

绝密★启用前

## 2019年普通高等学校招生全国统一考试

### 理科综合能力测试

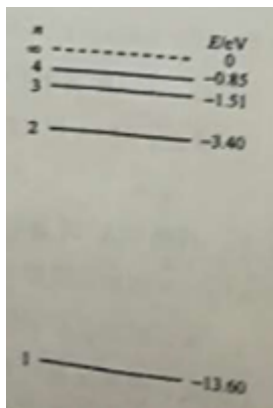
#### 物理部分

注意事项：

1. 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. 回答选择题时，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，再选涂其它答案标号。回答非选择题时，将答案写在答题卡上，写在本试卷上无效。。
3. 考试结束后，将本试卷和答题卡一并交回。

二、选择题 本题共8小题，每小题6分。在每小题给出的四个选项中，第14~18题只有一项符合题目要求，第19~21题有多项符合题目要求。全部选对的得6分，选对但不全的得3分，有选错的得0分。

1. 氢原子能级示意图如图所示。光子能量在  $1.63\text{ eV} \sim 3.10\text{ eV}$  的光为可见光。要使处于基态 ( $n=1$ ) 的氢原子被激发后可辐射出可见光光子，最少应给氢原子提供的能量为



- A.  $12.09\text{ eV}$       B.  $10.20\text{ eV}$       C.  $1.89\text{ eV}$       D.  $1.51\text{ eV}$

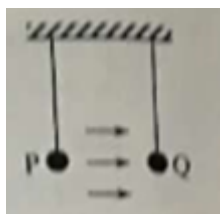
【答案】A

【解析】

【详解】由题意可知，基态 ( $n=1$ ) 氢原子被激发后，至少被激发到  $n=3$  能级后，跃迁才可能产生能量在  $1.63\text{eV}\sim 3.10\text{eV}$  的可见光。故

$$\Delta E = -1.51 - (-13.60)\text{eV} = 12.09\text{eV}。故本题选 A。$$

2.如图，空间存在一方向水平向右的匀强磁场，两个带电小球  $P$  和  $Q$  用相同的绝缘细绳悬挂在水平天花板下，两细绳都恰好与天花板垂直，则

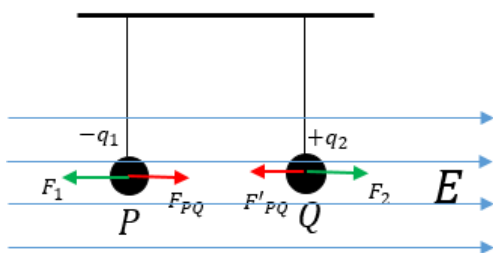


- A.  $P$  和  $Q$  都带正电荷
- B.  $P$  和  $Q$  都带负电荷
- C.  $P$  带正电荷， $Q$  带负电荷
- D.  $P$  带负电荷， $Q$  带正电荷

【答案】D

【解析】

【详解】AB、受力分析可知， $P$  和  $Q$  两小球，不能带同种电荷，AB 错误；  
CD、若  $P$  球带负电， $Q$  球带正电，如下图所示，恰能满足题意，则 C 错误 D 正确，故本题选 D。



3.最近，我国为“长征九号”研制的大推力新型火箭发动机联试成功，这标志着我国重型运载火箭的研发取得突破性进展。若某次实验中该发动机向后喷射的气体速度约为  $3\text{ km/s}$ ，产生的推力约为  $4.8\times 10^6\text{ N}$ ，则它在  $1\text{ s}$  时间内喷射的气体质量约为

- A.  $1.6\times 10^2\text{ kg}$
- B.  $1.6\times 10^3\text{ kg}$
- C.  $1.6\times 10^5\text{ kg}$
- D.  $1.6\times 10^6\text{ kg}$

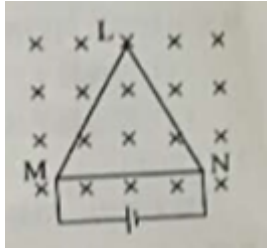
【答案】B

【解析】

【详解】设该发动机在  $t$  s 时间内，喷射出的气体质量为  $m$ ，根据动量定理， $Ft = mv$ ，可知，在 1s 内喷射出的气体质量

$$m_0 = \frac{m}{t} = \frac{F}{v} = \frac{4.8 \times 10^6}{3000} \text{ kg} = 1.6 \times 10^3 \text{ kg}，故本题选 B。$$

4.如图，等边三角形线框  $LMN$  由三根相同的导体棒连接而成，固定于匀强磁场中，线框平面与磁感应强度方向垂直，线框顶点  $M$ 、 $N$  与直流电源两端相接，已知导体棒  $MN$  受到的安培力大小为  $F$ ，则线框  $LMN$  受到的安培力的大小为



- A.  $2F$                       B.  $1.5F$                       C.  $0.5F$                       D. 0

【答案】 B

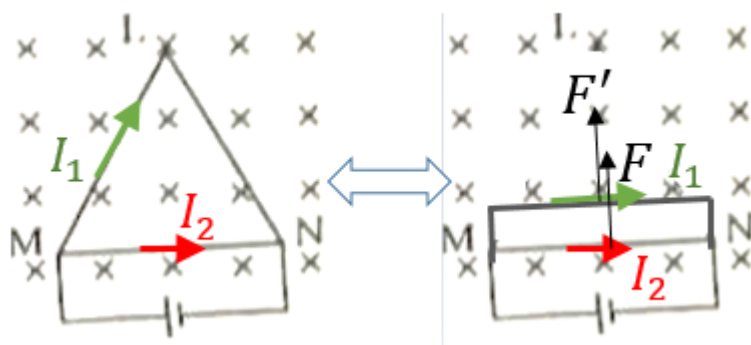
【解析】

【详解】设每一根导体棒的电阻为  $R$ ，长度为  $L$ ，则电路中，上下两路电阻之比为  $R_1 : R_2 = 2R : R = 2 : 1$ ，根据并联电路两端各电压相等的特点可知，上下两路电流之比  $I_1 : I_2 = 1 : 2$ 。如下图所示，由于上路通电的导体受安培力的有效长度为

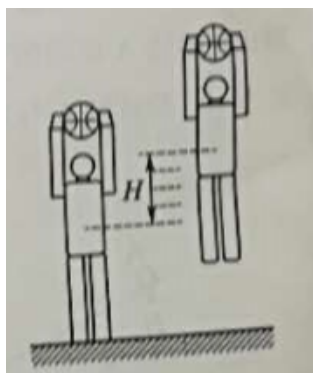
$L$ ，根据安培力计算公式  $F = ILB$ ，可知  $F' : F = I_1 : I_2 = 1 : 2$ ，得  $F' = \frac{1}{2}F$ ，根据

左手定则可知，两力方向相同，故线框  $LMN$  所受的合力大小为  $F + F' = \frac{3}{2}F$ ，

故本题选 B。



5.如图，篮球架下的运动员原地垂直起跳扣篮，离地后重心上升的最大高度为  $H$ 。上升第一个  $\frac{H}{4}$  所用的时间为  $t_1$ ，第四个  $\frac{H}{4}$  所用的时间为  $t_2$ 。不计空气阻力，则  $\frac{t_2}{t_1}$  满足



- A.  $1 < \frac{t_2}{t_1} < 2$       B.  $2 < \frac{t_2}{t_1} < 3$       C.  $3 < \frac{t_2}{t_1} < 4$       D.  $4 < \frac{t_2}{t_1} < 5$

【答案】C

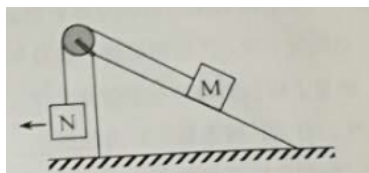
【解析】

【详解】运动员起跳到达最高点的瞬间速度为零，又不计空气阻力，故可逆向处理为自由落体运动。则根据初速度为零匀加速运动，相等相邻位移时间关系

$1 : (\sqrt{2} - 1) : (\sqrt{3} - \sqrt{2}) : (2 - \sqrt{3}) : (\sqrt{5} - 2) \dots$ ，可知  $\frac{t_2}{t_1} = \frac{1}{2 - \sqrt{3}} = 2 + \sqrt{3}$ ，即  $3 < \frac{t_2}{t_1} < 4$ ，

故本题选 C。

6.如图，一粗糙斜面固定在地面上，斜面顶端装有一光滑定滑轮。一细绳跨过滑轮，其一端悬挂物块  $N$ 。另一端与斜面上的物块  $M$  相连，系统处于静止状态。现用水平向左的拉力缓慢拉动  $N$ ，直至悬挂  $N$  的细绳与竖直方向成  $45^\circ$ 。已知  $M$  始终保持静止，则在此过程中

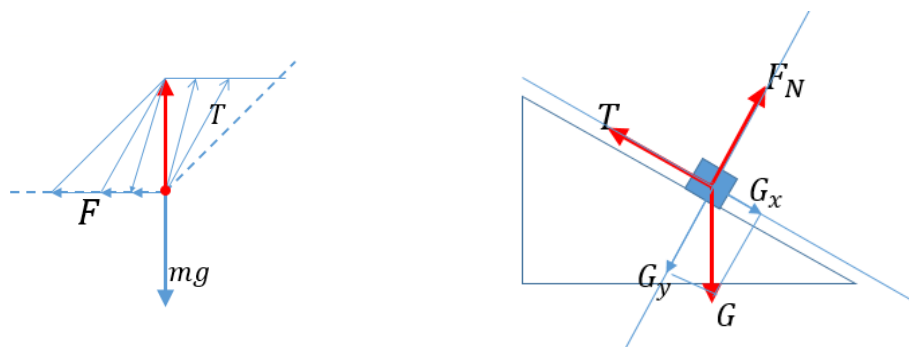


- A. 水平拉力的大小可能保持不变
- B.  $M$  所受细绳的拉力大小一定一直增加
- C.  $M$  所受斜面的摩擦力大小一定一直增加
- D.  $M$  所受斜面的摩擦力大小可能先减小后增加

【答案】BD

【解析】

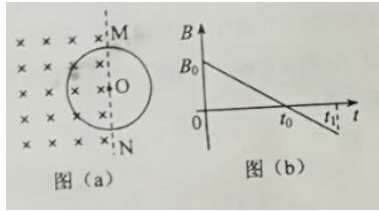
【详解】如图所示，以物块  $N$  为研究对象，它在水平向左拉力  $F$  作用下，缓慢向左移动直至细绳与竖直方向夹角为  $45^\circ$  的过程中，水平拉力  $F$  逐渐增大，绳子拉力  $T$  逐渐增大；



对  $M$  受力分析可知，若起初  $M$  受到的摩擦力  $f$  沿斜面向下，则随着绳子拉力  $T$  的增加，则摩擦力  $f$  也逐渐增大；若起初  $M$  受到的摩擦力  $f$  沿斜面向上，则随着绳子拉力  $T$  的增加，摩擦力  $f$  可能先减小后增加。故本题选 BD。

7.空间存在一方向与直面垂直、大小随时间变化的匀强磁场，其边界如图 (a) 中虚线  $MN$  所示，一硬质细导线的电阻率为  $\rho$ 、横截面积为  $S$ ，将该导线做成半径为  $r$  的圆环固定在纸面内，圆心  $O$  在  $MN$  上。  $t=0$

时磁感应强度的方向如图 (a) 所示：磁感应强度  $B$  随时间  $t$  的变化关系如图 (b) 所示，则在  $t=0$  到  $t=t_1$  的时间间隔内



- A. 圆环所受安培力的方向始终不变  
 B. 圆环中的感应电流始终沿顺时针方向  
 C. 圆环中的感应电流大小为  $\frac{B_0 r S}{4 t_0 \rho}$   
 D. 圆环中的感应电动势大小为  $\frac{B_0 \pi r^2}{4 t_0}$

【答案】BC

【解析】

【详解】AB、根据 B-t 图象，由楞次定律可知，线圈中感应电流方向一直为顺时针，但在  $t_0$  时刻，磁场的方向发生变化，故安培力方向  $F_A$  的方向在  $t_0$  时刻发生变化，则 A 错误，B 正确；

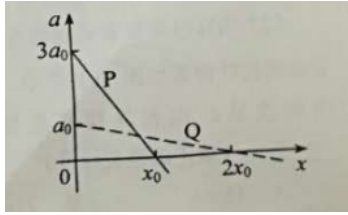
CD、由闭合电路欧姆定律得：  $I = \frac{E}{R}$ ，又根据法拉第电磁感应定律得：

$$E = \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = \frac{\Delta B}{\Delta t} \frac{\pi r^2}{2}, \text{ 又根据电阻定律得: } R = \rho \frac{2\pi r}{S}, \text{ 联立得: } I = \frac{B_0 r S}{4 t_0 \rho}, \text{ 则 C 正}$$

确，D 错误。

故本题选 BC。

8. 在星球  $M$  上将一轻弹簧竖直固定在水平桌面上，把物体  $P$  轻放在弹簧上端， $P$  由静止向下运动，物体的加速度  $a$  与弹簧的压缩量  $x$  间的关系如图中实线所示。在另一星球  $N$  上用完全相同的弹簧，改用物体  $Q$  完成同样的过程，其  $a-x$  关系如图中虚线所示，假设两星球均为质量均匀分布的球体。已知星球  $M$  的半径是星球  $N$  的 3 倍，则



- A.  $M$  与  $N$  的密度相等  
 B.  $Q$  的质量是  $P$  的 3 倍  
 C.  $Q$  下落过程中的最大动能是  $P$  的 4 倍  
 D.  $Q$  下落过程中弹簧的最大压缩量是  $P$  的 4 倍

【答案】 AC

【解析】

【详解】 A、由  $a-x$  图象可知，加速度沿竖直向下方向为正方向，根据牛顿第二定律有： $mg - kx = ma$ ，变形式为： $a = g - \frac{k}{m}x$ ，该图象的斜率为  $-\frac{k}{m}$ ，纵轴截距为重力加速度  $g$ 。根据图象的纵轴截距可知，两星球表面的重力加速度之比为：

$$\frac{g_M}{g_N} = \frac{3a_0}{a_0} = \frac{3}{1};$$

又因为在某星球表面上的物体，所受重力和万有引力相等，即：

$$G \frac{Mm'}{R^2} = m'g, \text{ 即该星球的质量 } M = \frac{gR^2}{G}. \text{ 又因为: } M = \rho \frac{4\pi R^3}{3}, \text{ 联立得}$$

$$\rho = \frac{3g}{4\pi R G}. \text{ 故两星球的密度之比为: } \frac{\rho_M}{\rho_N} = \frac{g_M}{g_N} \cdot \frac{R_N}{R_M} = 1:1, \text{ 故 A 正确;}$$

B、当物体在弹簧上运动过程中，加速度为 0 的一瞬间，其所受弹力和重力二力

平衡， $mg = kx$ ，即： $m = \frac{kx}{g}$ ；结合  $a-x$  图象可知，当物体 P 和物体 Q 分别处于

平衡位置时，弹簧的压缩量之比为： $\frac{x_P}{x_Q} = \frac{x_0}{2x_0} = \frac{1}{2}$ ，故物体 P 和物体 Q 的质量之

比为： $\frac{m_P}{m_Q} = \frac{x_P}{x_Q} \cdot \frac{g_N}{g_M} = \frac{1}{6}$ ，故 B 错误；

C、物体 P 和物体 Q 分别处于各自的平衡位置 ( $a=0$ ) 时，它们的动能最大；根据  $v^2 = 2ax$ ，结合  $a-x$  图象面积的物理意义可知：物体 P 的最大速度满足

$v_P^2 = 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 3a_0 \cdot x_0 = 3a_0x_0$ ，物体 Q 的最大速度满足： $v_Q^2 = 2a_0x_0$ ，则两物体的最大

动能之比： $\frac{E_{kQ}}{E_{kP}} = \frac{\frac{1}{2}m_Qv_Q^2}{\frac{1}{2}m_Pv_P^2} = \frac{m_Q}{m_P} \cdot \frac{v_Q^2}{v_P^2} = 4$ ，C 正确；

D、物体 P 和物体 Q 分别在弹簧上做简谐运动，由平衡位置 ( $a=0$ ) 可知，物体 P 和 Q 振动的振幅 A 分别为  $x_0$  和  $2x_0$ ，即物体 P 所在弹簧最大压缩量为  $2x_0$ ，物体 Q 所在弹簧最大压缩量为  $4x_0$ ，则 Q 下落过程中，弹簧最大压缩量时 P 物体最大压缩量的 2 倍，D 错误；

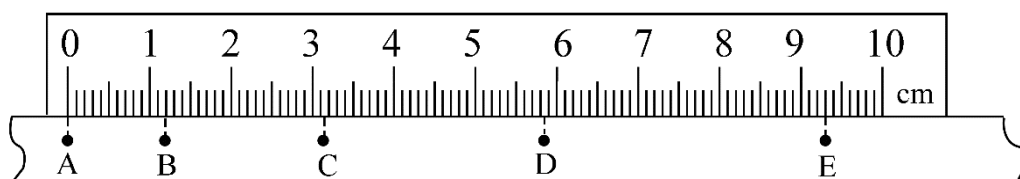
故本题选 AC。

三、非选择题：共 174 分，第 22~32 题为必考题，每个试题考生都必须作答。

第 33~38 题为选考题，考生根据要求作答。

(一) 必考题：共 129 分。

9. 某小组利用打点计时器对物块沿倾斜的长木板加速下滑时的运动进行研究。物块拖动纸带下滑，打出的纸带一部分如图所示。已知打点计时器所用交流电的频率为 50 Hz，纸带上标出的每两个相邻点之间还有 4 个打出的点未画出。在 ABCDE 五个点中，打点计时器最先打出的是\_\_\_\_\_点，在打出 C 点时物块的速度大小为\_\_\_\_\_m/s (保留 3 位有效数字)；物块下滑的加速度大小为\_\_\_\_\_m/s<sup>2</sup> (保留 2 位有效数字)。



【答案】 (1). A (2). 0.233 (3). 0.75

【解析】

【详解】分析可知，物块沿倾斜长木板最匀加速直线运动，纸带上的点迹，从 A 到 E，间隔越来越大，可知，物块跟纸带的左端相连，纸带上最先打出的是 A

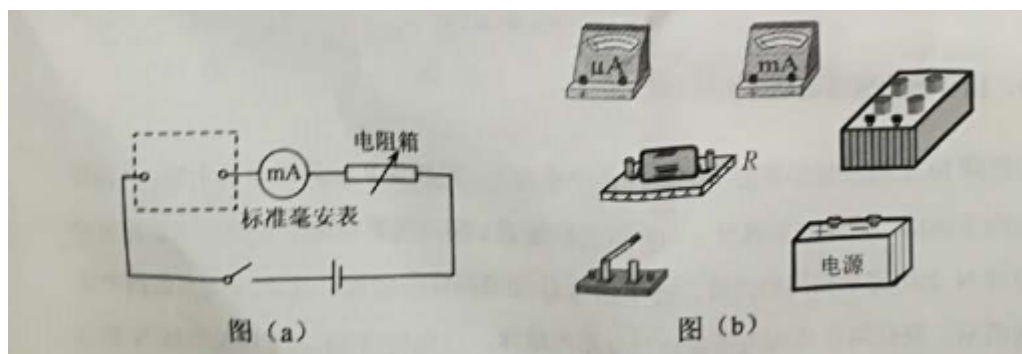


点；在打点计时器打 C 点瞬间，物块的速度  $v_C = \frac{x_{BD}}{2T} = \frac{4.65 \times 10^{-2}}{2 \times 0.1} = 0.233 \text{m/s}$ ；根

据逐差法可知，物块下滑的加速度  $a = \frac{x_{CE} - x_{AC}}{4T^2} = \frac{(6.15 - 3.15) \times 10^{-2}}{4 \times 0.1^2} = 0.75 \text{m/s}^2$ 。

故本题正确答案为：A；0.233；0.75。

10.某同学要将一量程为  $250\mu\text{A}$  的微安表改装为量程为  $20 \text{mA}$  的电流表。该同学测得微安表内阻为  $1200 \Omega$ ，经计算后将一阻值为  $R$  的电阻与微安表连接，进行改装。然后利用一标准毫安表，根据图（a）所示电路对改装后的电表进行检测（虚线框内是改装后的电表）。

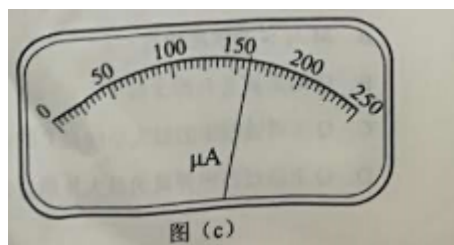


(1) 根据图（a）和题给条件，将（b）中的实物连接。

( )

(2) 当标准毫安表的示数为  $16.0 \text{mA}$  时，微安表的指针位置如图（c）所示，由此可以推测出改装的电表量程不是预期值，而是\_\_\_\_\_。（填正确答案标号）

- A.  $18 \text{mA}$                       A.  $21 \text{mA}$   
C.  $25 \text{mA}$                       D.  $28 \text{mA}$



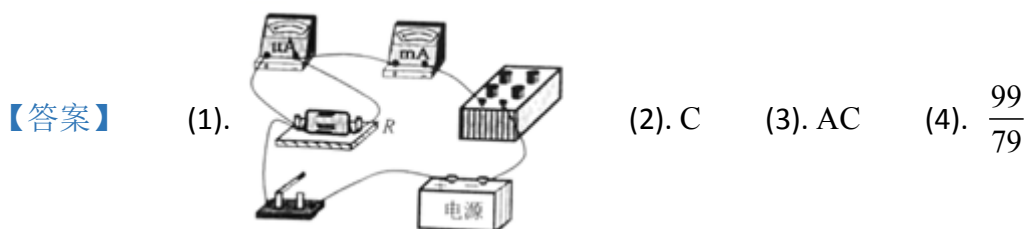
(3) 产生上述问题的原因可能是\_\_\_\_\_。（填正确答案标号）

- A. 微安表内阻测量错误，实际内阻大于  $1200 \Omega$   
B. 微安表内阻测量错误，实际内阻小于  $1200 \Omega$

C. R 值计算错误，接入的电阻偏小

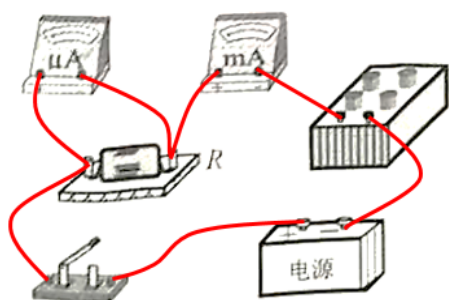
D. R 值计算错误，接入的电阻偏大

(4) 要达到预期目的，无论测得的内阻值是都正确，都不必重新测量，只需要将阻值为 R 的电阻换为一个阻值为 kR 的电阻即可，其中  $k=$ \_\_\_\_\_。



【解析】

【详解】 (1) 电表改装时，微安表应与定值电阻 R 并联接入虚线框内，则实物电路连接如下图所示：



(2) 由标准毫安表与该装表的读数可知，改装后的电流表，实际量程被扩大的倍数为： $n = \frac{16mA}{160 \times 10^{-3} mA} = 100$  倍。故当原微安表表盘达到满偏时，实际量程为：

$250 \times 10^{-3} \times 100 = 25mA$ ，故本小题选 C；

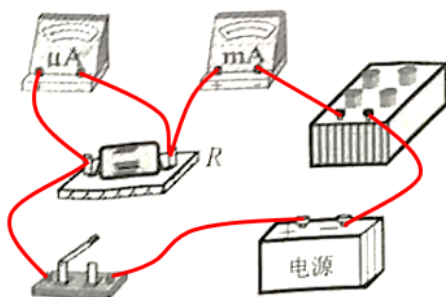
(3) 根据  $I_g R_g = (I - I_g) R$ ，得： $I = \left(1 + \frac{R_g}{R}\right) I_g$ ，改装后的量程偏大的原因可能是，原微安表内阻测量值偏小，即电表实际内阻  $R_g$  真实值，大于  $1200 \Omega$ ；或者因为定值电阻 R 的计算有误，计算值偏大，实际接入定值电阻 R 阻值偏小。故本小题选 AC；

(4) 由于接入电阻 R 时，改装后的表实际量程为 25mA，故满足  $I_g R_g = (25 - I_g) R$ ；要想达到预期目的，即将微安表改装为量程为 20mA

电流表，应满足  $I_g R_g = (20 - I_g) kR$ ，其中  $I_g = 250\mu\text{A} = 0.25\text{mA}$ ，联立解得：

$$k = 1.25 \text{ 或 } k = \frac{99}{79}。$$

故本题答案为：(1)



(2) C (3) AC

(4)  $k = 1.25 \text{ 或 } k = \frac{99}{79}$

11.如图，在直角三角形  $OPN$  区域内存在匀强磁场，磁感应强度大小为  $B$ 、方向垂直于纸面向外。一带正电的粒子从静止开始经电压  $U$  加速后，沿平行于  $x$  轴的方向射入磁场，一段时间后，该粒子在  $OP$  边上某点以垂直于  $x$  轴的方向射出。已知  $O$  点为坐标原点， $N$  点在  $y$  轴上， $OP$  与  $x$  轴的夹角为  $30^\circ$ ，粒子进入磁场的入射点与离开磁场的出射点之间的距离为  $d$ ，不计重力。求

- (1) 带电粒子的比荷；  
 (2) 带电粒子从射入磁场到运动至  $x$  轴的时间。

【答案】 (1)  $\frac{4U}{d^2 B^2}$  (2)  $\left(\frac{\pi}{8} + \frac{\sqrt{3}}{12}\right) \cdot \frac{d^2 B}{U}$  或  $\frac{Bd^2}{4U} \left(\frac{\pi}{2} + \frac{\sqrt{3}}{3}\right)$

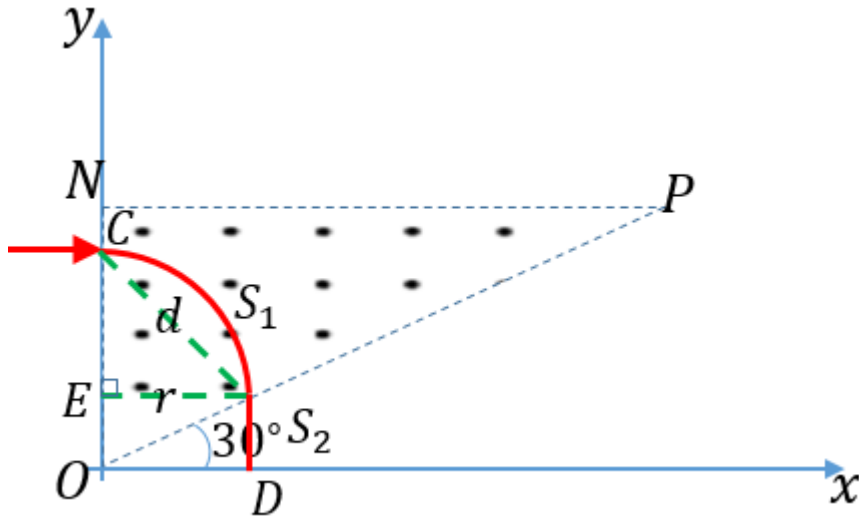
【解析】

【详解】(1) 粒子从静止被加速的过程，根据动能定理得： $qU = \frac{1}{2}mv_0^2$ ，解得：

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

根据题意，下图为粒子的运动轨迹，由几何关系可知，该粒子在磁场中运动的轨

迹半径为： $r = \frac{\sqrt{2}}{2}d$



粒子在磁场中做匀速圆周运动，洛伦兹力提供向心力，即： $qv_0B = m\frac{v_0^2}{r}$

联立方程得： $\frac{q}{m} = \frac{4U}{d^2B^2}$

(2) 根据题意，粒子在磁场中运动的轨迹为四分之一圆周，长度

$$S_1 = \frac{1}{4} \cdot 2\pi r = \frac{\sqrt{2}}{4} \pi d$$

粒子射出磁场后到运动至  $x$  轴，运动的轨迹长度  $S_2 = r \cdot \tan 30^\circ = \frac{\sqrt{6}}{6} d$

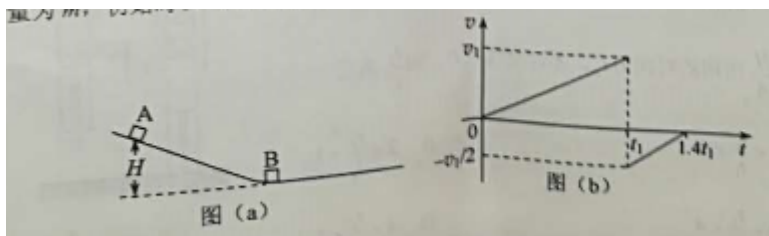
粒子从射入磁场到运动至  $x$  轴过程中，一直匀速率运动，则  $t = \frac{S_1 + S_2}{v_0}$

解得： $t = \left( \frac{\pi}{8} + \frac{\sqrt{3}}{12} \right) \cdot \frac{d^2 B}{U}$

或  $t = \frac{Bd^2}{4U} \left( \frac{\pi}{2} + \frac{\sqrt{3}}{3} \right)$

12. 竖直面内一倾斜轨道与一足够长的水平轨道通过一小段光滑圆弧平滑连接，小物块  $B$  静止于水平轨道的最左端，如图 (a) 所示。 $t=0$  时刻，小物块  $A$  在倾斜轨道上从静止开始下滑，一段时间后与  $B$  发生弹性碰撞（碰撞时间极短）；当  $A$  返回到倾斜轨道上的  $P$  点（图中未标出）时，速度减为 0

，此时对其施加一外力，使其在倾斜轨道上保持静止。物块  $A$  运动的  $v-t$  图像如图 (b) 所示，图中的  $v_1$  和  $t_1$  均为未知量。已知  $A$  的质量为  $m$ ，初始时  $A$  与  $B$  的高度差为  $H$ ，重力加速度大小为  $g$ ，不计空气阻力。



- (1) 求物块  $B$  的质量；
- (2) 在图 (b) 所描述的整个运动过程中，求物块  $A$  克服摩擦力所做的功；
- (3) 已知两物块与轨道间的动摩擦因数均相等，在物块  $B$  停止运动后，改变物块与轨道间的动摩擦因数，然后将  $A$  从  $P$  点释放，一段时间后  $A$  刚好能与  $B$  再次碰上。求改变前面动摩擦因数的比值。

**【答案】** (1)  $3m$       (2)  $\frac{2}{15}mgH$       (3)  $\frac{11}{9}$

**【解析】**

**【详解】** (1) 物块  $A$  和物块  $B$  发生碰撞后一瞬间的速度分别为  $v_A$ 、 $v_B$ ，弹性碰撞瞬间，动量守恒，机械能守恒，即： $mv_1 = mv_A + m_B v_B$

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv_A^2 + \frac{1}{2}m_B v_B^2$$

联立方程解得： $v_A = \frac{m - m_B}{m + m_B} v_1$ ； $v_B = \frac{2m}{m + m_B} v_1$

根据  $v-t$  图象可知， $v_A = -\frac{1}{2}v_1$

解得： $m_B = 3m$

(2) 设斜面的倾角为  $\theta$ ，根据牛顿第二定律得

当物块  $A$  沿斜面下滑时： $mg \sin \theta - f = ma_1$ ，由  $v-t$  图象知： $a_1 = \frac{v_1}{t_1}$

当物体  $A$  沿斜面上滑时： $mg \sin \theta + f = ma_2$ ，由  $v-t$  图象知： $a_2 = \frac{5v_1}{4t_1}$

解得： $f = \frac{1}{9}mg \sin \theta$ ；

又因下滑位移  $x_1 = \frac{H}{\sin \theta} = \frac{1}{2}v_1 t_1$

则碰后 A 反弹，沿斜面上滑的最大位移为： $x_2 = \frac{h}{\sin \theta} = \frac{1}{2} \cdot \frac{v_1}{2} \cdot 0.4t_1 = 0.1v_1 t_1$

其中  $h$  为 P 点离水平面得高度，即  $h = \frac{1}{5}H$

解得  $x_2 = \frac{H}{5 \sin \theta}$

故在图 (b) 描述的整个过程中，物块 A 克服摩擦力做的总功为：

$$W_f = f(x_1 + x_2) = \frac{1}{9}mg \sin \theta \times \left( \frac{H}{\sin \theta} + \frac{H}{5 \sin \theta} \right) = \frac{2}{15}mgH$$

(3) 设物块 B 在水平面上最远的滑行距离为  $S$ ，设原来的摩擦因为为  $\mu$   
则以 A 和 B 组成的系统，根据能量守恒定律有：

$$mg(H - h) = \mu mg \frac{H + h}{\tan \theta} + \mu m_B g S$$

设改变后的摩擦因数为  $\mu'$ ，然后将 A 从 P 点释放，A 恰好能与 B 再次碰上，即 A 恰好滑到物块 B 位置时，速度减为零，以 A 为研究对象，根据能量守恒定律

$$\text{得： } mgh = \mu' mg \frac{h}{\tan \theta} + \mu' mg S$$

又据 (2) 的结论可知： $W_f = \frac{2}{15}mgH = \mu mg \frac{H + h}{\tan \theta}$ ，得： $\tan \theta = 9\mu$

联立解得，改变前与改变后的摩擦因素之比为： $\frac{\mu}{\mu'} = \frac{11}{9}$ 。

(二) 选考题：共 45 分。请考生从 2 道物理题、2 道化学题、2 道生物题中每科任选一题作答。如果多做，则每科按所做的第一题计分。

[物理—选修 3-3]

13.某容器中的空气被光滑活塞封住，容器和活塞绝热性能良好，空气可视为理想气体。初始时容器中空气的温度与外界相同，压强大于外界。现使活塞缓慢移动，直至容器中的空气压强与外界相同。此时，容器中空气的温度\_\_\_\_\_（填“高于”“低于”或“等于”）外界温度，容器中空气的密度\_\_\_\_\_（填“大于”“小于”或“等于”）外界空气的密度。

【答案】 (1). 低于 (2). 大于

【解析】

【详解】由题意可知，容器与活塞绝热性能良好，容器内气体与外界不发生热交换，故 $\Delta Q = 0$ ，但活塞移动的过程中，容器内气体压强减小，则容器内气体正在膨胀，体积增大，气体对外界做功，即 $W < 0$ ，根据热力学第一定律可知：

$\Delta U = \Delta Q + W < 0$ ，故容器内气体内能减小，温度降低，低于外界温度。

最终容器内气体压强和外界气体压强相同，根据理想气体状态方程： $PV = nRT$

又 $\rho = \frac{m}{V}$ ， $m$ 为容器内气体质量

联立得： $\rho = \frac{Pm}{nRT}$

取容器外界质量也为 $m$ 的一部分气体，由于容器内温度 $T$ 低于外界温度，故容器内气体密度大于外界。

故本题答案为：低于；大于。

14.热等静压设备广泛用于材料加工中。该设备工作时，先在室温下把惰性气体用压缩机压入到一个预抽真空的炉腔中，然后炉腔升温，利用高温高压环境对放入炉腔中的材料加工处理，改部其性能。一台热等静压设备的炉腔中某次放入固体材料后剩余的容积为 $0.13 \text{ m}^3$ ，炉腔抽真空后，在室温下用压缩机将10瓶氩气压入到炉腔中。已知每瓶氩气的容积为 $3.2 \times 10^{-2} \text{ m}^3$ ，使用前瓶中气体压强为 $1.5 \times 10^7 \text{ Pa}$ ，使用后瓶中剩余气体压强为 $2.0 \times 10^6 \text{ Pa}$ ；室温温度为 $27 \text{ }^\circ\text{C}$ 。氩气可视为理想气体。

(1) 求压入氩气后炉腔中气体在室温下的压强；

(2) 将压入氩气后的炉腔加热到 $1227 \text{ }^\circ\text{C}$ ，求此时炉腔中气体的压强。

【答案】 (1)  $3.2 \times 10^7 \text{ Pa}$  (2)  $1.6 \times 10^8 \text{ Pa}$

【解析】

【详解】 (1) 设初始时每瓶气体的体积为  $V_0$ ，压强为  $p_0$ ；使用后气瓶中剩余气体的压强为  $p_1$ ，假设体积为  $V_0$ ，压强为  $p_0$  的气体压强变为  $p_1$  时，其体积膨胀为

$V_1$ ，由玻意耳定律得： $p_0 V_0 = p_1 V_1$

被压入进炉腔的气体在室温和  $p_1$  条件下的体积为： $V' = V_1 - V_0$

设 10 瓶气体压入完成后炉腔中气体的压强为  $p_2$ ，体积为  $V_2$ ，由玻意耳定律得：

$$p_2 V_2 = 10 p_1 V'$$

联立方程并代入数据得： $p_2 = 3.2 \times 10^7 \text{ Pa}$

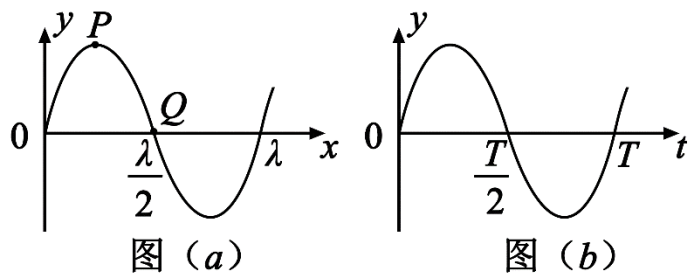
(2) 设加热前炉腔的温度为  $T_0$ ，加热后炉腔的温度为  $T_1$ ，气体压强为  $p_3$ ，由查

理定律得： $\frac{p_3}{T_1} = \frac{p_2}{T_0}$

联立方程并代入数据得： $p_3 = 1.6 \times 10^8 \text{ Pa}$

[物理一选修 3-4]

15. 一简谐横波沿  $x$  轴正方向传播，在  $t=5$  时刻，该波的波形图如图 (a) 所示， $P$ 、 $Q$  是介质中的两个质点。图 (b) 表示介质中某质点的振动图像。下列说法正确的是 (填正确答案标号。选对 1 个得 2 分，选对 2 个得 4 分，选对 3 个得 5 分。每选错 1 个扣 3 分，最低得分为 0 分)



- A. 质点  $Q$  的振动图像与图 (b) 相同
- B. 在  $t=0$  时刻，质点  $P$  的速率比质点  $Q$  的大



- C. 在  $t=0$  时刻, 质点  $P$  的加速度的大小比质点  $Q$  的大  
 D. 平衡位置在坐标原点的质点的振动图像如图 (b) 所示  
 E. 在  $t=0$  时刻, 质点  $P$  与其平衡位置的距离比质点  $Q$  的大

【答案】 CDE

【解析】

【详解】 A、由图 (b) 可知, 在  $t = \frac{T}{2}$  时刻, 质点正在向  $y$  轴负方向振动, 而从

图 (a) 可知, 质点  $Q$  在  $t = \frac{T}{2}$  正在向  $y$  轴正方向运动, 故 A 错误;

B、由  $t = \frac{T}{2}$  的波形图推知,  $t = 0$  时刻, 质点  $P$  正位于波谷, 速率为零; 质点  $Q$

正在平衡位置, 故在  $t = 0$  时刻, 质点  $P$  的速率小于质点  $Q$ , 故 B 错误;

C、 $t = 0$  时刻, 质点  $P$  正位于波谷, 具有沿  $y$  轴正方向最大加速度, 质点  $Q$  在平衡位置, 加速度为零, 故 C 正确;

D、 $t = 0$  时刻, 平衡位置在坐标原点处的质点, 正处于平衡位置, 沿  $y$  轴正方向运动, 跟 (b) 图吻合, 故 D 正确;

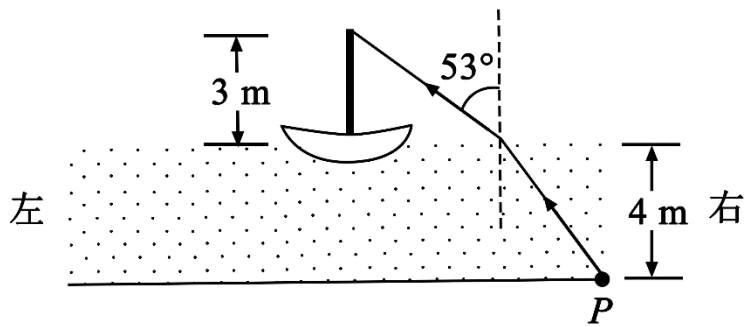
E、 $t = 0$  时刻, 质点  $P$  正位于波谷, 偏离平衡位置位移最大, 质点  $Q$  在平衡位置, 偏离平衡位置位移为零, 故 E 正确。

故本题选 CDE。

16. 如图, 一般帆船静止在湖面上, 帆船的竖直桅杆顶端高出水面 3 m。距水面 4 m 的湖底  $P$  点发出的激光束, 从水面出射后恰好照射到桅杆顶端, 该出射光束与竖直方向的夹角为  $53^\circ$  (取  $\sin 53^\circ = 0.8$ )。已知水的折射率为  $\frac{4}{3}$

(1) 求桅杆到  $P$  点的水平距离;

(2) 船向左行驶一段距离后停止, 调整由  $P$  点发出的激光束方向, 当其与竖直方向夹角为  $45^\circ$  时, 从水面射出后仍然照射在桅杆顶端, 求船行驶的距离。



【答案】 (1) 7m (2) 5.5m

【解析】

【详解】①设光束从水面射出的点到桅杆的水平距离为  $x_1$ ，到 P 点的水平距离为  $x_2$ ，桅杆高度为  $h_1$ ，P 点处水深为  $h_2$ ；激光束在水中与竖直方向的夹角为  $\theta$ ，由几何关系有

$$\frac{x_1}{h_1} = \tan 53^\circ$$

$$\frac{x_2}{h_2} = \tan \theta$$

由折射定律有：  $\sin 53^\circ = n \sin \theta$

设桅杆到 P 点的水平距离为  $x$

则  $x = x_1 + x_2$

联立方程并代入数据得：  $x = 7\text{m}$

②设激光束在水中与竖直方向的夹角为  $45^\circ$  时，从水面出射的方向与竖直方向夹角为  $i'$

由折射定律有：  $\sin i' = n \sin 45^\circ$

设船向左行驶的距离为  $x'$ ，此时光束从水面射出的点到桅杆的水平距离为  $x_1'$ ，

到 P 点的水平距离为  $x_2'$ ，则：  $x_1' + x_2' = x' + x$

$$\frac{x_1'}{h_1} = \tan i'$$

$$\frac{x_2'}{h_2} = \tan 45^\circ$$

联立方程并代入数据得： $x' = (6\sqrt{2} - 3)m \approx 5.5m$

## 化学部分

可能用到的相对原子质量：H 1 Li 7 C 12 N 14 O 16 Na 23 S 32 Cl 35.5 Ar 40 Fe 56 I 127

一、选择题：本题共 13 个小题，每小题 6 分。共 78 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. 陶瓷是火与土的结晶，是中华文明的象征之一，其形成、性质与化学有着密切的关系。下列说法错误的是

- A. “雨过天晴云破处”所描述的瓷器青色，来自氧化铁
- B. 闻名世界的秦兵马俑是陶制品，由黏土经高温烧结而成
- C. 陶瓷是应用较早的人造材料，主要化学成分是硅酸盐
- D. 陶瓷化学性质稳定，具有耐酸碱侵蚀、抗氧化等优点

【答案】A

【解析】

【分析】

陶瓷是以天然粘土以及各种天然矿物为主要原料经过粉碎混炼、成型和煅烧制得的材料的各种制品。陶瓷的传统概念是指所有以黏土等无机非金属矿物为原料的人工工业产品。

【详解】A 项、氧化铁为棕红色固体，瓷器的青色不可能来自氧化铁，故 A 错误；

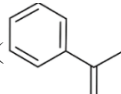
B 项、秦兵马俑是陶制品，陶制品是由粘土或含有粘土的混合物经混炼、成形、煅烧而制成的，故 B 正确；

C 项、陶瓷的主要原料是取之于自然界的硅酸盐矿物，陶瓷的主要成分是硅酸盐，与水泥、玻璃等同属硅酸盐产品，故 C 正确；

D 项、陶瓷的主要成分是硅酸盐，硅酸盐的化学性质不活泼，具有不与酸或碱反应、抗氧化的特点，故 D 正确。

故选 A。

【点睛】本题考查物质的性质，侧重分析与应用能力的考查，注意化学与生活的联系，把握物质性质、反应与用途为解答的关键。

2.关于化合物 2-苯基丙烯 ()，下列说法正确的是

- A. 不能使稀高锰酸钾溶液褪色
- B. 可以发生加成聚合反应
- C. 分子中所有原子共平面
- D. 易溶于水及甲苯

【答案】B

【解析】

【分析】

2-苯基丙烯的分子式为  $C_9H_{10}$ ，官能团为碳碳双键，能够发生加成反应、氧化反应和加聚反应。

【详解】A 项、2-苯基丙烯的官能团为碳碳双键，能够与高锰酸钾溶液发生氧化反应，使酸性高锰酸钾溶液褪色，故 A 错误；

B 项、2-苯基丙烯的官能团为碳碳双键，一定条件下能够发生加聚反应生成聚 2-苯基丙烯，故 B 正确；

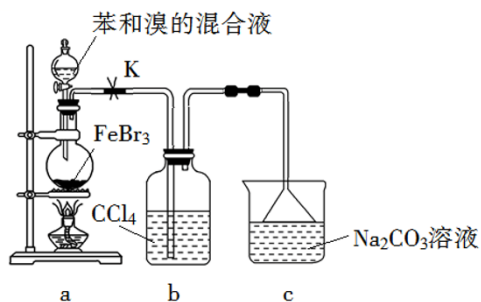
C 项、有机物分子中含有饱和碳原子，所有原子不可能在同一平面。2-苯基丙烯中含有甲基，所有原子不可能在同一平面上，故 C 错误；

D 项、2-苯基丙烯为烃类，分子中不含羟基、羧基等亲水基团，难溶于水，易溶于有机溶剂，则 2-苯基丙烯难溶于水，易溶于有机溶剂甲苯，故 D 错误。

故选 B。

【点睛】本题考查有机物的结构与性质，侧重分析与应用能力的考查，注意把握有机物的结构，掌握各类反应的特点，并会根据物质分子结构特点进行判断是解答关键。

3.实验室制备溴苯的反应装置如下图所示，关于实验操作或叙述错误的是



- A. 向圆底烧瓶中滴加苯和溴的混合液前需先打开 K
- B. 实验中装置 b 中的液体逐渐变为浅红色
- C. 装置 c 中的碳酸钠溶液的作用是吸收溴化氢
- D. 反应后的混合液经稀碱溶液洗涤、结晶，得到溴苯

【答案】D

【解析】

【分析】

在溴化铁作催化剂作用下，苯和液溴反应生成无色的溴苯和溴化氢，装置 b 中四氯化碳的作用是吸收挥发出来的苯和溴蒸汽，装置 c 中碳酸钠溶液呈碱性，能够吸收反应生成的溴化氢气体，倒置漏斗的作用是防止倒吸。

【详解】A 项、若关闭 K 时向烧瓶中加入液体，会使烧瓶中气体压强增大，苯和溴混合液不能顺利流下。打开 K，可以平衡气压，便于苯和溴混合液流下，故 A 正确；

B 项、装置 b 中四氯化碳的作用是吸收挥发出来的苯和溴蒸汽，溴溶于四氯化碳使液体逐渐变为浅红色，故 B 正确；

C 项、装置 c 中碳酸钠溶液呈碱性，能够吸收反应生成的溴化氢气体，故 C 正确；

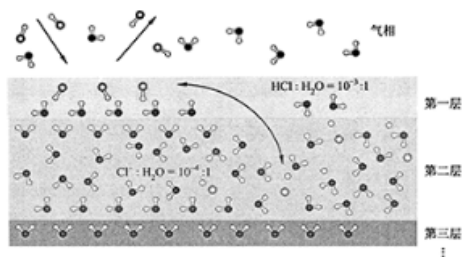
D 项、反应后得到粗溴苯，向粗溴苯中加入稀氢氧化钠溶液洗涤，除去其中溶解的溴，振荡、静置，分层后分液，向有机层中加入适当的干燥剂，然后蒸馏分离出沸点较低的苯，可以得到溴苯，不能用结晶法提纯溴苯，故 D 错误。

故选 D。

【点睛】本题考查化学实验方案的设计与评价，侧重于学生的分析能力、实验能力和评价能力的考查，注意把握实验操作要点，结合物质的性质综合考虑分析是解答关键。

4. 固体界面上强酸的吸附和离解是多相化学在环境、催化、材料科学等领域研究的重要课题。

下图为少量 HCl 气体分子在 253 K 冰表面吸附和溶解过程的示意图。下列叙述错误的是



- A. 冰表面第一层中，HCl 以分子形式存在
- B. 冰表面第二层中， $\text{H}^+$ 浓度为  $5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ （设冰的密度为  $0.9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ）
- C. 冰表面第三层中，冰的氢键网络结构保持不变
- D. 冰表面各层之间，均存在可逆反应  $\text{HCl} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cl}^-$

【答案】D

【解析】

【分析】

由示意图可知，在冰的表面第一层主要为氯化氢的吸附，第二层中氯化氢溶于水并发生部分电离，第三层主要是冰，与氯化氢的吸附和溶解无关。

【详解】A 项、由图可知，冰的表面第一层主要为氯化氢的吸附，氯化氢以分子形式存在，故 A 正确；

B 项、由题给数据可知，冰的表面第二层中氯离子和水的个数比为  $10^{-4}:1$ ，第二层中溶解的氯化氢分子应少于第一层吸附的氯化氢分子数，与水的质量相比，可忽略其中溶解的氯化氢的质量。设水的物质的量为  $1 \text{ mol}$ ，则所得溶液质量为  $18 \text{ g/mol} \times 1 \text{ mol} = 18 \text{ g}$ ，则溶液的体积为  $\frac{18 \text{ g/mol} \times 1 \text{ mol}}{0.9 \text{ g/mL}} \times 10^{-3} \text{ L/mL} = 2.0 \times 10^{-2} \text{ L}$ ，由第二层氯离子和水个数比可知，溶液中氢离子物质的量等于氯离子物质的量，为  $10^{-4} \text{ mol}$ ，则氢离子浓度为  $\frac{10^{-4} \text{ mol}}{2.0 \times 10^{-2} \text{ L}} = 5 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ ，故 B 正确；

C 项、由图可知，第三层主要是冰，与氯化氢的吸附和溶解无关，冰的氢键网络结构保持不变，故 C 正确；

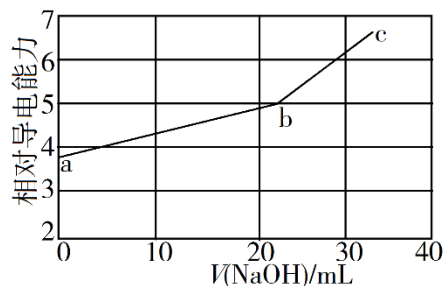
D 项、由图可知，只有第二层存在氯化氢的电离平衡  $\text{HCl} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cl}^-$ ，而第一层和第三层均不存在，故 D 错误。

故选 D。

【点睛】本题考查氯化氢气体在冰表面的吸附和溶解。侧重考查接受、吸收、整合化学信息的能力及分析和解决化学问题的能力，注意能够明确图像表达的化学意义，正确计算物质的量浓度为解答关键。

5. NaOH 溶液滴定邻苯二甲酸氢钾（邻苯二甲酸氢钾  $H_2A$  的  $K_{a1}=1.1\times 10^{-3}$ ， $K_{a2}=3.9\times 10^{-6}$ ）

溶液，混合溶液的相对导电能力变化曲线如图所示，其中 b 点为反应终点。下列叙述错误的是



- A. 混合溶液的导电能力与离子浓度和种类有关
- B.  $Na^+$ 与  $A^{2-}$ 的导电能力之和大于  $HA^-$ 的
- C. b 点的混合溶液  $pH=7$
- D. c 点的混合溶液中， $c(Na^+)>c(K^+)>c(OH^-)$

【答案】C

【解析】

【分析】

邻苯二甲酸氢钾为二元弱酸酸式盐，溶液呈酸性，向邻苯二甲酸氢钾溶液中加入氢氧化钠溶液，两者反应生成邻苯二甲酸钾和邻苯二甲酸钠，溶液中离子浓度增大，导电性增强，邻苯二甲酸钾和邻苯二甲酸钠为强碱弱酸盐，邻苯二甲酸根在溶液中水解使溶液呈碱性。

【详解】A 项、向邻苯二甲酸氢钾溶液中加入氢氧化钠溶液，两者反应生成邻苯二甲酸钾和邻苯二甲酸钠，溶液中  $Na^+$ 和  $A^{2-}$ 的浓度增大。由图像可知，溶液导电性增强，说明导电能力与离子浓度和种类有关，故 A 正确；

B 项、a 点和 b 点  $K^+$ 的物质的量相同， $K^+$ 的物质的量浓度变化不明显， $HA^-$ 转化为  $A^{2-}$ ，b 点导电性强于 a 点，说明  $Na^+$ 和  $A^{2-}$ 的导电能力强于  $HA^-$ ，故 B 正确；

C 项、b 点邻苯二甲酸氢钾溶液与氢氧化钠溶液恰好完全反应生成邻苯二甲酸钾和邻苯二甲酸钠，邻苯二甲酸钾为强碱弱酸盐， $A^{2-}$ 在溶液中水解使溶液呈碱性，溶液  $pH>7$ ，故 C 错误；

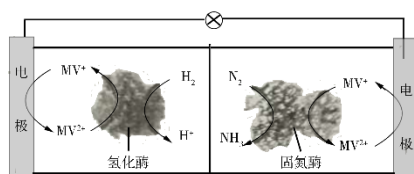
D 项、b 点邻苯二甲酸氢钾溶液与氢氧化钠溶液恰好完全反应生成等物质的量的邻苯二甲酸钾和邻苯二甲酸钠，溶液中  $c(Na^+)$ 和  $c(K^+)$ 相等，c 点是继续加入氢氧化钠溶液后，得到邻苯二甲酸钾、邻苯二甲酸钠、氢氧化钠的混合溶液，则溶液中  $c(Na^+)>c(K^+)$

), 由图可知, a 点到 b 点加入氢氧化钠溶液的体积大于 b 点到 c 点加入氢氧化钠溶液的体积, 则溶液中  $c(\text{K}^+) > c(\text{OH}^-)$ , 溶液中三者大小顺序为  $c(\text{Na}^+) > c(\text{K}^+) > c(\text{OH}^-)$ , 故 D 正确。

故选 C。

**【点睛】** 本题考查水溶液中的离子平衡, 试题侧重考查分析、理解问题的能力, 注意正确分析图象曲线变化, 明确酸式盐与碱反应溶液浓度和成分的变化与导电性变化的关系是解答关键。

6. 利用生物燃料电池原理研究室温下氨的合成, 电池工作时  $\text{MV}^{2+}/\text{MV}^+$  在电极与酶之间传递电子, 示意图如下所示。下列说法错误的是



- A. 相比现有工业合成氨, 该方法条件温和, 同时还可提供电能
- B. 阴极区, 在氢化酶作用下发生反应  $\text{H}_2 + 2\text{MV}^{2+} \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + 2\text{MV}^+$
- C. 正极区, 固氮酶为催化剂,  $\text{N}_2$  发生还原反应生成  $\text{NH}_3$
- D. 电池工作时质子通过交换膜由负极区向正极区移动

**【答案】** B

**【解析】**

**【分析】**

由生物燃料电池的示意图可知, 左室电极为燃料电池的负极,  $\text{MV}^+$  在负极失电子发生氧化反应生成  $\text{MV}^{2+}$ , 电极反应式为  $\text{MV}^+ - \text{e}^- = \text{MV}^{2+}$ , 放电生成的  $\text{MV}^{2+}$  在氢化酶的作用下与  $\text{H}_2$  反应生成  $\text{H}^+$  和  $\text{MV}^+$ , 反应的方程式为  $\text{H}_2 + 2\text{MV}^{2+} = 2\text{H}^+ + 2\text{MV}^+$ ; 右室电极为燃料电池的正极,  $\text{MV}^{2+}$  在正极得电子发生还原反应生成  $\text{MV}^+$ , 电极反应式为  $\text{MV}^{2+} + \text{e}^- = \text{MV}^+$ , 放电生成的  $\text{MV}^+$  与  $\text{N}_2$  在固氮酶的作用下反应生成  $\text{NH}_3$  和  $\text{MV}^{2+}$ , 反应的方程式为  $\text{N}_2 + 6\text{H}^+ + 6\text{MV}^+ = 6\text{MV}^{2+} + \text{NH}_3$ , 电池工作时, 氢离子通过交换膜由负极向正极移动。

**【详解】** A 项、相比现有工业合成氨, 该方法选用酶作催化剂, 条件温和, 同时利用  $\text{MV}^+$  和  $\text{MV}^{2+}$  的相互转化, 化学能转化为电能, 故可提供电能, 故 A 正确;

B 项、左室为负极区,  $\text{MV}^+$  在负极失电子发生氧化反应生成  $\text{MV}^{2+}$ , 电极反应式为



$MV^{+} - e^{-} = MV^{2+}$ ，放电生成的  $MV^{2+}$  在氢化酶的作用下与  $H_2$  反应生成  $H^{+}$  和  $MV^{+}$ ，反应的方程式为  $H_2 + 2MV^{2+} = 2H^{+} + 2MV^{+}$ ，故 B 错误；

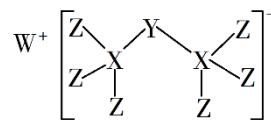
C 项、右室为正极区， $MV^{2+}$  在正极得电子发生还原反应生成  $MV^{+}$ ，电极反应式为  $MV^{2+} + e^{-} = MV^{+}$ ，放电生成的  $MV^{+}$  与  $N_2$  在固氮酶的作用下反应生成  $NH_3$  和  $MV^{2+}$ ，故 C 正确；

D 项、电池工作时，氢离子（即质子）通过交换膜由负极向正极移动，故 D 正确。

故选 B。

**【点睛】** 本题考查原池原理的应用，注意原电池反应的原理和离子流动的方向，明确酶的作用是解题的关键。

7. 科学家合成出了一种新化合物（如图所示），其中 W、X、Y、Z 为同一短周期元素，Z 核外最外层电子数是 X 核外电子数的一半。下列叙述正确的是



- A. WZ 的水溶液呈碱性
- B. 元素非金属性的顺序为  $X > Y > Z$
- C. Y 的最高价氧化物的水化物是中强酸
- D. 该新化合物中 Y 不满足 8 电子稳定结构

**【答案】** C

**【解析】**

**【分析】**

由 W、X、Y、Z 为同一短周期元素，Z 的核外最外层电子数是 X 核外电子数的一半可知，Z 为 Cl、X 为 Si，由化合价代数和为 0 可知，Y 元素化合价为 -3 价，则 Y 为 P 元素；由 W 的电荷数可知，W 为 Na 元素。

**【详解】** A 项、氯化钠为强酸强碱盐，水溶液呈中性，故 A 错误；

B 项、同周期元素从左到右，非金属性依次增强，则非金属性的强弱顺序为  $Cl > S > P$ ，故 B 错误；

C 项、P 元素的最高价氧化物对应水化物为磷酸，磷酸是三元中强酸，故 C 正确；

D 项、新化合物中 P 元素化合价为 -3 价，满足 8 电子稳定结构，故 D 错误。

故选 C。

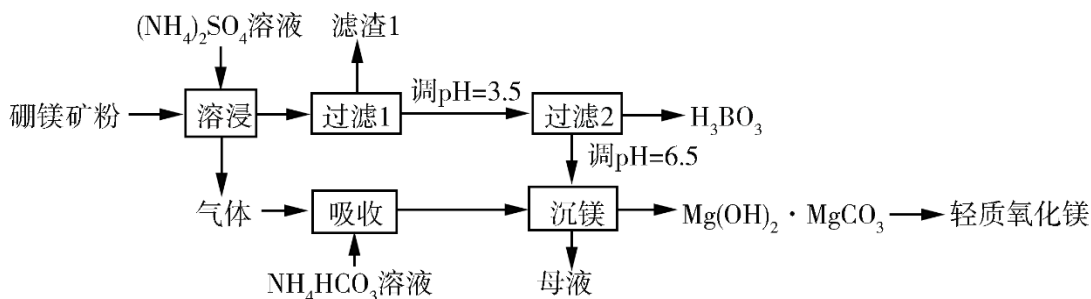
【点睛】本题考查元素周期律的应用，注意分析题给化合物的结构示意图，利用化合价代数和为零和题给信息推断元素为解答关键。

三、非选择题：共 174 分，第 22~32 题为必考题，每个试题考生都必须作答。

第 33~38 题为选考题，考生根据要求作答。

(一) 必考题：共 129 分。

8. 硼酸 ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) 是一种重要的化工原料，广泛应用于玻璃、医药、肥料等工艺。一种以硼镁矿 (含  $\text{Mg}_2\text{B}_2\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{SiO}_2$  及少量  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 为原料生产硼酸及轻质氧化镁的工艺流程如下：



回答下列问题：

(1) 在  $95\text{ }^\circ\text{C}$  “溶浸”硼镁矿粉，产生的气体在“吸收”中反应的化学方程式为\_\_\_\_\_。

(2) “滤渣 1”的主要成分有\_\_\_\_\_。为检验“过滤 1”后的滤液中是否含有  $\text{Fe}^{3+}$  离子，可选用的化学试剂是\_\_\_\_\_。

(3) 根据  $\text{H}_3\text{BO}_3$  的解离反应： $\text{H}_3\text{BO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{B}(\text{OH})_4^-$ ,  $K_a = 5.81 \times 10^{-10}$ , 可判断  $\text{H}_3\text{BO}_3$  是\_\_\_\_\_酸；在“过滤 2”前，将溶液 pH 调节至 3.5，目的是\_\_\_\_\_。

(4) 在“沉镁”中生成  $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCO}_3$  沉淀的离子方程式为\_\_\_\_\_，母液经加热后可返回\_\_\_\_\_工序循环使用。由碱式碳酸镁制备轻质氧化镁的方法是\_\_\_\_\_。

【答案】 (1).  $\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{HCO}_3 = (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ; (2).  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$  (3).  $\text{KSCN}$

(4). 一元弱酸 (5). 目的是将  $\text{B}(\text{OH})_4^-$  转化为  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ，并促进  $\text{H}_3\text{BO}_3$  析出 (6).

$2\text{Mg}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{CO}_3^{2-} = \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCO}_3 \downarrow + 2\text{HCO}_3^-$  (7). 母液加热分解后生成硫酸铵溶液，

可以返回“溶浸”工序循环使用 (8). 高温焙烧

【解析】

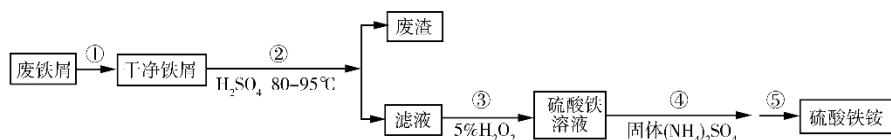
【详解】(1) 根据流程图知硼镁矿粉中加入硫酸铵溶液产生的气体为氨气，用碳酸氢铵溶液吸收，反应方程式为： $\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{HCO}_3 = (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ;

(2) 滤渣 I 为不与硫酸铵溶液反应的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ ; 检验  $\text{Fe}^{3+}$ , 可选用的化学试剂为  $\text{KSCN}$ ;

(3) 由硼酸的离解方程式知, 硼酸在水溶液中是通过与水分子的配位作用产生氢离子, 而三价硼原子最多只能再形成一个配位键, 且硼酸不能完全解离, 所以硼酸为一元弱酸。在“过滤 2”前, 将溶液 pH 调节至 3.5, 目的是将  $\text{B}(\text{OH})_4^-$  转化为  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , 并促进  $\text{H}_3\text{BO}_3$  析出;

(4) 沉镁过程中用碳酸铵溶液与  $\text{Mg}^{2+}$  反应生成  $\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCO}_3$ , 沉镁过程的离子反应为:  $2\text{Mg}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{CO}_3^{2-} = \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot \text{MgCO}_3 \downarrow + 2\text{HCO}_3^-$ ; 母液加热分解后生成硫酸铵溶液, 可以返回“溶浸”工序循环使用; 碱式碳酸镁不稳定, 高温下可以分解, 故由碱式碳酸镁制备轻质氧化镁的方法是高温焙烧。

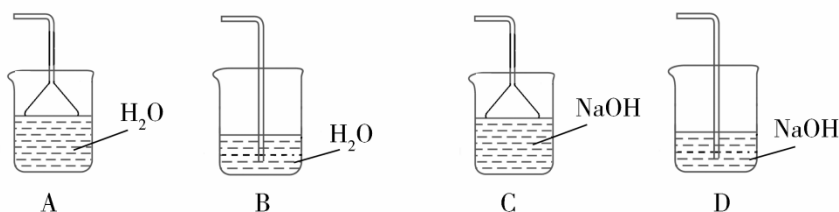
9. 硫酸铁铵  $[\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}]$  是一种重要铁盐。为充分利用资源, 变废为宝, 在实验室中探究采用废铁屑来制备硫酸铁铵, 具体流程如下:



回答下列问题:

(1) 步骤①的目的是去除废铁屑表面的油污, 方法是\_\_\_\_\_。

(2) 步骤②需要加热的目的是\_\_\_\_\_, 温度保持  $80\sim 95\text{ }^\circ\text{C}$ , 采用的合适加热方式是\_\_\_\_\_。铁屑中含有少量硫化物, 反应产生的气体需要净化处理, 合适的装置为\_\_\_\_\_ (填标号)。



(3) 步骤③中选用足量的  $\text{H}_2\text{O}_2$ , 理由是\_\_\_\_\_。分批加入  $\text{H}_2\text{O}_2$ , 同时为了\_\_\_\_\_, 溶液要保持 pH 小于 0.5。

(4) 步骤⑤的具体实验操作有\_\_\_\_\_, 经干燥得到硫酸铁铵晶体样品。

(5) 采用热重分析法测定硫酸铁铵晶体样品所含结晶水数, 将样品加热到  $150\text{ }^\circ\text{C}$  时, 失掉 1.5 个结晶水, 失重 5.6%。硫酸铁铵晶体的化学式为\_\_\_\_\_。

**【答案】** (1). 碱煮水洗 (2). 加快反应速率 (3). 水浴加热 (4). C (5). 将  $\text{Fe}^{2+}$  全部氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ , 不引入新的杂质 (6). 因为  $\text{H}_2\text{O}_2$  本身易分解, 所以在加入时需分量加入, 同时为了防止  $\text{Fe}^{3+}$  水解 (7). 加热浓缩、冷却结晶、过滤 (洗涤) (8).  $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

**【解析】**

**【详解】** (1) 步骤①的目的是去除废铁屑表面的油污, 油污在碱性条件下容易水解, 所以工业上常常用热的碳酸钠溶液清洗, 即碱煮水洗;

(2) 步骤②需要加热的目的是为了加快反应速率; 温度保持  $80\sim 95\text{ }^\circ\text{C}$ , 由于保持温度比较恒定且低于水的沸点, 故采用的合适加热方式是水浴加热 (热水浴); 铁屑中含有少量硫化物, 硫化物与硫酸反应生成硫化氢气体, 可以用氢氧化钠溶液吸收, 为了防止倒吸可以加装倒置的漏斗, 故选择 C 装置;

(3) 步骤③中选用足量的  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$  可以将  $\text{Fe}^{2+}$  氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ , 且  $\text{H}_2\text{O}_2$  的还原产物为  $\text{H}_2\text{O}$ , 不会引入新的杂质, 故理由是: 将  $\text{Fe}^{2+}$  全部氧化为  $\text{Fe}^{3+}$ , 不引入新的杂质。因为  $\text{H}_2\text{O}_2$  本身易分解, 所以在加入时需分量加入, 同时为了防止  $\text{Fe}^{3+}$  水解, 溶液要保持 pH 小于 0.5;

(4) 为了出去可溶性的硫酸铵、铁离子等, 需要经过的步骤为: 加热浓缩、冷却结晶、过滤 (洗涤)

(5) 设硫酸铁铵的化学式为  $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ , 其相对分子质量为  $266+18x$ , 1.5 个水分子的相对分子质量为  $1.5 \times 18=27$ , 则  $27/(266+18x)=5.6\%$ , 解得  $x=12$ , 则硫酸铁铵的化学式为  $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 。

10. 水煤气变换  $[\text{CO}(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g})=\text{CO}_2(\text{g})+\text{H}_2(\text{g})]$  是重要的化工过程, 主要用于合成氨、制氢以及合成气加工等工业领域中。回答下列问题:

(1) Shibata 曾做过下列实验: ①使纯  $\text{H}_2$  缓慢地通过处于  $721\text{ }^\circ\text{C}$  下的过量氧化钴  $\text{CoO}(\text{s})$ , 氧化钴部分被还原为金属钴  $(\text{Co})$ , 平衡后气体中  $\text{H}_2$  的物质的量分数为 0.0250。

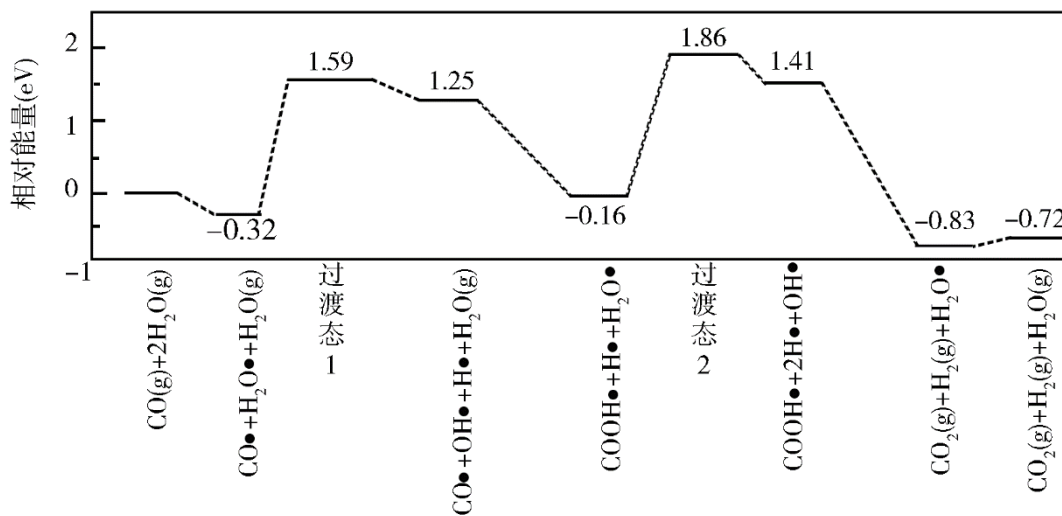
②在同一温度下用  $\text{CO}$  还原  $\text{CoO}(\text{s})$ , 平衡后气体中  $\text{CO}$  的物质的量分数为 0.0192。

根据上述实验结果判断, 还原  $\text{CoO}(\text{s})$  为  $\text{Co}(\text{s})$  的倾向是  $\text{CO}$  \_\_\_\_\_  $\text{H}_2$  (填“大于”或“小于”)。

(2)  $721\text{ }^\circ\text{C}$  时, 在密闭容器中将等物质的量的  $\text{CO}(\text{g})$  和  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  混合, 采用适当的催化剂进行反应, 则平衡时体系中  $\text{H}_2$  的物质的量分数为 \_\_\_\_\_ (填标号)。

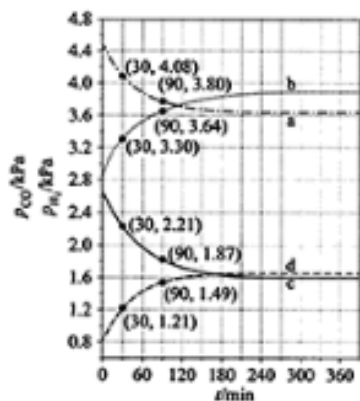
A.  $<0.25$       B. 0.25      C.  $0.25\sim 0.50$       D. 0.50      E.  $>0.50$

(3) 我国学者结合实验与计算机模拟结果，研究了在金催化剂表面上水煤气变换的反应历程，如图所示，其中吸附在金催化剂表面上的物种用 ● 标注。



可知水煤气变换的  $\Delta H$  \_\_\_\_\_ 0 (填“大于”“等于”或“小于”)，该历程中最大能垒 (活化能)  $E_{正} =$  \_\_\_\_\_ eV，写出该步骤的化学方程式 \_\_\_\_\_。

(4) Shoichi 研究了 467 °C、489 °C 时水煤气变换中 CO 和 H<sub>2</sub> 分压随时间变化关系 (如下图所示)，催化剂为氧化铁，实验初始时体系中的  $P_{H_2O}$  和  $P_{CO}$  相等、 $P_{CO_2}$  和  $P_{H_2}$  相等。



计算曲线 a 的反应在 30~90 min 内的平均速率  $\bar{v}(a) =$  \_\_\_\_\_ kPa·min<sup>-1</sup>。467 °C 时  $P_{H_2}$  和  $P_{CO}$  随时间变化关系的曲线分别是 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。489 °C 时  $P_{H_2}$  和  $P_{CO}$  随时间变化关系的曲线分别是 \_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

**【答案】** (1). 大于 (2). C (3). 小于 (4). 2.02 (5).  $COOHg + Hg + H_2Og \rightleftharpoons COHg + 2Hg + OHg$  或  $H_2Og \rightleftharpoons Hg + OHg$  (6). 0.0047 (7). b (8). c (9). a (10). d

**【解析】**

**【分析】**

(1) 由  $\text{H}_2$ 、 $\text{CO}$  与  $\text{CoO}$  反应后其气体物质的量分数判断二者的倾向大小；

(2) 根据三段式以及  $\text{CO}$  与  $\text{H}_2$  的倾向大小关系综合判断；

(3) 根据反应物与生成物的相对能量差大小进行比较判断；根据反应物达到活化状态所需能量为活化能以及相对能量差值大小计算并比较最大能垒；根据最大能垒对应的反应历程对应的物质写出方程式；

(4) 根据图中曲线 a 在 30~90 min 内分压变化量计算平均反应速率；先根据  $\text{CO}$  与  $\text{H}_2$  的倾向大小关系判断  $\text{CO}$  与  $\text{H}_2$  的含量范围，然后根据温度变化对化学平衡的影响判断出在不同温度下曲线对应的物质。

**【详解】**(1)  $\text{H}_2$  还原氧化钴的方程式为： $\text{H}_2(\text{g})+\text{CoO}(\text{s})\rightleftharpoons\text{Co}(\text{s})+\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ； $\text{CO}$  还原氧化钴的方程式为： $\text{CO}(\text{g})+\text{CoO}(\text{s})\rightleftharpoons\text{Co}(\text{s})+\text{CO}_2(\text{g})$ ，平衡时  $\text{H}_2$  还原体系中  $\text{H}_2$  的物质的量分数  $\left(\frac{n(\text{H}_2)}{n(\text{H}_2)+n(\text{H}_2\text{O})}\right)$  高于  $\text{CO}$  还原体系中  $\text{CO}$  的物质的量分数  $\left(\frac{n(\text{CO})}{n(\text{CO})+n(\text{CO}_2)}\right)$ ，

故还原  $\text{CoO}(\text{s})$  为  $\text{Co}(\text{s})$  的倾向是  $\text{CO}$  大于  $\text{H}_2$ ；

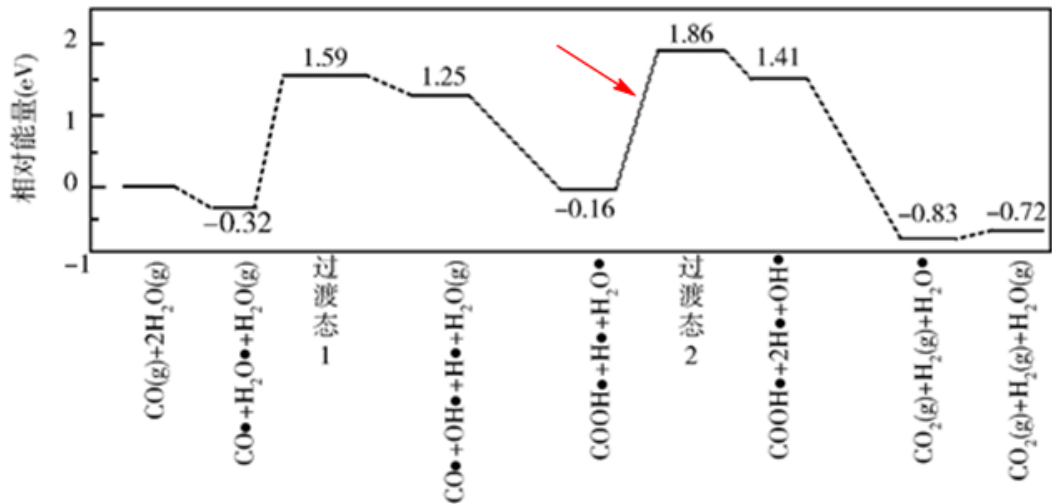
(2) 721 °C 时，在密闭容器中将等物质的量的  $\text{CO}(\text{g})$  和  $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  混合，可设其物质的量为 1mol，则

	$\text{CO}(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{g})+\text{H}_2(\text{g})$			
起始 (mol)	1	1	0	0
转化 (mol)	x	x	x	x
平衡 (mol)	1-x	1-x	x	x

则平衡时体系中  $\text{H}_2$  的物质的量分数  $=\frac{n(\text{H}_2)}{n_{\text{总}}}=\frac{x\text{mol}}{[(1-x)+(1-x)+x+x]\text{mol}}=\frac{x}{2}$ ，因该反应为

可逆反应，故  $x<1$ ，可假设二者的还原倾向相等，则  $x=0.5$ ，由 (1) 可知  $\text{CO}$  的还原倾向大于  $\text{H}_2$ ，所以  $\text{CO}$  更易转化为  $\text{H}_2$ ，故  $x>0.5$ ，由此可判断最终平衡时体系中  $\text{H}_2$  的物质的量分数介于 0.25~0.50，故答案为 C；

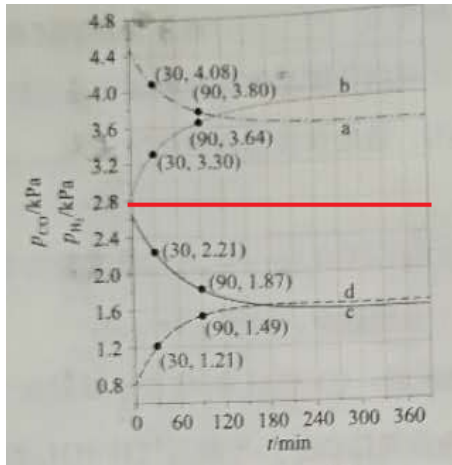
(3) 根据水煤气变换  $[\text{CO}(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g})=\text{CO}_2(\text{g})+\text{H}_2(\text{g})]$  并结合水煤气变换的反应历程相对能量可知， $\text{CO}(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g})$  的能量 (-0.32eV) 高于  $\text{CO}_2(\text{g})+\text{H}_2(\text{g})$  的能量 (-0.83eV)，故水煤气变换的  $\Delta H$  小于 0；活化能即反应物状态达到活化状态所需能量，根据变换历程的相对能量可知，最大差值为：



其最大能垒（活化能） $E_{\text{正}} = 1.86 - (-0.16) \text{ eV} = 2.02 \text{ eV}$ ；该步骤的反应物为

$\text{COOH}\cdot + \text{H}\cdot + \text{H}_2\text{O}\cdot \rightleftharpoons \text{COOH}\cdot + 2\text{H}\cdot + \text{OH}\cdot$ ；因反应前后  $\text{COOH}\cdot$  和 1 个  $\text{H}\cdot$  未发生改变，也可以表述成  $\text{H}_2\text{O}\cdot \rightleftharpoons \text{H}\cdot + \text{OH}\cdot$ ；

（4）由图可知，30~90 min 内 a 曲线对应物质的分压变化量  $\Delta p = (4.08 - 3.80) \text{ kPa} = 0.28 \text{ kPa}$ ，故曲线 a 的反应在 30~90 min 内的平均速率  $\bar{v}(a) = \frac{0.28 \text{ kPa}}{60 \text{ min}} = 0.0047 \text{ kPa} \cdot \text{min}^{-1}$ ；由（2）中分析得出  $\text{H}_2$  的物质的量分数介于 0.25~0.5，CO 的物质的量分数介于 0~0.25，即  $\text{H}_2$  的分压始终高于 CO 的分压，据此可将图分成两部分：



由此可知，a、b 表示的是  $\text{H}_2$  的分压，c、d 表示的是 CO 的分压，该反应为放热反应，故升高温度，平衡逆向移动，CO 分压增加， $\text{H}_2$  分压降低，故  $467^\circ\text{C}$  时  $P_{\text{H}_2}$  和  $P_{\text{CO}}$  随时间变化关系的曲线分别是 b、c； $489^\circ\text{C}$  时  $P_{\text{H}_2}$  和  $P_{\text{CO}}$  随时间变化关系的曲线分别是 a、d。

【点睛】

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。

如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/547042113061006144>