

---

# 2021 年普通高等学校招生全国统一考试

## 理科综合能力测试·生物部分 答案解析

### 一、选择题

1. C

**解析:**

酶的化学本质是蛋白质或 RNA，抗体的化学成分是蛋白质，蛋白质是由氨基酸连接而成的多聚体，核酸是由核苷酸连接而成的多聚体，氨基酸和核苷酸都含有氮元素，C 正确；故选 C。

2. B

**解析:**

酵母菌是兼性厌氧生物，有氧呼吸的产物是二氧化碳和水，无氧呼吸产物是酒精和二氧化碳。酵母菌无氧呼吸在细胞质基质中进行，无氧呼吸第一阶段产生丙酮酸、还原性的氢，并释放少量的能量，第二阶段丙酮酸被还原性氢还原成乙醇，并生成二氧化碳，B 符合题意，故选 B。

3. D

**解析:**

生长素的化学本质是吲哚乙酸；生长素的运输主要是极性运输，也有非极性运输和横向运输；生长素对植物生长具有双重作用，即低浓度促进生长，高浓度抑制生长。根、茎两种器官对生长素的反应敏感程度有明显差异，其中根对生长素最敏感，D 错误。故选 D。

4. B

**解析:**

下丘脑能分泌促甲状腺激素释放激素、抗利尿激素等，具有内分泌功能，促甲状腺激素是由垂体分泌，B 错误；故选 B。

5. A

**解析:**

分析柱形图：果蝇 M 与果蝇 N 作为亲本进行杂交，子代中长翅：残翅=3：1，说明长翅为显性性状，残翅为隐性性状，亲本关于翅型的基因型均为 Aa（假设控制翅型的基因为 A/a）；子代灰身：黑檀体=1：1，同时灰身为显性性状，亲本关于体色的基因型为 Bb×bb（假设控制体色的基因为 B/b）；子代红眼：白眼=1：1，红眼为显性性状，且控制眼色的

---

基因位于 X 染色体上, 假设控制眼色的基因为 W/w), 故亲本关于眼色的基因型为  $X^W X^w \times X^w Y$  或  $X^w X^w \times X^W Y$ 。3 个性状由 3 对独立遗传的基因控制, 遵循基因的自由组合定律, 因为 N 表现为显性性状灰体红眼, 故 N 基因型为  $Aa Bb X^W X^w$  或  $Aa Bb X^W Y$ , 则 M 的基因型对应为  $Aa bb X^w Y$  或  $Aabb X^w X^w$ 。根据分析可知, M 的基因型为  $Aa bb X^w Y$  或  $Aabb X^w X^w$ , 表现为长翅黑檀体白眼雄蝇或长翅黑檀体白眼雌蝇, A 错误, 故选 A。

6. C

**解析:**

发生在裸岩上的演替是初生演替, 依次经过: 地衣阶段→苔藓阶段→草本阶段→灌木阶段→森林阶段, 弃耕农田的演替为次生演替, 自然演替方向为草本阶段→灌木阶段→乔木阶段, C 错误; 故选 C。

7.

**答案:** (1). 具有一定的流动性 (2). 蛋白质 (3). 顺浓度或选择性 (4). 细胞逆浓度梯度吸收  $K^+$  是主动运输过程, 需要能量, 呼吸抑制剂会影响细胞呼吸供能, 故使细胞主动运输速率降低

**解析:**

植物根细胞的从外界吸收各种离子为主动运输, 一般从低到高主动地吸收或排出物质, 以满足生命活动的需要, 需要耗能、需要载体协助。

(1) 生物膜的结构特点是具有一定的流动性。

(2) 离子通道是由蛋白质复合物构成的, 一种通道只能先让某种离子通过, 而另一些离子则不容易通过, 即离子通道具有选择性。

(3) 细胞外的  $K^+$  可以通过载体蛋白逆浓度梯度进入植物的根细胞。可知是主动运输过程, 主动运输需要消耗能量, 而细胞中的能量由细胞呼吸提供, 因此呼吸抑制剂会影响细胞对  $K^+$  的吸收速率。

8.

**答案:** (1). dATP 脱去  $\beta$ 、 $\gamma$  位上的两个磷酸基团后, 则为腺嘌呤脱氧核苷酸, 是合成 DNA 的原料之一 (2). 防止 RNA 分子与染色体 DNA 的 W 基因片段发生杂交 (3). 解旋 (4). DNA 酶

**解析:**

根据题意, 通过带  $^{32}P$  标记的 DNA 分子与被测样本中的 W 基因进行碱基互补配对, 形成杂交带, 可以推测出 W 基因在染色体上的位置。

---

(1) dA-P<sub>α</sub>-P<sub>β</sub>-P<sub>γ</sub>脱去β、γ位上的两个磷酸基团后,则为腺嘌呤脱氧核苷酸,是合成DNA的原料之一。因此研究人员在制备<sup>32</sup>p标记的DNA片段甲时,所用dATP的α位磷酸基团中的磷必须是<sup>32</sup>p。

(2) RNA分子也可以与染色体DNA进行碱基互补配对,产生杂交带,从而干扰<sup>32</sup>p标记的DNA片段甲与染色体DNA的杂交,故去除RNA分子,可以防止RNA分子与染色体DNA的W基因片段发生杂交。

(3) DNA分子解旋后的单链片段才能与<sup>32</sup>p标记的DNA片段甲进行碱基互补配对,故需要使样品中的染色体DNA解旋。

(4) DNA酶可以水解DNA分子从而去除了样品中的DNA。

9.

**答案:** (1). 避免自己没有食物,无法生存下去 (2). 单向流动,逐级递减 (3). (赛达伯格湖)湖泊

**解析:** (1) 在自然界中,捕食者一般不会将所有的猎物都吃掉,捕食者所吃掉的大多是被捕食者中年老、病弱或年幼的个体,客观上起到了促进种群发展的作用,对捕食者而言,不会导致没有猎物可以捕食而饿死,无法生存下去;

(2) 能量在生态系统中是沿食物链流动的,能量流动是单向的,不可逆转,也不能循环流动,在流动过程中逐级递减,能量传递效率一般在10%-20%;

(3) 林德曼关于生态系统能量流动特点的研究成果是对一个结构相对简单的天然湖泊——赛达伯格湖的能量流动进行了定量分析,最终得出能量流动特点。

10.

**答案:** (1). 基因型不同的两个亲本杂交, F<sub>1</sub>分别统计, 缺刻叶:全缘叶=1:1, 齿皮:网皮=1:1, 每对相对性状结果都符合测交的结果, 说明这2对相对性状的遗传均符合分离定律 (2). 缺刻叶和齿皮 (3). 甲和乙 (4). 1/4 (5). 果皮 (6). F<sub>2</sub>中齿皮:网皮=48:16=3:1, 说明受一对等位基因控制

**解析:**

分析题表, 实验②中F<sub>1</sub>自交得F<sub>2</sub>, F<sub>1</sub>全为缺刻叶齿皮, F<sub>2</sub>出现全缘叶和网皮, 可以推测缺刻叶对全缘叶为显性(相关基因用A和a表示), 齿皮对网皮为显性(相关基因用B和b表示), 且F<sub>2</sub>出现9:3:3:1。

(1) 实验①中F<sub>1</sub>表现为1/4缺刻叶齿皮, 1/4缺刻叶网皮, 1/4全缘叶齿皮, 1/4全缘叶网皮, 分别统计两对相对性状, 缺刻叶:全缘叶=1:1, 齿皮:网皮=1:1, 每对相对性状结

果都符合测交的结果，说明这 2 对相对性状的遗传均符合分离定律；根据实验②，F<sub>1</sub> 全为缺刻叶齿皮，F<sub>2</sub> 出现全缘叶和网皮，可以推测缺刻叶对全缘叶为显性，齿皮对网皮为显性；

(2) 根据已知条件，甲乙丙丁的基因型不同，其中甲和丙种植后均表现为缺刻叶网皮，实验①杂交的 F<sub>1</sub> 结果类似于测交，实验②的 F<sub>2</sub> 出现 9 : 3 : 3 : 1，则 F<sub>1</sub> 的基因型为 AaBb，综合推知，甲的基因型为 Aabb，乙的基因型为 aaBb，丙的基因型为 AAbb，丁的基因型为 aaBB，甲乙丙丁中属于杂合体的是甲和乙；

(3) 实验②的 F<sub>2</sub> 中纯合体基因型为 1/16AABB，1/16AAbb，1/16aaBB，1/16aabb，所有纯合体占的比例为 1/4；

(4) 假如实验②的 F<sub>2</sub> 中缺刻叶齿皮 : 缺刻叶网皮 : 全缘叶齿皮 : 全缘叶网皮 = 45 : 15 : 3 : 1，分别统计两对相对性状，缺刻叶 : 全缘叶 = 60 : 4 = 15 : 1，可推知叶形受两对等位基因控制，齿皮 : 网皮 = 48 : 16 = 3 : 1，可推知果皮受一对等位基因控制。

### 【生物——选修 1：生物技术实践】

11.

**答案：** (1). 蛋白酶 (2). 脂肪酶 (3). 蛋白酶和脂肪酶 (4). 加酶洗衣粉 A 和加酶洗衣粉 C (5). 蚕丝织物的主要成分是蛋白质，会被蛋白酶催化水解 (6). 酶可以将大分子有机物分解为小分子有机物，小分子有机物易溶于水，从而将污渍与洗涤物分开 (7). 利用物理或化学方法将酶固定在一定空间内的技术 (8). 固定在载体上的酶可以被反复利用，可降低生产成本（或产物容易分离，可提高产品的产量和质量，或固定化酶稳定性好，可持续发挥作用）

**解析：**

加酶洗衣粉是指含有酶制剂的洗衣粉，目前常用的酶制剂有四类：蛋白酶、脂肪酶、淀粉酶和纤维素酶。其中，应用最广泛、效果最明显的是碱性蛋白酶和碱性脂肪酶。碱性蛋白酶能将血渍、奶渍等含有大分子蛋白质水解成可溶性的氨基酸或小分子的肽，使污迹容易从衣物上脱落。

(1) 从表格中信息可知，加酶洗衣粉 A 对血渍的洗涤效果比对照组的无酶洗衣粉效果好，而血渍含有大分子蛋白质，因此，加酶洗衣粉 A 中添加的酶是蛋白酶，同理，加酶洗衣粉 B 中添加的酶是脂肪酶；加酶洗衣粉 C 对血渍和油渍的洗涤效果比无酶洗衣粉好，油渍中有脂肪，因此，加酶洗衣粉 C 中添加的酶是蛋白酶和脂肪酶。

(2) 蚕丝织物中有蛋白质，因此，表中不宜用于洗涤蚕丝织物的洗衣粉有加酶洗衣粉 A、加酶洗衣粉 C，原因是蚕丝织物主要成分是蛋白质，会被蛋白酶催化水解。

(3) 据分析可知, 相对于无酶洗衣粉, 加酶洗衣粉去渍效果好的原因是: 酶可以将大分子有机物分解为小分子有机物, 小分子有机物易溶于水, 从而将污渍与洗涤物分开。

(4) 固定化酶技术是指利用物理或化学方法将酶固定在一定空间内的技术, 酶既能与反应物接触, 又能与产物分离, 所以固定在载体上的酶还可以被反复利用。所以固定化酶在生产实践中应用的优点是: 降低生产成本 (或产物容易分离, 可提高产品的产量和质量, 或固定化酶稳定性好, 可持续发挥作用)。

### 【生物——选修3: 现代生物科技专题】

12.

**答案:** (1). ④②③① (2). Taq 酶 (热稳定 DNA 聚合酶) (3). 延伸 (4). Taq 酶从引物起始进行互补链的合成 (5). 两条单链 DNA (6). 一项在生物体外复制特定 DNA 片段的核酸合成技术

**解析:**

PCR 是一项在生物体外复制特定 DNA 片段的核酸合成技术。通过这一技术, 可以在短时间内大量扩增目的基因。利用 PCR 技术扩增目的基因的前提, 是要有一段已知目的基因的核苷酸序列, 以便根据这一序列合成引物。

(1) PCR 技术可用于临床的病原菌检测, 若要得到正确的检测结果, 正确的操作顺序应该是④采集病人组织样本→②从病人组织样本中提取 DNA→③利用 PCR 扩增 DNA 片段→①分析 PCR 扩增结果。

(2) 在用 PCR 技术扩增 DNA 时, DNA 的复制过程与细胞内 DNA 的复制类似, 操作③中使用的酶是 Taq 酶 (热稳定 DNA 聚合酶), PCR 反应中的每次循环可分为变性、复性、延伸三步, 其中复性的结果是 Taq 酶从引物起始进行互补链的合成。

(3) DNA 复制需要引物, 为了做出正确的诊断, PCR 反应所用的引物应该能与两条单链 DNA 特异性结合。

(4) 据分析可知, PCR (多聚酶链式反应) 技术是指一项在生物体外复制特定 DNA 片段的核酸合成技术。该技术目前被广泛地应用于疾病诊断等方面。

## 2021 年高考真题——化学 (全国甲卷) 答案解析

### 一、选择题

1. C

**解析:**

天然气主要成分为甲烷，不完全燃烧会产生一氧化碳等有毒气体，故 C 正确；故选 C。

2. C

**解析：**

一个  $S_8$  () 分子中含有的 S-S 键数为 8 个，32g  $S_8$  的物质的量为

$$\frac{32g}{8 \times 32g/mol} = \frac{1}{8} \text{ mol}, \text{ 则含有的 S-S 键数为 } \frac{1}{8} \times 8 \times N_A = N_A, \text{ C 正确；故选 C.}$$

3. D

**解析：**

实验室加热氯酸钾和二氧化锰的混合物，生成氯化钾和氧气，二氧化锰作催化剂，可用此方法制备氧气，D 可行；故选 D。

4. B

**解析：**

乙酸可与饱和碳酸氢钠反应，产生气泡，乙醇不能发生反应，与饱和碳酸钠互溶，两者现象不同，可用饱和碳酸氢钠溶液可以鉴别两者，B 正确；故选 B。

5. D

**解析：**

W、X、Y、Z 为原子序数依次增大的短周期主族元素，Z 的最外层电子数是 W 和 X 的最外层电子数之和，也是 Y 的最外层电子数的 2 倍，则分析知，Z 的最外层电子数为偶数，W 和 X 的单质常温下均为气体，则推知 W 和 X 为非金属元素，所以可判断 W 为 H 元素，X 为 N 元素，Z 的最外层电子数为  $1+5=6$ ，Y 的最外层电子数为  $\frac{6}{2}=3$ ，则 Y 为 Al 元素，Z 为 S 元素，据此结合元素及其化合物的结构与性质分析解答。W、X 和 Z 可形成  $(NH_4)_2S$ 、 $NH_4HS$ ，两者既含有离子键又含有共价键，D 正确。故选 D。

6. B

**解析：**

$BaCO_3$ 、 $BaSO_4$  均为难溶物，饱和溶液中  $-\lg[c(Ba^{2+})] + \{-\lg[c(SO_4^{2-})]\} = -\lg[c(Ba^{2+}) \times c(SO_4^{2-})] = -\lg[K_{sp}(BaSO_4)]$ ，同理可知溶液中  $-\lg[c(Ba^{2+})] + \{-\lg[c(CO_3^{2-})]\} = -\lg[K_{sp}(BaCO_3)]$ ，因  $K_{sp}(BaSO_4) < K_{sp}(BaCO_3)$ ，则  $-\lg[K_{sp}(BaCO_3)] < -\lg[K_{sp}(BaSO_4)]$ ，由此

可知曲线①为  $-\lg[c(\text{Ba}^{2+})]$  与  $-\lg[c(\text{SO}_4^{2-})]$  的关系，曲线②为  $-\lg[c(\text{Ba}^{2+})]$  与  $-\lg[c(\text{CO}_3^{2-})]$  的关系。曲线①为  $\text{BaSO}_4$  溶液中  $-\lg[c(\text{Ba}^{2+})]$  与  $-\lg[c(\text{SO}_4^{2-})]$  的关系，由图可知，当溶液中  $-\lg[c(\text{Ba}^{2+})] = 3$  时， $-\lg[c(\text{SO}_4^{2-})] = 7$ ，则  $-\lg[K_{\text{sp}}(\text{BaSO}_4)] = 7 + 3 = 10$ ，因此  $K_{\text{sp}}(\text{BaSO}_4) = 1.0 \times 10^{-10}$ ，选项 B 正确；故选 B。

7. D

**解析：**

该装置通电时，乙二酸被还原为乙醛酸，因此铅电极为电解池阴极，石墨电极为电解池阳极，阳极上  $\text{Br}^-$  被氧化为  $\text{Br}_2$ ， $\text{Br}_2$  将乙二醛氧化为乙醛酸，双极膜中间层的  $\text{H}^+$  在直流电场作用下移向阴极， $\text{OH}^-$  移向阳极。由上述分析可知，双极膜中间层的  $\text{H}^+$  在外电场作用下移向阴极，即  $\text{H}^+$  移向铅电极，故 D 正确；故答案为 D。

## 二、非选择题

8.

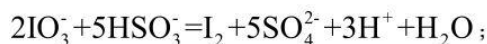
**答案：** (1).  $2\text{AgI} + \text{Fe} = 2\text{Ag} + \text{Fe}^{2+} + 2\text{I}^-$  (2).  $\text{AgNO}_3$  (3).  $\text{FeI}_2 + \text{Cl}_2 = \text{I}_2 + \text{FeCl}_2$  (4).  $\text{I}_2$ 、 $\text{FeCl}_3$  (5).  $\text{I}_2$  被过量的  $\text{Cl}_2$  进一步氧化 (6).  $2\text{IO}_3^- + 5\text{HSO}_3^- = \text{I}_2 + 5\text{SO}_4^{2-} + 3\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$  (7). 4 (8). 防止单质碘析出

**解析：**

(1) ①由流程图可知悬浊液中含  $\text{AgI}$ ， $\text{AgI}$  可与  $\text{Fe}$  反应生成  $\text{FeI}_2$  和  $\text{Ag}$ ， $\text{FeI}_2$  易溶于水，在离子方程式中能拆，故加入  $\text{Fe}$  粉进行转化反应的离子方程式为  $2\text{AgI} + \text{Fe} = 2\text{Ag} + \text{Fe}^{2+} + 2\text{I}^-$ ，生成的银能与硝酸反应生成硝酸银参与循环中，故答案为： $2\text{AgI} + \text{Fe} = 2\text{Ag} + \text{Fe}^{2+} + 2\text{I}^-$ ； $\text{AgNO}_3$ ；  
②通入  $\text{Cl}_2$  的过程中，因  $\text{I}^-$  还原性强于  $\text{Fe}^{2+}$ ， $\text{Cl}_2$  先氧化还原性强的  $\text{I}^-$ ，若氧化产物只有一种，则该氧化产物只能是  $\text{I}_2$ ，故反应的化学方程式为  $\text{FeI}_2 + \text{Cl}_2 = \text{I}_2 + \text{FeCl}_2$ ，若反应物用量比  $n(\text{Cl}_2)/n(\text{FeI}_2) = 1.5$  时即  $\text{Cl}_2$  过量，先氧化全部  $\text{I}^-$  再氧化  $\text{Fe}^{2+}$ ，恰好将全部  $\text{I}^-$  和  $\text{Fe}^{2+}$  氧化，故氧化产物为  $\text{I}_2$ 、 $\text{FeCl}_3$ ，当  $n(\text{Cl}_2)/n(\text{FeI}_2) > 1.5$  即  $\text{Cl}_2$  过量特别多，多余的氯气会与生成的单质碘以及水继续发生氧化还原反应，单质碘的收率会降低，故答案为： $\text{FeI}_2 + \text{Cl}_2 = \text{I}_2 + \text{FeCl}_2$ ； $\text{I}_2$ 、 $\text{FeCl}_3$ ； $\text{I}_2$  被过量的  $\text{Cl}_2$  进一步氧化；

(2) 先向  $\text{NaIO}_3$  溶液中加入计量的  $\text{NaHSO}_3$ ，生成碘化物即含  $\text{I}^-$  的物质；再向混合溶液中(含

I<sup>-</sup>加入NaIO<sub>3</sub>溶液，反应得到I<sub>2</sub>，上述制备I<sub>2</sub>的两个反应中I<sup>-</sup>为中间产物，总反应为IO<sub>3</sub><sup>-</sup>与HSO<sub>3</sub><sup>-</sup>发生氧化还原反应，生成SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>和I<sub>2</sub>，根据得失电子守恒、电荷守恒及元素守恒配平离子方程式即可得： $2\text{IO}_3^- + 5\text{HSO}_3^- = \text{I}_2 + 5\text{SO}_4^{2-} + 3\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$ ，故答案为：



(3) KI溶液和CuSO<sub>4</sub>溶液混合可生成CuI沉淀和I<sub>2</sub>，化学方程式为 $4\text{KI} + 2\text{CuSO}_4 = 2\text{CuI} \downarrow + \text{I}_2 + 2\text{K}_2\text{SO}_4$ ，若生成1mol I<sub>2</sub>，则消耗的KI至少为4mol；反应中加入过量KI，I<sup>-</sup>浓度增大，可逆反应 $\text{I}_2 + \text{I}^- \rightleftharpoons \text{I}_3^-$ 平衡右移，增大I<sub>2</sub>溶解度，防止I<sub>2</sub>升华，有利于蒸馏时防止单质碘析出，故答案为：4；防止单质碘析出。

9.

**答案：** (1). A、C (2).  $\text{CuO} + \text{H}_2\text{SO}_4 \xrightarrow{\Delta} \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$  (3). 不会产生二氧化硫且产生等量胆矾消耗硫酸少（硫酸利用率高） (4). 过滤 (5). 干燥 (6). 除尽铁，抑制硫酸铜水解 (7). 破坏氢氧化铁胶体，易于过滤 (8).  $\frac{80(m_2 - m_3)}{9(m_3 - m_1)}$  (9). ①③

**解析：**

(1)制备胆矾时，根据题干信息可知，需进行溶解、过滤、结晶操作，用到的实验仪器除量筒、酒精灯、玻璃棒、漏斗外，还必须使用的仪器有烧杯和蒸发皿，A、C符合题意，故答案为：A、C；

(2)将CuO加入到适量的稀硫酸中，加热，其主要反应的化学方程式为



(3)硫酸铜溶液制硫酸铜晶体，操作步骤有加热蒸发、冷却结晶、过滤、乙醇洗涤、干燥；CuO中含氧化铁杂质，溶于硫酸后会形成铁离子，为使铁元素以氢氧化铁形成沉淀完全，需控制溶液pH为3.5~4，酸性环境同时还可抑制铜离子发生水解；操作过程中可能会生成氢氧化铁胶体，所以煮沸10min，目的是破坏氢氧化铁胶体，使其沉淀，易于过滤，故答



案为：过滤；干燥；除尽铁，抑制硫酸铜水解；破坏氢氧化铁胶体，易于过滤；

(4) 称量干燥坩埚的质量为  $m_1$ ，加入胆矾后总质量为  $m_2$ ，将坩埚加热至胆矾全部变为白色，置于干燥器中冷至室温后称量，重复上述操作，最终总质量恒定为  $m_3$ 。则水的质量是  $(m_2 - m_3)$ g，所以胆矾 ( $\text{CuSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) 中  $n$  值的表达式为  $\frac{(m_2 - m_3)}{18} : \frac{(m_3 - m_1)}{160} = n:1$ ，解得  $n = \frac{80(m_2 - m_3)}{9(m_3 - m_1)}$ ；

(5) ①胆矾未充分干燥，倒饬所测  $m_2$  偏大，根据  $n = \frac{80(m_2 - m_3)}{9(m_3 - m_1)}$  可知，最终会导致结晶水

数目定值偏高，符合题意；

②坩埚未置于干燥器中冷却，部分白色硫酸铜会与空气中水蒸气结合重新生成胆矾，导致所测  $m_3$  偏大，根据  $n = \frac{80(m_2 - m_3)}{9(m_3 - m_1)}$  可知，最终会导致结晶水数目定值偏低，不符合题意；

③加热胆矾晶体时有晶体从坩埚中溅出，会使  $m_3$  数值偏小，根据  $n = \frac{80(m_2 - m_3)}{9(m_3 - m_1)}$  可知，最终会导致结晶水数目定值偏高，符合题意；综上所述，①③符合题意，故答案为：①③。

10.

**答案：** (1). -49 (2). A (3).  $\Delta H_1$  为正值， $\Delta H_2$  为和  $\Delta H$  为负值，反应①的活化能大

于反应②的 (4).  $\frac{p(\text{H}_2\text{O}) \cdot p(\text{CH}_3\text{OH})}{p^3(\text{H}_2) \cdot p(\text{CO}_2)}$  (5). b (6). 总反应  $\Delta H < 0$ ，升高温度时平

衡向逆反应方向移动，甲醇的物质的量分数变小 (7). 33.3% (8).  $5 \times 10^5 \text{Pa}$ ， $210^\circ\text{C}$

(9).  $9 \times 10^5 \text{Pa}$ ， $250^\circ\text{C}$

**解析：**

(1)二氧化碳加氢制甲醇的总反应可表示为： $\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) = \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ，该反应一般认为通过如下步骤来实现：

①  $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) = \text{CO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad \Delta H_1 = +41 \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，

②  $\text{CO}(\text{g}) + 2\text{H}_2(\text{g}) = \text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) \quad \Delta H_2 = -90 \text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，根据盖斯定律可知，①+②可得二氧

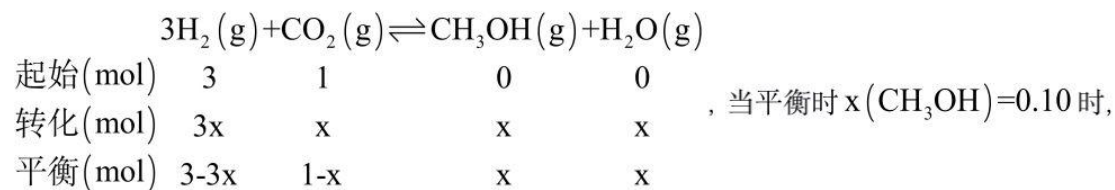
化碳加氢制甲醇的总反应为： $\text{CO}_2(\text{g})+3\text{H}_2(\text{g})=\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g})$   
 $\Delta H=(+41\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})+(-90\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1})=-49\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ ；该反应总反应为放热反应，因此生成物总能量低于反应物总能量，反应①为慢反应，因此反应①的活化能高于反应②，同时反应①的反应物总能量低于生成物总能量，反应②的反应物总能量高于生成物总能量，因此示意图中能体现反应能量变化的是 A 项，故答案为：-49；A； $\Delta H_1$  为正值， $\Delta H_2$  为和  $\Delta H$  为负值，反应①的活化能大于反应②的。

(2)①二氧化碳加氢制甲醇的总反应为  $\text{CO}_2(\text{g})+3\text{H}_2(\text{g})=\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ ，因此利用各物质的平衡分压表示总反应的平衡常数，表达式  $K_p=\frac{p(\text{H}_2\text{O})\cdot p(\text{CH}_3\text{OH})}{p^3(\text{H}_2)\cdot p(\text{CO}_2)}$ ，故答案为：

$$\frac{p(\text{H}_2\text{O})\cdot p(\text{CH}_3\text{OH})}{p^3(\text{H}_2)\cdot p(\text{CO}_2)}$$

②该反应正向为放热反应，升高温度时平衡逆向移动，体系中  $x(\text{CH}_3\text{OH})$  将减小，因此图中对应等压过程的曲线是 b，故答案为：b；总反应  $\Delta H<0$ ，升高温度时平衡向逆反应方向移动，甲醇的物质的量分数变小。

③设起始  $n(\text{CO}_2)=1\text{mol}$ ， $n(\text{H}_2)=3\text{mol}$ ，则



$$\frac{x}{(3-3x)+(1-x)+x+x}=0.1, \text{ 解得 } x=\frac{1}{3}\text{mol}, \text{ 平衡时 } \text{CO}_2 \text{ 的转化率 } \alpha=\frac{\frac{1}{3}\text{mol}}{1\text{mol}}\times 100\%=33.3\%;$$

由图可知，满足平衡时  $x(\text{CH}_3\text{OH})=0.10$  的条件有： $5\times 10^5\text{Pa}$ ， $210^\circ\text{C}$  或  $9\times 10^5\text{Pa}$ ， $250^\circ\text{C}$ ，

故答案为：33.3%； $5\times 10^5\text{Pa}$ ， $210^\circ\text{C}$ ； $9\times 10^5\text{Pa}$ ， $250^\circ\text{C}$ 。

### 【化学—选修 3：物质结构与性质】

11.

**答案：** (1).  $3s^23p^2$  (2). 原子晶体(共价晶体) (3).  $sp^3$  (4). ② (5). 2 (6). 2  
 (7). 甲硫醇不能形成分子间氢键，而水和甲醇均能，且水比甲醇的氢键多 (8). 8 (9).

$$\frac{4\times 91+8\times 16}{a^2c\times N_A\times 10^{-30}} \quad (10). 2-x$$

### 解析:

(1)基态 Si 原子的核外电子排布式为  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$ , 因此 Si 的价电子层的电子排布式为  $3s^2 3p^2$ ; 晶体硅中 Si 原子与 Si 原子之间通过共价键相互结合, 整块晶体是一个三维的共价键网状结构, 因此晶体硅为原子晶体;  $\text{SiCl}_4$  中 Si 原子价层电子对数为  $4 + \frac{4 - 4 \times 1}{2} = 4$ , 因此 Si 原子采取  $sp^3$  杂化; 由图可知,  $\text{SiCl}_4(\text{H}_2\text{O})$  中 Si 原子的  $\delta$  键数为 5, 说明 Si 原子的杂化轨道数为 5, 由此可知 Si 原子的杂化类型为  $sp^3d$ , 故答案为:  $3s^2 3p^2$ ; 原子晶体(共价晶体);  $sp^3$ ; ②;

(2) $\text{CO}_2$  的结构式为  $\text{O}=\text{C}=\text{O}$ , 1 个双键中含有 1 个  $\delta$  键和 1 个  $\pi$  键, 因此 1 个  $\text{CO}_2$  分子中含有 2 个  $\delta$  键和 2 个  $\pi$  键, 故答案为: 2; 2;

(3)甲醇分子之间和水分子之间都存在氢键, 因此沸点高于不含分子间氢键的甲硫醇, 甲醇分子之间氢键的总强度低于水分子之间氢键的总强度, 因此甲醇的沸点介于水和甲硫醇之间, 故答案为: 甲硫醇不能形成分子间氢键, 而水和甲醇均能, 且水比甲醇的氢键多;

(4)以晶胞中右侧面心的  $\text{Zr}^{4+}$  为例, 同一晶胞中与  $\text{Zr}^{4+}$  连接最近且等距的  $\text{O}^{2-}$  数为 4, 同理可知右侧晶胞中有 4 个  $\text{O}^{2-}$  与  $\text{Zr}^{4+}$  相连, 因此  $\text{Zr}^{4+}$  离子在晶胞中的配位数是  $4+4=8$ ; 1 个晶胞中

含有 4 个  $\text{ZrO}_2$  微粒, 1 个晶胞的质量  $m = \frac{4\text{mol} \times 91\text{g/mol} + 8\text{mol} \times 16\text{g/mol}}{N_A}$ , 1 个晶胞的体

积为  $(a \times 10^{-10}\text{cm}) \times (a \times 10^{-10}\text{cm}) \times (c \times 10^{-10}\text{cm}) = a^2 c \times 10^{-30}\text{cm}^3$ , 因此该晶体密度

$$= \frac{m}{V} = \frac{4 \times 91 + 8 \times 16}{a^2 c \times 10^{-30}} \text{g} = \frac{4 \times 91 + 8 \times 16}{a^2 c \times N_A \times 10^{-30}} \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}; \text{ 在 } \text{ZrO}_2 \text{ 中掺杂少量 } \text{ZrO} \text{ 后形成的催化剂,}$$

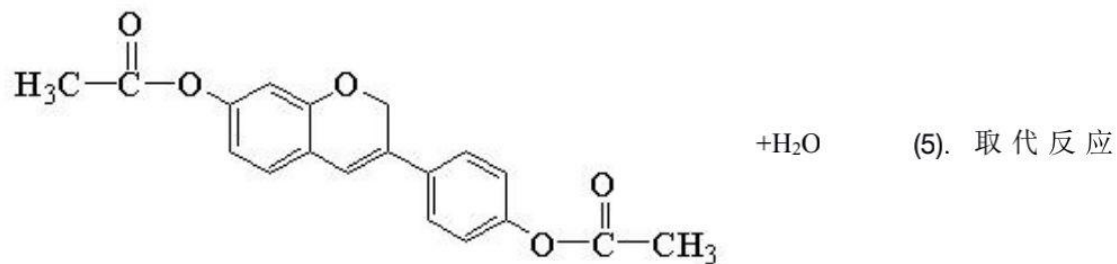
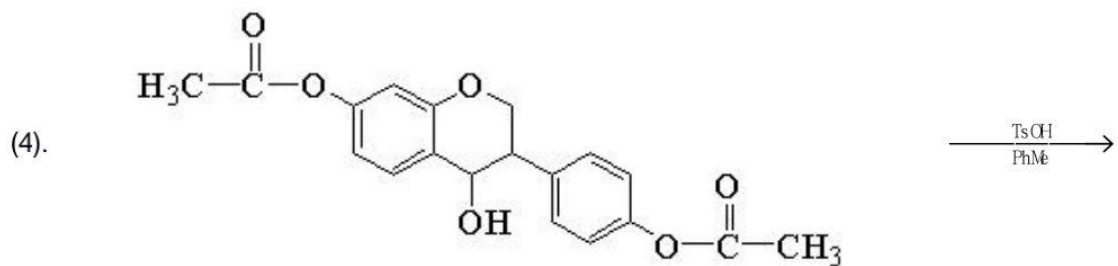
化学式可表示为  $\text{Zn}_x\text{Zr}_{1-x}\text{O}_y$ , 其中 Zn 元素为 +2 价, Zr 为 +4 价, O 元素为 -2 价, 根据化合物

化合价为 0 可知  $2x + 4 \times (1-x) = 2y$ , 解得  $y = 2-x$ , 故答案为:  $\frac{4 \times 91 + 8 \times 16}{a^2 c \times N_A \times 10^{-30}}$ ;  $2-x$ 。

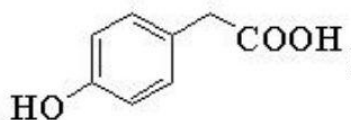
### 【化学—选修 5: 有机化学基础】

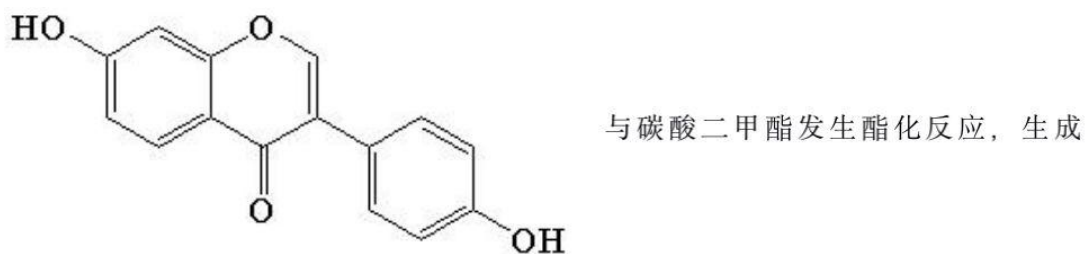
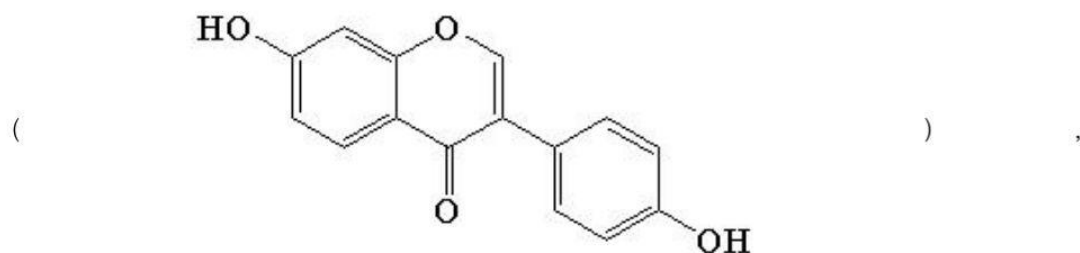
12.

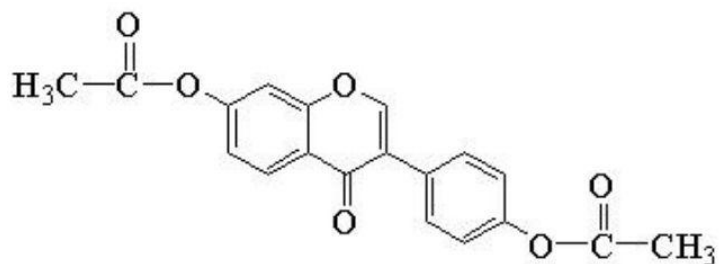
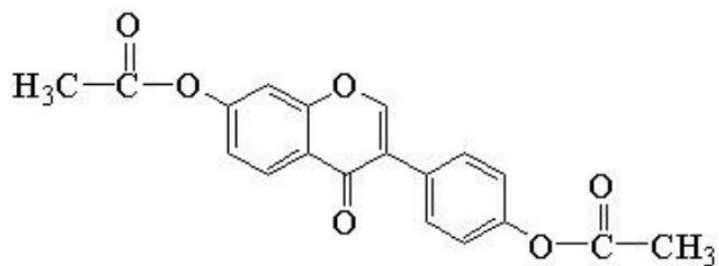
答案: (1). 间苯二酚 (或 1,3-苯二酚) (2). 2 (3). 酯基, 醚键, 酮基 (任写两种)



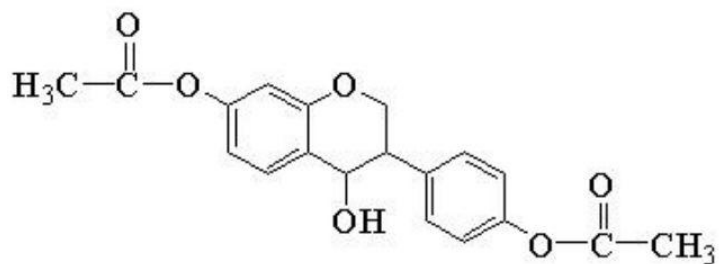
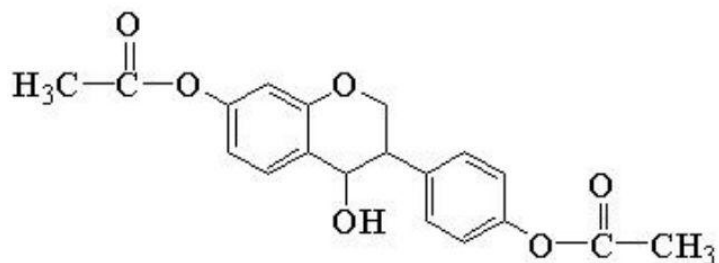
解析:

由合成路线图, 可知, A (间苯二酚) 和 B (  ) 反应生成 C





与氢气发生加成反应生成



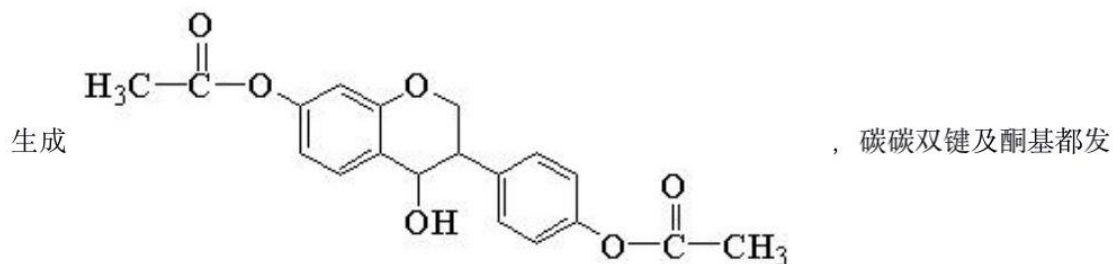
发生消去反应, 生成 F, F 先

氧化成环氧化合物 G, G 在酸催化下水与环氧化合物的加成反应, 然后发生酯的水解生成 H, 据此分析解答。

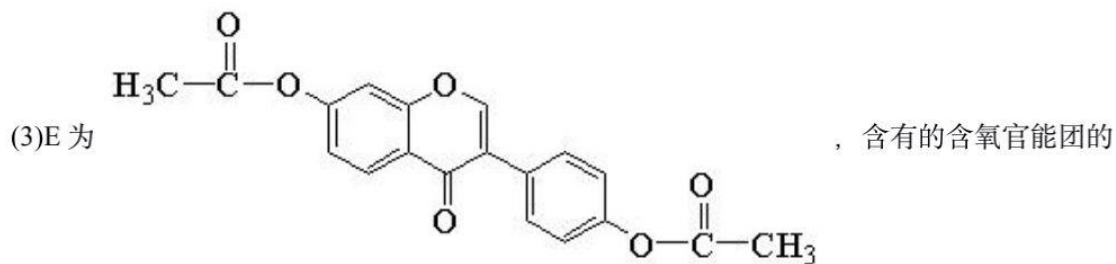
(1)A 为 Oc1cccc(O)c1, 化学名称为间苯二酚 (或 1,3-苯二酚), 故答案为: 间苯二酚

(或 1,3-苯二酚);

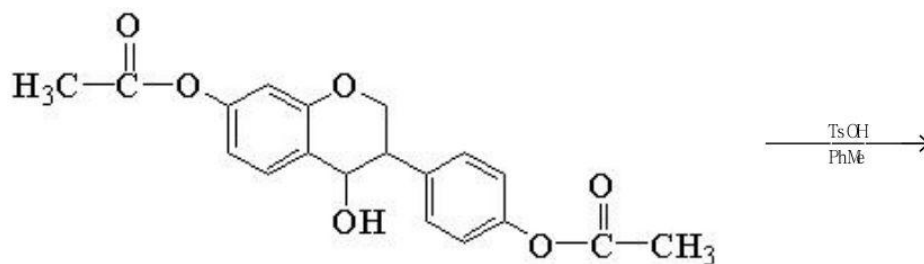
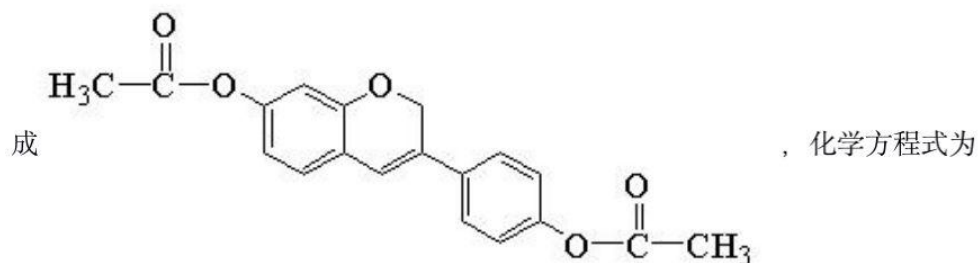
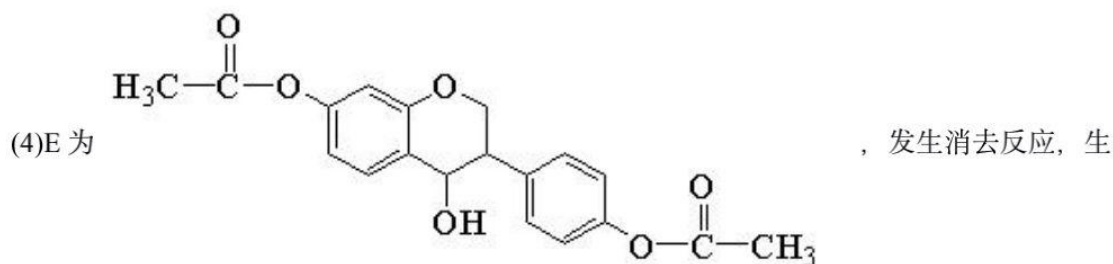
(2)D 为 CC(=O)Oc1ccc(cc1)C2=C(C(=O)OC(=O)C)OC(=O)c3ccc(OC(=O)C)cc32, 与氢气发生加成反应

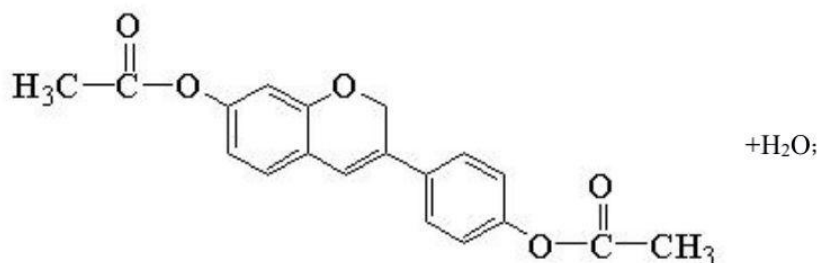
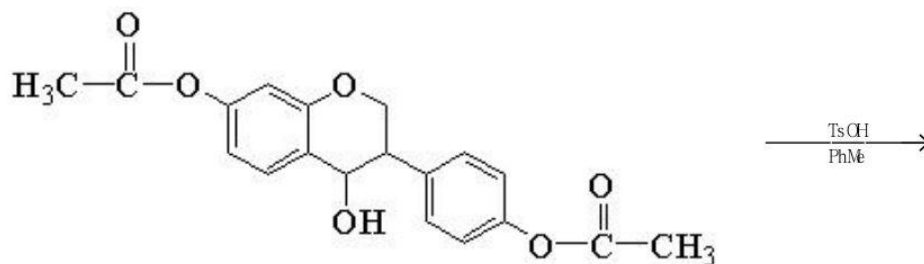
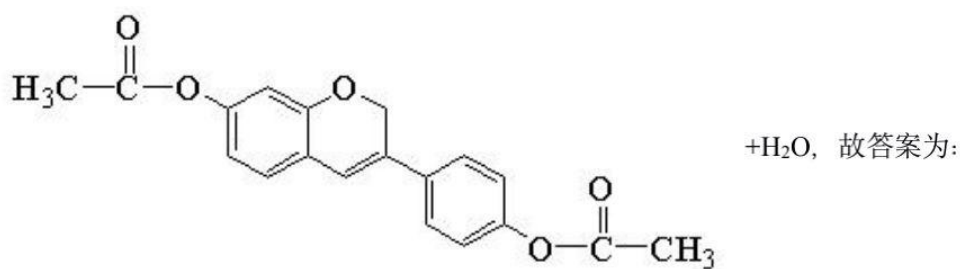


生了加成反应, 所以1mol D 反应生成 E 至少需要 2 mol 氢气, 故答案为: 2;

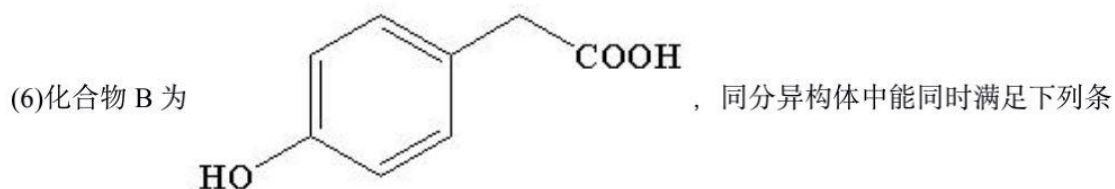


名称为酯基, 醚键, 酮基 (任写两种), 故答案为: 酯基, 醚键, 酮基 (任写两种);

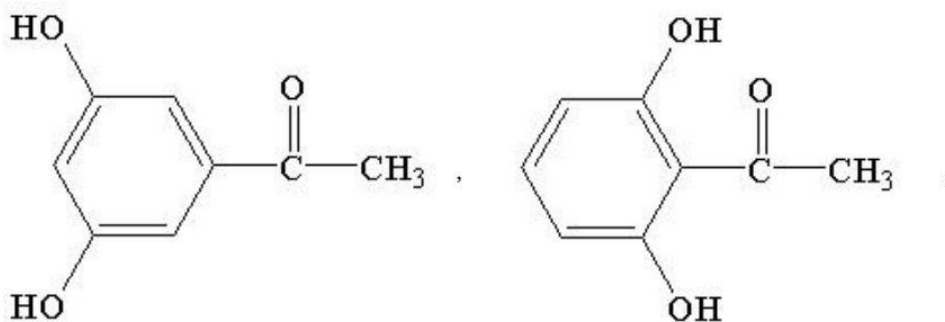


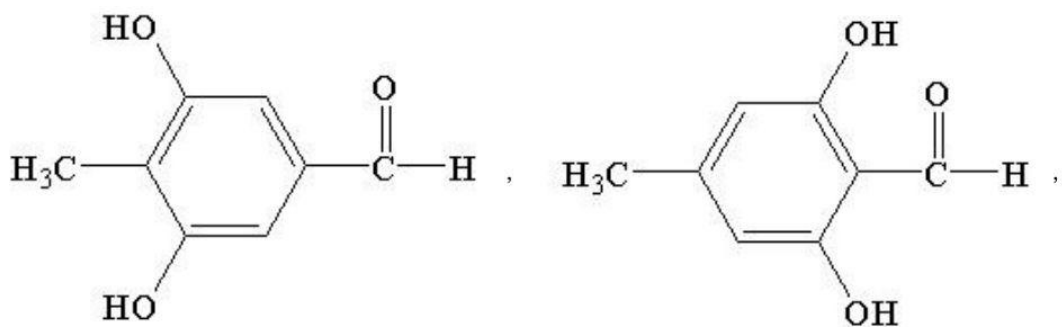


(5)由 G 生成 H 分两步进行: 反应 1)是在酸催化下水与环氧化合物的加成反应, 则反应 2)是将酯基水解生成羟基, 反应类型为取代反应, 故答案为: 取代反应;



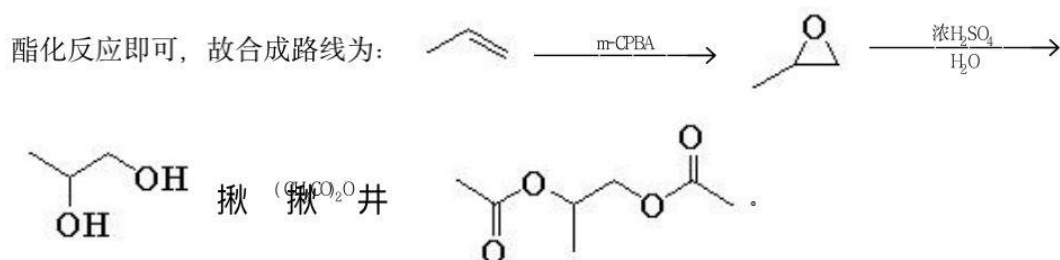
a.含苯环的醛、酮; b.不含过氧键(-O-O-); c.核磁共振氢谱显示四组峰, 且峰面积比为 3 : 2 : 2 : 1, 说明为醛或酮, 而且含有甲基, 根据要求可以写出:





故有 4 种，答案为：C；

(7)以丙烯为主要原料用不超过三步的反应设计合成下图有机物，可以将丙烯在 m-CPBA 的作用下生成环氧化合物，环氧化合物在酸催化下水发生加成反应，然后再与碳酸二甲酯发生



## 2021 年高考全国甲卷物理试题 答案解析

### 二、选择题：

1. D

**解析：**

设 PQ 的水平距离为  $L$ ，由运动学公式可知

$$\frac{L}{\cos\theta} = \frac{1}{2} g \sin\theta t^2$$

可得

$$t^2 = \frac{4L}{g \sin 2\theta}$$

可知  $\theta = 45^\circ$  时， $t$  有最小值，故当  $\theta$  从由  $30^\circ$  逐渐增大至  $60^\circ$  时下滑时间  $t$  先减小后增大。

故选 D。

2. C

**解析：**

纽扣在转动过程中

$$\omega = 2\pi n = 100\pi \text{ rad/s}$$



由向心加速度

$$a = \omega^2 r \approx 1000 \text{m/s}^2$$

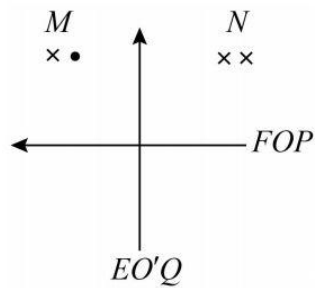
故选 C。

3. B

**解析:**

两直角导线可以等效为如图所示的两直导线，由安培定则可知，两直导线分别在  $M$  处的磁感应强度方向为垂直纸面向里、垂直纸面向外，故  $M$  处的磁感应强度为零；两直导线在  $N$  处的磁感应强度方向均垂直纸面向里，故  $M$  处的磁感应强度为  $2B$ ；综上分析 B 正确。

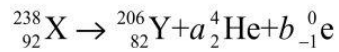
故选 B。



4. A

**解析:**

由图分析可知，核反应方程为



设经过  $a$  次  $\alpha$  衰变， $b$  次  $\beta$  衰变。由电荷数与质量数守恒可得

$$238 = 206 + 4a; \quad 92 = 82 + 2a - b$$

解得

$$a = 8, \quad b = 6$$

故放出 6 个电子。

故选 A。

5. C

**解析:**

忽略火星自转则

$$\frac{GMm}{R^2} = mg \quad \text{①}$$

可知

$$GM = gR^2$$

设与为  $1.8 \times 10^5 \text{s}$  的椭圆形停泊轨道周期相同的圆形轨道半径为  $r$ ，由万引力提供向心力可知

$$\frac{GMm}{r^2} = m \frac{4\pi^2}{T^2} r \quad \text{②}$$

设近火点到火星中心为

$$R_1 = R + d_1 \quad \text{③}$$

设远火点到火星中心为

$$R_2 = R + d_2 \quad \text{④}$$

由开普勒第三定律可知

$$\frac{r^3}{T^2} = \frac{\left(\frac{R_1 + R_2}{2}\right)^3}{T^2} \quad \text{⑤}$$

由以上分析可得

$$d_2 \approx 6 \times 10^7 \text{m}$$

故选 C。

6. BD

**解析：**

由图象可知

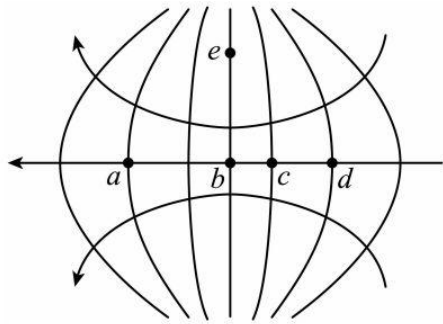
$$\varphi_a = 3\text{V}, \quad \varphi_d = 7\text{V}$$

根据电场力做功与电势能的变化关系有

$$W_{ad} = E_{pa} - E_{pd} = (\varphi_a - \varphi_d)(-e) = 4\text{eV}$$

B 正确；

由于电场线与等势面处处垂直，则可画出电场线分布如下图所示



由上图可看出， $b$  点电场线最密集，则  $b$  点处的场强最大，D 正确。

故选 BD。

### 7. BC

**解析：**

物体从斜面底端回到斜面底端根据动能定理有

$$-\mu mg \cdot 2l \cos \alpha = \frac{E_k}{5} - E_k$$

物体从斜面底端到斜面顶端根据动能定理有

$$-mgl \sin \alpha - \mu mgl \cos \alpha = 0 - E_k$$

整理得

$$l = \frac{E_k}{mg}; \quad \mu = 0.5$$

A 错误，C 正确；

物体向下滑动时的根据牛顿第二定律有

$$ma = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha$$

求解得出

$$a = \frac{g}{5}$$

B 正确；

故选 BC。

### 8. AB

**解析：**

设线圈到磁场的高度为  $h$ ，线圈的边长为  $l$ ，则线圈下边刚进入磁场时，有

$$v = \sqrt{2gh}$$

感应电动势为

$$E = nBlv$$

两线圈材料相等 (设密度为  $\rho_0$ )，质量相同 (设为  $m$ )，则

$$m = \rho_0 \times 4nl \times S$$

设材料的电阻率为  $\rho$ ，则线圈电阻

$$R = \rho \frac{4nl}{S} = \frac{16n^2 l^2 \rho \rho_0}{m}$$

感应电流为

$$I = \frac{E}{R} = \frac{mBv}{16nl\rho\rho_0}$$

安培力为

$$F = nBIl = \frac{mB^2v}{16\rho\rho_0}$$

由牛顿第二定律有

$$mg - F = ma$$

联立解得

$$a = g - \frac{F}{m} = g - \frac{B^2v}{16\rho\rho_0}$$

加速度和线圈的匝数、横截面积无关，则甲和乙进入磁场时，具有相同的加速度。当

$g > \frac{B^2v}{16\rho\rho_0}$  时，甲和乙都加速运动，当  $g < \frac{B^2v}{16\rho\rho_0}$  时，甲和乙都减速运动，当  $g = \frac{B^2v}{16\rho\rho_0}$

时都匀速。

故选 AB。

### 三、非选择题：

#### (一) 必考题

9.

**答案：** (1). 0.43 (2). 0.32

**解析：**

[1]根据逐差法有

$$a = \frac{(s_5 + s_4) - (s_2 + s_1)}{(2\Delta T)^2}$$

代入数据可得小铜块沿斜面下滑的加速度大小

$$a \approx 0.43\text{m/s}^2$$

[2]对小铜块受力分析根据牛顿第二定律有

$$mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha = ma$$

代入数据解得

$$\mu \approx 0.32$$

10.

**答案:** (1). 10 (2).  $a$  (3). 0.7 (4). 2700 (5). 增大 (6). 0.074 (7). 10

**解析:**

(1) [1]因为小灯泡额定电压 2.5V，电动势 6V，则滑动滑动变阻器时，为了保证电路安全，需要定值电阻分担的电压

$$U = 6\text{V} - 2.5\text{V} = 3.5\text{V}$$

则有

$$R_0 = \frac{3.5\text{V}}{0.3\text{A}} \approx 11.7\Omega$$

则需要描绘小灯泡在 0~300mA 的伏安特性曲线，即  $R_0$  应选取阻值为 10  $\Omega$ ；

(2) [2]为了保护电路，滑动变阻器的滑片应置于变阻器的  $a$  端；

(3) [3]由图可知当流过电流表的电流为 10mA 时，电压为 7mV，则小灯泡的电阻为

$$R = \frac{7 \times 10^{-3}}{10 \times 10^{-3}} \Omega = 0.7\Omega$$

(4) [4]由题知电压表满量程时对应于小灯泡两端的电压为 3V 时，有

$$\frac{3}{R_2 + R_V} = \frac{0.3}{R_V}$$

解得

$$R_2 = 2700\Omega$$

(5) [5]由图 (b) 和表格可知流过小灯泡电流增加，图像中  $\frac{U}{I}$  变大，则灯丝的电阻增大；

(6) [6]根据表格可知当电流为 160mA 时, 电压表的示数为 0.46V, 根据 (4) 的分析可知此时小灯泡两端电压为 0.46V, 则此时小灯泡电功率

$$W_1=0.46\text{V}\times 0.16\text{A}\approx 0.074\text{W}$$

[7]同理可知当流过电流表的电流为 300mA 时, 小灯泡两端电压为 2.5V, 此时小灯泡电功率

$$W_2=2.5\text{V}\times 0.3\text{A}=0.75\text{W}$$

故有

$$\frac{W_2}{W_1}=\frac{0.75}{0.074}=10$$

11.

**答案:** (1)  $mgd \sin \theta$ ; (2)  $\frac{mg(L+29d)\sin \theta - \mu mgs}{30}$ ; (3)  $L > d + \frac{\mu s}{\sin \theta}$

**解析:**

(1) 由题意可知小车在光滑斜面上滑行时根据牛顿第二定律有

$$mg \sin \theta = ma$$

设小车通过第 30 个减速带后速度为  $v_1$ , 到达第 31 个减速带时的速度为  $v_2$ , 则有

$$v_2^2 - v_1^2 = 2ad$$

因为小车通过第 30 个减速带后, 在相邻减速带间的平均速度均相同, 故后面过减速带后的速度与到达下一个减速带均为  $v_1$  和  $v_2$ ; 经过每一个减速带时损失的机械能为

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

联立以上各式解得

$$\Delta E = mgd \sin \theta$$

(2) 由 (1) 知小车通过第 50 个减速带后的速度为  $v_1$ , 则在水平地面上根据动能定理有

$$-\mu mgs = 0 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

从小车开始下滑到通过第 30 个减速带, 根据动能定理有

$$mg(L+29d)\sin \theta - \Delta E_{\text{总}} = \frac{1}{2}mv_1^2$$

联立解得

$$\Delta E_{\text{总}} = mg(L+29d)\sin \theta - \mu mgs$$

故在每一个减速带上平均损失的机械能为

$$\Delta E' = \frac{\Delta E_{\text{总}}}{30} = \frac{mg(L + 29d)\sin\theta - \mu mgs}{30}$$

(3) 由题意可知

$$\Delta E' > \Delta E$$

可得

$$L > d + \frac{\mu s}{\sin\theta}$$

12.

**答案:** (1)  $\frac{\sqrt{13}mv_0^2}{6qE}$  ; (2)  $\frac{2mv_0}{(3+\sqrt{3})ql} \leq B \leq \frac{2mv_0}{ql}$  ; (3) 粒子运动轨迹见解析,  $\frac{39-10\sqrt{3}}{44}l$

**解析:**

(1) 带电粒子在匀强电场中做类平抛运动, 由类平抛运动规律可知

$$x = v_0 t \quad \text{①}$$

$$y = \frac{1}{2}at^2 = \frac{qEt^2}{2m} \quad \text{②}$$

粒子射入磁场时的速度方向与  $PQ$  的夹角为  $60^\circ$ , 有

$$\tan 30^\circ = \frac{v_y}{v_x} = \frac{at}{v_0} \quad \text{③}$$

粒子发射位置到  $P$  点的距离

$$s = \sqrt{x^2 + y^2} \quad \text{④}$$

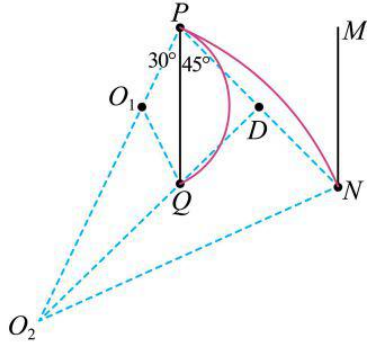
由①②③④式得

$$s = \frac{\sqrt{13}mv_0^2}{6qE} \quad \text{⑤}$$

(2) 带电粒子在磁场运动在速度

$$v = \frac{v_0}{\cos 30^\circ} = \frac{2\sqrt{3}v_0}{3} \quad \text{⑥}$$

带电粒子在磁场中运动两个临界轨迹 (分别从  $Q$ 、 $N$  点射出) 如图所示



由几何关系可知，最小半径

$$r_{\min} = \frac{\frac{l}{2}}{\cos 30^\circ} = \frac{\sqrt{3}}{3}l \quad (7)$$

最大半径

$$r_{\max} = \frac{\frac{\sqrt{2}}{2}l}{\cos 75^\circ} = (\sqrt{3} + 1)l \quad (8)$$

带电粒子在磁场中做圆周运动的向心力由洛伦兹力提供，由向心力公式可知

$$qvB = \frac{mv^2}{r} \quad (9)$$

由⑥⑦⑧⑨解得，磁感应强度大小的取值范围

$$\frac{2mv_0}{(3 + \sqrt{3})ql} \leq B \leq \frac{2mv_0}{ql}$$

(3) 若粒子正好从 QN 的中点射出磁场时，带电粒子运动轨迹如图所示。

由几何关系可知

$$\sin \theta = \frac{\frac{l}{2}}{\frac{\sqrt{5}}{2}l} = \frac{\sqrt{5}}{5} \quad (10)$$

带电粒子的运动半径为

$$r_3 = \frac{\frac{\sqrt{5}}{4}l}{\cos(30^\circ + \theta)} \quad (11)$$

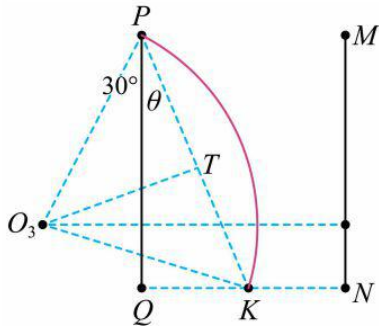
粒子在磁场中的轨迹与挡板 MN 的最近距离

$$d_{\min} = (r_3 \sin 30^\circ + l) - r_3 \quad (12)$$



由⑩⑪⑫式解得

$$d = \frac{39 - 10\sqrt{3}}{44} l \quad \text{⑬}$$



(二) 选考题:

[物理——选修 3-3]

13.

**答案:** (1). 1 (2).  $\frac{V_2}{V_1}$

**解析:**

[1]根据盖吕萨克定律有

$$\frac{V}{t + 273} = k$$

整理得

$$V = kt + 273k$$

由于体积-温度 ( $V-t$ ) 图像可知, 直线 I 为等压线, 则  $a$ 、 $b$  两点压强相等, 则有

$$\frac{p_a}{p_b} = 1$$

[2]设  $t = 0^\circ\text{C}$  时, 当气体体积为  $V_1$  其压强为  $p_1$ , 当气体体积为  $V_2$  其压强为  $p_2$ , 根据等温变化, 则有

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

由于直线 I 和 II 各为两条等压线, 则有

$$p_1 = p_b, \quad p_2 = p_c$$

联立解得

$$\frac{p_b}{p_c} = \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

14.

**答案:** (i)  $V_A = 0.4V$ ,  $p_B = 2p_0$ ; (ii)  $V_A' = (\sqrt{5}-1)V$ ,  $p_B' = \frac{3+\sqrt{5}}{4}p_0$

**解析:**

(i) 对 B 气体分析, 等温变化, 根据波意耳定律有

$$p_0V = p_B \frac{1}{2}V$$

解得

$$p_B = 2p_0$$

对 A 气体分析, 根据波意耳定律有

$$p_0V = p_A V_A$$

$$p_A = p_B + 0.5p_0$$

联立解得

$$V_A = 0.4V$$

(ii) 再使活塞向左缓慢回到初始位置, 假设隔板不动, 则 A 的体积为  $\frac{3}{2}V$ , 由波意耳定律可得

$$p_0V = p' \times \frac{3}{2}V_0$$

则 A 此情况下的压强为

$$p' = \frac{2}{3}p_0 < p_B - 0.5p_0$$

则隔板一定会向左运动, 设稳定后气体 A 的体积为  $V_A'$ 、压强为  $p_A'$ , 气体 B 的体积为  $V_B'$ 、

压强为  $p_B'$ , 根据等温变化有

$$p_0V = p_A' V_A', \quad p_0V = p_B' V_B'$$

$$V_A' + V_B' = 2V, \quad p_A' = p_B' - 0.5p_0$$

联立解得

$$p_B' = \frac{3-\sqrt{5}}{4}p_0 \quad (\text{舍去}), \quad p_B' = \frac{3+\sqrt{5}}{4}p_0$$

$$V_A' = (\sqrt{5} - 1)V$$

[物理——选修 3-4]

15.

**答案:** (1).  $2 \times 10^8$  (2).  $5 \times 10^{-10}$  (3).  $3\sqrt{5} \times 10^{-10}$

**解析:**

[1] 该单色光在玻璃板内传播的速度为

$$v = \frac{c}{n} = \frac{3 \times 10^8}{1.5} \text{ m/s} = 2 \times 10^8 \text{ m/s}$$

[2] 当光垂直玻璃板射入时, 光不发生偏折, 该单色光通过玻璃板所用时间最短, 最短时间

$$t_1 = \frac{d}{v} = \frac{0.1}{2 \times 10^8} \text{ s} = 5 \times 10^{-10} \text{ s}$$

[3] 当光的入射角是  $90^\circ$  时, 该单色光通过玻璃板所用时间最长。由折射定律可知

$$n = \frac{\sin 90^\circ}{\sin \theta}$$

最长时间

$$t_2 = \frac{d}{v \cos \theta} = \frac{d}{v \sqrt{1 - \sin^2 \theta}} = 3\sqrt{5} \times 10^{-10} \text{ s}$$

16.

**答案:** (i) 0.8s; (ii) -0.5cm

**解析:**

(i) 因为波长大于 20cm, 所以波的周期

$$T = \frac{\lambda}{v} > 1.0\text{s}$$

由题可知, 波的周期是

$$T = 2\Delta t = 1.2\text{s}$$

波的波长

$$\lambda = vT = 24\text{cm}$$

在  $t_1$  时刻 ( $t_1 > 0$ ), 质点 A 位于波峰。因为 AB 距离小于一个波长, B 到波峰最快也是 A 的波峰传过去, 所以从  $t_1$  时刻开始, 质点 B 运动到波峰所需要的最少时间

$$t_1 = \frac{x_{AB}}{v} = 0.8\text{s}$$

---

(ii) 在  $t_1$  时刻 ( $t_1 > 0$ ), 由题意可知, 此时图象的函数是

$$y = \cos \frac{\pi}{12} x (\text{cm})$$

$t_1$  时刻质点 B 偏离平衡位置的位移

$$y_B = \cos \frac{\pi}{12} x_B (\text{cm}) = -0.5 \text{cm}$$