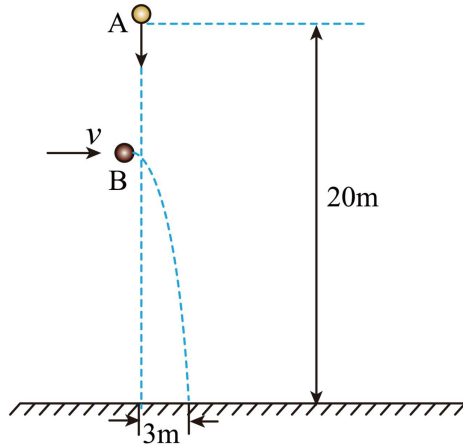


速度 g 取 10m/s^2)

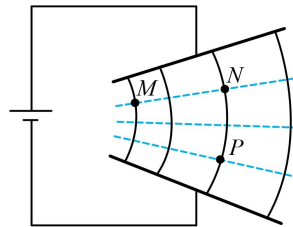
- A. 2m/s^2 B. 4m/s^2 C. 6m/s^2 D. 12m/s^2

4. 如图, 小球 A 从距离地面 20m 处自由下落, 1s 末恰好被小球 B 从左侧水平击中, 小球 A 落地时的水平位移为 3m 。两球质量相同, 碰撞为完全弹性碰撞, 重力加速度 g 取 10m/s^2 , 则碰撞前小球 B 的速度大小 v 为 ()



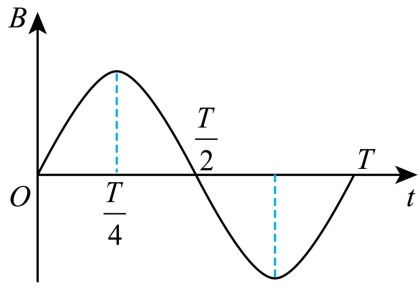
- A. 1.5m/s B. 3.0m/s C. 4.5m/s D. 6.0m/s

5. 如图, 两极板不平行的电容器与直流电源相连, 极板间形成非匀强电场, 实线为电场线, 虚线表示等势面。M、N 点在同一等势面上, N、P 点在同一电场线上。下列说法正确的是 ()



- A. M 点的电势比 P 点的低 B. M 点的电场强度比 N 点的小
C. 负电荷从 M 点运动到 P 点, 速度增大 D. 负电荷从 M 点运动到 P 点, 电场力做负功

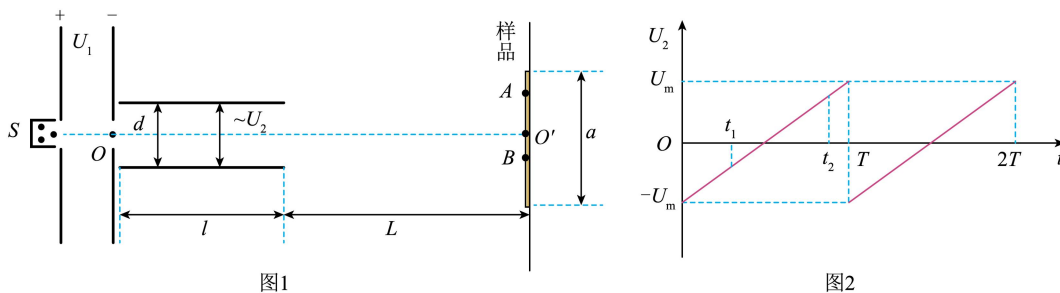
6. 闭合金属框放置在磁场中, 金属框平面始终与磁感线垂直。如图, 磁感应强度 B 随时间 t 按正弦规律变化。 Φ 为穿过金属框的磁通量, E 为金属框中的感应电动势, 下列说法正确的是 ()



- A. t 在 $0 \sim \frac{T}{4}$ 内, Φ 和 E 均随时间增大 B. 当 $t = \frac{T}{8}$ 与 $\frac{3T}{8}$ 时, E 大小相等, 方向相同
- C. 当 $t = \frac{T}{4}$ 时, Φ 最大, E 为零 D. 当 $t = \frac{T}{2}$ 时, Φ 和 E 均为零

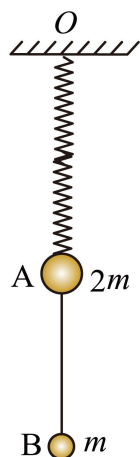
7. 离子注入机是研究材料辐照效应的重要设备, 其工作原理如图 1 所示。从离子源 S 释放的正离子 (初速度视为零) 经电压为 U_1 的电场加速后, 沿 OO' 方向射入电压为 U_2 的电场

(OO' 为平行于两极板的中轴线)。极板长度为 l 、间距为 d , U_2-t 关系如图 2 所示。长度为 a 的样品垂直放置在距 U_2 极板 L 处, 样品中心位于 O' 点。假设单个离子在通过 U_2 区域的极短时间内, 电压 U_2 可视为不变, 当 $U_2 = \pm U_m$ 时。离子恰好从两极板的边缘射出。不计重力及离子之间的相互作用。下列说法正确的是 ()



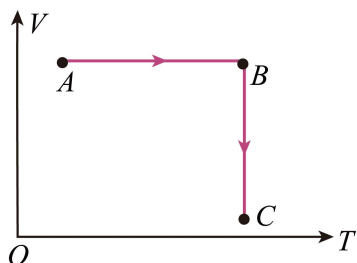
- A. U_2 的最大值 $U_m = \frac{d^2}{l^2} U_1$
- B. 当 $U_2 = \pm U_m$ 且 $L = \frac{(a-d)l}{2d}$ 时, 离子恰好能打到样品边缘
- C. 若其他条件不变, 要增大样品的辐照范围, 需增大 U_1
- D. 在 t_1 和 t_2 时刻射入 U_2 的离子, 有可能分别打在 A 和 B 点

8. 如图, 轻质弹簧上端固定, 下端悬挂质量为 $2m$ 的小球 A, 质量为 m 的小球 B 与 A 用细线相连, 整个系统处于静止状态。弹簧劲度系数为 k , 重力加速度为 g 。现剪断细线, 下列说法正确的是 ()



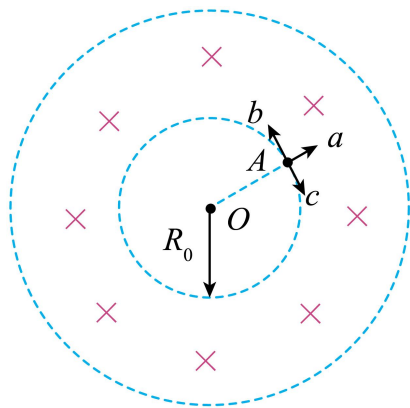
- A. 小球 A 运动到弹簧原长处速度最大 B. 剪断细线的瞬间，小球 A 的加速度大小为 $\frac{g}{2}$
- C. 小球 A 运动到最高点时，弹簧的伸长量为 $\frac{mg}{k}$ D. 小球 A 运动到最低点时，弹簧的伸长量为 $\frac{2mg}{k}$

9. 如图，一定量的理想气体从状态 A 经等容过程到达状态 B，然后经等温过程到达状态 C。已知质量一定的某种理想气体的内能只与温度有关，且随温度升高而增大。下列说法正确的是（ ）



- A. A→B 过程为吸热过程 B. B→C 过程为吸热过程
- C. 状态 A 压强比状态 B 的小 D. 状态 A 内能比状态 C 的小

10. 2025 年 5 月 1 日，全球首个实现“聚变能发电演示”的紧凑型全超导托卡马克核聚变实验装置 (BEST) 在我国正式启动总装。如图是托卡马克环形容器中磁场截面的简化示意图，两个同心圆围成的环形区域内有垂直纸面向里的匀强磁场，磁感应强度大小为 B ，内圆半径为 R_0 。在内圆上 A 点有 a 、 b 、 c 三个粒子均在纸面内运动，并都恰好到达磁场外边界后返回。已知 a 、 b 、 c 带正电且比荷均为 $\frac{q}{m}$ ， a 粒子的速度大小为 $v_a = \frac{qBR_0}{m}$ ，方向沿同心圆的径向； b 和 c 粒子速度方向相反且与 a 粒子的速度方向垂直。不考虑带电粒子所受的重力和相互作用。下列说法正确的是（ ）



A. 外圆半径等于 $2R_0$

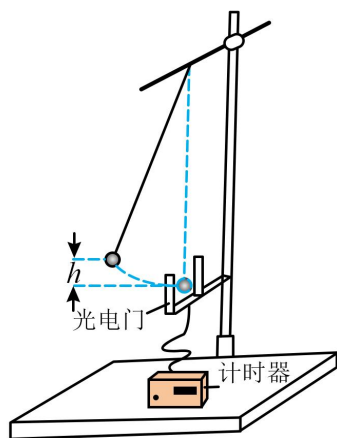
B. a 粒子返回 A 点所用的最短时间为

$$\frac{(3\pi+2)m}{qB}$$

C. b 、 c 粒子返回 A 点所用的最短时间之比为 $\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}+2}$ D. c 粒子的速度大小为 $\frac{\sqrt{2}}{2}v_a$

11. 某学习小组使用如图所示的实验装置验证机械能守恒定律。

把一个直径为 d 的小球用不可伸长的细线悬挂，光电门置于小球平衡位置处，其光线恰好通过小球球心，计时器与光电门相连。



将小球拉离平衡位置并记录其高度 h ，然后由静止释放（运动平面与光电门光线垂直），记录小球经过光电门的挡光时间 Δt 。改变 h ，测量多组数据。已知重力加速度为 g ，忽略阻力。

(1)以 h 为横坐标、_____（填“ Δt ”、“ $(\Delta t)^2$ ”、“ $\frac{1}{\Delta t}$ ”或“ $\frac{1}{(\Delta t)^2}$ ”）为纵坐标作直线图。若

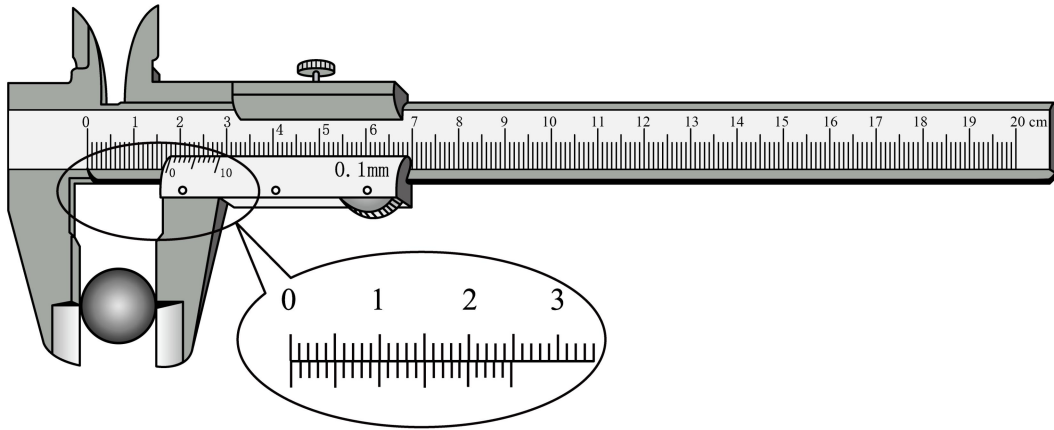
所得图像过原点，且斜率为_____（用 d 和 g 表示），即可证明小球在运动过程中机械能守恒。

(2)实验中，用游标卡尺测得小球直径 $d = 20.48\text{mm}$ 。

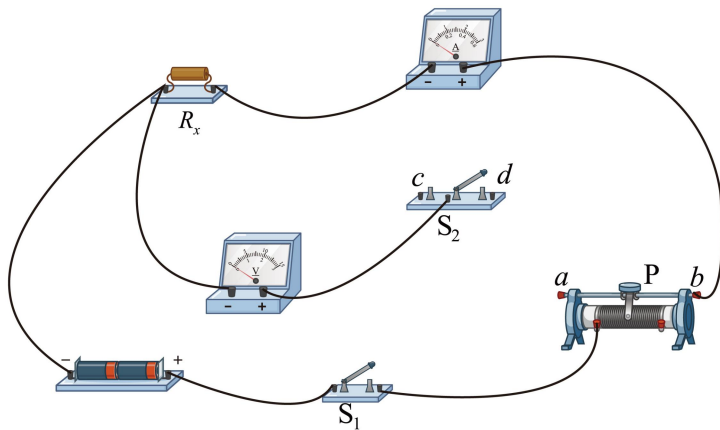
①由结果可知，所用的是_____分度的游标卡尺（填“10”、“20”或“50”）；

②小组设计了一把 25 分度的游标卡尺，未测量时的状态如图所示。如果用此游标卡尺测量

该小球直径、则游标尺上第_____条刻度线与主尺上的刻度线对齐。



12. 某兴趣小组设计测量电阻阻值的实验方案。可用器材有：电池（电动势1.5V）两节，电压表（量程3V，内阻约3kΩ），电流表（量程0.3A，内阻约1Ω），滑动变阻器（最大阻值20Ω），待测电阻 R_x ，开关 S_1 ，单刀双掷开关 S_2 ，导线若干。



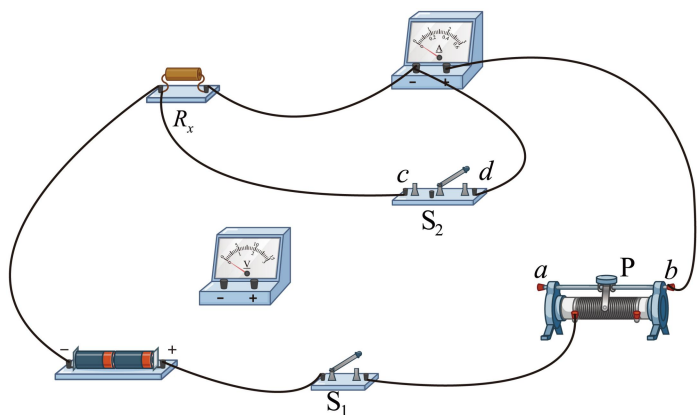
(1)首先设计如上图所示的电路。

①要求用 S_2 选择电流表内、外接电路，请在图1中补充连线将 S_2 的 c 、 d 端接入电路_____；

②闭合 S_1 前，滑动变阻器的滑片 P 应置于_____端（填“ a ”或“ b ”）；

③闭合 S_1 后，将 S_2 分别接 c 和 d 端，观察到这两种情况下电压表的示数有变化、电流表的示数基本不变，因此测量电阻时 S_2 应该接_____端（填“ c ”或“ d ”）。

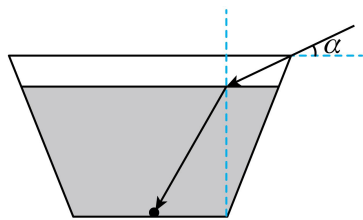
(2)为了消除上述实验中电表引入的误差、该小组又设计了如图所示的电路。



①请在上图中补充连线将电压表接入电路_____；

②闭合 S_1 ，将 S_2 分别接 c 和 d 端时，电压表、电流表的读数分别为 U_c 、 I_c 和 U_d 、 I_d 。则待测电阻阻值 $R_x = \underline{\hspace{2cm}}$ （用 U_c 、 U_d 、 I_c 和 I_d 表示）。

13. 已知一圆台容器，高 $H = 15\text{cm}$ ，上口径 $R = 13\text{cm}$ ，容器底部中心有一质点，未装入水时，人眼从容器边缘无法观测到该质点，装入某种液体后，恰好可以看到，此时液面高度 $h = 12\text{cm}$ ，人眼观测角度 α 满足 $\sin \alpha = \frac{3}{5}$ ，人眼到入射处距离为 5cm 。光在真空中的传播速度 $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ，求：



- (1)该液体的折射率；
- (2)光从底部质点反射至人眼全过程的时间。

14. 如图1所示，细杆两端固定，质量为 m 的物块穿在细杆上。初始时刻。物块刚好能静止在细杆上。现以水平向左的力 F 作用在物块上， F 随时间 t 的变化如图2所示。开始滑动瞬间的滑动摩擦力等于最大静摩擦力。细杆足够长，重力加速度为 g ， $\theta = 30^\circ$ 。

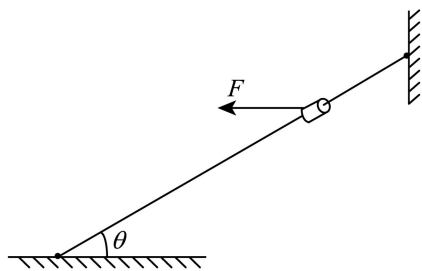


图1

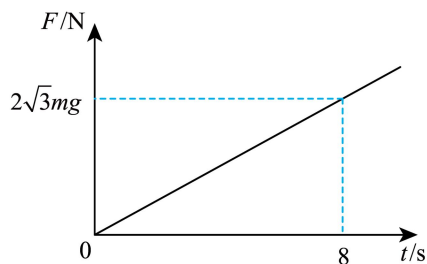


图2

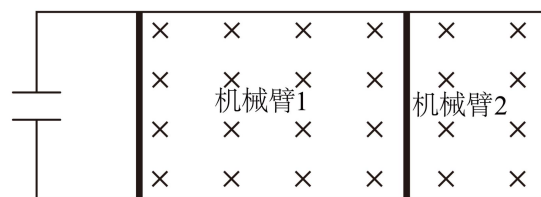
求：

(1) $t=6\text{s}$ 时 F 的大小，以及 t 在 $0\sim 6\text{s}$ 内 F 的冲量大小。

(2) t 在 $0\sim 6\text{s}$ 内，摩擦力 f 随时间 t 变化的关系式，并作出相应的 $f-t$ 图像。

(3) $t=6\text{s}$ 时，物块的速度大小。

15. 已知在一磁感强度为 B 的磁场中存在一光滑双轨，左端接入电容 C ，两机械臂 1 和机械臂 2（可视为杆），质量均为 m ，两机械臂接入磁场中的长度均为 L ，电阻均为 R 。机械臂 1 的初速度为 v_0 ，机械臂 2 静止，两者不相撞。求：



(1) 初始时刻机械臂 1 的感应电动势大小和感应电流方向；

(2) 在达到稳定前，两机械臂电流分别为 I_1 和 I_2 ，求此时两机械臂所受安培力的大小，以及此时电容器电荷量的表达式；

(3) 稳定时的速度和两棒间初始距离的最小值。

1. C

【详解】根据题意可知，用能量为50eV的电子碰撞He⁺离子，可使He⁺离子跃迁到n=3能级和n=2能级，由 $\Delta E = E_m - E_n = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$

$$\Delta E = E_m - E_n = h\nu = h \frac{c}{\lambda}$$

可知，波长最长的谱线对应的跃迁为n=3→n=2能级。

故选C。

2. A

【详解】A. 根据题意，由万有引力提供向心力有 $\frac{GMm}{R^2} = m \frac{v^2}{R}$

$$\text{解得 } v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

可知，若 $v = \sqrt{\frac{GM}{R}}$ ，小星球做匀速圆周运动，故A正确；

B. 结合A分析可知，若 $\sqrt{\frac{GM}{R}} < v < \sqrt{\frac{2GM}{R}}$ ，万有引力不足以提供小星球做匀速圆周运动所需要的向心力，小星球做离心运动，但又不能脱离恒星的引力范围，所以小星球做椭圆运动，而不是抛物线运动，故B错误；

C. 若 $v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$ ，这是小星球脱离恒星引力束缚的临界速度，小星球将做抛物线运动，而不是椭圆运动，故C错误；

D. 若 $v > \sqrt{\frac{2GM}{R}}$ ，小星球将脱离恒星引力束缚，做双曲线运动，不可能与恒星相撞，故D错误。

故选A。

3. A

【详解】根据题意，由牛顿第二定律有 $F - mg = ma$

$$\text{代入数据解得 } a = \frac{6 \times 10^6 - 5 \times 10^6}{5 \times 10^5} \text{ m/s}^2 = 2 \text{ m/s}^2$$

故选A。

4. B

【详解】根据题意可知，小球A和B碰撞过程中，水平方向上动量守恒，竖直方向上A球的竖直速度不变，设碰撞后A球水平速度为 v_1 ，B球水平速度为 v_2 ，则有 $mv = mv_1 + mv_2$

$$\text{碰撞为完全弹性碰撞，则由能量守恒定律有 } \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}mv_A^2 = \frac{1}{2}mv_A^2 + \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2$$

联立解得 $v_1 = v$ ， $v_2 = 0$

小球 A 在竖直方向上做匀加速直线运动，则有 $h = \frac{1}{2}gt^2$

解得 $t = 2\text{s}$

可知，碰撞后，小球 A 运动 $t' = 1\text{s}$ 落地，则水平方向上有 $x = vt'$

解得 $v = 3.0\text{m/s}$

故选 B。

5. D

【详解】A. MN 两点电势相等，电场线由上到下， NP 在同一电场线上，沿电场线电势逐渐降低，可知 N 点电势高于 P 点，可知 M 点电势高于 P 点，选项 A 错误；

B. M 点电场线分布比 N 点密集，可知 M 点电场强度比 N 点大，选项 B 错误；

CD. 负电荷从 M 点运动到 P 点，电势能增加，则电场力做负功，动能减小，速度减小，选项 C 错误，D 正确；

故选 D。

6. C

【详解】A. 在 $0 \sim \frac{T}{4}$ 时间内，磁感应强度 B 增加，根据 $\Phi = BS$ 则磁通量 Φ 增加，但是图像的斜率减小，即磁感应强度 B 的变化率逐渐减小，根据法拉第电磁感应定律可知 $E = \frac{\Delta B}{\Delta t}S$ ，感应电动势 E 逐渐减小，选项 A 错误；

B. 当 $t = \frac{T}{8}$ 和 $t = \frac{3T}{8}$ 时，因 $B-t$ 图像的斜率大小相等，符号相反，可知感应电动势 E 大小相等，方向相反，选项 B 错误；

C. $t = \frac{T}{4}$ 时， B 最大，则磁通量 Φ 最大，但是 B 的变化率为零，则感应电动势 E 为零，选项 C 正确；

D. $t = \frac{T}{2}$ 时， B 为零，则磁通量 Φ 为零，但是 B 的变化率最大，则感应电动势 E 最大，选项 D 错误。

故选 C。

7. B

【详解】A. 粒子在加速电场中被加速时 $U_1q = \frac{1}{2}mv_0^2$

在偏转电场中做类平抛运动，则 $l = v_0t$ $\frac{d}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{U_m q}{dm} t^2$

解得 $U_m = \frac{2d^2}{l^2}U_1$

选项 A 错误；

B. 当 $U_2 = \pm U_m$ 时粒子从板的边缘射出，恰能打到样品边缘时，则 $\frac{\frac{d}{2}}{\frac{a}{2}} = \frac{\frac{l}{2}}{\frac{l}{2} + L}$

解得 $L = \frac{(a-d)l}{2d}$

选项 B 正确；

C. 根据 $y = \frac{1}{2} \cdot \frac{U_m q}{dm} t^2 = \frac{U_m l^2}{4dU_1}$

若其它条件不变，要增加样品的辐照范围，则需减小 U_1 ，选项 C 错误；

D. 由图可知 t_1 时刻所加的向上电场电压小于 t_2 时刻所加的向下的电场的电压，则 t_1 时刻射入的粒子打到 A 点时的竖直位移小于打到 B 点时的竖直位移，则选项 D 错误。

故选 B。

8. BC

【详解】A. 剪断细线后，弹力大于 A 的重力，则 A 先向上做加速运动，随弹力的减小，则向上的加速度减小，当加速度为零时速度最大，此时弹力等于重力，弹簧处于拉伸状态，选项 A 错误；

B. 剪断细线之前则 $F_{\text{弹}} = 3mg$

剪断细线瞬间弹簧弹力不变，则对 A 由牛顿第二定律 $F_{\text{弹}} - 2mg = 2ma$

解得 A 的加速度 $a = \frac{g}{2}$

选项 B 正确；

C. 剪断细线之前弹簧伸长量 $x_1 = \frac{3mg}{k}$

剪断细线后 A 做简谐振动，在平衡位置时弹簧伸长量 $x_2 = \frac{2mg}{k}$

即振幅为 $A = x_1 - x_2 = \frac{mg}{k}$

由对称性可知小球 A 运动到最高点时，弹簧伸长量为 $\frac{mg}{k}$ ，选项 C 正确；

D. 由上述分析可知，小球 A 运动到最低点时，弹簧伸长量为 $\frac{3mg}{k}$ ，选项 D 错误。

故选 BC。

9. ACD

【详解】A. $A \rightarrow B$ 过程, 体积不变, 则 $W=0$, 温度升高, 则 $\Delta U > 0$, 根据热力学第一定律 $\Delta U = W + Q$ 可知 $Q > 0$, 即该过程吸热, 选项 A 正确;

B. $B \rightarrow C$ 过程, 温度不变, 则 $\Delta U = 0$, 体积减小, 则 $W > 0$, 根据热力学第一定律 $\Delta U = W + Q$ 可知 $Q < 0$, 即该过程为放热过程, 选项 B 错误;

C. $A \rightarrow B$ 过程, 体积不变, 温度升高, 根据 $\frac{pV}{T} = C$

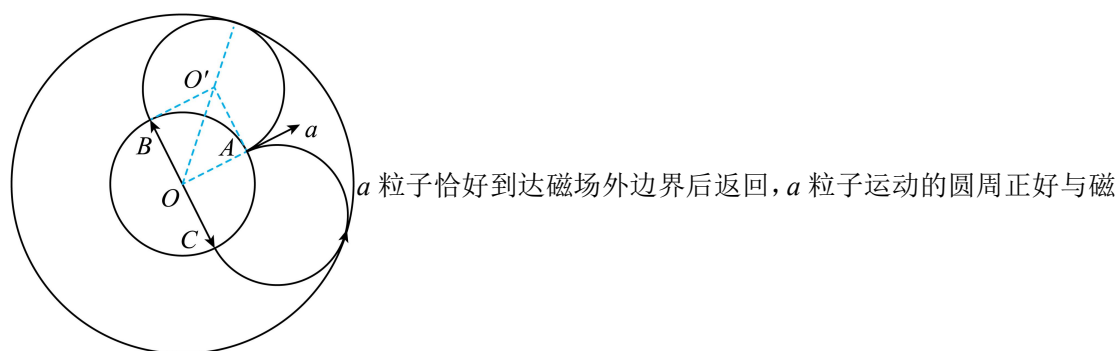
可知, 压强变大, 即状态 A 压强比状态 B 压强小, 选项 C 正确;

D. 状态 A 的温度低于状态 C 的温度, 可知状态 A 的内能比状态 C 的小, 选项 D 正确。

故选 ACD。

10. BD

【详解】由题意, 作出 α 粒子运动轨迹图, 如图所示



场外边界, 然后沿径向做匀速直线运动, 再做匀速圆周运动恰好回到 A 点,

根据 α 粒子的速度大小为 $v_a = \frac{qBR_0}{m}$

可得 $R_a = R_0$

设外圆半径等于 R' , 由几何关系得 $\angle AO'B = 270^\circ$

则 $R' = R_0 + \sqrt{2}R_0$

A 错误;

B. 由 A 项分析, α 粒子返回 A 点所用的最短时间为第一次回到 A 点的时间 t_{\min}

α 粒子做匀速圆周运动的周期 $T = \frac{2\pi R_0}{v_a} = \frac{2\pi m}{qB}$

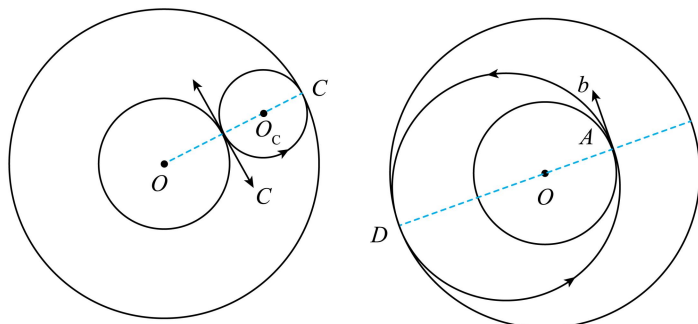
在磁场中运动的时间 $t_1 = \frac{540^\circ}{360^\circ} \cdot T = \frac{3\pi m}{qB}$

匀速直线运动的时间 $t_2 = \frac{2R_0}{v_a} = \frac{2m}{qB}$

故 a 粒子返回 A 点所用的最短时间为 $t_{\min} = t_1 + t_2 = \frac{(3\pi + 2)m}{qB}$

B 正确；

C. 由题意，作出 b 、 c 粒子运动轨迹图，如图所示



因为 b 、 c 粒子返回 A 点都是运动一个圆周，根据 b 、 c 带正电且比荷均为 $\frac{q}{m}$ ，所以两粒子做圆周运动周期相同，故所用的最短时间之比为 1:1，C 错误；

D. 由几何关系得 $2R_c = \sqrt{2}R_0$

洛伦兹力提供向心力有 $qv_c B = \frac{mv_c^2}{R_c}$

联立解得 $v_c = \frac{\sqrt{2}}{2}v_a$

D 正确。

故选 BD。

11. (1) $\frac{1}{(\Delta t)^2}$ $\frac{2g}{d^2}$

(2) 50 12

【详解】(1) [1][2] 小球经过光电门的挡光时间 Δt ，可得小球到达平衡位置 $v = \frac{d}{\Delta t}$

为验证机械能守恒定律，此过程中重力势能转化为动能有 $mgh = \frac{1}{2}mv^2$

联立解得 $\frac{1}{(\Delta t)^2} = \frac{2g}{d^2}h$

可得纵坐标为 $\frac{1}{(\Delta t)^2}$

图像的斜率为 $k = \frac{2g}{d^2}$ 。

(2) [1]10 分度、20 分度、50 分度的游标卡尺的精确度分别为 0.1mm、0.05mm、0.02mm

此游标卡尺测得小球直径 $d = 20.48\text{mm}$

可以判断所用的是 50 分度的游标卡尺。

[2]若为 25 分度的游标卡尺，其精确度为 0.04mm，用此游标卡尺测量该小球直径，可得

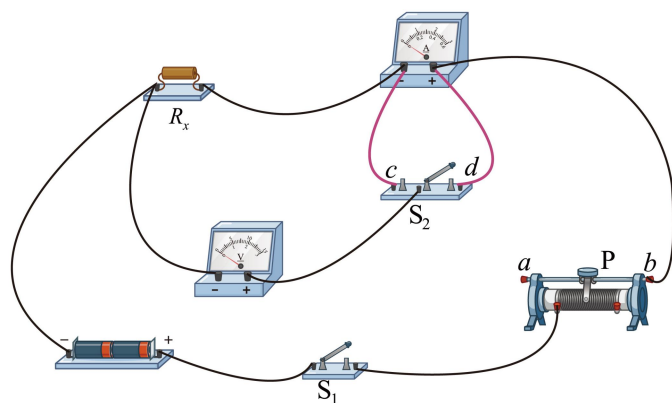
$$n = \frac{0.48}{0.04} = 12$$

则游标尺上第 12 条刻度线与主尺上的刻度线对齐。

12. (1) 见解析实物连接图 b c

(2) 见解析实物连接图 $\frac{U_c}{I_c} - \frac{U_d}{I_d}$

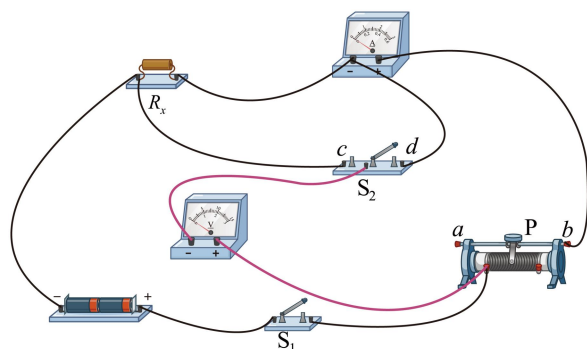
【详解】(1) [1]实物连接图如图所示，



[2]闭合 S_1 前，根据滑动变阻器的限流式接法，滑片 P 应置于 b 端，连入电路中的阻值最大，保护电路的安全。

[3]闭合 S_1 后，将 S_2 分别接 c 和 d 端，观察到这两种情况下电压表的示数有变化、电流表的示数基本不变，说明电流表分压明显，为减小实验误差，应采用电流表外接法，因此测量电阻时 S_2 应该接 c 端。

(2) [1]实物连接图如图所示，



[2]根据电路分析，当闭合 S_1 ，将 S_2 接 c 端时，电压表、电流表的读数分别为 U_c 、 I_c ，

$$\text{则 } \frac{U_c}{I_c} = R_x + R_A + R_{\text{滑}}$$

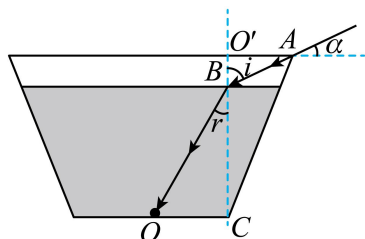
将 S_2 接 d 端时, 电压表、电流表的读数分别为 U_d 、 I_d , 则 $\frac{U_d}{I_d} = R_A + R_{滑}$

那么待测电阻阻值 $R_x = \frac{U_c}{I_c} - \frac{U_d}{I_d}$ 。

13. (1) $\frac{4}{3}$

(2) $1 \times 10^{-9} \text{s}$

【详解】(1) 根据题意, 画出光路图, 如图所示



由几何关系可得 $\sin i = \frac{4}{5}$, $O'B = H - h = 3 \text{cm}$

则有 $O'A = 4 \text{cm}$, $AB = 5 \text{cm}$

$$\text{则 } \sin r = \frac{OC}{OB} = \frac{R - O'A}{\sqrt{h^2 + (R - O'A)^2}} = \frac{3}{5}$$

由折射定律可得该液体的折射率为 $n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{4}{3}$

(2) 根据题意, 由图可知, 光在空气中传播的距离为 $s_1 = 10 \text{cm}$

光在液体中的传播距离为 $s_2 = OB = \sqrt{h^2 + (R - O'A)^2} = 15 \text{cm}$

光在液体中的传播速度为 $v = \frac{c}{n} = \frac{3c}{4}$

则光从底部质点反射至人眼全过程的时间 $t = \frac{s_1}{c} + \frac{s_2}{v} = \frac{0.1}{3 \times 10^8} \text{s} + \frac{0.15}{2.25 \times 10^8} \text{s} = 1 \times 10^{-9} \text{s}$

14. (1) $F = \frac{3\sqrt{3}mg}{2}$, $\frac{9\sqrt{3}mg}{2}$

(2) 见解析

(3) $v = \frac{11}{2}g$

【详解】(1) 由图 2 可知 F 随时间线性变化, 根据数学知识可知 $F = \frac{\sqrt{3}mg}{4}t$

所以当 $t=6\text{s}$ 时, $F = \frac{3\sqrt{3}mg}{2}$

0~6s 内 F 的冲量为 $F-t$ 图围成的面积, 即 $I = \frac{1}{2} \times \frac{3\sqrt{3}}{2} mg \times 6 = \frac{9\sqrt{3}}{2} mg$

(2) 由于初始时刻, 物块刚好能静止在细杆上, 则有 $mg \sin 30^\circ = \mu mg \cos 30^\circ$

$$\text{即 } \mu = \tan 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

在垂直杆方向，当 $F \sin \theta = mg \cos \theta$ 时， $t = 4\text{s}$

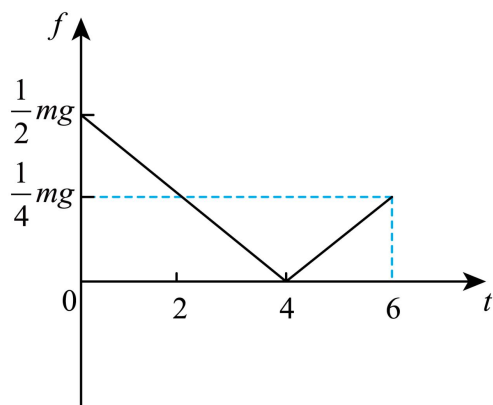
则 $0 \sim 4\text{s}$ ，垂直杆方向 $F \sin \theta + N = mg \cos \theta$

$$\text{摩擦力 } f = \mu N = \frac{\sqrt{3}}{3} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} mg - \frac{\sqrt{3}}{8} mgt \right) = \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{8} t \right) mg \quad (0 \leq t \leq 4)$$

在 $4 \sim 6\text{s}$ 内，垂直杆方向 $F \sin \theta = mg \cos \theta + N$

$$\text{摩擦力 } f = \mu N = \frac{\sqrt{3}}{3} \left(\frac{\sqrt{3}}{8} mgt - \frac{\sqrt{3}}{2} mg \right) = \left(\frac{1}{8} t - \frac{1}{2} \right) mg \quad (4 \leq t \leq 6)$$

相应的 $f-t$ 图像如图



(3) 在 $0 \sim 6\text{s}$ 内沿杆方向根据动量定理有 $I_f \cos \theta - I_f = mv$

在 $0 \sim 6\text{s}$ 内摩擦力的冲量为 $f-t$ 图围成的面积，则 $I_f = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} mg \times 4 + \frac{1}{2} \times \frac{1}{4} mg \times 2 = \frac{5}{4} mg$

$$\text{联立有 } \frac{9\sqrt{3}}{2} mg \cdot \cos 30^\circ - \frac{5}{4} mg = mv$$

$$\text{可得 } v = \frac{11}{2} g$$

15. (1) BLv_0 ，竖直向上

$$(2) BI_1 L, BI_2 L, Q = \frac{mC(BLv_0 - I_1 R + I_2 R)}{2m + B^2 L^2 C}$$

$$(3) \frac{mv_0}{CB^2 L^2 + 2m}, \frac{CRmv_0}{2m + CB^2 L^2}$$

【详解】(1) 初始时刻机械臂 1 的感应电动势大小为 $E = BLv_0$

由右手定则可知感应电流方向竖直向上。

(2) 在达到稳定前，两机械臂电流分别为 I_1 和 I_2 ，两机械臂安培力的大小分别为 $F_1 = BI_1 L$ ，

$$F_2 = BI_2L$$

设此时两机械臂的速度分别为 v_1 、 v_2

$$\text{根据动量守恒 } -B\bar{I}_1L\cdot\Delta t = mv_1 - mv_0, \quad B\bar{I}_2L\cdot\Delta t = mv_2$$

$$\text{而 } \bar{I}_1\cdot\Delta t = Q_1, \quad \bar{I}_2\cdot\Delta t = Q_2$$

$$\text{电容器的带电量 } Q = Q_1 - Q_2$$

$$\text{电容器两端的电压 } U = \frac{Q}{C} = BLv_1 - I_1R = BLv_2 + I_2R$$

$$\text{联立解得 } U = \frac{m(BLv_0 - I_1R + I_2R)}{2m + B^2L^2C}$$

$$\text{所以此时电容器电荷量为 } Q = CU = \frac{mC(BLv_0 - I_1R + I_2R)}{2m + B^2L^2C}$$

(3) 当 $I_1 = I_2 = 0$ 时, 两机械臂的速度相同, 此时 $U = BLv$

$$\text{可得两机械臂的速度为 } v = \frac{mv_0}{2m + B^2L^2C}$$

$$\text{此过程中, 对机械臂 1, 根据动量定理 } -\frac{B^2L^2\bar{v}}{R}\cdot\Delta t = -\frac{B^2L^2x_1}{R} = mv - mv_0$$

$$\text{对机械臂 2, 根据动量定理 } \frac{B^2L^2\bar{v}}{R}\cdot\Delta t = \frac{B^2L^2x_2}{R} = mv$$

$$\text{初始距离的最小值 } \Delta x = x_1 - x_2$$

$$\text{解得 } \Delta x = \frac{CRmv_0}{2m + B^2L^2C}$$