

一、单项选择题

1. 在地面上方某一点将一小球以一定的初速度沿水平方向抛出, 不计空气阻力, 则小球在随后的运动中()

- A. 速度和加速度的方向都在不断变化
- B. 速度与加速度方向之间的夹角一直减小
- C. 在相等的时间间隔内, 速率的改变量相等
- D. 在相等的时间间隔内, 动能的改变量相等

解析: A、平抛运动的物体其加速度恒定不变, 速度方向时刻变化; 故 A 错误;

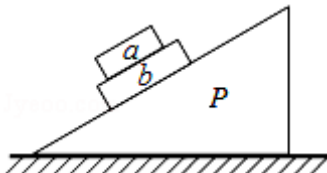
B、由于竖直分速度一直增大, 而水平分速度不变, 故合速度的方向由水平逐渐变为接近竖直, 故与竖直方向夹角越来越小; 与加速度方向的夹角越来越小; 故 B 正确;

C、由 $v=gt$ 可知, 在相等的时间间隔内速度的改变量相同; 但是速率为水平速度和竖直速度的合速度的大小; 故速率的改变量不相同; 故 C 错误;

D、由 C 可知, 速率的变化量不相等, 故由动能的表达式可知, 动能的改变量也不相等; 故 D 错误。

答案: B

2. 如图, 在水平桌面上放置一斜面体 P, 两长方体物块 a 和 b 叠放在 P 的斜面上, 整个系统处于静止状态。若将 a 和 b、b 与 P、P 与桌面之间摩擦力的大小分别用 f_1 、 f_2 和 f_3 表示。则()



- A. $f_1=0$, $f_2 \neq 0$, $f_3 \neq 0$
- B. $f_1 \neq 0$, $f_2=0$, $f_3=0$
- C. $f_1 \neq 0$, $f_2 \neq 0$, $f_3=0$
- D. $f_1 \neq 0$, $f_2 \neq 0$, $f_3 \neq 0$

解析: 对 a 物体分析可知, a 物体受重力、支持力的作用, 有沿斜面向下滑动的趋势, 因此 a 受到 b 向上的摩擦力; $f_1 \neq 0$;

再对 ab 整体分析可知, ab 整体受重力、支持力的作用, 有沿斜面向下滑动的趋势, 因此 b 受到 P 向上的摩擦力; $f_2 \neq 0$;

对 ab 及 P 组成的整体分析, 由于整体在水平方向不受外力, 因此 P 不受地面的摩擦力; $f_3=0$; 故只有 C 正确, ABD 错误。

答案: C

3. 如图, 光滑圆轨道固定在竖直面内, 一质量为 m 的小球沿轨道做完整的圆周运动。已知小球在最低点时对轨道的压力大小为 N_1 , 在最高点时对轨道的压力大小为 N_2 , 重力加速度大小为 g , 则 $N_1 - N_2$ 的值为()



- A. 3mg
- B. 4mg
- C. 5mg
- D. 6mg

解析：设最高点的速度为 v_2 ，最低点速度为 v_1 ；

对由最低点到最高点的过程中，根据机械能守恒定律可知：

$$-mg2R = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

根据向心力公式可得：

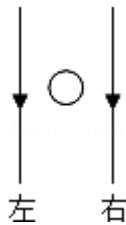
$$\text{最高点时：} N_2 + mg = m \frac{v_2^2}{R}$$

$$\text{最低点时：} N_1 - mg = m \frac{v_1^2}{R}$$

联立解得： $N_1 - N_2 = 6mg$ 。

答案：D

4. 如图，一圆形金属环与两固定的平行长直导线在同一竖直平面内，环的圆心与两导线距离相等，环的直径小于两导线间距。两导线中通有大小相等、方向向下的恒定电流。若（ ）



- A. 金属环向上运动，则环上的感应电流方向为顺时针方向
- B. 金属环向下运动，则环上的感应电流方向为顺时针方向
- C. 金属环向左侧直导线靠近，则环上的感应电流方向为逆时针
- D. 金属环向右侧直导线靠近，则环上的感应电流方向为逆时针

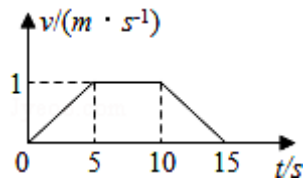
解析：AB、直导线之间的磁场时对称的，圆环在中间时，通过圆环的磁通量为零，金属环上下运动的时候，圆环的磁通量不变，不会有感应电流产生，故 AB 错误；

C、金属环向左侧直导线靠近，则穿过圆环的磁场垂直纸面向外并且增强，根据楞次定律可得，环上的感应电流方向为顺时针，故 C 错误；

D、金属环向右侧直导线靠近，则穿过圆环的磁场垂直纸面向里并且增强，根据楞次定律可得，环上的感应电流方向为逆时针，故 D 正确。

答案：D

5. 沿固定斜面下滑的物体受到与斜面平行向上的拉力 F 的作用, 其下滑的速度 - 时间图线如图所示。已知物体与斜面之间的动摩擦因数为常数, 在 $0\sim 5\text{s}$, $5\sim 10\text{s}$, $10\sim 15\text{s}$ 内 F 的大小分别为 F_1 、 F_2 和 F_3 , 则 ()



- A. $F_1 < F_2$
- B. $F_2 > F_3$
- C. $F_1 > F_3$
- D. $F_1 = F_3$

解析: 由速度时间图象的斜率可知, $0\sim 5\text{s}$ 内和 $10\sim 15\text{s}$ 内物体的加速度大小 a 相等。

在 $0\sim 5\text{s}$ 内, 物体加速下滑, 由牛顿第二定律可得: $mg\sin\theta - f - F_1 = ma$, 所以 $F_1 = mg\sin\theta - f - ma$;

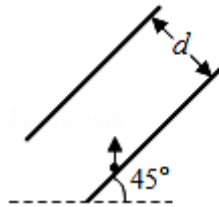
在 $5\sim 10\text{s}$, 物体匀速下滑, 受力平衡, 则 $mg\sin\theta - f = F_2$, 所以 $F_2 = mg\sin\theta - f$;

在 $10\sim 15\text{s}$ 内, 物体减速下滑, 由牛顿第二定律可得, $F_3 + f - mg\sin\theta = ma$, 所以 $F_3 = mg\sin\theta - f + ma$;

由以上分析可得, $F_1 < F_2 < F_3$ 。

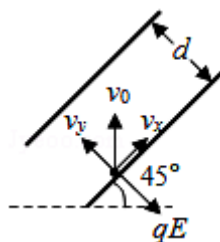
答案: A

6. 如图, 平行板电容器两极板的间距为 d , 极板与水平面成 45° 角, 上极板带正电。一电荷量为 q ($q > 0$) 的粒子在电容器中靠近下极板处。以初动能 E_{k0} 竖直向上射出。不计重力, 极板尺寸足够大, 若粒子能打到上极板, 则两极板间电场强度的最大值为 ()



- A. $\left| \frac{E_{k0}}{4qd} \right|$
- B. $\left| \frac{E_{k0}}{2qd} \right|$
- C. $\left| \frac{\sqrt{2}E_{k0}}{2qd} \right|$
- D. $\left| \frac{\sqrt{2}E_{k0}}{qd} \right|$

解析: 根据电荷的受力情况可知, 粒子在电场中做曲线运动, 如图所示,



当电场足够大时，粒子到达上极板时速度恰好与上极板平行，将粒子的速度 v 分解为垂直于板的 v_y 和平行于板的 v_x ，由于极板与水平面夹角 45° ，粒子的初速度方向竖直向上，所以粒子在垂直于板大小的动能为 $\frac{1}{2}E_{k0}$ ，电场力对粒子做的功为 $W=qEd$ ，当 $qEd=\frac{1}{2}E_{k0}$ 时，电场强度

最大，解得， $E=\frac{E_{k0}}{2qd}$ ，故 B 正确，ACD 错误。

答案：B

二、多项选择题

7. 通过观察冥王星的卫星，可以推算出冥王星的质量。假设卫星绕冥王星做匀速圆周运动，除了引力常量外，至少还需要两个物理量才能计算出冥王星的质量。这两个物理量可以是（ ）

- A. 卫星的速度和角速度
- B. 卫星的质量和轨道半径
- C. 卫星的质量和角速度
- D. 卫星的运行周期和轨道半径

解析：卫星围绕冥王星做匀速圆周运动，万有引力提供向心力，

A、已知卫星的速度和角速度，则轨道半径 $r=\frac{v}{\omega}$ ，根据 $G\frac{Mm}{r^2}=m\omega v$ 即可求解冥王星质量 M ，

故 A 正确；

B、根据 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{v^2}{r}$ 可知，卫星的质量可以约去，只知道半径不能求出冥王星质量，故 B 错

误；

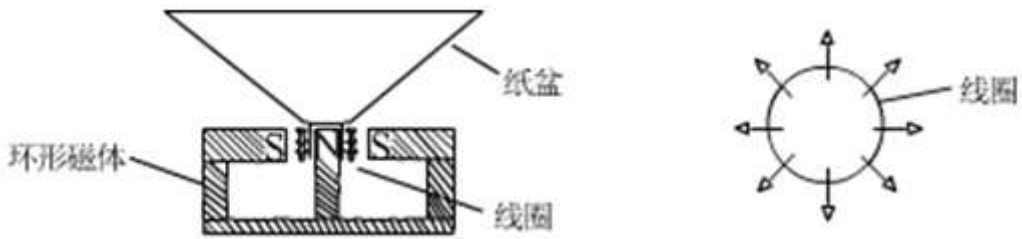
C、根据 $G\frac{Mm}{r^2}=m\omega^2 r$ 可知，卫星的质量可以约去，只知道角速度不能求出冥王星质量，故

C 错误；

D、根据 $G\frac{Mm}{r^2}=m\frac{4\pi^2 r}{T^2}$ 可知，知道卫星的运行周期和轨道半径可求解冥王星质量 M ，故 D 正确。

答案：AD

8. 如图所示，扬声器中有一线圈处于磁场中，当音频电流信号通过线圈时，线圈带动纸盆振动，发出声音。俯视图表示处于辐射状磁场中的线圈（线圈平面即纸面），磁场方向如图中箭头所示，在俯视图中（ ）



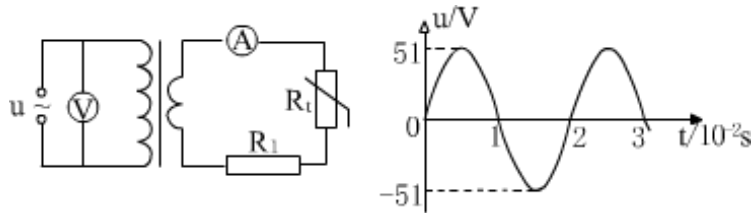
- A. 当电流沿顺时针方向时，线圈所受安培力的方向垂直于纸面向里
- B. 当电流沿顺时针方向时，线圈所受安培力的方向垂直于纸面向外
- C. 当电流沿逆时针方向时，线圈所受安培力的方向垂直于纸面向里
- D. 当电流沿逆时针方向时，线圈所受安培力的方向垂直于纸面向外

解析：A、把线圈看成一小段一小段的直导线连接而成，当电流沿顺时针方向时，根据左手定则可知，每一小段直导线受到的安培力都是垂直于纸面向外，则线圈所受安培力的方向垂直于纸面向外，故 A 错误，B 正确；

C、把线圈看成一小段一小段的直导线连接而成，当电流沿逆时针方向时，根据左手定则可知，每一小段直导线受到的安培力都是垂直于纸面向里，则线圈所受安培力的方向垂直于纸面向里，故 D 错误，C 正确。

答案：BC

9. 如图所示，理想变压器的原、副线圈的匝数比为 4: 1， R_T 为阻值随温度升高而减小的热敏电阻， R_1 为定值电阻，电压表和电流表均为理想交流电表。原线圈所接电压 u 随时间 t 按正弦规律变化。下列说法正确的是 ()



- A. 变压器输入。输出功率之比为 4: 1
- B. 变压器原、副线圈中的电流强度之比为 1: 4
- C. u 随 t 变化的规律为 $u=51\sin(50\pi t)$ (国际单位制)
- D. 若热敏电阻 R_T 的温度升高，则电压表的示数不变，电流表的示数变大

解析：A、原副线圈输入功率和输出功率相等，故 A 错误。

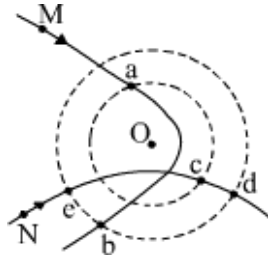
B、根据 $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$ 得，原副线圈的电流之比为 1: 4，故 B 正确。

C、交变电压的峰值为 51V，周期 $T=0.02s$ ，则角速度 $\omega = \frac{2\pi}{T} = 100\pi \text{ rad/s}$ ，则 u 随 t 的变化规律为 $u=51\sin(100\pi)t$ ，故 C 错误。

D、若热敏电阻 R_T 的温度升高，则热敏电阻的阻值减小，由于原线圈的电压不变，则副线圈的电压不变，副线圈中的电流变大，故 D 正确。

答案：BD

10. 如图，一带正电的点电荷固定于 O 点，两虚线圆均以 O 为圆心，两实线分别为带电粒子 M 和 N 先后在电场中运动的轨迹，a、b、c、d、e 为轨迹和虚线圆的交点。不计重力。下列说法正确的是 ()



- A. M 带负电荷, N 带正电荷
- B. M 在 b 点的动能小于它在 a 点的动能
- C. N 在 d 点的电势能等于它在 e 点的电势能
- D. N 在从 c 点运动到 d 点的过程中克服电场力做功

解析: A、由粒子运动轨迹可知, M 受到的是吸引力, N 受到的是排斥力, 可知 M 带负电荷, N 带正电荷, 故 A 正确。

B、M 从 a 到 b 点, 库仑力做负功, 根据动能定理知, 动能减小, 则 b 点的动能小于在 a 点的动能, 故 B 正确。

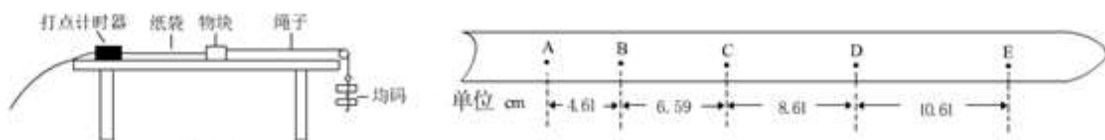
C、d 点和 e 点在同一等势面上, 电势相等, 则 N 在 d 点的电势能等于在 e 点的电势能, 故 C 正确。

D、N 从 c 到 d, 库仑斥力做正功, 故 D 错误。

答案: ABC

三、实验题

11. 某同学利用图所示的实验装置探究物块速度随时间的变化。物块放在桌面上, 细绳的一端与物块相连, 另一端跨过滑轮挂上钩码。打点计时器固定在桌面左端, 所用交流电源频率为 50Hz。纸带穿过打点计时器连接在物块上。启动打点计时器, 释放物块, 物块在钩码的作用下拖着纸带运动。打点计时器打出的纸带如图所示(图中相邻两点间有 4 个点未画出)。



根据实验数据分析, 该同学认为物块的运动为匀加速运动。回答下列问题:

- (1) 在打点计时器打出 B 点时, 物块的速度大小为 ___ m/s。在打出 D 点时, 物块的速度大小为 ___ m/s (保留两位有效数字)。

解析: 根据匀变速直线运动中中间时刻的瞬时速度等于该过程中的平均速度, 所以

$$v_B = \frac{x_{AC}}{2T} = \frac{(4.61 + 6.59) \times 10^{-2}}{0.2} = 0.56 \text{ m/s}$$

$$v_D = \frac{(8.61 + 10.61) \times 10^{-2}}{0.2} = 0.96 \text{ m/s}$$

答案: 0.56 0.96

- (2) 物块的加速度大小为 ___ m/s² (保留两位有效数字)。

解析：根据匀变速直线运动的推论公式 $\Delta x = aT^2$ 可以求出加速度的大小，得

$$x_3 - x_1 = 2a_1T^2$$

$$x_4 - x_2 = 2a_2T^2$$

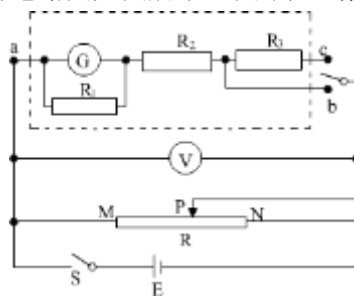
为了更加准确的求解加速度，我们对两个加速度取平均值

$$a = \frac{1}{2} (a_1 + a_2) = \frac{(x_3 + x_4) - (x_1 + x_2)}{4T^2} =$$

$$\frac{[(8.61 + 10.61) - (4.61 + 6.59)] \times 10^{-2}}{4 \times 0.1^2} = 2.0 \text{ m/s}^2.$$

答案：2.0

12. 某同学改装和校准电压表的电路图如图所示，图中虚线框内是电压表的改装电路。



(1) 已知表头 G 满偏电流为 $100 \mu\text{A}$ ，表头上标记的内阻值为 900Ω 。 R_1 、 R_2 和 R_3 是定值电阻。利用 R_1 和表头构成 1mA 的电流表，然后再将其改装为两个量程的电压表。若使用 a 、 b 两个接线柱，电压表的量程为 1V ；若使用 a 、 c 两个接线柱，电压表的量程为 3V 。则根据题给条件，定值电阻的阻值应选 $R_1 = \underline{\quad} \Omega$ ， $R_2 = \underline{\quad} \Omega$ ， $R_3 = \underline{\quad} \Omega$ 。

解析：根据题意， R_1 与表头 G 构成 1mA 的电流表，则： $I_g R_g = (I - I_g) R_1$ ，整理得

$$R_1 = 100 \Omega$$

$$R_2 = \frac{U_{ab} - I_g R_g}{I} = \frac{1 - 0.09}{1 \times 10^{-3}} \Omega = 910 \Omega$$

若使用 a 、 b 两个接线柱，电压表的量程为 1V ，则

若使用 a 、 c 两个接线柱，电压表的量程为 3V ，则 $R_3 = \frac{U_{ac} - I_g R_g - IR_2}{I} =$

$$\frac{3 - 0.09 - 1 \times 10^{-3} \times 910}{1 \times 10^{-3}} \Omega = 2000 \Omega$$

答案：100 910 2 000

(2)用量程为 3V, 内阻为 $2500\ \Omega$ 的标准电压表 V 对改装表 3V 挡的不同刻度进行校准。所用电池的电动势 E 为 5V; 滑动变阻器 R 有两种规格, 最大阻值分别为 $50\ \Omega$ 和 $5\text{k}\ \Omega$ 。为了方便实验中调节电压, 图中 R 应选用最大阻值为 $\underline{\hspace{2cm}}$ Ω 的滑动变阻器。

解析: 电压表与之并联之后, 电阻小于 $2500\ \Omega$, 对于分压式电路, 要求滑动变阻器的最大值远小于并联部分, 同时还要便于调节, 故滑动变阻器选择小电阻, 即选择 $50\ \Omega$ 的电阻。

答案: 50

(3)校准时, 在闭合开关 S 前, 滑动变阻器的滑动端 P 应靠近 $\underline{\hspace{2cm}}$ (填 M 或 N) 端。

解析: 在闭合开关 S 前, 滑动变阻器的滑动端 P 应靠近 M 端, 这样把并联部分电路短路, 起到一种保护作用。

答案: M

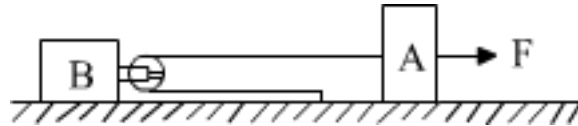
(4)若由于表头 G 上标记的内阻值不准, 造成改装后电压表的读数比标准电压表的读数偏小, 则表头 G 内阻的真实值 $\underline{\hspace{2cm}}$ (填大于或小于) $900\ \Omega$ 。

解析: 造成改装后电压表的读数比标准电压表的读数偏小, 说明通过表头 G 的电流偏小, 则实际其电阻偏大, 故其实际阻值大于 $900\ \Omega$ 。

答案: 大于

四、计算题

13. 水平地面上有质量分别为 m 和 $4m$ 的物 A 和 B, 两者与地面的动摩擦因数均为 μ 。细绳的一端固定, 另一端跨过轻质动滑轮与 A 相连, 动滑轮与 B 相连, 如图所示。初始时, 绳出于水平拉直状态。若物块 A 在水平向右的恒力 F 作用下向右移动了距离 s , 重力加速度大小为 g 。求:



(1)物块 B 克服摩擦力所做的功。

解析: 物块 A 移动了距离 s , 则物块 B 移动的距离为

$$s_B = \frac{1}{2}s$$

物块 B 受到的摩擦力大小为

$$f = 4\mu mg$$

物块 B 克服摩擦力所做的功为

$$W = fs_B = 4\mu mg \times \frac{1}{2}s = 2\mu mgs。$$

答案: 物块 B 克服摩擦力所做的功为 $2\mu mgs$

(2)物块 A、B 的加速度大小。

解析: 设物块 A、B 的加速度大小分别为 a_A 、 a_B , 绳中的张力为 T 。由牛顿第二定律得

$$F - \mu mg - T = ma_A$$

$$2T - 4\mu mg = 4ma_B$$

由 A 和 B 的位移关系得

$$a_A = 2a_B$$

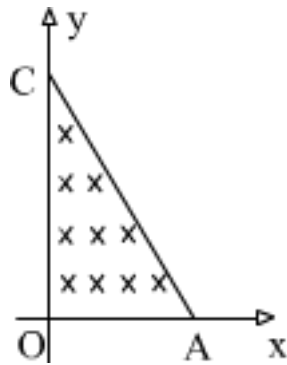
联立上式得

$$a_A = \frac{F - 3\mu mg}{2m}$$

$$a_B = \frac{F - 3\mu mg}{4m}。$$

答案：物块 A、B 的加速度大小分别为 $\frac{F - 3\mu mg}{2m}$ 和 $\frac{F - 3\mu mg}{4m}$

14. 如图，A、C 两点分别位于 x 轴和 y 轴上， $\angle OCA = 30^\circ$ ，OA 的长度为 L。在 $\triangle OCA$ 区域内有垂直于 xOy 平面向里的匀强磁场。质量为 m、电荷量为 q 的带正电粒子，以平行于 y 轴的方向从 OA 边射入磁场。已知粒子从某点射入时，恰好垂直于 OC 边射出磁场，且粒子在磁场中运动的时间为 t_0 。不计重力。



(1) 求磁场的磁感应强度的大小。

解析：粒子在磁场中做匀速圆周运动，在时间 t_0 内其速度方向改变了 90° ，故其周期 $T = 4t_0$

设磁感应强度大小为 B，粒子速度为 v，圆周运动的半径为 r。由洛伦兹力公式和牛顿定律得

$$qvB = m \frac{v^2}{r}$$

匀速圆周运动的速度满足

$$v = \frac{2\pi r}{T}$$

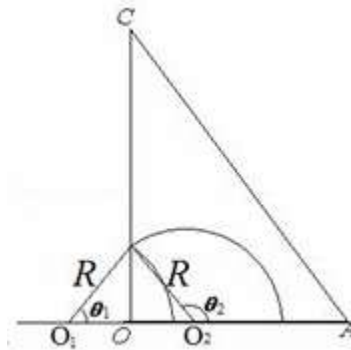
联立上式得

$$B = \frac{\pi m}{2qt_0}。$$

答案：磁场的磁感应强度的大小 $\frac{\pi m}{2qt_0}$

(2) 若粒子先后从两不同点以相同的速度射入磁场，恰好从 OC 边上的同一点射出磁场，求该粒子这两次在磁场中运动的时间之和。

解析：设粒子从 OA 边两个不同位置射入磁场，能从 OC 边上的同一点 P 射出磁场，粒子在磁场中运动的轨迹如图所示。



设两轨迹所对应的圆心角分别为 θ_1 和 θ_2 。由几何关系有

$$\theta_1 = 180^\circ - \theta_2$$

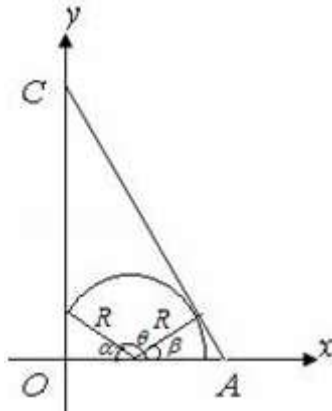
粒子两次在磁场中运动的时间分别为 t_1 与 t_2 ，则

$$t_1 + t_2 = \frac{T}{2} = 2t_0$$

答案：该粒子这两次在磁场中运动的时间之和 $2t_0$

(3) 若粒子从某点射入磁场后，其运动轨迹与 AC 边相切，且在磁场内运动的时间为 $\frac{5}{3}t_0$ ，求粒子此次入射速度的大小。

解析：如图所示，由题给条件可知，该粒子在磁场区域中的轨迹圆弧对应的圆心角为 150° 。



设 O' 为圆弧的圆心，圆弧的半径为 r_0 ，圆弧与 AC 相切于 B 点，从 D 点射出磁场，

由几何关系和题给条件可知，此时有

$$\angle O'O'D = \angle B'O'A = 30^\circ$$

$$r_0 \cos \angle O'O'D + \frac{r_0}{\cos \angle B'O'A} = L$$

设粒子此次入射速度的大小为 v_0 ，

$$\text{由圆周运动线速度公式，则有： } v_0 = \frac{2\pi r_0}{T}$$

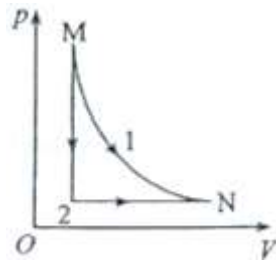
联立上式得

$$v_0 = \frac{\sqrt{3} \pi L}{7 t_0}。$$

答案：粒子此次入射速度的大小 $\frac{\sqrt{3} \pi L}{7 t_0}$

五、选考题

15. 一定量的理想气体从状态 M 可以经历过程 1 或者过程 2 到达状态 N，其 p - V 图象如图所示。在过程 1 中，气体始终与外界无热量交换；在过程 2 中，气体先经历等容变化再经历等压变化。对于这两个过程，下列说法正确的是（ ）



- A. 气体经历过程 1，其温度降低
- B. 气体经历过程 1，其内能减小
- C. 气体在过程 2 中一直对外放热
- D. 气体在过程 2 中一直对外做功
- E. 气体经历过程 1 的内能改变量与经历过程 2 的相同

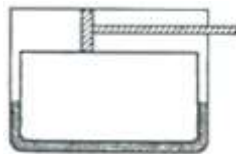
解析：AB、气体经历过程 1，压强减小，体积变大，膨胀对外做功，内能减小，故温度降低，故 AB 正确；

CD、气体在过程 2 中，根据理想气体状态方程 $\frac{PV}{T}=C$ ，刚开始时，体积不变，压强减小，则温度降低，对外放热，然后压强不变，体积变大，膨胀对外做功，则温度升高，吸热，故 CD 错误；

E、无论是经过 1 过程还是 2 过程，初、末状态相同，故内能改变量相同，故 E 正确。

答案：ABE

16. 如图，密闭汽缸两侧与一 U 形管的两端相连，汽缸壁导热；U 形管内盛有密度为 $\rho = 7.5 \times 10^2 \text{kg/m}^3$ 的液体。一活塞将汽缸分成左、右两个气室，开始时，左气室的体积是右气室的体积的一半，气体的压强均为 $P_0 = 4.5 \times 10^3 \text{PA}$ 。外界温度保持不变。缓慢向右拉活塞使 U 形管两侧液面的高度差 $h = 40 \text{cm}$ ，求此时左、右两气室的体积之比，取重力加速度大小 $g = 10 \text{m/s}^2$ ，U 形管中气体的体积和活塞拉杆的体积忽略不计。



解析：设初始状态时汽缸左气室的体积为 V_{01} ，右气室的体积为 V_{02} ；当活塞至汽缸中某位置时，左、右气室的压强分别为 p_1 、 p_2 ，体积分别为 V_1 、 V_2 ，由玻意耳定律得

$$p_0 V_{01} = p_1 V_1$$

$$p_0 V_{02} = p_2 V_2$$

依题意有

$$V_{01} + V_{02} = V_1 + V_2$$

由力的平衡条件有

$$p_2 - p_1 = \rho gh$$

联立上式，并代入题给数据得

$$2V_1^2 + 3V_{01} V_1 = 9V_{01}^2$$

由此解得

$$V_1 = \frac{3}{2} V_{01} \text{ (另一解不合题意, 舍去)}$$

由上式和题给条件得

$$V_1 : V_2 = 1 : 1.$$

答案：此时左、右两气室的体积之比 1：1

17. 下列说法正确的是()

- A. 在同一地点，单摆做简谐振动的周期的平方与其摆长成正比
- B. 弹簧振子做简谐振动时，振动系统的势能与动能之和保持不变
- C. 在同一地点，当摆长不变时，摆球质量越大，单摆做简谐振动的周期越小
- D. 系统做稳定的受迫振动时，系统振动的频率等于周期性驱动力的频率
- E. 已知弹簧振子初始时刻的位置及其振动周期，就可知振子在任意时刻运动速度的方向

解析：A、根据单摆的周期公式 $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ ，得 $T^2 = \frac{4\pi^2}{g} L$ 。在同一地点， g 一定，则知 T^2 与

L 成正比，即单摆做简谐振动的周期的平方与其摆长成正比。故 A 正确。

B、弹簧振子做简谐振动时，振动系统的机械能守恒，即振动系统的势能与动能之和保持不变。故 B 正确。

C、根据单摆的周期公式 $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ ，知单摆做简谐振动的周期与摆球质量无关，故 C 错误。

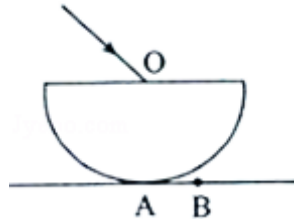
D、系统做稳定的受迫振动时，系统振动的频率等于周期性驱动力的频率，与固有频率无关，故 D 正确。

E、振动质点在同一位置振动方向有两种，所以已知弹簧振子初始时刻的位置，不知道初始时刻振子的振动方向，根据振动周期，不能知道振子在任意时刻运动速度的方向。

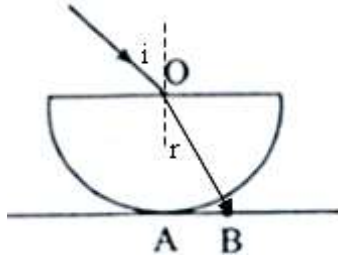
答案：ABD

18. 如图，半径为 R 的半球形玻璃体置于水平桌面上，半球的上表面水平，球面与桌面相切于 A 点。一细束单色光经球心 O 从空气中摄入玻璃体内(入射面即纸面)

，入射角为 45° ，出射光线射在桌面上 B 点处。测得 AB 之间的距离为 $\frac{R}{2}$ 。现将入射光束在纸面内向左平移，求射入玻璃体的光线在球面上恰好发生全反射时，光束在上表面的入射点到 O 点的距离。不考虑光线在玻璃体内的多次反射。



解析：当光线经球心 O 入射时，光路图如右上图所示。



设玻璃的折射率为 n ，由折射定律有：

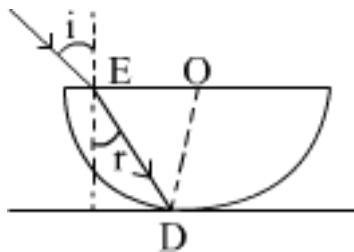
$$n = \frac{\sin i}{\sin r}$$

式中，入射角 $i=45^\circ$ ， r 为折射角。

$\triangle OAB$ 为直角三角形，因此 $\sin r = \frac{AB}{\sqrt{OA^2 + AB^2}}$

发生全反射时，临界角 C 满足： $\sin C = \frac{1}{n}$

在玻璃体球面上光线恰好发生全反射时，光路图如右下图所示。



设此时光线入射点为 E，折射光线射到玻璃体球面的 D 点。由题意有 $\angle EDO = C$

在 $\angle EDO$ 内，根据正弦定理有 $\frac{OD}{\sin(90^\circ - r)} = \frac{OE}{\sin C}$

联立以上各式并利用题给条件得 $OE = \frac{\sqrt{2}}{2}R$ 。

答案：光束在上表面的入射点到 O 点的距离为 $\frac{\sqrt{2}}{2}R$ 。

19. 下列说法正确的是()

- A. 爱因斯坦在光的粒子性的基础上，建立了光电效应方程
- B. 康普顿效应表明光子只具有能量，不具有动量
- C. 波尔的原子理论成功地解释了氢原子光谱的实验规律
- D. 卢瑟福根据 α 粒子散射实验提出了原子的核式结构模型

E. 德布罗意指出微观粒子的动量越大，其对应的波长就越长

解析：A、爱因斯坦提出了光子假说，建立了光电效应方程，故 A 正确；

B、康普顿效应表明光子有能量，也有动量，故 B 错误；

C、玻尔的原子理论只能成功地解释了氢原子光谱的实验规律，故 C 正确；

D、卢瑟福根据 α 粒子散射实验，提出了原子的核式结构模型，故 D 正确；

E、依据德布罗意波长公式 $\lambda = \frac{h}{p}$ ，可知，微观粒子的动量越大，其对应的波长就越短，故 E

错误。

答案：ACD

20. 如图，物块 A 通过一不可伸长的轻绳悬挂在天花板下，初始时静止；从发射器(图中未画出)射出的物块 B 沿水平方向与 A 相撞，碰撞后两者粘连在一起运动，碰撞前 B 的速度的大小 v 及碰撞后 A 和 B 一起上升的高度 h 均可由传感器(图中未画出)测得。某同学以 h 为纵坐标， v^2 为横坐标，利用实验数据作直线拟合，求得该直线的斜率为 $k=1.92 \times 10^{-3} \text{ s}^2/\text{m}$ 。已知物块 A 和 B 的质量分别为 $m_A=0.400\text{kg}$ 和 $m_B=0.100\text{kg}$ ，重力加速度大小 $g=9.8\text{m/s}^2$ 。

(1) 若碰撞时间极短且忽略空气阻力，求 $h - v^2$ 直线斜率的理论值 k_0 。

解析：设物块 A 和 B 碰撞后共同运动的速度为 v' ，取向右为正方向，由动量守恒定律有：

$$m_B v = (m_A + m_B) v'$$

在碰撞后 A 和 B 共同上升的过程中，由机械能守恒定律有

$$\frac{1}{2} (m_A + m_B) v'^2 = (m_A + m_B) gh$$

联立上式得

$$h = \frac{m_B^2}{2g(m_A + m_B)^2} v^2$$

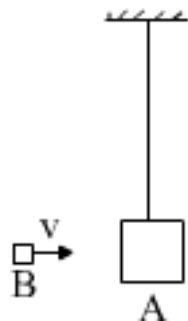
由题意得：

$$h - v^2 \text{ 直线斜率的理论值 } k_0 = \frac{m_B^2}{2g(m_A + m_B)^2}$$

代入题给数据得 $k_0 = 2.04 \times 10^{-3} \text{ s}^2/\text{m}$ 。

答案：若碰撞时间极短且忽略空气阻力， $h - v^2$ 直线斜率的理论值 k_0 是 $2.04 \times 10^{-3} \text{ s}^2/\text{m}$ 。

(2) 求 k 值的相对误差 δ ($\delta = \frac{|k - k_0|}{k_0} \times 100\%$)，结果保留 1 位有效数字。



解析：按照定义知，k 值的相对误差 $\delta = \frac{|k - k_0|}{k_0} \times 100\%$

由上式和题给条件得 $\delta = 6\%$ 。

答案：k 值的相对误差 δ 是 6%