

2024 北京十一学校高二 10 月月考

物 理



2024.10

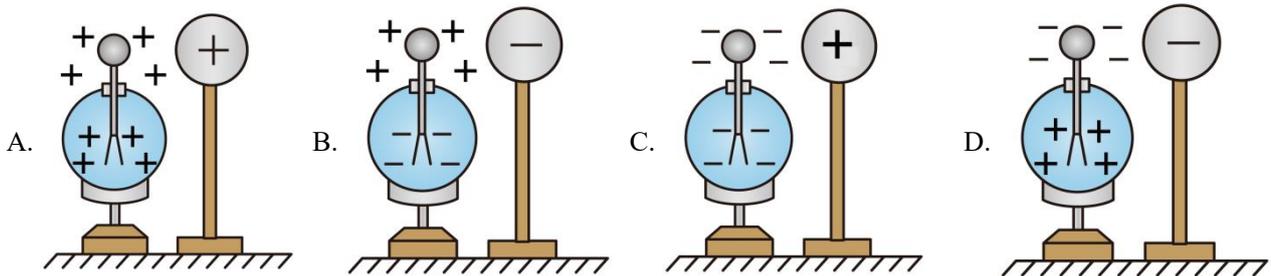
第一部分

本部分共 14 题，每题 3 分，共 42 分。在每题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

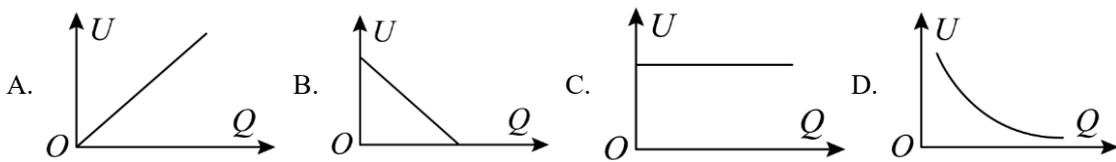
1. 下列物理量是矢量的是 ()

- A. 电势 B. 电势差 C. 电场强度 D. 电势能

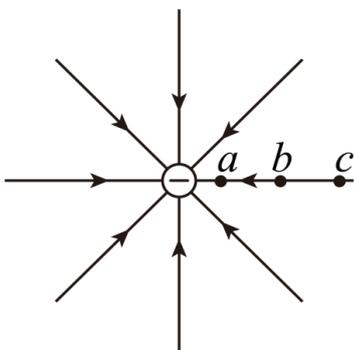
2. 使用带电的金属球靠近不带电的验电器，验电器的箔片张开。下列各图表示验电器上感应电荷的分布情况，正确的是 ()



3. 某一电容器在正常的充电过程中，两个极板间的电压 U 随电容器所带电荷量 Q 的变化而变化。下图中能够正确反映 U 和 Q 关系的图像是 ()



4. 图为描述某静电场的电场线， a 、 b 、 c 是同一条电场线上的三个点， $ab = bc$ ，其电场强度大小分别为 E_a 、 E_b 、 E_c ，电势分别为 φ_a 、 φ_b 、 φ_c 。下列说法正确的是 ()



- A. $E_a > E_b > E_c$ B. $E_a < E_b < E_c$ C. $\varphi_a > \varphi_b > \varphi_c$ D. $U_{ab} = U_{bc}$

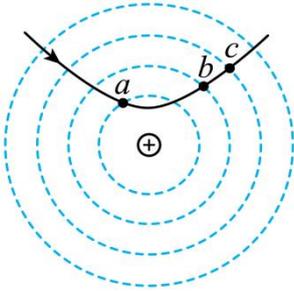
5. 如图所示，在绝缘的光滑水平面上，相隔一定距离有两个带同号电荷的小球，从静止同时释放，则两个小球的加速度和速度大小随时间变化的情况是 ()





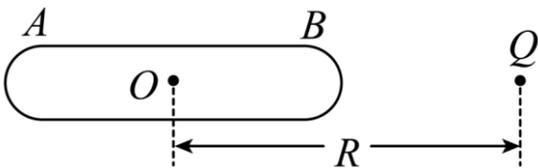
- A. 速度变大，加速度变大
- B. 速度变小，加速度变小
- C. 速度变大，加速度变小
- D. 速度变小，加速度变大

6. 图中虚线为一组间距相等的同心圆，圆心处固定一带正电的点电荷。一带电粒子以一定初速度射入电场，实线为粒子仅在电场力作用下的运动轨迹， a 、 b 、 c 三点是实线与虚线的交点，下列说法正确的是 ()



- A. a 点场强大于 b 点场强
- B. 该粒子带负电荷
- C. 该粒子在 b 点的电势能小于在 c 点的电势能
- D. 该粒子由 a 点到 b 点的动能变化小于由 b 点到 c 点的动能变化

7. 如图所示，一个枕形导体 AB 原来不带电，将它放在一个负点电荷的电场中，点电荷的电荷量为 Q ，与 AB 中心 O 点的距离为 R 。由于静电感应，在导体 A 、 B 两端分别出现感应电荷。当达到静电平衡时，说法正确的是 ()

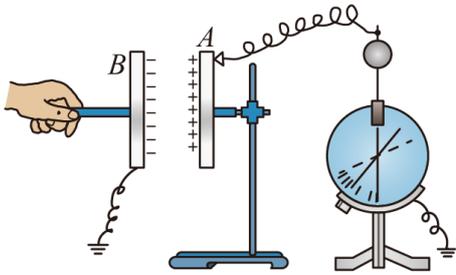


- A. 导体 A 端电势低于 B 端电势
- B. 将一个正电荷从 B 点沿着枕形导体表面移动到 A 点，正电荷受到的静电力做负功
- C. 导体中心 O 点的场强为 $E = \frac{kQ}{R^2}$ ，方向水平向右
- D. 枕形导体两端的感应电荷在 O 点产生感应电场强度 $E = \frac{kQ}{R^2}$ ，方向水平向左

8. 一横截面积为 S 的铜导线，流过电流为 I ，设单位体积的导线中有 n 个自由电子，电子的电量为 q ，此时电子的定向移动速度为 v ，则在 Δt 时间内，通过电线的横截面积的自由电子数为 ()

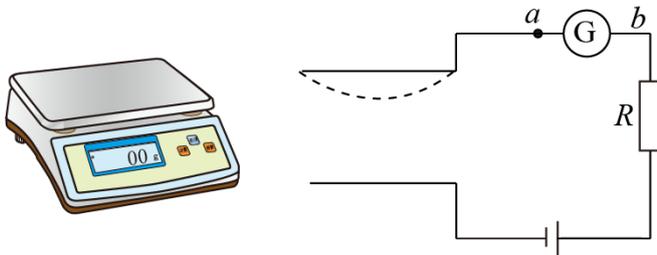
- A. $nvS\Delta t$
- B. $I\Delta t$
- C. $nv\Delta t$
- D. $\frac{I\Delta t}{qS}$

9. 如图所示的实验装置中，平行板电容器的极板 A 与一灵敏的静电计相接，极板 B 接地，若极板 B 稍向上移动一点，由观察到的静电计指针变化作出平行板电容器电容变小的结论的依据是 ()



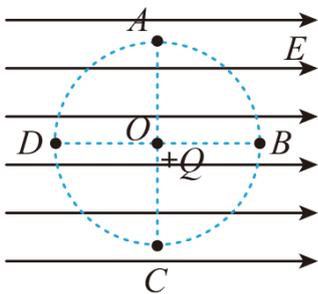
- A. 两极板间的电压不变，极板上的电量变大
- B. 两极板间的电压不变，极板上的电量变小
- C. 极板上的电量几乎不变，两极板间的电压变小
- D. 极板上的电量几乎不变，两极板间的电压变大

10. 随着生活水平的提高，电子秤已经成为日常生活中不可或缺的一部分，电子秤的种类也有很多，如图所示是用平行板电容器制成的厨房用电子秤及其电路简图。称重时，把物体放到电子秤面板上，压力作用会导致平行板上层膜片电极下移。则（ ）



- A. 电容器的电容增大，带电荷量减小
- B. 电容器的电容减小，带电荷量增大
- C. 稳定后电流表仍有示数，两极板电势差增大
- D. 稳定后电流表示数为零，两极板电势差不变

11. 如图所示，在水平向右、大小为 E 的匀强电场中，在 O 点固定一电荷量为 Q 的正电荷， A 、 B 、 C 、 D 为以 O 为圆心、半径为 r 的同一圆周上的四点， B 、 D 连线与电场线平行， A 、 C 连线与电场线垂直。则（ ）



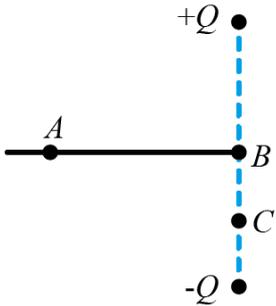
- A. A 点的电场强度大小为 $\sqrt{E^2 + k^2 \frac{Q^2}{r^4}}$
- B. B 点的电场强度大小为 $E - k^2 \frac{Q^2}{r^4}$



C. D 点的电场强度大小不可能为 0

D. A 、 C 两点的电场强度相同

12. 如图所示，将带负电的试探电荷沿着等量异种点电荷连线的中垂线从 A 点移动到 B 点，再沿连线从 B 点移动到 C 点。在此过程中，有关试探电荷的说法正确的是 ()



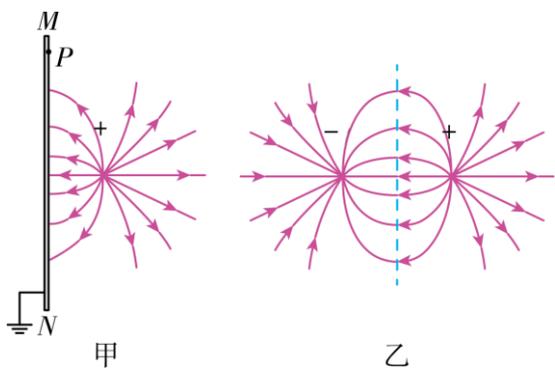
- A. 从 A 点到 B 点，电场力对电荷做正功
- B. 从 A 点到 B 点再到 C 点，电场力先变大再变小
- C. 从 A 点到 B 点再到 C 点，电势一直在减小
- D. 从 B 点到 C 点，电荷的电势能增加

13. 如图所示为某手机电池的铭牌信息，显示：“额定容量：3000mA·h、11.4W·h；额定电压：3.8V；充电限制电压：4.35V”。电池充满电后手机可通话 5h 或待机 100h，则根据所给信息，下列说法正确的是 ()



- A. 手机容量 “3000mA·h” 和 “11.4W·h” 都指电量
- B. 手机通话时的功率为 10W
- C. 手机待机时的电流为 0.3A
- D. 以 2A 电流给该电池充电，充满电最多需要 1.5h

14. 如图所示，图甲中 MN 为足够大的不带电薄金属板，在金属板的右侧，距离为 d 的位置上放入一个电荷量为 $+q$ 的点电荷 O ，由于静电感应产生了如图甲所示的电场分布。 P 是金属板上的一点， P 点与点电荷 O 之间的距离为 r ，几位同学想求出 P 点的电场强度大小，但发现问题很难。几位同学经过仔细研究，从图乙所示的电场得到了一些启示，经过查阅资料他们知道：图甲所示的电场分布与图乙中虚线右侧的电场分布是一样的。图乙中两异种点电荷电荷量的大小均为 q ，它们之间的距离为 $2d$ ，虚线是两点电荷连线的中垂线。由此他们分别对 P 点的电场强度方向和大小做出以下判断，其中正确的是 ()

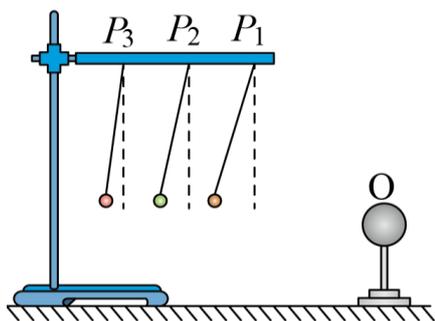


- 甲 乙
- A. 方向沿 P 点和点电荷的连线向左, 大小为 $\frac{2kqd}{r^3}$
- B. 方向沿 P 点和点电荷的连线向左, 大小为 $\frac{2kq\sqrt{r^2-d^2}}{r^3}$
- C. 方向垂直于金属板向左, 大小为 $\frac{2kqd}{r^3}$
- D. 方向垂直于金属板向左, 大小为 $\frac{2kq\sqrt{r^2-d^2}}{r^3}$

第二部分

本部分共 6 题, 共 58 分。

15. 为了研究影响电荷间相互作用力的因素。如图所示, O 是一个带电的物体, 若把系在丝线上的带电小球先后挂在横杆上的 P_1 、 P_2 、 P_3 等位置, 可以比较小球在不同位置所受带电物体的作用力的大小, 这个力的大小可以通过丝线偏离竖直方向的角度 θ 显示出来。若物体 O 的电荷量用 Q 表示, 小球的电荷量用 q 表示, 物体与小球间距离用 d 表示, 物体和小球之间的作用力大小用 F 表示, 当保持 Q 、 q 不变, 增大 d , 发现则 θ 变小, 说明 F 与 d _____ (填: “正比”、“反比”、“有关”或“无关”); 当保持 Q 、 d 不变, 减小 q , 发现则 θ 变小, 说明 F 与 q _____ (填: “正比”、“反比”、“有关”或“无关”)。此实验探究中应用的科学方法是 _____ (选填“等效替代法”“控制变量法”或“演绎法”)。



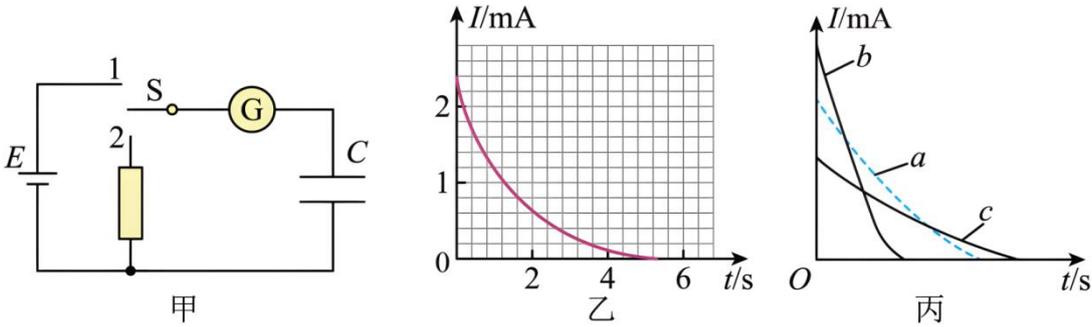
16. 如图甲所示是观察电容器的充、放电现象的实验装置。电源输出电压恒为 $8V$ 。S 是单刀双掷开关, G 为灵敏电流计, C 为平行板电容器。

- (1) 当开关 S 接 _____ 时 (选填 “1” 或 “2”), 平行板电容器充电。电容器放电, 流经 G 表的电流方向与充电时 _____ (选填 “相同” 或 “相反”)
- (2) 将 G 表换成电流传感器, 电容器充电完毕后再放电, 其放电电流随时间变化图像如图乙所示, 已知

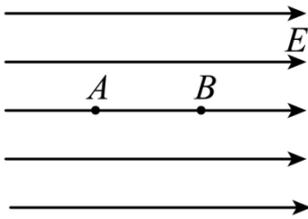


如图所围的面积约为 49 个方格，可算出电容器的电容为_____。

(3) 在电容器放电实验中，接不同的电阻放电，图丙中放电电流的 $I-t$ 图线的 a 、 b 、 c 、三条曲线中对应电阻最大的一条是_____ (选填“ a ”、“ b ”或“ c ”)。



17. 如图所示，在匀强电场中， A 、 B 为同一条电场线上的两点。已知电场的电场强度大小 $E = 1.0 \times 10^4 \text{ V/m}$ ， A 、 B 两点之间的距离 $d = 0.20 \text{ m}$ 。

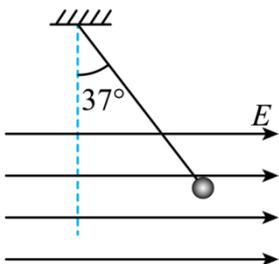


(1) 求 A 、 B 两点之间的电势差 U_{AB} ；

(2) 将电荷量 $q = +1.0 \times 10^{-8} \text{ C}$ 的试探电荷沿电场线由 A 点移至 B 点，求在此过程中静电力对试探电荷所做的功 W 。

(3) 场是物理学中的重要概念，除了电场和磁场，还有重力场。地球附近的物体就处在地球产生的重力场中，仿照电势的定义，你认为应该怎样定义地球表面附近 h 处的重力势 (取地球表面为零势面，认为地球表面附近重力加速度 g 不变)。

18. 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的绝对值 $q = 1.0 \times 10^{-5} \text{ C}$ ，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) 小球所带的电性

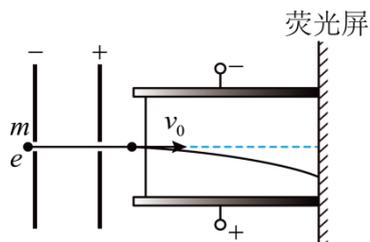
(2) 小球所受电场力 F 的大小。

(3) 小球的质量 m 。

(4) 将电场撤去，小球回到最低点时速度 v 的大小。

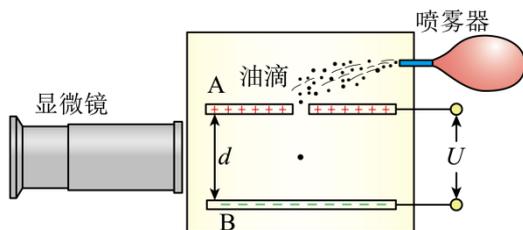


19. 一个初速度为零的电子在经 U_1 的电压加速后，垂直平行板间的匀强电场从距两极板等距处射入。如图所示若两板间距为 d ，板长为 L ，两板间的偏转电压为 U_2 ；当有带电粒子撞击荧光屏时会产生亮点。已知电子的带电量为 e ，质量为 m ，不计重力，求：



- (1) 电子经加速电压 U_1 加速后以多大的速度 v_0 进入偏转电场；
- (2) 电子射出偏转电场时速度偏转角 θ 的正切值 $\tan \theta$ ；
- (3) 若有电子、质子、 α 粒子（由两个质子和两个中子组成）三种粒子经此装置出射（图示左侧 U_1 极板的方向会调整以保证其能加速通过第一组极板，第二组极板的方向固定不变），最终在右侧的荧光屏上我们会看到几个点？（荧光屏紧贴偏转极板）请计算出 y 偏转量以说明。

20. 密立根油滴实验装置如图所示：两块间距为 d 的平行金属板 A、B 分别与电源正、负极相接。当两极板间不加电压时，带电油滴最后以速度 v_1 匀速竖直下落；当两极板间加上电压 U 时，该带电油滴最后以速度 v_2 匀速竖直上升。已知油滴所受阻力大小与速度大小成正比，即 $f = kv$ ，其中比例系数 k 已知，取重力加速度为 g 。求：



- (1) 判断该带电油滴所带电性；
- (2) 两块平行金属板之间的场强；
- (3) 油滴的质量；
- (4) 求该油滴所带电荷量 q 。



参考答案

第一部分

本部分共 14 题，每题 3 分，共 42 分。在每题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

1. 【答案】C

【详解】电势、电势能和电压是只有大小没有方向的标量，故 ABD 错误；电场强度是既有大小又有方向的矢量，故 C 正确。故选 C。

2. 【答案】B

【详解】AC. 当金属球带正电时，靠近带电金属球的验电器的金属球带异种电荷（负电荷），而验电器的金属箔片带同种电荷（正电荷），故 AC 错误；

BD. 当金属球带负电时，靠近带电金属球的验电器的金属球带异种电荷（正电荷），而验电器的金属箔片带同种电荷（负电荷），故 B 正确，D 错误。

故选 B。

3. 【答案】A

【详解】根据

$$C = \frac{Q}{U}$$

可得

$$U = \frac{Q}{C}$$

由于电容器不变，因此电压 U 和电量 Q 成正比，故 A 正确，BCD 错误。

故选 A。

4. 【答案】A

【详解】AB. 根据电场线的疏密程度可得

$$E_a > E_b > E_c$$

故 A 正确，B 错误；

C. 根据沿电场线方向电势降低可得

$$\varphi_a < \varphi_b < \varphi_c$$

故 C 错误；

D. 根据

$$U = Ed$$

由于 $ab = bc$ ，且 ab 段的平均场强大于 bc 段的平均场强，则有

$$U_{ab} > U_{bc}$$

故 D 错误。

故选 A。



5. 【答案】C

【详解】由于同种电荷间存在相互作用的排斥力，两球将相互远离，距离增大，根据库仑定律得知，相互作用力减小。由牛顿第二定律得知它们的加速度变小，随着两球间距离增大，电场力做正功，电势能减少，总动能增加。所以速度增加，故速度变大，加速度变小。

故选 C。

6. 【答案】A

【详解】A. 根据点电荷场强公式

$$E = \frac{kQ}{r^2}$$

可知 a 点场强大于 b 点场强。故 A 正确；

B. 由该粒子的轨迹，可判断它所受电场力为斥力，可知带正电荷。故 B 错误；

C. 该粒子从 b 点运动到 c 点过程，电场力做正功，电势能减小。则粒子在 b 点的电势能大于在 c 点的电势能。故 C 错误；

D. 由图可知， a 点到 b 点的平均场强大于由 b 点到 c 点的平均场强，根据

$$W = qEd = \Delta E_k$$

可知

$$W_{ab} > W_{bc}$$

即该粒子由 a 点到 b 点的动能变化大于由 b 点到 c 点的动能变化。故 D 错误。

故选 A。

7. 【答案】D

【详解】AB. 处静电平衡的导体是一个等势体，导体处处电势相等，在导体上面移动电荷电场力做功为 0，所以 AB 错误；

C. 处于静电平衡的导体内部的合场强处处为 0，所以 C 错误；

D. 处于静电平衡的导体内部的合场强处处为 0，则枕形导体两端的感应电荷在 O 点产生感应电场强度与负点电荷 Q 在 O 点产生电场强度大小相等方向相反，则有 $E = \frac{kQ}{R^2}$ ，方向水平向左，所以 D 正确；

故选 D。

8. 【答案】A

【详解】在 Δt 时间内，以速度 v 移动的电子在铜导线中通过的距离为 $v\Delta t$ ，由于铜导线的横截面积为 S ，则在 Δt 时间内，电子经过的导线体积为

$$V = v\Delta tS$$

又由于单位体积的导线有 n 个自由电子，则在 Δt 时间内，通过导线横截面的自由电子数目可表示为

$$N = nv\Delta tS$$

由于流经导线的电流为 I ，则在 Δt 时间内，流经导线的电荷量为

$$Q = I\Delta t$$



而电子的电荷量为 q ，则 Δt 时间内通过导线横截面的自由电子数目可表示为

$$N = \frac{I\Delta t}{q}$$

故选 A。

9. 【答案】D

【详解】因为已经和电源断开，所以电量不变；根据

$$C = \frac{Q}{U}$$

如果观察到电压升高，也就是静电计指针偏角变小，就能作出平行板电容器电容变小的结论。ABC 错误；D 正确。

故选 D。

10. 【答案】D

【分析】

【详解】AB. 根据电容器表达式

$$C = \frac{\epsilon S}{4\pi kd}$$

当两个极板的距离减小时，电容器的电容增大

再根据电容器定义式

$$C = \frac{Q}{U}$$

由于电容器一直和电源相连，电压不变，当电容增大时，带电荷量增大，所以 AB 错误；

CD. 当压力稳定后，电容器停止充电，电路中的电流为零，即电流表示数为零，两极板的电势差不变，所以 D 正确，C 错误。

故选 D。

11. 【答案】A

【详解】A. 正点电荷 Q 在 A 点的电场强度大小

$$E_{A1} = k \frac{Q}{r^2}$$

而匀强电场在 A 点的电场强度大小为 E ，因方向相互垂直，根据矢量的合成法则，则有 A 点的电场强度大小为

$$E_A = \sqrt{E^2 + k^2 \frac{Q^2}{r^4}}$$

故 A 正确；

B. 点电荷 Q 在 B 点的电场强度的方向与匀强电场方向相同，因此 B 点的电场强度大小为

$$E_B = E + \frac{kQ}{r^2}$$

故 B 错误；



C. 点电荷 Q 在 D 点的电场强度的方向与匀强电场方向相反，当两者大小相等时，则 D 点的电场强度大小可以为零，故 C 错误；

D. 根据矢量的合成法则，结合点电荷电场与匀强电场的方向，可知， A 、 C 两点的电场强度大小相等，而方向不同，故 D 错误。

故选 A。

12. 【答案】D

【详解】A. 在等量异种点电荷连线的中垂线上，电场线垂直于中垂线，所以从 A 点到 B 点，电场力对电荷不做功，故 A 错误；

B. 根据等量异种点电荷的电场线分布可知，从 A 点到 B 点再到 C 点，电场线的分布逐渐变得密集，所以电场力逐渐变大，故 B 错误；

C. 从 A 点到 B 点，电势不变；从 B 点到 C 点，电势减小，故 C 错误；

D. 负电荷从 B 点到 C 点的过程中，电场力做负功，所以电荷的电势能增加，故 D 正确。

故选 D。

13. 【答案】D

【详解】A. “ $3000\text{mA}\cdot\text{h}$ ” 为该电池的电荷量，“ $11.4\text{W}\cdot\text{h}$ ” 为电池的充电电能，故 A 错误；

B. 根据题意可知通话时的电流为

$$I_1 = \frac{Q}{t_1} = \frac{3000\text{mA}\cdot\text{h}}{5\text{h}} = 0.6\text{A}$$

通话功率为

$$P_1 = U_{\text{额}} I_1 = 2.28\text{W}$$

故 B 错误；

C. 手机待机时的电流为

$$I_2 = \frac{Q}{t_2} = \frac{3000\text{mA}\cdot\text{h}}{100\text{h}} = 0.03\text{A}$$

故 C 错误；

D. 以 2A 电流给该电池充电，根据

$$t = \frac{Q}{I_3} = \frac{3000\text{mA}\cdot\text{h}}{2\text{A}} = 1.5\text{h}$$

可知充满电最多需要 1.5h ，故 D 正确。

故选 D。

14. 【答案】C

【详解】根据 P 点的电场线方向可以得 P 点的电场强度方向是垂直于金属板向左，两异号点电荷电荷量的大小均为 q ，它们之间的距离为 $2d$ ， P 点与点电荷 O 之间的距离为 r ，根据点电荷的场强公式 $E = \frac{kQ}{r^2}$ ， P

点的电场是由两异号点电荷分别产生的场强叠加产生的。根据场强的叠加法则和几何关系得：大小为



$$\frac{2kqd}{r^3} . \text{ 故选 C.}$$

【点睛】常见电场的电场线分布及等势面的分布要求我们能熟练掌握，并要注意沿电场线的方向电势是降低的，同时注意等量异号电荷形成电场的对称性。

第二部分

本部分共 6 题，共 58 分。

15. 【答案】 ①. 有关 ②. 有关 ③. 控制变量法

【详解】[1] 保持 Q 、 q 不变，增大 d ， F 将变小，则 θ 变小，说明 F 与 d 有关，但不能确定成反比关系；

[2] 保持 Q 、 d 不变，减小 q ，则 θ 变小，说明 F 与 q 有关，但不能确定成正比关系；

[3] 电荷之间作用力的大小与彼此带电量的大小、距离均有关；依题意，在研究它们之间的作用力 F 这些变量之间的关系时，总是先保持其他两个物理量恒定，而集中研究其中一个因素变化与力 F 之间的关系，所以用的是控制变量法。

16. 【答案】 ①. 1 ②. 相反 ③. $4.9 \times 10^{-4} \text{ F}$ ④. c

【详解】(1) [1] 当开关 S 接 1 时，平行板电容器与电源相连，平行板电容器充电。

[2] 电容器放电，流经 G 表的电流方向与充电时相反。

(2) [3] 根据

$$Q = It$$

可知 $I-t$ 图像与横轴围成的面积表示电容器所带电荷量，则有

$$Q = 49 \times 0.2 \times 10^{-3} \times 0.4 \text{ C} = 3.92 \times 10^{-3} \text{ C}$$

则电容器的电容为

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{3.92 \times 10^{-3}}{8} \text{ F} = 4.9 \times 10^{-4} \text{ F}$$

(3) [4] 当电阻越大，则电容器放电电流越小，放电用的时间越长，则电阻最大的对应于图像 c 。

17. 【答案】 (1) $2.0 \times 10^3 \text{ V}$

(2) $2.0 \times 10^{-5} \text{ J}$

(3) gh

【小问 1 详解】

A 、 B 两点间的电势差

$$U_{AB} = Ed = 2.0 \times 10^3 \text{ V}$$

【小问 2 详解】

静电力所做的功

$$W = qU_{AB} = 2.0 \times 10^{-5} \text{ J}$$

【小问 3 详解】

仿照电势的定义，在重力场中可以把物体的重力势能与它的质量的比值定义为重力势。如果物体在地面上的重力势能为零，则离地面高为 h 处的重力势能是



$$E_p = mgh$$

则重力势的表达式为

$$\frac{E_p}{m} = gh$$

18. 【答案】(1) 正电荷 (2) $3.0 \times 10^{-2} \text{ N}$

(3) $4.0 \times 10^{-3} \text{ kg}$

(4) 2.0 m/s

【小问 1 详解】

根据带电物体在电场中的平衡情况可得小球带正电。

【小问 2 详解】

电场力

$$F = qE = 3.0 \times 10^{-2} \text{ N}$$

【小问 3 详解】

由

$$\frac{qE}{mg} = \tan 37^\circ$$

解得

$$m = 4.0 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

【小问 4 详解】

由动能定理

$$mgl(1 - \cos 37^\circ) = \frac{1}{2}mv^2$$

解得

$$v = 2.0 \text{ m/s}$$

19. 【答案】(1) $\sqrt{\frac{2eU_1}{m}}$

(2) $\frac{U_2 L}{2dU_1}$

(3) 两个亮点

【小问 1 详解】

电子经加速电压 U_1 加速，由动能定理有

$$eU_1 = \frac{1}{2}mv_0^2$$

解得



$$v_0 = \sqrt{\frac{2eU_1}{m}}$$

【小问 2 详解】

电子在偏转电场下运动，在竖直方向由牛顿第二定律得

$$F = Ee = \frac{U_2}{d}e = ma$$

得偏转加速度为

$$a = \frac{eU_2}{dm}$$

水平方向匀速穿过板过程用时为

$$t = \frac{L}{v_0}$$

电子速度偏转角的正切值为

$$\tan \theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{at}{v_0}$$

代入数据得

$$\tan \theta = \frac{U_2 L}{2dU_1}$$

【小问 3 详解】

在右侧的荧光屏上竖直方向偏转位移为

$$y = \frac{1}{2}at^2$$

代入以上数据得

$$y = \frac{U_2 L^2}{4dU_1}$$

可见竖直方向位移与荷质比无关，考虑正负电性最终会看到两个亮点。

20. 【答案】(1) 带负电 (2) $E = \frac{U}{d}$

$$(3) m = \frac{kv_1}{g}$$

$$(4) q = \frac{k(v_1 + v_2)d}{U}$$

【小问 1 详解】

两板间加电压时带电油滴向上运动，说明电场力竖直向上，而电场方向竖直向下，故油滴带负电。

【小问 2 详解】

在极板间加上电压，极板间的电场强度为



$$E = \frac{U}{d}$$

【小问 3 详解】

不加电压时，根据平衡条件有

$$mg = kv_1$$

解得

$$m = \frac{kv_1}{g}$$

【小问 4 详解】

在极板间加上电压，极板间的电场强度为

$$E = \frac{U}{d}$$

油滴向上匀速运动，根据平衡条件有

$$qE = mg + kv_2$$

解得

$$q = \frac{k(v_1 + v_2)d}{U}$$