

2023 北京牛栏山一中高二 10 月月考

物 理（选考）

一、单项选择题（共 14 小题，每小题 3 分，共 42 分。在每小题给出的四个选项中，只有一个选项是正确的，选对得 3 分，选错得 0 分。）

1. 下列物理量是矢量的有（ ）

- A. 电流 B. 电场强度 C. 电势差 D. 电势能

2. 比值定义法是定义物理概念常用的方法，下列哪个表达式属于比值定义式（ ）

- A. 电场强度 $E = \frac{U}{d}$ B. 电动势 $E = \frac{W}{q}$
C. 电阻 $R = \frac{\rho l}{S}$ D. 电流 $I = \frac{U}{R}$

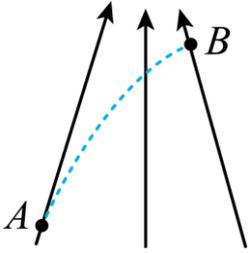
3. 对于某个给定的电容器，图中能够恰当地描述其所带电荷量 Q 、两板间的电势差 U 、电容 C 之间相互关系错误的是（ ）



4. 下列说法正确的是（ ）

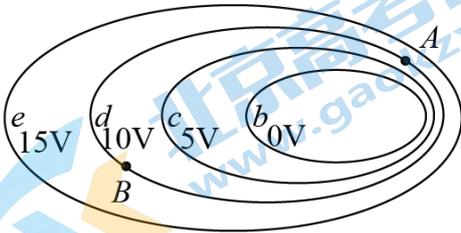
- A. 由 $E = \frac{kQ}{r^2}$ 可知， E 与 Q 成正比，与 r 的平方成反比
B. 由 $\varphi = \frac{E_p}{q}$ 可知 φ 与 q 成反比
C. 由 $U_{AB} = Ed$ 可知，电场中两点间电势差等于电场强度与这两点沿电场方向的距离的乘积
D. 由 $C = \frac{Q}{U}$ 可知，电容器的容量与 Q 成正比，与 U 成反比

5. 如图所示，带箭头的线表示某一电场的电场线。在电场力作用下，一带电粒子(不计重力)经 A 点飞向 B 点，径迹如图中虚线所示，下列说法正确的是()



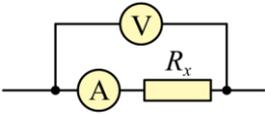
- A. 粒子带正电
- B. 粒子在 A 点加速度大
- C. 粒子在 B 点动能大
- D. A、B 两点相比，粒子在 B 点电势能较高

6. 如图表示某电场等势面的分布情况。将某一试探电荷先后放置在电场中的 A 点和 B 点，它所受电场力的大小分别为 F_A 、 F_B ，电势能分别为 E_{PA} 、 E_{PB} ，下列关系式正确的是（ ）



- A. $F_A > F_B$
- B. $F_A < F_B$
- C. $E_{PA} > E_{PB}$
- D. $E_{PA} < E_{PB}$

7. 如图是用电压表和电流表测电阻的一种连接方法， R_x 为待测电阻。如果考虑到电表内阻对测量结果的影响，则（ ）

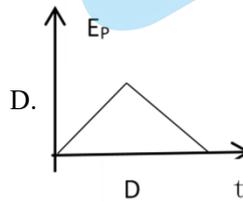
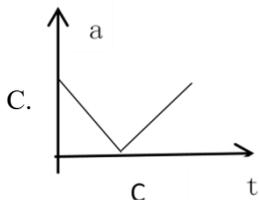
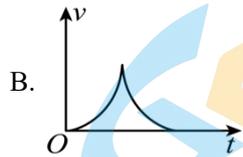
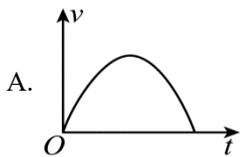
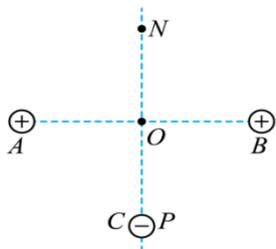


- A. 电流表示数大于通过 R_x 的实际电流，根据测量计算的 R_x 值大于真实值
- B. 电流表示数等于通过 R_x 的实际电流，根据测量计算的 R_x 值大于真实值
- C. 电压表示数大于 R_x 两端的实际电压，根据测量计算的 R_x 值小于真实值
- D. 电压表示数等于 R_x 两端的实际电压，根据测量计算的 R_x 值小于真实值

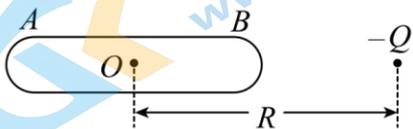
8. 有一只电流表的满偏电流 $I_g = 2\text{mA}$ ，内阻 $R_g = 150\Omega$ ，要把它改装成一个量程为 3V 的电压表，则应在电流表上：（ ）

- A. 并联 1350Ω 的电阻
- B. 串联 1350Ω 的电阻
- C. 并联 50Ω 的电阻
- D. 串联 1500Ω 的电阻

9. 如图所示，两个带等量正电荷的小球 A、B（可视为点电荷），被固定在光滑绝缘的水平面上。P、N 是小球 A、B 的连线的水平中垂线，且 $PO=ON$ 。现将一个电荷量很小的带负电的小球 C（可视为质点），由 P 点静止释放，在小球 C 向 N 点运动的过程中，下列关于小球 C 的速度、加速度、电势能图像中，可能正确的是（ ）

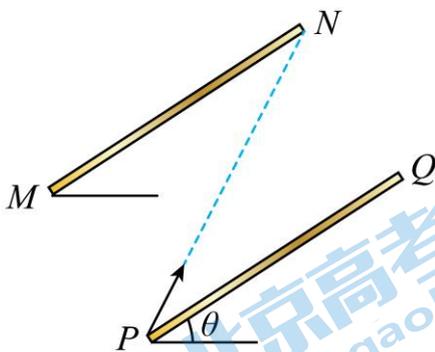


10. 如图所示，将不带电的枕形导体 AB ，放在一个点电荷的电场中，点电荷的电荷量为 $-Q$ ，与导体 AB 的中心 O 的距离为 R 。当导体 AB 达到静电平衡时，下列说法正确的是（ ）



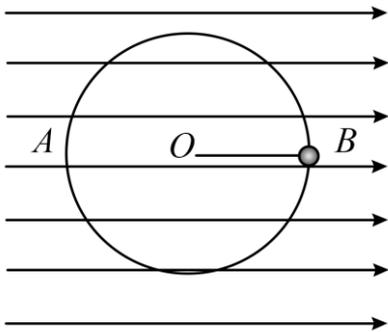
- A. 导体 A 端带正电
- B. 导体 A 端的电势低于 B 端的电势
- C. 感应电荷在 O 点产生的电场强度大小为零
- D. 感应电荷在 O 点产生的电场强度大小为 $k \frac{Q}{R^2}$

11. 如图所示，真空中，平行板电容器上极板 MN 与下极板 PQ 正对且倾斜放置，与水平面夹角为 θ ，金属板相距为 d ，其间形成匀强电场。一带电液滴从下极板 P 点射入，恰好沿直线从上极板 N 点射出。下列说法正确的是（ ）



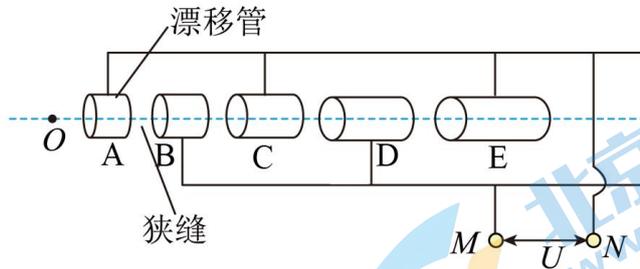
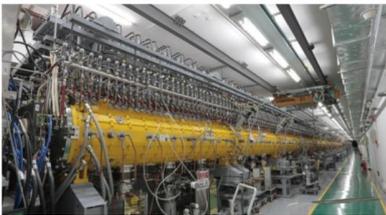
- A. 该电容器 MN 极板一定带负电
- B. 液滴从 P 点到 N 点的过程中速度一定增加
- C. 液滴从 P 点到 N 点的过程中电势能一定减少
- D. 油滴的加速度一定为零

12. 如图所示，在绝缘光滑水平面上，有水平向右的场强为 E 的匀强电场，在电场中用一个长为 L 的轻质绝缘细线栓一个质量为 m 的带电荷量为 $+q$ 的小球，绕 O 点在水平面上做圆周运动，已知小球运动过程中细线刚好不松弛做完整圆周运动。 A 、 B 两点分别是圆周上和电场线平行的直径上两点（ ）



- A. 小球做匀速圆周运动
- B. 细线拉力为零的位置在 B 点
- C. 小球最大速度位置在 B 点
- D. 小球运动过程细线上的最大拉力等于 $5qE$

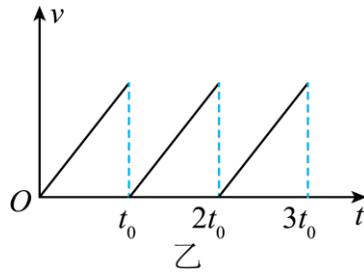
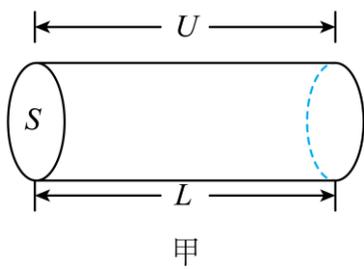
13. 粒子直线加速器在科学研究中发挥着巨大的作用，简化如图所示：沿轴线分布 O （为薄金属环）及 A 、 B 、 C 、 D 、 E 5 个金属圆筒（又称漂移管），相邻漂移管分别接在高压电源 MN 的两端， O 接 M 端。质子飘入（初速度为 0）金属环 O 轴心沿轴线进入加速器，质子在金属圆筒内做匀速运动且时间均为 T ，在金属圆筒之间的狭缝被电场加速，加速时电压 U 大小相同。质子电量为 e ，质量为 m ，不计质子经过狭缝的时间，则（ ）



- A. 质子从圆筒 E 射出时的速度大小为 $\sqrt{\frac{5eU}{m}}$
- B. 圆筒 E 的长度为 $T\sqrt{\frac{10eU}{m}}$
- C. MN 所接电源是直流恒压电源
- D. 金属圆筒 A 的长度与金属圆筒 B 的长度之比为 $1:2$

14. 如图甲所示，金属导体的长度为 L 、横截面积为 S 、单位体积内的自由电子数为 n 。在导体两端加上恒定电压 U ，导体内部产生恒定电场。在恒定电场的作用下，自由电子加速运动 t_0 时间与导体内部不动的粒子发生碰撞，碰撞后的速度可认为是 0。忽略碰撞时间，电子定向运动的 $v-t$ 图像可简化为图乙所示。大量的自由电子定向运动的平均速率不随时间变化，在导体内部产生恒定电流。自由电子的质量为 m ，电

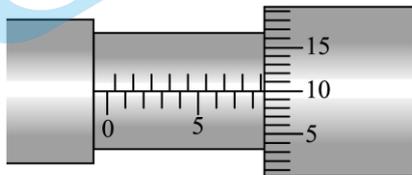
量为 e 。下列说法正确的是 ()



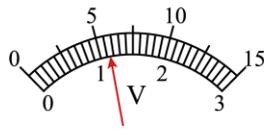
- A. 电子在恒定电场作用下定向移动的加速度 $a = \frac{Ue}{m}$
- B. 电子在导体内定向移动的平均速率 $\bar{v} = \frac{Ue}{2Lm} t_0$
- C. Δt 时间内通过横截面 S 的自由电子数目可表示为 $N = nSe\Delta t$
- D. 导体的电阻为 $R = \frac{mL}{ne^2 t_0 S}$

二、实验题 (共两个小题, 15 题 6 分, 16 题 10 分, 总计 16 分)

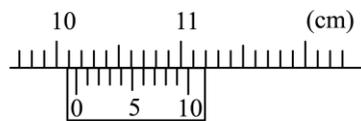
15. 下列螺旋测微器 (图甲)、电压表 (图乙) (15 伏量程) 和游标卡尺 (图丙) 的读数分别为 _____ mm; _____ V 和 _____ mm。



图甲

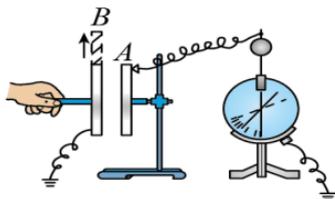


图乙

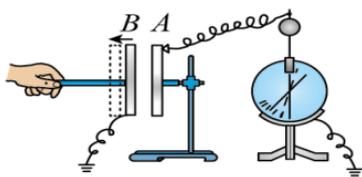


图丙

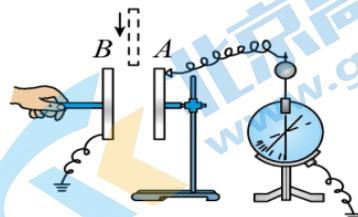
16. (1) 如图所示为“研究影响平行板电容器电容的因素”的实验装置, 以下说法正确的是 ()



甲



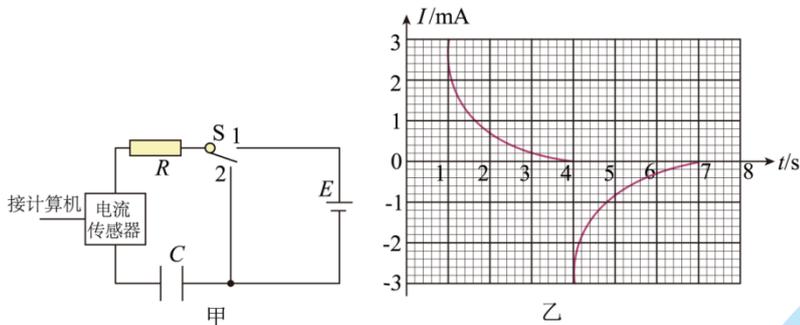
乙



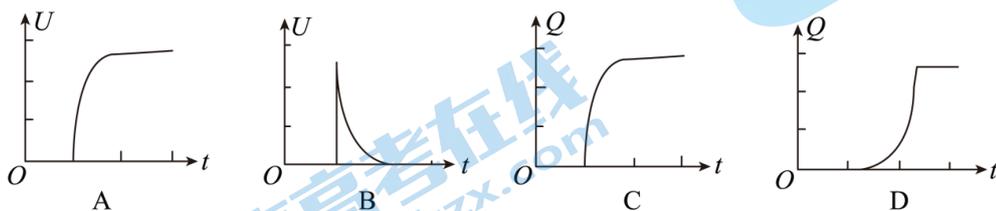
丙

- A. A 板与静电计的指针带的是异种电荷
- B. 甲图中将 B 板上移, 静电计的指针偏角减小
- C. 乙图中将 B 板左移, 静电计的指针偏角不变
- D. 丙图中将电介质插入两板之间, 静电计的指针偏角减小

(2) 利用如图甲所示电路观察电容器的充、放电现象, 电流传感器可以捕捉到瞬间的电流变化, 直流电源电动势 9V, 内阻可忽略, 实验过程中屏幕上显示出电流随时间变化的 $I-t$ 图像如图乙所示。

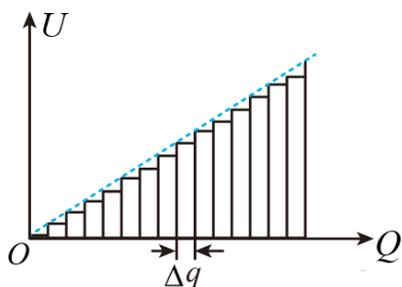


①关于电容器充电过程中电容器两极间电压 U 、电容器所带电荷量 Q 随时间 t 变化的图像，下面四个图像中，正确的是_____。



②如果不改变电路其他参数，只减小电阻 R ，充电时 $I-t$ 曲线与横轴所围成的面积将_____（填“增大”“不变”或“变小”）；充电时间将_____（填“变长”“不变”或“变短”）。

③电容器充电后就储存了能量，某同学研究电容器储存的能量 E 与电容器的电容 C 、电荷量 Q 及电容器两极间电压 U 之间的关系。他从等效的思想出发，认为电容器储存的能量等于把电荷从一个极板搬运到另一个极板过程中克服电场力所做的功。为此他做出电容器两极间的电压 U 随电荷量 Q 变化的图像如图所示。按他的想法，下列说法正确的是_____。



- A. $U-Q$ 图线的斜率越大，电容 C 越大
- B. 搬运 Δq 的电量，克服电场力所做的功近似等于 Δq 上方小矩形的面积
- C. 对同一电容器，电容器储存的能量 E 与两极间电压 U 成正比
- D. 若电容器电荷量为 Q 时储存的能量为 E ，则电容器电荷量为 $\frac{Q}{2}$ 时储存的能量为 $\frac{E}{4}$

三、解答题：本题包括 4 小题，共 42 分。解答时，在答题纸上应写出必要的文字说明、方程式和重要的演算步骤。只写出最后答案的不能得分，有数值计算的题，答案中必须明确写出数值和单位。

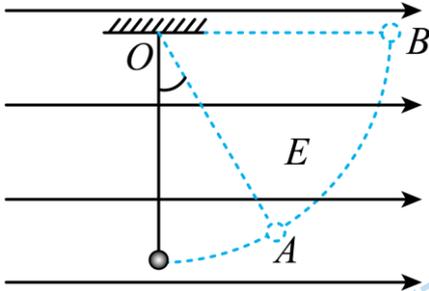
17. 如图所示，长度为 l 的轻绳上端固定在 O 点，下端系一质量为 m ，电荷量为 $+q$ 的小球，整个装置处于水平向右的匀强电场中。在位置 A 点处于静止状态，此时轻绳与竖直方向的夹角是 37° ，重力加速度为 g ， $\sin 37^\circ = 0.6$ ， $\cos 37^\circ = 0.8$ 。

(1) 求该电场场强大小；

(2) 现把小球置于图中位置 B 处，使 OB 沿着水平方向，轻绳处于拉直状态。小球从位置 B 无初速度释放。不计小球受到的空气阻力。求：

① 小球通过 A 点时的速度大小 v_A ；

② 小球通过最低点时轻绳对小球的拉力大小。



18. 若距地面高约 2km 的空中有两块乌云，它们因与空气摩擦带电，致使两块乌云之间的电势差约为 $3 \times 10^9\text{V}$ 且在没放电前保持不变。已知空气的电场强度达到 $3 \times 10^6\text{V/m}$ 将被击穿放电。请对以下问题进行估算（估算时可以把两块乌云间电场看成是匀强电场）。

(1) 当两块乌云相距多少米时会发生电闪雷鸣？

(2) 若某次闪电，两块乌云在很短时间放电完毕，两块乌云之间电势差变为零，通过的电荷量为 500C ，可释放多少能量？

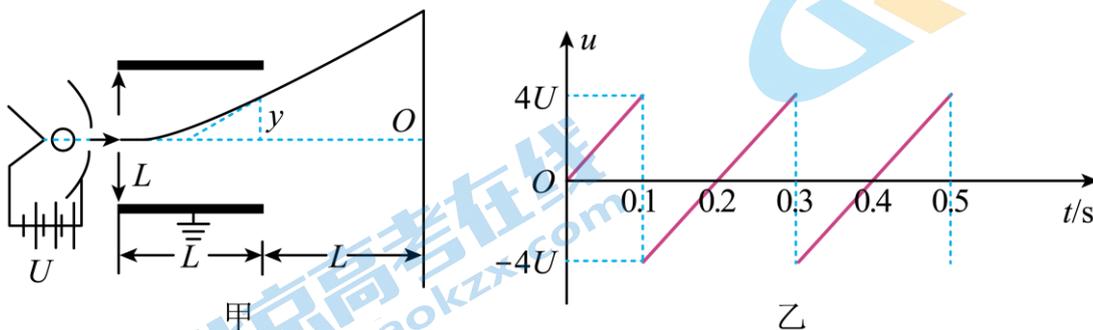
(3) 这次放电现象将 (2) 问中的电荷放电完毕历时约 0.01s ，则其平均电流约为多大？

19. 如图甲所示是显像管的基本原理图，热电子（质量为 m ，电荷量为 q ）由阴极飞出时的初速度忽略不计，电子发射装置的加速电压为 U ，平行极板板长和板间距离均为 $L = 20\text{cm}$ ，下极板接地，平行极板右端到荧光屏的距离也是 $L = 20\text{cm}$ ，在平行板两个板间接一交变电压 u ，上极板的电势随时间变化的图像如图乙所示。（每个电子穿过平行板的时间都极短，可以认为电压是不变的），求：

(1) 电子离开发射装置时的速度 v （用题干中字母表示即可）；

(2) 在 $t = 0.03\text{s}$ 时刻，电子打在荧光屏上的何处；

(3) 荧光屏上有电子打到的区间有多长？

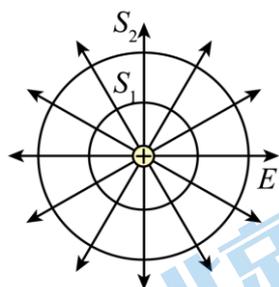


20. 经典理论认为，氢原子核外电子在库仑力作用下绕固定不动的原子核做匀速圆周运动。已知氢原子核的电荷量为 $+e$ ，电子电荷量为 $-e$ ，质量为 m ，静电力常量为 k 。电子绕核旋转的两个可能轨道 S_1 、 S_2 到氢原子核的距离分别为 r_1 、 r_2 。

(1) 请根据电场强度的定义和库仑定律推导出氢原子核在 S_1 轨道处产生的电场强度表达式；

(2) 电荷量为 Q 的点电荷电场中，距点电荷距离为 r 处的电势可以用 $\varphi = k \frac{Q}{r}$ 表示，该式仅由静电力常量 k 、点电荷的电荷量 Q 及该点到点电荷的距离 r 决定。若电子在等势面 S_1 上做匀速圆周运动时，点电荷与电子组成的系统具有的总能量为 E_1 ，在等势面 S_2 上做匀速圆周运动时具有的总能量为 E_2 ，某同学类比机械能守恒猜测 $E_1 = E_2$ 。你是否同意他的结论？通过推导或计算说明你的观点。

(3) 英国物理学家法拉第引入电场线来表示电场，线上每一点切线方向都跟该点的场强方向一致，并用电场线的疏密表示场强的大小。为什么可用电场线疏密来表示场强大小呢？请用真空中孤立的点电荷的电场进行论证说明。



参考答案

一、单项选择题（共 14 小题，每小题 3 分，共 42 分。在每小题给出的四个选项中，只有一个选项是正确的，选对得 3 分，选错得 0 分。）

1. 【答案】B

【详解】B. 矢量是既有大小又有方向的物理量，电场强度是矢量，B 正确；
ACD. 标量是只有大小没有方向的物理量，电势差，电势能和电流都是标量，故 ACD 错误。
故选 B。

2. 【答案】B

【详解】A. 电场强度 $E = \frac{U}{d}$ 表示电场强度和电势差之间的关系，不属于比值定义法，A 错误；
B. 电动势 $E = \frac{W}{q}$ 中 E 是由电源本身的性质决定的，与非静电力做功无关，属于比值定义法，B 正确；
C. 电阻 $R = \frac{\rho l}{S}$ 中，电阻率、长度以及导体横截面积对电阻有影响，是电阻的决定式，不属于比值定义法，C 错误；
D. 电流 $I = \frac{U}{R}$ 为欧姆定律的表达式，电流与电压成正比，与电阻成反比，不属于比值定义法，D 错误。
故选 B。

3. 【答案】A

【详解】AB. 电容器的电容由电容器本身决定，与电容器所带电荷量无关，故 $C-Q$ 图像为一条平行于横轴的直线，故 A 错误，B 正确；
D. 电容器的电容由电容器本身决定，与电容器的电压无关，故 $U-C$ 图像为一条平行于纵轴的直线，故 D 正确；
C. 根据电容定义式

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

可得

$$Q = CU$$

可知 $Q-U$ 图像为一条过原点的倾斜直线，故 C 正确。

本题选择错误的，故选 A。

4. 【答案】A

【详解】A. 根据库仑定律和电场强度定义可以推出点电荷场强的决定式 $E = k \frac{Q}{r^2}$ 可知，点电荷电场中某点的场强与点电荷的电荷量 Q 成正比，与 r 的平方成反比，选项 A 正确；
B. 电势是表征电场的能的性质的物理量，仅与电场本身的性质有关，与试探电荷的电势能及试探电荷的

电荷量等无关，选项 B 错误；

C. 由 $U_{AB} = Ed$ 可知，匀强电场中的任意两点 A、B，沿电场线方向的距离越大，则两点间的电势差也一定越大，选项 C 错误；

D. 电容器的电容大小 C 是由电容器本身决定的，与电容器两极板间电势差 U 无关，选项 D 错误。

故选 A。

5. 【答案】D

【分析】电场线的疏密表示电场强度的强弱，电场线某点的切线方向表示电场强度的方向。不计重力的粒子在电场力作用下从 A 到 B，运动与力关系可知，电场力方向与速度方向分居在运动轨迹两边，且电场力偏向轨迹的内侧。

【详解】根据曲线运动条件可得粒子所受合力应该指向曲线内侧，所以电场力逆着电场线方向，即粒子受力方向与电场方向相反，所以粒子带负电。故 A 错误；由于 B 点的电场线密，所以 B 点的电场力大，则 A 点的加速度较小。故 B 错误；粒子从 A 到 B，电场力对粒子运动做负功，电势能增加，导致动能减少，即粒子在 A 点动能大，B 点的电势能大，故 C 错误 D 正确

【点睛】电场线虽然不存在，但可形象来描述电场的分布。对于本题关键是根据运动轨迹来判定电场力方向，由曲线运动条件可知合力偏向曲线内侧。

6. 【答案】A

【详解】AB. 因 A 点的等差等势面较 B 点密集，可知 A 点的场强大于 B 点，则试探电荷在 A 点受电场力大于 B 点，即

$$F_A > F_B$$

选项 A 正确，B 错误；

CD. 因 AB 两点在同一等势面上，则电势相等，试探电荷在 AB 两点的电势能相等，即

$$E_{PA} = E_{PB}$$

选项 CD 错误。

故选 A。

7. 【答案】B

【详解】由电路可知，电流表示数等于通过 R_x 的实际电流，由于电流表的分压作用，使得电压表示数大于 R_x 两端的实际电压，根据

$$R_x = \frac{U}{I}$$

可知，测量计算的 R_x 值大于真实值。

故选 B。

8. 【答案】B

【详解】把电流表改装成电压表需要串联分压电阻，串联电阻阻值

$$R = \frac{U}{I_g} - R_g = \frac{3}{0.002} - 150 = 1350\Omega$$

故 B 正确，ACD 错误；

故选 B。

9. 【答案】A

【详解】在 A、B 的垂直平分线上，从无穷远处到 O 点电场强度先变大后变小，到 O 点变为零，负电荷受力沿垂直平分线运动，PO 段电场力做正功速度增加，ON 段做负功速度减小，O 点速度最大。如果从 P 到 O 点场强一直变小，则加速度一直变小，则 ON 段加速度一直变大；如果从 P 点到 O 点场强先变大后变小则加速度先变大后变小，则 O 点到 N 点加速度先变大后变小。

A. 若从 P 到 O 点场强一直变小，则加速度一直变小，则 ON 段加速度已知变大，则 $v-t$ 图像先变小后反向变大，故 A 正确；

B. 无论何种情况，都不可能在加速过程中加速度一直变大，故 B 错误；

C. 在 PO 和 ON 段加速度方向相反，故 C 错误；

D. 根据分析位移与时间的关系不是线性关系，电场力也不断变化，则 E_p-t 图线不可能为直线，电场力先做正功后做负功，则电势能先减小后增大，故 D 错误。

故选 A。

10. 【答案】D

【详解】A. 由于点电荷带负电，产生静电感应，根据“近异远同”可知导体 A 端带负电，B 端带正电，故 A 错误；

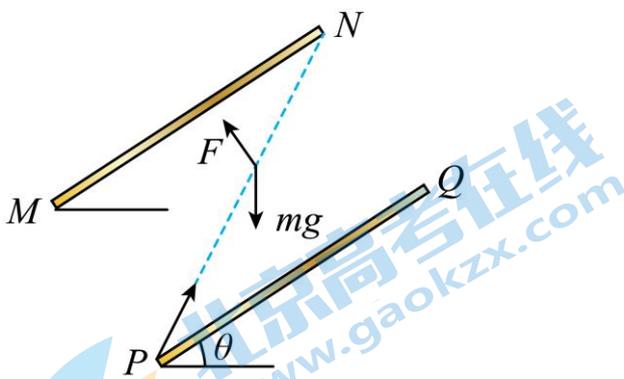
B. 处于静电平衡的导体是一个等势体，所以导体 A 端的电势等于 B 端的电势，故 B 错误；

CD. 处于静电平衡的导体内部各点的合场强为零，则导体中心 O 点的场强为零，故感应电荷在 O 点的产生场强与点电荷 $-Q$ 在 O 点的场强等大反向，大小为 $k\frac{Q}{R^2}$ ，方向向左，故 C 错误，D 正确。

故选 D。

11. 【答案】C

【详解】ABD. 一带电液滴在电场力和重力作用下由 P 点沿直线运动到 N 点，分析可知带电液滴受力如图所示



电场力和重力恒定，合力恒定不为零，加速度恒定方向沿 PN 向下，该液滴一定做匀减速直线运动，由于不清楚液滴的电性，所以无法判断 MN 极板带正电还是负电，故 ABD 错误；

C. 由图可知，液滴所受电场力和液滴运动方向的夹角为锐角，可知电场力做正功，液滴电势能减小，故

C 正确。

故选 C。

12. 【答案】C

【详解】A. 小球在水平方向受到水平向右的电场力，小球从 B 到 A 过程中，电场力做负功，小球的速度减小，不可能做匀速圆周运动，故 A 错误；

BCD. 根据题意小球运动过程中细线刚好不松弛做完整圆周运动，小球在 A 点速度最小，此时绳子拉力为零，设在 A 点的速度为 v_A ，根据牛顿第二定律

$$qE = m \frac{v_A^2}{L}$$

小球在 B 点速度最大，从 A 到 B 根据动能定理

$$qE \cdot 2L = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$$

在 B 点，根据牛顿第二定律

$$T - qE = m \frac{v_B^2}{L}$$

解得细线上的最大拉力

$$T = 6qE$$

故 C 正确，BD 错误。

故选 C。

13. 【答案】B

【详解】A. 质子从 O 点沿轴线进入加速器，质子经 5 次加速，由动能定理可得

$$5eU = \frac{1}{2}mv_E^2$$

质子从圆筒 E 射出时的速度大小为

$$v_E = \sqrt{\frac{10eU}{m}}$$

选项 A 错误；

B. 质子在圆筒内做匀速运动，所以圆筒 E 的长度为

$$L_E = v_E T = T \sqrt{\frac{10eU}{m}}$$

选项 B 正确；

D. 同理可知，金属圆筒 A 的长度

$$L_A = T \sqrt{\frac{2eU}{m}}$$

金属圆筒 B 的长度

$$L_B = T \sqrt{\frac{4eU}{m}}$$

则金属圆筒 A 的长度与金属圆筒 B 的长度之比为 $1:\sqrt{2}$ ，选项 D 错误；

C. 因由直线加速器加速质子，其运动方向不变，由题图可知，A 的右边缘为负极时，则在下一个加速时需 B 右边缘为负极，所以 MN 所接电源的极性应周期性变化，选项 C 错误。

故选 B。

14. 【答案】B

【详解】A. 恒定电场的场强为

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

可得电子在恒定电场作用下定向移动的加速度为

$$a = \frac{Ee}{m} = \frac{Ue}{Lm}$$

A 错误；

B. 根据题意自由电子加速运动 t_0 时间后速度为

$$v = at_0 = \frac{Ue}{Lm} \cdot t_0$$

根据匀变速运动规律可得电子在导体内定向移动的平均速率为

$$\bar{v} = \frac{0+v}{2} = \frac{Uet_0}{2Lm}$$

B 正确；

C. Δt 时间内自由电子移动的距离为

$$x = \bar{v} \cdot \Delta t$$

所以可得通过横截面 S 的自由电子数目为

$$N = x \cdot S \cdot n = \bar{v} \cdot \Delta t \cdot S \cdot n = nS\Delta t \cdot \frac{Uet_0}{2Lm}$$

C 错误；

D. 根据电流的微观表达式可得

$$I = ne\bar{v}S = neS \cdot \frac{Uet_0}{2Lm}$$

同时根据欧姆定律可得导体的电阻为

$$R = \frac{U}{I}$$

代入解得

$$R = \frac{2mL}{ne^2t_0S}$$

D 错误。

故选 B。

二、实验题（共两个小题，15 题 6 分，16 题 10 分，总计 16 分）

15. 【答案】 ①. 8.600 ②. 5.5 ③. 101.6

【详解】 [1]螺旋测微器固定刻度读数 8.5mm，可动刻度读数为

$$0.01 \times 10.0 \text{mm} = 0.100 \text{mm}$$

所以螺旋测微器读数为

$$8.5 \text{mm} + 0.100 \text{mm} = 8.600 \text{mm}$$

[2] 15V 电压表的最小刻度值为 0.5V，则该读数为 5.5V。

[3]游标卡尺主尺读数为 101mm，因此游标读数

$$0.1 \text{mm} \times 6 = 0.6 \text{mm}$$

所以最终读数为

$$101 \text{mm} + 0.6 \text{mm} = 101.6 \text{mm}$$

16. 【答案】 ①. D ②. AC##CA ③. 不变 ④. 变短 ⑤. BD##DB

【详解】 (1) [1]A. A 板与静电计的指针相连，带的是同种电荷，A 错误；

B. 根据平行板电容器的决定式 $C = \frac{\epsilon S}{4\pi k d}$ ，若将 B 板竖直向上平移，两极板正对面积减小，根据电容的

决定式得知，电容 C 减小，而电容器的电量 Q 不变，由电容的定义式 $C = \frac{Q}{U}$ 分析得到，板间电势差 U 增大，则静电计指针张角增大，B 错误；

C. 若将 B 板向左平移，板间距离 d 增大，根据电容的决定式得知，电容 C 减小，因电容器的电量 Q 不变，由电容的定义式知板间电势差 U 增大，则静电计指针张角增大，C 错误；

D. 若将电介质插入两板之间，则 C 增大， U 减小，静电计的指针偏角减小，D 正确。

故选 D。

(2) ①[2]AB. 电容器充电过程中，电容器两端的电压 U 逐渐增大，最后等于电源电动势，斜率逐渐减小，最后为零，故 A 正确，B 错误；

CD. 电容器所带的电荷量 $Q = CU$ 逐渐增大，最后保持不变，充电电流逐渐减小，所以 $Q-t$ 图象的斜率逐渐变小，最后为零，故 C 正确，D 错误。

故选 AC。

②[3][4]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，只增大减小 R ，充电时 $I-t$ 曲线与横轴所围成的面积将不变，减小电阻 R ，由于电阻对电流的阻碍作用减小，充电电流增大，所以充电时间将变短；

③[5]A. $U-Q$ 图线的斜率为

$$k = \frac{U}{q}$$

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

解得

$$C = \frac{1}{k}$$

斜率越大，电容越小，A 错误；

B. 类比速度-时间图像的面积代表位移，则 $u-q$ 图像的面积代表克服电场力所做的功，所以搬运 Δq 的电量，克服电场力所做的功近似等于 Δq 上方小矩形的面积，B 正确；

C. 他从等效的思想出发，认为电容器储存的能量等于把电荷从一个极板搬运到另一个极板过程中克服电场力所做的功，也等于图像所围的面积

$$E = \frac{1}{2}qU$$

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

解得

$$E = \frac{1}{2}CU^2$$

从上面的式子看出， E 和 U^2 成正比，C 错误；

D. 由下面的公式

$$E = \frac{1}{2}CU^2$$

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

解得

$$E = \frac{Q^2}{2C}$$

又因为

$$E = \frac{Q^2}{2C}$$

$$Q' = \frac{Q}{2}$$

解得

$$E' = \frac{1}{4}E$$

D 正确。

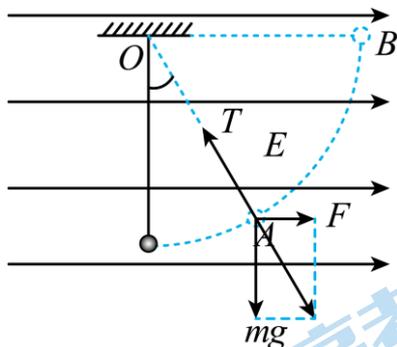
故选 BD。

三、解答题：本题包括 4 小题，共 42 分。解答时，在答题纸上应写出必要的文字说明、方程

式和重要的演算步骤。只写出最后答案的不能得分，有数值计算的题，答案中必须明确写出数值和单位。

17. 【答案】(1) $\frac{3mg}{4q}$; (2) ① $\frac{\sqrt{10gl}}{5}$; ② $\frac{3}{2}mg$

【详解】(1) 在位置 A 点对小球作受力分析，受重力 mg ，电场力 F ，轻绳拉力 T ，如图



则

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

电场场强

$$E = \frac{F}{q} = \frac{mg \tan 37^\circ}{q} = \frac{3mg}{4q}$$

(2) ① 小球从位置 B 到 A 点由动能定理得

$$mgl \cos 37^\circ - qEl(1 - \sin 37^\circ) = \frac{1}{2}mv_A^2 - 0$$

解得

$$v_A = \frac{\sqrt{10gl}}{5}$$

② 小球从位置 B 无初速度释放到最低点的过程中，根据动能定理得

$$mgl - qEl = \frac{1}{2}mv^2 - 0$$

解得

$$v = \sqrt{\frac{gl}{2}}$$

小球在最低点由牛顿第二定律得

$$T' - mg = m\frac{v^2}{l}$$

解得小球通过最低点时轻绳对小球的拉力大小为

$$T' = \frac{3}{2}mg$$

18. 【答案】(1) 1000m; (2) $1.5 \times 10^{12} \text{J}$; (3) $5 \times 10^4 \text{A}$

【详解】(1) 由

$$U = Ed$$

可得两块乌云会发生电闪雷鸣的距离

$$d = \frac{U}{E} = \frac{3 \times 10^9}{3 \times 10^6} = 1000 \text{m}$$

(2) 释放的能量为电场力做功

$$W = Uq = 3 \times 10^9 \times 500 \text{J} = 1.5 \times 10^{12} \text{J}$$

(3) 平均电流约为

$$I = \frac{q}{t} = \frac{500}{0.01} \text{A} = 5 \times 10^4 \text{A}$$

19. 【答案】(1) $\sqrt{\frac{2qU}{m}}$; (2) O 点上方 18cm 处; (3) 60cm

【详解】(1) 电子发射加速过程, 据动能定理可得

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

解得电子离开发射装置时的速度为

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

(2) 在 $t = 0.03 \text{s}$ 时刻, 偏转电压为

$$U' = \frac{0.03}{0.1} \times 4U = 1.2U$$

电子在偏转电场中做类平抛运动, 则有

$$L = v_0 t, \quad a = \frac{qE}{m} = \frac{q \cdot U'}{mL}$$

经电场偏转后侧移量为

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

联立解得

$$y = 6 \text{cm}$$

设电子打在屏上的点距 O 点的距离为 Y , 由相似三角形可得

$$\frac{Y}{y} = \frac{L + \frac{L}{2}}{\frac{L}{2}}$$

解得

$$Y = 18 \text{cm}$$

即电子打在荧光屏上 O 点上方 18cm 处。

(3) 当电子的侧移量达到 10cm 时最大，由相似三角形可得

$$\frac{Y_2}{\frac{L}{2}} = \frac{L + \frac{L}{2}}{\frac{L}{2}}$$

解得

$$Y_2 = 30\text{cm}$$

由对称性可知，荧光屏上有电子打到的区间为 60cm。

20. 【答案】(1) $E = \frac{ke}{r_1^2}$ (2) 不同意，见解析；(3) 见解析

【详解】(1) 电子绕核在 S_1 轨道旋转，则根据库仑定律可知

$$F = k \frac{e^2}{r_1^2}$$

根据电场强度的定义式可知

$$E = \frac{F}{q}$$

解得氢原子核在 S_1 轨道处产生的电场强度表达式

$$E = \frac{ke}{r_1^2}$$

(2) 电子在等势面 S_1 上做匀速圆周运动时，根据库仑定律和牛顿第二定律可得

$$k \frac{Qe}{r_1^2} = m \frac{v_1^2}{r_1}$$

则电子的动能为

$$E_{k1} = \frac{1}{2} m v_1^2 = \frac{kQe}{2r_1}$$

电子的势能为

$$E_{p1} = q\phi = -\frac{kQe}{r_1}$$

点电荷与电子组成的系统具有的能量是

$$E_1 = E_{k1} + E_{p1} = -\frac{kQe}{2r_1}$$

同理可得

$$E_2 = -\frac{kQe}{2r_2}$$

由于 $r_1 < r_2$ ，所以

$$E_1 < E_2$$

(3) 由点电荷电场强度公式 $E = k \frac{Q}{r^2}$ ，可知距离点电荷的距离越大该点的电场强度越小，在以点电荷为圆心的同一圆周上各点的电场强度大小相等，距离点电荷的距离越大的圆周上各点的电场强度越小；不同的圆周的圆周长为

$$C = 2\pi r$$

即距离点电荷距离越大，圆周长越大；不同圆周上通过的电场线的数目相同，所以距离点电荷距离越大，电场线分布越稀疏，即电场线越稀疏的地方电场强度越小，所以电场线疏密表示场强大小。

关于我们

北京高考在线创办于 2014 年，隶属于北京太星网络科技有限公司，是北京地区极具影响力的中学升学服务平台。主营业务涵盖：北京新高考、高中生涯规划、志愿填报、强基计划、综合评价招生和学科竞赛等。

北京高考在线旗下拥有网站门户、微信公众平台等全媒体矩阵生态平台。平台活跃用户 50W+，网站年度流量数千万量级。用户群体立足于北京，辐射全国 31 省市。

北京高考在线平台一直秉承“精益求精、专业严谨”的建设理念，不断探索“K12 教育+互联网+大数据”的运营模式，尝试基于大数据理论为广大中学和家长提供新鲜的高考资讯、专业的高考政策解读、科学的升学规划等，为广大高校、中学和教科研单位提供“衔接和桥梁纽带”作用。

平台自创办以来，为众多重点大学发现和推荐优秀生源，和北京近百所中学达成合作关系，累计举办线上线下升学公益讲座数千场，帮助数十万考生顺利通过考入理想大学，在家长、考生、中学和社会各界具有广泛的口碑影响力

未来，北京高考在线平台将立足于北京新高考改革，基于对北京高考政策研究及北京高校资源优势，更好的服务全国高中家长和学生。

推荐大家关注北京高考在线网站官方微信公众号：**京考一点通**，我们会持续为大家整理分享最新的高中升学资讯、政策解读、热门试题答案、招生通知等内容！

