E_a > E_b$ ,故 **A 错误, B 正确**;电场强度是由电场本身决定的,与试探电荷的电性、电荷量以及所受电场力均无关,即试探电荷不影响原来的电场,故 **C 错误**;  $a$ 、 $c$  两个位置试探电荷电性不同,电场力反向,所以场强方向相同,故 **D 错误**。

**3. C** 【解析】电荷量为  $-q$  的试探电荷在  $a$  点受到的库仑力方向指向  $Q$ ,电场强度方向背离  $Q$ ,则  $Q$  带正电,故 **A 错误**;根据公式  $E = k \frac{Q}{r^2}$  知  $b$ 、 $c$  两点电场强度大小相同,方向不同,故

易错点: 易忽略电场强度是矢量,除了比较大小时还需要比较方向

**B 错误**;根据公式  $E = k \frac{Q}{r^2}$ ,可知  $\frac{E_a}{E_b} = \frac{r_b^2}{r_a^2} = \frac{4}{1}$ ,故 **C 正确**;场强由电场本身决定,与试探电荷无关,所以  $a$  处的试探电荷电荷量变为  $+2q$ ,该处场强不变,故 **D 错误**。

**4. AD** 【解析】由题图乙可知  $A$ 、 $B$  两点的试探电荷的电性相反,在  $A$ 、 $B$  两点的试探电荷所受静电力方向均为正,可知  $A$ 、 $B$  两点的电场强度方向相反,点电荷位于  $A$ 、 $B$  两点之间, **A 正确**;电场强度由场源电荷  $Q$  与距场源电荷的距离共同决定,与试探电荷无关,将试探电荷移走,  $A$ 、 $B$  两点的电场强度不改变, **B 错误**;电场强度的定义式  $E = \frac{F}{q}$  变形得  $F = Eq$ ,可知  $F-q$  图像中图线斜率的绝对值表示该点电场强度的大小,可得  $E_A = \frac{4 \times 10^{-3} \text{ N}}{2 \times 10^{-6} \text{ C}} = 2 \times 10^3 \text{ N/C}$ ,  $E_B = \frac{2 \times 10^{-3} \text{ N}}{4 \times 10^{-6} \text{ C}} = 500 \text{ N/C}$ ,所以  $A$ 、 $B$  两点的电场强度大小之比为  $E_A : E_B = 4 : 1$ , **C 错误**;点电荷产生的场强  $E = \frac{kQ}{r^2}$ ,点电荷  $Q$  在  $A$ 、 $B$  两点之间,设点电荷  $Q$

的坐标为  $x$ ,则  $2.0 \text{ m} < x < 5.0 \text{ m}$ ,有  $E_A = \frac{kQ}{(x-2.0 \text{ m})^2}$ ,  $E_B = \frac{kQ}{(5.0 \text{ m}-x)^2}$ ,又  $E_A : E_B = 4 : 1$ ,解得  $x = 3.0 \text{ m}$ , **D 正确**。

**5. ACD** 【解析】在  $0 \sim 6 \text{ cm}$  的范围内,两点电荷产生的场强方向相同,均沿  $x$  轴正方向,故合场强水平向右,因此场强一定不为 0,故 **B 错误**;设合场强为 0 的坐标为  $x (x > 6 \text{ cm})$ ,由

突破点: 根据三个自由点电荷平衡推论“两同夹异,两大夹小,近小远大”可知合场强为 0 的位置在  $Q_2$  的右侧

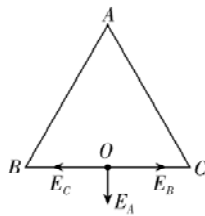
$k \frac{Q_1}{x^2} = k \frac{|Q_2|}{(x-6 \text{ cm})^2}$ ,可得  $x = 12 \text{ cm}$ ,故 **A 正确**;根据场强的叠加可知,  $6 \text{ cm} < x < 12 \text{ cm}$  区间场强沿  $x$  轴负方向,若在  $x = 8 \text{ cm}$  的位置放一正电荷,则其所受电场力方向沿  $x$  轴负方向,故 **C 正确**;根据场强的叠加可知,  $x > 12 \text{ cm}$  区间场强沿  $x$  轴正方向,若在  $x = 14 \text{ cm}$  的位置放一负电荷,则其所受电场力方向沿  $x$  轴负方向,故 **D 正确**。

**易错分析** 对于异种点电荷,合场强为零的位置在两点电荷的连线上电荷量少的点电荷外侧;对于同种点电荷,合场强为零的位置在两点电荷的连线上两点电荷之间,靠近电荷量少的点电荷。本题易因对点电荷的场强方向不明确而导致错解。

**6. BD** 【解析】由题意可得,点电荷  $B$ 、 $C$

对  $A$  的静电力大小均为  $F = k \frac{q^2}{L^2}$ ,三个

带正电的点电荷构成等边三角形,由几何知识和力的合成可得点电荷  $B$ 、 $C$  对  $A$  的静电力的合力大小为  $F_{\text{合}} =$



$2F \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}kq^2}{L^2}$ , **A 错误, B 正确**;三个点电荷在  $O$  点产生

的电场强度方向如图所示,根据点电荷场强公式  $E = \frac{kq}{r^2}$ ,可知点电荷  $B$  和点电荷  $C$  在  $O$  点的电场强度大小相等、方向相反,二者的矢量和为零,点电荷  $A$  在  $O$  点的电场强度即为  $O$

点的合电场强度,大小为  $E_O = \frac{kq}{r_{AO}^2}$ ,又  $r_{AO} = L \sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}L$ ,联

立可得  $E_O = \frac{4kq}{3L^2}$ , **C 错误, D 正确**。

**7. BD** 【解析】 $A$  点的电荷带正电,由于试探电荷带正电,则试探电荷受到  $A$  点的电荷的斥力作用,又由于试探电荷沿着直线从  $A$  向  $B$  运动过程中速度先增大后减小,经过  $C$  点时速度最大,故试探电荷受到  $B$  点的电荷的斥力作用,所以放置在  $B$  点的电荷带正电, **A 错误**;试探电荷沿着直线从  $A$  向  $B$  运动过程中速度先增大后减小,在  $C$  点时速度最大,说明试探电荷先做加速度减小的加速运动,加速度减小到零后反向增大,做加速度增大的减速运动,试探电荷在  $C$  点加速度为零,合外力为零,说明  $C$  点场强为零, **B 正确**;过  $C$  点与  $AB$  垂直的直线上的点,根据场强叠加原理可知,只有  $C$  点场强等于零,其他各点场强不等于零, **C 错误**;  $A$ 、 $B$  两点间的距离为  $L$ ,

$AC = 2BC$ ,  $C$  点场强为零,则  $\frac{kQ_A}{(\frac{2}{3}L)^2} - \frac{kQ_B}{(\frac{1}{3}L)^2} = 0$ ,解得  $Q_B =$

$\frac{1}{4}Q_A$ ,即放在  $A$ 、 $B$  两点的电荷所带电荷量绝对值之比为  $4 : 1$ , **D 正确**。

**8. B** 【解析】设正方形的边长为  $L$ ,则  $+2q$  的点电荷在  $O$  点产生

的场强大小为  $E_1 = k \frac{2q}{(\frac{\sqrt{2}}{2}L)^2} = \frac{4kq}{L^2}$ ,方向沿  $OC$  方向;  $+q$

的点电荷和  $-q$  的点电荷在  $O$  点产生的合场强大小为  $E_2 = \frac{kq}{(\frac{\sqrt{2}}{2}L)^2} + \frac{kq}{(\frac{\sqrt{2}}{2}L)^2} = \frac{4kq}{L^2}$ ,方向沿  $OD$  方向;三个点电荷在  $O$

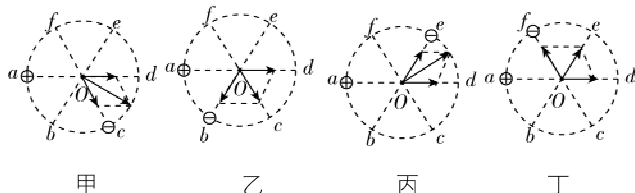
点产生的合场强大小为  $E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} = \frac{4\sqrt{2}kq}{L^2}$ ,方向沿  $OM$  方

向,要使  $O$  点的电场强度为零,点电荷只能放在  $M$ 、 $C$  两点中的  $M$  点,且该点电荷只能带正电,由题可知,  $OM = \frac{1}{2}L$ ,由  $E =$

$\frac{kQ}{(\frac{L}{2})^2}$  可得该点电荷的电荷量  $Q = +\sqrt{2}q$ ,故选 **B**。

**9. BD** 【解析】由题意可知,负点电荷位于  $d$  点时,两点电荷在

圆心  $O$  产生的电场强度大小为  $E$ , 则正、负点电荷在  $O$  处产生的电场强度大小均为  $\frac{E}{2}$ , 方向沿  $Od$  方向, 当负点电荷移至  $c$  点时, 两点电荷在  $O$  点产生的电场强度方向夹角为  $60^\circ$ , 大小不变, 则  $O$  点的合电场强度大小为  $2 \times \frac{E}{2} \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}E$ , 方向沿  $\angle cOd$  的角平分线斜向右下方, 如图甲所示, **A 错误**; 当负点电荷移至  $b$  点时, 两点电荷在  $O$  点产生的电场强度方向夹角为  $120^\circ$ , 大小不变, 则  $O$  点的合电场强度大小为  $\frac{E}{2}$ , 方向沿  $Oc$  方向, 如图乙所示, **B 正确**; 当负点电荷移至  $e$  点时, 两点电荷在  $O$  点产生的电场强度方向夹角为  $60^\circ$ , 大小不变, 则  $O$  点的合电场强度大小为  $2 \times \frac{E}{2} \cos 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}E$ , 方向沿  $\angle dOe$  的角平分线斜向右上方, 如图丙所示, **C 错误**; 当负点电荷移至  $f$  点时, 两点电荷在  $O$  点产生的电场强度方向夹角为  $120^\circ$ , 大小不变, 则  $O$  点的合电场强度大小为  $\frac{E}{2}$ , 方向沿  $Oe$  方向, 如图丁所示, **D 正确**.



**方法总结** 如果场源电荷是多个点电荷, 则电场中某点的电场强度等于各个点电荷单独在该点产生的电场强度的矢量和, 遵循平行四边形定则。

### 刷易错

★易错点 易忽略点电荷的场强公式的适用条件而出错

- 10. D** 【解析】根据题意, 对小球受力分析, 如图所示, 由平衡条件有  $T \cos 45^\circ = mg$ ,  $T \sin 45^\circ = F$ , 解得  $T = \sqrt{2}mg$ ,  $F = mg$ , 由几何关系可得, 金属环环心到小球的距离为  $d = \frac{\sqrt{2}}{2}L$ , 由于金属环不能看成点电荷, 则金属环和小球间的静电力大小  $F \neq \frac{kQq}{d^2} = \frac{2kQq}{L^2}$ , **A、B 错误**; 根据题意, 由公式  $E = \frac{F}{q}$  可得, 金属环在小球处产生的电场的电场强度大小为  $E = \frac{mg}{q}$ , 由于金属环不能看成点电荷, 则金属环在小球处产生的电场的电场强度大小  $E \neq \frac{kQ}{d^2} = \frac{2kQ}{L^2}$ , **C 错误, D 正确**.

**易错分析** 本题易混淆点电荷电场强度公式的适用条件而出错.  $E = k \frac{Q}{r^2}$  只适用于点电荷所产生的电场, 本题中带电的金属环不能看成点电荷, 因此不能用点电荷的电场强度公式求带电金属环在小球处产生的电场强度大小.

### 刷提升

- 1. D** 【解析】设半圆弧的半径为  $R$ , 小球到达  $B$  点时速度大小为  $v$ , 小球的运动方向始终垂直于库仑力, 故库仑力不做功, 小球从  $A$  运动到  $B$  的过程中, 由机械能守恒定律得  $mgR = \frac{1}{2}mv^2$ , 小球经过  $B$  点时, 库仑力竖直向上, 由牛顿第二定律

**突破点:** 小球在  $B$  点时, 对管壁恰好无压力, 此时小球只受到重力和库仑力作用

得  $qE - mg = \frac{mv^2}{R}$ , 联立可得  $E = \frac{3mg}{q}$ , 又小球带负电, 故场强方向竖直向下, **D 正确**.

- 2. C** 【解析】等量同种点电荷连线的垂直平分线上,  $O$  点场强为零, 无穷远处场强也为零, 则从  $O$  点沿  $y$  轴正方向和负方向, 场强先增大后减小,  $y > 0$  区域场强为正,  $y < 0$  区域场强为负, 故 **C 正确**.

- 3. AD** 【解析】假设将负点电荷换成电荷量相等的正点电荷, 则  $O$  处电场强度为 0, 可知题图中四个正点电荷在  $O$  处的合电场强度方向由  $O$  指向负点电荷, 大小为  $E_1 = k \frac{q}{r^2}$ , 而题图中负点电荷在  $O$  处的电场强度方向由  $O$  指向负点电荷, 大小为  $E_2 = k \frac{q}{r^2}$ , 故几何中心  $O$  处电场强度方向沿负点电荷与  $O$  点连线指向负点电荷, 大小为  $E = E_1 + E_2 = 2k \frac{q}{r^2}$ , 故选 **A、D**.

- 4. C** 【解析】如图所示, 由点电荷电场叠加原理可知,  $C$ 、 $E$  两点的电场强度大小相等, 方向不同, 故 **A 错误**; 若仅把  $A$  处的点电荷换成电荷量为  $-Q$  的点电荷, 顶点  $A$  处的电荷在  $E$  点场强方向相反, 顶点  $B$  处的电荷在  $E$  点场强方向不变, 由矢量叠加可知,  $E$  点的电场方向改变但是不相反, 故 **B 错误**;  $A$  处点电荷在  $F$  点的电场强度大小  $E_{AF} = k \frac{Q}{(\sqrt{2}a)^2} = \frac{kQ}{2a^2}$ ,  $B$  处点电荷在  $F$  点的电场强度大小  $E_{BF} = k \frac{Q}{a^2}$ , 所以  $E_F = \sqrt{E_{AF}^2 + E_{BF}^2} = \frac{\sqrt{5}kQ}{2a^2}$ , 故 **C 正确**; 由电场叠加可知,  $F$ 、 $H$  两点的电场强度大小相等, 方向不相反, 故 **D 错误**.

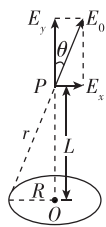
**关键点拨** 本题的难点在于空间思维, 要正确构建立体模型, 找到边、角关系以确定不同点电荷在不同位置所产生的电场强度的大小和方向, 熟练掌握电场强度矢量合成法则.

### 5. C

**思路导引** 对于带电荷量均匀的圆环或导体棒, 求环或棒之外某点的场强, 一般使用微元法. 从环或棒上选取一“微元”加以分析, 对该“微元”运用点电荷的场强公式, 利用场强叠加原理可知场强为所有“微元”产生的场强的矢量和.

**【解析】** 如图所示, 将圆环分为  $n$  等份 (每一份可以认为是一个点电荷), 则每份带的电荷量为  $q_0 = \frac{Q}{n}$ , 每份在  $P$  点产生的

场强大小为  $E_0 = \frac{kq_0}{r^2} = \frac{k \frac{Q}{n}}{\left(\frac{L}{\cos \theta}\right)^2} = \frac{kQ \cos^2 \theta}{nL^2}$ , 根据对称性可知,  $P$  点处水平方向的合场强为零, 则  $P$  点的电场强度方向竖直向上, 大小为  $E = nE_0 \cos \theta = \frac{kQ \cos^3 \theta}{L^2}$ , 故 **A、D 正确, C 错误**; 因小球在  $P$  点静止,



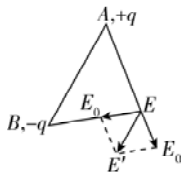
由二力平衡可得  $mg = qE$ , 解得  $P$  点场强大小  $E = \frac{mg}{q}$ , 故 **B 正确**, 故选 C.

## 6. B

**思路导引** 信息提取:  $v-t$  图像的切线斜率表示加速度, 也可以反映小物块受到的静电力的变化情况, 根据速度变化情况, 可判断小物块机械能的变化情况.

**【解析】** 小物块带负电, 从  $A$  点由静止运动至  $C$  点速度增大, 则动能增大, 静电力做正功, 可知两点电荷是负电荷, **A 错误**; 由牛顿第二定律得  $E|q| = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$ , 结合题图乙可求出中垂线上  $B$  点的电场强度大小为  $E = 1 \times 10^4 \text{ N/C}$ , **B 正确**;  $v-t$  图像与  $t$  轴围成图形的面积表示位移, 可知  $AB$  的长度小于  $BC$  的长度, 故  $B$  点不是  $A$ 、 $C$  连线的中点, **C 错误**; 小物块从  $A$  点运动到  $C$  点的过程中速度增大, 则动能增大, 而重力势能不变, 可知机械能增大, **D 错误**.

**7. D 【解析】**  $B$ 、 $C$ 、 $D$  三点处的点电荷在  $O$  点产生的电场强度叠加后为零, 故  $O$  点的电场强度等于  $A$  处点电荷在  $O$  点产生的电场强度, 方向垂直于正三角形  $BCD$  所在平面向下, **A、B 错误**; 根据几何关系可知  $r_{AE} = \frac{\sqrt{3}}{2}L$ ,



根据点电荷的场强公式知  $A$  点的点电荷在  $E$  点产生的电场强度大小为  $E_{AE} = k \frac{q}{r_{AE}^2} = k \frac{4q}{3L^2}$ , **D 正确**;  $C$ 、 $D$  处两点电荷在  $E$  点产生的电场强度叠加后为零,  $A$ 、 $B$  两处的点电荷到  $E$  点的距离相等, 则在  $E$  点产生的电场强度大小相等, 如图所示, 根据平行四边形定则可知, 合场强的方向平行于  $AB$ , **C 错误**.

**8. D 【解析】**  $P$  点的点电荷的电荷量未突变时, 根据对称性, 可得此时  $O$  点的电场强度为零,  $P$  点的点电荷的电荷量突变成  $+q$ , 可看作由  $-2q$  和  $+3q$  两个点电荷叠加而成, 故  $O$  点电场可以看作均匀带电圆环和  $+3q$  点电荷产生的两个电场的叠加, 故  $O$  点的电场强度大小为  $E = 0 + k \frac{3q}{R^2} = k \frac{3q}{R^2}$ , 电场方向为  $+3q$  点电荷在  $O$  点的电场方向, 即沿半径背离  $P$  点, 故 **D 正确**.

**9. D 【解析】** 根据几何关系可得  $x_{Ac} = \sqrt{L^2 + (2L)^2} = \sqrt{5}L$ ,  $\cos \angle OcA = \frac{2L}{\sqrt{5}L} = \frac{2\sqrt{5}}{5}$ , 点电荷  $-Q$  在  $c$  点产生的场强沿  $y$  轴

的分量大小为  $E_{cy} = \frac{kQ}{x_{Ac}^2} \cos \angle OcA = \frac{2\sqrt{5}kQ}{25L^2}$ , 方向沿  $y$  轴负方向,

故 **A 错误**; 根据几何关系可得  $x_{Ba} = \sqrt{(4L)^2 + (2L)^2} = 2\sqrt{5}L$ ,

$\cos \angle OaB = \frac{2L}{2\sqrt{5}L} = \frac{\sqrt{5}}{5}$ , 点电荷  $+2Q$  在  $a$  点产生的场强沿  $y$  轴

的分量大小为  $E_{ay} = \frac{k \times 2Q}{x_{Ba}^2} \cos \angle OaB = \frac{\sqrt{5}kQ}{50L^2}$ , 方向沿  $y$  轴负方

向, 故 **B 错误**; 由点电荷电场的对称性可知点电荷  $+2Q$  在  $c$

点产生的场强沿  $y$  轴的分量大小  $E'_{cy} = \frac{\sqrt{5}kQ}{50L^2}$ , 方向沿  $y$  轴正方

向, 点电荷  $-Q$  和点电荷  $+2Q$  在  $c$  点产生的场强沿  $y$  轴的分量大小不相等,  $c$  点电场强度的方向不可能水平向左, 故 **C 错误**; 根据电场强度的叠加原理可知  $b$  点的场强大小为  $E_b =$

$\frac{kQ}{L^2} + \frac{k \times 2Q}{(2L)^2} = \frac{3kQ}{2L^2}$ ,  $d$  点场强大小为  $E_d = \frac{kQ}{(3L)^2} - \frac{k \times 2Q}{(6L)^2} = \frac{kQ}{18L^2}$ ,

可知  $\frac{E_b}{E_d} = 27$ , 即  $b$  点场强的大小为  $d$  点场强的大小的 27 倍,

故 **D 正确**.

## 刷素养

**10. A 【解析】** 将细杆中间断开看成两根细杆, 题图甲中  $E_1$  与  $E_2$  的夹角设为  $\theta$ , 则中间点的场强大小为  $E_2 = 2E_1 \cos \theta$ , 可

**突破点:** 中间点的场强相当于两个端点场强的叠加

得  $\theta = 45^\circ$ , 即细杆在两端的场强的方向与水平方向的夹角为  $45^\circ$ . 两杆在 1 处的场强如图(a)所示, 又因为 1 到  $a$ 、 $b$  两杆的

距离均为  $\frac{d}{2}$ , 则  $E_{a1} = E_{b1} = \frac{\sqrt{2}k\lambda}{\frac{d}{2}} = \frac{2\sqrt{2}k\lambda}{d}$ , 则 1 处的合场强

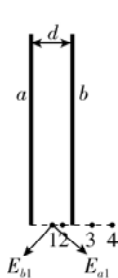
大小为  $E'_1 = \sqrt{2}E_{a1} = \frac{4k\lambda}{d}$ , 故 **A 正确**; 两杆在 2 处的场强如图(b)所示, 又因为 2 到  $b$  杆的距离小, 则  $E_{a2} < E_{b2}$ , 根据平行

四边形定则可知, 合场强斜向左下, 故 **B 错误**; 两杆在 3 处的场强如图(c)所示, 由题意可知  $E_{a3} = \frac{\sqrt{2}k\lambda}{\frac{3d}{2}} = \frac{2\sqrt{2}k\lambda}{3d}$ ,

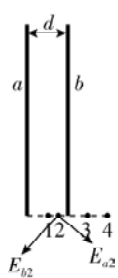
$E_{b3} = \frac{\sqrt{2}k\lambda}{\frac{d}{2}} = \frac{2\sqrt{2}k\lambda}{d}$ , 3 处合场强大小为  $E_3 = E_{a3} + E_{b3} =$

$\frac{2\sqrt{2}k\lambda}{3d} + \frac{2\sqrt{2}k\lambda}{d} = \frac{8\sqrt{2}k\lambda}{3d}$ , 根据题意和场强叠加原理, 可知 3、

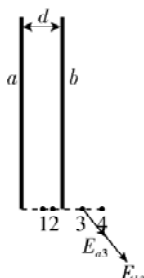
4 处合场强方向相同, 故 **C、D 错误**.



图(a)



图(b)



图(c)

## 课时 2 电场线

## 刷基础

**1. D 【解析】** 电场是客观存在的一种特殊物质, 电场线是为了



## 高中必刷题 物理

形象描述电场而假想的线,电场线实际不存在,电场线上每点的切线方向表示该点的电场强度方向,由于空间某位置的电场强度方向一定,可知,电场线不能在空间相交,又由于电场线分布的密集程度可表示电场强度大小,而电场强度不可能无穷大,则电场线不能在空间相切,故 **A 错误**;电场线分布的密集程度表示电场强弱,可知,在电场中,电场线通过的点,场强不为零,没有电场线的区域内的点场强不一定等于零,故 **B 错误**;电场线分布的密集程度表示电场强弱,可知,同一试探电荷在电场线密集的地方所受电场力大,故 **C 错误**;电场看不见、摸不着,为了形象描述电场,人为引入电场线,电场线是人们假想的,用以形象表示电场的强弱和方向,客观上并不存在,故 **D 正确**。

**2. B 【解析】**电场线是为了形象地描述电场人为引入的,电场线实际上不存在, **A 错误**;电场线的疏密程度能够表示电场的强弱,电场线越密集的地方电场强度越大,电场线越稀疏的地方电场强度越小,则题图中  $A$  点的电场强度大于  $C$  点的电场强度, **B 正确**;题图中  $B$  点位置虽然没有画电场线,但其在所在空间区域的电场线分布仍然能够反映电场强弱,可知该点的电场强度不为零, **C 错误**;将带正电的试探电荷从  $A$  点由静止释放,电场力方向沿电场线切线方向,电场线弯曲,该试探电荷不会沿电场线运动到  $C$  点, **D 错误**。

**3. B 【解析】**电场强度是矢量,题图甲、丙、丁中  $a$ 、 $b$  两点电场强度大小相等,方向不同;题图乙中两等量异种点电荷连线

易错点: 矢量相同需满足大小和方向都相同

的中垂线上与连线等距离的  $a$ 、 $b$  两点电场强度大小相等、方向相同, **B 正确**。

**关键点拨** 分析矢量时,一定要注意矢量既有大小又有方向,只有大小和方向都相同时,矢量才相同。

**4. B 【解析】**根据题图和对称性可知,  $B$ 、 $C$  两点处的电场线疏密程度相同,则  $B$ 、 $C$  两点处的电场强度大小相等,方向相同,  $A$ 、 $D$  两点处的电场线疏密程度相同,则  $A$ 、 $D$  两点的电场强度大小相等,方向相同, **A 正确**, **B 错误**;由题图可以看出,  $E$ 、 $O$ 、 $F$  三点中,  $O$  点处的电场线最密,所以  $O$  点处的场强最强,  $B$ 、 $O$ 、 $C$  三点中,  $O$  点处的电场线最疏,所以  $O$  点场强最弱, **C**、**D 正确**, 故选 **B**。

**5. D 【解析】**根据等量同种点电荷的电场分布特点可知,  $O$  点电场强度为零,  $A$ 、 $B$  两点的电场强度大小相等且不为零,但方向相反,即  $O$  点的电场强度小于  $A$  点,故 **A**、**B 错误**;根据  $F=qE$  可知电子经过  $O$  点时受到的合力为零,加速度为零,故 **C 错误**;电子从  $A$  点由静止释放做加速运动,经过  $O$  点后做减速运动,所以电子经过  $O$  点时的速度最大,故 **D 正确**。

关键点: 加速度为零的位置速度最大

**6. AC 【解析】**根据题图和点电荷的电场分布可知,右侧点电荷带正电,左侧点电荷带负电,即两点电荷的电性相反, **A 正确**;若两点电荷所带的电荷量相等,则左右电场线的分布关于点电荷连线的中垂线对称,根据题图可知,右侧点电荷周围的电场线分布比左侧点电荷周围电场线分布密集一些,则

右侧点电荷的电荷量大于左侧点电荷的电荷量,即两点电荷所带的电荷量不相等, **B 错误**;电场线分布的疏密程度能够表示电场的强弱,根据题图可知,  $A$  点的电场线分布比  $B$  点的电场线分布密集,则  $A$  点的电场强度比  $B$  点的电场强度大, **C 正确**, **D 错误**。

**教材变式** 本题目由教材 P18 第 2 题演变而来。教材考查了不同电荷位于  $A$ 、 $B$ 、 $C$  三点的受力情况,本题考查了不等量异种点电荷周围的电场强度的比较。

**7. C 【解析】**做曲线运动的物体,合力指向运动轨迹的凹侧,可知带电粒子受到的静电力的方向为沿着电场线向左,所以粒子带正电, **A 错误**;粒子可能是从  $a$  点沿轨迹运动到  $b$  点,也可能是从  $b$  点沿轨迹运动到  $a$  点, **B 错误**;由电场线的疏密程度可知,  $c$  点处电场线密集,场强较大,粒子在  $c$  点处所受静电力较大,加速度一定大于在  $b$  点的加速度, **C 正确**;若粒子从  $c$  点运动到  $a$  点,静电力与速度方向成锐角,所以粒子做加速运动,若粒子从  $a$  点运动到  $c$  点,静电力与速度方向成钝角,所以粒子做减速运动,故粒子在  $c$  点的速度一定小于在  $a$  点的速度, **D 错误**。

### 方法总结 “电场线+运动轨迹”组合模型

模型特点:当带电粒子在电场中的运动轨迹是一条与电场线不重合的曲线时,这种现象简称为“拐弯现象”,其实质为“运动与力”的关系。运用牛顿运动定律的知识分析:

(1)“运动与力两线法”——画出“速度线”(运动轨迹在某一位置的切线)与“力线”(在同一位置电场线的切线方向或切线的反方向,需指向轨迹的凹侧),从二者的夹角情况来分析带电粒子做曲线运动的情况。

(2)“三不知时要假设”——电荷的正负、电场的方向、电荷运动的方向,是题目中相互制约的三个因素。若已知其中一个,可分析判定各待求量;若三个都不知(三不知),则要用“假设法”进行分析。

**8. C 【解析】**带电粒子只在电场力作用下,由静止开始运动,由  $E_k = Eq \cdot x$  可得  $E_k - x$  图像的斜率绝对值表示带电粒子所受的电场力的大小,由题图乙知,该电场为匀强电场,设电场强度大小为  $E$ ,则带电粒子由  $O$  点运动到  $A$  点的过程中,根据动能定理有  $qEd = E_{k0}$ ,解得  $E = \frac{E_{k0}}{qd}$ , 故选 **C**。

**9. A 【解析】**点电荷  $a$  在  $bc$  所在直线方向受力平衡,则点电荷  $b$ 、 $c$  对点电荷  $a$  的库仑力沿  $bc$  所在直线方向的分力必然等大反向,因此点电荷  $b$ 、 $c$  电性、电荷量必然相同。若点电荷  $a$  带正电,点电荷  $b$ 、 $c$  均带负电,根据正电荷所受的电场力与场强方向相同,异种电荷间存在引力,可知点电荷  $a$  可以受力平衡,点电荷  $b$  受点电荷  $a$  沿  $ba$  方向的引力、受点电荷  $c$  沿  $cb$  方向的斥力、逆着电场线方向的电场力,可知点电荷  $b$  可以受力平衡,同理,可得点电荷  $c$  可以受力平衡,其他假设三个点电荷均不可能保持平衡,故 **A 正确**;设点电荷  $a$  的电荷量数值为  $q$ ,点电荷  $b$ 、 $c$  的电荷量数值均为  $Q$ ,匀强电场电场强度大小为  $E$ ,对整体受力分析,有  $qE = 2QE$ ,解得  $q = 2Q$ ,点

电荷  $a$ 、 $b$ 、 $c$  的电荷量的绝对值之比为  $2:1:1$ , 故 **B 错误**; 设等边三角形边长为  $L$ , 点电荷  $b$ 、 $c$  之间的库仑力大小  $F_0 = k \frac{Q^2}{L^2}$ , 点电荷  $a$ 、 $b$  之间的库仑力大小  $F = k \frac{qQ}{L^2}$ , 可得  $F = 2F_0$ , 故 **C 错误**; 对点电荷  $a$ , 由平衡条件有  $qE = 2 \frac{kqQ}{L^2} \cos 30^\circ$ , 解得  $qE = 2\sqrt{3}F_0$ , 故 **D 错误**.

**一题多解** 三个点电荷在外电场作用下恰好平衡, 所以整体处于电中性, 且三点电荷组成的系统内部电场向上方向与外部电场方向相反, 左右方向合场强为零. A 项情况符合前述要求, A 正确. 从定性分析角度看 B、C 项, B 项不符合整体电中性要求, B 错误;  $b$ 、 $c$  间库仑力大小为  $F_0$ , 所以  $a$ 、 $b$  和  $a$ 、 $c$  在  $bc$  所在直线方向库仑力分力大小为  $F_0$ , 所以  $a$ 、 $b$  间库仑力大于  $F_0$ , C 错误.

### 刷易错

#### ★易错点 1 不能正确理解电场线的特点

**10. B** 【解析】电子仅在电场力作用下从  $a$  点运动到  $b$  点, 速度不断增大, 电子所受的电场力一定是由  $a$  指向  $b$ . 因为电子带负电荷, 所受的电场力方向与场强方向相反, 可知电场线的方向一定是由  $N$  指向  $M$ . 由于不知电子由  $a$  运动到  $b$  的过程中电场力的变化情况, 因此无法确定场强变化情况, **A 错误**, **B 正确**; 由于无法判断电子由  $a$  运动到  $b$  的过程中电场力的大小变化情况, 所以无法判断加速度大小, **C 错误**; 电场线不是带电粒子在电场中的运动轨迹, 而是人们为了形象地描述电场而假想的线, **D 错误**.

**易错分析** 本题有两个易错点: 一是错误地认为单条电场线是直线的电场为匀强电场或单个点电荷的电场, 匀强电场或单个点电荷的电场的电场线都是直线, 但单条电场线是直线的电场不一定是匀强电场或单个点电荷的电场, 如异种点电荷产生的电场, 两点电荷连线上的电场线为直线; 二是易混淆电场强度大小与方向的判断方法, 电场强度的大小与电场线的疏密有关, 电场强度的方向是电场线的切线方向.

#### ★易错点 2 电场线和运动轨迹问题

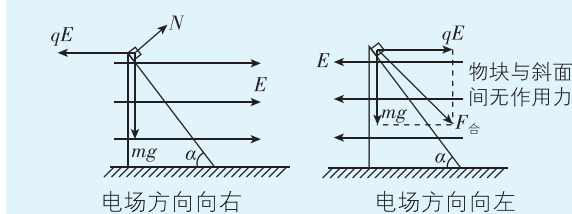
**11. D** 【解析】初速度为零的点电荷的运动轨迹是由静电力决定的, 当静电力的方向不变时, 其运动轨迹是直线, 即与电场线重合; 当静电力的方向变化时, 其运动轨迹是曲线, 不与电场线重合, 故 **A 错误**. 电场线的切线方向为正电荷的受力方向 (加速度方向), 并非速度方向, 运动轨迹的切线方向为速度方向, 故 **B、C 错误**, **D 正确**.

**易错分析** 仅受静电力作用的点电荷的运动轨迹由受力和初速度共同决定, 若电场线是直线且速度方向和电场线平行, 则运动轨迹和电场线重合, 若电场线是曲线, 仅在静电力的作用下, 运动轨迹不能与电场线重合; 运动轨迹的切线方向代表速度方向, 而电荷的受力方向与电场线的切线方向平行.

#### ★易错点 3 点电荷在有轨道的匀强电场中的运动轨迹特征

### 12. B

**思路导引** 匀强电场向右和向左时分别对物块受力分析:



**【解析】** 设斜面的长度为  $L$ , 若整个装置放在水平向右的匀强电场中, 沿斜面方向, 由牛顿第二定律可得  $mg \sin 53^\circ - qE \cos 53^\circ = ma_1$ , 根据运动学公式可得  $\frac{1}{2} a_1 t_1^2 = L$ ; 若整个装置放在水平向左的匀强电场中, 物块所受电场力水平向右, 合力与水平方向夹角为  $45^\circ$ , 可知物块将脱离斜面, 竖直方向做自由落体运动

根据运动学公式有  $\frac{1}{2} g t_2^2 = L \sin 53^\circ$ , 联立可得  $t_1 : t_2 = 5 : 2$ , **B 正确**.

**易错分析** 本题易因为分析不清物块的运动轨迹导致错解. 重力和电场力均为恒力, 物块的初速度为零, 故物块不能沿斜面下滑, 要看重力和电场力的合力方向与水平方向的夹角与斜面倾角的大小关系.

### 刷提升

**1. D** 【解析】根据题图可知,  $P$ 、 $Q$  两点的电场强度大小相等, 但是方向不同, **A 错误**;  $M$  点处的电场线比  $N$  点处的电场线密集, 则  $M$  点的电场强度大于  $N$  点的电场强度, **B 错误**; 由电场线分布可知, 在两点电荷连线上, 中点处的电场线不是最稀疏的, 则电场强度不是最小, **C 错误**; 因  $MP$  之间的电场线是曲线, 则在  $M$  点由静止释放一个正的试探电荷, 电荷不会沿电场线通过  $P$  点, **D 正确**.

**2. C** 【解析】粒子从  $A$  点由静止释放时, 所受电场力水平向左, 粒子将沿电场线运动到  $B$  点, 由电场线分布情况可知, 电场力先变大后变小, 粒子的加速度先增大后减小, 且一直加速. 故选 C.

**3. C** 【解析】电场线方向未知, 仅凭粒子受力情况无法确定  $a$ 、 $b$  的电性, **A 错误**; 运动轨迹向电场力的方向弯曲, 电场力对两个粒子均做正功, 两个粒子的动能均增加, 两个粒子的速度均增大, **B、D 错误**; 电场线越密, 电场强度越大, 电场力越大, 加速度越大, 则  $a$  的加速度将减小,  $b$  的加速度将增大, **C 正确**.

**方法总结** 该类题目是电场线与运动轨迹结合问题. 根据粒子所受电场力方向和电场强度方向判断粒子的电性, 两者方向相同则粒子带正电, 方向相反则粒子带负电; 根据电场力指向运动轨迹的凹侧分析电场力的方向; 根据电场线的疏密判断电场强度的大小、粒子所受电场力大小及加速度大小; 根据电场力方向与速度方向的夹角可判断电场力做功情况, 具体方法为: 以电场线与运动轨迹的交点作为分析点, 画出粒子所受电场力方向和速度方向, 根据夹角判断电场力做功情况; 根据动能定理判断粒子速度的变化情况.

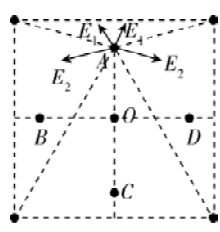
- 4. D** 【解析】如果试探电荷在  $C$  点所受静电力为零, 由平衡条件可知  $k \frac{|Q_A|q}{r_{AC}^2} = k \frac{|Q_B|q}{r_{BC}^2}$ , 且  $r_{AC} = r_{BC}$ , 解得  $|Q_A| = |Q_B|$ ,  $Q_A$  和  $Q_B$  对  $q$  的静电力方向相反, 则两个点电荷一定是等量同种电荷, 故 **A 错误**. 如果  $q$  在  $AC$  段上的某一点所受静电力为零, 设为  $E$  点, 由平衡条件可知  $k \frac{|Q_A|q}{r_{AE}^2} = k \frac{|Q_B|q}{r_{BE}^2}$ , 且  $r_{AE} < r_{BE}$ , 解得  $|Q_A| < |Q_B|$ ,  $Q_A$  和  $Q_B$  对  $q$  的静电力方向相反, 则  $Q_A$  和  $Q_B$  一定是同种电荷,  $Q_A$  不一定是负电荷, 故 **B 错误**.  $Q_A$ 、 $Q_B$  是等量正电荷时, 由静电力叠加知,  $q$  自  $C$  点正上方某处沿  $AB$  的垂直平分线向下移动时所受静电力方向先竖直向上, 再竖直向下,  $Q_A$ 、 $Q_B$  是等量负电荷时,  $q$  自  $C$  点正上方某处沿  $AB$  的垂直平分线向下移动时所受静电力方向先竖直向下, 再竖直向上, 故 **C 错误**. 如果  $q$  在  $AB$  延长线上离  $B$  较近的  $D$  点受力为零, 则  $k \frac{|Q_A|q}{r_{AD}^2} = k \frac{|Q_B|q}{r_{BD}^2}$ , 且  $r_{AD} > r_{BD}$ , 可得  $|Q_A| > |Q_B|$ ,  $Q_A$  和  $Q_B$  对  $q$  的静电力方向相反, 则  $Q_A$  和  $Q_B$  一定是异种电荷, 故 **D 正确**.

**关键点:** 根据受力平衡无法判断  $Q_A$ 、 $Q_B$  的电性

- 5. D** 【解析】 $c$  对  $a$  的电场力与对  $b$  的电场力在平行于  $ab$  方向上的分量大小相等方向相反, 即  $\frac{kQ|q_a|}{L^2} \cos 60^\circ = \frac{kQ|q_b|}{L^2} \cos 60^\circ$ , 可得  $|q_a| = |q_b|$ , 即  $a$ 、 $b$  带等量同种电荷, 由平衡条件可知  $a$ 、 $b$  带负电, **B 错误**; 质点  $a$ 、 $b$  带等量负电荷, 质点  $c$  受到沿  $ca$ 、 $cb$  方向等大的库仑力, 所以质点  $a$ 、 $b$  对  $c$  的电场力的合力向左, 可以判定匀强电场对  $c$  的电场力向右, 又因为质点  $c$  所带电荷量为  $+Q$ , 可知匀强电场方向垂直于  $ab$  向右, **C 错误**; 以质点  $a$  为研究对象, 则在垂直于  $ab$  方向上有  $\frac{kQ|q_a|}{L^2} \sin 60^\circ = E|q_a|$ , 得  $E = \frac{\sqrt{3}kQ}{2L^2}$ , **D 正确**; 以  $c$  为研究对象, 对  $c$  受力分析有  $EQ = 2 \frac{kQ|q_a|}{L^2} \cos 30^\circ$ , 解得  $|q_a| = \frac{Q}{2}$ , 结合前面分析可知  $q_a = q_b = -\frac{Q}{2}$ , 则质点  $a$ 、 $b$  带电荷总量为  $-Q$ , **A 错误**.

### 刷素养

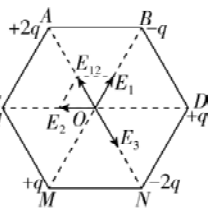
- 6. B** 【解析】由点电荷场强公式  $E = \frac{kQ}{r^2}$  可知, 四个等量同种电荷在正方形中心  $O$  点产生的合场强为零. 如图所示, 在正方形内部取  $A$  点, 上方两个点电荷在  $A$  点产生的合场强竖直向下, 下方两个点电荷在  $A$  点产生的合场强竖直向上, 根据等量同种点电荷连线的中垂线上场强特点和场强叠加原理可知,  $A$  点的场强可能为零, 同理  $B$ 、 $C$ 、 $D$  三点的合场强也可能为零, 则正方形内部电场强度为零的点个数是 5 个, **B 正确**.



## 专题一 电场强度的求解方法

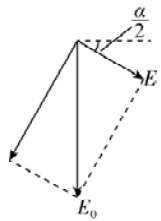
### 刷题型

- 1. A** 【解析】如图所示, 根据题意,  $O$  点的场强可看作三组等量异种点电荷产生的场强的叠加. 由点电荷场强公式  $E = k \frac{Q}{r^2}$  及场强叠加知识可得  $M$ 、 $B$  两点的点电荷在  $O$  点产生的电场强度大小  $E_1 = k \frac{2q}{L^2}$ ,  $D$ 、 $C$  两点的点电荷在  $O$  点产生的电场强度大小  $E_2 = k \frac{2q}{L^2}$ ,  $A$ 、 $N$  两点的点电荷在  $O$  点产生的电场强度大小  $E_3 = k \frac{4q}{L^2}$ , 由数学知识及矢量合成知识可得  $O$  点的电场强度大小  $E_o = E_3 - E_{12} = k \frac{4q}{L^2} - k \frac{2q}{L^2} = k \frac{2q}{L^2}$ , 故选 **A**.

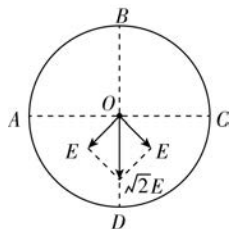


**一题多解** 将  $A$ 、 $N$  两点的点电荷分为两组  $+q$ 、 $-q$  等量异种点电荷,  $A$ 、 $D$ 、 $M$  点的点电荷在  $O$  点的合场强为零,  $B$ 、 $N$ 、 $C$  点的点电荷在  $O$  点的合场强为零, 故  $O$  点场强为余下的一组  $A$ 、 $N$  两点的点电荷的合场强, 场强大小为  $E_o = k \frac{q}{L^2} + k \frac{q}{L^2} = k \frac{2q}{L^2}$ , 故选 **A**.

- 2. D** 【解析】假设半球面带正电, 由对称性可知, “小瓣”球面在  $O$  点的电场强度  $E$  一定沿着  $\alpha$  角的角平分线向右下方, 同理“大瓣”球面在  $O$  点的电场强度一定沿着  $(\pi - \alpha)$  角的角平分线向左下方, 由几何关系可知这两个电场强度方向一定垂直, 合场强大小等于  $E_o$ , 由矢量合成知识可得  $E = E_o \sin \frac{\alpha}{2}$ , **D 正确**.



- 3. A** 【解析】当圆环的  $\frac{1}{4}$  均匀带电且电荷量为  $+q$  时, 圆心  $O$  处的电场强度大小为  $E$ , 当半圆  $ABC$  均匀带电且电荷量为  $+2q$  时, 如图所示, 由矢量合成得, 在圆心  $O$  处的电场强度大小为  $\sqrt{2}E$ , 方向由  $O$  指向  $D$ , 当另一半圆  $ADC$  均匀带电且电荷量为  $-2q$  时, 根据对称性可知, 在圆心  $O$  处的电场强度大小也为  $\sqrt{2}E$ , 方向由  $O$  指向  $D$ , 根据矢量的合成法则, 圆心  $O$  处的电场强度大小为  $2\sqrt{2}E$ , 方向由  $O$  指向  $D$ , **A 正确**, **B、C、D 错误**.



- 4. A** 【解析】根据场强叠加原理可知, 两个点电荷在  $b$  点产生的电场强度大小为  $E_{ab} = \frac{kq}{R^2} + \frac{kq}{9R^2} = \frac{10kq}{9R^2}$ , 方向由  $a$  指向  $b$ . 由题意可知,  $b$  点的合电场强度大小为  $E = \frac{kq}{9R^2}$ , 方向由  $b$  指向



$a$ , 则圆盘在  $b$  点产生的电场强度大小为  $E = E_{\text{盘}b} - E_{\text{点}b}$ , 解得  $E_{\text{盘}b} = \frac{kq}{9R^2} + \frac{10kq}{9R^2} = \frac{11kq}{9R^2}$ , 由对称性可知圆盘在  $b$ 、 $d$  两点的电场强度大小相等, 方向相反, 两个点电荷在  $b$ 、 $d$  两点产生的电场强度大小相等, 方向相同, 根据电场叠加原理, 可得  $d$  点的电场强度大小为  $E_d = E_{\text{盘}d} + E_{\text{点}d} = \frac{11kq}{9R^2} + \frac{10kq}{9R^2} = \frac{21kq}{9R^2} = 21E$ , **A 正确**.

**5. D** 【解析】绝缘球在  $b$  点的电场强度大小为  $E_1 = k \frac{q}{(3R)^2} = k \frac{q}{9R^2}$ , 方向竖直向下, 由于  $b$  点电场强度恰好为零, 则金属板在  $b$  点的电场强度大小为  $E_2 = k \frac{q}{9R^2}$ , 方向竖直向上, 由对称性可知, 金属板在  $a$  点的电场强度大小为  $E_3 = k \frac{q}{9R^2}$ , 方向竖直向下, 绝缘球在  $a$  点的电场强度大小为  $E_4 = k \frac{q}{R^2}$ , 方向竖直向下, 则  $a$  点的合电场强度大小为  $E = E_3 + E_4 = k \frac{10q}{9R^2}$ , 方向竖直向下, 放置在  $a$  点的点电荷所受电场力大小为  $F = QE = \frac{10kQq}{9R^2}$ , 故选 D.

**6. C** 【解析】设原来半径为  $R$  的整个均匀带电球体的电荷量为  $Q$ , 由于均匀带电, 可知被挖的球形空腔部分的电荷量为

$$Q' = \frac{V'}{V}Q = \frac{\frac{4}{3}\pi\left(\frac{R}{2}\right)^3}{\frac{4}{3}\pi R^3}Q = \frac{1}{8}Q, \text{ 可知以 } OB \text{ 为直径在球内挖}$$

一球形空腔后,  $A$ 、 $C$  两点的电场强度等于整个均匀带电球体在  $A$ 、 $C$  两点的电场强度减去被挖的球体在  $A$ 、 $C$  两点的电场强度, 有  $E_A = \frac{kQ}{(2R)^2} - \frac{kQ'}{\left(\frac{R}{2} + R\right)^2} = \frac{7kQ}{36R^2}$ ,  $E_C = \frac{kQ}{(2R)^2} -$

$$\frac{kQ'}{\left(\frac{R}{2} + 2R\right)^2} = \frac{23kQ}{100R^2}, \text{ 可得 } \frac{E_A}{E_C} = \frac{175}{207}, \text{ C 正确.}$$

**方法总结** 将有缺口的带电圆环或球体补全为完整的圆环或球体, 或将半球面补全为球面, 则将求原模型的问题变为求新模型与补充部分的差值问题.

**7. C** 【解析】 $A_1B_1$  部分为  $\frac{1}{3}$  球面, 所带电荷量为  $-\frac{1}{2}q$ , 将  $AB$  部分补上, 使球壳变成一个均匀带正电的完整的球壳, 则  $AB$  部分带  $\frac{1}{2}q$  正电荷, 完整球壳带电荷量为  $Q = \frac{3}{2}q$ , 则带正电的完整球壳在  $N$  点产生的场强大小为  $E_N = \frac{kQ}{(2R)^2} = \frac{3kq}{8R^2}$ , 方向水平向右, 根据题意和对称性可知,  $\frac{1}{3}$  球面  $AB$  在  $N$  点的场强大小为  $E$ , 方向水平向左, 根据场强叠加原理可知,  $N$  点的场强大小为  $E' = |E_N - 2E| = \left| \frac{3kq}{8R^2} - 2E \right|$ , 故 **C 正确**.

**8. BD** 【解析】根据对称性与场强叠加原理, 圆环上所有的电荷在  $O$  点处产生的合电场强度为 0, **A 错误**; 由几何关系可得圆心  $O$  与  $P$  点之间的距离为  $L = \frac{r}{\tan 37^\circ} = \frac{4}{3}r$ , 由点电荷的场强公式可得圆心  $O$  处的点电荷在  $P$  点产生的电场强度大小为  $E_1 = \frac{kQ}{L^2} = \frac{9kQ}{16r^2}$ , **B 正确**; 设圆环上某点带电荷量为  $+q$ , 由几何关系可得此点与  $P$  点的距离为  $d = \frac{r}{\sin 37^\circ} = \frac{5}{3}r$ , 由点电荷的场强公式可得  $+q$  在  $P$  点产生的电场强度大小为  $E_2 = \frac{kq}{d^2} = \frac{9kq}{25r^2}$ , 假设圆环上有  $n$  个  $+q$ , 有  $n = \frac{Q}{q}$ , 根据对称性可知, 在  $P$  点垂直  $x$  轴方向上, 合场强为 0, 故圆环在  $P$  处产生的场强大小为  $E_3 = nE_2 \cos 37^\circ = \frac{36kQ}{125r^2}$ , **C 错误**; 由于  $E_1 = \frac{9kQ}{16r^2}$ , 沿着  $x$  轴的负方向,  $E_3 = \frac{36kQ}{125r^2} < E_1$ , 沿着  $x$  轴的正方向, 可知  $P$  点电场强度的方向沿  $x$  轴的负方向, **D 正确**.

**9. C** 【解析】根据题意, 从题图乙可以看出,  $P$  点电场强度方向垂直于金属板向左, 大小为  $E = 2k \frac{q}{r^2} \cos \theta = 2k \frac{q}{r^2} \cdot \frac{d}{r} = \frac{2kqd}{r^3}$ , 故 **C 正确**, **A、B、D 错误**.

**关键点拨** 点电荷和无限大的接地金属平板间的电场与等量异种点电荷中某一点电荷到它们连线的中垂面之间的电场分布完全相同.

## 第四节 电势能与电势

### 刷基础

**1. B** 【解析】静电力做功与电荷运动路径无关, 只与初、末位置有关, 电荷从某点出发又回到了该点, 静电力做功为零, **A 错误, B 正确**; 正电荷沿电场线方向运动, 由于静电力方向与正电荷运动方向相同, 故静电力做正功, 同理, 负电荷逆着电场线方向运动, 静电力方向与负电荷运动方向相同, 静电力也做正功, **C 错误**; 电荷在电场中运动时虽然静电力可能对其做功, 但是电荷的电势能和其他形式的能之间的转化仍满足能量守恒定律, **D 错误**.

**2. BC** 【解析】 $Q$  点处点电荷带负电, 质子带正电, 质子从  $M$  经  $P$  到达  $N$  点的过程中, 电场力先做正功, 后做负功, 所以质子的动能先增大后减小, 又  $W_{\text{电}} = -\Delta E_{\text{电}}$ , 所以电势能先减小后增大, **B、C 正确**.

**3. AD** 【解析】由题意知, 小球从  $a$  点运动到  $b$  点过程中, 重力对小球做功 4 J, 则小球的重力势能减小了 4 J, 所以小球在  $a$  点的重力势能比在  $b$  点大 4 J, **A 正确**; 小球从  $a$  点运动到  $b$  点过程中, 克服空气阻力做功 1 J, 电场力对小球做功 2 J, 两个力对小球做的总功为 1 J, 故小球的机械能增加了 1 J, 所以小球在  $a$  点的机械能比在  $b$  点小 1 J, **B 错误**; 电场力对小球做功 2 J, 则小球的电势能减小了 2 J, 小球在  $a$  点的电势能比在  $b$  点大 2 J, **C 错误**; 重力对小球做功 4 J, 小球克服空气阻

高中必刷题 物理

力做功 1 J, 电场力对小球做功 2 J, 三个力对小球做的总功为 5 J, 根据动能定理可知小球的动能增大了 5 J, 则小球在  $a$  点的动能比在  $b$  点少 5 J, **D 正确**.

**4. B 【解析】**由于  $B$  点是等量正点电荷连线上的中点, 所以  $AB$  连线上  $B$  点的电势最低, 电场方向沿  $A \rightarrow B$ , 负点电荷自  $A$  沿直线移到  $B$ , 所受静电力方向沿  $B \rightarrow A$ , 所以静电力做负功, 电势能逐渐增大, **A 错误, B 正确**;  $BC$  连线上  $B$  点电势最高, 电场方向沿  $B \rightarrow C$ , 负点电荷自  $B$  沿直线移到  $C$ , 所受静电力方向与运动方向相反, 静电力做负功, 故电势能逐渐增大, **C 错误**; 由于负点电荷自  $A$  沿直线移到  $B$ , 再沿直线移到  $C$ , 静电力一直做负功, 电势能一直在增大, 所以负点电荷在  $A$  点的电势能小于在  $C$  点的电势能, **D 错误**.

方法总结 求静电力做功的几种方法

- (1) 由公式  $W = F l \cos \alpha$  计算, 此公式只适用于匀强电场, 可变形为  $W = Eq l \cos \alpha$ .
- (2) 由电势能的变化计算:  $W_{AB} = E_{pA} - E_{pB}$ .
- (3) 由动能定理计算:  $W_{\text{静电力}} + W_{\text{其他力}} = \Delta E_k$ .

**5. D 【解析】**电场中某点的电势有正负, 但是电势是标量, **A 错误**; 电场中某点的电势具有相对性, 与零电势点的选取有关, **B 错误**; 同一正点电荷处于电场中的不同位置时, 具有的电势能越大, 说明那一点的电势越高, 负点电荷则相反, **C 错误**; 由  $W = -\Delta E_p$  可知, 只要静电力做的功相同, 那么点电荷在两点间的电势能变化量就相等, **D 正确**.

**6. AC 【解析】**电场线密集的地方场强大, 所以  $b$  点场强大于  $c$  点场强, **A 错误**; 沿着电场线方向电势逐渐降低, 则  $a$  点电势高于  $b$  点电势, **B 正确**; 由题图可知, 该电场不是匀强电场,  $a$ 、 $b$  所在电场线是曲线, 说明电场的方向是不断变化的, 所以若将一试探电荷  $+q$  由  $a$  点静止释放, 它不可能沿电场线运动到  $b$  点, **C 错误**; 若不加点电荷  $-Q$ , 将一试探电荷  $+q$  由  $a$  点移至  $b$  点, 电势降低, 则静电力做正功, 因此电势能减少, 若只考虑在  $d$  点固定一点电荷  $-Q$ ,  $a$  点距  $-Q$  比  $b$  点距  $-Q$  远一些, 所以在  $-Q$  产生的电场中,  $a$  点的电势高于  $b$  点的电势, 将一试探电荷  $+q$  由  $a$  点移至  $b$  点, 电势能减少, 故若在  $d$  点再固定一点电荷  $-Q$ , 将一试探电荷  $+q$  由  $a$  移至  $b$  的过程中, 电势能减少, **D 正确**. 本题选说法错误的, 故选 A、C.

**易错分析** 本题易混淆电场强度与电势, 电场强度与电势没有必然的联系, 电场强度大, 电势不一定高, 电势高, 电场强度不一定大; 电场线越密集, 电场强度越大, 电场强度的方向沿电场线的切线方向, 沿电场线方向电势越来越低.

**7. D 【解析】**由电场线分布情况可知,  $A$ 、 $B$  带不等量异种电荷, 故 **A 错误**; 电场线的疏密表示电场的强弱, 由题图可知,  $a$  点的电场强度小于  $b$  点的电场强度, 粒子在  $a$  点的加速度一定小于在  $b$  点的加速度, 由于  $A$ 、 $B$  所带电性未知, 无法判断电场线方向, 也无法判断  $\varphi_a$ 、 $\varphi_b$  的关系, 故 **B、C 错误**; 粒子受力指向运动轨迹凹侧, 若带电粒子从  $a$  运动到  $b$ , 电场力方向与速度方向之间的夹角小于  $90^\circ$ , 电场力做正功, 电势能减小,  $E_{pa} > E_{pb}$ ; 若带电粒子从  $b$  运动到  $a$ , 电场力方向与速度方

向之间的夹角大于  $90^\circ$ , 电场力做负功, 电势能增大,  $E_{pa} > E_{pb}$ , 故 **D 正确**.

**8. D 【解析】**由题图可知,  $O$  点电势最高, 电势能  $E_p = q\varphi$ , 由于试探电荷电性未知, 故电势能大小无法判断, 故 **A 错误**;  $B$  点电势高于  $C$  点, 但由于不清楚电荷的电性, 故无法比较同一个电荷在  $B$ 、 $C$  两点的电势能的大小, 故 **B、C 错误**; 正试探电荷沿  $x$  轴从  $B$  移到  $C$  的过程中, 电势先升高后降低, 故电势能先增大后减小, 故 **D 正确**.

**9. B 【解析】**在  $E_p - x$  图像中, 图线切线斜率的绝对值表示电场力的大小, 可知质子在  $x_1$  处受到的电场力为零, 即  $x_1$  处电场强度为零, 故 **A 错误**; 由题图可知, 质子从  $O$  到  $x_1$  的过程中, 电势能减少, 电场力做正功, 电场力所做的功等于电势能的减少量, 即  $W = -\Delta E_p = 2 \text{ eV}$ , 根据动能定理可得  $W = E_{kx1} - E_{k0}$ , 代入数据解得  $E_{kx1} = 6 \text{ eV}$ , 故 **B 正确**; 由题图可知, 质子在  $O$ 、 $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$  处的电势能关系为  $E_{px3} > E_{px2} = E_{p0} > E_{px1}$ , 因此  $O$ 、 $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$  处的电势关系为  $\varphi_3 > \varphi_2 = \varphi_0 > \varphi_1$ , 故 **C 错误**; 由题可知, 质子在电场中的总能量为  $E = E_{k0} + E_{p0} = 7 \text{ eV}$ , 由于质子在  $x_3$  处的电势能为  $7 \text{ eV}$ , 根据能量守恒定律可知, 此时质子的动能为零, 但由于质子在  $x_3$  位置受到的电场力不为零, 故质子不会停在  $x_3$  处, 故 **D 错误**.

**关键点拨** 解答本题的关键在于理解图像并从中提取相关物理量.  $E_p - x$  图像中图线切线斜率的绝对值表示电场力大小, 又  $E_p = q\varphi$ , 质子带正电, 则  $\varphi - x$  具有与  $E_p - x$  相同的变化情况.

**10. C 【解析】**因为不知道带电粒子的电性, 所以无法判断  $A$ 、 $B$ 、 $C$  三点电势的关系, **A 错误**;  $v - t$  图像的切线斜率表示加速度, 由题图可知, 加速度先增大后减小,  $B$  点的加速度最大, 根据  $Eq = ma$  可知,  $B$  点电场强度最大, **B 错误**; 由题图可知, 带电粒子的速度先减小到零后反向增大, 所以动能先减小后增大, 仅受静电力作用, 由动能定理得, 静电力先做负功后做正功, 带电粒子的电势能先增大后减小, **C 正确, D 错误**.

**11. AD 【解析】**在等势面上移动电荷, 电荷的电势能不变, 静电力总是不做功, 选项 **A 正确**; 电荷从  $A$  点移动到  $B$  点, 静电力做功为零, 则电荷在  $A$ 、 $B$  两点时的电势能相等,  $A$ 、 $B$  两点的电势相等, 但电荷不一定是沿等势面移动的, 选项 **B 错误**; 在同一个等势面上的各点, 电场强度的大小不一定是相等的, 例如在等量异种点电荷连线的中垂线上各点电势均相等, 但是电场强度大小不一定相等, 选项 **C 错误**; 电场线的方向总是从电势高的等势面指向电势低的等势面, 选项 **D 正确**.

**12. B 【解析】**由于电场线与等势线垂直, 所以圆弧线  $adc$  不是一条等势线, 故 **A 错误**; 因为  $a$ 、 $c$  两点电势相等, 可知沿  $abc$  与沿  $adc$  移动点电荷电场力做的功均为零, 故 **B 正确**;  $a$ 、 $c$  两点的电场强度大小相等, 但是方向不同, 故 **C 错误**;  $b$  点电场线较  $d$  点密集, 可知  $b$  点场强比  $d$  点大, 正点电荷在  $b$  点比在  $d$  点受到的电场力大, 由于沿电场线电势降低,

可知  $d$  点电势高于  $b$  点, 则正点电荷在  $b$  点比在  $d$  点的电势能小, 故 **D 错误**。

- 13. AC** 【解析】根据等差等势线越密集的地方场强越大, 可知  $M$  点处的电场强度大于  $N$  点处的电场强度, 故 **A 正确**; 根据曲线运动的合力方向指向轨迹的凹侧, 且电场方向与等势线垂直, 粒子又带负电, 可知粒

子在电场中的受力和场强方向如图所示, 根据沿电场方向电势降低可知, 四条等势线的电势关系为  $\varphi_a < \varphi_b < \varphi_c < \varphi_d$ , 故 **D 错误**; 根据  $E_p = q\varphi$ , 由于  $N$  点的电势小于  $M$  点的电势, 且粒子带负电, 所以带电粒子在  $N$  点处的电势能比在  $M$  点处的电势能大, **C 正确**; 由于粒子只受电场力作用, 电势能和动能之和保持不变, 则带电粒子在  $N$  点处的动能比在  $M$  点处小, 带电粒子在  $N$  点处的速度比在  $M$  点处的速度小, 故 **B 错误**。

#### 方法总结 电势能大小的判断

| 判断角度  | 判断方法   |
|-------|--|
| 做功判断法 | 电场力做正功, 电势能减小<br>电场力做负功, 电势能增加                               |
| 电荷电势法 | 正电荷在电势高的地方电势能大<br>负电荷在电势低的地方电势能大                             |
| 公式法   | 将电荷量、电势连同正负号一起代入公式 $E_p = q\varphi$ 来判断                      |
| 能量守恒法 | 在电场中, 若只有电场力做功时, 电荷的动能和电势能相互转化, 动能增加, 电势能减小, 反之, 动能减小, 电势能增加 |

- 14. CD** 【解析】根据等势面和电场线的关系, 画出电场线, 如图所示, 由电场线的分布可知, 电子透镜的电场不可能是两个等量异种点电荷产生的, 故 **A 错误**; 根据物体做曲线运动时, 合外力指向运动轨迹的凹侧, 可知电子所受电场力大致指向右侧, 故电场线方向大致指向左侧, 沿着电场线的方向电势逐渐降低, 所以  $a$  点的电势低于  $b$  点的电势, 故 **B 错误**; 根据公式  $E_p = q\varphi$  可知, 电子在  $a$  点的电势能大于在  $b$  点的电势能, 根据能量守恒定律可知, 电子在  $a$  点的动能小于在  $b$  点的动能, 若该电子从  $a$  向  $b$  运动, 电势能减小, 电场力做正功, 电子的动能增加, 故 **C、D 正确**。

#### 刷易错

★易错点 1 不能正确理解一条电场线上场强、电势能与电势的关系

- 15. BD** 【解析】由题图乙可知, 粒子从  $a$  运动到  $b$  做加速运动, 故粒子所受静电力向右, 带负电的粒子受到的静电力与场强方向相反, 则场强向左, 沿电场线方向电势逐渐降低, 故  $b$  点电势较高, 即  $\varphi_a < \varphi_b$ , 故 **A 错误**; 题图乙中图线的切线斜率不断变小, 故从  $a$  到  $b$  粒子的加速度变小, 根据  $F = Eq = ma$  可知粒子所受静电力变小, 电场强度变小, 即  $E_a >$

$E_b$ , 故 **B 正确, C 错误**;  $\varphi_a < \varphi_b$ , 根据带负电的粒子在电势高处电势能大, 有  $E_{pa} > E_{pb}$ , 故 **D 正确**。

**易错分析** 本题易混淆电场强度、电势能与电势的决定因素。电场强度只由电场本身决定, 大小可由电场线的疏密判断, 电场线越密, 场强越大, 方向沿电场线的切线方向; 电势由电场和零电势点共同决定, 沿电场线方向电势越来越低, 但电势降低的方向不一定是场强方向, 场强方向是电势降低最快的方向; 电势能由电场、放入电场中的电荷及零势能点共同决定, 正电荷沿电场线方向移动, 电势能减小, 负电荷沿电场线方向移动, 电势能增大。

★易错点 2 忽略正负电荷在同一电场的电势能变化不同

- 16. D** 【解析】电势能与电势的关系为  $E_p = q\varphi$ , 电势能是标量, 通过该式计算时, 电荷量  $q$  要带正负号, 负电荷在电势越高的位置, 其电势能越小, **A 错误**; 在电势一定的位置, 放入某点电荷的电荷量越大, 该点电荷的电势能不一定越大, 如在电势小于零的位置, 放入正点电荷的电荷量越大, 电势能越小, **B 错误**; 如果电场中某点电势为负, 则正电荷在该点的电势能小于负电荷在该点的电势能, **C 错误**; 根据静电力做功与电势能变化的关系可知, 在电场中移动一点电荷, 若静电力对其做负功, 其电势能一定增大, **D 正确**。

**易错分析** 本题容易忽略电荷的正负, 注意电势能与电势和电荷的正负相关, 负电荷在电势高的地方电势能小。

★易错点 3 对等势面的空间认识不足引起的错误

- 17. BC** 【解析】 $a$  点和  $b$  点到正、负点电荷的距离不同, 则  $a$  点和  $b$  点的电势不相同, **A 错误**;  $a$  点和  $b$  点关于正、负点电荷连线的中点对称, 则  $a$  点和  $b$  点的电场强度相同, **B 正确**; 正方体前表面面心和左侧面面心到正点电荷的距离相同, 到负点电荷的距离也相同, 则两面心电势相同, 电场强度大小相等, 但方向不同, **C 正确, D 错误**。

**易错分析** 本题容易由于空间建模能力不足而错误判断两点是否关于等量异种点电荷的中点对称。解答本题应先找出等量异种点电荷的等势面, 然后判断选项正误。

#### 刷提升

- 1. B** 【解析】试探电荷受力指向运动轨迹的凹侧, 试探电荷带正电, 可知场源点电荷带正电, **A 错误**; 点电荷带正电, 离点电荷越近电势越高, 可知  $O$  点的电势高于  $N$  点的电势, **B 正确**; 带正电的试探电荷从  $O$  点运动到  $N$  点, 静电力先做负功后做正功, 电势能先增大后减小, 动能先减小后增大, **C、D 错误**。

- 2. BC** 【解析】由题意可知, 等量正、负点电荷位于正六边形的六个顶点, 根据点电荷的电场强度  $E = \frac{kQ}{r^2}$ , 结合电场强度的叠加原理可知,  $P$ 、 $Q$ 、 $M$  各点的场强大小相等, 但  $P$ 、 $Q$  两点场强方向向右,  $M$  点场强方向由  $A$  指向  $F$ , 故 **A 错误**; 若取无穷远处电势为零, 则等量异种点电荷连线的中垂线上的电势为零, 再由对称性可知,  $P$ 、 $Q$ 、 $M$ 、 $O$  各点电势均为零, 故 **B 正确**;



## 高中必刷题 物理

根据题图可知,  $O$  点场强由三个负点电荷与三个正点电荷在该处产生的场强叠加而成, 且各个点电荷电荷量大小均相同, 则  $O$  点电场强度为零, 故 **C 正确**; 将一负试探电荷从  $P$  点沿直线  $PM$  移到  $M$  点的过程中, 电势先由零升高, 后又降为零, 则电势能先减小后增大, 故 **D 错误**.

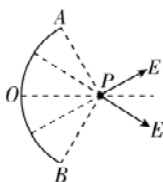
**关键点拨** 解答本题的关键是等量异种点电荷的电场线对称性的应用. 注意关于两点电荷连线的对称点, 电场强度大小相等、方向不同(除去连线的中垂线上的对称点), 电势相等; 关于连线的中垂线对称的点, 电场强度大小相等、方向不同(除去两点电荷连线上的对称点).

**方法总结** 电势高低判断的方法: (1) 沿电场线方向电势逐渐降低; (2) 正电荷从静止开始只在静电力作用下, 从电势高处向电势低处移动, 负电荷则相反; (3) 正电荷在电势高的地方电势能大, 负电荷在电势低的地方电势能大.

- 3. C** 【解析】 $A'$  点距离正点电荷较近,  $C$  点距离负点电荷较近, 则  $A'$  点电势高于  $C$  点电势, **A 错误**; 由等量异种点电荷的电场分布以及电场的叠加可知,  $B'$  点的电场强度与  $D$  点的电场强度大小相等, 方向相同, **B 错误**; 由几何关系可知,  $GH$  连线在等量异种点电荷连线的中垂面上, 结合等量异种点电荷的电场分布情况可知  $GH$  连线上的电势均相等且为零, 则带正电的试探电荷从  $G$  点沿直线到  $H$  点的过程中, 电势能不变, **C 正确**;  $E$  点距离正点电荷较近,  $F$  点距离负点电荷较近, 则  $E$  点电势高于  $F$  点电势, 从  $E$  点沿直线到  $F$  点电势一直降低, 由电势能公式  $E_p = q\varphi$ , 可知带正电的试探电荷从  $E$  点沿直线到  $F$  点电势能一直减小, 由静电力做功与电势能变化关系可知, 静电力一直做正功, **D 错误**.

**关键点拨** 等量异种点电荷连线的中垂面上电势为零, 中垂面两侧, 靠近正点电荷的地方电势为正, 靠近负点电荷的地方电势为负; 等量异种点电荷产生的电场中, 关于两点电荷连线中点对称的点电场强度的大小和方向都相同.

- 4. D** 【解析】如图所示, 对圆弧  $AOB$  分析, 根据对称性可知,  $AO$  产生的场强和  $OB$  产生的场强大小相等, 夹角为  $60^\circ$ , 则  $AOB$  在圆心  $P$  处产生的场强大小为  $E_1 = 2E\cos 30^\circ = \sqrt{3}E$ , 同理可知, 圆弧  $COD$  在圆心  $P$  处产生的场强大小为  $E_2 = \sqrt{3}E$ , 则  $P$  点的合场强大小为  $E_0 = 2\sqrt{3}E$ , 即  $E = \frac{\sqrt{3}}{6}E_0$ , 根据对称性及电势叠加原理可知,  $\varphi = \frac{\varphi_0}{4}$ , 若两



**易错点:** 电势为标量

圆弧带等量异种电荷, 由对称性及叠加原理可知,  $x$  轴上各点场强为零, 电势为零, 故 **D 正确**, **A、B 错误**; 将质子(比荷  $\frac{e}{m}$ )从  $P$  点无初速度释放, 质子一直加速到无穷远处, 由动能定理有  $\frac{1}{2}mv^2 = e\varphi_0$ , 解得  $v = \sqrt{\frac{2e\varphi_0}{m}}$ , 故 **C 错误**.

**易错分析** 不能正确分析圆弧状带电体在  $P$  点产生的电场强度导致错解; 在分析两圆弧产生的电势时, 容易错误进行矢量叠加计算, 影响对  $A$ 、 $B$  选项中电势关系的判断, 电势是标量, 直接代数求和.

### 素养

- 5. BC** 【解析】设在  $x = 0$  右侧  $x_0$  处的  $P$  点场强为零, 有

$$k \frac{4Q}{(x_0 + r)^2} = k \frac{Q}{x_0^2}, \text{ 解得 } x_0 = r, \text{ 则在 } 0 < x < r \text{ 范围内, 场强沿 } x \text{ 轴}$$

**关键点:** 根据场强叠加求解场强为零的特殊点位置, 明确场强方向

负方向, 在  $x > r$  范围内, 场强沿  $x$  轴正方向, 沿电场线方向电势逐渐降低, 取无穷远处电势为零, 可知  $P$  点电势最高且大于零, 当电荷量为  $-q$  的点电荷  $c$ , 在  $+x$  轴上从靠近  $x = 0$  处由静止释放时, 先受到沿  $x$  轴正方向逐渐减小的电场力, 即做加速度减小的加速运动, 电场力做正功, 电势能减小, 在  $x = r$  处加速度为零, 速度最大, 电势能最小; 在  $x > r$  范围内电场力

**突破点:** 根据特殊点, 结合图像进行排除

沿  $x$  轴负方向, 因无穷远处的场强也为零, 可知点电荷  $c$  所受电场力先增大后减小, 即加速度先增大后减小, 则点电荷  $c$  做加速度先增大后减小的变减速运动, 电场力做负功, 电势能增加, 则场强为零的  $P$  点电势最高且大于零, 电势能最小且小于零, 故 **B、C 正确**, **A、D 错误**.

## 第五节 电势差及其与电场强度的关系

### 基础

- 1. B** 【解析】电场中某两点间的电势差是由电场及两点的位置决定的, 与移动电荷的电荷量、零电势面的选取以及静电力做功均无关,  $A$ 、 $B$  两点间的电势差是恒定的, 但有正负之分,  $U_{AB} = -U_{BA}$ , **A 错误**, **B 正确**; 把负电荷从  $A$  点移动到  $B$  点, 静电力做正功, 则  $A$  点电势较低, 有  $U_{AB} < 0$ , **C 错误**; 电场中  $A$ 、 $B$  两点间的电势差  $U_{AB}$  在数值上等于把单位正电荷  $q$  从  $A$  点移动到  $B$  点时静电力所做的功, **D 错误**.

**易错分析** 本题可能存在两个易错点: 一是对电势差的理解,  $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$  是电势差的定义式, 不是决定式, 电势差由电场及初、末位置决定, 与在电场中移动电荷时静电力做的功及移动电荷所带电荷量无关; 二是易忽略电荷的正负, 电场中  $A$ 、 $B$  两点间的电势差  $U_{AB}$  在数值上等于把单位正电荷  $q$  从  $A$  点移动到  $B$  点时静电力所做的功.

- 2. C** 【解析】由题意知,  $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B = 75 \text{ V}$ , 则  $\varphi_A > \varphi_B$ ,  $U_{BC} = \varphi_B - \varphi_C = -200 \text{ V}$ , 则  $\varphi_B < \varphi_C$ ,  $U_{AC} = U_{AB} + U_{BC} = (75 - 200) \text{ V} = -125 \text{ V}$ , 则  $\varphi_A < \varphi_C$ , 故  $\varphi_C > \varphi_A > \varphi_B$ , **A、B、D 错误**, **C 正确**.

- 3. B** 【解析】电子从  $B$  点出发时, 初速度方向未知, 其运动轨迹由初速度方向和电场力方向共同决定, 故电子可能还没到达  $A$  点所在等势线, 电子沿电场线方向的速度就变成零了, 故电子不一定能经过  $A$  点所在等势线, **A 错误**; 相邻等差等势线间的电势差为  $20 \text{ V}$ , 电子能经过  $C$  点, 由  $B$  到  $C$ , 电场力

做功  $W_{BC} = -eU_{BC} = -20 \text{ eV}$ , 由动能定理知,  $W_{BC} = E_{kC} - E_{kB}$ , 解得  $E_{kC} = 40 \text{ eV}$ , 故 **B 正确, D 错误**; 电场线疏密表示电场强度大小, 电场线越密, 场强越大, 电子的加速度  $a = \frac{eE}{m}$  越大, 由题图可知, A 点电场线比 B 点密集, 故  $E_A > E_B$ ,  $a_A > a_B$ , **C 错误**.

- 4. BC** 【解析】 $W_{AB} = qU_{AB} = q(\varphi_A - \varphi_B) = 1.5 \times 10^{-7} \text{ J}$ ,  $W_{BC} = qU_{BC} = q(\varphi_B - \varphi_C) = -4 \times 10^{-7} \text{ J}$ , 解得  $U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B = 75 \text{ V}$ ,  $U_{BC} = \varphi_B - \varphi_C = -200 \text{ V}$ , 设  $\varphi_B = 0$ , 则  $\varphi_A = 75 \text{ V}$ ,  $\varphi_C = 200 \text{ V}$ , 所以 C 点电势最高, **A、D 错误, C 正确**;  $U_{AC} = U_{AB} + U_{BC} = 75 \text{ V} - 200 \text{ V} = -125 \text{ V}$ , 若将带电荷量为  $-1.5 \times 10^{-9} \text{ C}$  的点电荷从 A 点移到 C 点, 静电力做功为  $W'_{AC} = q'U_{AC} = -1.5 \times 10^{-9} \times (-125) \text{ J} = 1.875 \times 10^{-7} \text{ J}$ , **B 正确**.

**关键点拨** 解答本题的关键是对电势差、静电力做功的理解及应用. 注意求电势差或静电力做功时需要带符号计算.

- 5. D** 【解析】公式  $U_{AB} = Ed$  只适用于计算匀强电场中 A、B 两点间的电势差, 故 **A 错误**; 由  $U_{AB} = Ed$  知, 当  $E$  一定时, A 点和 B 点间沿电场线方向距离越大, 则这两点间的电势差越大, 故 **B 错误**; 匀强电场场强处处相同, 与两点沿电场线的距离无关, 故 **C 错误**; 由  $E = \frac{U_{AB}}{d}$  可知, 匀强电场中电场强度的方向就是电场中电势降低最快的方向, 故 **D 正确**.

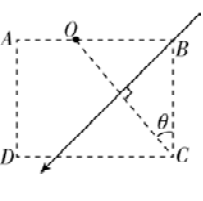
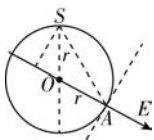
- 6. D** 【解析】公式①是电场强度的定义式, 适用于任何电场; 公式②只适用于真空中点电荷形成的电场; 公式③只适用于匀强电场; 公式①和③在真空中和介质中都适用, **D 正确**.

- 7. C** 【解析】D、P 两点沿电场线方向的距离等于 DC 的长度, 则 D、P 两点间的电势差  $U_{DP} = U_{DC} = Ed_{DC} = 2 \times 10^4 \times 4 \times 10^{-2} \text{ V} = 800 \text{ V}$ , **C 正确**.

- 8. D** 【解析】到达 A 点的电子的动能最小, 即电场力做负功最多, 说明圆上 A 点电势最低, 且等势面在 A 点与圆相切, 即电场线沿 OA 方向, 如图所示. SA 间的电势差为  $U_{SA} = -\frac{W}{e} = -\frac{\Delta E_k}{e} = 128 \text{ V}$ , 由几何关系可知  $\angle OSA = \angle OAS = 37^\circ$ ,  $SA = 2r \cos 37^\circ = 1.6r$ , 由匀强电场的电势差与场强关系有  $U_{SA} = E \cdot SA \cos 37^\circ$ , 解得  $E = 200 \text{ V/m}$ , 故选 D.

**关键点拨** 解答本题的关键在于根据电子到达 A 点动能最小这一条件得到电场线方向与 A 点切线垂直, 从而根据几何关系确定 SA 沿电场线方向的长度.

- 9. C** 【解析】匀强电场中, 平行等间距的两条线段对应的电势差相等, 则有  $\varphi_A - \varphi_D = \varphi_B - \varphi_C$ , 解得  $\varphi_D = 0$ , 故 **A、B 错误**; 令 AB 连线上 O 点的电势为 16 V, 则有  $\frac{U_{BO}}{U_{OA}} = \frac{\varphi_B - \varphi_O}{\varphi_O - \varphi_A} = \frac{9}{7} = \frac{x_{BO}}{x_{AB} - x_{BO}}$ , 解得  $x_{BO} = 4.5 \text{ cm}$ , 则 OC 连线为一条等势线, 根据电场线垂直于等势线且由高电势点指向低电势点, 作出电场方向如图所示, 根据几何关系有  $\tan \theta = \frac{x_{BO}}{x_{BC}} =$

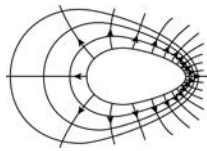


$\frac{3}{4}$ , 解得  $\theta = 37^\circ$ , 则电场强度大小  $E = \frac{U_{BO}}{x_{BO} \cos \theta}$ , 解得  $E = 250 \text{ V/m}$ , 两平行板的距离为 30 cm, 则两平行板间的电势差为  $U = Ed = 75 \text{ V}$ , 故 **C 正确, D 错误**.

- 10. BCD** 【解析】设 AB 中点为 F, 则有  $\varphi_F = \frac{\varphi_A + \varphi_B}{2} = 4 \text{ V}$ , 则 FC 为等势线, FC 连线过 O 点, 则 O 点电势为 4 V, 故 **A 错误**; 等势线 FC 垂直于 DE, 则电场线平行于 DE, 由 D 指向 E, 由题图可知 E 点的电势最低, 故 **B 正确**; 电子带负电, 将其由 D 点移到 E 点, 电子的电势能增加, 故 **C 正确**; AB 平行于 DE, 则电场方向平行于 AB, 匀强电场的场强大小为  $E = \frac{\varphi_B - \varphi_A}{BA} = 150 \text{ V/m}$ , 方向由 B 指向 A, 故 **D 正确**.

**方法总结** 此类问题可以通过等分法找等势点, 然后作出等势面, 根据电场线和等势面垂直找出电场强度的方向, 再进一步求电场强度的大小. 如果用上述方法, 计算比较复杂, 可以选两个垂直的方向, 分别找出两个方向上的场强, 再进行合成.

- 11. D** 【解析】由带电体电荷分布的特征可知越尖锐的地方电荷的密度越大, 电场强度越大, 电场线分布越密, 等差等势面也越密. 画出题中带体电场线和等差等势面的剖面图, 如图所示, 由图可知  $U_{ab} > U_{bc}$ ,  $U_{ef} > U_{ab}$ , 则  $U_{bc} < 50 \text{ V}$ ,  $U_{ef} > 50 \text{ V}$ , 故 **D 正确**.



- 12. B** 【解析】根据点电荷电场线的分布特征可知, 该场源电荷为负电荷, 故 **A 错误**; 点电荷的等势线是以点电荷为圆心的一簇同心圆, 由于沿电场线电势降低, 可知电势  $\varphi_A > \varphi_B$ , 故 **B 正确**; 根据  $U = Ed$ , 由于 ED 之间的电场强度均小于 DB 之间的电场强度, 可知  $U_{ED} < U_{DB}$ , 故 **C 错误**; 题图中沿着电

**破点:** 同一电场中, 电场线越密集电场强度越大, 非匀强电场中, 沿电场方向移动相同的距离, 电场强度越大, 电势差越大

场线方向电场线分布逐渐变密集, 则电场强度逐渐增大, 故 **D 错误**.

- 13. A** 【解析】一正电荷从 b 点运动到 a 点, 电势降低, 电势能减小, 则电场力做正功, 故 **A 正确**; 电子在 a 点的电势能为  $E_p = -e\varphi_a = -3 \text{ eV}$ , 故 **B 错误**; 沿电场线方向电势逐渐降低, b 点电场强度垂直于该点所在等势面, 方向向左, 故 **C 错误**; 等差等势面越密集的地方, 电场强度越大, 则 b 点的电场强度比 e 点的小, 故 **D 错误**.

- 14. AC** 【解析】根据题意, 质子由 a 到 c 过程动能减小, 静电力做负功, 质子带正电, 所以匀强电场场强的方向水平向左, **A 正确**; 质子两次经过同一等势面的动能相等, 因为是匀强电场, 所以从同一方向经过相邻等差等势面静电力所做负功相同, 动能变化量相同, 即  $E_{ka} - E_{kb} = E_{kb} - E_{kc}$ , 解得  $E_{kb} = 12 \text{ eV}$ , 所以质子经过等势面 b 时的动能是 12 eV, **D 错误**; 若质子做匀变速直线运动, 由功能关系可知, 质子刚好可以到达等势面 d, 若质子做匀变速曲线运动, 由功能关系

可知质子不能到达等势面  $d$ , **B 错误**;若取等势面  $b$  为零电势

→ **易错点**: 只有质子垂直等势面向  $d$  运动,才能到达等势面  $d$  面,根据  $E_p = \varphi q$  可知,质子在等势面  $b$  的电势能为 0,所以质子运动过程中的总能量  $E = E_{kb} + 0 = 12 \text{ eV}$ ,根据能量守恒定律可知  $E = E_{kc} + E_{pc}$ ,解得  $E_{pc} = 6 \text{ eV}$ ,由  $E_{pc} = \varphi_c q$  可得等势面  $c$  的电势为  $\varphi_c = 6 \text{ V}$ , **C 正确**.

**15. BC** 【解析】 $\varphi-x$  图像的斜率表示该方向上的场强大小,可

得  $E_x = \frac{45}{15 \times 10^{-2}} \text{ V/m} = 300 \text{ V/m}$ ,  $E_y = \frac{40}{10 \times 10^{-2}} \text{ V/m} = 400 \text{ V/m}$ ,故

场强大小为  $E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = 500 \text{ V/m}$ ,沿着电场线方向电势

→ **突破点**: 先根据题图求出  $E_x$ 、 $E_y$ ,再求  $E$

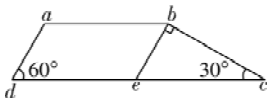
降低,结合图像可知  $x$  轴方向分场强沿  $x$  轴负方向, $y$  轴方向分场强沿  $y$  轴负方向,根据场强的叠加法则可知电场强度的方向指向第三象限,故 **A 错误**,**B、C 正确**;沿电场线方向是电势降低最快的方向,根据前面分析可知电场方向不是沿  $-y$  方向,故沿  $-y$  方向不是电势降低最快的方向,故 **D 错误**.

**关键点拨** 本题考查匀强电场中电场强度与电势差的关系,以及电场强度的矢量合成法则,考查理解能力和推理论证能力. 利用  $\varphi-x$  图线和  $\varphi-y$  图线,先求出  $x$  轴和  $y$  轴的分电场强度,再由矢量合成,求出电场强度.

**16. AC** 【解析】由题图可知,  $x$  轴的正半轴场强为正,电场线指向  $x$  轴正方向, $x$  轴的负半轴场强为负,电场线指向  $x$  轴负方向,沿电场线方向电势逐渐降低,故  $O$  点的电势最高, **A 正确**;一正电荷沿  $x$  轴从  $x_1$  点移动到  $-x_1$  点,电势先增大后减小,电势能先增大后减小, **B 错误**;  $E-x$  图线与  $x$  轴围成图形的面积表示电势差,故  $x_1$  和  $-x_1$  两点与  $O$  点间电势差相等,  $O$  点电势最高,则  $x_1$  和  $-x_1$  两点电势相等, **C 正确**;一负电荷沿  $x$  轴从  $x_1$  点移动到  $x_3$  点,一直沿着电场线方向移动,负电荷所受静电力始终与运动方向相反,静电力一直做负功, **D 错误**.

### 刷易错

**★易错点 1** 不理解公式  $E = \frac{U}{d}$  中  $d$  是匀强电场中沿着电场线方向的距离

**17. B** 【解析】由  $W = qU$  可知,  $U_{ad} = \frac{W}{q} = -\frac{6.4 \times 10^{-3}}{1.6 \times 10^{-3}} \text{ V} = -4 \text{ V}$ , 因为   $\varphi_a = 4 \text{ V}$ , 所以  $\varphi_d = 8 \text{ V}$ , 如图所示, 过  $b$  点作  $be \parallel ad$  交  $cd$  于  $e$ , 有  $U_{ab} = U_{de}$ , 解得  $\varphi_e = 4 \text{ V}$ , 又因为  $cd = 2ab$ , 则  $e$  点是  $dc$  的中点, 所以  $\varphi_e = \frac{\varphi_d + \varphi_c}{2} = 4 \text{ V}$ , 解得  $\varphi_c = 0 \text{ V}$ , 所以  $b$ 、 $c$  在同一等势面上, 由几何关系知,  $eb \perp bc$ , 由电场线与等势面垂直知, 电场强度方向垂直  $bc$  斜向上, 大小为  $E = \frac{U_{eb}}{e \sin 30^\circ} = \frac{4}{2 \times 10^{-2} \times \frac{1}{2}} \text{ V/m} = 400 \text{ V/m}$ , **B 正确**, **A、C、D 错误**.

**易错分析** 对于电场强度及电势差, 应该从以下几个方面来理解记忆:

(1) 电场强度的大小取决于电场本身,  $E = \frac{F}{q}$  是一个比值定义式, 与试探电荷有无及所带电荷量的多少没有关系.

(2) 电场强度的方向与正电荷在该点受到的静电力的方向相同, 与负电荷在该点受到的静电力的方向相反.

(3) 电场强度的方向沿着电势降落最快的方向, 不能认为是沿着电势降落的方向.

(4) 公式  $E = \frac{U_{AB}}{d}$  中,  $d$  是匀强电场中沿着电场线方向的距离, 所以匀强电场中两点间的电势差等于电场强度与这两点沿电场线方向上距离的乘积.

有些同学很容易把电势差理解成电场强度与两点间的距离的乘积, 导致错解.

### ★易错点 2 分析轨迹问题易混淆电场线和等势面

**18. C** 【解析】质点做曲线运动, 其轨迹夹

在速度方向与所受合外力方向之间, 且合外力指向运动轨迹的凹侧, 根据轨迹的弯曲方向可知, 质点所受的电场力方向大致向上, 而正电荷在电场中所受电场力的方向与电场线切线(电场强度)的方向相同, 负电荷在电场中所受电场力的方向与电场线切线(电场强度)的方向相反, 由于质点的电性未知, 则不能确定电场线的方向, 从而不能确定等势面的电势高低, 故 **A 错误**; 等差等势面越密集的地方电场强度越大,  $P$  点的等差等势面较  $Q$  点密集, 则  $P$  点场强较大,

→ **易错点**: 注意是等差等势面, 如果不满足等差, 该结论不成立

故 **B 错误**; 作出质点运动过程某位置的速度方向、等势线的切线以及电场力的方向, 如图所示, 可知若质点从  $Q$  到  $P$ , 电场力与速度方向的夹角为锐角, 电场力做正功, 动能增加, 电势能减小, 若质点从  $P$  到  $Q$ , 电场力与速度方向的夹角为钝角, 电场力做负功, 动能减小, 电势能增加, 可知无论质点从  $P$  到  $Q$  还是从  $Q$  到  $P$ , 带电质点在  $P$  点具有的电势能均比在  $Q$  点具有的电势能小, 在  $P$  点具有的动能均大于在  $Q$  点具有的动能, 即带电质点在  $P$  点处的速率比在  $Q$  点处大, 故 **C 正确**, **D 错误**.

**易错分析** 本题易把等势线当作电场线而出错. 电场线与等势面垂直, 电场力方向沿电场线的切线方向或电场线切线的反方向, 而不是沿等势面的切线方向, 此类题可根据电场线与等势面垂直, 作出电场线, 再根据电场力沿电场线切线方向或电场线切线的反方向且指向运动轨迹凹侧判断质点所受电场力的方向, 且等差等势面密集的区域场强大.

### 刷提升

**1. B** 【解析】由题意及匀强电场的特点可知,  $b$  点右侧格点电势为  $6 \text{ V}$ , 则  $c$  点与该点的连线为等势线, 则电场线方向为沿  $ca$  连线且由  $c$  指向  $a$ , 由几何关系可知  $ca = 4\sqrt{2} \text{ cm}$ , 由  $E = \frac{U}{d}$



可知  $E=50\sqrt{2}$  V/m, 故 **A 错误**; 根据匀强电场中沿着同一方向距离相等的线段两端的电势差相等, 可知十六宫格 25 个格点中电势最高为 12 V, 电势最低为 -4 V, 十六宫格中央格点电势为 4 V, **B 正确, C、D 错误**.

**2. A 【解析】** 将  $bc$  线段平分, 连接

**突破点:** 在  $bc$  上找出  $a$  点的等势点

$ae$ , 作  $ae$  的垂线  $bf$ , 如图所示, 则  $\varphi_e = \frac{\varphi_b + \varphi_c}{2} = 3 \text{ V} = \varphi_a$ ,  $ae$  为等势线,  $fb \perp ae$ , 则  $fb$  为电场线, 方向由  $f$  指向  $b$ , 由几何知识可知  $fb = 2 \text{ cm}$ ,  $fb$  (即电场强度的方向) 与  $bc$  夹角为  $45^\circ$ , 电场强度大小为  $E = \frac{\varphi_a - \varphi_b}{fb} = 2 \text{ V/cm}$ , 故

**A 正确, B 错误**; 电子从  $a$  点移到  $b$  点, 电场力对电子做功为  $W_{ab} = -e(\varphi_a - \varphi_b) = -4 \text{ eV} < 0$ , 故 **C 错误**; 电子从  $a$  点移到  $c$  点, 电场力对电子做功为  $W_{ac} = -e(\varphi_a - \varphi_c) = 4 \text{ eV} > 0$ , 故电场力对电子做了正功, 电势能减少了 4 eV, 故 **D 错误**.

**方法总结** 匀强电场中找等势点的方法

- (1) 在匀强电场中, 电势沿直线是均匀变化的, 即直线上距离相等的线段两端的电势差值相等.
- (2) 等分线段找等势点法: 将电势最高点和电势最低点连接后根据需要平分成若干段, 必能找到与第三个点电势相等的点, 它们的连线为等势线, 与其垂直的线即为电场线.

**3. BD 【解析】** 在  $d \sim 2d$  间, 沿  $x$  轴正方向电势逐渐降低, 则电场强度方向沿  $x$  轴正方向, 大小为  $\frac{\varphi_0}{d}$ , **A 错误**;  $\varphi-x$  图线的切线斜率表示场强, 在  $0 \sim d$  间与  $4d \sim 6d$  间  $\varphi-x$  图线的切线斜率相同, 电场强度相同, **B 正确**; 带负电小球沿  $x$  轴正方向运动过程, 静电力在  $d \sim 4d$  间做负功, 则只要带电小球运动到  $4d$  处速度不为零, 小球就能运动到  $6d$  处, 假设带电小球恰运动到  $4d$  处,  $0 \sim 4d$  过程, 由动能定理有  $-q \cdot 2\varphi_0 = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$ , 解得  $v_0 = 2\sqrt{\frac{q\varphi_0}{m}}$ , 即只要  $v_0 > 2\sqrt{\frac{q\varphi_0}{m}}$ , 带电小球就能通过  $4d$  处, 也能到达  $6d$  处, **C 错误, D 正确**.

**4. B 【解析】** 由题意, 根据公式  $U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$ ,  $U_{BC} = \frac{W_{BC}}{q}$ , 有  $U_{AB} = \frac{-2.4 \times 10^{-5}}{-6 \times 10^{-6}} \text{ V} = 4 \text{ V}$ ,  $U_{BC} = \frac{1.2 \times 10^{-5}}{-6 \times 10^{-6}} \text{ V} = -2 \text{ V}$ ,  $B$  点的电势为 0, 则  $\varphi_A = 4 \text{ V}$ ,  $\varphi_C = 2 \text{ V}$ , 在匀强电场中沿着同一方向距离相等的任意两点间电势差相等, 则  $\varphi_A - \varphi_D = \varphi_D - \varphi_B$ , 可得  $\varphi_D = 2 \text{ V}$ , 故点电荷  $q$  在  $D$  点具有的电势能为  $E_p = q\varphi_D = -1.2 \times 10^{-5} \text{ J}$ , 故 **A 错误, B 正确**; 因为  $\varphi_D = \varphi_C$ , 连接  $CD$ , 则  $CD$  为等势线, 过  $B$  作  $CD$  垂线即为一电场线, 如图所示, 由几何关系得  $\sin \angle BCD = \frac{1}{\sqrt{1^2 + 2^2}} = \frac{\sqrt{5}}{5}$ , 则  $E = \frac{U_{CB}}{BC \sin \angle BCD} = 10\sqrt{5} \text{ V/m}$ , 根据沿着电场线方向电势逐渐降低可知, 电场方向垂直  $CD$  连线指向  $B$

点, 故 **C 错误**; 将  $\triangle ABC$  绕  $B$  点顺时针旋转, 当转到  $AC$  与电场线垂直时, 此时  $A$ 、 $C$  两点电势相等, 故 **D 错误**.

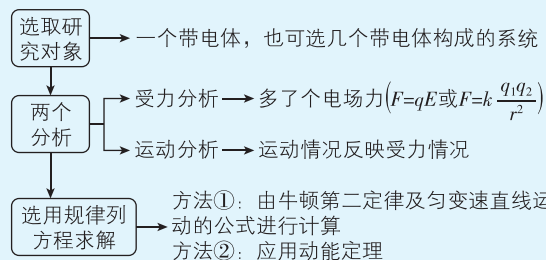
**5. AD 【解析】**  $v-t$  图线的切线斜率表示加速度, 由题图 (b) 可知从  $M$  点运动到  $N$  点电子做加速度减小的加速运动, 电子在  $M$ 、 $N$  两点的加速度大小关系为  $a_M > a_N$ , 电子仅受电场力的作用, 则  $qE_M = ma_M$ ,  $qE_N = ma_N$ , 得  $E_M > E_N$ , 故 **A 正确**; 由题图 (b) 可知电子的速度在增大, 根据动能定理可知从  $M$  点到  $N$  点电场力对电子做正功, 即  $W_{MN} = -qU_{MN} > 0$ , 则  $U_{MN} = \varphi_M - \varphi_N < 0$ , 得  $\varphi_M < \varphi_N$ , 故 **B、C 错误**; 电子在电势低的地方电势能大, 可知电子在  $M$  点的电势能大于在  $N$  点的电势能, 故 **D 正确**.

**6. BC 【解析】**  $P$ 、 $C$  两点到两点电荷的距离相等, 根据场强的叠加可知,  $P$  点与  $C$  点电场强度大小相等, 方向不同, 故 **A 错误**; **易错点:** 电场强度是矢量, 既有大小, 又有方向;  $P$ 、 $C$  两点到两点电荷的距离相等, 根据电势叠加原理可知,  $C$  点与  $P$  点电势相同,  $P$ 、 $C$  两点的电势差为零, **B 正确**; 将带负电的试探电荷  $q$  从  $P$  点沿着  $PC$  移动到  $C$  点, 先靠近  $O$  点, 然后再远离  $O$  点, 电势先升高后降低, 根据负电荷在电势高的地方电势能小, 可知试探电荷的电势能先减小后增大, **C 正确**; 将带正电的试探电荷  $q$  从  $O$  点沿着  $OC$  移动到  $C$  点, 电势逐渐降低, 根据正电荷在电势低的地方电势能小, 可知试探电荷的电势能逐渐减小, **D 错误**.

**关键点拨** 等量同种正电荷连线的中垂线上, 沿中点向两边电势逐渐降低, 离中点距离相同的点电势相同.

**7. D 【解析】** 根据等量同种点电荷电场线分布的规律, 结合对称性可知,  $a$ 、 $b$  两点电场强度大小相等, 方向相反, 故 **A 错误**; 小物块从  $c$  到  $d$  过程, 根据动能定理有  $qU_{cd} = \frac{1}{2}mv_d^2 - \frac{1}{2}mv_c^2$ , 解得  $U_{cd} = 100 \text{ V}$ , 故 **B 错误**; 由于带正电的小物块从  $e$  点由静止释放, 能够运动到  $d$ , 表明场源电荷均为正点电荷, 沿电场线电势降低, 根据等量同种正点电荷电场线分布可知  $\varphi_a > \varphi_d$ , 根据  $E_p = q\varphi$  可知, 负电荷在高电势点的电势能小于在低电势点的电势能, 即同一负电荷在  $a$  点时的电势能小于它在  $d$  点时的电势能, 故 **C 错误**;  $v-t$  图像的切线斜率表示加速度,  $c$  点切线斜率最大, 加速度最大, 电场力最大, 则  $c$  点为中垂线上电场强度最大的点, 且有  $qE = ma$ , 其中  $a = \frac{4}{7-5} \text{ m/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2$ , 解得  $E = 20 \text{ V/m}$ , 故 **D 正确**.

**方法总结** 带电体在电场中的直线运动



**8. D 【解析】** 该瞬时电势分布图可等效为等量异种点电荷产生的,  $a$ 、 $b$  为两电荷连线上关于两电荷中点对称的两点, 根据

## 高中必刷题 物理

等量异种点电荷的电场分布,结合对称性可知, $a$ 、 $b$  两点的电场强度大小相等,方向相同,故 **A 错误**;  $c$ 、 $d$  为两电荷连线上垂线上关于两电荷中点对称的两点,根据等量异种点电荷的电场分布,结合对称性可知, $c$ 、 $d$  两点的电场强度大小相等,方向相同,故 **B 错误**;  $a$ 、 $b$  两点的电势差  $U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = 3.0 \text{ mV}$ ,故 **C 错误**;根据等差等势线的疏密程度可判断出从  $c$  到  $d$  的直线上电场强度先变大后变小,故 **D 正确**.

**9. CD 【解析】**对小圆环受力分析可知,小圆环从  $C$  到  $D$  的过程中,水平方向受到两异种电荷的静电力向左的分力,故小圆环从  $C$  到  $D$  过程中做减速运动,**A 错误**;从  $C$  到  $D$ ,根据动能定理有  $-qU_{CD} = \frac{1}{2}mv_D^2 - \frac{1}{2}mv_C^2$ ,可得  $U_{CD} = \frac{m(v_C^2 - v_D^2)}{2q}$ ,**B 错误**;从  $C$  到  $O$ ,根据对称性得  $U_{CO} = \frac{1}{2}U_{CD} = \frac{m(v_C^2 - v_D^2)}{4q}$ ,根据动能定理有  $-qU_{CO} = \frac{1}{2}mv_O^2 - \frac{1}{2}mv_C^2$ ,联立解得  $v_O = \sqrt{\frac{v_C^2 + v_D^2}{2}}$ ,**C 正确**;根据等量异种点电荷电场的特点,取无穷远处电势为零,则  $O$  点电势为零,圆环通过  $O$  点到无穷远处过程中有  $\frac{1}{2}mv_i^2 - \frac{1}{2}mv_O^2 = -q(\varphi_O - \varphi)$ ,圆环向无穷远处运动过程中  $\varphi \rightarrow 0$ ,

**突破点: 根据动能定理分析**

则  $\frac{1}{2}mv_i^2 - \frac{1}{2}mv_O^2 = 0$ ,最终速率  $v_i$  趋于  $\sqrt{\frac{v_C^2 + v_D^2}{2}}$ ,**D 正确**.

### 刷素养

**10. BCD 【解析】**由对称性可得静电力做功  $W_{AO} = -W_{OD}$ ,  $W_{AO} + W_{OD} = 0$ ,从  $A$  到  $D$ ,由动能定理可得  $mg \cdot 8l \cdot \sin 37^\circ + W_{AO} + W_{OD} = \frac{1}{2}mv_D^2$ ,解得  $v_D = 4\sqrt{\frac{3}{5}gl}$ ,故 **A 错误**;由题可知  $OB = 8l \times \frac{1}{4} = 2l$ ,圆环上电荷均匀分布,取环上一小段,设其电荷量为  $Q_1$ ,该小段到  $B$  点的距离为  $r = \sqrt{(2l)^2 + (2l)^2} = 2\sqrt{2}l$ ,  $Q_1$  在  $B$  点产生的场强大小为  $E_1 = k \frac{Q_1}{r^2} = k \frac{Q_1}{8l^2}$ ,该场强沿  $OA$  方向的分量为  $E_{1x} = E_1 \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}kQ_1}{16l^2}$ ,所以大圆环上的电荷在  $B$  点产生的场强大小为  $E = \sum_{i=1}^n E_{ix} = \frac{\sqrt{2}kQ}{16l^2}$ ,故 **B 正确**;由对称性可知  $B$ 、 $C$  两点电势相等,所以  $U_{BC} = 0$ ,小滑环从  $B$  到  $C$  的过程中静电力做的功为  $W_{BC} = qU_{BC} = 0$ ,故 **C 正确**;小滑环在  $B$  点时,根据牛顿第二定律,有  $qE + mg \sin 37^\circ = ma$ ,解得小滑环在  $B$  点的加速度大小为  $a = \frac{\sqrt{2}kQq}{16ml^2} + \frac{3}{5}g$ ,故 **D 正确**.

## 专题二 静电场中的图像问题

### 刷题型

**1. C 【解析】** $x_1 \sim x_4$  段场强方向沿  $x$  轴正方向,沿着电场方向电势降低,可知  $x_1$  处电势最高,且从  $x_1$  处到  $x_4$  处电势逐渐降低,所以  $x_2$  和  $x_4$  处电势不相等,故 **A、B 错误**;根据  $U = Ex$

可知, $E-x$  图线与  $x$  轴所围的面积表示电势差,则  $x_1$ 、 $x_4$  两点之间的电势差可以用  $S$  表示,根据动能定理可得该正点电荷由  $x_1$  处静止释放,仅在电场力作用下运动到  $x_4$  时的动能  $E_k = qU = qS$ ,故 **C 正确**;该正点电荷由  $x_1$  处静止释放,仅在电场力作用下运动到  $x_4$  的过程中电场力始终做正功,所以电势能一直减小,故 **D 错误**.

**方法总结**  $E-x$  图像的纵坐标代表电场强度,其正负表示电场强度的方向;图像与  $x$  轴所围成的面积表示电势差.

**2. AD 【解析】** $E-x$  图线与  $x$  轴所围图形的面积表示两点间的电势差大小,场强沿  $x$  轴正方向,则  $O$  到  $A$  电势降低,因此  $U_{OA} = \varphi_O - \varphi_A = \frac{1}{2}E_0d$ ,若  $\varphi_O = 0$ ,则  $\varphi_A = -\frac{1}{2}E_0d$ ,**A 正确**;粒子由  $A$  到  $B$  过程静电力与运动方向相同,则带电粒子做加速运动,由题图可知,该过程电场强度不变,故带电粒子做匀加速直线运动,**B 错误**;由题图可知, $OA$  段的平均电场强度大于  $BC$  段的平均电场强度,则粒子在  $OA$  段所受的平均静电力大于在  $BC$  段所受的平均静电力,则在  $OA$  段静电力做功大于在  $BC$  段静电力做功,由功能关系知,粒子在  $OA$  段电势能的减少量大于在  $BC$  段电势能的减少量,**C 错误**;粒子从  $O$  点到  $B$  点的过程,有  $W_{电} = qU_{OB} = E_{kB} - 0$ ,而  $U_{OB} = \frac{1}{2}E_0(d+2d)$ ,联立解得  $E_{kB} = \frac{3qE_0d}{2}$ ,**D 正确**.

**一题多解** 分析  $OA$  段和  $BC$  段  $E-x$  图线与  $x$  轴所围图形的面积可知  $U_{OA} > U_{BC}$ ,根据静电力做功公式  $W = qU$  和  $W = -\Delta E_p$ ,可得出粒子在  $OA$  段电势能的减少量大于在  $BC$  段电势能的减少量,**C 错误**.

### 3. C

**思路导引**  $E-x$  图像与  $x$  轴围成的面积代表电势差;由于静电力与场强成正比,故  $E-x$  图像与  $x$  轴围成的面积与电荷量  $q$  的乘积代表静电力做的功.

**【解析】**由图像可知,在  $O$  点右侧的电场强度方向水平向右,在  $O$  点左侧的电场强度方向水平向左,假设粒子带正电,则粒子在  $O$  点右侧向右运动或在  $O$  点左侧向左运动时一直做加速运动,不会做往复运动,因此粒子不可能带正电,当粒子带负电时在  $O$  点右侧向右运动或在  $O$  点左侧向左运动时做减速运动,减速到零反向加速,过  $O$  点后继续做减速运动,做的是往复运动,因此粒子带负电,**A 错误**;由图像可知,原点  $O$  两侧的电场均不是匀强电场,粒子的受力会发生变化,因此粒子在  $O$  点两侧不做匀变速直线运动,**B 错误**;  $E-x$  图像中图线与  $x$  轴所围的面积表示电势差,沿着电场线方向电势降低,有  $\varphi_O - \varphi_{x0} = \frac{1}{2}E_0x_0$ ,解得  $\varphi_{x0} = -\frac{1}{2}E_0x_0$ ,**C 正确**;粒子的电势能和动能的总和为  $A$ ,且粒子在  $O$  点的电势能为零,则  $O$  点的动能为  $A$ ,粒子向  $x$  轴正方向运动到最远距离时速度为零,动能转化为该点的电势能,由能量守恒定律可知  $A = \frac{1}{2}q \cdot \frac{E_0}{x_0}x \cdot x$ ,得  $x =$

$\sqrt{\frac{2Ax_0}{qE_0}}$ , 则粒子运动区间为  $\left[-\sqrt{\frac{2Ax_0}{qE_0}}, \sqrt{\frac{2Ax_0}{qE_0}}\right]$ , **D 错误**。

**4. B** 【解析】 $\varphi-x$  图像切线斜率的绝对值表示电场强度大小, 由题图可知,  $x_1$  处的切线斜率大于  $x_3$  处的切线斜率的绝对值, 故  $x_1$  处的电场强度大于  $x_3$  处的电场强度, 且方向相反, 故 **A 错误**; 带电粒子到达  $x_2$  时速度达到最大, 则带电粒子从原点  $O$  到  $x_2$  过程中电场力做正功, 电势能减小, 则带电粒子到达  $x_2$  时电势能最小, 由题图可知  $x_2$  处的电势最大, 故该带电粒子带负电, 故 **B 正确**;  $x_1$  处的电势等于  $x_3$  处的电势, 则带电粒子在  $x_1$  处的电势能等于其在  $x_3$  处的电势能, 根据能量守恒定律可知, 该带电粒子在  $x_1$  处的动能等于在  $x_3$  处的动能, 故 **C 错误**; 该带电粒子从原点  $O$  到  $x_3$  过程中, 电势先增大后减小, 电势能先减小后增大, 故电场力先做正功再做负功, 故 **D 错误**。

**5. B** 【解析】根据题图可知,  $q_B$  附近电势为负, 则  $q_B$  为负电荷, 故 **A 错误**;  $\varphi-x$  图像的切线斜率表示电场强度, 可知在  $x=d$  的位置, 电场强度为零, 根据点电荷电场强度公式有  $\frac{kq_A}{(2d)^2} = \frac{k|q_B|}{d^2}$ , 解得  $q_A = 4|q_B|$ , 故 **B 正确**; 在  $C$  点由静止释放一个负点电荷, 点电荷在此处的电势能和动能均为零, 故电荷先加速后减速, 无穷远处电势能为零, 动能同样为零, 故电荷会一直运动到无穷远处, 不会做往复运动, 故 **C 错误**; 在  $q_A$  右侧附近由静止释放一个正点电荷, 由于  $q_A$  到  $q_B$  间电势不断降低, 所以场强方向沿  $x$  轴正方向, 则正点电荷所受电场力方向沿  $x$  轴正方向, 则正点电荷在碰到  $q_B$  之前一直加速, 故 **D 错误**。

**6. D** 【解析】 $\varphi-x$  图像切线斜率表示电场强度。由题图乙可知两点电荷均带正电, 在  $x=0$  处的场强为零, 则有  $\frac{kQ}{(2l)^2} = \frac{kQ'}{(4l)^2}$ , 可得  $Q' = 4Q$ , 即  $x=4l$  处的电荷的电荷量为  $4Q$ , **A 错误**;  $x=-l$  处场强大小为  $E_1 = k\frac{Q}{l^2} - k\frac{4Q}{(5l)^2} = \frac{21kQ}{25l^2}$ ,  $x=2l$  处场强大小为  $E_2 = k\frac{4Q}{(2l)^2} - k\frac{Q}{(4l)^2} = \frac{15kQ}{16l^2}$ , 则两处场强大小不相等, 故 **B 错误**; 由于题图乙中  $O$  点左右两侧图线不对称, 可知物块不会以  $O$  点为中心往返运动, 故 **C 错误**; 若带电物体从  $O$  点向右出发刚好到达  $x=2l$  处, 由动能定理有  $W_{\text{电}} - \mu mg \cdot 2l = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$ , 又  $W_{\text{电}} = q\left(\varphi_0 - \frac{3}{2}\varphi_0\right)$ , 解得  $v_0 = \sqrt{\frac{6q\varphi_0}{5m}}$ , **D 正确**。

**易错分析** 分析光滑物块运动时,  $O$  点两侧电场强度不关于  $O$  点对称, 而错选  $C$  项, 实际需结合电场强度分布来判断。

**7. D** 【解析】 $E_p-x$  图线切线的斜率表示电场力, 可知粒子运动过程中所受的电场力逐渐减小, 又  $E = \frac{F}{q}$ , 则场强  $E$  随  $x$  逐渐减小,  $a = \frac{F}{m}$ , 可知加速度  $a$  随位移  $x$  逐渐减小, 故 **A 错误, D 正确**; 根据动能定理有  $E_k = Fx$ , 可知粒子的  $E_k-x$  图像切线的斜率逐渐减小, **B 错误**; 根据动能定理有  $\frac{1}{2}mv^2 = Fx$ , 可知  $v-x$

图像不是直线, **C 错误**。

**8. D** 【解析】带负电的试探电荷在  $x_2 \sim x_4$  之间电势能增大, 说明试探电荷受到的电场力对试探电荷做负功, 所以试探电荷所受电场力沿  $x$  轴负方向, 电场强度的方向沿  $x$  轴正方向, 故 **B、C 错误**; 由电场的分布特点可知,  $0 \sim x_4$  场强方向沿  $x$  轴正方向,  $x_4$  右侧场强沿  $x$  轴负方向, 说明点电荷  $Q_1$  带正电, 点电荷  $Q_2$  带负电, 故 **A 错误**;  $E_p-x$  图线的切线斜率绝对值表示电场力大小, 则  $x_4$  处的电场力为零, 电场强度为零, 有  $k\frac{Q_2}{(x_1+x_4)^2} = k\frac{Q_1}{x_4^2}$ , 解得  $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{x_4^2}{(x_1+x_4)^2}$ , 故 **D 正确**。

**关键点拨** 本题考查两个点电荷形成的电场的叠加, 根据电场的分布、试探电荷电势能的变化以及点电荷场强为零的位置分析题目, 难点在于提取图像信息。根据电场分布可以确定点电荷带电性质, 根据试探电荷电势能的变化可以分析电场力做功情况, 从而判断电场强度方向, 最后根据场强为零的位置求出点电荷电荷量大小的比值。

**方法总结** 解决此类问题, 可以通过“离正电荷越近, 电势趋向于正无穷; 离负电荷越近, 电势趋向于负无穷”来判断点电荷  $Q_1$  的电性。带负电的试探电荷接近  $O$  点时电势能为负且趋向于无穷, 则接近  $O$  点的电势为正且趋向于无穷。

**9. BD** 【解析】 $E_p-x$  图线切线的斜率表示电场力, 由题图可知  $0 \sim 2$  m 内,  $E_p-x$  图线切线的斜率一直在变化, 则质子做非匀变速运动, 故 **A 错误**; 由题图可知, 在  $x=5.4$  m 处,  $E_p-x$  图线的斜率绝对值为  $k = \left| \frac{-14-0}{5.4-4} \right|$  eV/m =  $eE$ , 解得  $E = 10$  V/m, 故 **B 正确**; 根据题意, 由题图可知, 质子在  $x=2$  m 处的电势能为  $E_{p1} = 14$  eV, 由公式  $E_{p1} = \varphi q$  可得,  $x=2$  m 处的电势为  $\varphi = 14$  V, 故 **C 错误**; 质子从  $x=2$  m 处运动到  $x=5.4$  m 处过程中, 设质子在  $x=2$  m 处时的动能为  $E_{k1}$ , 电势能为  $E_{p1}$ , 质子在  $x=5.4$  m 处时的动能为  $E_{k2}$ , 电势能为  $E_{p2}$ , 由能量守恒定律可得  $E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$ , 代入数据解得  $E_{k1} = 2$  eV, 故 **D 正确**。

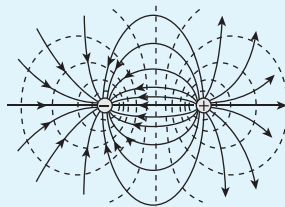
## 第四~五节综合训练

### 刷综合

**1. C** 【解析】沿电场线方向电势逐渐降低, 由对称性可知,  $B$ 、 $C$  两点场强相同, 但是由于  $B$  点距离正点电荷较近, 则  $B$  点电势较高, **A 错误**; 同理,  $A$ 、 $D$  两点场强相同, 但是  $A$  点电势较高, **B 错误**; 由对称性可知,  $E$ 、 $F$  两点场强相同,  $F$  点距离正点电荷较近, 则  $F$  点电势较高, **C 正确**; 根据等量异种点电荷电场分布特点可知,  $B$ 、 $O$ 、 $C$  三点中,  $O$  点场强最小,  $C$  点电势最低, **D 错误**。

**方法总结** 一对等量异种点电荷的电场线和等势面

离正点电荷越近的等势面电势越高, 离负点电荷越近的等势面电势越低。







强度与运动方向不共线,且静电力沿斜面向上的分力与重力沿斜面向下的分力相等,根据矢量的合成法则可知,电场强度可能大于 $\frac{mg}{q}$ ,故 **C 错误**.若该电场是  $AC$  边中点处的点电荷  $Q$  产生的, $Q$  到  $A$  点的距离小于到  $B$  点的距离,由于  $B$  点的电势低于  $A$  点的电势,则  $Q$  一定是正电荷,故 **D 正确**.

9. (1) 300 V/m (2) 120 V 30 V (3) 能  $6 \times 10^{-5}$  J

【解析】(1) 由粒子做匀速运动可得  $F = |q|E$ ,

$$\text{解得 } E = \frac{F}{|q|} = \frac{1.5 \times 10^{-4}}{5 \times 10^{-7}} \text{ N/C} = 300 \text{ N/C} = 300 \text{ V/m}.$$

(2) 分析可知场强方向与  $F$  方向相同, $A$ 、 $B$  两点电势差为  $U_{AB} = EL \cos \alpha = 300 \times 0.5 \times 0.8 \text{ V} = 120 \text{ V}$ ,

$$\text{而 } U_{AB} = \varphi_A - \varphi_B,$$

$$\text{所以 } \varphi_B = \varphi_A - U_{AB} = (150 - 120) \text{ V} = 30 \text{ V}.$$

(3) 由于粒子所受电场力与等势面垂直且指向  $A$  所在的等势面,所以撤去  $F$  后粒子一定能回到  $A$  所在的等势面,从  $B$  到回到  $A$  所在的等势面电场力做功为  $W_{BA} = qU_{BA} = -5 \times 10^{-7} \times (-120) \text{ J} = 6 \times 10^{-5} \text{ J}$ ,

由动能定理可得,回来过程动能增加量为  $\Delta E_k = W_{BA} = 6 \times 10^{-5} \text{ J}$ .

## 第一章素养检测

### 刷速度

1. **A** 【解析】电势降低的方向不一定是电场的方向,电势降低最快的方向一定是电场的方向, **A 错误**;无论是正电荷还是负电荷,静电力做负功时,电势能一定增加, **B 正确**;根据  $W_{AB} = E_{pA} - E_{pB} = q(\varphi_A - \varphi_B)$  知,电荷移动时,静电力做功与初末位置的电势有关,而与电荷移动的路径无关, **C 正确**;负电荷在电势低处电势能大,正电荷在电势高处电势能大,由于不知电荷的电性,则将电荷由电势低的地方移到电势高的地方,电势能可能增加,也可能减少, **D 正确**. **A** 符合题意.

2. **B** 【解析】 $\varphi-x$  图像的切线斜率表示电场强度,由题图可知,从  $-x_0$  到  $x_0$ ,电场强度先减小后增大,方向沿  $x$  轴负方向,电子带负电,受到沿  $x$  轴正方向先减小后增大的电场力,电子的加速度也先减小后增大,速度一直增大,所以  $v-t$  图像的切线斜率先减小后增大,故 **A 错误**, **B 正确**;由于电子带负电,根据电势能  $E_p = q\varphi$ ,可知  $E_p-x$  变化规律与  $\varphi-x$  变化规律相反,故 **C、D 错误**.

3. **B** 【解析】粒子由  $a$  运动到  $d$  的轨迹为曲线,所受的电场力指向运动轨迹凹侧,粒子在  $a$  点所受的电场力向右,粒子一定带负电,故 **A 错误**;由题图和等量异种点电荷的电势分布可知  $a$  点的电势低于  $d$  点的电势,粒子带负电,则粒子在  $a$  点的电势能大于在  $d$  点的电势能,由能量守恒定律可知,粒子在  $a$  点的动能小于在  $d$  点的动能,故 **B 正确**, **C 错误**;由题图可知  $ab$  段的平均电场强度小于  $bc$  段的平均电场强度,又  $ab = bc$ ,由公式  $U = Ed$  可知  $a$ 、 $b$  两点电势差的绝对值小于  $b$ 、 $c$  两点电势差的绝对值,故 **D 错误**.

4. **C** 【解析】等量异种点电荷连线的中垂线上,从  $A$  到  $B$  电场强度先增大后减小, $O$  点的电场强度最大,所以小圆环受到

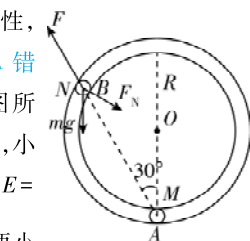
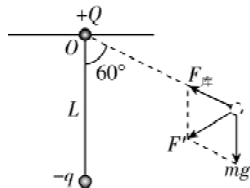
的电场力先增大后减小,小圆环受到的摩擦力大小为  $f = \mu F_N = \mu qE$ ,所以小圆环受到的摩擦力先增大后减小,它的加速度大小为  $a = \frac{mg+f}{m}$ ,则  $a$  先增大后减小,故 **A 错误**;一对等量异种点电荷的连线的中垂线是等势线,故小圆环从  $A$  到  $B$  过程中电场力不做功,故 **B 错误**;设  $A$ 、 $B$  之间的距离为  $2L$ ,摩擦力做功为  $2W_f$ ,小圆环从  $A$  到  $B$  的过程中,电场力不做功,重力和摩擦力做功,根据动能定理得, $A \rightarrow O$  过程,  $-mgL + W_f = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$ ,  $A \rightarrow B$  过程,  $-mg \cdot 2L + 2W_f = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$ ,联立以上两个式子解得  $v_0 = \frac{\sqrt{2}}{2}v_0 > \frac{1}{2}v_0$ ,  $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}mv_0^2$ ,即运动到  $O$  点时的动能为初动能的一半,运动到  $O$  点时的速度大于  $\frac{v_0}{2}$ ,故 **C 正确**, **D 错误**.

5. **D** 【解析】正一价钠离子在膜内做匀减速直线运动,刚好到达  $B$  点,即到达  $B$  点时速度为零,由  $0 - v_0^2 = -2ad$  解得加速度大小  $a = \frac{v_0^2}{2d}$ ,故 **A 错误**;由牛顿第二定律可知  $Ee = ma$ ,解得  $E = \frac{mv_0^2}{2ed}$ ,故 **B 错误**;由动能定理可得  $(\varphi_A - \varphi_B)e = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$ ,解得  $B$  点电势为  $\varphi_B = \varphi_A + \frac{mv_0^2}{2e}$ ,故 **C 错误**;钠离子在  $B$  点的电势能为  $E_{pB} = \varphi_B e = \varphi_A e + \frac{mv_0^2}{2}$ ,故 **D 正确**.

6. **B** 【解析】加匀强电场前,对小球  $A$ ,由二力平衡有  $F_{\text{库}} = k \frac{Qq}{L^2} = mg$ ,加上匀强电场后,对小球  $A$  受力分析,一定有的力为重力、库仑力、电场力,可能存在细线的拉力.先合成重力和库仑力,设二力合力大小为  $F'$ ,如图所示,由几何关系和矢量合成可知  $F' = mg$ ,方向与竖直方向成  $60^\circ$  角,  $F'$  恒定不变,由于细线对小球  $A$  的拉力只能沿线收缩的方向(指向左上方),若细线有拉力,由力的合成可知细线的拉力与  $F'$  的合力大小  $F_{\text{合}}$  大于  $F'$ ,可知当细线拉力为零时  $F_{\text{合}}$  最小为  $F'$ ,小球  $A$  处于平衡状态,  $F_{\text{合}}$  与电场力等大反向,可知电场力最小为  $F_{\text{电}} = F'$ ,此时有  $Eq = F' = mg$ ,可得  $E = \frac{F'}{q} = \frac{mg}{q}$ ,故选 **B**.

**关键点拨** 本题的难点在于不能正确得到两小球之间的库仑力大小,初始状态细线无作用力,说明库仑力与重力平衡,若忽略这一条件,无法确定库仑力大小,在后续分析中就无法正确计算出最小电场强度.

7. **D** 【解析】由于不知道小球  $B$  的电性,所以无法判断小球  $A$  的电性,故 **A 错误**;小球  $B$  的受力情况只能是如图所示,由平衡条件可知,  $F = 2mg \cos 30^\circ$ ,小球  $A$  在  $N$  处产生的电场强度大小为  $E = \frac{F}{\sqrt{3}q} = \frac{mg}{q}$ ,故 **B 错误**;由几何关系得两小



球间的距离为  $r = 2R \cos 30^\circ$ , 根据库仑定律得  $F = k \cdot \frac{\sqrt{3}qq_A}{r^2}$ , 解

得小球 A 所带电荷量的大小为  $q_A = \frac{3mgR^2}{kq}$ , 故 C 错误, D

正确.

**8. AC** 【解析】从电子的运动轨迹可以看出两个电荷相互排斥, 故 O 处的点电荷一定带负电, A 正确; 两个电荷相互排斥, 故电子运动过程中静电力先做负功后做正功, 动能先减小后增大, 电势能先增大后减小, B 错误; O 处点电荷带负电, 结合负点电荷的电场线方向可知, a、b、c 三个等势面的电势高低关系为  $\varphi_c > \varphi_b > \varphi_a$ , C 正确; 点电荷产生的电场中, 距离点电荷越远, 电场强度越小, 由于两相邻等势面的间距相等, 所以  $U_{23} \neq U_{34}$ , 静电力做功  $W = qU$ , 电子从位置 2 到位置 3 与从位置 3 到位置 4 过程中静电力所做的功不相等, D 错误.

**9. AD** 【解析】根据场强叠加原理和对称性可知 O 点的电场强度大小为 0, 故 A 正确; 设圆环上各点与 P 的连线与 x 轴的夹角为  $\theta$ , 由微元法累积求和结合对称性, 可得 P 点电场强度大小为  $E_P = k \frac{Q}{R^2 + L^2} \cos \theta$ , 其中  $\cos \theta = \frac{L}{\sqrt{R^2 + L^2}}$ , 方向水平向右, 故 B 错误; 由于 O 点和无穷远处的场强为 0, 所以从 O 点到 P 点, 电场强度可能一直增大, 也可能先增大后减小, 故 C 错误; 结合前面分析可知, 若在 O 点放置一个带正电的点电荷, 给其一个沿 OP 方向的初速度, 则该点电荷受到的电场力沿 x 轴正方向, 大小先增大后减小, 根据牛顿第二定律可知, 其将

做加速度先增大后减小的加速运动, 故 D 正确.

**10. BD** 【解析】a、b、c 三小球所带电荷量相同, 要使三个小球做匀速圆周运动, 小球 d 与 a、b、c 三小球一定带异种电荷, 由于小球 d 的电性未知, 所以小球 a 不一定带正电, A 错误; 设 db 连线与水平方向的夹角为  $\alpha$ , 则  $\cos \alpha = \frac{R}{\sqrt{R^2 + h^2}} = \frac{\sqrt{3}}{3}$ ,

$\sin \alpha = \frac{h}{\sqrt{R^2 + h^2}} = \frac{\sqrt{6}}{3}$ , 对小球 b, 根据牛顿第二定律得

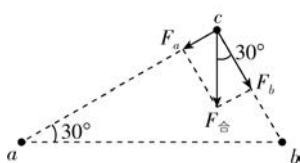
$k \frac{6q \cdot q}{h^2 + R^2} \cos \alpha - 2k \frac{q^2}{(2R \cos 30^\circ)^2} \cos 30^\circ = mR \frac{4\pi^2}{T^2} = ma$ , 解得

$T = \frac{2\pi R}{q} \sqrt{\frac{\sqrt{3}mR}{k}}$ ,  $a = \frac{\sqrt{3}kq^2}{3mR^2}$ , a、b、c 三个小球的运动情况相同, 则小球 c 的加速度大小为  $\frac{\sqrt{3}kq^2}{3mR^2}$ , B 正确, C 错误; 对小球

d, 由平衡条件得  $F = 3k \frac{6q \cdot q}{h^2 + R^2} \sin \alpha + mg = mg + \frac{2\sqrt{6}kq^2}{R^2}$ , 方向竖直向上, D 正确.

**11. (1) 带负电 (2)  $\frac{\sqrt{3}}{3}Q$**

【解析】(1) 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, 可知 c 处点电荷受力如图所示,



可知 c 处点电荷受到 a、b 处点电荷的库仑引力, 由于 a、b 处点电荷带正电, 所以 c 处点电荷带负电.

(2) 由图可得  $\tan 30^\circ = \frac{F_a}{F_b}$ ,

又  $F_a = \frac{kQq_c}{r_{ac}^2}$ ,  $F_b = \frac{kq_bq_c}{r_{bc}^2}$ ,  $\tan 30^\circ = \frac{r_{bc}}{r_{ac}}$ ,

联立解得 b 处点电荷的带电荷量  $q_b = \frac{\sqrt{3}}{3}Q$ .

**12. (1)  $\frac{32kQ}{9L^2}$  (2)  $\frac{2mv_0^2}{q}$  (3) 5L**

【解析】(1) 设 a 点的电场强度为 E, 则  $E = \frac{kQ}{\left(\frac{L}{2}\right)^2} - \frac{kQ}{\left(\frac{3L}{2}\right)^2} =$

$\frac{32kQ}{9L^2}$ , 方向向右 (指向 B).

(2) 由对称性分析可知, a、b 两点的电势相等, 即  $\varphi_a = \varphi_b$ ,  $U_{ab} = 0$ , 且  $\varphi_o = 0$ , 电荷 q 在运动过程中所受的阻力为 f, 由动能定理得, 当电荷由 a 运动到 O 点时, 有  $qU_{ao} - f \frac{L}{2} = 4.5 \times$

$\frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}mv_0^2$ ,  $U_{ao} = \varphi_a - \varphi_o$ , 当电荷由 a 运动到 b 点时, 有

$qU_{ab} - fL = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$ , 联立各式解得  $\varphi_a = \frac{2mv_0^2}{q}$ .

(3) 电荷最终静止在 O 点, 设由运动到最后静止所通过的路程为 s, 则  $qU_{ao} - fs = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$ , 解得  $s = 5L$ .

**13. (1)  $\frac{mv^2 - 2mgd}{2q}$  (2)  $\frac{\sqrt{2}kQ}{2d^2}$  (3)  $g + \frac{\sqrt{2}kQq}{2md^2}$  (4)  $\sqrt{2}v$**

【解析】(1) 小球 P 由 C 运动到 O 的过程, 由动能定理得  $mgd + qU_{co} = \frac{1}{2}mv^2 -$

0, 所以  $U_{co} = \frac{mv^2 - 2mgd}{2q}$ .

(2) 小球 P 经过 O 点时受力分析如图所示, 由库仑定律得  $F_1 = F_2 = k \frac{Qq}{(\sqrt{2}d)^2}$ , 它

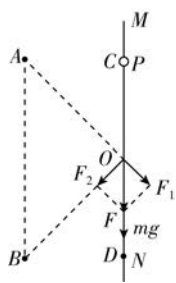
们的合力为  $F = F_1 \cos 45^\circ + F_2 \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}kQq}{2d^2}$ , 所以 O 点处的

电场强度  $E = \frac{F}{q} = \frac{\sqrt{2}kQ}{2d^2}$ .

(3) 由牛顿第二定律得  $mg + qE = ma$ , 所以  $a = g + \frac{\sqrt{2}kQq}{2md^2}$ .

(4) 小球 P 由 O 运动到 D 的过程, 由动能定理得  $mgd + qU_{od} = \frac{1}{2}mv_D^2 - \frac{1}{2}mv^2$ , 由等量异种点电荷的电场特点可知

$U_{co} = U_{od}$ , 联立解得  $v_D = \sqrt{2}v$ .



## 第一章高考强化

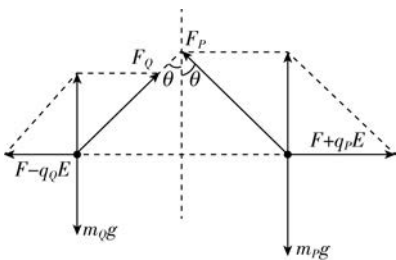
### 刷真题

**1. C** 【解析】验电器本来不带电, 由于同种电荷相互排斥, 异种电荷相互吸引, 带正电的金属球靠近不带电验电器金属小球 a, 使得金属小球 a 带负电荷, 金属箔 b 带正电荷, 故选 C.

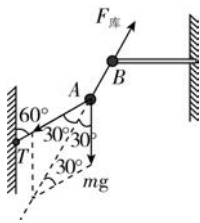


**2. D** 【解析】金属球、金属杆及验电器内两片金属箔处于静电平衡状态,导体内部场强处处为零,电荷只分布在导体的外表面,且导体外表面越尖锐的地方,电荷的密度越大,周围的电场强度越大,故  $d$  点电场强度最强, **D 正确**。

**3. B** 【解析】设细绳与竖直方向的夹角均为  $\theta$ ,两球之间的库仑力大小为  $F$ ,将两球的库仑力与电场力合成为一个力,将四力平衡转化为三力平衡,如图所示,  $F_Q = \frac{F - q_Q E}{\sin \theta}$ ,  $F_P = \frac{F + q_P E}{\sin \theta}$ ,则两绳中的张力大小关系为  $F_Q < F_P$ , **A 错误**;由  $m_Q g = \frac{F - q_Q E}{\tan \theta}$ ,  $m_P g = \frac{F + q_P E}{\tan \theta}$ ,可知  $m_P > m_Q$ , **B 正确**;  $F = m_Q g \tan \theta + q_Q E = m_P g \tan \theta - q_P E$ ,只根据  $m_P > m_Q$  无法确定  $q_P$  与  $q_Q$  的大小关系, **C、D 错误**。

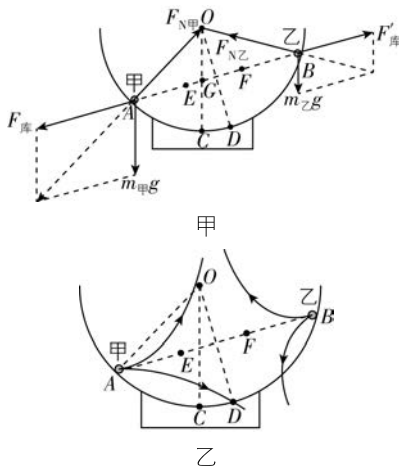


**4. C** 【解析】由题意,  $A$  球静止时受力分析如图所示,有  $T = mg$ ,  $F_{\text{库}} = \sqrt{3}mg$ , **A、B 错误**;剪断轻绳瞬间,  $A$  受的库仑力和重力均不变,所以合力与原来的拉力  $T$  等大反向,  $F_{\text{合}} = T = ma$ ,则  $a = g$ , **C 正确**;剪断轻绳瞬间,  $B$  受的库仑力和重力不变,所以轻杆对  $B$  的作用力不变, **D 错误**。



**5. BD** 【解析】小球甲、乙受力分析如图甲所示,设  $OC$  与  $EF$  的交点为  $G$ ,根据三角形相似得,  $\frac{m_{\text{甲}} g}{OG} = \frac{F_{\text{库}}}{AG}$ ,  $\frac{m_{\text{乙}} g}{OG} = \frac{F'_{\text{库}}}{BG}$ ,  $AG < BG$ ,由牛顿第三定律知  $F_{\text{库}} = F'_{\text{库}}$ ,则  $m_{\text{甲}} > m_{\text{乙}}$ , **A 错误**;设  $AB$  连线上电场强度为零的点距  $A$ 、 $B$  两点的距离分别为  $x_{\text{甲}}$ 、 $x_{\text{乙}}$ ,由电场叠加知,  $k \frac{2q}{x_{\text{甲}}^2} = k \frac{q}{x_{\text{乙}}^2}$ ,则  $x_{\text{甲}} : x_{\text{乙}} = \sqrt{2} : 1$ ,则电场强度为零的点在  $OD$  的右侧,电场线方向如图乙所示,由沿电场线方向电势降低知,  $C$  点电势高于  $D$  点电势, **B 正确**;由电场叠加得,  $E$  点电场强度大小为  $E_1 = k \frac{2q}{\left(\frac{\sqrt{3}}{3}R\right)^2} - k \frac{q}{\left(\frac{2\sqrt{3}}{3}R\right)^2} = \frac{21kq}{4R^2}$ ,方向由  $A$  指向  $B$ ,  $F$  点电场强度大小为  $E_2 =$

$k \frac{q}{\left(\frac{\sqrt{3}}{3}R\right)^2} - k \frac{2q}{\left(\frac{2\sqrt{3}}{3}R\right)^2} = \frac{3kq}{2R^2}$ ,方向由  $B$  指向  $A$ , **C 错误**;  $OD \perp AB$ ,则  $OD$  垂直平分  $AB$ ,沿直线从  $O$  到  $D$  电势先升高后降低, **D 正确**。

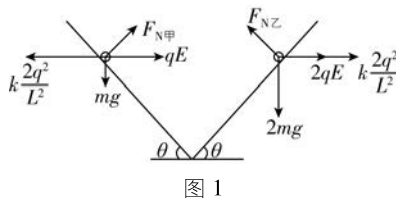


**快解** 等量同种电荷连线的中点电场强度为 0,甲的电荷量大于乙的电荷量,故连线上场强为零的点离乙较近,大致画出电场线方向,由图乙知, **B、D 正确**;  $E$ 、 $F$  两点电场强度方向相反, **C 错误**。

**6. ABD** 【解析】根据题意对两小球进行受力分析,如图 1 所示,静电力合成后的受力分析如图 2 所示,由图 2 可知  $F_1 = mg \tan \theta$ ,  $F_2 = 2mg \tan \theta$ ,所以  $F_1 = \frac{1}{2} F_2$ , **A 正确**;在图 1 中  $F_1 = k \frac{2q^2}{L^2} - qE$ ,  $F_2 = k \frac{2q^2}{L^2} + 2qE$ ,可得  $k \frac{2q^2}{L^2} - qE = \frac{1}{2} \left( k \frac{2q^2}{L^2} + 2qE \right)$ ,即  $k \frac{q^2}{L^2} = 2qE$ ,  $E = \frac{kq}{2L^2}$ , **B 正确**;若将甲、乙互换位置,两小球受到的库仑力大小不变、方向相反,两小球受到的静电力的合力发生变化,小球沿倾斜轨道方向上受到的合力不为零,故二者均不能保持静止, **C 错误**;撤去甲前,对乙受力正

交分解,可知沿倾斜轨道方向上,有  $2mg \sin \theta = \left( 2qE + k \frac{2q^2}{L^2} \right) \cdot \cos \theta$ ,撤去甲后,对乙受力分析如图 3 所示,沿倾斜轨道方向上,有  $2mg \sin \theta - 2qE \cos \theta = 2ma$ ,得  $k \frac{2q^2}{L^2} \cos \theta = 2ma$ ,  $a = k \frac{q^2}{mL^2} \cos \theta$ ,乙滑至倾斜轨道底端的过程中,由  $v^2 = 2a \cdot \frac{L}{2 \cos \theta}$ ,解得  $v = \sqrt{\frac{kq^2}{mL}}$ , **D 正确**。

**关键点:** 题中未给出倾斜轨道的长度,也未给出倾斜轨道的倾角,利用两倾斜轨道倾角相等可知倾斜轨道的长度可表示为  $\frac{L}{2 \cos \theta}$ ,结合加速度表达式可消去  $\theta$



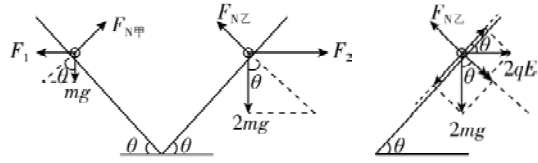


图 2

图 3

**一题多解** 先分析 B 选项,根据图 1 直接列式求解. 对甲,

有  $k \frac{2q^2}{L^2} = F_{N甲} \sin \theta + qE, F_{N甲} \cos \theta = mg$ , 对乙, 有  $F_{N乙} \sin \theta = k \frac{2q^2}{L^2} + 2qE, F_{N乙} \cos \theta = 2mg$ , 联立四式可得  $E = \frac{kq}{2L^2}$ , B 正确. 代入  $F_1$  和  $F_2$  的表达式, 可得出 A 正确.

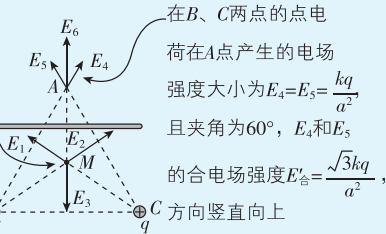
7. D

思路导引

在 B、C 两点的点电荷在 M 点产生的电场强度大小为

$$E_2 = E_1 = \frac{kq}{\left(\frac{\sqrt{3}}{3}a\right)^2} = \frac{3kq}{a^2},$$

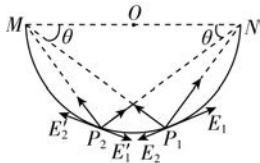
且夹角为  $120^\circ$ ,  $E_1$  和  $E_2$  的合电场强度  $E_{\text{合}} = \frac{3kq}{a^2}$ , 方向竖直向上. 由于 M 点处合电场强度为 0, 则带电细杆在 M 处产生的电场强度大小  $E_3 = \frac{3kq}{a^2}$ , 方向竖直向下



在 B、C 两点的点电荷在 A 点产生的电场强度大小为  $E_4 = E_5 = \frac{kq}{a^2}$ , 且夹角为  $60^\circ$ ,  $E_4$  和  $E_5$  的合电场强度  $E_{\text{合}} = \frac{\sqrt{3}kq}{a^2}$ , 方向竖直向上

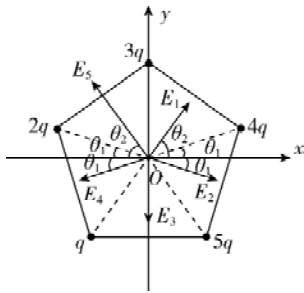
**【解析】** 由于 M 点与 A 点关于带电细杆对称, 故细杆在 A 处产生的电场强度大小  $E_6 = E_3 = \frac{3kq}{a^2}$ , 方向竖直向上, 故 A 点的电场强度大小  $E = E_{\text{合}} + E_6 = (\sqrt{3} + 3) \frac{kq}{a^2}$ , D 正确.

**8. A 【解析】** 由电场叠加知, N 点的负点电荷在  $P_1$  点产生的电场的电场强度沿圆弧切线方向分量大小为  $E_1 = k \frac{64Q}{(2R \sin \theta)^2} \cos \theta$ , M 点的负点电荷在  $P_1$  点产生的电场的电场强度沿圆弧切线方向分量大小为  $E_2 = k \frac{27Q}{(2R \cos \theta)^2} \sin \theta$ , 比较可知,  $E_1 > E_2$ , 故  $P_1$  点沿圆弧切线方向的电场强度斜向右上方; N 点的负点电荷在  $P_2$  点产生的电场的电场强度沿圆弧切线方向分量大小  $E'_1 = k \frac{64Q}{(2R \cos \theta)^2} \sin \theta$ , M 点的负点电荷在  $P_2$  点产生的电场的电场强度沿圆弧切线方向分量大小为  $E'_2 = k \frac{27Q}{(2R \sin \theta)^2} \cos \theta$ , 比较可知,  $E'_1 = E'_2$ , 故  $P_2$  点沿圆弧切线方向的电场强度为 0, 由于小圆环带负电, 可知小圆环从  $P_1$  点运动到  $P_2$  点的过程中, 静电力做正功, A 正确.



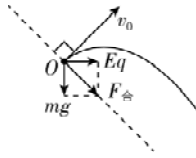
**9. AD 【解析】** 点电荷在 O 点产生的场强方向如图所示. 由几何关系可知  $\theta_1 = 18^\circ, \theta_2 = 54^\circ$ , 将 5 个场强沿 x、y 轴分解可得

$$E_x = E_1 \cos 54^\circ + E_2 \cos 18^\circ - E_4 \cos 18^\circ - E_5 \cos 54^\circ = -\frac{2kq}{R^2} (2 \cos 54^\circ + \cos 18^\circ), E_y = E_1 \sin 54^\circ + E_5 \sin 54^\circ - E_4 \sin 18^\circ - E_2 \sin 18^\circ - E_3 = \frac{6kq}{R^2} \left( \sin 54^\circ - \sin 18^\circ - \frac{1}{2} \right) = 0, \text{根据场强叠加原理可知 O 点电场强度方向沿 x 轴负方向, 大小为 } \frac{2kq}{R^2} (2 \cos 54^\circ + \cos 18^\circ), \text{A、D 正确.}$$



**10. C 【解析】** 在静电场中, 等差等势线的疏密程度反映电场强度的大小. 由题图可知, c 点等差等势线最密集, 故 c 点电场强度最大, C 正确.

**11. D 【解析】** 小球的初速度方向沿虚线, 则运动轨迹为直线, 故小球受到的合力方向沿虚线, 由于重力向下, 电场方向水平, 故合力方向只能沿虚线向下, 如图 10 所示, 故初速度垂直于虚线时, 小球做类平抛运动; 从 O 点出发运动到 O 点等高处的过程中, 合力做正功, 动能增大, 电场力与速度方向的夹角始终为锐角, 故电场力做正功, 电势能减小, D 正确.

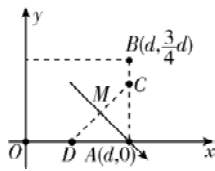


**12. D 【解析】** 真空中点电荷周围某点处的电势  $\varphi = k \frac{Q}{r}$ , 设坐标为  $x_0 (x_0 > 0)$  位置处的电势为 0, 则  $k \frac{4q}{1+x_0} + k \frac{-q}{x_0} = 0$ , 解得  $x_0 = \frac{1}{3}$ , 当  $0 < x < \frac{1}{3}$  时, 电势  $\varphi < 0$ , 当  $x > \frac{1}{3}$  时, 电势  $\varphi > 0$ , D 正确.

**13. D 【解析】** 由题图可知在 x 正半轴沿 +x 方向电势降低, 则 P 点电场强度方向沿 x 正方向, 故 A 错误;  $\varphi-x$  图像切线斜率表示电场强度, 由题图可知 M 点和 N 点的电场强度大小相等、方向相反, 故 B 错误; 电子在电势低处电势能大, 故电子在 P 点的电势能小于在 N 点的电势能, 根据能量守恒定律可知, 电子在 P 点的动能大于在 N 点的动能, 故 C 错误; 电子在电势低处电势能大, 故电子在 M 点的电势能大于在 P 点的电势能, 故 D 正确.

**14. AC 【解析】** M、N 在一条电场线上, 沿电场线方向电势降低, 故  $\varphi_M < \varphi_N$ , A 正确; 电场线疏密程度反映电场强度大小, 电场线密的地方电场强度大, 故  $E_N < E_P$ , B 错误; 污泥絮体带负电, 由 M 点到 N 点电势升高, 电场力做正功, C 正确; P 点电势等于 M 点电势, 则 N 点电势高于 P 点电势, 污泥絮体带负电, 则污泥絮体在 N 点的电势能比其在 P 点的小, D 错误.

- 15. AD** 【解析】根据  $\varphi = \frac{E_p}{q}$  可得  $O$ 、 $A$ 、 $B$  三点电势分别为  $\frac{E_p}{q}$ 、 $-\frac{E_p}{q}$ 、 $\frac{E_p}{2q}$ ，由于匀强电场中沿某方向电势会均匀改变，则  $O$ 、 $A$  中点  $D\left(\frac{d}{2}, 0\right)$  的电势  $\varphi_D = \frac{\varphi_O + \varphi_A}{2} = 0$ ，**A 正确**；同理可知， $AB$  上靠近  $B$  点的三等分点  $C\left(d, \frac{d}{2}\right)$  的电势为 0，故  $CD$  为等势线，如图所示，场强方向垂直于  $CD$ ，与  $x$  轴正方向夹角为  $45^\circ$ ，**B 错误**；设过  $A$  点的电场线与  $CD$  的交点为  $M$ ，则  $MA$  距离  $l_{MA} = \frac{\sqrt{2}d}{4}$ ，场强大小  $E = \frac{U_{MA}}{l_{MA}} = \frac{2\sqrt{2}E_p}{qd}$ ，**C 错误**，**D 正确**。



**一题多解** 设电场强度在平行于  $x$  轴方向的分量为  $E_x$ ，在平行于  $y$  轴方向的分量为  $E_y$ ，根据匀强电场电势差与场强的关系得  $E_x = \frac{U_{OA}}{l_{OA}} = \frac{2E_p}{qd}$ ， $E_y = \frac{U_{BA}}{l_{BA}} = \frac{2E_p}{qd}$ ，故电场强度  $E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} = \frac{2\sqrt{2}E_p}{qd}$ ，且方向与  $x$  轴正方向夹角为  $45^\circ$ ，**B**、**C** 错误，**D** 正确。

### 刷原创

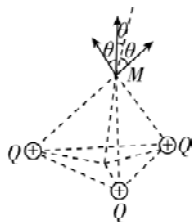
- 1. BC** 【解析】两个相同的带电小球接触后，电荷量平均分配，故两个与  $B$  相同的不带电小球依次与  $B$  接触后， $B$  球所带电荷量为  $-\frac{Q}{4}$ ，此时  $x$  轴上  $x_1 = 5$  cm 处场强为 0，则  $A$  和  $B$  两个小球在  $x_1 = 5$  cm 处产生电场的场强等大反向，则小球  $A$  在  $x_1 = 5$  cm 处左侧，又由于  $A$  球带的电荷量较大，故小球  $A$  离

**关键点：**此时  $A$  球的电荷量为  $Q$ ，

$B$  球的电荷量为  $-\frac{Q}{4}$

$x_1 = 5$  cm 处较远，则小球  $A$  位于  $x$  轴负半轴上，设小球  $A$  离原点距离为  $x_2$ ，则有  $\frac{kQ}{(x_1 + x_2)^2} = k \frac{\frac{Q}{4}}{x_1^2}$ ，解得  $x_2 = 5$  cm，即  $A$  的位置为  $x = -5$  cm，**A 错误**，**B 正确**；电场强度的方向从正电荷出发，指向负电荷或无穷远处， $A$  和  $B$  连线上 ( $AB$  之间)，场强方向向右，且离点电荷越近，场强越大，则  $AB$  连线上的场强先减小后增大，**C 正确**； $A$  球的电荷量大于  $B$  球的，且  $A$  球左侧的点到  $A$  的距离比到  $B$  的距离小，故  $A$  球在其左侧产生的场强大于  $B$  球产生的场强， $A$  球左侧不会存在场强为 0 的位置，不考虑无穷远处，在  $x$  轴上场强为 0 的位置只有一个，**D 错误**。

- 2. C** 【解析】由题意，在  $M$  点放一个试探电荷，试探电荷恰好静止，则  $M$  点电场强度为 0，即匀强电场的电场强度与三个点电荷在  $M$  点产生的合场强等大反向，如图所示。三个点电荷在  $M$  点产生的场强大小均为  $k \frac{Q}{a^2}$ ，方向由点电荷指向  $M$  点，与竖直方向夹角设为  $\theta$ ，由几何关系可知， $\cos \theta = \frac{\sqrt{6}}{3}$ ，水平方向合场强为 0，竖直方向的合场强大小为  $E_{\text{合}} = 3k \frac{Q}{a^2} \cos \theta = \frac{\sqrt{6}kQ}{a^2}$ ，方向竖直向上，故匀强电场的场强大小为  $\frac{\sqrt{6}kQ}{a^2}$ ，方向竖直向下，由于  $M$  点合场强为 0，则无论试探电荷带正电还是带负电，在  $M$  点受到的电场力均为 0，都可静止，**C 正确**。



## 第二章 静电场的应用

### 第一节 电容器与电容

#### 课时 1 电容器的电容

### 刷基础

- 1. B** 【解析】电容器可以储存电荷，电容器的电容是由其本身的性质决定的，与电荷量无关，**A 错误**；这个电容器的电容为  $C = 220 \mu\text{F}$ ，两端电压变化  $10$  V，它储存的电荷量的变化量  $\Delta Q = C\Delta U = 220 \times 10^{-6} \times 10 \text{ C} = 2.2 \times 10^{-3} \text{ C}$ ，**B 正确**；电容器的电容与加在它两端的电压无关，**C 错误**；加在这个电容器两端的电压低于  $500$  V 时它仍能工作，**D 错误**。

**关键点：**电容器的耐压值是指加在其上的电压最大值

- 2. ACD** 【解析】由公式  $E = \frac{1}{2}CU^2$  代入数据解得  $U = 5 \times 10^3$  V，故 **A 正确**；电容器的电容与所带电荷量无关，由其本身决定，故 **B 错误**；当除颤器的能量最大时，其电压也最大，由题意可

知，除颤器的最大能量为  $400$  J，由公式  $E = \frac{1}{2}CU^2$ ，解得  $U_{\text{max}} \approx 7 \times 10^3$  V，故 **C 正确**；由前面的分析可知，此次治疗，电容器的电压为  $5 \times 10^3$  V，由公式  $C = \frac{Q}{U}$ ，解得电容器极板上带的电荷量  $Q = 0.08$  C，由电流的定义有  $\bar{I} = \frac{Q}{t} = 40$  A，故 **D 正确**。

- 3. D** 【解析】手指挤压锁表面的过程中，指纹与小极板的间距减小，根据  $C = \frac{\epsilon_r S}{4\pi kd}$  可知，电容变大，**A 错误**；电压不变，根据  $Q = CU$  可知，电容器所带电荷量变大，处于充电状态，**B 错误**，**D 正确**；根据  $E = \frac{U}{d}$ ，因  $U$  不变， $d$  变小，可知内部场强变大，**C 错误**。

- 4. D** 【解析】开关  $S$  闭合，两板间的电势差不变，所以将  $A$  板