

## 2022年全国乙理综-物理

### 二、选择题:

1. 2022年3月,中国航天员翟志刚、王亚平、叶光富在高地球表面约400km的“天宫二号”空间站上通过天地连线,为同学们上了一堂精彩的科学课。通过直播画面可以看到,在近地圆轨道上飞行的“天宫二号”中,航天员可以自由地漂浮,这表明他们( )

- A. 所受地球引力的大小近似为零
- B. 所受地球引力与飞船对其作用力两者的合力近似为零
- C. 所受地球引力的大小与其随飞船运动所需向心力的大小近似相等
- D. 在地球表面上所受引力的大小小于其随飞船运动所需向心力的大小

【答案】C

【解析】

【详解】ABC. 航天员在空间站中所受万有引力完全提供做圆周运动的向心力,飞船对其作用力等于零,故C正确,AB错误;

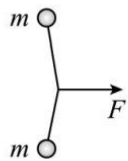
D. 根据万有引力公式

$$F_{\text{万}} = G \frac{Mm}{r^2}$$

可知在地球表面上所受引力的大小大于在飞船所受的万有引力大小,因此地球表面引力大于其随飞船运动所需向心力的大小,故D错误。

故选C。

2. 如图,一不可伸长轻绳两端各连接一质量为 $m$ 的小球,初始时整个系统静置于光滑水平桌面上,两球间的距离等于绳长 $L$ 。一大小为 $F$ 的水平恒力作用在轻绳的中点,方向与两球连线垂直。当两球运动至二者相距 $\frac{3}{5}L$ 时,它们加速度的大小均为( )

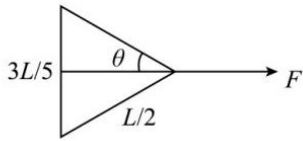


- A.  $\frac{5F}{8m}$
- B.  $\frac{2F}{5m}$
- C.  $\frac{3F}{8m}$
- D.  $\frac{3F}{10m}$

【答案】A

【解析】

【详解】当两球运动至二者相距  $\frac{3}{5}L$  时, 如图所示



由几何关系可知

$$\sin \theta = \frac{\frac{3L}{5}}{\frac{L}{2}} = \frac{3}{5}$$

设绳子拉力为  $T$ , 水平方向有

$$2T \cos \theta = F$$

解得

$$T = \frac{5}{8}F$$

对任意小球由牛顿第二定律可得

$$T = ma$$

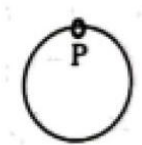
解得

$$a = \frac{5F}{8m}$$

故 A 正确, BCD 错误。

故选 A。

3. 固定于竖直平面内的光滑大圆环上套有一个小环, 小环从大圆环顶端  $P$  点由静止开始自由下滑, 在下滑过程中, 小环的速率正比于 ( )

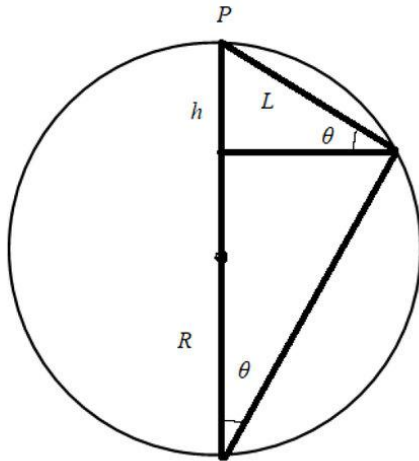


- A. 它滑过的弧长
- B. 它下降的高度
- C. 它到  $P$  点的距离
- D. 它与  $P$  点的连线扫过的面积

【答案】C

【解析】

【详解】如图所示



设圆环下降的高度为  $h$ ，圆环的半径为  $R$ ，它到  $P$  点的距离为  $L$ ，根据机械能守恒定律得

$$mgh = \frac{1}{2}mv^2$$

由几何关系可得

$$h = L \sin \theta$$

$$\sin \theta = \frac{L}{2R}$$

联立可得

$$h = \frac{L^2}{2R}$$

可得

$$v = L\sqrt{\frac{g}{R}}$$

故 C 正确，ABD 错误。

故选 C。

4. 一点光源以 113W 的功率向周围所有方向均匀地辐射波长约为  $6 \times 10^{-7}\text{m}$  的光，在离点光源距离为  $R$  处每秒垂直通过每平方米的光子数为  $3 \times 10^{14}$  个。普朗克常量为  $h = 6.63 \times 10^{-34}\text{J}\cdot\text{s}$ 。  $R$  约为 ( )

- A.  $1 \times 10^2\text{m}$       B.  $3 \times 10^2\text{m}$       C.  $6 \times 10^2\text{m}$       D.  $9 \times 10^2\text{m}$

【答案】B

【解析】

【详解】一个光子的能量为

$$E = h\nu$$

$\nu$  为光的频率，光的波长与频率有以下关系

$$c = \lambda\nu$$

光源每秒发出的光子的个数为

$$n = \frac{P}{h\nu} = \frac{P\lambda}{hc}$$

$P$  为光源的功率，光子以球面波的形式传播，那么以光源为原点的球面上的光子数相同，此时距光源的距离为  $R$  处，每秒垂直通过每平方米的光子数为  $3 \times 10^{14}$  个，那么此处的球面的表面积为

$$S = 4\pi R^2$$

则

$$\frac{n}{S} = 3 \times 10^{14}$$

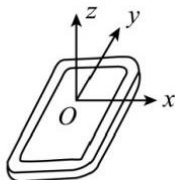
联立以上各式解得

$$R \approx 3 \times 10^2 \text{m}$$

故选 B。

5. 安装适当的软件后，利用智能手机中的磁传感器可以测量磁感应强度  $B$ 。如图，在手机上建立直角坐标系，手机显示屏所在平面为  $xOy$  面。某同学在某地对地磁场进行了四次测量，每次测量时  $y$  轴指向不同方向而  $z$  轴正向保持竖直向上。根据表中测量结果可推知 ( )

测量序号	$B_x/\mu\text{T}$	$B_y/\mu\text{T}$	$B_z/\mu\text{T}$
1	0	21	-45
2	0	-20	-46
3	21	0	-45
4	-21	0	-45

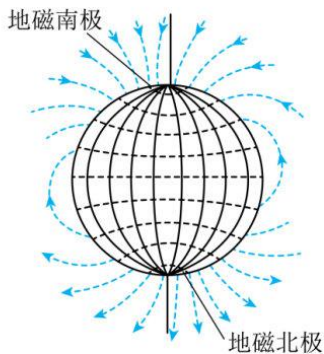


- A. 测量地点位于南半球
- B. 当地的地磁场大小约为  $50\mu\text{T}$
- C. 第 2 次测量时  $y$  轴正向指向南方
- D. 第 3 次测量时  $y$  轴正向指向东方

【答案】BC

【解析】

【详解】A. 如图所示



地球可视为一个磁偶极，磁南极大致指向地理北极附近，磁北极大致指向地理南极附近。通过这两个磁极的假想直线（磁轴）与地球的自转轴大约成  $11.3^\circ$  的倾斜。由表中  $z$  轴数据可看出  $z$  轴的磁场竖直向下，则测量地点应位于北半球，A 错误；

B. 磁感应强度为矢量，故由表格可看出此处的磁感应强度大致为

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_z^2} = \sqrt{B_y^2 + B_z^2}$$

计算得

$$B \approx 50\mu\text{T}$$

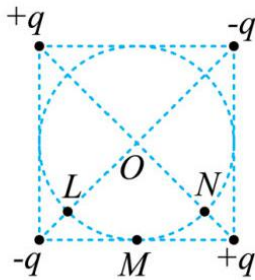
B 正确；

CD. 由选项 A 可知测量地在北半球，而北半球地磁场指向北方斜向下，则第 2 次测量，测量  $B_y < 0$ ，故  $y$  轴指向南方，第 3 次测量  $B_x > 0$ ，故  $x$  轴指向北方而  $y$  轴则指向西方，C 正确、D 错误。

故选 BC。

6. 如图，两对等量异号点电荷  $+q$ 、 $-q$  ( $q > 0$ ) 固定于正方形的 4 个顶点上。L、N 是该正方形两条对角线与其内切圆的交点，O 为内切圆的圆心，M 为切点。则 ( )





- A. L 和 N 两点处的电场方向相互垂直  
 B. M 点的电场方向平行于该点处的切线，方向向左  
 C. 将一带正电的点电荷从 M 点移动到 O 点，电场力做正功  
 D. 将一带正电的点电荷从 L 点移动到 N 点，电场力做功为零

【答案】AB

【解析】

【详解】A. 两个正电荷在 N 点产生的场强方向由 N 指向 O，N 点处于两负电荷连线的中垂线上，则两负电荷在 N 点产生的场强方向由 N 指向 O，则 N 点的合场强方向由 N 指向 O，同理可知，两个负电荷在 L 处产生的场强方向由 O 指向 L，L 点处于两正电荷连线的中垂线上，两正电荷在 L 处产生的场强方向由 O 指向 L，则 L 处的合场方向由 O 指向 L，由于正方向两对角线垂直平分，则 L 和 N 两点处的电场方向相互垂直，故 A 正确；

B. 正方向底边的一对等量异号电荷在 M 点产生的场强方向向左，而正方形上方的一对等量异号电荷在 M 点产生的场强方向向右，由于 M 点离上方一对等量异号电荷距离较远，则 M 点的场方向向左，故 B 正确；

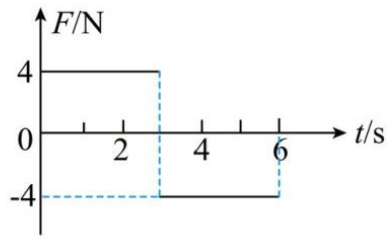
C. 由图可知，M 和 O 点位于两等量异号电荷的等势线上，即 M 和 O 点电势相等，所以将一带正电的点电荷从 M 点移动到 O 点，电场力做功为零，故 C 错误；

D. 由图可知，L 点的电势低于 N 点电势，则将一带正电的点电荷从 L 点移动到 N 点，电场力做功不为零，故 D 错误。

故选 AB。

7. 质量为  $1\text{kg}$  的物块在水平力  $F$  的作用下由静止开始在水平地面上做直线运动， $F$  与时间  $t$  的关系如图所示。

已知物块与地面间的动摩擦因数为  $0.2$ ，重力加速度大小取  $g = 10\text{m/s}^2$ 。则 ( )



- A. 4s时物块的动能为零  
 B. 6s时物块回到初始位置  
 C. 3s时物块的动量为 $12\text{kg}\cdot\text{m/s}$   
 D. 0~6s时间内  $F$  对物块所做的功为 40J

【答案】AD

【解析】

【详解】物块与地面间 摩擦力为

$$f = \mu mg = 2\text{N}$$

AC. 对物块从 0 到 3 内由动量定理可知

$$(F - f)t_1 = mv_3$$

即

$$(4 - 2) \times 3 = 1 \times v_3$$

得

$$v_3 = 6\text{m/s}$$

3s 时物块的动量为

$$p = mv_3 = 6\text{kg}\cdot\text{m/s}$$

设 3s 后经过时间  $t$  物块的速度减为 0, 由动量定理可得

$$-(F + f)t = 0 - mv_3$$

即

$$-(4 + 2)t = 0 - 1 \times 6$$

解得

$$t = 1\text{s}$$



所以物块在 4s 时速度减为 0, 则此时物块的动能也为 0, 故 A 正确, C 错误;

B. 0~3 物块发生的位移为  $x_1$ , 由动能定理可得

$$(F - f)x_1 = \frac{1}{2}mv_3^2$$

即

$$(4 - 2)x_1 = \frac{1}{2} \times 1 \times 6^2$$

得

$$x_1 = 9\text{m}$$

3s~4s 过程中, 对物块由动能定理可得

$$-(F + f)x_2 = 0 - \frac{1}{2}mv_3^2$$

即

$$-(4 + 2)x_2 = 0 - \frac{1}{2} \times 1 \times 6^2$$

得

$$x_2 = 3\text{m}$$

4s~6s 物块开始反向运动, 物块的加速度大小为

$$a = \frac{F - f}{m} = 2\text{m/s}^2$$

发生的位移为

$$x_3 = \frac{1}{2} \times 2 \times 2^2 \text{m} = 4\text{m} < x_1 + x_2$$

即 6s 时物块没有回到初始位置, 故 B 错误;

D. 物块在 6s 时的速度大小为

$$v_6 = 2 \times 2\text{m/s} = 4\text{m/s}$$

0~6s 拉力所做的功为

$$W = (4 \times 9 - 4 \times 3 + 4 \times 4)\text{J} = 40\text{J}$$

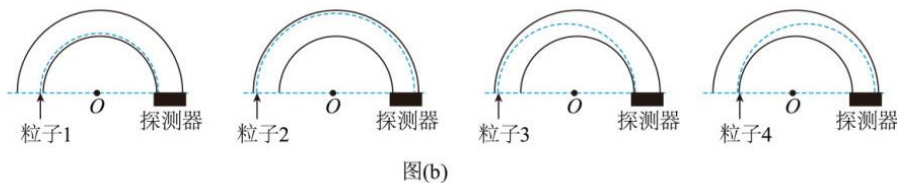
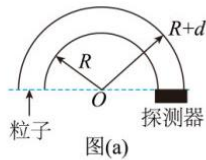
故 D 正确。

故选 AD。

8. 一种可用于卫星上的带电粒子探测装置, 由两个同轴的半圆柱形带电导体极板(半径分别为  $R$  和  $R+d$ ) 和探测器组成, 其横截面如图(a)所示, 点  $O$  为圆心。在截面内, 极板间各点的电场强度大小与其到  $O$  点的距离成反比, 方向指向  $O$  点。4 个带正电的同种粒子从极板间通过, 到达探测器。不计重力。粒子 1、2



做圆周运动, 圆的圆心为  $O$ 、半径分别为  $r_1$ 、 $r_2$  ( $R < r_1 < r_2 < R+d$ ); 粒子 3 从距  $O$  点  $r_2$  的位置入射并从距  $O$  点  $r_1$  的位置出射; 粒子 4 从距  $O$  点  $r_1$  的位置入射并从距  $O$  点  $r_2$  的位置出射, 轨迹如图(b)中虚线所示。则 ( )



- A. 粒子 3 入射时的动能比它出射时的大
- B. 粒子 4 入射时的动能比它出射时的大
- C. 粒子 1 入射时的动能小于粒子 2 入射时的动能
- D. 粒子 1 入射时的动能大于粒子 3 入射时的动能

【答案】BD

【解析】

【详解】C. 在截面内, 极板间各点的电场强度大小与其到  $O$  点的距离成反比, 可设为

$$Er = k$$

带正电的同种粒子 1、2 在均匀辐向电场中做匀速圆周运动, 则有

$$qE_1 = m \frac{v_1^2}{r_1}, \quad qE_2 = m \frac{v_2^2}{r_2}$$

可得

$$\frac{1}{2} m v_1^2 = \frac{qE_1 r_1}{2} = \frac{qE_2 r_2}{2}$$

即粒子 1 入射时的动能等于粒子 2 入射时的动能, 故 C 错误;

A. 粒子 3 从距  $O$  点  $r_2$  的位置入射并从距  $O$  点  $r_1$  的位置出射, 做向心运动, 电场力做正功, 则动能增大, 粒子 3 入射时的动能比它出射时的小, 故 A 错误;

B. 粒子 4 从距  $O$  点  $r_1$  的位置入射并从距  $O$  点  $r_2$  的位置出射, 做离心运动, 电场力做负功, 则动能减小,

粒子4入射时的动能比它出射时的大，故B正确；

D. 粒子3做向心运动，有

$$qE_2 > m \frac{v_3^2}{r_2}$$

可得

$$\frac{1}{2}mv_3^2 < \frac{qE_2 r_2}{2} = \frac{1}{2}mv_1^2$$

粒子1入射时的动能大于粒子3入射时的动能，故D正确；

故选BD。

### 三、非选择题：

#### (一) 必考题：

9. 用雷达探测一高速飞行器的位置。从某时刻 ( $t=0$ ) 开始的一段时间内，该飞行器可视为沿直线运动，每隔1s测量一次其位置，坐标为  $x$ ，结果如下表所示：

$t/s$	0	1	2	3	4	5	6
$x/m$	0	507	1094	1759	2505	3329	4233

回答下列问题：

- 根据表中数据可判断该飞行器在这段时间内近似做匀加速运动，判断的理由是：\_\_\_\_\_；
- 当  $x=507\text{m}$  时，该飞行器速度的大小  $v=$ \_\_\_\_\_  $\text{m/s}$ ；
- 这段时间内该飞行器加速度的大小  $a=$ \_\_\_\_\_  $\text{m/s}^2$  (保留2位有效数字)。

【答案】 ①. 相邻1s内的位移之差接近  $\Delta x=80\text{m}$  ②. 547 ③. 79

#### 【解析】

【详解】(1) [1]第1s内的位移507m，第2s内的位移587m，第3s内的位移665m，第4s内的位移746m，第5s内的位移824m，第6s内的位移904m，则相邻1s内的位移之差接近  $\Delta x=80\text{m}$ ，可知判断飞行器在这段时间内做匀加速运动；

(2) [2]当  $x=507\text{m}$  时飞行器的速度等于0-2s内的平均速度，则

$$v_1 = \frac{1094}{2} \text{m/s} = 547 \text{m/s}$$

(3) [3]根据

$$a = \frac{x_{36} - x_{03}}{9T^2} = \frac{4233 - 2 \times 1759}{9 \times 1^2} \text{m/s}^2 \approx 79 \text{m/s}^2$$

10. 一同学探究阻值约为  $550\Omega$  的待测电阻  $R_x$  在  $0 \sim 5\text{mA}$  范围内的伏安特性。可用器材有：电压表  $V$  (量程为  $3\text{V}$ ，内阻很大)，电流表  $A$  (量程为  $1\text{mA}$ ，内阻为  $300\Omega$ )，电源  $E$  (电动势约为  $4\text{V}$ ，内阻不计)，

滑动变阻器  $R$  (最大阻值可选  $10\Omega$  或  $1.5k\Omega$ ), 定值电阻  $R_0$  (阻值可选  $75\Omega$  或  $150\Omega$ ), 开关  $S$ , 导线若干。

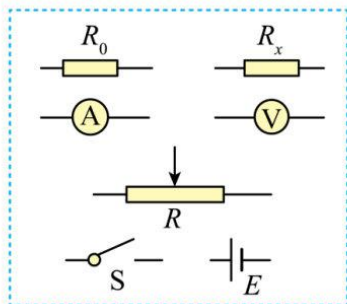


图 (a)

(1) 要求通过  $R_x$  的电流可在  $0 \sim 5\text{mA}$  范围内连续可调, 在答题卡上将图 (a) 所示的器材符号连线, 画出实验电路的原理图\_\_\_\_\_;

(2) 实验时, 图 (a) 中的  $R$  应选最大阻值为\_\_\_\_\_ (填 “ $10\Omega$ ” 或 “ $1.5k\Omega$ ”) 的滑动变阻器,  $R_0$  应选阻值为\_\_\_\_\_ (填 “ $75\Omega$ ” 或 “ $150\Omega$ ”) 的定值电阻;

(3) 测量多组数据可得  $R_x$  的伏安特性曲线。若在某次测量中, 电压表、电流表的示数分别如图 (b) 和图 (c) 所示, 则此时  $R_x$  两端的电压为\_\_\_\_\_V, 流过  $R_x$  的电流为\_\_\_\_\_mA, 此组数据得到的  $R_x$  的阻值为\_\_\_\_\_  $\Omega$  (保留 3 位有效数字)。

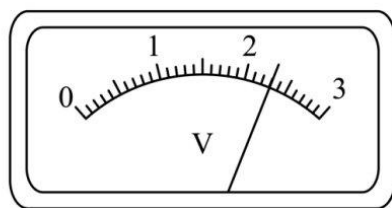


图 (b)

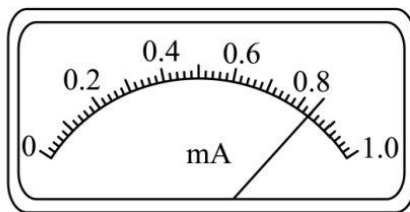
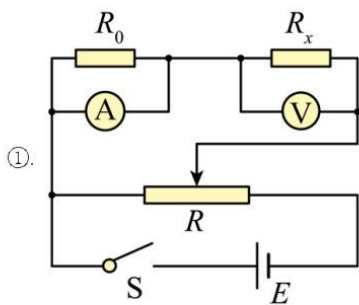


图 (c)



【答案】

①.

②.  $10\Omega$

③.  $75\Omega$

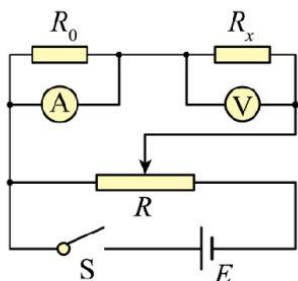
④. 2.30

⑤. 4.20

⑥. 548

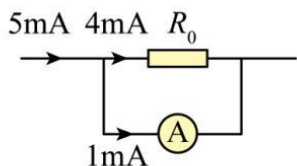
【解析】

【详解】(1) [1] 电流表内阻已知，电流表与  $R_0$  并联扩大电流表量程，进而准确测量通过  $R_x$  的电流，电压表单独测量  $R_x$  的电压；滑动变阻器采用分压式接法，电表从 0 开始测量，满足题中通过  $R_x$  的电流从 0~5mA 连续可调，电路图如下



(2) [2] 电路中  $R$  应选最大阻值为  $10\Omega$  的滑动变阻器，方便电路的调节，测量效率高、实验误差小；

[3] 通过  $R_x$  电流最大为  $5\text{mA}$ ，需要将电流表量程扩大为原来的 5 倍，根据并联分流的规律示意图如下



根据并联分流，即并联电路中电流之比等于电阻的反比，可知

$$\frac{4\text{mA}}{1\text{mA}} = \frac{300\Omega}{R_0}$$

解得

$$R_0 = 75\Omega$$

(3) [4] 电压表每小格表示  $0.1\text{V}$ ，向后估读一位，即  $U = 2.30\text{V}$ ；

[5] 电流表每小格表示  $0.02\text{mA}$ ，本位估读，即  $0.84\text{mA}$ ，电流表量程扩大 5 倍，所以通过  $R_x$  的电流为

$$I = 4.20\text{mA}；$$

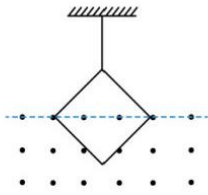
[6] 根据欧姆定律可知

$$R_x = \frac{U}{I} = \frac{2.30}{4.20 \times 10^{-3}} \Omega \approx 548\Omega$$

11. 如图，一不可伸长的细绳的上端固定，下端系在边长为  $l = 0.40\text{m}$  的正方形金属框的一个顶点上。金属框的一条对角线水平，其下方有方向垂直于金属框所在平面的匀强磁场。已知构成金属框的导线单位长度的阻值为  $\lambda = 5.0 \times 10^{-3} \Omega/\text{m}$ ；在  $t = 0$  到  $t = 3.0\text{s}$  时间内，磁感应强度大小随时间  $t$  的变化关系为

$$B(t) = 0.3 - 0.1t(\text{SI})。求：$$

- (1)  $t = 2.0\text{s}$  时金属框所受安培力的大小;  
 (2) 在  $t = 0$  到  $t = 2.0\text{s}$  时间内金属框产生的焦耳热。



【答案】(1)  $0.04\sqrt{2}\text{N}$ ; (2)  $0.016\text{J}$

【解析】

【详解】(1) 金属框的总电阻为

$$R = 4l\lambda = 4 \times 0.4 \times 5 \times 10^{-3} \Omega = 0.008 \Omega$$

金属框中产生的感应电动势为

$$E = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Delta B \times \frac{l^2}{2}}{\Delta t} = 0.1 \times \frac{1}{2} \times 0.4^2 \text{V} = 0.008 \text{V}$$

金属框中的电流为

$$I = \frac{E}{R} = 1 \text{A}$$

$t = 2.0\text{s}$  时磁感应强度

$$B_2 = (0.3 - 0.1 \times 2) \text{T} = 0.1 \text{T}$$

金属框处于磁场中的有效长度为

$$L = \sqrt{2}l$$

此时金属框所受安培力大小为

$$F_A = B_2 IL = 0.1 \times 1 \times \sqrt{2} \times 0.4 \text{N} = 0.04\sqrt{2} \text{N}$$

(2) 0: 2.0s 内金属框产生的焦耳热为

$$Q = I^2 R t = 1^2 \times 0.008 \times 2 \text{J} = 0.016 \text{J}$$

12. 如图 (a), 一质量为  $m$  的物块 A 与轻质弹簧连接, 静止在光滑水平面上; 物块 B 向 A 运动,  $t = 0$  时与弹簧接触, 到  $t = 2t_0$  时与弹簧分离, 第一次碰撞结束, A、B 的  $v-t$  图像如图 (b) 所示。已知从  $t = 0$  到  $t = t_0$  时间内, 物块 A 运动的距离为  $0.36v_0 t_0$ 。A、B 分离后, A 滑上粗糙斜面, 然后滑下, 与一直在水平面上运



动的 B 再次碰撞，之后 A 再次滑上斜面，达到的最高点与上一次相同。斜面倾角为  $\theta$  ( $\sin \theta = 0.6$ )，与水平面光滑连接。碰撞过程中弹簧始终处于弹性限度内。求

- (1) 第一次碰撞过程中，弹簧弹性势能的最大值；
- (2) 第一次碰撞过程中，弹簧压缩量的最大值；
- (3) 物块 A 与斜面间的动摩擦因数。

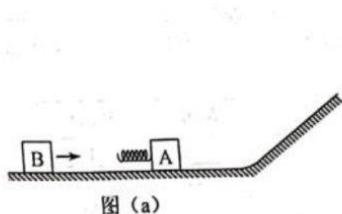


图 (a)

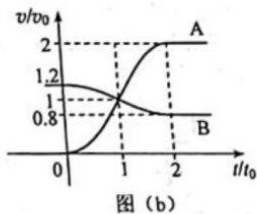


图 (b)

【答案】(1)  $0.6mv_0^2$ ; (2)  $0.768v_0t_0$ ; (3) 0.45

【解析】

【详解】(1) 当弹簧被压缩最短时，弹簧弹性势能最大，此时 A、B 速度相等，即  $t = t_0$  时刻，根据动量守恒定律

$$m_B \cdot 1.2v_0 = (m_B + m)v_0$$

根据能量守恒定律

$$E_{p\max} = \frac{1}{2}m_B(1.2v_0)^2 - \frac{1}{2}(m_B + m)v_0^2$$

联立解得

$$m_B = 5m$$

$$E_{p\max} = 0.6mv_0^2$$

(2) 同一时刻弹簧对 A、B 的弹力大小相等，根据牛顿第二定律

$$F = ma$$

可知同一时刻

$$a_A = 5a_B$$

则同一时刻 A、B 的瞬时速度分别为

$$v_A = a_A t$$

$$v_B = 1.2v_0 - \frac{a_A t}{5}$$



根据位移等速度在时间上的累积可得

$$s_A = v_A t (\text{累积})$$

$$s_B = v_B t (\text{累积})$$

又

$$s_A = 0.36v_0 t_0$$

解得

$$s_B = 1.128v_0 t_0$$

第一次碰撞过程中，弹簧压缩量的最大值

$$\Delta s = s_B - s_A = 0.768v_0 t_0$$

(3) 物块  $A$  第二次到达斜面的最高点与第一次相同，说明物块  $A$  第二次与  $B$  分离后速度大小仍为  $2v_0$ ，方向水平向右，设物块  $A$  第一次滑下斜面的速度大小为  $v_A'$ ，设向左为正方向，根据动量守恒定律可得

$$mv_A' - 5m \cdot 0.8v_0 = m \cdot (-2v_0) + 5mv_B'$$

根据能量守恒定律可得

$$\frac{1}{2}mv_A'^2 + \frac{1}{2} \cdot 5m \cdot (0.8v_0)^2 = \frac{1}{2}m \cdot (-2v_0)^2 + \frac{1}{2} \cdot 5mv_B'^2$$

联立解得

$$v_A' = v_0$$

设在斜面上滑行的长度为  $L$ ，上滑过程，根据动能定理可得

$$-mgL \sin \theta - \mu mgL \cos \theta = 0 - \frac{1}{2}m(2v_0)^2$$

下滑过程，根据动能定理可得

$$mgL \sin \theta - \mu mgL \cos \theta = \frac{1}{2}mv_0^2 - 0$$

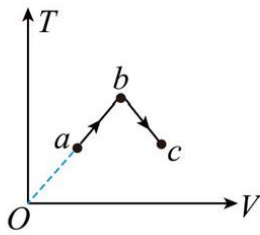
联立解得

$$\mu = 0.45$$

## (二) 选考题

13. 一定量的理想气体从状态  $a$  经状态  $b$  变化状态  $c$ ，其过程如  $T-V$  图上的两条线段所示，则气体在( )





- A. 状态  $a$  处 压强大于状态  $c$  处的压强  
 B. 由  $a$  变化到  $b$  的过程中, 气体对外做功  
 C. 由  $b$  变化到  $c$  的过程中, 气体的压强不变  
 D. 由  $a$  变化到  $b$  的过程中, 气体从外界吸热  
 E. 由  $a$  变化到  $b$  的过程中, 从外界吸收的热量等于其增加的内能

【答案】ABD

【解析】

【详解】AC. 根据理想气体状态方程可知

$$T = \frac{P}{nR} \cdot V$$

即  $T-V$  图像的斜率为  $\frac{P}{nR}$ , 故有

$$P_a = P_b > P_c$$

故 A 正确, C 错误;

B. 理想气体由  $a$  变化到  $b$  的过程中, 因体积增大, 则气体对外做功, 故 B 正确;

DE. 理想气体由  $a$  变化到  $b$  的过程中, 温度升高, 则内能增大, 由热力学第一定律有

$$\Delta U = Q + W$$

而  $\Delta U > 0$ ,  $W < 0$ , 则有

$$\Delta U = Q - |W|$$

可得

$$Q > 0, Q > \Delta U$$

即气体从外界吸热, 且从外界吸收的热量大于其增加的内能, 故 D 正确, E 错误;

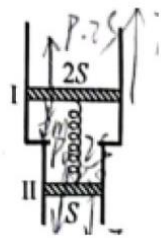
故选 ABD。

14. 如图, 一竖直放置的汽缸由两个粗细不同的圆柱形筒组成, 汽缸中活塞 I 和活塞 II 之间封闭有一定量的理想气体, 两活塞用一轻质弹簧连接, 汽缸连接处有小卡销, 活塞 II 不能通过连接处。活塞 I、II 的质量

分别为  $2m$ 、 $m$ ，面积分别为  $2S$ 、 $S$ ，弹簧原长为  $l$ 。初始时系统处于平衡状态，此时弹簧的伸长量为  $0.1l$ ，活塞 I、II 到汽缸连接处的距离相等，两活塞间气体的温度为  $T_0$ 。已知活塞外大气压强为  $p_0$ ，忽略活塞与缸壁间的摩擦，汽缸不漏气，不计弹簧的体积。

(1) 求弹簧的劲度系数；

(2) 缓慢加热两活塞间的气体，求当活塞 II 刚运动到汽缸连接处时，活塞间气体的压强和温度。



【答案】(1)  $k = \frac{40mg}{l}$ ；(2)  $p_2 = p_0 + \frac{3mg}{S}$ ， $T_2 = \frac{4}{3}T_0$

【解析】

【详解】(1) 设封闭气体的压强为  $p_1$ ，对两活塞和弹簧的整体受力分析，由平衡条件有

$$mg + p_0 \cdot 2S + 2mg + p_1 S = p_0 S + p_1 \cdot 2S$$

解得

$$p_1 = p_0 + \frac{3mg}{S}$$

对活塞 I 由平衡条件有

$$2mg + p_0 \cdot 2S + k \cdot 0.1l = p_1 \cdot 2S$$

解得弹簧的劲度系数为

$$k = \frac{40mg}{l}$$

(2) 缓慢加热两活塞间的气体使得活塞 II 刚运动到汽缸连接处时，对两活塞和弹簧的整体由平衡条件可知，气体的压强不变依然为

$$p_2 = p_1 = p_0 + \frac{3mg}{S}$$

即封闭气体发生等压过程，初末状态的体积分别为

$$V_1 = \frac{1.1l}{2} \times 2S + \frac{1.1l}{2} \times S = \frac{3.3lS}{2}, \quad V_2 = l_2 \cdot 2S$$

由气体的压强不变，则弹簧的弹力也不变，故有

$$l_2 = 1.1l$$

有等压方程可知

$$\frac{V_1}{T_0} = \frac{V_2}{T_2}$$

解得

$$T_2 = \frac{4}{3}T_0$$

15. 介质中平衡位置在同一水平面上的两个点波源  $S_1$  和  $S_2$ ，二者做简谐运动的振幅相等，周期均为  $0.8\text{s}$ ，当  $S_1$  过平衡位置向上运动时， $S_2$  也过平衡位置向上运动。若波速为  $5\text{m/s}$ ，则由  $S_1$  和  $S_2$  发出的简谐横波的波长均为 \_\_\_\_\_  $\text{m}$ 。 $P$  为波源平衡位置所在水平面上的一点，与  $S_1$ 、 $S_2$  平衡位置的距离均为  $10\text{m}$ ，则两波在  $P$  点引起的振动总是相互 \_\_\_\_\_（填“加强”或“削弱”）的；当  $S_1$  恰好在平衡位置向上运动时，平衡位置在  $P$  处的质点 \_\_\_\_\_（填“向上”或“向下”）运动。

【答案】 ①. 4 ②. 加强 ③. 向下

【解析】

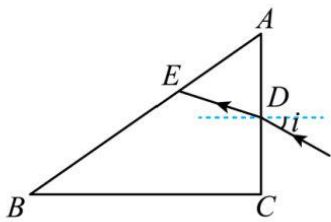
【详解】 [1] 因周期  $T=0.8\text{s}$ ，波速为  $v=5\text{m/s}$ ，则波长为

$$\lambda = vT = 4\text{m}$$

[2] 因两波源到  $P$  点的距离之差为零，且两振源振动方向相同，则  $P$  点的振动是加强的；

[3] 因  $S_1P=10\text{m}=2.5\lambda$ ，则当  $S_1$  恰好的平衡位置向上运动时，平衡位置在  $P$  点的质点向下振动。

16. 一细束单色光在三棱镜  $ABC$  的侧面  $AC$  上以大角度由  $D$  点入射（入射面在棱镜的横截面内），入射角为  $i$ ，经折射后射至  $AB$  边的  $E$  点，如图所示，逐渐减小  $i$ ， $E$  点向  $B$  点移动，当  $\sin i = \frac{1}{6}$  时，恰好没有光线从  $AB$  边射出棱镜，且  $DE = DA$ 。求棱镜的折射率。

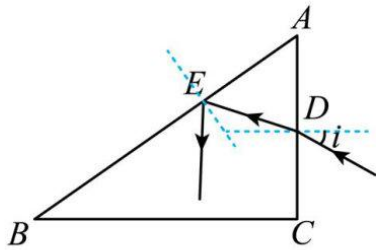


【答案】 1.5

【解析】



【详解】



因为当  $\sin i = \frac{1}{6}$  时，恰好没有光线从  $AB$  边射出，可知光线在  $E$  点发生全反射，设临界角为  $C$ ，则

$$\sin C = \frac{1}{n}$$

由几何关系可知，光线在  $D$  点的折射角为

$$r = 90^\circ - 2C$$

则

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

联立可得

$$n = 1.5$$

## 2022 年普通高等学校招生全国统一考试(全国乙卷)

### 化学

1. 生活中处处有化学, 下列叙述正确的是

- A. HB 铅笔芯的成分为二氧化铅  
B. 碳酸氢钠可做食品膨松剂  
C. 青铜和黄铜是不同结构的单质铜  
D. 焰火中红色来源于钠盐灼烧

【答案】B

【解析】

【详解】A. 铅笔芯的主要成分为石墨, 不含二氧化铅, A 错误;

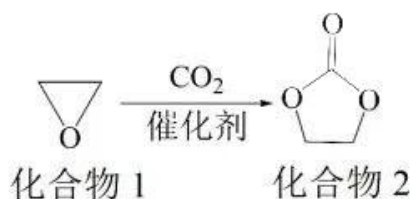
B. 碳酸氢钠不稳定, 受热易分解产生二氧化碳, 能使面团松软, 可做食品膨松剂, B 正确;

C. 青铜是在纯铜(紫铜)中加入锡或铅的合金, 黄铜为是由铜和锌所组成的合金, 两者均属于混合物, 不是铜单质, C 错误;

D. 钠元素灼烧显黄色, D 错误;

故选 B。

2. 一种实现二氧化碳固定及再利用的反应如下:



下列叙述正确的是

- A. 化合物 1 分子中的所有原子共平面  
B. 化合物 1 与乙醇互为同系物  
C. 化合物 2 分子中含有羟基和酯基  
D. 化合物 2 可以发生开环聚合反应

【答案】D

【解析】

【详解】A. 化合物 1 分子中还有亚甲基结构, 其中心碳原子采用  $sp^3$  杂化方式, 所以所有原子不可能共平面, A 错误;

B. 结构相似, 分子上相差  $n$  个  $CH_2$  的有机物互为同系物, 上述化合物 1 为环氧乙烷, 属于醚类, 乙醇属于醇类, 与乙醇结构不相似, 不是同系物, B 错误;

C. 根据上述化合物 2 的分子结构可知, 分子中含酯基, 不含羟基, C 错误;



D. 化合物 2 分子可发生开环聚合形成高分子化合物  $\left[ \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O} \end{array} \right]_n$ , D 正确;

答案选 D。

3. 某白色粉末样品, 可能含有  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{Na}_2\text{SO}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 。取少量样品进行如下实验:

①溶于水, 得到无色透明溶液

②向①的溶液中滴加过量稀盐酸, 溶液变浑浊, 有刺激性气体逸出。离心分离。

③取②的上层清液, 向其中滴加  $\text{BaCl}_2$  溶液有沉淀生成。

该样品中确定存在的是

A.  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  B.  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  C.  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  D.  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$

【答案】A

【解析】

【详解】由题意可知, ①取少量样品溶于水得到无色透明溶液, 说明固体溶于水且相互之间能共存, ②向①的溶液中滴加过量稀盐酸, 溶液变浑浊, 有刺激性气体放出, 说明固体中存在  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  发生反应

$\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{S}_\downarrow + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2\uparrow$ , 离心分离, ③取②的上层清液, 向其中滴加  $\text{BaCl}_2$  溶液, 有沉淀生成, 则沉淀为  $\text{BaSO}_4$ , 说明固体中存在  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , 不能确定是否有  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  和  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  与过量盐酸反应生成二氧化硫,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  与过量盐酸反应生成二氧化碳, 而这些现象可以被  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  与过量盐酸反应的现象覆盖掉, 综上所述, 该样品中确定存在的是:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ,

答案选 A。

4. 由实验操作和现象, 可得出相应正确结论的是

	实验操作	现象	结论
A	向 $\text{NaBr}$ 溶液中滴加过量氯水, 再加入淀粉 $\text{KI}$ 溶液	先变橙色, 后变蓝色	氧化性: $\text{Cl}_2 > \text{Br}_2 > \text{I}_2$
B	向蔗糖溶液中滴加稀硫酸, 水浴加热, 加入新制的 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 悬浊液	无砖红色沉淀	蔗糖未发生水解
C	石蜡油加强热, 将产生的气体通入 $\text{Br}_2$ 的 $\text{CCl}_4$ 溶液	溶液红棕色变无色	气体中含有不饱和烃

D	加热试管中的聚氯乙烯薄膜碎片	试管口润湿的蓝色石蕊试纸变红	氯乙烯加聚是可逆反应
---	----------------	----------------	------------

A. A                      B. B                      C. C                      D. D

【答案】C

【解析】

【详解】A. 向 NaBr 溶液中滴加过量氯水，溴离子被氧化为溴单质，但氯水过量，再加入淀粉 KI 溶液，过量的氯水可以将碘离子氧化为碘单质，无法证明溴单质的氧化性强于碘单质，A 错误；

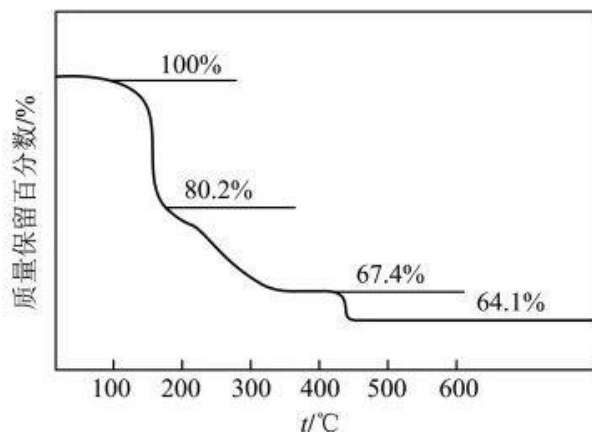
B. 向蔗糖溶液中滴加稀硫酸，水浴加热后，应加入氢氧化钠溶液使体系呈碱性，若不加氢氧化钠，未反应的稀硫酸会和新制氢氧化铜反应，则不会产生砖红色沉淀，不能说明蔗糖没有发生水解，B 错误；

C. 石蜡油加强热，产生的气体能使溴的四氯化碳溶液褪色，说明气体中含有不饱和烃，与溴发生加成反应使溴的四氯化碳溶液褪色，C 正确；

D. 聚氯乙烯加强热产生能使湿润蓝色湿润试纸变红的气体，说明产生了氯化氢，不能说明氯乙烯加聚是可逆反应，可逆反应是指在同一条件下，既能向正反应方向进行，同时又能向逆反应的方向进行的反应，而氯乙烯加聚和聚氯乙烯加强热分解条件不同，D 错误；

答案选 C。

5. 化合物( $YW_4X_3Z_8 \cdot 4W_2Z$ )可用于电讯器材、高级玻璃的制造。W、X、Y、Z 为短周期元素，原子序数依次增加，且加和为 21。 $YZ_2$  分子的总电子数为奇数常温下为气体。该化合物的热重曲线如图所示，在  $200^\circ\text{C}$  以下热分解时无刺激性气体逸出。下列叙述正确的是



A. W、X、Y、Z 的单质常温下均为气体

B. 最高价氧化物的水化物酸性:  $Y < X$



C. 100~200℃阶段热分解失去4个W<sub>2</sub>Z

D. 500℃热分解后生成固体化合物X<sub>2</sub>Z<sub>3</sub>

【答案】D

【解析】

【分析】化合物(YW<sub>4</sub>X<sub>3</sub>Z<sub>8</sub>·4W<sub>2</sub>Z)可用于电讯器材、高级玻璃的制造。W、X、Y、Z为短周期元素，原子序数依次增加，且加和为21。该化合物的热重曲线如图所示，在200℃以下热分解时无刺激性气体逸出，则说明失去的是水，即W为H，Z为O，YZ<sub>2</sub>分子的总电子数为奇数，常温下为气体，则Y为N，原子序数依次增加，且加和为21，则X为B。

【详解】A. X(B)的单质常温下为固体，故A错误；

B. 根据非金属性越强，其最高价氧化物的水化物酸性越强，则最高价氧化物的水化物酸性：X(H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>)<Y(HNO<sub>3</sub>)，故B错误；

C. 根据前面已知200℃以下热分解时无刺激性气体逸出，则说明失去的是水，若100~200℃阶段热分解失去4个H<sub>2</sub>O，则质量分数 $\frac{14+4+11\times 5+16\times 8}{14+4+11\times 5+16\times 8+18\times 4}\times 100\% \approx 73.6\%$ ，则说明不是失去4个H<sub>2</sub>O，故C错误；

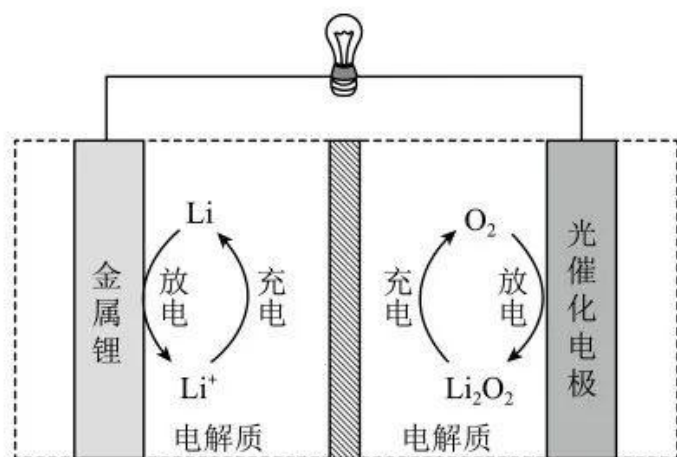
D. 化合物(NH<sub>4</sub>B<sub>5</sub>O<sub>8</sub>·4H<sub>2</sub>O)在500℃热分解后若生成固体化合物X<sub>2</sub>Z<sub>3</sub>(B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)，根据硼元素守恒，则得到关系式2NH<sub>4</sub>B<sub>5</sub>O<sub>8</sub>·4H<sub>2</sub>O~5B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>，则固体化合物B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>质量分数为

$$\frac{(11\times 2+16\times 3)\times 5}{(14+4+11\times 5+16\times 8+18\times 4)\times 2}\times 100\% \approx 64.1\%$$

，说明假设正确，故D正确。

综上所述，答案为D。

6. Li-O<sub>2</sub>电池比能量高，在汽车、航天等领域具有良好的应用前景。近年来科学家研究了一种光照充电Li-O<sub>2</sub>电池(如图所示)。光照时，光催化电极产生电子(e<sup>-</sup>)和空穴(h<sup>+</sup>)，驱动阴极反应(Li<sup>+</sup>+e<sup>-</sup>=Li)和阳极反应(Li<sub>2</sub>O<sub>2</sub>+2h<sup>+</sup>=2Li<sup>+</sup>+O<sub>2</sub>)对电池进行充电。下列叙述错误的是



- A. 充电时, 电池的总反应  $\text{Li}_2\text{O}_2 = 2\text{Li} + \text{O}_2$
- B. 充电效率与光照产生的电子和空穴量有关
- C. 放电时,  $\text{Li}^+$  从正极穿过离子交换膜向负极迁移
- D. 放电时, 正极发生反应  $\text{O}_2 + 2\text{Li}^+ + 2\text{e}^- = \text{Li}_2\text{O}_2$

【答案】C

【解析】

【分析】充电时光照光催化电极产生电子和空穴, 驱动阴极反应 ( $\text{Li}^+ + \text{e}^- = \text{Li}$ ) 和阳极反应

( $\text{Li}_2\text{O}_2 + 2\text{h}^+ = 2\text{Li}^+ + \text{O}_2$ ), 则充电时总反应为  $\text{Li}_2\text{O}_2 = 2\text{Li} + \text{O}_2$ , 结合图示, 充电时金属 Li 电极为阴极, 光催化电极为阳极; 则放电时金属 Li 电极为负极, 光催化电极为正极; 据此作答。

【详解】A. 光照时, 光催化电极产生电子和空穴, 驱动阴极反应和阳极反应对电池进行充电, 结合阴极反应和阳极反应, 充电时电池的总反应为  $\text{Li}_2\text{O}_2 = 2\text{Li} + \text{O}_2$ , A 正确;

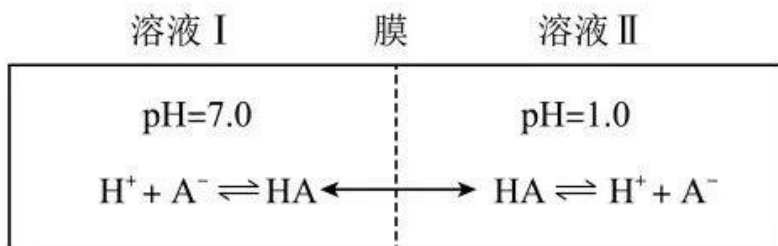
B. 充电时, 光照光催化电极产生电子和空穴, 阴极反应与电子有关, 阳极反应与空穴有关, 故充电效率与光照产生的电子和空穴量有关, B 正确;

C. 放电时, 金属 Li 电极为负极, 光催化电极为正极,  $\text{Li}^+$  从负极穿过离子交换膜向正极迁移, C 错误;

D. 放电时总反应为  $2\text{Li} + \text{O}_2 = \text{Li}_2\text{O}_2$ , 正极反应为  $\text{O}_2 + 2\text{Li}^+ + 2\text{e}^- = \text{Li}_2\text{O}_2$ , D 正确;

答案选 C。

7. 常温下, 一元酸 HA 的  $K_a(\text{HA}) = 1.0 \times 10^{-3}$ 。在某体系中,  $\text{H}^+$  与  $\text{A}^-$  离子不能穿过隔膜, 未电离的 HA 可自由穿过该膜(如图所示)。



设溶液中  $c_{\text{总}}(\text{HA}) = c(\text{HA}) + c(\text{A}^-)$ ，当达到平衡时，下列叙述正确的是

- A. 溶液 I 中  $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) + c(\text{A}^-)$
- B. 溶液 II 中的 HA 的电离度  $\left( \frac{c(\text{A}^-)}{c_{\text{总}}(\text{HA})} \right)$  为  $\frac{1}{101}$
- C. 溶液 I 和 II 中的  $c(\text{HA})$  不相等
- D. 溶液 I 和 II 中的  $c_{\text{总}}(\text{HA})$  之比为  $10^{-4}$

【答案】B

【解析】

【详解】A. 常温下溶液 I 的 pH=7.0，则溶液 I 中  $c(\text{H}^+) = c(\text{OH}^-) = 1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ ， $c(\text{H}^+) < c(\text{OH}^-) + c(\text{A}^-)$ ，A 错误；

B. 常温下溶液 II 的 pH=1.0，溶液中  $c(\text{H}^+) = 0.1 \text{ mol/L}$ ， $K_a = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{A}^-)}{c(\text{HA})} = 1.0 \times 10^{-3}$ ， $c_{\text{总}}(\text{HA}) = c(\text{HA}) + c(\text{A}^-)$ ，

则  $\frac{0.1c(\text{A}^-)}{c_{\text{总}}(\text{HA}) - c(\text{A}^-)} = 1.0 \times 10^{-3}$ ，解得  $\frac{c(\text{A}^-)}{c_{\text{总}}(\text{HA})} = \frac{1}{101}$ ，B 正确；

C. 根据题意，未电离的 HA 可自由穿过隔膜，故溶液 I 和 II 中的  $c(\text{HA})$  相等，C 错误；

D. 常温下溶液 I 的 pH=7.0，溶液 I 中  $c(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ ， $K_a = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{A}^-)}{c(\text{HA})} = 1.0 \times 10^{-3}$ ， $c_{\text{总}}(\text{HA}) = c(\text{HA}) + c(\text{A}^-)$ ，

$\frac{10^{-7}[c_{\text{总}}(\text{HA}) - c(\text{HA})]}{c(\text{HA})} = 1.0 \times 10^{-3}$ ，溶液 I 中  $c_{\text{总}}(\text{HA}) = (10^4 + 1)c(\text{HA})$ ，溶液 II 的 pH=1.0，溶液 II 中

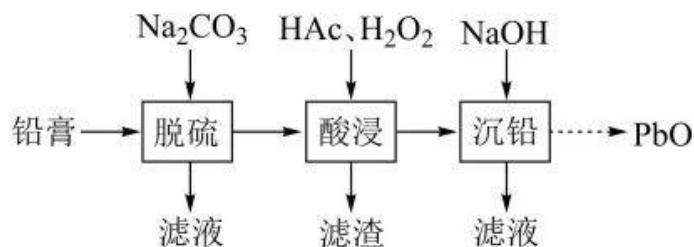
$c(\text{H}^+) = 0.1 \text{ mol/L}$ ， $K_a = \frac{c(\text{H}^+) \cdot c(\text{A}^-)}{c(\text{HA})} = 1.0 \times 10^{-3}$ ， $c_{\text{总}}(\text{HA}) = c(\text{HA}) + c(\text{A}^-)$ ， $\frac{0.1[c_{\text{总}}(\text{HA}) - c(\text{HA})]}{c(\text{HA})} = 1.0 \times 10^{-3}$ ，溶

液 II 中  $c_{\text{总}}(\text{HA}) = 1.01c(\text{HA})$ ，未电离的 HA 可自由穿过隔膜，故溶液 I 和 II 中的  $c(\text{HA})$  相等，溶液 I 和 II 中  $c_{\text{总}}(\text{HA})$  之比为  $[(10^4 + 1)c(\text{HA})] : [1.01c(\text{HA})] = (10^4 + 1) : 1.01 \approx 10^4$ ，D 错误；

答案选 B。

8. 废旧铅蓄电池的铅膏中主要含有  $\text{PbSO}_4$ 、 $\text{PbO}_2$ 、 $\text{PbO}$  和  $\text{Pb}$ 。还有少量  $\text{Ba}$ 、 $\text{Fe}$ 、 $\text{Al}$  的盐或氧化物等。

为了保护环境、充分利用铅资源，通过下图流程实现铅的回收。



一些难溶电解质的溶度积常数如下表:

难溶电解质	$\text{PbSO}_4$	$\text{PbCO}_3$	$\text{BaSO}_4$	$\text{BaCO}_3$
$K_{sp}$	$2.5 \times 10^{-8}$	$7.4 \times 10^{-14}$	$1.1 \times 10^{-10}$	$2.6 \times 10^{-9}$

一定条件下，一些金属氢氧化物沉淀时的 pH 如下表:

金属氢氧化物	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$\text{Pb}(\text{OH})_2$
开始沉淀的 pH	2.3	6.8	3.5	7.2
完全沉淀的 pH	3.2	8.3	4.6	9.1

回答下列问题:

- (1) 在“脱硫”中  $\text{PbSO}_4$  转化反应的离子方程式为\_\_\_\_\_，用沉淀溶解平衡原理解释选择  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  的原因\_\_\_\_\_。
- (2) 在“脱硫”中，加入  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  不能使铅膏中  $\text{BaSO}_4$  完全转化，原因是\_\_\_\_\_。
- (3) 在“酸浸”中，除加入醋酸 ( $\text{HAc}$ )，还要加入  $\text{H}_2\text{O}_2$ 。
  - (i) 能被  $\text{H}_2\text{O}_2$  氧化的离子是\_\_\_\_\_；
  - (ii)  $\text{H}_2\text{O}_2$  促进了金属  $\text{Pb}$  在醋酸中转化为  $\text{Pb}(\text{Ac})_2$ ，其化学方程式为\_\_\_\_\_；
  - (iii)  $\text{H}_2\text{O}_2$  也能使  $\text{PbO}_2$  转化为  $\text{Pb}(\text{Ac})_2$ ， $\text{H}_2\text{O}_2$  的作用是\_\_\_\_\_。
- (4) “酸浸”后溶液的 pH 约为 4.9，滤渣的主要成分是\_\_\_\_\_。
- (5) “沉铅”的滤液中，金属离子有\_\_\_\_\_。

【答案】(1) ①.  $\text{PbSO}_4(\text{s}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) = \text{PbCO}_3(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$  ②. 反应  $\text{PbSO}_4(\text{s}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) =$



$\text{PbCO}_3(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$  的平衡常数  $K = \frac{c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{CO}_3^{2-})} = 3.4 \times 10^5 > 10^5$ ,  $\text{PbSO}_4$  可以比较彻底的转化为  $\text{PbCO}_3$

(2) 反应  $\text{BaSO}_4(\text{s}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) = \text{BaCO}_3(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$  的平衡常数  $K = \frac{c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{CO}_3^{2-})} = 0.04 \ll 10^5$ , 反应正向进行的程度有限

(3) ①.  $\text{Fe}^{2+}$  ②.  $\text{Pb} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{HAc} = \text{Pb}(\text{Ac})_2 + 2\text{H}_2\text{O}$  ③. 作还原剂

(4)  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$

(5)  $\text{Ba}^{2+}$ 、 $\text{Na}^+$

### 【解析】

【分析】铅膏中主要含有  $\text{PbSO}_4$ 、 $\text{PbO}_2$ 、 $\text{PbO}$  和  $\text{Pb}$ , 还有少量  $\text{Ba}$ 、 $\text{Fe}$ 、 $\text{Al}$  的盐或氧化物等, 向铅膏中加入碳酸钠溶液进行脱硫, 硫酸铅转化为碳酸铅, 过滤, 向所得固体中加入醋酸、过氧化氢进行酸浸, 过氧化氢可将溶液中的亚铁离子氧化为铁离子, 酸浸后溶液的 pH 约为 4.9, 依据金属氢氧化物沉淀时的 pH 可知, 滤渣主要成分为氢氧化铝、氢氧化铁, 过滤后, 向滤液中加入氢氧化钠溶液进行沉铅, 得到氢氧化铅沉淀, 滤液中的金属阳离子主要为钠离子和钡离子, 氢氧化铅再进行处理得到  $\text{PbO}$ 。

### 【小问 1 详解】

“脱硫”中, 碳酸钠溶液与硫酸铅反应生成碳酸铅和硫酸钠, 反应的离子方程式为:  $\text{PbSO}_4(\text{s}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) = \text{PbCO}_3(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ , 由一些难溶电解质的溶度积常数的数据可知,  $K_{\text{sp}}(\text{PbCO}_3) = 7.4 \times 10^{-14}$ ,

$K_{\text{sp}}(\text{PbSO}_4) = 2.5 \times 10^{-8}$ , 反应  $\text{PbSO}_4(\text{s}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) = \text{PbCO}_3(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$  的平衡常数

$$K = \frac{c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{CO}_3^{2-})} = \frac{c(\text{Pb}^{2+}) \cdot c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{Pb}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-})} = \frac{K_{\text{sp}}(\text{PbSO}_4)}{K_{\text{sp}}(\text{PbCO}_3)} = \frac{2.5 \times 10^{-8}}{7.4 \times 10^{-14}} \approx 3.4 \times 10^5 > 10^5, \text{说明可以转化的比较彻底, 且转}$$

化后生成的碳酸铅可由酸浸进入溶液中, 减少铅的损失。

### 【小问 2 详解】

反应  $\text{BaSO}_4(\text{s}) + \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) = \text{BaCO}_3(\text{s}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$  的平衡常数

$$K = \frac{c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{CO}_3^{2-})} = \frac{c(\text{Ba}^{2+}) \cdot c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{Ba}^{2+}) \cdot c(\text{CO}_3^{2-})} = \frac{K_{\text{sp}}(\text{BaSO}_4)}{K_{\text{sp}}(\text{BaCO}_3)} = \frac{1.1 \times 10^{-10}}{2.6 \times 10^{-9}} \approx 0.04 \ll 10^5, \text{说明该反应正向进行的程度有限,}$$

因此加入碳酸钠不能使铅膏中的  $\text{BaSO}_4$  完全转化。

### 【小问 3 详解】

(i) 过氧化氢有氧化性, 亚铁离子有还原性, 会被过氧化氢氧化为铁离子。

(ii) 过氧化氢促进金属  $\text{Pb}$  在醋酸溶液中转化为  $\text{Pb}(\text{Ac})_2$ , 过氧化氢与  $\text{Pb}$ 、 $\text{HAc}$  发生氧化还原反应生成  $\text{Pb}(\text{Ac})_2$

和  $\text{H}_2\text{O}$ ，依据得失电子守恒和原子守恒可知，反应的化学方程式为： $\text{Pb} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{HAc} = \text{Pb}(\text{Ac})_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(iii) 过氧化氢也能使  $\text{PbO}_2$  转化为  $\text{Pb}(\text{Ac})_2$ ，铅元素化合价由+4价降低到了+2价， $\text{PbO}_2$  是氧化剂，则过氧化氢是还原剂。

【小问4详解】

酸浸后溶液的 pH 约为 4.9，依据金属氢氧化物沉淀时的 pH 可知，滤渣主要成分为氢氧化铝、氢氧化铁。

【小问5详解】

依据分析可知，加入碳酸钠不能使铅膏中的  $\text{BaSO}_4$  完全转化，铁离子、铝离子转化为了氢氧化铁、氢氧化铝沉淀，铅转化为了氢氧化铅、最终变为了氧化铅，因此沉铅的滤液中，金属离子有  $\text{Ba}^{2+}$  和加入碳酸钠、氢氧化钠时引入的  $\text{Na}^+$ 。

9. 二草酸合铜(II)酸钾( $\text{K}_2[\text{Cu}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]$ )可用于无机合成、功能材料制备。实验室制备二草酸合铜(II)酸钾可采用如下步骤：

I. 取已知浓度的  $\text{CuSO}_4$  溶液，搅拌下滴加足量  $\text{NaOH}$  溶液，产生浅蓝色沉淀。加热，沉淀转变成黑色，过滤。

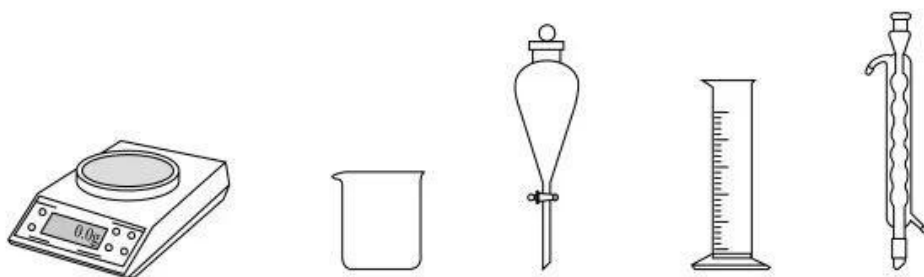
II. 向草酸( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ )溶液中加入适量  $\text{K}_2\text{CO}_3$  固体，制得  $\text{KHC}_2\text{O}_4$  和  $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$  混合溶液。

III. 将 II 的混合溶液加热至  $80-85^\circ\text{C}$ ，加入 I 中的黑色沉淀。全部溶解后，趁热过滤。

IV. 将 III 的滤液用蒸汽浴加热浓缩，经一系列操作后，干燥，得到二草酸合铜(II)酸钾晶体，进行表征和分析。

回答下列问题：

(1) 由  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  配制 I 中的  $\text{CuSO}_4$  溶液，下列仪器中不需要的是\_\_\_\_\_ (填仪器名称)。



(2) 长期存放的  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  中，会出现少量白色固体，原因是\_\_\_\_\_。

(3) I 中的黑色沉淀是\_\_\_\_\_ (写化学式)。

(4) II 中原料配比为  $n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4):n(\text{K}_2\text{CO}_3)=1.5:1$ ，写出反应的化学方程式\_\_\_\_\_。

(5) II 中，为防止反应过于剧烈而引起喷溅，加入  $\text{K}_2\text{CO}_3$  应采取\_\_\_\_\_的方法。

(6) III中应采用\_\_\_\_\_进行加热。

(7) IV中“一系列操作”包括\_\_\_\_\_。

【答案】(1) 分液漏斗和球形冷凝管

(2)  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  风化失去结晶水生成无水硫酸铜

(3)  $\text{CuO}$  (4)  $3\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{K}_2\text{CO}_3 = 2\text{KHC}_2\text{O}_4 + \text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2 \uparrow$

(5) 分批加入并搅拌 (6) 水浴

(7) 冷却结晶、过滤、洗涤

【解析】

【分析】取已知浓度的  $\text{CuSO}_4$  溶液，搅拌下滴加足量  $\text{NaOH}$  溶液，产生浅蓝色沉淀氢氧化铜，加热，氢氧化铜分解生成黑色的氧化铜沉淀，过滤，向草酸( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ )溶液中加入适量  $\text{K}_2\text{CO}_3$  固体，制得  $\text{KHC}_2\text{O}_4$  和  $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$  混合溶液，将  $\text{KHC}_2\text{O}_4$  和  $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$  混合溶液加热至  $80\text{-}85^\circ\text{C}$ ，加入氧化铜固体，全部溶解后，趁热过滤，将滤液用蒸汽浴加热浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥，得到二草酸合铜(II)酸钾晶体。

【小问 1 详解】

由  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  固体配制硫酸铜溶液，需用天平称量一定质量的  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  固体，将称量好的固体放入烧杯中，用量筒量取一定体积的水溶解  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ，因此用不到的仪器有分液漏斗和球形冷凝管。

【小问 2 详解】

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  含结晶水，长期放置会风化失去结晶水，生成无水硫酸铜，无水硫酸铜为白色固体。

【小问 3 详解】

硫酸铜溶液与氢氧化钠溶液反应生成蓝色的氢氧化铜沉淀，加热，氢氧化铜分解生成黑色的氧化铜沉淀。

【小问 4 详解】

草酸和碳酸钾以物质的量之比为  $1.5:1$  发生非氧化还原反应生成  $\text{KHC}_2\text{O}_4$ 、 $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 、 $\text{CO}_2$  和水，依据原子守恒可知，反应的化学方程式为： $3\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{K}_2\text{CO}_3 = 2\text{KHC}_2\text{O}_4 + \text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2 \uparrow$ 。

【小问 5 详解】

为防止草酸和碳酸钾反应时反应剧烈，造成液体喷溅，可减缓反应速率，将碳酸钾进行分批加入并搅拌。

【小问 6 详解】

III中将混合溶液加热至  $80\text{-}85^\circ\text{C}$ ，应采取水浴加热，使液体受热均匀。

【小问 7 详解】

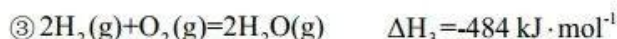
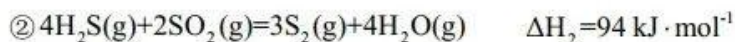
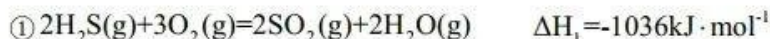
从溶液获得晶体的一般方法为蒸发浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥，因此将III的滤液用蒸汽浴加热浓



缩、冷却结晶、过滤、洗涤、干燥，得到二草酸合铜(II)酸钾晶体。

10. 油气开采、石油化工、煤化工等行业废气普遍含有的硫化氢，需要回收处理并加以利用。回答下列问题：

(1) 已知下列反应的热化学方程式：

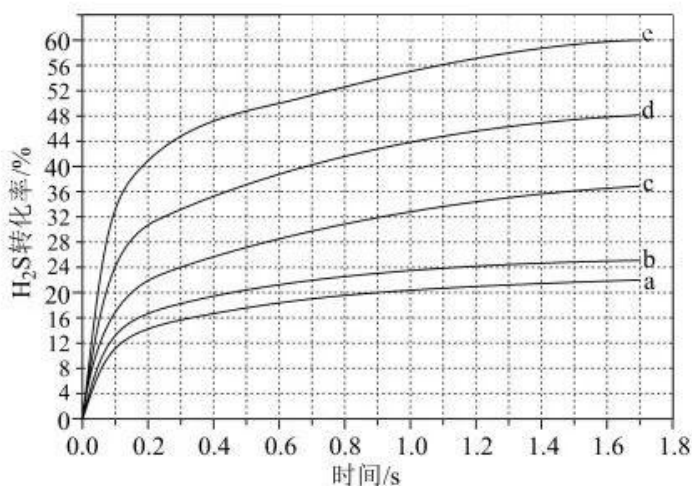


计算  $\text{H}_2\text{S}$  热分解反应  $\textcircled{4} 2\text{H}_2\text{S}(\text{g}) = \text{S}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$  的  $\Delta H_4 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(2) 较普遍采用的  $\text{H}_2\text{S}$  处理方法是克劳斯工艺。即利用反应 $\textcircled{1}$ 和 $\textcircled{2}$ 生成单质硫。另一种方法是：利用反应 $\textcircled{4}$ 高温热分解  $\text{H}_2\text{S}$ 。相比克劳斯工艺，高温热分解方法的优点是           ，缺点是           。

(3) 在 1470 K、100 kPa 反应条件下，将  $n(\text{H}_2\text{S}):n(\text{Ar})=1:4$  的混合气进行  $\text{H}_2\text{S}$  热分解反应。平衡时混合气中  $\text{H}_2\text{S}$  与  $\text{H}_2$  的分压相等， $\text{H}_2\text{S}$  平衡转化率为           ，平衡常数  $K_p = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kPa}$ 。

(4) 在 1373 K、100 kPa 反应条件下，对于  $n(\text{H}_2\text{S}):n(\text{Ar})$  分别为 4:1、1:1、1:4、1:9、1:19 的  $\text{H}_2\text{S}-\text{Ar}$  混合气，热分解反应过程中  $\text{H}_2\text{S}$  转化率随时间的变化如下图所示。



$\textcircled{1} n(\text{H}_2\text{S}):n(\text{Ar})$  越小， $\text{H}_2\text{S}$  平衡转化率           ，理由是           。

$\textcircled{2} n(\text{H}_2\text{S}):n(\text{Ar})=1:9$  对应图中曲线           ，计算其在 0-0.1 s 之间， $\text{H}_2\text{S}$  分压的平均变化率为             $\text{kPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

**【答案】** (1) 170 (2) ①. 副产物氢气可作燃料 ②. 耗能高

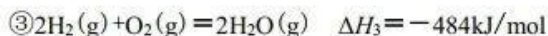
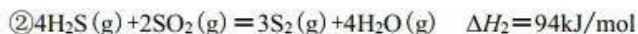
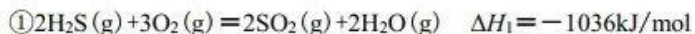
(3) ①. 50% ②. 4.76

(4) ①. 越高 ②.  $n(\text{H}_2\text{S}) : n(\text{Ar})$  越小,  $\text{H}_2\text{S}$  的分压越小, 平衡向正反应方向进行,  $\text{H}_2\text{S}$  平衡转化率越高 ③. d ④. 24.9

【解析】

【小问 1 详解】

已知:



根据盖斯定律  $(\textcircled{1} + \textcircled{2}) \times \frac{1}{3} - \textcircled{3}$  即得到  $2\text{H}_2\text{S}(\text{g}) = \text{S}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g})$  的  $\Delta H_4 = (-1036 + 94) \text{ kJ/mol} \times \frac{1}{3} + 484 \text{ kJ/mol} = 170 \text{ kJ/mol}$ ;

【小问 2 详解】

根据盖斯定律  $(\textcircled{1} + \textcircled{2}) \times \frac{1}{3}$  可得  $2\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = \text{S}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H = (-1036 + 94) \text{ kJ/mol} \times \frac{1}{3} = -314 \text{ kJ/mol}$ , 因此, 克劳斯工艺的总反应是放热反应; 根据硫化氢分解的化学方程式可知, 高温热分解方法

在生成单质硫的同时还有氢气生成。因此, 高温热分解方法的优点是: 可以获得氢气作燃料; 但由于高温分解  $\text{H}_2\text{S}$  会消耗大量能量, 所以其缺点是耗能高;

【小问 3 详解】

假设在该条件下, 硫化氢和氩的起始投料的物质的量分别为 1mol 和 4mol, 根据三段式可知:

	$2\text{H}_2\text{S}(\text{g})$	$\rightleftharpoons$	$\text{S}_2(\text{g})$	$+$	$2\text{H}_2(\text{g})$
始 / mol	1		0		0
变 / mol	$x$		$0.5x$		$x$
平 / mol	$1-x$		$0.5x$		$x$

平衡时  $\text{H}_2\text{S}$  和  $\text{H}_2$  的分压相等, 则二者的物质的量相等, 即  $1-x=x$ , 解得  $x=0.5$ , 所以  $\text{H}_2\text{S}$  的平衡转化率为

为  $\frac{0.5}{1} \times 100\% = 50\%$ , 所以平衡常数  $K_p = \frac{p(\text{S}_2) \times p^2(\text{H}_2)}{p^2(\text{H}_2\text{S})} =$

$$\frac{\frac{0.25}{5.25} \times 100 \text{ kPa} \times (\frac{0.5}{5.25} \times 100 \text{ kPa})^2}{(\frac{0.5}{5.25} \times 100 \text{ kPa})^2} \approx 4.76 \text{ kPa}$$

【小问 4 详解】

①由于正反应是体积增大的可逆反应,  $n(\text{H}_2\text{S}) : n(\text{Ar})$  越小,  $\text{H}_2\text{S}$  的分压越小, 相当于降低压强, 平衡向正反应方向移动, 因此  $\text{H}_2\text{S}$  平衡转化率越高;

② $n(\text{H}_2\text{S}) : n(\text{Ar})$  越小,  $\text{H}_2\text{S}$  平衡转化率越高, 所以  $n(\text{H}_2\text{S}) : n(\text{Ar}) = 1:9$  对应的曲线是 d; 根据图像可知

$n(\text{H}_2\text{S}) : n(\text{Ar}) = 1 : 9$  反应进行到 0.1s 时  $\text{H}_2\text{S}$  转化率为 0.24。假设在该条件下, 硫化氢和氩的起始投料的物质的量分别为 1mol 和 9mol, 则根据三段式可知

	$2\text{H}_2\text{S}(\text{g})$	$\rightleftharpoons$	$\text{S}_2(\text{g})$	$+$	$2\text{H}_2(\text{g})$
始 / mol	1		0		0
变 / mol	0.24		0.12		0.24
平 / mol	0.76		0.12		0.24

此时  $\text{H}_2\text{S}$  的压强为  $\frac{0.76}{0.76+0.12+0.24+9} \times 100\text{kPa} \approx 7.51\text{kPa}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  的起始压强为 10kPa, 所以  $\text{H}_2\text{S}$  分压的平均变化率为  $\frac{10\text{kPa} - 7.51\text{kPa}}{0.1\text{s}} = 24.9\text{kPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

### 【化学—选修 3: 物质结构与性质】

11. 卤素单质及其化合物在科研和工农业生产中有着广泛的应用。回答下列问题:

(1) 氟原子激发态的电子排布式有\_\_\_\_\_，其中能量较高的是\_\_\_\_\_。(填标号)

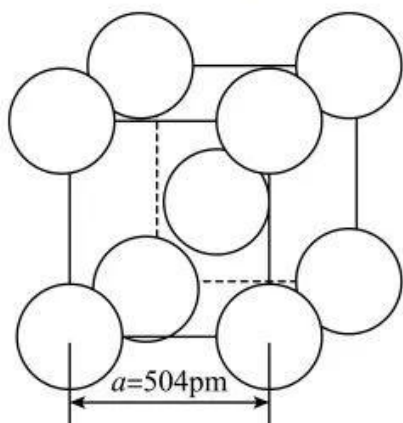
a.  $1s^2 2s^2 2p^4 3s^1$     b.  $1s^2 2s^2 2p^4 3d^1$     c.  $1s^2 2s^1 2p^5$     d.  $1s^2 2s^2 2p^3 3p^2$

(2) ①一氯乙烯( $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$ )分子中, C 的一个\_\_\_\_\_杂化轨道与 Cl 的  $3p_x$  轨道形成 C-Cl \_\_\_\_\_键, 并且 Cl 的  $3p_x$  轨道与 C 的  $2p_x$  轨道形成 3 中心 4 电子的大  $\pi$  键( $\Pi_3^4$ )。

②一氯乙烷( $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ )、一氯乙烯( $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$ )、一氯乙炔( $\text{C}_2\text{HCl}$ )分子中, C-Cl 键长的顺序是\_\_\_\_\_, 理由: (i)C 的杂化轨道中 s 成分越多, 形成的 C-Cl 键越强; (ii)\_\_\_\_\_。

(3) 卤化物  $\text{CsICl}_2$  受热发生非氧化还原反应, 生成无色晶体 X 和红棕色液体 Y。X 为\_\_\_\_\_。解释 X 的熔点比 Y 高的原因\_\_\_\_\_。

(4)  $\alpha\text{-AgI}$  晶体中  $\text{I}^-$  离子作体心立方堆积(如图所示),  $\text{Ag}^+$  主要分布在由  $\text{I}^-$  构成的四面体、八面体等空隙中。在电场作用下,  $\text{Ag}^+$  不需要克服太大的阻力即可发生迁移。因此,  $\alpha\text{-AgI}$  晶体在电池中可作为\_\_\_\_\_。



已知阿伏加德罗常数为  $N_A$ , 则  $\alpha\text{-AgI}$  晶体的摩尔体积  $V_m =$  \_\_\_\_\_  $\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$  (列出算式)



【答案】(1) ①. ad ②. d

(2) ①.  $sp^2$  ②.  $\sigma$  ③. 一氯乙烷>一氯乙烯>一氯乙炔 ④. Cl 参与形成的大 $\pi$ 键越多, 形成的 C-Cl 键的键长越短

(3) ①. CsCl ②. CsCl 为离子晶体, ICl 为分子晶体

(4) ①. 电解质 ②.  $\frac{N_A \times (504 \times 10^{-12})^3}{2}$

【解析】

【小问 1 详解】

F 的原子序数为 9, 其基态原子电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^5$ ,

a.  $1s^2 2s^2 2p^4 3s^1$ , 基态氟原子 2p 能级上的 1 个电子跃迁到 3s 能级上, 属于氟原子的激发态, a 正确;

b.  $1s^2 2s^2 2p^4 3d^2$ , 核外共 10 个电子, 不是氟原子, b 错误;

c.  $1s^2 2s^1 2p^5$ , 核外共 8 个电子, 不是氟原子, c 错误;

d.  $1s^2 2s^2 2p^3 3p^2$ , 基态氟原子 2p 能级上的 2 个电子跃迁到 3p 能级上, 属于氟原子的激发态, d 正确;

答案选 ad;

而同一原子 3p 能级的能量比 3s 能级的能量高, 因此能量最高的是  $1s^2 2s^2 2p^3 3p^2$ , 答案选 d。

【小问 2 详解】

①一氯乙烯的结构式为  $\begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{H} \end{array} = \begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{C} \\ \diagup \\ \text{Cl} \end{array}$ , 碳为双键碳, 采取  $sp^2$  杂化, 因此 C 的一个  $sp^2$  杂化轨道与 Cl

的  $3p_x$  轨道形成 C-Cl $\sigma$  键。

②C 的杂化轨道中 s 成分越多, 形成的 C-Cl 键越强, C-Cl 键的键长越短, 一氯乙烷中碳采取  $sp^3$  杂化, 一氯乙烯中碳采取  $sp^2$  杂化, 一氯乙炔中碳采取  $sp$  杂化,  $sp$  杂化时 p 成分少,  $sp^3$  杂化时 p 成分多, 因此三种物质中 C-Cl 键键长顺序为: 一氯乙烷>一氯乙烯>一氯乙炔, 同时 Cl 参与形成的大 $\pi$ 键越多, 形成的 C-Cl 键的键长越短, 一氯乙烯中 Cl 的  $3p_x$  轨道与 C 的  $2p_x$  轨道形成 3 中心 4 电子的大 $\pi$ 键( $\Pi_3^4$ ), 一氯乙炔中 Cl 的  $3p_x$  轨道与 C 的  $2p_x$  轨道形成 2 套 3 中心 4 电子的大 $\pi$ 键( $\Pi_3^4$ ), 因此三种物质中 C-Cl 键键长顺序为: 一氯乙烷>一氯乙烯>一氯乙炔。

【小问 3 详解】

CsICl<sub>2</sub> 发生非氧化还原反应, 各元素化合价不变, 生成无色晶体和红棕色液体, 则无色晶体为 CsCl, 红棕色液体为 ICl, 而 CsCl 为离子晶体, 熔化时, 克服的是离子键, ICl 为分子晶体, 熔化时, 克服的是分子间作用力, 因此 CsCl 的熔点比 ICl 高。

【小问4详解】

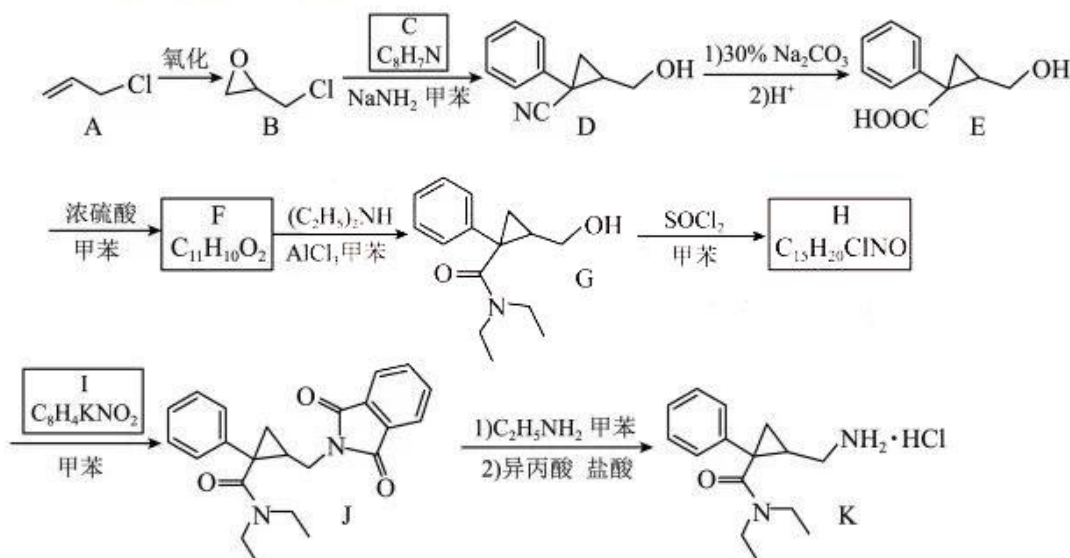
由题意可知，在电场作用下， $\text{Ag}^+$ 不需要克服太大阻力即可发生迁移，因此 $\alpha\text{-AgI}$ 晶体是优良的离子导体，在电池中可作为电解质；每个晶胞中含碘离子的个数为 $8 \times \frac{1}{8} + 1 = 2$ 个，依据化学式 $\text{AgI}$ 可知，银离子个数

也为2个，晶胞的物质的量 $n = \frac{N}{N_A} \text{ mol} = \frac{2}{N_A} \text{ mol}$ ，晶胞体积 $V = a^3 \text{ pm}^3 = (504 \times 10^{-12})^3 \text{ m}^3$ ，则 $\alpha\text{-AgI}$ 晶体的摩尔

$$\text{体积 } V_m = \frac{V}{n} = \frac{(504 \times 10^{-12})^3 \text{ m}^3}{\frac{2}{N_A} \text{ mol}} = \frac{N_A \times (504 \times 10^{-12})^3}{2} \text{ m}^3/\text{mol}.$$

[化学-选修5: 有机化学基础]

12. 左旋米那普伦是治疗成人重度抑郁症的药物之一，以下是其盐酸盐(化合物K)的一种合成路线(部分反应条件已简化，忽略立体化学):



已知：化合物F不能与饱和碳酸氢钠溶液反应产生二氧化碳。

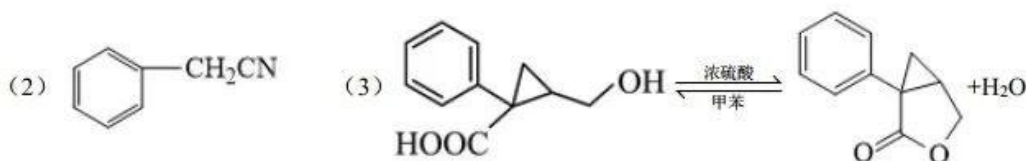
回答下列问题：

- (1) A的化学名称是\_\_\_\_\_。
- (2) C的结构简式为\_\_\_\_\_。
- (3) 写出由E生成F反应的化学方程式\_\_\_\_\_。
- (4) E中含氧官能团的名称为\_\_\_\_\_。
- (5) 由G生成H的反应类型为\_\_\_\_\_。
- (6) I是一种有机物形成的盐，结构简式为\_\_\_\_\_。
- (7) 在E的同分异构体中，同时满足下列条件的总数为\_\_\_\_\_种。

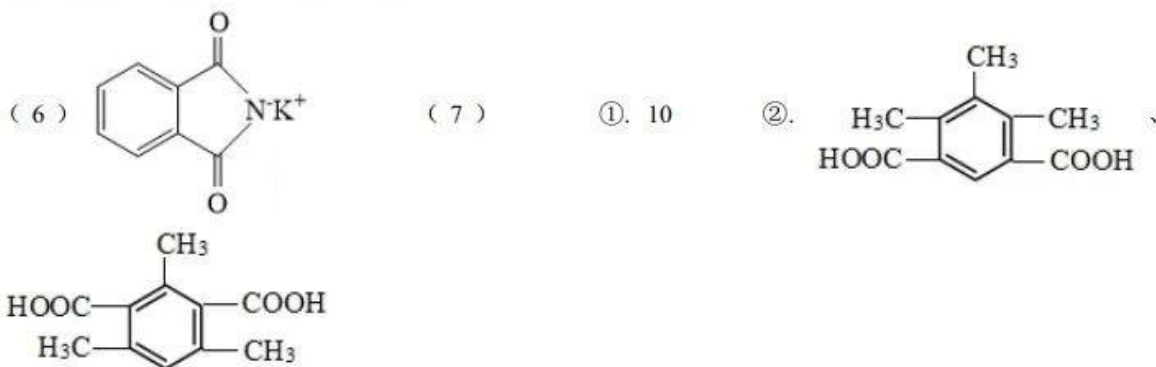
- a) 含有一个苯环和三个甲基;  
b) 与饱和碳酸氢钠溶液反应产生二氧化碳;  
c) 能发生银镜反应, 不能发生水解反应。

上述同分异构体经银镜反应后酸化, 所得产物中, 核磁共振氢谱显示有四组氢(氢原子数量比为 6: 3: 2: 1) 的结构简式为\_\_\_\_\_。

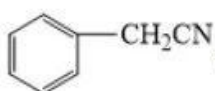
【答案】(1) 3-氯-1-丙烯

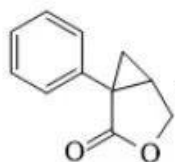


- (4) 羟基、羧基 (5) 取代反应

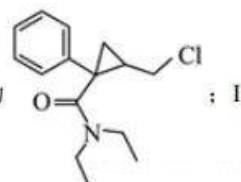


【解析】

【分析】A 发生氧化反应生成 B, B 与 C 在  $\text{NaNH}_2$ 、甲苯条件下反应生成 D, 对比 B、D 的结构简式, 结合 C 的分子式  $\text{C}_8\text{H}_7\text{N}$ , 可推知 C 的结构简式为 ; D 与 30%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  反应后再酸化生成 E, E 在浓硫酸、甲苯条件下反应生成 F, F 不能与饱和  $\text{NaHCO}_3$  溶液反应产生  $\text{CO}_2$ , F 中不含羧基, F 的分子式为  $\text{C}_{11}\text{H}_{10}\text{O}_2$ , F 在 E 的基础上脱去 1 个  $\text{H}_2\text{O}$  分子, 说明 E 发生分子内酯化生成 F, 则 F 的结构简式为



; F 与  $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$  在  $\text{AlCl}_3$ 、甲苯条件下反应生成 G, G 与  $\text{SOCl}_2$ 、甲苯反应生成 H, H 的分子式为  $\text{C}_{15}\text{H}_{20}\text{ClNO}$ , H 与 I 反应生成 J, 结合 G、J 的结构简式知, H 的结构简式为


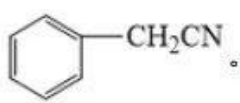


的分子式为  $C_8H_4KNO_2$ ，I 是一种有机物形成的盐，则 I 的结构简式为 ；据此作答。

【小问 1 详解】

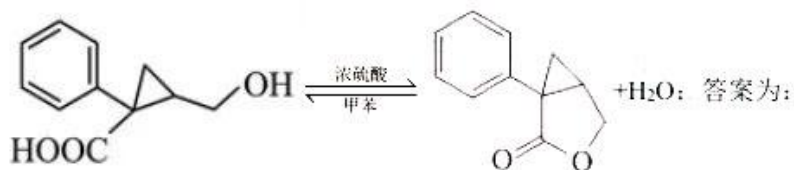
A 的结构简式为  $CH_2=CHCH_2Cl$ ，属于氯代烯烃，其化学名称为 3-氯-1-丙烯；答案为：3-氯-1-丙烯。

【小问 2 详解】

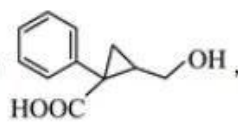
根据分析，C 的结构简式为 ；答案为：.

【小问 3 详解】

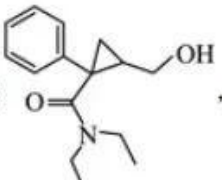
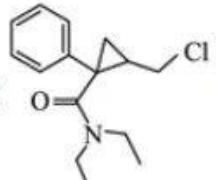
E 的结构简式为 ，F 的结构简式为 ，E 生成 F 的化学方程式为



【小问 4 详解】

E 的结构简式为 ，其中含氧官能团的名称为（醇）羟基、羧基；答案为：羟基、羧基。

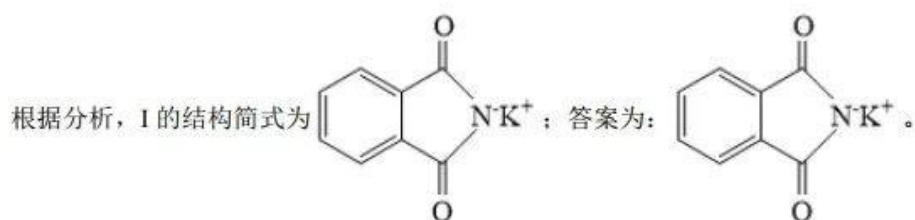
【小问 5 详解】

G 的结构简式为 ，H 的结构简式为 ，G 与  $SOCl_2$  发生取代反应生成 H；

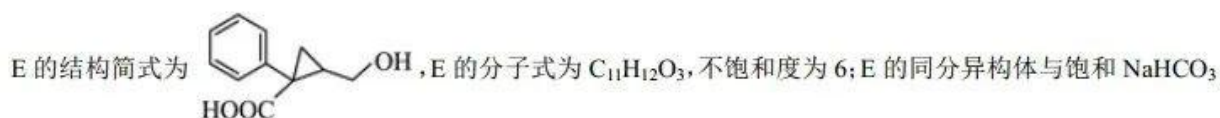
答案为：取代反应。

【小问 6 详解】

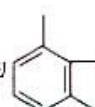


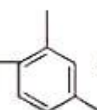
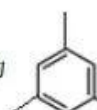


【小问 7 详解】

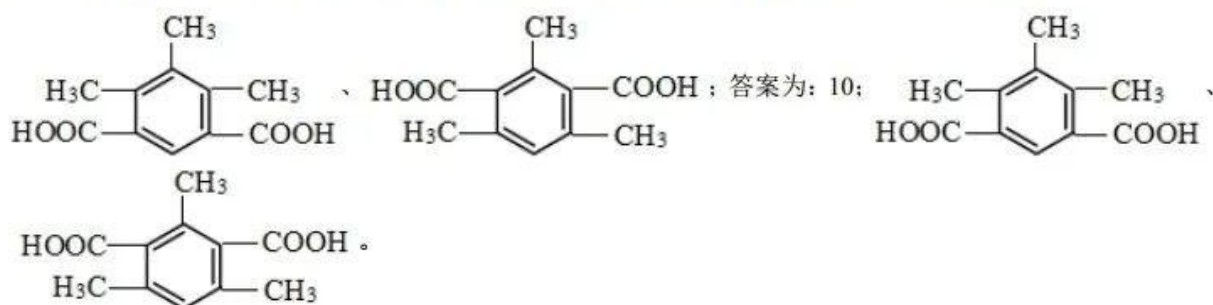


溶液反应产生  $CO_2$ , 结合分子式中 O 原子的个数, 说明含 1 个羧基, 能发生银镜反应、不能发生水解反应

说明还含 1 个醛基; 若 3 个甲基在苯环上的位置为  时, 羧基、醛基在苯环上有 3 种位置; 若 3 个甲

基在苯环上的位置为  时, 羧基、醛基在苯环上有 6 种位置; 若 3 个甲基在苯环上的位置为 

时, 羧基、醛基在苯环上有 1 种位置; 故符合题意的同分异构体共有  $3+6+1=10$  种; 上述同分异构体经银镜反应后酸化所得产物中核磁共振氢谱显示有 4 组氢且氢原子数量比为 6: 3: 2: 1 的结构简式为



## 2022 年普通高等学校招生全国统一考试（乙卷）

### 生物部分

#### 一、单选题

1、有丝分裂和减数分裂是哺乳动物细胞分裂的两种形式。某动物的基因型是 Aa，若该动物的某细胞在四分体时期一条染色单体上的 A 和另一条染色单体上的 a 发生了互换，则通常情况下姐妹染色单体分离导致等位基因 A 和 a 进入不同细胞的时期是

- A. 有丝分裂的后期      B. 有丝分裂的末期  
C. 减数第一次分裂      D. 减数第二次分裂

2、某同学将一株生长正常的小麦置于密闭容器中，在适宜且恒定的温度和光照条件下培养，发现容器内 CO<sub>2</sub> 含量初期逐渐降低，之后保持相对稳定。关于这一实验现象，下列解释合理的是

- A. 初期光合速率逐渐升高，之后光合速率等于呼吸速率  
B. 初期光合速率和呼吸速率均降低，之后呼吸速率保持稳定  
C. 初期呼吸速率大于光合速率，之后呼吸速率等于光合速率  
D. 初期光合速率大于呼吸速率，之后光合速率等于呼吸速率

3、运动神经元与骨骼肌之间的兴奋传递过度会引起肌肉痉挛，严重时危及生命。下列治疗方法中合理的是

- A. 通过药物加快神经递质经突触前膜释放到突触间隙中  
B. 通过药物阻止神经递质与突触后膜上特异性受体结合  
C. 通过药物抑制突触间隙中可降解神经递质的酶的活性  
D. 通过药物增加突触后膜上神经递质特异性受体的数量

4、某种酶 P 由 RNA 和蛋白质组成，可催化底物转化为相应的产物。为探究该酶不同组分催化反应所需的条件。某同学进行了下列 5 组实验（表中“+”表示有，“-”表示无）。

实验组	①	②	③	④	⑤
底物	+	+	+	+	+

RNA 组分	+	+	-	+	-
蛋白质组分	+	-	+	-	+
低浓度 $Mg^{2+}$	+	+	+	-	-
高浓度 $Mg^{2+}$	-	-	-	+	+
产物	+	-	-	+	-

根据实验结果可以得出的结论是

- A. 酶 P 必须在高浓度  $Mg^{2+}$  条件下才具有催化活性
- B. 蛋白质组分的催化活性随  $Mg^{2+}$  浓度升高而升高
- C. 在高浓度  $Mg^{2+}$  条件下 RNA 组分具有催化活性
- D. 在高浓度  $Mg^{2+}$  条件下蛋白质组分具有催化活性

5、分层现象是群落研究的重要内容。下列关于森林群落分层现象的叙述，正确的是

- ① 森林群落的分层现象提高了生物对环境资源的利用能力
- ② 森林植物从上到下可分为不同层次，最上层为灌木层
- ③ 垂直方向上森林中植物分层现象与对光的利用有关
- ④ 森林群落中动物的分层现象与食物有关
- ⑤ 森林群落中植物的分层现象是自然选择的结果
- ⑥ 群落中植物垂直分层现象的形成是由动物种类决定的

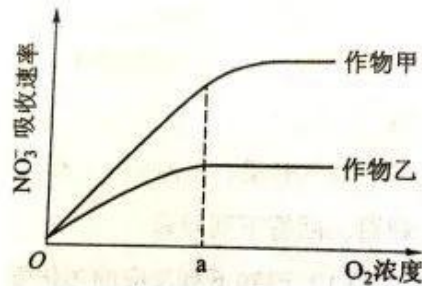
- A. ①③④⑤
- B. ②④⑤⑥
- C. ①②③⑥
- D. ③④⑤⑥

6、依据鸡的某些遗传性状可以在早期区分雌雄，提高养鸡场的经济效益。已知鸡的羽毛性状芦花和非芦花受 1 对等位基因控制。芦花鸡和非芦花鸡进行杂交，正交子代中芦花鸡和非芦花鸡数目相同，反交子代均为芦花鸡。下列分析及推断错误的是

- A. 正交亲本中雌鸡为芦花鸡，雄鸡为非芦花鸡
- B. 正交子代和反交子代中的芦花雄鸡均为杂合体
- C. 反交子代芦花鸡相互交配，所产雌鸡均为芦花鸡
- D. 仅根据羽毛性状芦花和非芦花即可区分正交子代性别



29、(10分) 农业生产中, 农作物生长所需的氮素可以  $\text{NO}_3^-$  的形式由根系从土壤中吸收。一定时间内作物甲和作物乙的根细胞吸收  $\text{NO}_3^-$  的速率与  $\text{O}_2$  浓度的关系如图所示。回答下列问题。



(1) 由图可判断  $\text{NO}_3^-$  进入跟细胞的运输方式是主动运输, 判断的依据是主动运输需要呼吸作用提供能量,  $\text{O}_2$  浓度小于 a 点, 根细胞对  $\text{NO}_3^-$  的吸收速率与  $\text{O}_2$  浓度呈正相关。

(2)  $\text{O}_2$  浓度大于 a 时作物乙吸收  $\text{NO}_3^-$  速率不再增加, 推测其原因是主动运输需要载体蛋白, 此时载体蛋白达到饱和。

(3) 作物甲和作物乙各自在  $\text{NO}_3^-$  最大吸收速率时, 作物甲跟细胞的呼吸速率大于作物乙, 判断依据是甲的  $\text{NO}_3^-$  最大吸收速率大于乙, 甲需要能量多, 消耗  $\text{O}_2$  多。

(4) 据图可知, 在农业生产中, 为促进农作物对  $\text{NO}_3^-$  的吸收利用, 可以采取的措施是定期松土。

30、(9分) 甲状腺激素在促进机体新陈代谢和生长发育过程中发挥重要作用。为了研究动物体内甲状腺激素的合成和调节机制, 某研究小组进行了下列相关实验。

实验一: 将一定量的放射性碘溶液经腹腔注射到家兔体内, 一定时间后测定家兔甲状腺的放射性强度。

实验二: 给甲、乙、丙三组家兔分别经静脉注射一定量的生理盐水、甲状腺激素溶液、促甲状腺激素溶液。一定时间后分别测定三组家兔血中甲状腺激素的含量, 发现注射的甲状腺激素和促甲状腺激素都起到了相应的调节作用。

回答下列问题。

(1) 实验一中, 家兔甲状腺中检测到碘的放射性, 出现这一现象的原因是甲状

腺吸收碘合成甲状腺激素\_\_\_\_\_。

(2) 根据实验二推测, 丙组甲状腺激素的合成量\_\_\_\_大于\_\_\_\_ (填“大于”或“小于”) 甲组。乙组和丙组甲状腺激素的合成量\_\_\_\_不相同\_\_\_\_ (填“相同”或“不相同”), 原因是乙组注射外源甲状腺激素, 使甲状腺激素合成减少, 丙组注射促甲状腺激素会促进甲状腺激素的合成。

31、(8分) 某研究小组借助空中拍照技术调查草原上地面活动的某种哺乳动物的种群数量, 主要操作流程是选取样方、空中拍照、识别照片中该种动物并计数。回答下列问题。

(1) 为保证调查的可靠性和准确性, 选取样方是应注意的主要事项有随机取样、样方大小一致、样方数量适宜 (答出3点即可)。

(2) 已知调查区域总面积为  $S$ , 样方面积为  $m$ , 样方内平均个体数为  $n$ , 则该区域的种群数量为  $(S \times n) / m$ 。

(3) 与标志重捕法相比, 上述调查方法的优势有对野生动物的不良影响小、调查周期短, 操作简便 (答出2点即可)。

32、(12分) 某种植物的花色有白、红和紫三种, 花的颜色由花瓣中色素决定, 色素的合成途径是: 白色  $\xrightarrow{\text{酶1}}$  红色  $\xrightarrow{\text{酶2}}$  紫色。其中酶1的合成由基因A控制, 酶2的合成由基因B控制, 基因A和基因B位于非同源染色体上。回答下列问题。

(1) 现有紫花植株(基因型为  $AaBb$ ) 与红花杂合体植株杂交, 子代植株表现型及其比例为 白色:红色:紫色=2:3:3; 子代中红花植株的基因型是  $AAbb$ 、 $Aabb$ ; 子代白花植株中纯合体占的比是  $1/2$ 。

(2) 已知白花纯合体的基因型有2种。现有1株白花纯合体植株甲, 若要通过杂交实验(要求选用1种纯合体亲本与植株甲只进行1次杂交)来确定其基因型, 请写出选用的亲本基因型、预期实验结果和结论。

选用的亲本基因型为:  $AAbb$

若子代花色全为红花, 则待测白花纯合体基因型为  $aabb$ ;

若子代花色全为紫花, 则待测白花纯合体基因型为  $aaBB$ 。



37、【生物——选修 1：生物技术实践】（15 分）

化合物 S 被广泛应用于医药、食品和化工工业。用菌株 C 可生产 S，S 的产量与菌株 C 培养所利用的碳源关系密切。为此，某小组通过实验比较不同碳源对菌体生长和 S 产量的影响，结果见表。

碳源	细胞干重 (g/L)	S 产量 (g/L)
葡萄糖	3.12	0.15
淀粉	0.01	0.00
制糖废液	2.30	0.18

回答下列问题。

(1) 通常在实验室培养微生物时，需要对所需的玻璃器皿进行灭菌，灭菌的方法有 高压蒸汽灭菌、干热灭菌、湿热灭菌（答出 2 点即可）。

(2) 由实验结果可知，菌株 C 生长的最适碳源是 葡萄糖；用菌株 C 生产 S 的最适碳源是 制糖废液。菌株 C 的生长除需要碳源外，还需要 氮源、无机盐、生长因子（答出 2 点即可）等营养物质。

(3) 由实验结果可知，碳源为淀粉时菌株 C 不能生长，其原因是 缺少淀粉酶。

(4) 若以制糖废液作为碳源，为进一步确定生产 S 的最适碳源浓度，某同学进行了相关实验。请简要写出实验思路：设计一系列不同浓度的制糖废液分别培养菌株 C，测定不同浓度制糖废液中 S 产量，寻找产量拐点，确定最适碳源浓度。

(5) 利用制糖废液生产 S 可以实验废物利用，其意义是 减少污染、节省原料、降低生产成本（答出 1 点即可）。

38、【生物——选修 3：现代生物科技专题】（15 分）

新冠疫情出现后，病毒核酸检测和疫苗接种在疫情防控中发挥了重要作用。回答下列问题。

(1) 新冠病毒是一种 RNA 病毒，检测新冠病毒 RNA（核酸检测）可以采取 RT-PCR 法。这种方法的基本原理是先以病毒 RNA 为模板合成 cDNA，这一过程需要的酶是 逆转录酶/反转录酶，再通过 PCR 技术扩增相应的 DNA 片段。根据检测结果判断被检测者是否感染新冠病毒。

(2) 为了确保新冠病毒核酸检测的准确性，在设计 PCR 引物时必须依据新冠病

毒 RNA 中的 特异性核苷酸序列 来进行。PCR 过程每次循环分为 3 步，其中温度最低的一步是 退火/复性。

(3) 某人同时进行了新冠病毒核酸检测和抗体检测（检测体内是否有新冠病毒抗体），若核酸检测结果为阴性而抗体检测结果为阳性，说明 曾感染新冠病毒，已康复（答出 1 种情况即可）；若核酸检测和抗体检测结果均为阳性，说明 已感染新冠病毒，是患者。

(4) 常见的病毒疫苗有灭活疫苗、蛋白疫苗和重组疫苗等。已知某种病毒的特异性蛋白 S（具有抗原性）的编码序列（目的基因）。为了制备蛋白疫苗，可以通过基因工程技术获得大量蛋白 S。基因工程的基本操作流程是 获取目的基因 → 构建基因表达载体 → 导入受体细胞 → 目的基因的检测与鉴定。

## 名校综合评价介绍

**名校综合评价**致力于提供综合评价、三位一体、新高考生涯规划、志愿填报等政策资讯服务。总部坐落于北京，用户群体涵盖全国 80% 以上的重点中学师生及家长，在全国新高考、自主选拔领域首屈一指。

如需第一时间获取高中升学报考相关资讯及备考指南，请关注**名校综合评价**官方微信号：**mxzhpj**。

