

2021 年普通高等学校招生全国统一考试（甲卷）

理科综合能力测试·生物部分

一、选择题

1. 已知①酶、②抗体、③激素、④糖原、⑤脂肪、⑥核酸都是人体内有重要作用的物质。

下列说法正确的是（ ）

A. ①②③都是由氨基酸通过肽键连接而成的

B. ③④⑤都是生物大分子，都以碳链为骨架

C. ①②⑥都是由含氮的单体连接成的多聚体

D. ④⑤⑥都是人体细胞内的主要能源物质

2. 某同学将酵母菌接种在马铃薯培养液中进行实验，不可能得到的结果是（ ）

A. 该菌在有氧条件下能够繁殖

B. 该菌在无氧呼吸的过程中无丙酮酸产生

C. 该菌在无氧条件下能够产生乙醇

D. 该菌在有氧和无氧条件下都能产生 CO_2

3. 生长素具有促进植物生长等多种生理功能。下列与生长素有关的叙述，错误的是（ ）

A. 植物生长 “顶端优势” 现象可以通过去除顶芽而解除

B. 顶芽产生的生长素可以运到侧芽附近从而抑制侧芽生长

C. 生长素可以调节植物体内某些基因的表达从而影响植物生长

D. 在促进根、茎两种器官生长时，茎是对生长素更敏感的器官

4. 人体下丘脑具有内分泌功能，也是一些调节中枢的所在部位。下列有关下丘脑的叙述，

错误的是（ ）

A. 下丘脑能感受细胞外液渗透压的变化

B. 下丘脑能分泌抗利尿激素和促甲状腺激素

C. 下丘脑参与水盐平衡的调节：下丘脑有水平衡调节中枢

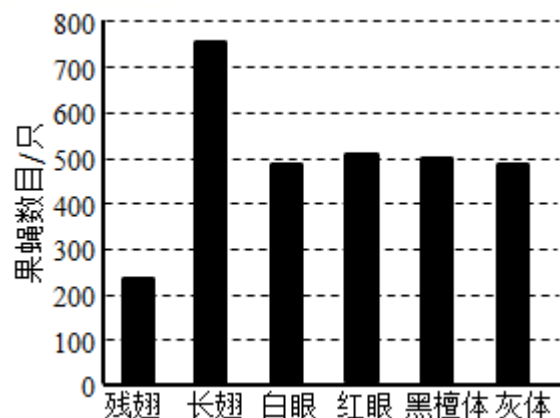
D. 下丘脑能感受体温的变化；下丘脑有体温调节中枢

5. 果蝇的翅型、眼色和体色 3 个性状由 3 对独立遗传的基因控制，且控制眼色的基因位于 X

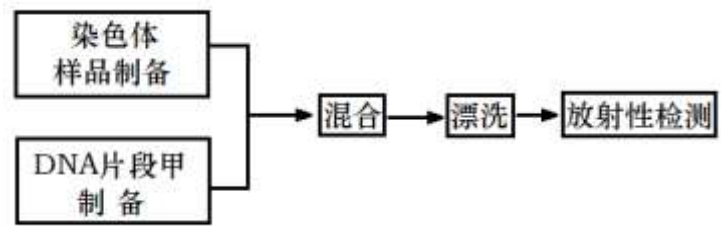
染色体上。让一群基因型相同的果蝇（果蝇 M）与另一群基因型相同的果蝇（果蝇 N）作

为亲本进行杂交，分别统计子代果蝇不同性状的个体数量，结果如图所示。已知果蝇 N 表

现为显性性状灰体红眼。下列推断错误的是（ ）



- A. 果蝇 M 为红眼杂合体雌蝇
 - B. 果蝇 M 体色表现 黑檀体
 - C. 果蝇 N 灰体红眼杂合体
 - D. 亲本果蝇均为长翅杂合体
6. 群落是一个不断发展变化的动态系统。下列关于发生在裸岩和弃耕农田上的群落演替的说法，错误的是（ ）
- A. 人为因素或自然因素的干扰可以改变植物群落演替的方向
 - B. 发生在裸岩和弃耕农田上的演替分别为初生演替和次生演替
 - C. 发生在裸岩和弃耕农田上的演替都要经历苔藓阶段、草本阶段
 - D. 在演替过程中，群落通常是向结构复杂、稳定性强的方向发展
7. 植物的根细胞可以通过不同方式吸收外界溶液中的 K^+ 。回答下列问题：
- (1) 细胞外的 K^+ 可以跨膜进入植物的根细胞。细胞膜和核膜等共同构成了细胞的生物膜系统，生物膜的结构特点是_____。
 - (2) 细胞外的 K^+ 能够通过离子通道进入植物的根细胞。离子通道是由_____复合物构成的，其运输的特点是_____（答出 1 点即可）。
 - (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。在有呼吸抑制剂的条件下，根细胞对 K^+ 的吸收速率降低，原因是_____。
8. 用一段由放射性同位素标记的 DNA 片段可以确定基因在染色体上的位置。某研究人员使用放射性同位素 ^{32}P 标记的脱氧腺苷三磷酸(dATP, $dA-P_{\alpha}\sim P_{\beta}\sim P_{\gamma}$)等材料制备了 DNA 片段甲（单链），对 W 基因在染色体上的位置进行了研究，实验流程的示意图如下。



回答下列问题：

(1) 该研究人员在制备 ^{32}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 ^{32}P ，原因是_____。

(2) 该研究人员以细胞为材料制备了染色体样品，在混合操作之前去除了样品中的 RNA 分子，去除 RNA 分子的目的是_____。

(3) 为了使片段甲能够通过碱基互补配对与染色体样品中的 W 基因结合，需要通过某种处理使样品中的染色体 DNA_____。

(4) 该研究人员在完成上述实验的基础上，又对动物细胞内某基因的 mRNA 进行了检测，在实验过程中用某种酶去除了样品中的 DNA，这种酶是_____。

9. 捕食是一种生物以另一种生物为食的现象，能量在生态系统中是沿食物链流动的。回答下列问题：

(1) 在自然界中，捕食者一般不会将所有的猎物都吃掉，这一现象对捕食者的意义是_____（答出 1 点即可）。

(2) 青草→羊→狼是一条食物链。根据林德曼对能量流动研究的成果分析，这条食物链上能量流动的特点是_____。

(3) 森林、草原、湖泊、海洋等生态系统是常见的生态系统，林德曼关于生态系统能量流动特点的研究成果是以_____生态系统为研究对象得出的。

10. 植物的性状有的由 1 对基因控制，有的由多对基因控制。一种二倍体甜瓜的叶形有缺刻叶和全缘叶，果皮有齿皮和网皮。为了研究叶形和果皮这两个性状的遗传特点，某小组用基因型不同的甲乙丙丁 4 种甜瓜种子进行实验，其中甲和丙种植后均表现为缺刻叶网皮。杂交实验及结果见下表（实验②中 F_1 自交得 F_2 ）。

实验	亲本	F_1	F_2
①	甲×乙	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	/

②	丙×丁	缺刻叶齿皮	9/16 缺刻叶齿皮，3/16 缺刻叶网皮 3/16 全缘叶齿皮，1/16 全缘叶网皮
---	-----	-------	--

回答下列问题：

(1) 根据实验①可判断这 2 对相对性状的遗传均符合分离定律，判断的依据是_____。根据实验②，可判断这 2 对相对性状中的显性性状是_____。

(2) 甲乙丙丁中属于杂合体 是_____。

(3) 实验②的 F₂ 中纯合体所占的比例为_____。

(4) 假如实验②的 F₂ 中缺刻叶齿皮：缺刻叶网皮：全缘叶齿皮：全缘叶网皮不是 9：3：3：1，而是 45：15：3：1，则叶形和果皮这两个性状中由 1 对等位基因控制的是_____，判断的依据是_____。

【生物——选修 1：生物技术实践】

11. 加酶洗衣粉是指含有酶制剂的洗衣粉。某同学通过实验比较了几种洗衣粉的去渍效果（“+”越多表示去渍效果越好），实验结果见下表。

	加酶洗衣粉 A	加酶洗衣粉 B	加酶洗衣粉 C	无酶洗衣粉(对照)
血渍	+++	+	+++	+
油渍	+	+++	+++	+

根据实验结果回答下列问题：

(1) 加酶洗衣粉 A 中添加的酶是_____；加酶洗衣粉 B 中添加的酶是_____；加酶洗衣粉 C 中添加的酶是_____。

(2) 表中不宜用于洗涤蚕丝织物的洗衣粉有_____，原因是_____。

(3) 相对于无酶洗衣粉，加酶洗衣粉去渍效果好 原因是_____。

(4) 关于酶的应用，除上面提到的加酶洗衣粉外，固定化酶也在生产实践中得到应用，如固定化葡萄糖异构酶已经用于高果糖浆生产。固定化酶技术是指_____。固定化酶在生产实践中应用的优点是_____（答出 1 点即可）。

【生物——选修 3：现代生物科技专题】

12. PCR 技术可用于临床的病原菌检测。为检测病人是否感染了某种病原菌，医生进行了相关操作：①分析 PCR 扩增结果；②从病人组织样本中提取 DNA；③利用 PCR 扩增 DNA 片

段；④采集病人组织样本。回答下列问题：

- (1) 若要得到正确的检测结果，正确的操作顺序应该是_____（用数字序号表示）。
- (2) 操作③中使用的酶是_____。PCR 反应中的每次循环可分为变性、复性、_____三步，其中复性的结果是_____。
- (3) 为了做出正确的诊断，PCR 反应所用的引物应该能与_____ 特异性结合。
- (4) PCR（多聚酶链式反应）技术是指_____。该技术目前被广泛地应用于疾病诊断等方面。

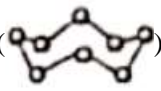
2021 年高考真题——化学（全国甲卷）

一、选择题

1. 化学与人体健康及环境保护息息相关。下列叙述正确的是

- A. 食品加工时不可添加任何防腐剂
- B. 掩埋废旧电池不会造成环境污染
- C. 天然气不完全燃烧会产生有毒气体
- D. 使用含磷洗涤剂不会造成水体污染

2. N_A 为阿伏加德罗常数的值。下列叙述正确的是

- A. 18g 重水(D_2O)中含有的质子数为 $10N_A$
- B. 3mol 的 NO_2 与 H_2O 完全反应时转移的电子数为 $4N_A$
- C. 32g 环状 S_8 () 分子中含有的 S-S 键数为 $1N_A$
- D. 1L pH=4 的 $0.1mol \cdot L^{-1} K_2Cr_2O_7$ 溶液中 $Cr_2O_7^{2-}$ 离子数为 $0.1N_A$

3. 实验室制备下列气体的方法可行的是

	气体	方法
A	氨气	加热氯化铵固体
B	二氧化氮	将铝片加到冷浓硝酸中
C	硫化氢	向硫化钠固体滴加浓硫酸
D	氧气	加热氯酸钾和二氧化锰的混合物

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

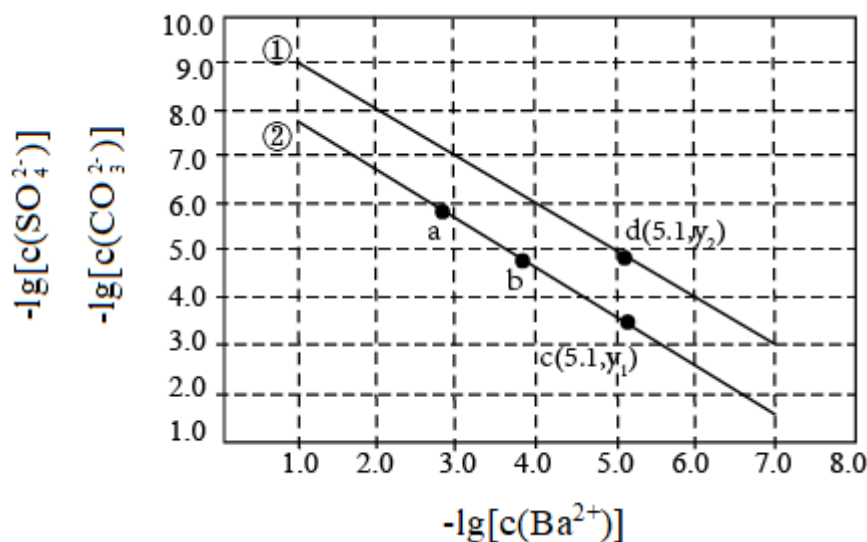
4. 下列叙述正确的是

- A. 甲醇既可发生取代反应也可发生加成反应
B. 用饱和碳酸氢钠溶液可以鉴别乙酸和乙醇
C. 烷烃的沸点高低仅取决于碳原子数的多少
D. 戊二烯与环戊烷互为同分异构体

5. 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。W和X的单质常温下均为气体。下列叙述正确的是

- A. 原子半径： $Z > Y > X > W$
B. W与X只能形成一种化合物
C. Y的氧化物为碱性氧化物，不与强碱反应
D. W、X和Z可形成既含有离子键又含有共价键的化合物

6. 已知相同温度下， $K_{sp}(\text{BaSO}_4) < K_{sp}(\text{BaCO}_3)$ 。某温度下，饱和溶液中 $-\lg[c(\text{SO}_4^{2-})]$ 、 $-\lg[c(\text{CO}_3^{2-})]$ 、与 $-\lg[c(\text{Ba}^{2+})]$ 的关系如图所示。



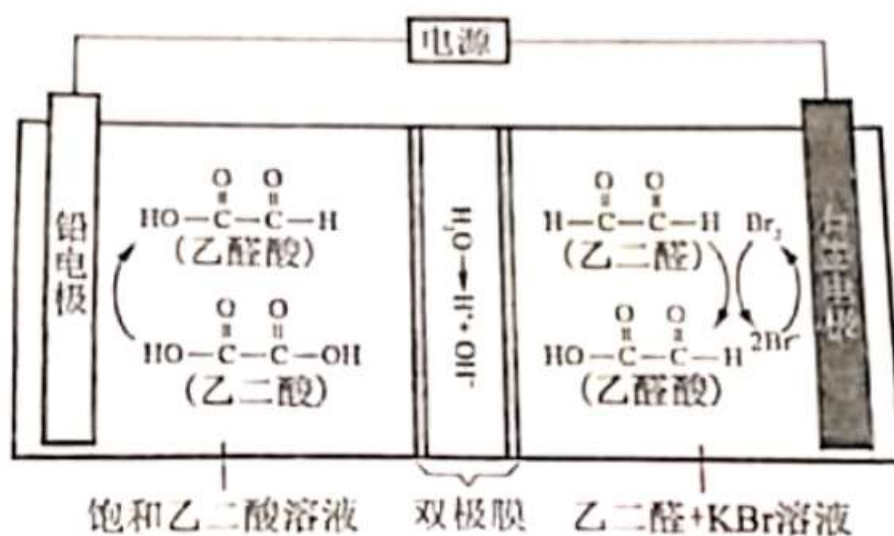
下列说法正确的是

- A. 曲线①代表 BaCO_3 的沉淀溶解曲线
B. 该温度下 BaSO_4 的 $K_{sp}(\text{BaSO}_4)$ 值为 1.0×10^{-10}

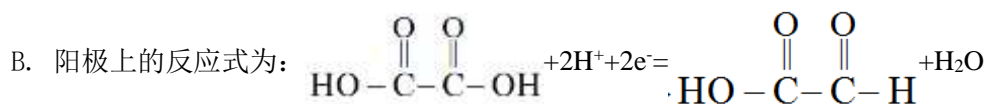
C 加适量 BaCl_2 固体可使溶液由 a 点变到 b 点

D. $c(\text{Ba}^{2+})=10^{-5.1}$ 时两溶液中 $\frac{c(\text{SO}_4^{2-})}{c(\text{CO}_3^{2-})}=10^{y_2-y_1}$

7. 乙醛酸是一种重要的化工中间体，可用如下图所示的电化学装置合成。图中的双极膜中间层中的 H_2O 解离为 H^+ 和 OH^- ，并在直流电场作用下分别向两极迁移。下列说法正确的是



A. KBr 在上述电化学合成过程中只起电解质的作用



C. 制得 2mol 乙醛酸，理论上外电路中迁移了 1mol 电子

D. 双极膜中间层中的 H^+ 在外电场作用下向铅电极方向迁移

二、非选择题

8. 碘(紫黑色固体，微溶于水)及其化合物广泛用于医药、染料等方面。回答下列问题：

(1) I_2 的一种制备方法如下图所示：



①加入 Fe 粉进行转化反应 离子方程式为_____，生成的沉淀与硝酸反应，生成_____后可循环使用。

②通入 Cl_2 过程中，若氧化产物只有一种，反应的化学方程式为_____；若反应物用量比 $n(\text{Cl}_2)/n(\text{FeI}_2)=1.5$ 时，氧化产物为_____；当 $n(\text{Cl}_2)/n(\text{FeI}_2)>1.5$ ，单质碘的收率会降低，原因是_____。

(2)以 NaIO_3 为原料制备 I_2 的方法是：先向 NaIO_3 溶液中加入计量的 NaHSO_3 ，生成碘化物；再向混合溶液中加入 NaIO_3 溶液，反应得到 I_2 ，上述制备 I_2 的总反应的离子方程式为_____。

(3) KI 溶液和 CuSO_4 溶液混合可生成 CuI 沉淀和 I_2 ，若生成 1mol I_2 ，消耗的 KI 至少为_____ mol 。 I_2 在 KI 溶液中可发生反应 $\text{I}_2 + \text{I}^- \rightleftharpoons \text{I}_3^-$ 。实验室中使用过量的 KI 与 CuSO_4 溶液反应后，过滤，滤液经水蒸气蒸馏可制得高纯碘。反应中加入过量 KI 的原因是_____。

9. 胆矾($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)易溶于水，难溶于乙醇。某小组用工业废铜焙烧得到 CuO (杂质为氧化铁及泥沙)为原料与稀硫酸反应制备胆矾，并测定其结晶水的含量。回答下列问题：

(1)制备胆矾时，用到 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_____ (填标号)。

A.烧杯 B.容量瓶 C.蒸发皿 D.移液管

(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_____，与直接用废铜和浓硫酸反应相比，该方法的优点是_____。

(3)待 CuO 完全反应后停止加热，边搅拌边加入适量 H_2O_2 ，冷却后用 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 调 pH 为 $3.5 \sim 4$ ，再煮沸 10min ，冷却后过滤。滤液经如下实验操作：加热蒸发、冷却结晶、_____、乙醇洗涤、_____，得到胆矾。其中，控制溶液 pH 为 $3.5 \sim 4$ 的目的是_____，煮沸 10min 的作用是_____。

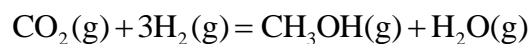
(4)结晶水测定：称量干燥坩埚的质量为 m_1 ，加入胆矾后总质量为 m_2 ，将坩埚加热至胆矾全部变为白色，置于干燥器中冷至室温后称量，重复上述操作，最终总质量恒定为 m_3 。根据实验数据，胆矾分子中结晶水的个数为_____ (写表达式)。

(5)下列操作中，会导致结晶水数目测定值偏高的是_____ (填标号)。

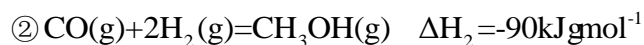
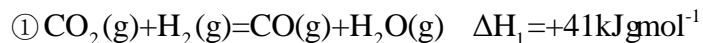
①胆矾未充分干燥 ②坩埚未置于干燥器中冷却 ③加热时有少胆矾迸溅出来

10. 二氧化碳催化加氢制甲醇，有利于减少温室气体二氧化碳。回答下列问题：

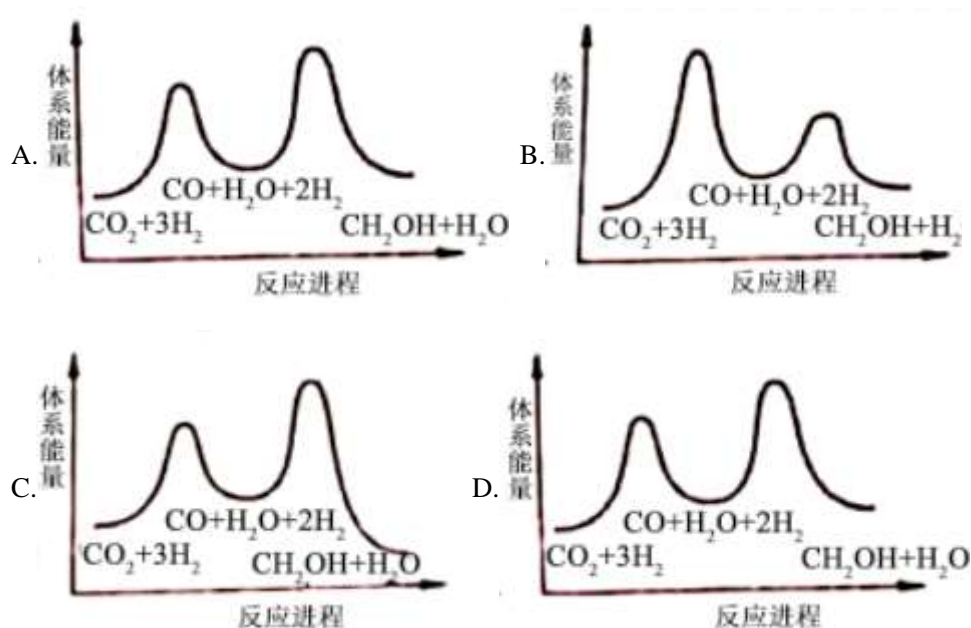
(1) 二氧化碳加氢制甲醇的总反应可表示为：



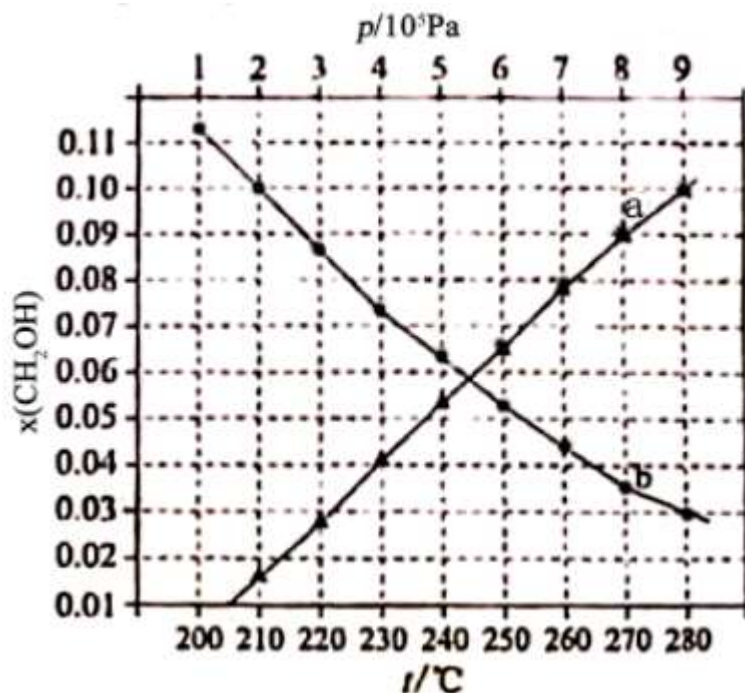
该反应一般认为通过如下步骤来实现：



总反应的 $\Delta H = \underline{\hspace{2cm}} \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ；若反应①为慢反应，下列示意图中能体现上述反应能量变化的是 (填标号)，判断的理由是 。



(2) 合成总反应在起始物 $n(\text{H}_2)/n(\text{CO}_2)=3$ 时，在不同条件下达到平衡，设体系中甲醇的物质的量分数为 $x(\text{CH}_3\text{OH})$ ，在 $t=250\text{ }^\circ\text{C}$ 下的 $x(\text{CH}_3\text{OH}) \sim p$ 、在 $p=5 \times 10^5 \text{ Pa}$ 下的 $x(\text{CH}_3\text{OH}) \sim t$ 如图所示。



①用各物质的平衡分压表示总反应的平衡常数，表达式 $K_p =$ _____；

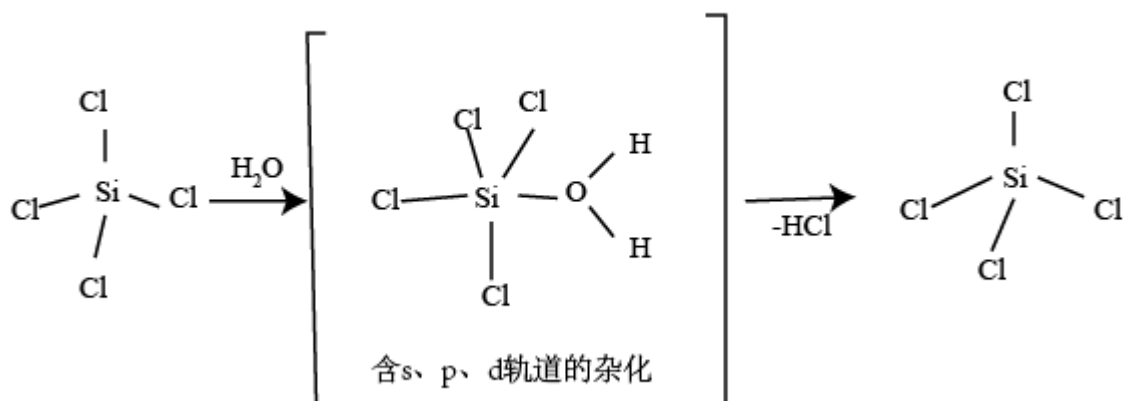
②图中对应等压过程的曲线是_____，判断的理由是_____；

③当 $x(\text{CH}_3\text{OH}) = 0.10$ 时， CO_2 的平衡转化率 $\alpha =$ _____，反应条件可能为_____或_____。

【化学—选修 3：物质结构与性质】

11. 我国科学家研发的全球首套千吨级太阳能燃料合成项目被形象地称为“液态阳光”计划。该项目通过太阳能发电电解水制氢，再采用高选择性催化剂将二氧化碳加氢合成甲醇。回答下列问题：

(1) 太阳能电池板主要材料为单晶硅或多晶硅。 Si 的价电子层的电子排式为_____；单晶硅的晶体类型为_____。 SiCl_4 是生产高纯硅的前驱体，其中 Si 采取的杂化类型为_____。 SiCl_4 可发生水解反应，机理如下：

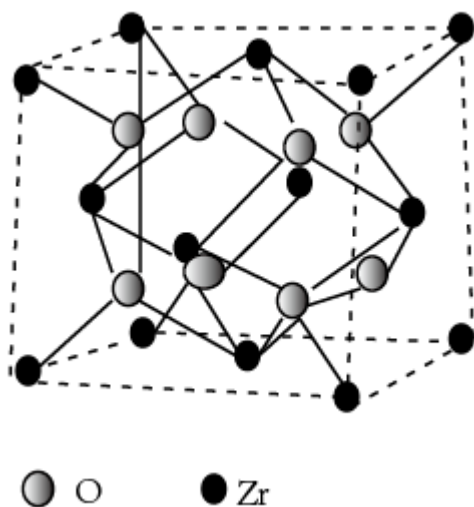


含 s、p、d 轨道的杂化类型有：① dsp^2 、② sp^3d 、③ sp^3d^2 ，中间体 $SiCl_4(H_2O)$ 中 Si 采取的杂化类型为_____（填标号）。

（2） CO_2 分子中存在_____个 σ 键和_____个 π 键。

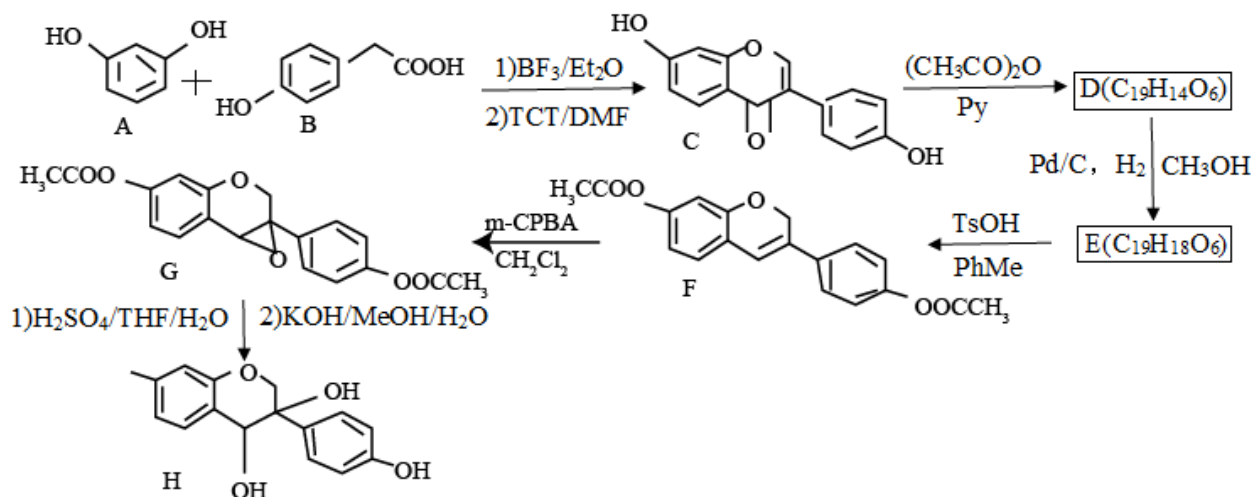
（3）甲醇的沸点 ($64.7^\circ C$) 介于水 ($100^\circ C$) 和甲硫醇 (CH_3SH , $7.6^\circ C$) 之间，其原因是_____。

（4）我国科学家发明了高选择性的二氧化碳加氢合成甲醇的催化剂，其组成为 ZnO/ZrO_2 固溶体。四方 ZrO_2 晶胞如图所示。 Zr^{4+} 离子在晶胞中的配位数是_____，晶胞参数为 $a\text{ pm}$ 、 $a\text{ pm}$ 、 $c\text{ pm}$ ，该晶体密度为_____ $g \cdot cm^{-3}$ （写出表达式）。在 ZrO_2 中掺杂少量 ZrO 后形成的催化剂，化学式可表示为 $Zn_xZr_{1-x}O_y$ ，则 $y=_____$ （用 x 表达）。



【化学—选修 5：有机化学基础】

12. 近年来，以大豆素(化合物 C)为主要成分的大豆异黄酮及其衍生物，因其具有优良的生理活性而备受关注。大豆素的合成及其衍生化的一种工艺路线如下：



回答下列问题：

(1) A 的化学名称为_____。

(2) 1mol D 反应生成 E 至少需要_____ mol 氢气。

(3) 写出 E 中任意两种含氧官能团的名称_____。

(4) 由 E 生成 F 的化学方程式为_____。

(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) 的反应类型为_____。

(6) 化合物 B 的同分异构体中能同时满足下列条件的有_____ (填标号)。

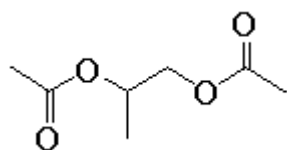
a. 含苯环的醛、酮

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

A. 2 个 B. 3 个 C. 4 个 D. 5 个

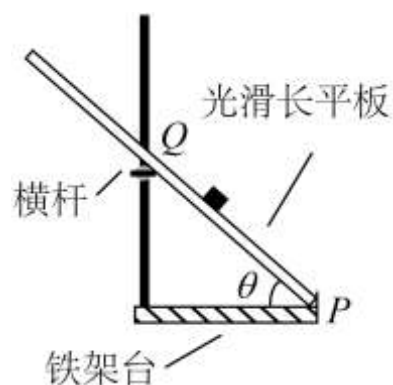
(7) 根据上述路线中的相关知识，以丙烯为主要原料用不超过三步的反应设计合成下图有机物，写出合成路线_____。



2021 年高考全国甲卷物理试题

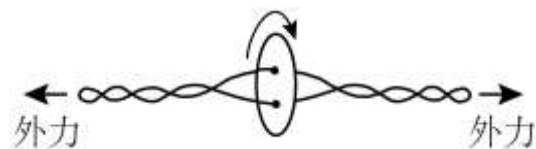
二、选择题：本题共 8 小题，每小题 6 分，共 48 分。在每小题给出的四个选项中，第 1~5 题只有一项符合题目要求，第 6~8 题有多项符合题目要求。全部选对的得 6 分，选对但不全的得 3 分，有选错的得 0 分。

1. 如图，将光滑长平板的下端置于铁架台水平底座上的挡板 P 处，上部架在横杆上。横杆的位置可在竖直杆上调节，使得平板与底座之间的夹角 θ 可变。将小物块由平板与竖直杆交点 Q 处静止释放，物块沿平板从 Q 点滑至 P 点所用的时间 t 与夹角 θ 的大小有关。若由 30° 逐渐增大至 60° ，物块的下滑时间 t 将（ ）



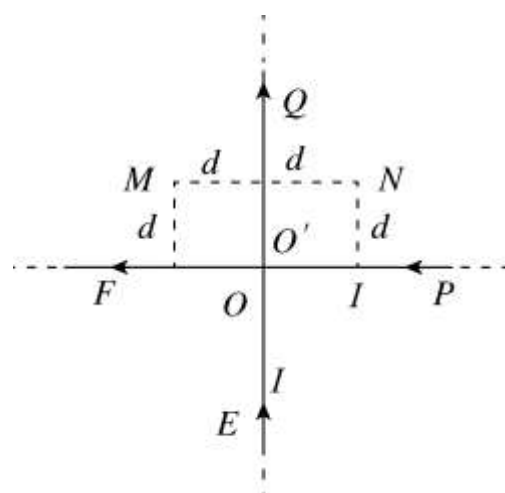
- A. 逐渐增大 B. 逐渐减小 C. 先增大后减小 D. 先减小后增大

2. “旋转纽扣”是一种传统游戏。如图，先将纽扣绕几圈，使穿过纽扣的两股细绳拧在一起，然后用力反复拉绳的两端，纽扣正转和反转会交替出现。拉动多次后，纽扣绕其中心的转速可达 50r/s ，此时纽扣上距离中心 1cm 处的点向心加速度大小约为（ ）



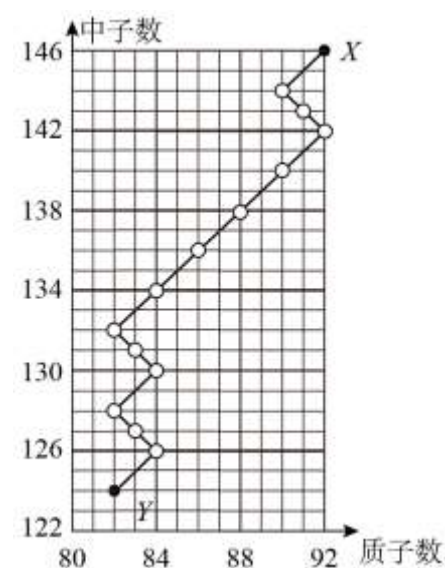
- A. 10m/s^2 B. 100m/s^2 C. 1000m/s^2 D. 10000m/s^2

3. 两足够长直导线均折成直角，按图示方式放置在同一平面内， EO 与 $O'Q$ 在一条直线上， PO' 与 OF 在一条直线上，两导线相互绝缘，通有相等的电流 I ，电流方向如图所示。若一根无限长直导线通过电流 I 时，所产生的磁场在距离导线 d 处的磁感应强度大小为 B ，则图中与导线距离均为 d 的 M 、 N 两点处的磁感应强度大小分别为（ ）



- A. B 、 0 B. 0 、 $2B$ C. $2B$ 、 $2B$ D. B 、 B

4. 如图，一个原子核 X 经图中所示的一系列 α 、 β 衰变后，生成稳定的原子核 Y ，在此过程中放射出电子的总个数为（ ）

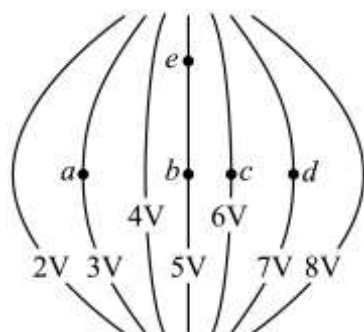


- A. 6 B. 8 C. 10 D. 14

5. 2021 年 2 月，执行我国火星探测任务的“天问一号”探测器在成功实施三次近火制动后，进入运行周期约为 $1.8 \times 10^5 \text{s}$ 的椭圆形停泊轨道，轨道与火星表面的最近距离约为 $2.8 \times 10^5 \text{m}$ 。已知火星半径约为 $3.4 \times 10^6 \text{m}$ ，火星表面处自由落体的加速度大小约为 3.7m/s^2 ，则“天问一号”的停泊轨道与火星表面的最远距离约为（ ）

- A. $6 \times 10^5 \text{m}$ B. $6 \times 10^6 \text{m}$ C. $6 \times 10^7 \text{m}$ D. $6 \times 10^8 \text{m}$

6. 某电场的等势面如图所示，图中 a 、 b 、 c 、 d 、 e 为电场中的 5 个点，则（ ）

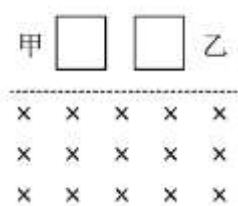


- A. 一正电荷从 b 点运动到 e 点，电场力做正功
- B. 一电子从 a 点运动到 d 点，电场力做功为 4eV
- C. b 点电场强度垂直于该点所在等势面，方向向右
- D. a 、 b 、 c 、 d 四个点中， b 点的电场强度大小最大

7. 一质量为 m 的物体自倾角为 α 的固定斜面底端沿斜面向上滑动。该物体开始滑动时的动能为 E_k ，向上滑动一段距离后速度减小为零，此后物体向下滑动，到达斜面底端时动能为 $\frac{E_k}{5}$ 。已知 $\sin \alpha = 0.6$ ，重力加速度大小为 g 。则（ ）

- A. 物体向上滑动的距离为 $\frac{E_k}{2mg}$
- B. 物体向下滑动时的加速度大小为 $\frac{g}{5}$
- C. 物体与斜面间的动摩擦因数等于 0.5
- D. 物体向上滑动所用的时间比向下滑动的时间长

8. 由相同材料的导线绕成边长相同的甲、乙两个正方形闭合线圈，两线圈的质量相等，但所用导线的横截面积不同，甲线圈的匝数是乙的 2 倍。现两线圈在竖直平面内从同一高度同时由静止开始下落，一段时间后进入一方向垂直于纸面的匀强磁场区域，磁场的上边界水平，如图所示。不计空气阻力，已知下落过程中线圈始终平行于纸面，上、下边保持水平。在线圈下边进入磁场后且上边进入磁场前，可能出现的是（ ）

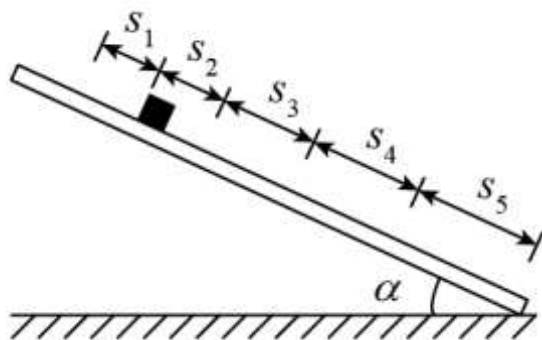


- A. 甲和乙都加速运动
- B. 甲和乙都减速运动
- C. 甲加速运动，乙减速运动
- D. 甲减速运动，乙加速运动

三、非选择题：第 9~12 题为必考题，每个试题考生都必须作答。第 13~16 题为选考题，考生根据要求作答。

(一) 必考题

9. 为测量小铜块与瓷砖表面间的动摩擦因数，一同学将贴有标尺的瓷砖的一端放在水平桌面上，形成一倾角为 α 的斜面（已知 $\sin \alpha = 0.34$ ， $\cos \alpha = 0.94$ ），小铜块可在斜面上加速下滑，如图所示。该同学用手机拍摄小铜块的下滑过程，然后解析视频记录的图像，获得 5 个连续相等时间间隔（每个时间间隔 $\Delta T = 0.20\text{s}$ ）内小铜块沿斜面下滑的距离 s_i ($i=1, 2, 3, 4, 5$)，如下表所示。



s_1	s_2	s_3	s_4	s_5
5.87cm	7.58cm	9.31cm	11.02cm	12.74cm

由表中数据可得，小铜块沿斜面下滑的加速度大小为 _____ m/s^2 ，小铜块与瓷砖表面间的动摩擦因数为 _____。（结果均保留 2 位有效数字，重力加速度大小取 9.80m/s^2 ）

10. 某同学用图 (a) 所示电路探究小灯泡的伏安特性，所用器材有：

小灯泡（额定电压 2.5V，额定电流 0.3A）

电压表（量程 300mV，内阻 300Ω ）

电流表（量程 300mA，内阻 0.27Ω ）

定值电阻 R_0

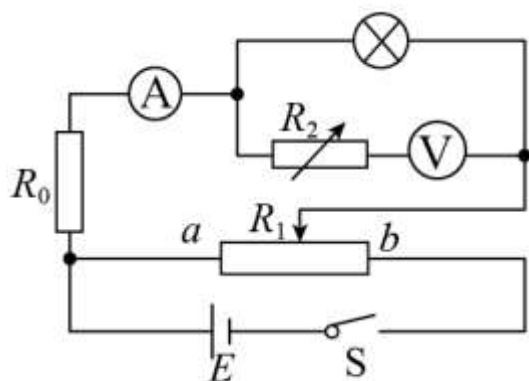
滑动变阻器 R_1 （阻值 0-20 Ω ）

电阻箱 R_2 （最大阻值 9999.9Ω ）

电源 E （电动势 $6V$ ，内阻不计）

开关 S 、导线若干。

完成下列填空：

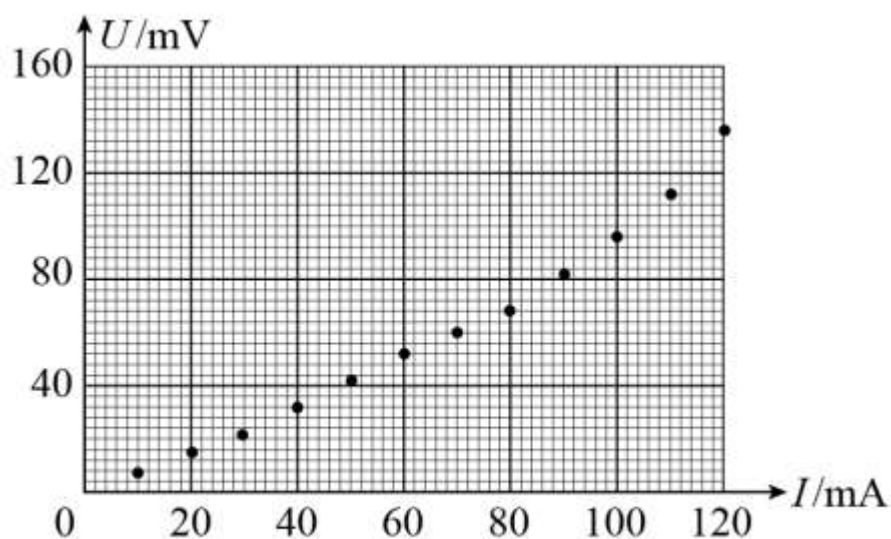


图(a)

(1) 有 3 个阻值分别为 10Ω 、 20Ω 、 30Ω 的定值电阻可供选择，为了描绘小灯泡电流在 $0\sim 300mA$ 的 $U-I$ 曲线， R_0 应选取阻值为_____ Ω 的定值电阻；

(2) 闭合开关前，滑动变阻器的滑片应置于变阻器的_____（填“ a ”或“ b ”）端；

(3) 在流过电流表的电流较小时，将电阻箱 R_2 的阻值置零，改变滑动变阻器滑片的位置，读取电压表和电流表的示数 U 、 I ，结果如图 (b) 所示。当流过电流表的电流为 $10mA$ 时，小灯泡的电阻为_____ Ω （保留 1 位有效数字）；



图(b)

(4) 为使得电压表满量程时对应于小灯泡两端的电压为 3V，该同学经计算知，应将 R_2 的阻值调整为 _____ Ω 。然后调节滑动变阻器 R_1 ，测得数据如下表所示：

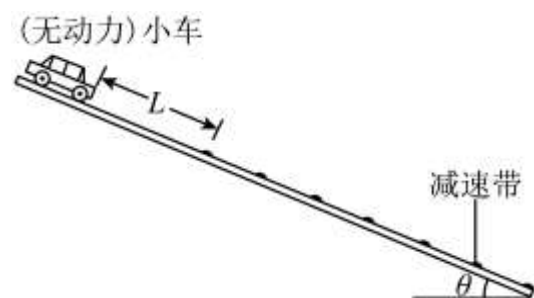
U/mV	24.0	46.0	76.0	110.0	128.0	152.0	184.0	216.0	250.0
I/mA	140.0	160.0	180.0	200.0	220.0	240.0	260.0	280.0	300.0

(5) 由图 (b) 和上表可知，随流过小灯泡电流的增加，其灯丝的电阻 _____ (填“增大”“减小”或“不变”);

(6) 该同学观测到小灯泡刚开始发光时流过电流表的电流为 160mA，可得此时小灯泡电功率 $W_1 =$ _____ W (保留 2 位有效数字); 当流过电流表的电流为 300mA 时，小灯泡的电功率为 W_2 ，则 $\frac{W_2}{W_1} =$ _____ (保留至整数)。

11. 如图，一倾角为 θ 的光滑斜面上有 50 个减速带 (图中未完全画出)，相邻减速带间的距离均为 d ，减速带的宽度远小于 d ；一质量为 m 的无动力小车 (可视为质点) 从距第一个减速带 L 处由静止释放。已知小车通过减速带损失的机械能与到达减速带时的速度有关。观察发现，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。小车通过第 50 个减速带后立刻进入与斜面光滑连接的水平地面，继续滑行距离 s 后停下。已知小车与地面间的动摩擦因数为 μ ，重力加速度大小为 g 。

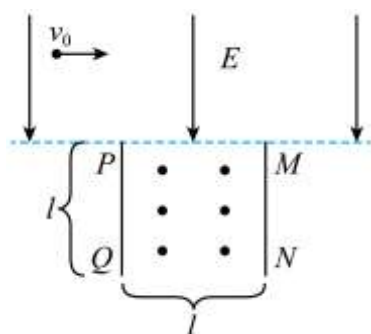
- (1) 求小车通过第 30 个减速带后，经过每一个减速带时损失的机械能；
- (2) 求小车通过前 30 个减速带的过程中在每一个减速带上平均损失的机械能；
- (3) 若小车在前 30 个减速带上平均每一个损失的机械能大于之后每一个减速带上损失的机械能，则 L 应满足什么条件？



12. 如图，长度均为 l 的两块挡板竖直相对放置，间距也为 l ，两挡板上边缘 P 和 M 处于同一水平线上，在该水平线的上方区域有方向竖直向下的匀强电场，电场强度大小为 E ；两挡

板间有垂直纸面向外、磁感应强度大小可调节的匀强磁场。一质量为 m ，电荷量为 q ($q>0$) 的粒子自电场中某处以大小为 v_0 的速度水平向右发射，恰好从 P 点处射入磁场，从两挡板下边缘 Q 和 N 之间射出磁场，运动过程中粒子未与挡板碰撞。已知粒子射入磁场时的速度方向与 PQ 的夹角为 60° ，不计重力。

- (1) 求粒子发射位置到 P 点的距离；
- (2) 求磁感应强度大小的取值范围；
- (3) 若粒子正好从 QN 的中点射出磁场，求粒子在磁场中的轨迹与挡板 MN 的最近距离。



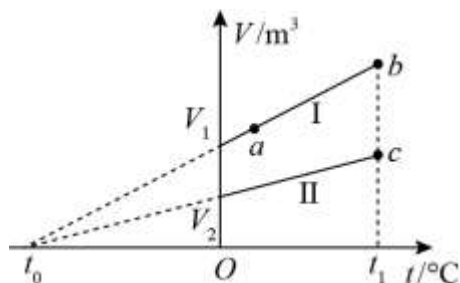
(二) 选考题：

[物理——选修 3-3]

13. 如图，一定量的理想气体经历的两个不同过程，分别由体积-温度 ($V-t$) 图上的两条直线 I 和 II 表示， V_1 和 V_2 分别为两直线与纵轴交点的纵坐标； t_0 为它们的延长线与横轴交点的横坐标， t_0 是它们的延长线与横轴交点的横坐标， $t_0 = -273.15^\circ\text{C}$ ； a 、 b 为直线 I 上的一点。由

图可知，气体在状态 a 和 b 的压强之比 $\frac{p_a}{p_b} = \underline{\hspace{2cm}}$ ；气体在状态 b 和 c 的压强之比

$\frac{p_b}{p_c} = \underline{\hspace{2cm}}$ 。



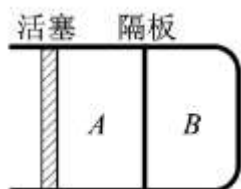
14. 如图，一汽缸中由活塞封闭有一定量的理想气体，中间的隔板将气体分为 A、B 两部分；

初始时，A、B 的体积均为 V ，压强均等于大气压 p_0 ，隔板上装有压力传感器和控制装置，当隔板两边压强差超过 $0.5p_0$ 时隔板就会滑动，否则隔板停止运动。气体温度始终保持不变。

向右缓慢推动活塞，使 B 的体积减小为 $\frac{V}{2}$ 。

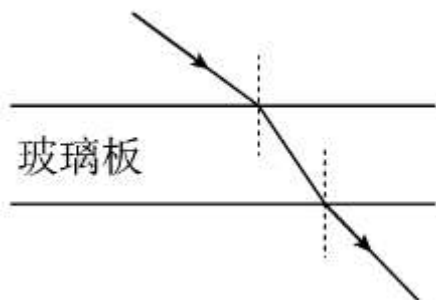
(i) 求 A 的体积和 B 的压强；

(ii) 再使活塞向左缓慢回到初始位置，求此时 A 的体积和 B 的压强。



[物理——选修 3-4]

15. 如图，单色光从折射率 $n=1.5$ 、厚度 $d=10.0\text{cm}$ 的玻璃板上表面射入。已知真空中的光速为 $3\times 10^8\text{ m/s}$ ，则该单色光在玻璃板内传播的速度为_____m/s；对于所有可能的入射角，该单色光通过玻璃板所用时间 t 的取值范围是_____s $\leq t$ <_____s（不考虑反射）。



16. 均匀介质中质点 A、B 的平衡位置位于 x 轴上，坐标分别为 0 和 $x_B=16\text{cm}$ 。某简谐横波沿 x 轴正方向传播，波速为 $v=20\text{cm/s}$ ，波长大于 20cm ，振幅为 $y=1\text{cm}$ ，且传播时无衰减。 $t=0$ 时刻 A、B 偏离平衡位置的位移大小相等、方向相同，运动方向相反，此后每隔 $\Delta t=0.6\text{s}$ 两者偏离平衡位置的位移大小相等、方向相同。已知在 t_1 时刻 ($t_1>0$)，质点 A 位于波峰。求

(i) 从 t_1 时刻开始，质点 B 最少要经过多长时间位于波峰；

(ii) t_1 时刻质点 B 偏离平衡位置的位移。

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，同时灰体为显性性状，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 $AaBbX^W X^w$ 或 $AaBbX^W Y$ ，则 M 的基因型对应为 $Aa bb X^W Y$ 或 $AabbX^W X^w$ 。根据分析可知，M 的基因型为 $Aa bb X^W Y$ 或 $AabbX^W X^w$ ，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 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 (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) $\text{dA-P}_\alpha\sim\text{P}_\beta\sim\text{P}_\gamma$ 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 ^{32}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 ^{32}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 ^{32}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 ^{32}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_1 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_2 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_1 自交得 F_2 ， F_1 全为缺刻叶齿皮， F_2 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_2 出现 $9:3:3:1$ 。

（1）实验①中 F_1 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_1 全为缺刻叶齿皮， F_2 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_1 结果类似于测交，实验②的 F_2 出现 $9:3:3:1$ ，则 F_1 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_2 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_2 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， $32gS_8$ 的物质的量为

$\frac{32g}{8 \times 32g/mol} = \frac{1}{8} mol$ ，则含有的 S-S 键数为 $\frac{1}{8} \times 8 \times N_A = N_A$ ，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 $-\lg[c(\text{Ba}^{2+})] + \{-\lg[c(\text{SO}_4^{2-})]\} = -\lg[c(\text{Ba}^{2+}) \times c(\text{SO}_4^{2-})] = -\lg[K_{\text{sp}}(\text{BaSO}_4)]$ ，同理可知溶液中 $-\lg[c(\text{Ba}^{2+})] + \{-\lg[c(\text{CO}_3^{2-})]\} = -\lg[K_{\text{sp}}(\text{BaCO}_3)]$ ，因 $K_{\text{sp}}(\text{BaSO}_4) < K_{\text{sp}}(\text{BaCO}_3)$ ，则 $-\lg[K_{\text{sp}}(\text{BaCO}_3)] < -\lg[K_{\text{sp}}(\text{BaSO}_4)]$ ，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 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 Br^- 被氧化为 Br_2 ， Br_2 将乙二醛氧化为乙醛酸，双极膜中间层的 H^+ 在直流电场作用下移向阴极， OH^- 移向阳极。由上述分析可知，双极膜中间层的 H^+ 在外电场作用下移向阴极，即 H^+ 移向铅电极，故 D 正确；故答案为 D。

二、非选择题

8.

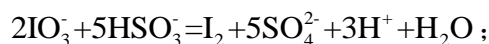
答案： (1). $2\text{AgI} + \text{Fe} = 2\text{Ag} + \text{Fe}^{2+} + 2\text{I}^-$ (2). AgNO_3 (3). $\text{FeI}_2 + \text{Cl}_2 = \text{I}_2 + \text{FeCl}_2$ (4). I_2 、 FeCl_3 (5). I_2 被过量的 Cl_2 进一步氧化 (6). $2\text{IO}_3^- + 5\text{HSO}_3^- = \text{I}_2 + 5\text{SO}_4^{2-} + 3\text{H}^+ + \text{H}_2\text{O}$ (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 AgI ， AgI 可与 Fe 反应生成 FeI_2 和 Ag ， FeI_2 易溶于水，在离子方程式中能拆，故加入 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： $2\text{AgI} + \text{Fe} = 2\text{Ag} + \text{Fe}^{2+} + 2\text{I}^-$ ； AgNO_3 ；
②通入 Cl_2 的过程中，因 I^- 还原性强于 Fe^{2+} ， Cl_2 先氧化还原性强的 I^- ，若氧化产物只有一种，则该氧化产物只能是 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 Cl_2 过量，先氧化全部 I^- 再氧化 Fe^{2+} ，恰好将全部 I^- 和 Fe^{2+} 氧化，故氧化产物为 I_2 、 FeCl_3 ，当 $n(\text{Cl}_2)/n(\text{FeI}_2)>1.5$ 即 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： $\text{FeI}_2+\text{Cl}_2=\text{I}_2+\text{FeCl}_2$ ； I_2 、 FeCl_3 ； I_2 被过量的 Cl_2 进一步氧化；

(2) 先向 NaIO_3 溶液中加入计量的 NaHSO_3 ，生成碘化物即含 I^- 的物质；再向混合溶液中（含 I^- ）加入 NaIO_3 溶液，反应得到 I_2 ，上述制备 I_2 的两个反应中 I^- 为中间产物，总反应为 IO_3^- 与 HSO_3^- 发生氧化还原反应，生成 SO_4^{2-} 和 I_2 ，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_4 溶液混合可生成 CuI 沉淀和 I_2 ，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_2 ，则消耗的 KI 至少为 4mol ；反应中加入过量 KI ， I^- 浓度增大，可逆反应 $\text{I}_2+\text{I}^- \rightleftharpoons \text{I}_3^-$ 平衡右移，增大 I_2 溶解度，防止 I_2 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



方法相比，将 CuO 加入到适量的稀硫酸中，加热制备胆矾的实验方案具有的优点是：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）；

(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 10 min，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). ΔH_1 为正值， ΔH_2 为和 ΔH 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°C (9). $9 \times 10^5 \text{Pa}$, 250°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：



② $\text{CO}(\text{g})+2\text{H}_2(\text{g})=\text{CH}_3\text{OH}(\text{g}) \quad \Delta H_2=-90\text{kJmol}^{-1}$ ，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： $\text{CO}_2(\text{g})+3\text{H}_2(\text{g})=\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})+\text{H}_2\text{O}(\text{g})$

$\Delta H=(+41\text{kJmol}^{-1})+(-90\text{kJmol}^{-1})=-49\text{kJmol}^{-1}$ ；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； ΔH_1 为正值， ΔH_2 为和 ΔH 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：

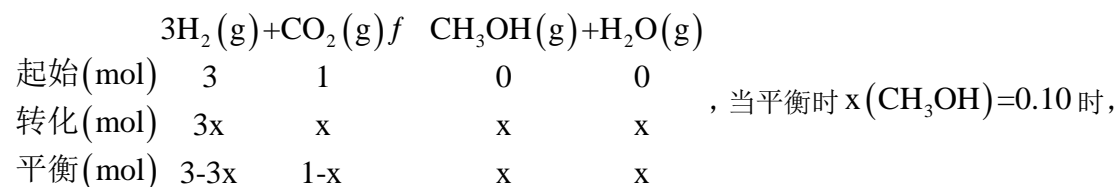
$$\frac{p(\text{H}_2\text{O}) \cdot p(\text{CH}_3\text{OH})}{p^3(\text{H}_2) \cdot p(\text{CO}_2)}。$$

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°C 或 $9 \times 10^5\text{Pa}$ ， 250°C ，

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

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

解析：

(1)基态 Si 原子的核外电子排布式为 $1s^22s^22p^63s^23p^2$ ，因此 Si 的价电子层的电子排布式为 $3s^23p^2$ ；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； 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 δ 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： $3s^23p^2$ ；原子晶体(共价晶体)； sp^3 ；②；

(2) CO_2 的结构式为 $\text{O}=\text{C}=\text{O}$ ，1 个双键中含有 1 个 δ 键和 1 个 π 键，因此 1 个 CO_2 分子中含有 2 个 δ 键和 2 个 π 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 Zr^{4+} 为例，同一晶胞中与 Zr^{4+} 连接最近且等距的 O^{2-} 数为 4，同理可知右侧晶胞中有 4 个 O^{2-} 与 Zr^{4+} 相连，因此 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 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

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

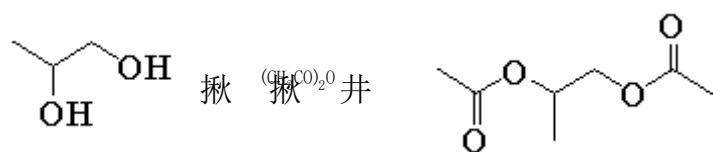
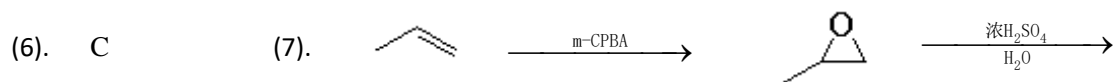
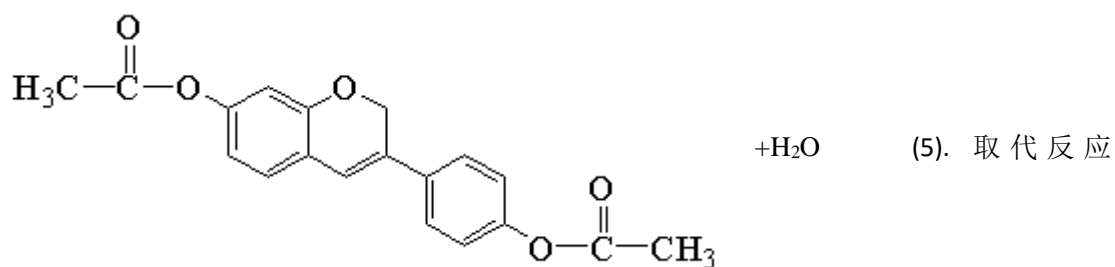
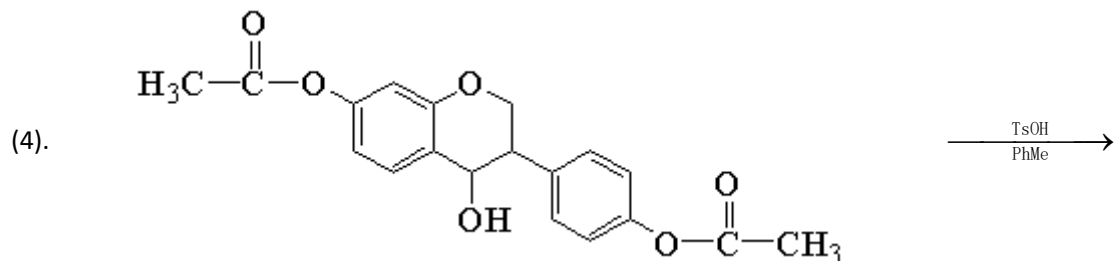
化学式可表示为 $\text{Zn}_x\text{Zr}_{1-x}\text{O}_y$ ，其中 Zn 元素为 +2 价，Zr 为 +4 价，O 元素为 -2 价，根据化合物

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】

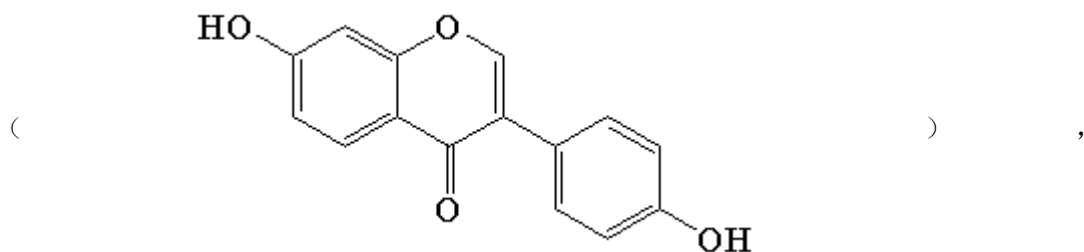
12.

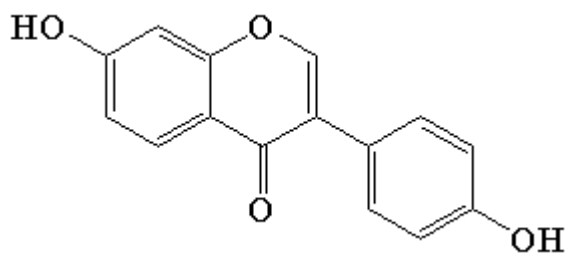
答案： (1). 间苯二酚（或 1,3-苯二酚） (2). 2 (3). 酯基，醚键，酮基（任写两种）



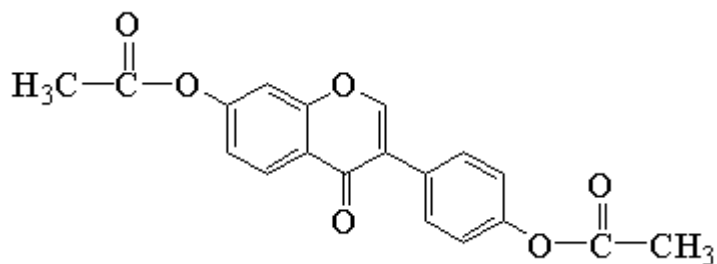
解析：

由合成路线图，可知，A（间苯二酚）和 B（）反应生成 C

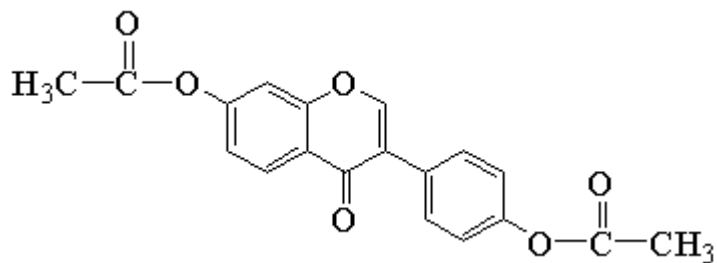




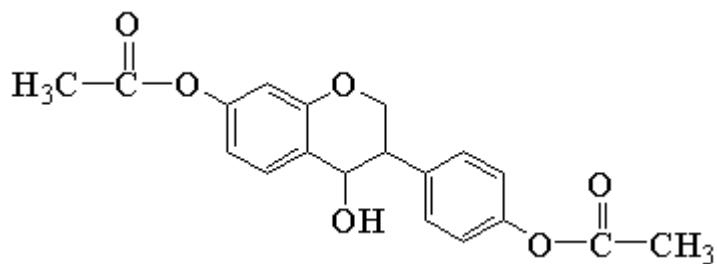
与碳酸二甲酯发生酯化反应，生成



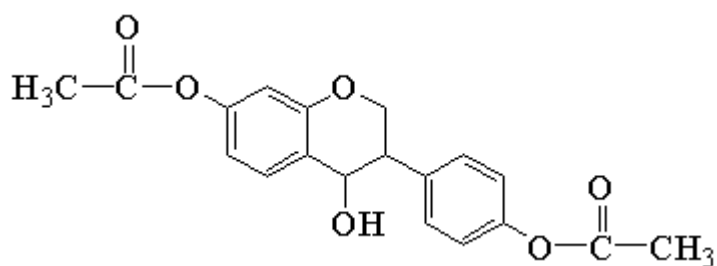
,



与氢气发生加成反应生成

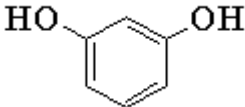


,



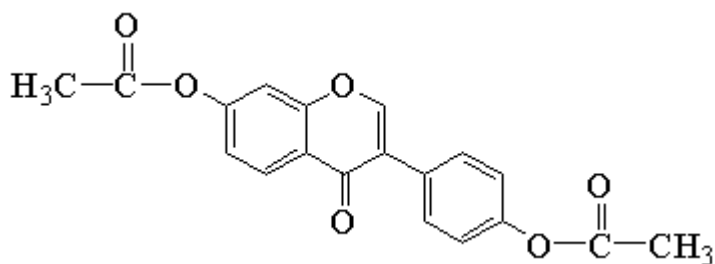
发生消去反应，生成 F，F 先

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 ，化学名称为间苯二酚（或 1,3-苯二酚），故答案为：间苯二酚

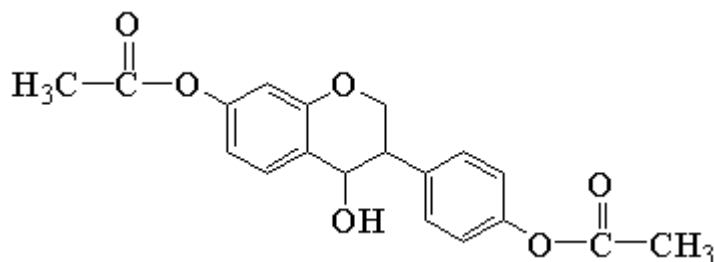
（或 1,3-苯二酚）；

(2)D 为



，与氢气发生加成反应

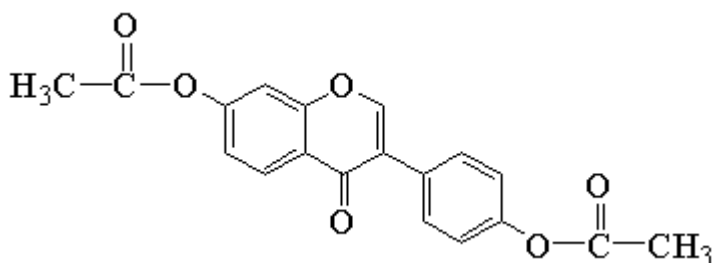
生成



，碳碳双键及酮基都发

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；

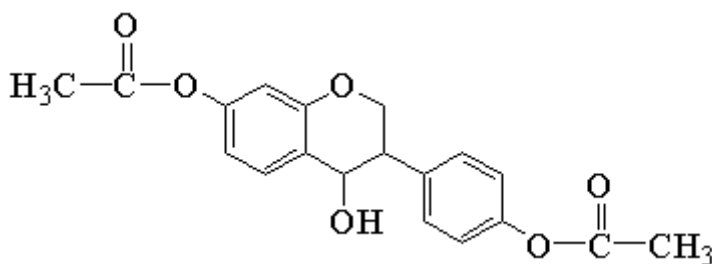
(3)E 为



，含有的含氧官能团的

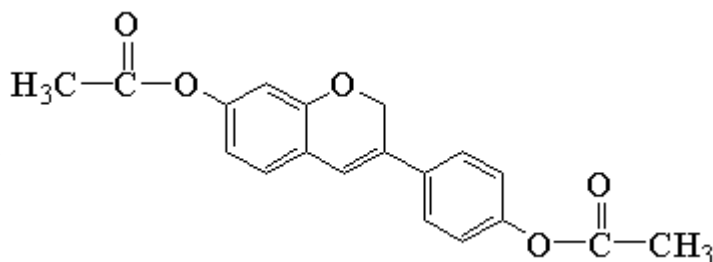
名称为酯基，醚键，酮基（任写两种），故答案为：酯基，醚键，酮基（任写两种）；

(4)E 为

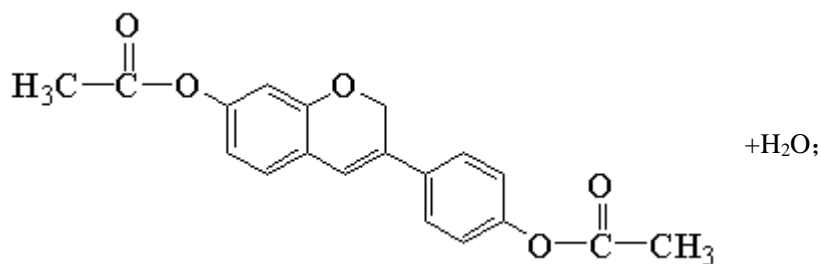
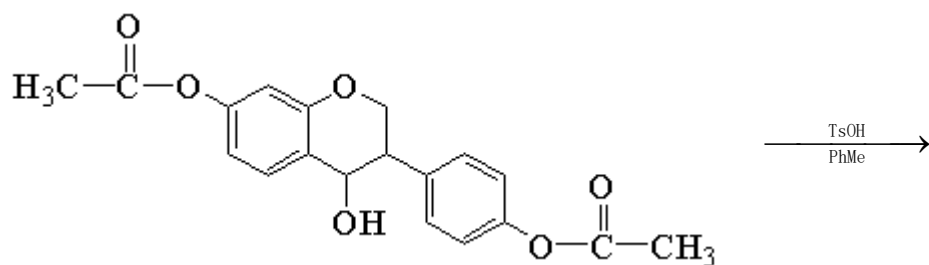
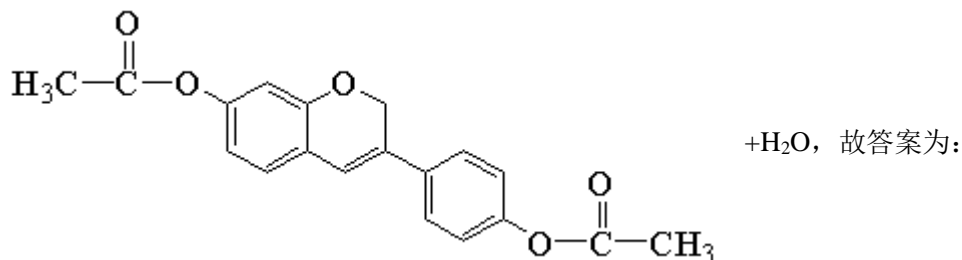
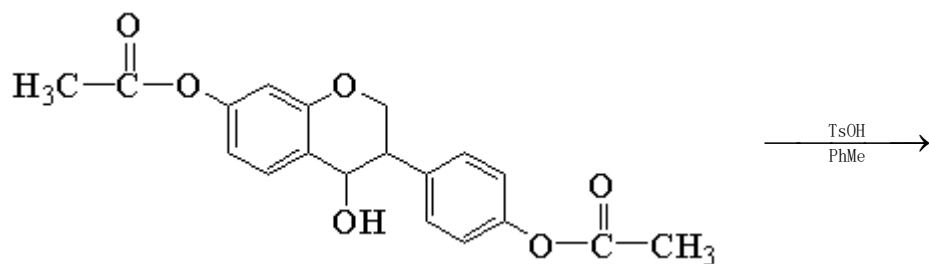


，发生消去反应，生

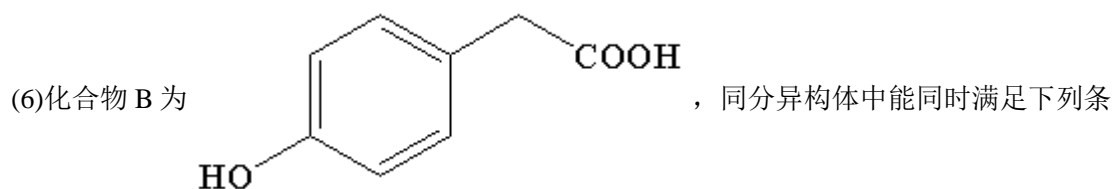
成



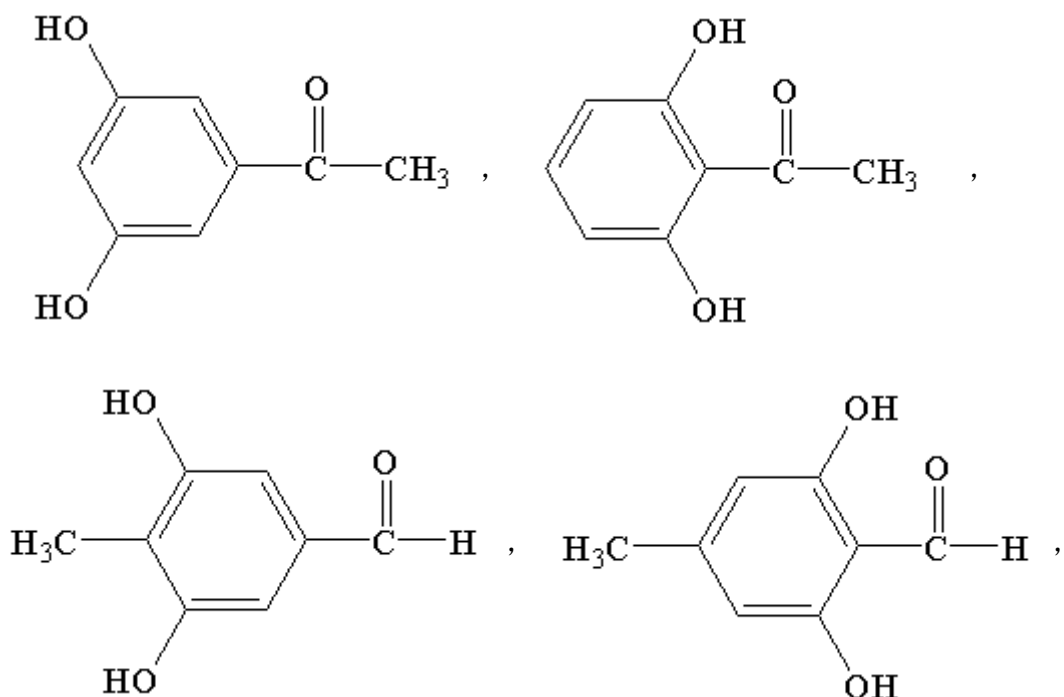
，化学方程式为



(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；

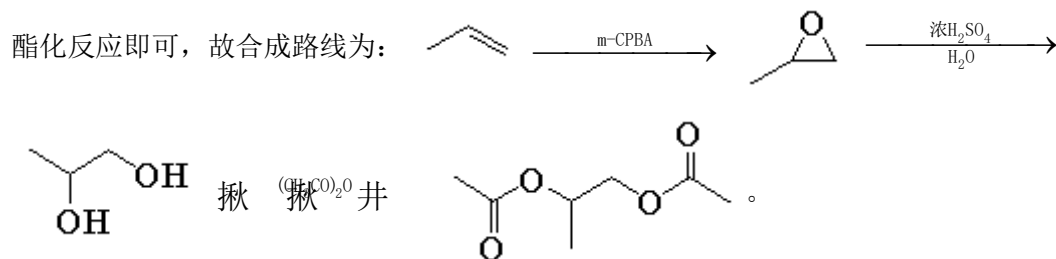


件：.含苯环的醛、酮；b.不含过氧键(-O-O-)；c.核磁共振氢谱显示四组峰，且峰面积比为 3：2：2：1，说明为醛或酮，而且含有甲基，根据要求可以写出：



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 θ 从由 30° 逐渐增大至 60° 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

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

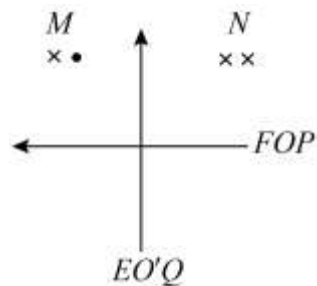
故选 C。

3. B

解析：

两直角导线可以等效为如图所示 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。

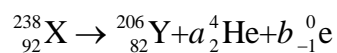
故选 B。



4. A

解析：

由图分析可知，核反应方程为



设经过 a 次 α 衰变， b 次 β 衰变。由电荷数与质量数守恒可得

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

解得

$$a = 8, b = 6$$

故放出 6 个电子

故选 A。

5. C

解析：

忽略火星自转则

$$\frac{GMm}{R^2} = mg \quad ①$$

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

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

设近火点到火星中心为

$$R_1 = R + d_1 \quad ③$$

设远火点到火星中心为

$$R_2 = R + d_2 \quad ④$$

由开普勒第三定律可知

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

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

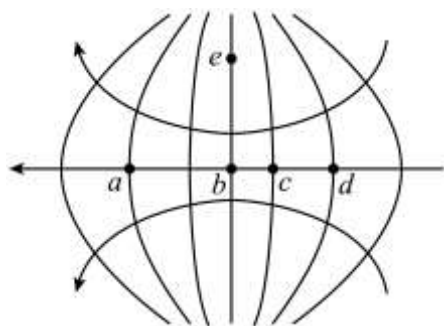
$$\varphi_a = 3\text{V}, \quad \varphi_d = 7\text{V}$$

根据电场力做功与电势能的变化关系有

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

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 ρ_0 ），质量相同（设为 m ），则

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

设材料的电阻率为 ρ ，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 10Ω ；

(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

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

[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

$$W_2 = 2.5V \times 0.3A = 0.75W$$

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

$$x = v_0 t \quad ①$$

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

粒子射入磁场时的速度方向与 PQ 的夹角为 60° ，有

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

粒子发射位置到 P 点的距离

$$s = \sqrt{x^2 + y^2} \quad ④$$

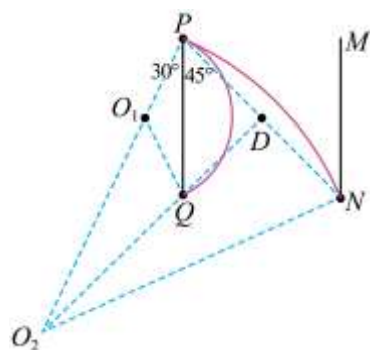
由①②③④式得

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

(2) 带电粒子在磁场运动在速度

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

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

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

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

$$p_0 V = p_B \frac{1}{2} V$$

解得

$$p_B = 2p_0$$

对 A 气体分析，根据波意耳定律有

$$p_0 V = p_A V_A$$

$$p_A = p_B + 0.5p_0$$

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

$$p_0 V = p' \times \frac{3}{2} V_0$$

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

$$p_0 V = p_A' V_A' , \quad p_0 V = p_B' V_B'$$

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

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). 2×10^8 (2). 5×10^{-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° 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

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