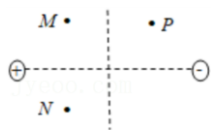


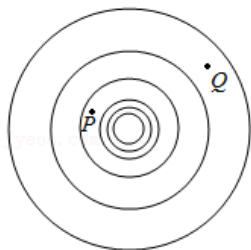
高考物理真题汇编系列--静电场--章节检测卷

一. 选择题（共 14 小题）

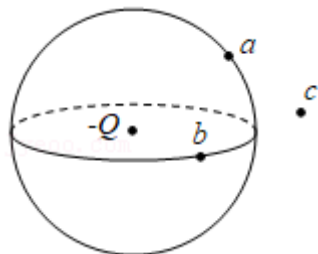
1. 如图所示的平面内，有静止的等量异号点电荷，M、N 两点关于两电荷连线对称，M、P 两点关于两电荷连线的中垂线对称。下列说法正确的是（ ）



- A. M 点的场强比 P 点的场强大
 B. M 点的电势比 N 点的电势高
 C. N 点的场强与 P 点的场强相同
 D. 电子在 M 点的电势能比在 P 点的电势能大
2. 真空中某点电荷的等势面示意如图，图中相邻等势面间电势差相等。下列说法正确的是（ ）

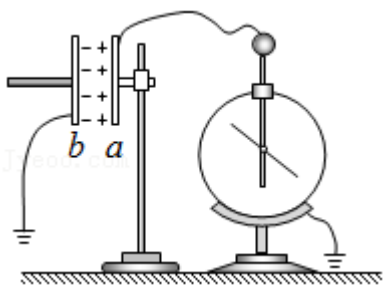


- A. 该点电荷一定为正电荷
 B. P 点的场强一定比 Q 点的场强大
 C. P 点电势一定比 Q 点电势低
 D. 正检验电荷在 P 点比在 Q 点的电势能大
3. 如图所示，a、b 两点位于以负点电荷 $-Q$ ($Q>0$) 为球心的球面上，c 点在球面外，则（ ）

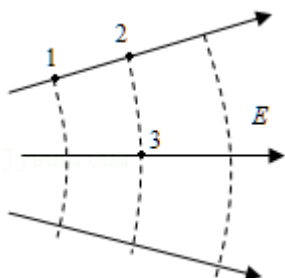


- A. a 点场强的大小比 b 点大
 B. b 点场强的大小比 c 点小
 C. a 点电势比 b 点高
 D. b 点电势比 c 点低

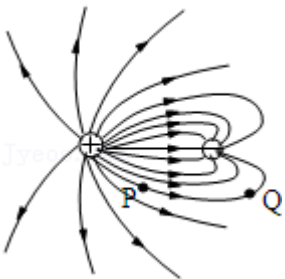
4. 研究与平行板电容器电容有关因素的实验装置如图所示。下列说法正确的是 ()



- A. 实验前, 只用带电玻璃棒与电容器 a 板接触, 能使电容器带电
 - B. 实验中, 只将电容器 b 板向上平移, 静电计指针的张角变小
 - C. 实验中, 只在极板间插入有机玻璃板, 静电计指针的张角变大
 - D. 实验中, 只增加极板带电量, 静电计指针的张角变大, 表明电容增大
5. 如图所示, 实线表示某静电场的电场线, 虚线表示该电场的等势面。下列判断正确的是 ()

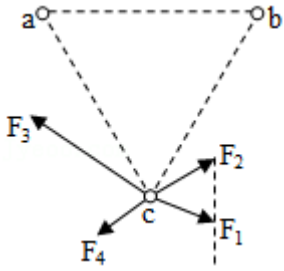


- A. 1、2 两点的场强相等
 - B. 1、3 两点的场强相等
 - C. 1、2 两点的电势相等
 - D. 2、3 两点的电势相等
6. 某原子电离后其核外只有一个电子, 若该电子在核的静电力作用下绕核做匀速圆周运动, 那么电子运动 ()
- A. 半径越大, 加速度越大
 - B. 半径越小, 周期越大
 - C. 半径越大, 角速度越小
 - D. 半径越小, 线速度越小
7. 某静电场的电场线分布如图所示, 图中 P、Q 两点的电场强度的大小分别为 E_P 和 E_Q , 电势分别为 U_P 和 U_Q , 则 ()

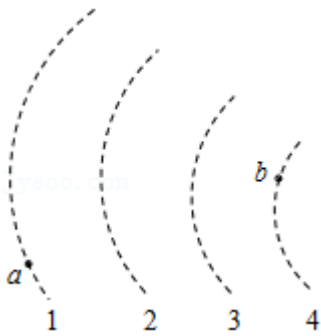


- A. $E_P > E_Q, U_P > U_Q$
- B. $E_P > E_Q, U_P < U_Q$
- C. $E_P < E_Q, U_P > U_Q$
- D. $E_P < E_Q, U_P < U_Q$

11. 如图所示，三个完全相同的金属小球 a、b、c 位于等边三角形的三个顶点上。a 和 c 带正电，b 带负电，a 所带电量的大小比 b 的小。已知 c 受到 a 和 b 的静电力的合力可用图中四条有向线段中的一条来表示，它应是（ ）

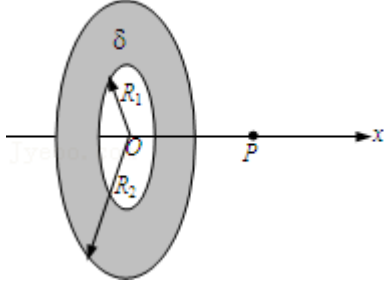


- A. F_1 B. F_2 C. F_3 D. F_4
12. 如图中虚线所示为静电场的等势面 1、2、3、4，相邻的等势面之间的电势差相等，其中等势面 3 的电势为 0。一带正电的点电荷在静电力的作用下运动，经过 a、b 点的动能分别为 26eV 和 5eV。当这一点电荷运动到某一位置，其电势能变为 -8eV 时，它的动能应为（ ）



- A. 8eV B. 13eV C. 20eV D. 34eV
13. 静电现象在生活中既有害，也有利。静电吸附是带电粒子受到静电场的作用，向着电极运动，最后被吸附在电极上的现象。下列选项中不属于静电吸附在生产技术中应用的是（ ）
- A. 静电屏蔽 B. 静电除尘 C. 静电喷漆 D. 静电复印

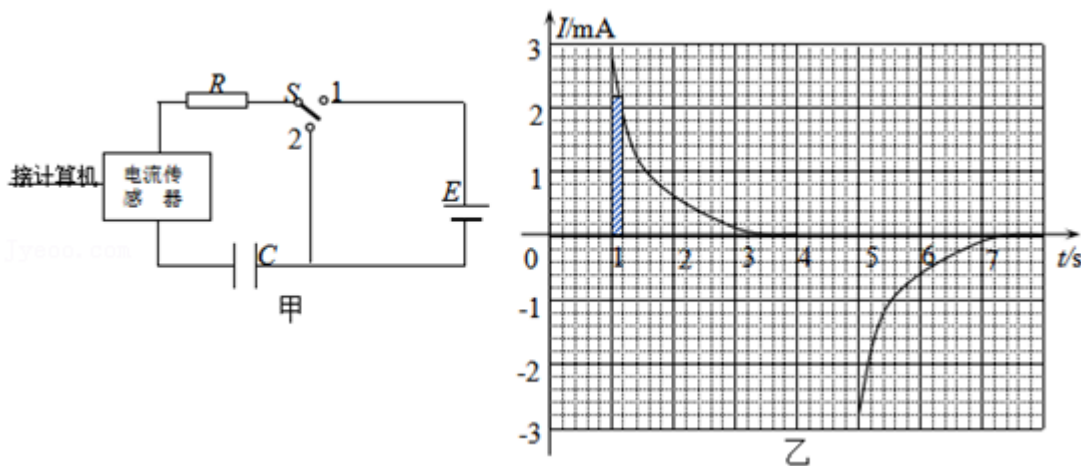
14. 图示为一个内、外半径分别为 R_1 和 R_2 的圆环状均匀带电平面，其单位面积带电量为 σ 。取环面中心 O 为原点，以垂直于环面的轴线为 x 轴。设轴上任意点 P 到 O 点的距离为 x ， P 点电场强度的大小为 E 。下面给出 E 的四个表达式（式中 k 为静电力常量），其中只有一个合理的。你可能不会求解此处的场强 E ，但是你可以通过一定的物理分析，对下列表达式的合理性做出判断。根据你的判断， E 的合理表达式应为（ ）



- A. $E = 2\pi k\sigma \left(\frac{R_1}{\sqrt{x^2 + R_1^2}} - \frac{R_2}{\sqrt{x^2 + R_2^2}} \right) x$
- B. $E = 2\pi k\sigma \left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + R_1^2}} - \frac{1}{\sqrt{x^2 + R_2^2}} \right) x$
- C. $E = 2\pi k\sigma \left(\frac{R_1}{\sqrt{x^2 + R_1^2}} + \frac{R_2}{\sqrt{x^2 + R_2^2}} \right) x$
- D. $E = 2\pi k\sigma \left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + R_1^2}} + \frac{1}{\sqrt{x^2 + R_2^2}} \right) x$

二. 实验题 (共 2 小题)

15. 电流传感器可以像电流表一样测量电流。不同的是它的反应非常快，可以捕捉到瞬间的电流变化。此外，由于它与计算机相连，还能显示出电流随时间变化的 $I-t$ 图象。如图甲所示连接电路。直流电源电动势 $8V$ ，内阻可忽略，电容器可选几十微法的电解电容器。先使开关 S 与 1 端相连，电源向电容器充电，这个过程可在短时间内完成。然后把开关 S 掷向 2 端，电容器通过电阻 R 放电，传感器将电流信息传入计算机，屏幕上显示出电流随时间变化的 $I-t$ 图象，一位同学得到的 $I-t$ 图象如图乙所示。

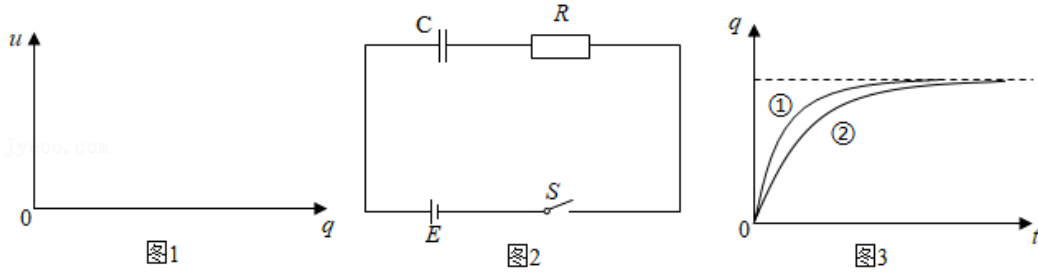


(1) 在图乙 $I-t$ 图中用阴影标记了一个竖立的狭长矩形 (在图的 $1s$ 附近)，这个阴影面积的物理意义是_____。

(2) 根据 $I-t$ 图象可估算电容器在全部放电过程中释放的电荷量为_____。

(3) 如果不改变电路其他参数，只增大电阻 R ，充电时 $I-t$ 曲线与横轴所围成的面积将 (填“增大、不变、变小”)；充电时间将_____ (填“变长、不变、变短”)。

16. 电容器作为储能器件，在生产生活中有广泛的应用。对给定电容值为 C 的电容器充电，无论采用何种充电方式，其两极间的电势差 u 随电荷量 q 的变化图象都相同。



(1) 请在图 1 中画出上述 $u - q$ 图象。类比直线运动中由 $v - t$ 图象求位移的方法，求两极间电压为 U 时电容器所储存的电能 E_p 。

(2) 在如图 2 所示的充电电路中， R 表示电阻， E 表示电源（忽略内阻）。通过改变电路中元件的参数对同一电容器进行两次充电，对应的 $q - t$ 曲线如图 3 中①②所示。

- a. ①②两条曲线不同是 _____（选填 E 或 R ）的改变造成的；
- b. 电容器有时需要快速充电，有时需要均匀充电。依据 a 中的结论，说明实现这两种充电方式的途径。

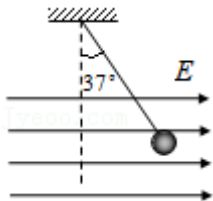
(3) 设想使用理想的“恒流源”替换（2）中电源对电容器充电，可实现电容器电荷量随时间均匀增加。请思考使用“恒流源”和（2）中电源对电容器的充电过程，填写下表（选填“增大”、“减小”或“不变”）。

	“恒流源”	(2) 中电源
电源两端电压	_____	_____
通过电源的电流	_____	_____

三. 计算题 (共 4 小题)

17. 如图所示, 长 $l=1\text{m}$ 的轻质细绳上端固定, 下端连接一个可视为质点的带电小球, 小球静止在水平向右的匀强电场中, 绳与竖直方向的夹角 $\theta=37^\circ$. 已知小球所带电荷量 $q=1.0\times 10^{-6}\text{C}$, 匀强电场的场强 $E=3.0\times 10^3\text{N/C}$, 取重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$, $\sin 37^\circ=0.6$, $\cos 37^\circ=0.8$. 求:

- (1) 小球所受电场力 F 的大小。
- (2) 小球的质量 m 。
- (3) 将电场撤去, 小球回到最低点时速度 v 的大小。



18. 真空中存在空间范围足够大的、水平向右的匀强电场。在电场中，若将一个质量为 m 、带正电的小球由静止释放，运动中小球速度与竖直方向夹角为 37° （取 $\sin 37^\circ = 0.6$ ， $\cos 37^\circ = 0.8$ ）。现将该小球从电场中某点以初速度 v_0 竖直向上抛出。求运动过程中
- (1) 小球受到的电场力的大小及方向
 - (2) 小球从抛出点至最高点的电势能变化量
 - (3) 小球的最小动量的大小及方向。

19. 如图 1 所示，真空中相距 $d=5\text{cm}$ 的两块平行金属板 A、B 与电源连接（图中未画出），其中 B 板接地（电势为零），A 板电势变化的规律如图 2 所示。将一个质量 $m=2.0\times 10^{-27}\text{kg}$ ，电量 $q=+1.6\times 10^{-19}\text{C}$ 的带电粒子从紧临 B 板处释放，不计重力。求

- (1) 在 $t=0$ 时刻释放该带电粒子，释放瞬间粒子加速度的大小；
- (2) 若 A 板电势变化周期 $T=1.0\times 10^{-5}\text{s}$ ，在 $t=0$ 时将带电粒子从紧临 B 板处无初速释放，粒子达到 A 板时动量的大小；
- (3) A 板电势变化频率多大时，在 $t=\frac{T}{4}$ 到 $t=\frac{T}{2}$ 时间内从紧临 B 板处无初速释放该带电粒子，粒子不能到达 A 板。

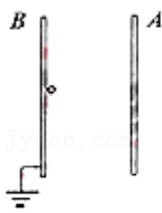


图 1

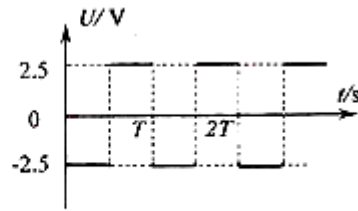


图 2

20. (1) 静电场可以用电场线和等势面形象描述。

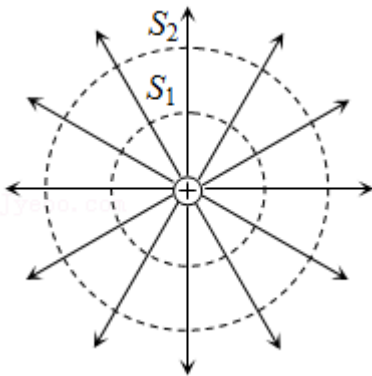
a. 请根据电场强度的定义和库仑定律推导出点电荷 Q 的场强表达式；

b. 点电荷的电场线和等势面分布如图所示，等势面 S_1 、 S_2 到点电荷的距离分别为 r_1 、 r_2 。我们知道，电场线的疏密反映了空间区域电场强度的大小。请计算 S_1 、 S_2 上单位面积通过的电场线条数之比 $\frac{N_1}{N_2}$ 。

(2) 观测宇宙中辐射电磁波的天体，距离越远单位面积接收的电磁波功率越小，观测越困难。为了收集足够强的来自天体的电磁波，增大望远镜口径是提高天文观测能力的一条重要途径。2016年9月25日，世界上最大的单口径球面射电望远镜 FAST 在我国贵州落成启用，被誉为“中国天眼”。FAST 直径为 500 m，有效提高了人类观测宇宙的精度和范围。

a. 设直径为 100 m 的望远镜能够接收到的来自某天体的电磁波功率为 P_1 ，计算 FAST 能够接收到的来自该天体的电磁波功率 P_2 ；

b. 在宇宙大尺度上，天体的空间分布是均匀的。仅以辐射功率为 P 的同类天体为观测对象，设直径为 100 m 望远镜能够观测到的此类天体数目是 N_0 ，计算 FAST 能够观测到的此类天体数目 N 。

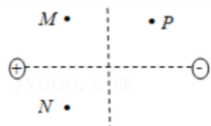


高考物理真题汇编系列--静电场--章节检测卷

参考答案与试题解析

一. 选择题（共 14 小题）

1. 如图所示的平面内，有静止的等量异号点电荷，M、N 两点关于两电荷连线对称，M、P 两点关于两电荷连线的中垂线对称。下列说法正确的是（ ）



- A. M 点的场强比 P 点的场强大
- B. M 点的电势比 N 点的电势高
- C. N 点的场强与 P 点的场强相同
- D. 电子在 M 点的电势能比在 P 点的电势能大

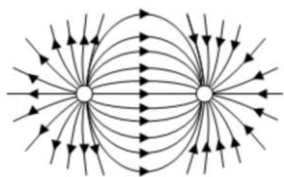
【解答】解：A：如图所示 M 点和 P 点电场线的疏密程度相同，M 和 P 点电场强度大小相同，故 A 错误；

B：M 点和 N 点到正负电荷的距离都相同，它们位于同一个等势面上，电势相同，故 B 错误；

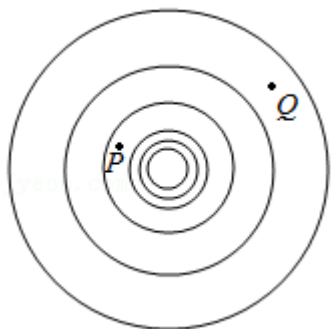
C：如上图所示 MNP 三点电场线疏密程度，场强大小相同，其中 N 点和 P 点的方向相同，故 C 正确；

D：沿电场线方向电势逐渐减小，M 点电势大于 P 点电势，电子带负电，负电荷在电势越低的地方电势能越大，故电子在 P 点电势能大于 M 点电势能；故 D 错误；

故选：C。



2. 真空中某点电荷的等势面示意如图，图中相邻等势面间电势差相等。下列说法正确的是（ ）



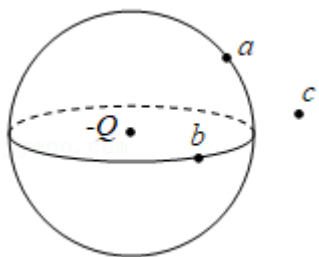
- A. 该点电荷一定为正电荷
- B. P 点的场强一定比 Q 点的场强大
- C. P 点电势一定比 Q 点电势低
- D. 正检验电荷在 P 点比在 Q 点的电势能大

【解答】解：ACD、由于题中 P、Q 两点的电势的大小关系不确定，所以无法确定电场线的方向，则没有办法确定点电荷的电性，正检验电荷在 P、Q 两点的电势能的大小也无法确定，故 ACD 错误；

B、根据等势面的疏密程度可知，P 点的电场强度大于 Q 点的电场强度，故 B 正确。

故选：B。

3. 如图所示，a、b 两点位于以负点电荷 $-Q$ ($Q>0$) 为球心的球面上，c 点在球面外，则 ()



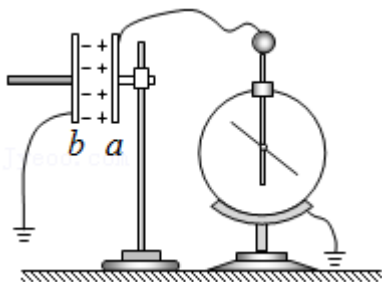
- A. a 点场强的大小比 b 点大
- B. b 点场强的大小比 c 点小
- C. a 点电势比 b 点高
- D. b 点电势比 c 点低

【解答】解：AB、根据点电荷电场强度的计算公式 $E = \frac{kQ}{r^2}$ 可知，a 点场强的大小和 b 点电场强度大小相等，b 点场强的大小比 c 点大，故 AB 错误；

CD、a、b 在以负点电荷为球心的同一球面上，即在同一等势面上，故 a 点电势和 b 点电势相等，根据沿电场线方向电势降低可得 b 点电势比 c 点低，故 C 错误、D 正确。

故选：D。

4. 研究与平行板电容器电容有关因素的实验装置如图所示。下列说法正确的是 ()



- A. 实验前，只用带电玻璃棒与电容器 a 板接触，能使电容器带电
- B. 实验中，只将电容器 b 板向上平移，静电计指针的张角变小
- C. 实验中，只在极板间插入有机玻璃板，静电计指针的张角变大
- D. 实验中，只增加极板带电量，静电计指针的张角变大，表明电容增大

【解答】解：A、由电容器带电量是某一极板的电量，再结合静电感应原理，可知，只用带电玻璃棒与电容器 a 板接触，即能使电容器带电，故 A 正确；

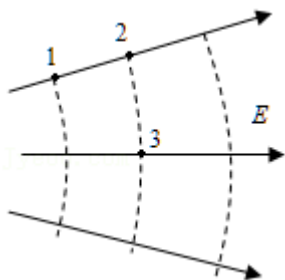
B、将 b 板向上平移，正对面积减小，根据 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi k d}$ ，电容减小，根据 $U = \frac{Q}{C}$ ，Q 不变，则电势差增大，张角变大，故 B 错误。

C、在极板之间插入有机玻璃板，根据 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi k d}$ ，电容增大，根据 $U = \frac{Q}{C}$ ，Q 不变，则电势差减小，张角变小，故 C 错误。

D、在实验中，只增加极板带电量，根据 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi k d}$ ，电容 C 不变，根据 $U = \frac{Q}{C}$ ，则电势差增大，张角变大，故 D 错误。

故选：A。

5. 如图所示，实线表示某静电场的电场线，虚线表示该电场的等势面。下列判断正确的是 ()



- A. 1、2 两点的场强相等
B. 1、3 两点的场强相等
C. 1、2 两点的电势相等
D. 2、3 两点的电势相等

【解答】解：A、电场线的疏密表示电场的强弱，由图可得，1 与 2 比较，1 处的电场线密，所以 1 处的电场强度大。故 A 错误；

B、电场线的疏密表示电场的强弱，由图可得，1 与 3 比较，1 处的电场线密，所以 1 处的电场强度大。故 B 错误；

C、顺着电场线，电势降低，所以 1 点的电势高于 2 点处的电势。故 C 错误；

D、由题目可得，2 与 3 处于同一条等势线上，所以 2 与 3 两点的电势相等。故 D 正确。

故选：D。

6. 某原子电离后其核外只有一个电子，若该电子在核的静电力作用下绕核做匀速圆周运动，那么电子运动 ()

- A. 半径越大，加速度越大
B. 半径越小，周期越大
C. 半径越大，角速度越小
D. 半径越小，线速度越小

【解答】解：根据原子核对电子的库仑力提供向心力，由牛顿第二定律得

$$\frac{kQe}{r^2} = ma = m \frac{4\pi^2 r}{T^2} = m\omega^2 r = \frac{mv^2}{r},$$

$$\text{可得 } a = \frac{kQe}{mr^2}$$

$$T = \sqrt{\frac{m4\pi^2 r^3}{kQe}}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{kQe}{mr^3}}$$

$$v = \sqrt{\frac{kQe}{mr}}$$

A、半径越大，加速度越小，故 A 错误；

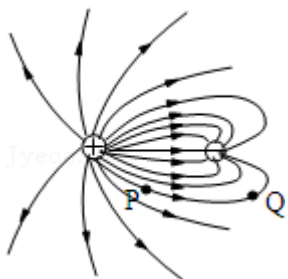
B、半径越小，周期越小，故 B 错误；

C、半径越大，角速度越小，故 C 正确；

D、半径越小，线速度越大，故 D 错误。

故选：C。

7. 某静电场的电场线分布如图所示，图中 P、Q 两点的电场强度的大小分别为 E_P 和 E_Q ，电势分别为 U_P 和 U_Q ，则（ ）



A. $E_P > E_Q$, $U_P > U_Q$

B. $E_P > E_Q$, $U_P < U_Q$

C. $E_P < E_Q$, $U_P > U_Q$

D. $E_P < E_Q$, $U_P < U_Q$

【解答】解：电场线越密代表场强越强，从图可以看出 P 点的电场线的密集程度大于 Q 点的密集程度，故 P 点的场强大于 Q 点的场强，所以 $E_P > E_Q$ ，

又由于沿电场线方向电势逐渐降低，由图可知电场线的方向由 P 指向 Q，所以 P 点的电势高于 Q 点的电势，即 $U_P > U_Q$ ，故 A 正确。

故选：A。

8. 在真空中的光滑水平绝缘面上有一带电小滑块。开始时滑块静止。若在滑块所在空间加一水平匀强电场 E_1 ，持续一段时间后立刻换成与 E_1 相反方向的匀强电场 E_2 。当电场 E_2 与电场 E_1 持续时间相同时，滑块恰好回到初始位置，且具有动能 E_k 。在上述过程中， E_1 对滑块的电场力做功为 W_1 ，冲量大小为 I_1 ； E_2 对滑块的电场力做功为 W_2 ，冲量大小为 I_2 。则（ ）

A. $I_1 = I_2$

B. $4I_1 = I_2$

C. $W_1 = 0.25E_k$, $W_2 = 0.75E_k$

D. $W_1 = 0.20E_k$, $W_2 = 0.80E_k$

【解答】解：设第一过程末速度为 v_1 ，第二过程末速度大小为 v_2 。根据上面的分析知两

过程的平均速度大小相等。

根据匀变速直线运动规律有 $\frac{v_1}{2} = \frac{v_2 - v_1}{2}$ ，所以有 $v_2 = 2v_1$ 。

根据动能定理有： $W_1 = \frac{1}{2}mv_1^2$ ，

$W_2 = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$ ，

而 $E_k = \frac{1}{2}mv_2^2$

所以 $W_1 = 0.25E_k$ ， $W_2 = 0.75E_k$

又因为位移大小相等，所以两个过程中电场力的大小之比为 1:3，

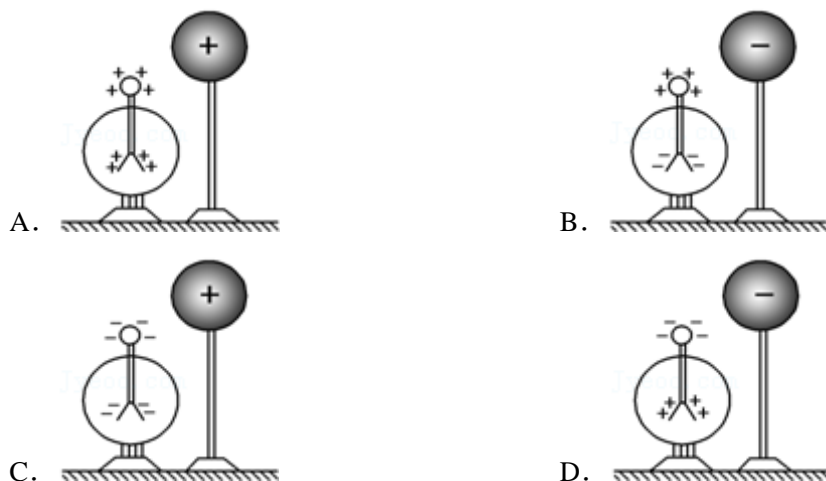
根据冲量定义得： $I_1 = F_1t$ ， $I_2 = F_2t$

所以 $I_2 = 3I_1$

故 A、B、D 错误，C 正确。

故选：C。

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

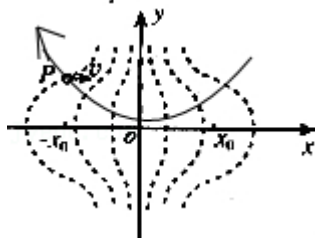
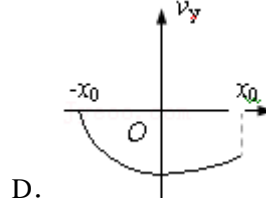
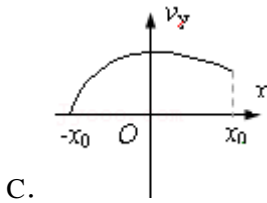
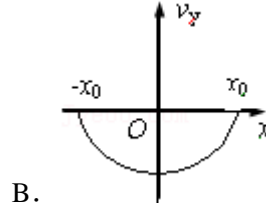
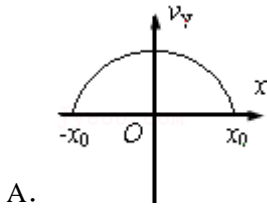
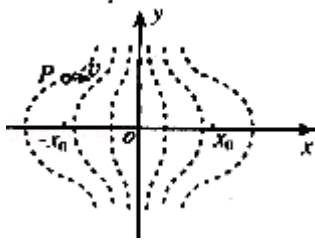


【解答】解：由于同种电荷相互排斥，异种电荷相互吸引；故验电器的上端应带上与小球异号的电荷，而验电器的箔片上将带上与小球同号的电荷；

故只有 B 符合条件。

故选：B。

10. 静电透镜是利用静电场使电子束会聚或发散的一种装置，其中某部分静电场的分布如右图所示。虚线表示这个静电场在 xOy 平面内的一簇等势线，等势线形状相对于 Ox 轴、 Oy 轴对称。等势线的电势沿 x 轴正向增加。且相邻两等势线的电势差相等。一个电子经过 P 点（其横坐标为 $-x_0$ ）时，速度与 Ox 轴平行。适当控制实验条件，使该电子通过电场区域时仅在 Ox 轴上方运动。在通过电场区域过程中，该电子沿 y 方向的分速度 v_y 随位置坐标 x 变化的示意图是 ()



【解答】

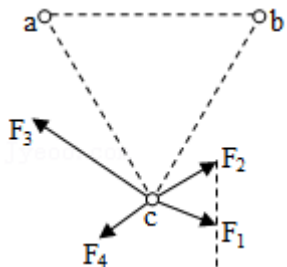
解：由于等势线的电势沿 x 轴正向增加，等势线与电场线垂直，故可做出经过 P 点的电场线如图所示，电子所受的电场力与场强方向相反，故电子受到一个斜向右下方的电场力，故沿 y 负方向加速运动。

电子通过 y 轴后受到的电场力斜向右上方，故沿 y 轴负方向减速运动；由于水平方向一直加速，竖直方向先加速后减速， P 点行驶到横坐标为 x_0 时，纵坐标达不到 P 最初位置的纵坐标， x_0 处电场线比 P 点电场线处稀疏， a_y 小， Δt 也小，所以 Δv_y 才小；

又由于在 x 轴方向始终加速，故在水平方向通过相同的位移时间变短，根据 $\Delta v_y = a_y \Delta t$ ，故通过相同的水平位移竖直向速度变化量减小。由于 $v_y - x$ 的斜率代表竖直向速度 v_y 随 x 轴变化的快慢，又由于电子水平方向一直加速，竖直方向先加速后减速， P 点的横坐标为 x_0 时，纵坐标达不到 P 最初位置的纵坐标， x_0 处电场线比 P 点电场线处稀疏， a_y 小， Δt 也小，所以 Δv_y 才小， D 图符合电子的运动情况。故 D 正确。

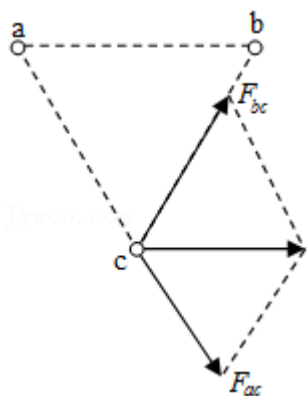
故选：D。

11. 如图所示，三个完全相同的金属小球 a 、 b 、 c 位于等边三角形的三个顶点上。 a 和 c 带正电， b 带负电， a 所带电量的大小比 b 的小。已知 c 受到 a 和 b 的静电力的合力可用图中四条有向线段中的一条来表示，它应是 ()



- A. F_1 B. F_2 C. F_3 D. F_4

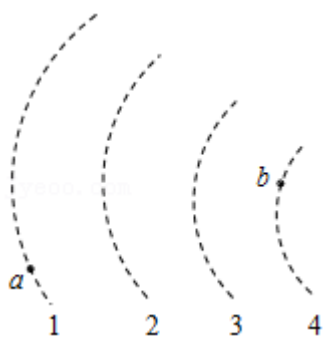
【解答】解：对 c 球受力分析，如图



由于 b 球的带电量比 a 球的大，故 b 球对 c 球的静电引力较大，根据平行四边形定则，合力的方向如图；

故选：B。

12. 如图中虚线所示为静电场的等势面 1、2、3、4，相邻的等势面之间的电势差相等，其中等势面 3 的电势为 0。一带正电的点电荷在静电力的作用下运动，经过 a、b 点的动能分别为 26eV 和 5eV。当这一点电荷运动到某一位置，其电势能变为 -8eV 时，它的动能应为 ()



- A. 8eV B. 13eV C. 20eV D. 34eV

【解答】解：在只有电场力做功的条件下动能和电势能的总和保持不变，故有 $E_{ka} + E_{pa} = E_{kb} + E_{pb} \dots \textcircled{1}$

所以 $26\text{eV} + E_{pa} = 5\text{eV} + E_{pb}$

$E_{pb} - E_{pa} = 26\text{eV} - 5\text{eV} = 21\text{eV} \dots \textcircled{2}$

根据 $E_P = q\varphi$ 可知 $\varphi_b > \varphi_a$,

由于相邻等势面之间的电势差相同，

等势面 3 的电势为 0，设等势面 4 的电势为 φ ，则等势面 a 的电势 -2φ ，

代入②式得 $q\varphi - (-2q\varphi) = 3q\varphi = 21eV$

$q\varphi = 7eV$

正电荷的能量故有 $E_k + (-8eV) = 5eV + 7eV$

$E_k = 5eV + 7eV + 8eV = 20eV$

故 C 正确，

故选：C。

13. 静电现象在生活中既有害，也有利。静电吸附是带电粒子受到静电场的作用，向着电极运动，最后被吸附在电极上的现象。下列选项中不属于静电吸附在生产技术中应用的是 ()

- A. 静电屏蔽 B. 静电除尘 C. 静电喷漆 D. 静电复印

【解答】解：A、静电屏蔽使金属导体壳内的仪器或工作环境不受外部电场影响，也不对外部电场产生影响，不属于静电吸附，故 A 符合题意；

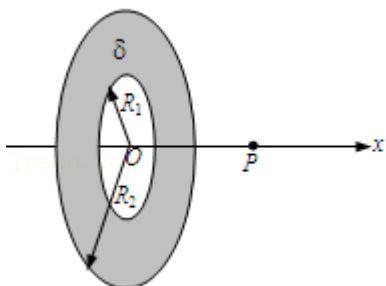
B、静电除尘时除尘器中的空气被电离，烟雾颗粒吸附电子而带负电，颗粒向电源正极运动，属于静电吸附在生产技术中应用；故 B 不符合题意；

C、静电喷漆是利用高压静电电场使带负电的漆料微粒沿着电场相反的方向定向运动，并将漆料微粒吸附在工件表面的一种喷涂方法，属于静电吸附在生产技术中应用，故 C 不符合题意；

D、静电复印是利用静电将墨吸附在纸张上的，属于静电吸附在生产技术中应用，故 D 不符合题意。

故选：A。

14. 图示为一个内、外半径分别为 R_1 和 R_2 的圆环状均匀带电平面，其单位面积带电量为 σ 。取环面中心 O 为原点，以垂直于环面的轴线为 x 轴。设轴上任意点 P 到 O 点的距离为 x，P 点电场强度的大小为 E。下面给出 E 的四个表达式（式中 k 为静电力常量），其中只有一个是合理的。你可能不会求解此处的场强 E，但是你可以通过一定的物理分析，对下列表达式的合理性做出判断。根据你的判断，E 的合理表达式应为 ()



A. $E = 2\pi k\sigma \left(\frac{R_1}{\sqrt{x^2 + R_1^2}} - \frac{R_2}{\sqrt{x^2 + R_2^2}} \right) x$

$$B. E = 2\pi k\sigma \left(\frac{1}{\sqrt{x^2+R_1^2}} - \frac{1}{\sqrt{x^2+R_2^2}} \right) x$$

$$C. E = 2\pi k\sigma \left(\frac{R_1}{\sqrt{x^2+R_1^2}} + \frac{R_2}{\sqrt{x^2+R_2^2}} \right) x$$

$$D. E = 2\pi k\sigma \left(\frac{1}{\sqrt{x^2+R_1^2}} + \frac{1}{\sqrt{x^2+R_2^2}} \right) x$$

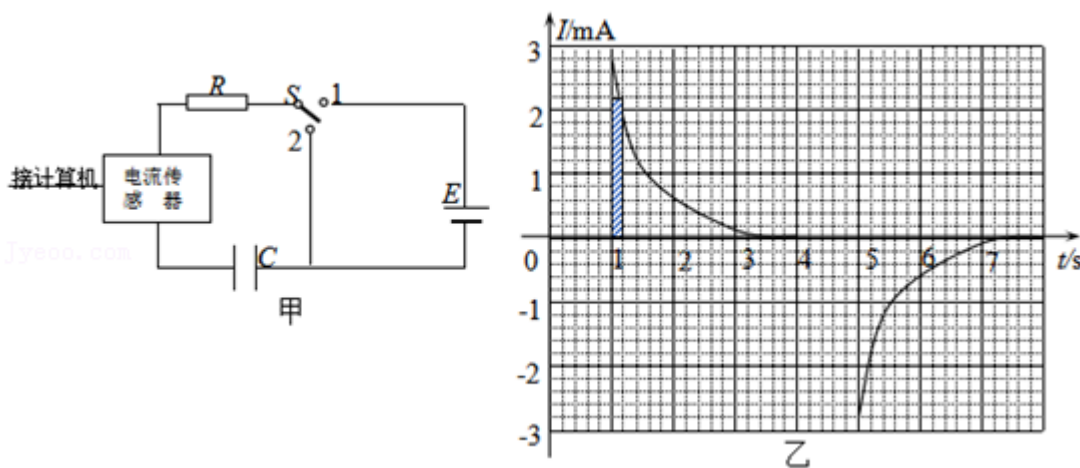
【解答】解：场强的单位为 N/C，k 为静电力常量，单位为 Nm^2/C^2 ， σ 为单位面积的带电量，单位为 C/m^2 ，则 $2\pi k\sigma$ 表达式的单位即为 N/C，故各表达式中其它部分应无单位，故可知 AC 肯定错误；

当 $x=0$ 时，此时要求的场强为 O 点的场强，由对称性可知 $E_O=0$ ，当 $x \rightarrow \infty$ 时 $E \rightarrow 0$ ，而 D 项中 $E \rightarrow 4\pi k\sigma$ 故 D 项错误；所以正确选项只能为 B；

故选：B。

二. 实验题（共 2 小题）

15. 电流传感器可以像电流表一样测量电流。不同的是它的反应非常快，可以捕捉到瞬间的电流变化。此外，由于它与计算机相连，还能显示出电流随时间变化的 $I-t$ 图象。如图甲所示连接电路。直流电源电动势 8V，内阻可忽略，电容器可选几十微法的电解电容器。先使开关 S 与 1 端相连，电源向电容器充电，这个过程可在短时间内完成。然后把开关 S 掷向 2 端，电容器通过电阻 R 放电，传感器将电流信息传入计算机，屏幕上显示出电流随时间变化的 $I-t$ 图象，一位同学得到的 $I-t$ 图象如图乙所示。



(1) 在图乙 $I-t$ 图中用阴影标记了一个竖立的狭长矩形（在图的 1s 附近），这个阴影面积的物理意义是 通电 0.2 秒充入电容（流过电阻 R）的电荷量。

(2) 根据 $I-t$ 图象可估算电容器在全部放电过程中释放的电荷量为 $(1.4 \sim 1.8) \times 10^{-3} \text{C}$ 。

(3) 如果不改变电路其他参数，只增大电阻 R，充电时 $I-t$ 曲线与横轴所围成的面积将 不变（填“增大、不变、变小”）；充电时间将 变长（填“变长、不变、变短”）。

【解答】解：(1) 将横坐标 t 分成许多很小的时间间隔 Δt ，在这些很小的时间间隔里，放电电流 I 可以视为不变，则 $I\Delta t$ 为这段时间内的电量。

在图乙 I - t 图中用阴影标记了一个竖立的狭长矩形，这个阴影面积的物理意义是通电 0.2 秒充入电容（流过电阻 R）的电荷量。

(2) 电容器所带的电荷量在数值上等于图象与坐标轴所包围的面积。

确定每个小方格所对应的电荷量值，纵坐标的每个小格为 0.2mA，横坐标的每个小格为 0.2s，则每个小格所代表的电荷量数值为 $q=0.2 \times 10^{-3} \times 0.2=4 \times 10^{-5} \text{C}$ 。

曲线下包含的小正方形的个数为 40 个（格数为 38 - 42 都正确）。

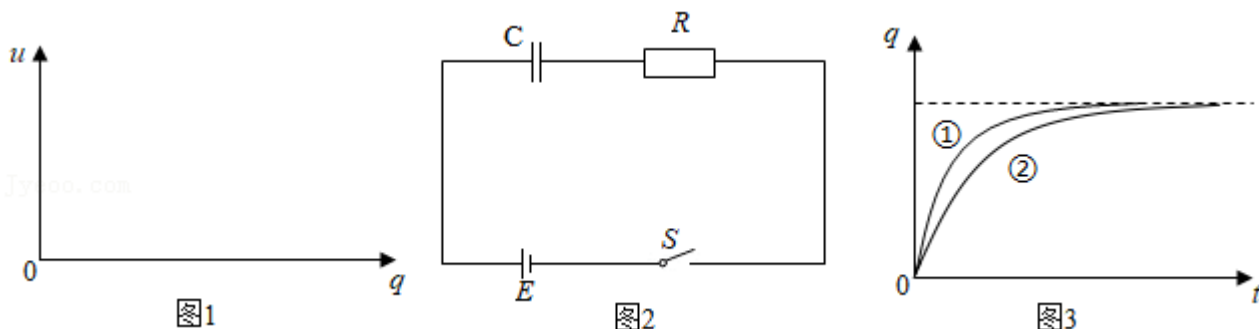
由曲线下方的方格数与 q 的乘积即得电容器所带的电荷量 $Q=40 \times 4 \times 10^{-5} \text{C}=1.6 \times 10^{-3} \text{C}$ 。

(3) 由电容器的计算公式，可得电荷量 $Q=CU$ ，电容器储存的电荷量 Q 与电阻 R 无关，如果不改变电路其他参数，只增大电阻 R，充电时 I - t 曲线与横轴所围成的面积将不变。由于电阻对电流的阻碍作用，充电时间将变长。

故答案为：(1) 通电 0.2 秒充入电容（流过电阻 R）的电荷量；(2) $(1.4 \sim 1.8) \times 10^{-3} \text{C}$ ；

(3) ①不变； ②变长。

16. 电容器作为储能器件，在生产生活中有广泛的应用。对给定电容值为 C 的电容器充电，无论采用何种充电方式，其两极间的电势差 u 随电荷量 q 的变化图象都相同。



(1) 请在图 1 中画出上述 u - q 图象。类比直线运动中由 v - t 图象求位移的方法，求两极间电压为 U 时电容器所储存的电能 E_p 。

(2) 在如图 2 所示的充电电路中，R 表示电阻，E 表示电源（忽略内阻）。通过改变电路中元件的参数对同一电容器进行两次充电，对应的 q - t 曲线如图 3 中①②所示。

a. ①②两条曲线不同是 R （选填 E 或 R）的改变造成的；

b. 电容器有时需要快速充电，有时需要均匀充电。依据 a 中的结论，说明实现这两种充电方式的途径。

(3) 设想使用理想的“恒流源”替换（2）中电源对电容器充电，可实现电容器电荷量随时间均匀增加。请思考使用“恒流源”和（2）中电源对电容器的充电过程，填写下表（选填“增大”、“减小”或“不变”）。

	“恒流源”	(2) 中电源
--	-------	---------

电源两端电压	<u>增大</u>	<u>不变</u>
通过电源的电流	<u>不变</u>	<u>减小</u>

【解答】解：(1) 根据电容的定义 $Q=UC$ 可知， $U=\frac{q}{C}$ ，故电压 U 与电量为正比例关系，故图象如图所示；

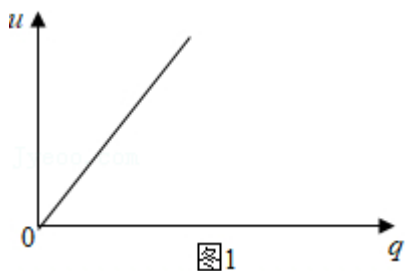
根据图象的性质可知，图象与 q 轴所围成的面积表示电能，故有： $E_p=\frac{1}{2}qU=\frac{1}{2}CU^2$ ；

(2) a、电源电阻不计，当电容器充满电后，电容器两端电压等于电源电动势。由图可知，充电时间不同，而最大电量相等，故说明图象不同的原因是电阻 R 的改变造成的；

b、由图象可知，当 R 越小，充电时间越短； R 越大，电荷量随时间变化趋向均匀，故需要快速充电时， R 越小越好；而需要均匀充电时， R 越大越好；

(3) 由于电容充电后两板间的电势差增大，因此需要恒流源的电压增大才能保证电量随时间均匀增加；而(2)中电源电动势不变，而内阻忽略不计，故两端电压不变；所以使用恒流源时，电流不变，而使用(2)中电源时电流减小。

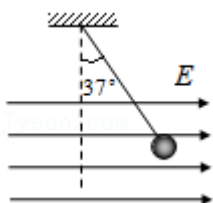
故答案为：(1) 如图所示； $\frac{1}{2}CU^2$ ；(2) a、 R ；b、快速充电时， R 越小越好；而需要均匀充电时， R 越大越好；(3) 增大；不变；不变；减小。



三. 计算题 (共 4 小题)

17. 如图所示，长 $l=1\text{m}$ 的轻质细绳上端固定，下端连接一个可视为质点的带电小球，小球静止在水平向右的匀强电场中，绳与竖直方向的夹角 $\theta=37^\circ$ 。已知小球所带电荷量 $q=1.0\times 10^{-6}\text{C}$ ，匀强电场的场强 $E=3.0\times 10^3\text{N/C}$ ，取重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$ ， $\sin 37^\circ=0.6$ ， $\cos 37^\circ=0.8$ 。求：

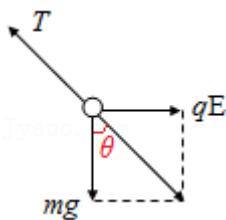
- (1) 小球所受电场力 F 的大小。
- (2) 小球的质量 m 。
- (3) 将电场撤去，小球回到最低点时速度 v 的大小。



【解答】解：(1) 根据电场力的计算公式可得电场力 $F=qE=1.0\times 10^{-6}\times 3.0\times 10^3\text{N}=3.0$

$\times 10^{-3} \text{ N}$;

(2) 小球受力情况如图所示:



根据几何关系可得 $mg = \frac{qE}{\tan\theta}$,

所以 $m = \frac{qE}{g \tan\theta} = \frac{3 \times 10^{-3}}{10 \times \tan 37^\circ} \text{ kg} = 4 \times 10^{-4} \text{ kg}$;

(3) 电场撤去后小球运动过程中机械能守恒, 则 $mgl(1 - \cos 37^\circ) = \frac{1}{2}mv^2$,

解得: $v = 2 \text{ m/s}$ 。

答: (1) 小球所受电场力 F 的大小为 $3.0 \times 10^{-3} \text{ N}$ 。

(2) 小球的质量为 $4 \times 10^{-4} \text{ kg}$ 。

(3) 将电场撤去, 小球回到最低点时速度 v 的大小为 2 m/s 。

18. 真空中存在空间范围足够大的、水平向右的匀强电场。在电场中, 若将一个质量为 m 、带正电的小球由静止释放, 运动中小球速度与竖直方向夹角为 37° (取 $\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$)。现将该小球从电场中某点以初速度 v_0 竖直向上抛出。求运动过程中

(1) 小球受到的电场力的大小及方向

(2) 小球从抛出点至最高点的电势能变化量

(3) 小球的最小动量的大小及方向。

【解答】解: (1) 根据题设条件可知, 合外力和竖直方向夹角为 37° , 所以电场力大小为:

$$F_e = mg \tan 37^\circ = \frac{3}{4}mg, \text{ 电场力的方向水平向右。}$$

故电场力为 $\frac{3}{4}mg$, 方向水平向右。

(2) 小球沿竖直方向做匀减速运动, 有: $v_y = v_0 - gt$

沿水平方向做初速度为 0 的匀加速运动, 加速度为 a : $a_x = \frac{F_e}{m} = \frac{3}{4}g$

小球上升到最高点的时间 $t = \frac{v_0}{g}$, 此过程小球沿电场方向位移: $s_x = \frac{1}{2}a_x t^2 = \frac{3v_0^2}{8g}$

电场力做功 $W = F_x s_x = \frac{9}{32}mv_0^2$

故小球上升到最高点的过程中, 电势能减少 $\frac{9}{32}mv_0^2$

(3) 水平速度: $v_x = a_x t$

竖直速度: $v_y = v_0 - gt$

$$\text{小球的速度 } v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

$$\text{由以上各式得出: } \frac{25}{16}g^2t^2 - 2v_0gt + (v_0^2 - v^2) = 0$$

$$\text{解得当 } t = \frac{16v_0}{25g} \text{ 时, } v \text{ 有最小值 } v_{\min} = \frac{3}{5}v_0$$

$$\text{此时 } v_x = \frac{12}{25}v_0, v_y = \frac{9}{25}v_0, \tan\theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{3}{4}, \text{ 即与电场方向夹角为 } 37^\circ \text{ 斜向上}$$

$$\text{故小球动量的最小值为 } p_{\min} = mv_{\min} = \frac{3}{5}mv_0, \text{ 方向为: 与电场方向夹角为 } 37^\circ, \text{ 斜向上.}$$

19. 如图 1 所示, 真空中相距 $d=5\text{cm}$ 的两块平行金属板 A、B 与电源连接 (图中未画出), 其中 B 板接地 (电势为零), A 板电势变化的规律如图 2 所示. 将一个质量 $m=2.0 \times 10^{-27}\text{kg}$, 电量 $q=+1.6 \times 10^{-19}\text{C}$ 的带电粒子从紧临 B 板处释放, 不计重力. 求

(1) 在 $t=0$ 时刻释放该带电粒子, 释放瞬间粒子加速度的大小;

(2) 若 A 板电势变化周期 $T=1.0 \times 10^{-5}\text{s}$, 在 $t=0$ 时将带电粒子从紧临 B 板处无初速释放, 粒子达到 A 板时动量的大小;

(3) A 板电势变化频率多大时, 在 $t=\frac{T}{4}$ 到 $t=\frac{T}{2}$ 时间内从紧临 B 板处无初速释放该带电粒子, 粒子不能到达 A 板.

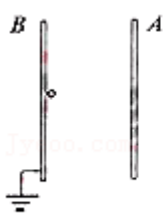


图 1

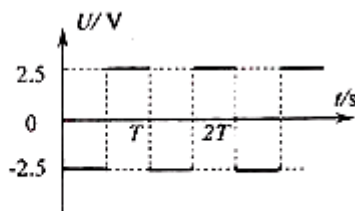


图 2

【解答】解: (1) 电场强度 $E = \frac{U}{d}$, 带电粒子所受电场力 $F = qE = \frac{Uq}{d}$, $F = ma$

$$a = \frac{Uq}{dm} = 4.0 \times 10^9 \text{m/s}^2$$

释放瞬间粒子的加速度为 $4.0 \times 10^9 \text{m/s}^2$;

$$(2) \text{ 粒子在 } 0 \sim \frac{T}{2} \text{ 时间内走过的距离为 } \frac{1}{2}a\left(\frac{T}{2}\right)^2 = 5.0 \times 10^{-2} \text{m}$$

故带电粒子在 $t = \frac{T}{2}$ 时, 恰好到达 A 板, 根据动量定理, 此时粒子动量 $p = Ft = 4.0 \times 10^{-23} \text{kg} \cdot \text{m/s}$

粒子到达 A 板时的动量为 $4.0 \times 10^{-23} \text{kg} \cdot \text{m/s}$

(3) 带电粒子在 $t = \frac{T}{4} \sim t = \frac{T}{2}$ 向 A 板做匀加速运动, 在 $t = \frac{T}{2} \sim t = \frac{3T}{4}$ 向 A 板做匀减速运动,

速度减为零后将返回. 粒子向 A 板运动可能的最大位移 $s = 2 \times \frac{1}{2}a\left(\frac{T}{4}\right)^2 = \frac{1}{16}aT^2$

要求粒子不能到达 A 板, 有 $s < d$, 由 $f = \frac{1}{T}$, 电势变化频率应满足 $f > \sqrt{\frac{a}{16d}} = 5\sqrt{2} \times 10^4 \text{Hz}$

电势变化的频率应满足 $f > 5\sqrt{2} \times 10^4 \text{Hz}$.

20. (1) 静电场可以用电场线和等势面形象描述。

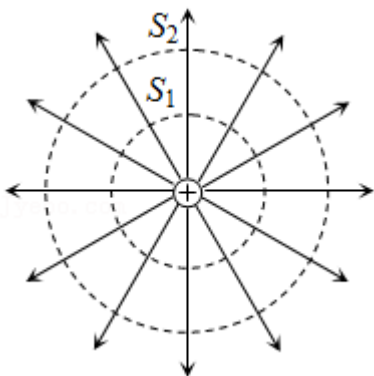
a. 请根据电场强度的定义和库仑定律推导出点电荷 Q 的场强表达式；

b. 点电荷的电场线和等势面分布如图所示，等势面 S_1 、 S_2 到点电荷的距离分别为 r_1 、 r_2 。我们知道，电场线的疏密反映了空间区域电场强度的大小。请计算 S_1 、 S_2 上单位面积通过的电场线条数之比 $\frac{N_1}{N_2}$ 。

(2) 观测宇宙中辐射电磁波的天体，距离越远单位面积接收的电磁波功率越小，观测越困难。为了收集足够强的来自天体的电磁波，增大望远镜口径是提高天文观测能力的一条重要途径。2016年9月25日，世界上最大的单口径球面射电望远镜 FAST 在我国贵州落成启用，被誉为“中国天眼”。FAST 直径为 500 m，有效提高了人类观测宇宙的精度和范围。

a. 设直径为 100 m 的望远镜能够接收到的来自某天体的电磁波功率为 P_1 ，计算 FAST 能够接收到的来自该天体的电磁波功率 P_2 ；

b. 在宇宙大尺度上，天体的空间分布是均匀的。仅以辐射功率为 P 的同类天体为观测对象，设直径为 100 m 望远镜能够观测到的此类天体数目是 N_0 ，计算 FAST 能够观测到的此类天体数目 N 。



【解答】解：(1) a. 设试探电荷 q 距点电荷 Q 的距离为 r ，由库仑定律可得：试探电荷 q 受到的库仑力 $F = \frac{kQq}{r^2}$ ，那么，根据场强定义可得：场强 $E = \frac{F}{q} = \frac{kQ}{r^2}$ ；

b. 电场线疏密程度反映了空间区域电场强度的大小，故 $\frac{N_1}{N_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$ ；

(2) a. 直径为 D 的望远镜能接受到射电信号的有效面积（即垂直射电信号的方向的投影面积） $S = \frac{1}{4}\pi D^2$ ；

那么，根据来自某天体的电磁波的信号均匀分布可得：功率和有效面积成正比，故有：

$$\frac{P_1}{S_1} = \frac{P_2}{S_2}, \text{ 所以, } \frac{P_2}{P_1} = \frac{S_2}{S_1} = \frac{D_2^2}{D_1^2} = \frac{500^2}{100^2} = 25, \text{ 即 } P_2 = 25P_1;$$

b. 天体空间分布均匀，设望远镜能观测到的最远距离为 L ，望远镜半径为 d ，望远镜能观测到此类天体的电磁波总功率最小值为 P_0 ，

则有： $P_0 = \frac{1}{4}\pi D^2 \cdot \frac{P}{4\pi L^2} = \frac{PD^2}{16L^2}$ ，那么，能够观测到的此类天体数目 $n = \frac{4}{3}\pi L^3$ ；

根据望远镜能观测到此类天体的电磁波总功率最小值 P_0 相等可得： $\frac{L_{500}}{L_{100}} = \frac{D_{500}}{D_{100}} =$

$\frac{500}{100} = 5$ ， $\frac{N}{N_0} = \frac{L_{500}^3}{L_{100}^3} = 125$ ，所以， $N = 125N_0$ ；

答：（1）b. S_1 、 S_2 上单位面积通过的电场线条数之比 $\frac{N_1}{N_2}$ 为 $\frac{r_2^2}{r_1^2}$ ；

（2）a. FAST 能够接收到的来自该天体的电磁波功 P_2 为 $25P_1$ ；

b. FAST 能够观测到的此类天体数目 N 为 $125N_0$ 。