

## 2016年普通高等学校招生全国统一考试

### 物 理

#### 注意事项：

1. 本试卷分第I卷（选择题）和第II卷（非选择题）两部分。答卷前，考生务必将自己的姓名、准考证号填写在答题卡上。
2. 回答第I卷时，选出每小题答案后，用铅笔把答题卡上对应题目的答案标号涂黑。如需改动，用橡皮擦干净后，再选涂其他答案标号。写在本试卷上无效。
3. 回答第II卷时，将答案写在答题卡上。写在本试卷上无效。
4. 考试结束后，将本试卷和答题卡一并交回。

### 第 I 卷

一、单项选择题 本题共 6 小题，每小题 3 分。在每小题给出的四个选项中，只有一项是符合题目要求的。

1. 在地面上方某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

【答案】B

【解析】由于物体只受重力作用，做平抛运动，故加速度不变，速度大小和方向时刻在变化，选项 A 错误；设某时刻速度与竖直方向夹角为  $\theta$ ，则  $\tan \theta = \frac{v_0}{v_y} = \frac{v_0}{gt}$ ，随着时间  $t$  变大， $\tan \theta$  变小， $\theta$  变小，故选项 B 正确；根据加速度定义式  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = g$ ，则  $\Delta v = g\Delta t$ ，即在相等的时间间隔内，速度的改变量相等，故选项 C 错误；根据动能定理，在相等的时间间隔内，动能的改变量等于重力做的功，即  $W_G = mgh$ ，对于平抛运动，由于在竖直方向上，在相等时间间隔内的位移不相等，故选项 D 错误。

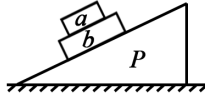
【学科网考点定位】平抛运动、动能定理

【名师点睛】解决本题的关键知道平抛运动在水平方向和竖直方向上的运动规律，结合加速度公式和动能

定理公式灵活求解即可。

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.  $f_1 \neq 0, f_2 \neq 0, f_3 \neq 0$

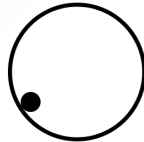
【答案】C

【解析】对整体受力分析可知，整体相对地面没有相对运动趋势，故  $f_3=0$ ；再将  $a$  和  $b$  看成一个整体， $a$ 、 $b$  整体有相对斜面向下运动的趋势，故  $b$  与  $P$  之间有摩擦力，即  $f_2 \neq 0$ ；再对  $a$  受力分析可知， $a$  相对于  $b$  有向下运动的趋势， $a$  和  $b$  之间存在摩擦力作用，即  $f_1 \neq 0$ 。选项 C 正确。

【学科网考点定位】共点力的平衡、整体法、隔离法

【名师点睛】“整体隔离法”是力学中的重要方法，一定要熟练掌握，注意对于由多个物体组成的系统，不涉及内力时优先考虑以整体为研究对象。

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.  $6mg$

【答案】D

【解析】设小球在最低点时速度为  $v_1$ ，在最高点时速度为  $v_2$ ，根据牛顿第二定律有，在最低点：

$$N_1 - mg = \frac{mv_1^2}{R}, \text{ 在最高点: } N_2 + mg = \frac{mv_2^2}{R}; \text{ 从最高点到最低点, 根据动能定理有 } mg \cdot 2R = \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2}, \text{ 联立}$$

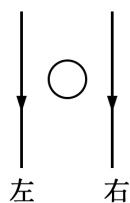
可得:  $N_1 - N_2 = 6mg$ , 故选项 D 正确。

【学科网考点定位】牛顿第二定律、动能定理

【名师点睛】解决本题的关键知道向心力的来源，知道最高点的临界情况，通过动能定理和牛顿第二定律进行求解。

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方向
- 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方向

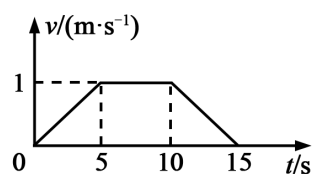
**【答案】D**

**【解析】**当金属环上下移动时，穿过环的磁通量不发生变化，根据楞次定律，没有感应电流产生，选项 AB 错误；当金属环向左移动时，穿过环的磁通量垂直纸面向外且增强，根据楞次定律可知，产生顺时针方向的感应电流，故选项 C 错误；当金属环向右移动时，穿过环的磁通量垂直纸面向里且增强，根据楞次定律可知，产生逆时针方向的感应电流，故选项 D 正确。

**【学科网考点定位】**楞次定律

**【名师点睛】**解决本题的关键会用安培定则判断电流周围磁场的方向，以及学会根据楞次定律来确定感应电流的方向。

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 0~5 s、5~10 s、10~15 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.  $F_1 = F_3$

**【答案】A**

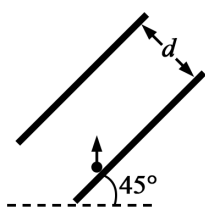
**【解析】**由  $v-t$  图象可知，0~5 s 内加速度  $a_1 = 0.2 \text{ m/s}^2$ ，沿斜面向下，根据牛顿第二定律有  $mg \sin \theta - f - F_1 = ma_1$ ， $F_1 = mg \sin \theta - f - 0.2m$ ；5~10 s 内加速度  $a_2 = 0$ ，根据牛顿第二定律有  $mg \sin \theta - f - F_2 = ma_2$ ， $F_2 = mg \sin \theta - f$ ；10~15 s 内加速度  $a_3 = -0.2 \text{ m/s}^2$ ，沿斜面向上，根据牛顿第二定律有  $mg \sin \theta - f - F_3 = ma_3$ ， $F_3 = mg \sin \theta - f - 0.2m$ 。

$\theta = f + 0.2m$ 。故可得： $F_3 > F_2 > F_1$ ，选项 A 正确。

【学科网考点定位】 $v-t$  图像，牛顿第二定律

【名师点睛】本题考查了牛顿第二定律和运动学公式的基本运用，知道加速度是联系力学和运动学的桥梁，基础题。

6. 如图，平行板电容器两极板的间距为  $d$ ，极板与水平面成  $45^\circ$  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.  $\frac{E_{k0}}{4qd}$       B.  $\frac{E_{k0}}{2qd}$       C.  $\frac{\sqrt{2}E_{k0}}{2qd}$       D.  $\frac{\sqrt{2}E_{k0}}{qd}$

【答案】B

【解析】当电场足够大时，粒子打到上极板的极限情况为：粒子到达上极板处时速度恰好与上极板平行，粒子的运动为类平抛运动的逆运动。将粒子初速度  $v_0$  分解为垂直极板的  $v_y$  和平行极板的  $v_x$ ，根据运动的合

成与分解，当  $v_y = 0$  时，根据运动学公式有  $v_y^2 = 2 \frac{Eq}{m} d$ ， $v_y = v_0 \cos 45^\circ$ ， $E_{k0} = \frac{1}{2} m v_0^2$ ，联立得  $E = \frac{E_{k0}}{2qd}$ ，

故选项 B 正确。

【学科网考点定位】带电粒子在电场中的运动、运动合成与分解

【名师点睛】本题关键是明确粒子的受力情况和运动情况，然后根据类平抛运动的分位移公式和动能定理处理，要明确当电场强度最大时，是粒子的速度平行与上极板，而不是零。

二、多项选择题：本题共 4 小题，每小题 5 分。在每小题给出的四个选项中，有多个选项是符合题目要求的。全部选对的得 5 分，选对但不全的得 3 分，有选错的得 0 分。

7. 通过观测冥王星的卫星，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

【答案】AD

【解析】根据线速度和角速度可以求出半径  $r = \frac{v}{\omega}$ ，根据万有引力提供向心力则有  $\frac{GMm}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$ ，整理可得

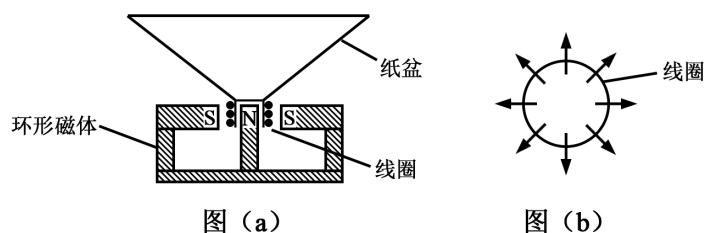
$M = \frac{v^3}{G\omega}$ ，故选项 A 正确；由于卫星的质量  $m$  可约掉，故选项 BC 错误；若知道卫星的运行周期和轨道

半径，则  $\frac{GMm}{r^2} = m(\frac{2\pi}{T})^2 r$ ，整理得  $M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2}$ ，故选项 D 正确。学科&网

【学科网考点定位】万有引力定律的应用

【名师点睛】解决本题的关键掌握万有引力提供向心力这一理论，知道线速度、角速度、周期、向心加速度与轨道半径的关系。

8. 如图 (a) 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 (b) 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。在图 (b) 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

【答案】BC

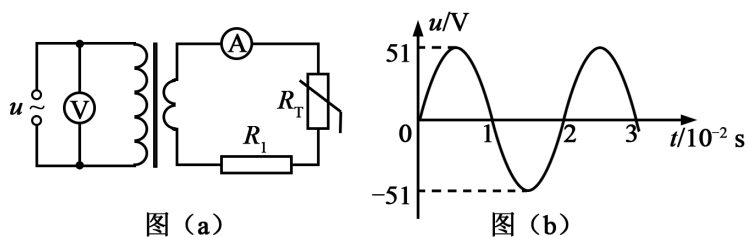
【解析】将环形导线分割成无限个小段，每一小段看成直导线，则根据左手定则，当电流沿顺时针方向时，线圈所受安培力的方向垂直于纸面向外，故选项 A 错误，选项 B 正确；当电流沿逆时针方向时，线圈所受安培力的方向垂直于纸面向里，故选项 C 正确，选项 D 错误。

【学科网考点定位】安培力

【名师点睛】解决本题的关键掌握安培力方向的判定，明确安培力产生的条件，熟练应用左手定则判断安培力的方向。

9. 图 (a) 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，如图 (b)

所示。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

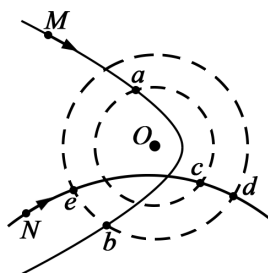
**【答案】** BD

**【解析】** 由题意, 理想变压器输入、输出功率之比为 1:1, 选项 A 错误; 变压器原、副线圈中的电流强度与匝数成反比, 即  $\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{1}{4}$ , 故选项 B 正确; 由图 (b) 可知交流电压最大值  $U_m=51$  V, 周期  $T=0.02$  s, 角速度  $\omega=100\pi$  rad/s, 则可得  $u=51\sin(100\pi t)$ (V), 故选项 C 错误;  $R_T$  的温度升高时, 阻值减小, 电流表的示数变大, 电压表示数不变, 故选项 D 正确。

**【学科网考点定位】** 变压器的构造和原理

**【名师点睛】** 根据图象准确找出已知量, 是对学生认图的基本要求, 准确掌握理想变压器的特点及电压、电流比与匝数比的关系, 是解决本题的关键。

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

【答案】ABC

【解析】如图所示，粒子受到的电场力指向轨迹的凹侧，可知  $M$  受到了引力作用， $N$  受到了斥力作用，故  $M$  带负电荷， $N$  带正电荷，选项 A 正确；由于虚线是等势面，故  $M$  从  $a$  点到  $b$  点电场力对其做负功，动能减小，选项 B 正确； $d$  点和  $e$  点在同一等势面上， $N$  在  $d$  点的电势能等于它在  $e$  点的电势能，故选项 C 正确； $N$  从  $c$  点运动到  $d$  点的过程中，电场力做正功，故选项 D 错误。

【学科网考点定位】等势面、电势能

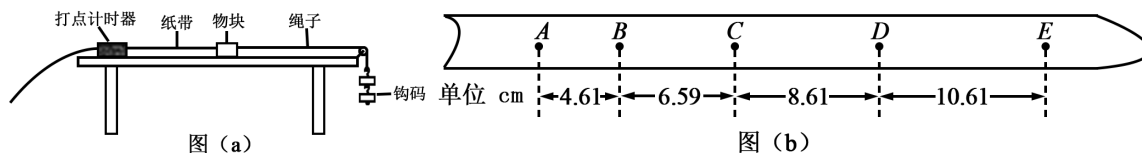
【名师点睛】本题是轨迹问题，首先要根据弯曲的方向判断出带电粒子所受电场力方向，确定是排斥力还是吸引力。由动能定理分析动能和电势能的变化是常用的思路。

## 第II卷

本卷包括必考题和选考题两部分。第 11~14 题为必考题，每个试题考生都必须作答。第 15~17 题为选考题，考生根据要求作答。

三、实验题：本题共 2 小题，第 11 题 6 分，第 12 题 9 分。把答案写在答题卡中指定的答题处，不要求写出演算过程。

11. 某同学利用图 (a) 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 50 Hz。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 (b) 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)
- (2) 物块的加速度大小为 \_\_\_\_\_  $\text{m/s}^2$ 。(保留两位有效数字)

【答案】(1) 0.56 0.96 (2) 2.0

【解析】(1) 根据匀变速直线运动的中间时刻的速度等于该过程的平均速度，可知

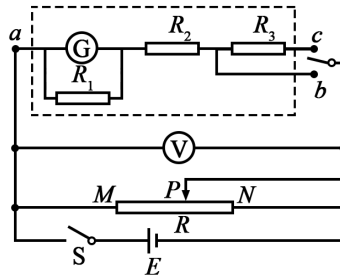
$$v_B = \frac{x_{AC}}{2T} = \frac{4.61 + 6.59}{0.2} \times 10^{-2} \text{ m/s} = 0.56 \text{ m/s}, \quad v_D = \frac{x_{CE}}{2T} = \frac{8.61 + 10.61}{0.2} \times 10^{-2} \text{ m/s} = 0.96 \text{ m/s};$$

(2) 由逐差法可得加速度  $a = \frac{x_{CE} - x_{AC}}{4T^2} = \frac{10.61 + 8.61 - 6.59 - 4.61}{4 \times 0.1^2} \times 10^{-2} \text{ m/s}^2 = 2.0 \text{ m/s}^2$ 。学科&网

【学科网考点定位】探究小车速度随时间变化的规律

【名师点睛】根据匀变速直线运动中中间时刻的速度等于该过程中的平均速度，可以求出打纸带上小车的瞬时速度大小，然后在速度公式求加速度即可。

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  $900 \Omega$ 。 $R_1$ 、 $R_2$  和  $R_3$  是定值电阻。利用  $R_1$  和表头构成  $1 \text{ mA}$  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  $1 \text{ V}$ ；若使用  $a$ 、 $c$  两个接线柱，电压表的量程为  $3 \text{ V}$ 。则根据题给条件，定值电阻的阻值应选  $R_1 = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$ ， $R_2 = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$ ， $R_3 = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$ 。
- (2) 用量程为  $3 \text{ V}$ ，内阻为  $2500 \Omega$  的标准电压表  $\text{V}$  对改装表  $3 \text{ V}$  挡的不同刻度进行校准。所用电池的电动势  $E$  为  $5 \text{ V}$ ；滑动变阻器  $R$  有两种规格，最大阻值分别为  $50 \Omega$  和  $5 \text{ k}\Omega$ 。为方便实验中调节电压，图中  $R$  应选用最大阻值为  $\underline{\hspace{2cm}} \Omega$  的滑动变阻器。
- (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。
- (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”） $900 \Omega$ 。

【答案】(1) 100 910 2000 (2) 50 (3) M (4) 大于

【解析】(1) 根据题意,  $R_1$  与表头  $G$  构成  $1\text{ mA}$  的电流表, 则  $I_g R_g = (I - I_g) R_1$ , 得  $R_1 = 100\ \Omega$ ; 若使用  $a$ 、 $b$  两个接线柱, 电压表的量程为  $1\text{ V}$ , 则  $R_2 = \frac{U_{ab} - I_g R_g}{I} = 910\ \Omega$ ; 若使用  $a$ 、 $c$  两个接线柱, 电压表的量程为  $3\text{ V}$ ,

则  $R_3 = \frac{U_{ac} - I_g R_g}{I} - R_2 = 2\ 000\ \Omega$ 。

(2) 电压表与改装电表并联之后, 电阻小于  $2\ 500\ \Omega$ , 对于分压式电路, 要求滑动变阻器的最大阻值小于并联部分, 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。

(3) 在闭合开关  $S$  前, 滑动变阻器的滑动端  $P$  应靠近  $M$  端, 使并联部分分压为零, 起到保护作用。

(4) 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, 则实际电阻偏大, 故表头  $G$  内阻的真实值大于  $900\ \Omega$ 。

【学科网考点定位】把电流表改装成电压表

【名师点睛】本题考查了求电阻阻值、实验器材的选择、电路故障分析, 知道电流表的改装原理、分析清楚电路结构、应用串并联电路特点与欧姆定律即可正确解题。

四、计算题: 本题共 2 小题, 第 13 题 9 分, 第 14 题 14 分。把解答写在答题卡中指定的答题处, 要求写出必要的文字说明、方程式和演算步骤。

13. 水平地面上有质量分别为  $m$  和  $4m$  的物块  $A$  和  $B$ , 两者与地面的动摩擦因数均为  $\mu$ 。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;

(2) 物块  $A$ 、 $B$  的加速度大小。

【答案】(1)  $2\mu mgs$  (2)  $\frac{F - 3\mu mg}{2m}$   $\frac{F - 3\mu mg}{4m}$

【解析】(1) 物块  $A$  移动了距离  $s$ ，则物块  $B$  移动的距离为  $s_1 = \frac{1}{2}s$  ①

物块  $B$  受到的摩擦力大小为  $f=4\mu mg$  ②

物块  $B$  克服摩擦力所做的功为  $W=fs_1=2\mu mgs$  ③

(2) 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

$$F-\mu mg-T=ma_A \text{ ④}$$

$$2T-4\mu mg=4ma_B \text{ ⑤}$$

由  $A$  和  $B$  的位移关系得  $a_A=2a_B$  ⑥

联立④⑤⑥式得

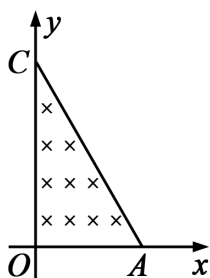
$$a_A = \frac{F-3\mu mg}{2m} \text{ ⑦}$$

$$a_B = \frac{F-3\mu mg}{4m} \text{ ⑧}$$

【学科网考点定位】牛顿第二定律、功、匀变速直线运动

【名师点睛】采用整体法和隔离法对物体进行受力分析，抓住两物体之间的内在联系，绳中张力大小相等、加速度大小相等，根据牛顿第二定律列式求解即可。解决本题的关键还是抓住联系力和运动的桥梁加速度。

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；
- (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；
- (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。

【答案】(1)  $\frac{\pi m}{2qt_0}$  (2)  $2t_0$  (3)  $\frac{\sqrt{3}\pi L}{7t_0}$

【解析】(1) 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  $90^\circ$ ，故其周期  $T=4t_0$ ①  
 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

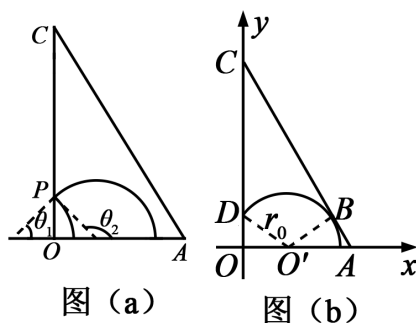
$$qvB=m\frac{v^2}{r} \text{ ②}$$

$$\text{匀速圆周运动的速度满足 } v=\frac{2\pi r}{T} \text{ ③}$$

$$\text{联立①②③式得 } B=\frac{\pi m}{2qt_0} \text{ ④}$$

(2) 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 (a) 所示。设两轨迹所对应的圆心角分别为  $\theta_1$  和  $\theta_2$ 。由几何关系有  $\theta_1=180^\circ-\theta_2$ ⑤

粒子两次在磁场中运动的时间分别为  $t_1$  与  $t_2$ ，则  $t_1+t_2=\frac{T}{2}=2t_0$ ⑥



(3) 如图 (b)，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  $150^\circ$ 。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  $\angle OO'D=\angle BO'A=30^\circ$ ⑦

$$r_0 \cos \angle OO'D + \frac{r_0}{\cos \angle BO'A} = L \text{ ⑧}$$

设粒子此次入射速度的大小为  $v_0$ ，由圆周运动规律  $v_0 = \frac{2\pi r_0}{T}$  ⑨

$$\text{联立①⑦⑧⑨式得 } v_0 = \frac{\sqrt{3}\pi L}{7t_0} \text{ ⑩}$$

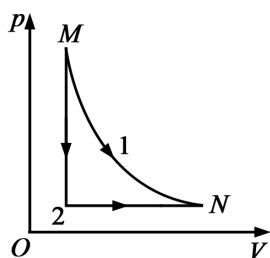
【学科网考点定位】带电粒子在磁场中的运动

【名师点睛】对于带电粒子在磁场中运动类型，要画出轨迹，善于运用几何知识帮助分析和求解，这是轨迹问题的解题关键。

五、选考题：请考生从第 15~17 题中任选二题作答。如果多做，则按所做的第一、二题计分。

15. [选修 3-3] (12 分)

- (1) (4 分) 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\_\_\_\_\_。(填入正确答案标号。选对 1 个得 2 分, 选对 2 个得 3 分, 选对 3 个得 4 分; 有选错的得 0 分)



- 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

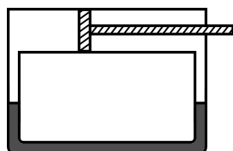
【答案】ABE

【解析】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, 选项 AB 正确。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, 气体体积不变, 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, 故选项 CD 错误; 无论是经过 1 过程还是过程 2, 初、末状态相同, 故内能改变量相同, 选项 E 正确。

【学科网考点定位】气体的等容变化和等压变化、热力学第一定律、气体的等温变化

【名师点睛】本题考查了判断气体吸热与放热情况、气体内能如何变化, 分析清楚图示图象、由理想气体状态方程与热力学第一定律即可正确解题。

- (2) (8 分) 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。



【答案】 1:1

【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

$$p_0 V_{01} = p_1 V_1 \quad (1)$$

$$p_0 V_{02} = p_2 V_2 \quad (2)$$

$$\text{依题意有 } V_{01} + V_{02} = V_1 + V_2 \quad (3)$$

$$\text{由力的平衡条件有 } p_2 - p_1 = \rho g h \quad (4)$$

$$\text{联立 } (1)(2)(3)(4) \text{ 式，并代入题给数据得 } 2V_1^2 + 3V_{01}V_1 - 9V_{01}^2 = 0 \quad (5)$$

$$\text{由此解得 } V_1 = \frac{3}{2}V_{01} \text{ (另一解不合题意，舍去)} \quad (6)$$

$$\text{由 } (3)(6) \text{ 式和题给条件得 } V_1:V_2 = 1:1 \quad (7). \text{ 学科\&网}$$

【学科网考点定位】 理想气体的状态方程、封闭气体压强

【名师点睛】 本题考查了求气体体积，应用玻意耳定律即可正确解题，求出气体的压强是正确解题的关键。

16. [选修3-4] (12分)

(1) (4分) 下列说法正确的是\_\_\_\_\_。(填入正确答案标号。选对1个得2分，选对2个得3分，选对3个得4分；有选错的得0分)

- 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

【答案】 ABD

【解析】在同一地点，重力加速度  $g$  为定值，根据单摆周期公式  $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$  可知，周期的平方与摆长成正比，

故选项 A 正确；弹簧振子做简谐振动时，只有动能和势能参与转化，根据机械能守恒条件可知，振动系统的

势能与动能之和保持不变，故选项 B 正确；根据单摆周期公式  $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$  可知，单摆的周期与质量无关，

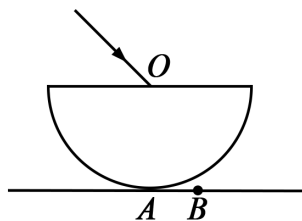
故选项 C 错误；当系统做稳定的受迫振动时，系统振动的频率等于周期性驱动力的频率，故选项 D 正确；

若弹簧振子初始时刻在波峰或波谷位置，知道周期后，可以确定任意时刻运动速度的方向，若弹簧振子初始时刻不在波峰或波谷位置，则无法确定，故选项 E 错误。

【学科网考点定位】简谐运动、受迫振动

【名师点睛】本题关键抓住简谐运动的周期性，分析时间与周期的关系分析振子的位移变化，要掌握加速度与位移的关系，根据计时开始时刻的加速度及方向解题。

- (2) (8分)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  $45^\circ$ ，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。



【答案】  $\frac{\sqrt{2}}{2}R$

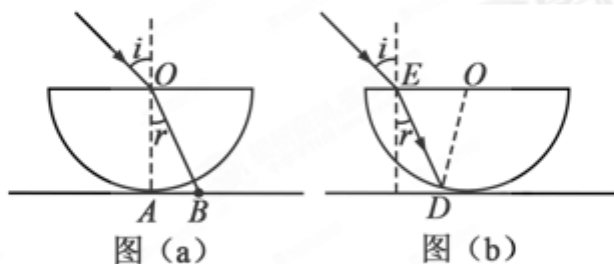
【解析】当光线经球心  $O$  入射时，光路图如图 (a) 所示。设玻璃的折射率为  $n$ ，由折射定律有

$$n = \frac{\sin i}{\sin \gamma} \quad ①$$

式中，入射角  $i=45^\circ$ ， $\gamma$  为折射角。

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

$$\text{发生全反射时，临界角 } C \text{ 满足 } \sin C = \frac{1}{n} \quad ③$$



在玻璃体球面上光线恰好发生全反射时，光路图如图 (b) 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  $\angle EDO = C$  ④

$$\text{在 } \triangle EDO \text{ 内，根据正弦定理有 } \frac{OD}{\sin(90^\circ - \gamma)} = \frac{OE}{\sin C} \quad ⑤$$

$$\text{联立以上各式并利用题给条件得 } OE = \frac{\sqrt{2}}{2} R \quad ⑥$$

【学科网考点定位】折射定律、全反射

【名师点睛】本题是简单的几何光学问题，其基础是作出光路图，根据几何知识确定入射角与折射角，根据折射定律求解。

17. [选修 3-5] (12 分)

(1) (4 分) 下列说法正确的是\_\_\_\_\_。(填入正确答案标号。选对 1 个得 2 分，选对 2 个得 3 分，选对 3 个得 4 分；有选错的得 0 分)

- 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. 玻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  $\alpha$  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

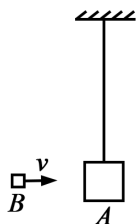
【答案】ACD

【解析】爱因斯坦提出了光子假说，建立了光电效应方程，故选项 A 正确；康普顿效应表明光不仅具有能量，还具有动量，故选项 B 错误；玻尔的原子理论成功地解释了氢原子光谱的实验规律，故选项 C 正确；卢瑟福根据  $\alpha$  粒子散射实验提出了原子核式结构模型，故选项 D 正确；微观粒子的德布罗意波长为  $\lambda = \frac{h}{p}$ ，其中  $p$  为微观粒子的动量，故动量越大，则对应的波长就越短，选项 E 错误。

【学科网考点定位】光电效应、康普顿效应、玻尔的原子理论、核式结构模型、德布罗意波

【名师点睛】本题考查了光电效应、康普顿效应、玻尔的原子理论、核式结构模型、德布罗意波等基础知识点，难度不大，关键要熟悉教材。

(2) (8分) 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  $g=9.80 \text{ m/s}^2$ 。



(i) 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  $k_0$ ；

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

【答案】(i)  $2.04 \times 10^{-3} \text{ s}^2/\text{m}$  (ii) 6%

【解析】(i) 设物块  $A$  和  $B$  碰撞后共同运动的速度为  $v'$ ，由动量守恒定律有

$$m_B v = (m_A + m_B) v' \quad ①$$

在碰后  $A$  和  $B$  共同上升的过程中，由机械能守恒定律有

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

$$\text{联立①②式得 } h = \frac{m_B^2}{2g(m_A + m_B)^2} v^2 \quad ③$$

$$\text{由题意得 } k_0 = \frac{m_B^2}{2g(m_A + m_B)^2} \quad ④$$

$$\text{代入题给数据得 } k_0 = 2.04 \times 10^{-3} \text{ s}^2/\text{m} \quad ⑤$$

$$\text{(ii) 按照定义 } \delta = \frac{|k - k_0|}{k_0} \times 100\% \quad ⑥$$

$$\text{由⑤⑥式和题给条件得 } \delta = 6\% \quad ⑦$$

【学科网考点定位】动量守恒定律、机械能守恒定律

【名师点睛】本题考查动量守恒定律的应用，要注意正确选择研究对象，并分析系统是否满足动量守恒以及机械能守恒，然后才能列式求解。