

2024 届高三年级 TOP 二十名校冲刺一

理科综合

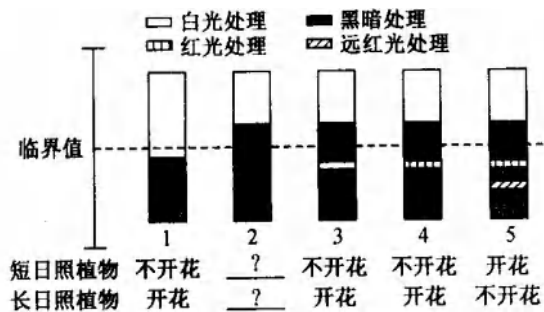
全卷满分 300 分，考试时间 150 分钟

注意事项：

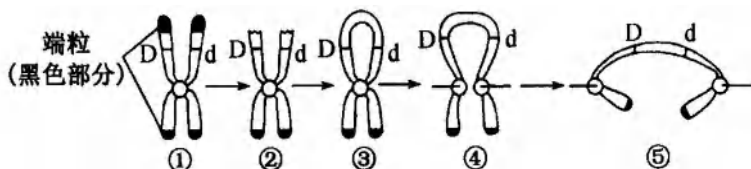
1. 答卷前，考生务必将自己的姓名、准考证号填写在答题卡上，并将条形码粘贴在答题卡上的指定位置。
 2. 回答选择题时，选出每小题答案后，用铅笔把答题卡上对应题目的答案标号涂黑。如需改动，用橡皮擦干净后，再选涂其它答案标号。回答非选择题时，将答案写在答题卡上，写在本试卷上无效。
 3. 考试结束后，请将本试卷和答题卡一并交回。
 4. 本卷命题范围：高考范围。
- 可能用到的相对原子质量：H 1 C 12 O 16 S 32 K 39 Ni 59 Nb 93

一、选择题：本题共 13 小题，每小题 6 分，共 78 分。在每小题给出的四个选项中，只有一项是符合题目要求的。

1. 高尔基体是对来自内质网的蛋白质进行加工、分类、包装的场所。分泌蛋白、细胞膜蛋白、溶酶体蛋白通过 COP II 转运膜泡由内质网运送至高尔基体，经过高尔基体的分选，再由转运膜泡运输到相应的位置。特殊情况下，内质网驻留蛋白会通过 COP II 转运膜泡从内质网逃逸到高尔基体，此时高尔基体识别并结合该蛋白后会通过 COP I 转运膜泡将它们运送到内质网。下列相关叙述错误的是
A. 上述过程中涉及到的膜结构都属于生物膜
B. 唾液淀粉酶和生长激素加工运输过程中会形成 COP I 转运膜泡
C. COP I 转运膜泡与 COP II 转运膜泡转运物质的方向不同
D. 组成 COP I 转运膜泡的化学元素有 C、H、O、N、P
2. 某些过敏性哮喘患者接触过敏原后，呼吸道上皮细胞会分泌细胞因子 IL-33，活化肺部的免疫细胞 ILC2。活化的 ILC2 细胞分泌细胞因子 IL-4，参与 B 细胞的激活。下列相关叙述错误的是
A. 在过敏原结合 B 细胞产生的信号和 IL-4 等细胞因子这两个信号的刺激下，B 细胞才可以活化
B. 过敏原初次进入机体时，不会引起过敏症状，但可刺激机体产生相应的抗体
C. 当机体再次接触到过敏原时，被相应抗体吸附的细胞会释放组织胺等物质，引起过敏反应
D. 过敏反应与正常免疫在抗原来源、抗体分布、对个体健康的影响等方面都有所不同
3. 有些植物如牡丹、芍药等在春末夏初开花，这样的植物一般需要较长时间的日照才开花，称为长日照植物；有些植物如菊科植物在秋季开花，这样的植物开花一般需要较短时间的日照才开花，称为短日照植物。科学家对两种植物做了如图实验，下列相关叙述错误的是



- A. 不同波长的光、光照时间的长短都会影响植物的开花
 B. 预测第2组的结果为：短日照植物和长日照植物分别开花和不开花
 C. 红光处理打断黑暗周期会抑制长日照植物开花，但可被远红光处理逆转
 D. 光作为一种物理信息，影响、调控植物生长发育的全过程
4. 研究种群的数量变化对于人们的生产生活具有重要的意义。现以 N_0 表示某种群的起始数量， t 表示时间， N_t 表示 t 年后该种群的数量， λ 表示该种群数量是前一年种群数量的倍数。下列分析错误的是
- A. 若是在食物和空间条件充裕、气候适宜、没有天敌和其他竞争物种且 λ 为定值等条件下，则有 $N_t = N_0 \lambda^t$
 B. 如果遇到资源、空间等方面的限制，种群数量的增长速率可能会出现先增后减的变化过程
 C. 对于“S”形增长的种群来说， λ 值最大时最有利于该种群的发展
 D. 使用标记重捕法调查鲫鱼种群密度时，若重捕方法不当导致捕获的鱼部分死亡，但死亡个体不计数，则估算结果基本不变
5. 聚乙烯塑料在自然界中很难降解，俗称“白色污染”，北京航空航天大学杨军教授偶然发现装米的塑料袋上有许多孔洞，还有黄粉虫幼虫和成虫爬出。带着这些疑问，杨军教授分离出黄粉虫幼虫消化道的微生物后，先进行了富集培养，随后进行了选择培养，最终成功分离出塑料降解菌——微小杆菌 YT2。下列相关叙述错误的是
- A. 实验室一般用高压蒸汽灭菌法对培养基进行灭菌
 B. 富集培养和选择培养都可以增加塑料降解菌的数量，且都要以塑料为唯一碳源
 C. 若用稀释涂布平板法统计 YT2 的数目，平板上观察到的菌落数一般要比实际的活菌数少
 D. 若用血细胞计数板统计 YT2 的数目，往往比用稀释涂布平板法统计得到的数目多
6. 某哺乳动物的基因型为 Dd ，但细胞在分裂时出现如图所示的变化，即当染色体的端粒断裂丢失（②）后，姐妹染色单体会在断裂处发生融合（③）。融合的染色体在细胞分裂后期由于纺锤丝的牵引，在两个着丝粒之间的任何一处位置发生随机断裂。下列相关说法正确的是



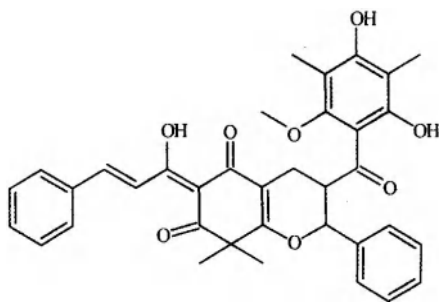
- A. 染色体端粒的成分是 DNA
 B. 以上变异可以发生在有丝分裂后期或减数分裂 I 后期或减数分裂 II 后期
 C. 在不考虑其它变异的情况下，图⑤后两个子细胞中染色体数也不一定相同
 D. 若图中姐妹染色单体上相应位置处都是 D 基因，图⑤后两个子细胞基因型也不一定相同

7. 2023 年是共建“一带一路”倡议提出 10 周年。下列古代“丝绸之路”有关商品的主要成分属于无机物的是

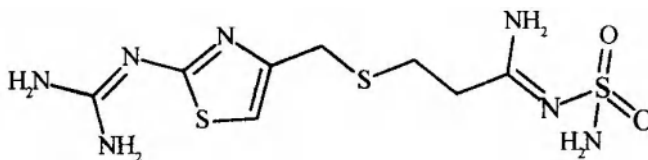
- A. 玉器 B. 丝绸 C. 香料 D. 皮革

8. 我国科研团队合成的一种抗病毒的天然仿生有机物 (G) 的结构如图所示。下列叙述正确的是

- A. G 分子含 3 个手性碳原子
 B. G 中有 3 种官能团
 C. G 遇 FeCl_3 溶液发生显色反应
 D. G 分子中所有碳原子可能共平面

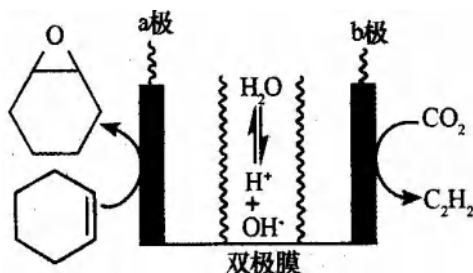


9. 法莫替丁片是一种治疗消化性溃疡病的药物，其有效成分 (T) 的结构简式如图所示。下列叙述正确的是



- A. T 中 N 原子都是 sp^2 杂化，S 原子都是 sp^3 杂化
 B. 1 mol T 中 N 原子最多能与质子 (H^+) 形成 4 mol 配位键
 C. 1 mol T 分子含 28 mol σ 键
 D. 第一电离能: $\text{N} > \text{O} > \text{S}$

10. 某小组采用电化学法制备乙炔和环氧环己烷 ()，装置如图所示。双极膜是由阴膜和阳膜组成，双极膜中水电离出阴、阳离子在电场中向两极迁移。下列叙述正确的是



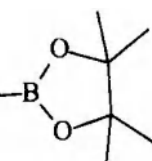
- A. 电解时 a 极与电源负极连接
 B. 制备 1 mol 环氧环己烷时双极膜内质量减少 18 g
 C. b 极反应式为 $2\text{CO}_2 + 10\text{H}^+ + 10\text{e}^- = \text{C}_2\text{H}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$

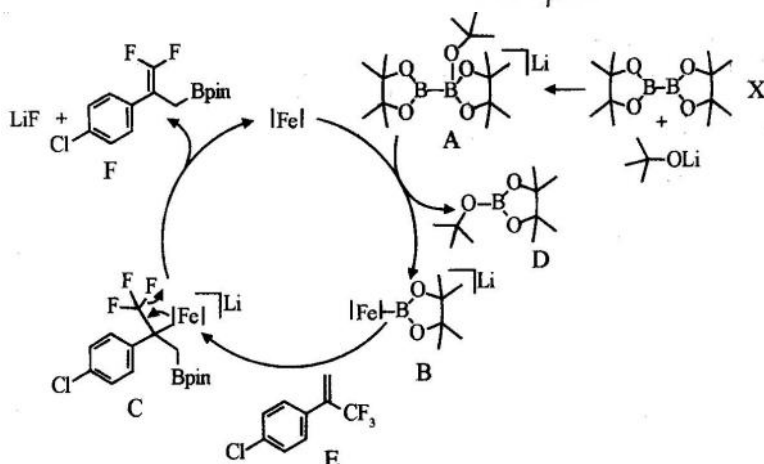
D. a、b 两极环氧环己烷与乙炔的物质的量之比为 1 : 5

11. 根据下列实验操作和现象，得出结论正确的是

选项	操作及现象	结论
A	在 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 溶液中滴加盐酸酸化的 $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 溶液，产生白色沉淀	原溶液含有 SO_4^{2-}
B	在锌和稀硫酸的混液中滴 Ag_2SO_4 浊液，产生气体速率加快	Ag_2SO_4 作催化剂
C	在苯酚浊液中滴加 NaOH 溶液，振荡，溶液变澄清	苯环活化了羟基
D	镁条能在干冰制作灯笼中剧烈燃烧，发出白光	CO_2 能支持燃料燃烧

12. 以氯化亚铁为催化剂，可催化三氟甲基烯硼化—脱氟反应合成偕二氟烯丙基硼酸酯，

可能的反应机理如图所示（已知： $-\text{Bpin}$ 代表 、 $|\text{Fe}|$ 代表 FeCl_2 ）。



下列叙述正确的是

- A. 该合成反应的原子利用率为 100%
- B. 物质 D 分子中氧硼原子构成平面三角形
- C. A 和 X 分子在核磁共振氢谱上都只有 1 组峰
- D. 将 E 替换为 $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CF}_3$ ，反应可得 $\text{CF}_2=\text{CH}-\text{Bpin}$

13. 常温下，分别在 MgCl_2 、 CuCl_2 、 NH_4Cl 溶液中滴加 NaOH 溶液， $\text{pX}[\text{pX} = -\lg c(\text{X})]$ ，X 代表

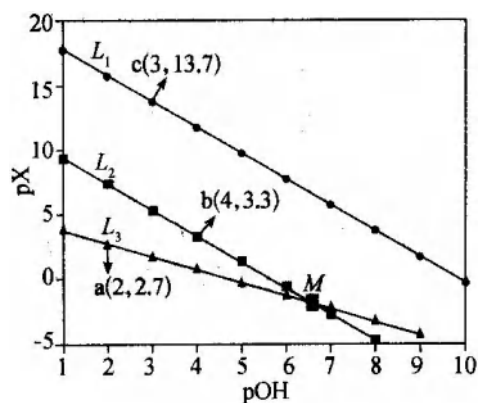
$$\text{Cu}^{2+}、\text{Mg}^{2+}、\frac{c(\text{NH}_4^+)}{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})}] \text{ 与 } \text{pOH}[\text{pOH} =$$

$-\lg c(\text{OH}^-)]$ 关系如图所示。已知：

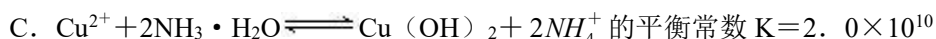
$$K_{\text{sp}}[\text{Mg}(\text{OH})_2] > K_{\text{sp}}[\text{Cu}(\text{OH})_2], \lg 2 \approx 0.3。$$

下列叙述错误的是

- A. L_1 代表 pCu 与 pOH 的关系



B. $K_{sp}[\text{Mg}(\text{OH})_2] = 5.0 \times 10^{-12}$



D. M 点对应的 $\text{pX} = -1.9$, $\text{pH} = 6.6$

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 14~18 题只有一项符合题目要求，第 19~21 题有多项符合题目要求。全部选对的得 6 分，选对但不全的得 3 分，有选错的得 0 分。

14. 如图所示的是神舟十七号载人飞船于 2023 年 10 月 26 日 11 时 14 分发射现场，这是中国载人航天又一个重要的里程碑。这次发射任务的成功不仅意味着中国航天事业又向前迈了一大步，而且也是中国科技实力的又一次展现。神舟十七号由三名航天员组成，将会在太空中进行为期六个月的宇航员生活。下列说法正确的是



- A. “11 时 14 分”指的是时间间隔
 B. 在图示状态下，神舟十七号飞船内三位宇航员处于失重状态
 C. 地面控制人员在观察神舟十七号飞船的姿态调整过程中，神舟十七号飞船可视为质点
 D. 神舟十七号飞船的发射速度不可能小于 7.9 km/s
15. 2023 年 9 月 29 日，第 19 届亚运会女子铅球决赛在杭州奥体中心体育场举行，中国选手巩立姣以 19 米 58 的成绩获得金牌，如图所示为巩立姣霸气投掷铅球的瞬间，若不计铅球在空中运动中的空气阻力，关于铅球的运动，下列说法正确的是



- A. 铅球做变加速曲线运动
 B. 任意相等时间内铅球的速度变化量不同
 C. 铅球做匀变速运动
 D. 若巩立姣每次投掷铅球的初速度大小不变、铅球离地高度不变，则铅球在空中飞行时间不变
16. 处于静止状态的铀核 (${}^{238}_{92}\text{U}$) 衰变为氡核 (${}^{222}_{86}\text{Rn}$) 的过程中会释放能量，产生 α 粒子。若铀核比结合能为 E_1 ，氡核比结合能为 E_2 ，氦核的比结合能为 E_3 ，下列说法正确的是
- A. 铀核衰变为氡核仅经过了 4 次 α 衰变
 B. 铀核发生衰变过程中，释放的能量为 $238E_1 - 4E_2 - 222E_3$
 C. 铀核发生衰变过程中，释放的能量为 $16E_2 + 222E_3 - 238E_1$
 D. 铀核衰变的核反应方程为 ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow 4{}^4_2\text{He} + {}^{222}_{86}\text{Rn}$
17. 下列关于机械波与机械振动的说法正确的是
- A. 小明课间用球拍向地面拍打乒乓球，乒乓球的运动属于机械振动
 B. 机械振动的传播称为波动，但机械波的传播离不开介质，机械波的波速由介质本身的性质决定

C. 任何机械振动都会形成机械波

D. 做简谐运动的物体经过平衡位置时，合力一定为零，速度最大

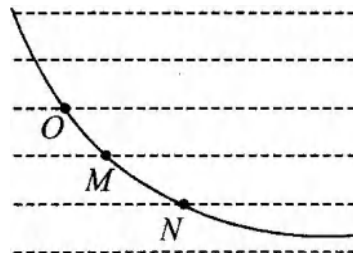
18. 竖直面内，一带电小球以一定的速度进入匀强电场中，如图所示，虚线为匀强电场的等势面，实线为带电小球的轨迹。下列说法正确的是

A. 小球从 O 到 N 机械能守恒

B. 从 O 到 M 与从 M 到 N，小球的动能的增加量相同，且小球是一定从 O 运动到 N 的

C. 从 O 到 N 小球的机械能减少，重力势能减小

D. 小球所受电场力方向一定竖直向上，所以匀强电场的方向也一定竖直向上



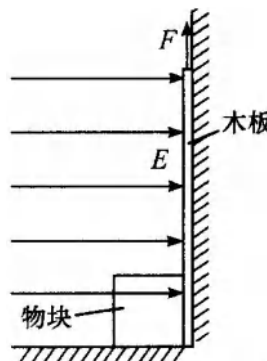
19. 如图所示，一轻质木板右侧靠在光滑竖直墙面上，下端放在光滑绝缘的水平面上，水平面上方有一电场强度为 $E=100\text{ N/C}$ 的匀强电场，电场强度的方向水平向右，一质量为 $m=0.4\text{ kg}$ ，带电量为 $q=0.1\text{ C}$ 的物块贴在轻质木板的下方，物块与轻质木板间的摩擦因数为 $\mu=0.8$ ，有一恒力 $F=5\text{ N}$ 的外力作用在轻质木板上，重力加速度为 $g=10\text{ m/s}^2$ 。下列说法正确的是

A. 物块与轻质木板不发生相对滑动

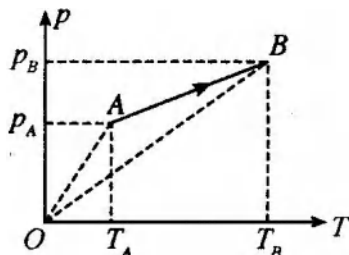
B. 物块与轻质木板间的摩擦力大小为 8 N

C. 物块向上做匀加速直线运动，加速度大小为 2.5 m/s^2

D. 物块受到的摩擦力方向竖直向下



20. Phyphox 软件利用手机传感器，即时显示有关物理数据，同时建立坐标系，能够直观对比实验数据，操作简单，可测量物理量全面，小茗同学准备用 Phyphox 软件测量导热良好的透明玻璃杯内的压强与温度的关系。小茗同学将手机放入玻璃杯内，拧好杯盖，然后将玻璃杯放入热水中，测出气体的压强随温度变化的规律如图所示，玻璃杯内气体视为理想气体，环境压强不变。下列说法正确的是



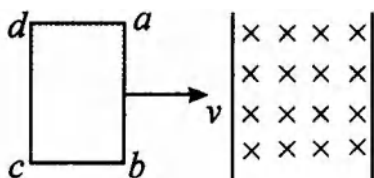
A. 状态 A 玻璃杯内气体分子平均距离比状态 B 玻璃杯内气体分子平均距离大

B. 从状态 A 到状态 B 玻璃杯内气体分子平均动能变大，但有的气体分子动能可能减小

C. 从状态 A 到状态 B 可知小茗同学没有完全把杯盖拧紧，玻璃杯内气体有漏气现象

D. 从状态 A 到状态 B 玻璃杯中气体质量不变

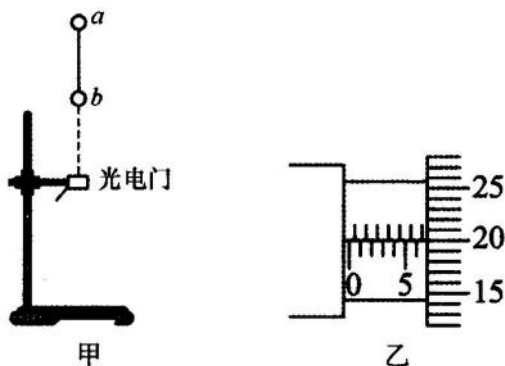
21. 一质量为 $m=1.0\text{ kg}$ 的矩形线圈 $abcd$ ，匝数 $n=100$ 匝，电阻值 $R=1.0\ \Omega$ ， ab 边长 $L=20\text{ cm}$ ， bc 边长 $d=10\text{ cm}$ ，在光滑水平面上以初速度 $v=5.0\text{ m/s}$ 向右进入磁感应强度大小 $B=0.1\text{ T}$ 、方向竖直纸面向里的匀强磁场中，磁场的宽度为 20 cm 。下列说法正确的是



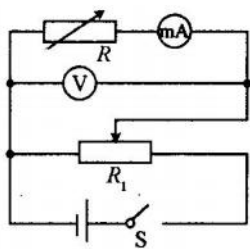
- A. 刚进入磁场时线圈的加速度大小 $a=0.2 \text{ m/s}^2$
 B. 线圈恰好完全进入磁场时，线圈的速度大小为 4.5 m/s
 C. 线圈穿出磁场时的速度为 4.2 m/s
 D. 线圈进入磁场的过程中与穿出磁场的过程中产生的焦耳热之比为 $k=\frac{12}{11}$

三、非选择题：共 174 分。

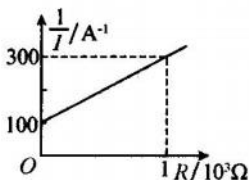
22. (7 分) 经过几代航天人的不懈奋斗，我国对深空探测的脚步越来越快，祝融号火星车的成功着陆预示着人类在不久的将来有望登陆火星。于是小李同学大胆设想用如图甲所示装置测火星表面的重力加速度，进而间接测量火星的质量。光电门固定在铁架台上，光电门通过光电传感器与 AI 连接，整个装置固定在火星表面。通过轻绳相连的 a、b 两个完全相同的小球距离铁架台底座足够高，a 球通过电磁铁固定在光电门正上方（图中没有画出），连接两球的轻绳长度为 L。已知火星的半径为 R，绳长远大于球直径，引力常量为 G。



- (1) 实验前用螺旋测微器测量小球直径，如图乙所示，则小球的直径 $D=$ _____ mm；
 (2) 两球静止在光电门正上方。然后控制电磁铁由静止释放 a 球，AI 将 b 球和 a 球通过光电门时的遮光时间数据传输到地球，小李收到 b 球和 a 球通过光电门的时间分别为 t_1 、 t_2 ，则 b 球通过光电门时，a 球的速度大小为 $v_1=$ _____，火星表面的重力加速度 $g=$ _____，火星的质量为 _____（用题中物理量符号表示）。
 23. (10 分) 小明同学准备测量一未知元件伏安特性，现有的器材缺少一个电流表，只有一个量程为 10 mA 的毫安表，但是内阻未知，无法进行改装，于是小明用仅有的实验器材设计了测量毫安表的内阻的电路，如图所示，实验步骤如下：



甲



乙

I. 小明按照如图甲所示连接电路；

II. 闭合开关 S，调节滑动变阻器 R_1 、电阻箱 R 使电压表、毫安表指针偏转角较大，电压表示数记为 U_0 ；

III. 反复调节 R_1 与 R 使电压表示数始终为 U_0 ，记录多组毫安表示数 I 与电阻箱 R 的值；

IV. 做出 $\frac{1}{I} - R$ 图像，如图乙所示；回答下列问题：

(1) 闭合开关 S 之前，滑动变阻器的滑片应置于_____（填“左端”或“右端”）；

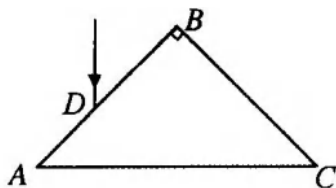
(2) 根据 $\frac{1}{I} - R$ 图像可知 $U_0 = \underline{\hspace{2cm}}$ V，毫安表内阻 $R_A = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$ ；

(3) 小明需要将该毫安表改装成 3 A 的电流表，需要_____（填“串联”或“并联”）_____ Ω 的定值电阻（保留三位有效数字）。

24. (11 分) 如图所示，横截面为等腰直角三角形 $\triangle ABC$ 的棱镜，一细光束从 D 点垂直 AC 面射入棱镜，经 AC 面反射后，反射光线恰好经过 B 点，已知 $AC = \sqrt{2}l$ ， $BD = \frac{3-\sqrt{3}}{3}l$ 。

(1) 做出光路图；

(2) 求棱镜的折射率。



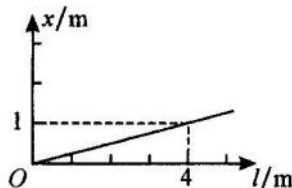
25. (14 分) 如图甲所示，倾角为 $\theta = 60^\circ$ 的斜面放在光滑水平面上，一光滑小物块（可视为质点）放在斜面上，小物块由静止滑到斜面底端时斜面的位移为 x，斜面的位移与小物块在斜面上释放的位置有关，设小物块由静止释放的位置距离斜面底端的距离为 l，则 $x - l$ 图像如图乙所示，已知小物块质量为 m，斜面质量为 M，重力加速度为 g。

(1) 求斜面的质量与小物块的质量的关系；

(2) 若小物块滑到斜面底端时竖直方向速度满足 $v_y = \frac{2\sqrt{3}}{3}v_M$ ，求小物块下滑到斜面底端过程中，斜面所受合力的冲量（结果用 l 表示）。

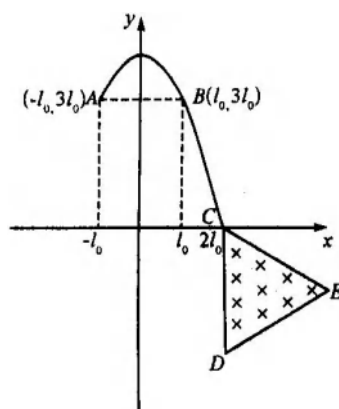


甲



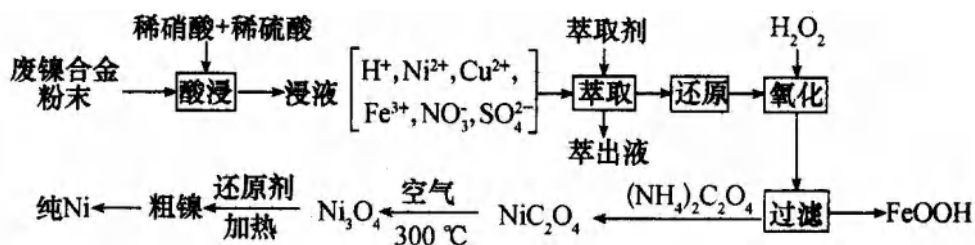
乙

26. (20 分) 如图所示 x 轴上方存在沿 y 轴正向的匀强电场 (未画出), 电场强度为 E , 一质量为 m 、电荷量为 q 的粒子 (不计重力) 从 A 点射出, 粒子轨迹为 ABC , 各点坐标如图所示, 在第四象限正三角形的 CD 边垂直 x 轴区域内有一匀强磁场, 正三角形的边长为 L . 粒子从 C 点进入匀强磁场, 穿出磁场后, 粒子再次经过 y 轴时速度与 y 轴负方向夹角 θ 的正切值为 $\frac{1}{4}$. 求:



- (1) 粒子从 A 点到 C 点, 电场力对粒子做的功;
- (2) 粒子经过 C 点的速度;
- (3) 磁感应强度的最小值.

27. (14 分) 纯镍常用作锂离子电池的正极材料以及有机合成的催化剂。以废镍合金为原料 (主要成分是 Ni 和 Cu , 还有少量 Fe 和 Si 等) 制备高纯度镍的流程如下:



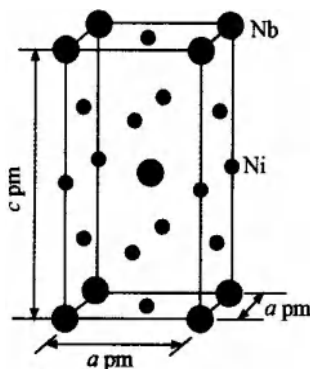
已知: 随着 pH 升高, Fe^{2+} 被氧化速率增大, 同时 Fe^{3+} 水解生成 $Fe(OH)_3$ 胶体增多且能吸附 Ni^{2+} 。回答下列问题:

- (1) “酸浸”中稀硫酸的作用有调节 pH 、减少 $Fe(OH)_3$ 胶体、_____。
- (2) “氧化”中 H_2O_2 的作用是_____ (用离子方程式表示)。该过程通常需控制 pH 小于 3 的条件下进行, pH 为 3~4 时镍的回收率降低, 其主要原因是_____。
- (3) 已知: 常温下, $K_b(NH_3 \cdot H_2O) = 1.8 \times 10^{-5}$, $K_{a1}(H_2C_2O_4) = 5.4 \times 10^{-2}$, $K_{a2}(H_2C_2O_4) = 5.4 \times 10^{-5}$ 。0.1 mol $\cdot$ L $^{-1}$ $(NH_4)_2C_2O_4$ 溶液 pH _____ (填 “>” “<” 或 “=”) 7, 此溶液中 $H_2C_2O_4$ 、 NH_4^+ 、 $C_2O_4^{2-}$ 、 $HC_2O_4^-$ 浓度由大到小排序为_____。
- (4) 制备等质量 Ni , 还原 Ni_3O_4 的 CO 、 H_2 的质量之比为_____。
- (5) 工业上, 提纯镍粉的原理是 $Ni(s) + 4CO(g) \rightleftharpoons Ni(CO)_4(g)$ $\Delta H < 0$, 如图所示 (分子膜只允许气体分子通过, 不允许固体杂质和镍粉通过)。



温度: T_1 _____ (填 “>” “<” 或 “=”) T_2 , 判断依据是_____。

- (6) 铌镍合金可用于喷射引擎、燃气涡轮发动机、火箭组件和耐热燃烧器材等, 在航空航天领域有着重要应用。一种铌镍合金晶胞如图所示。



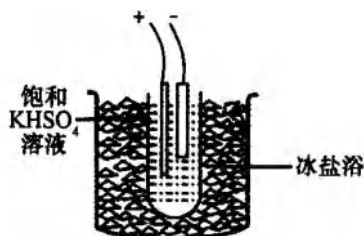
该晶体密度为_____ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ (只列计算式即可)。

28. (14 分) 过二硫酸钾 ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$) 是一种常用的氧化剂。某小组设计实验制备 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 、探究其性质并测定 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 产品纯度。回答下列问题:

实验 (一): 制备 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 。

实验原理: $2\text{KHSO}_4 \xrightarrow{\text{通电}} \text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8 + \text{H}_2 \uparrow$, 装置如图所示。

实验步骤: 取 40 g KHSO_4 溶于 90 mL 蒸馏水中, 然后冷却溶液至 -5°C 以下, 将 80 mL 溶液轻轻倒入大试管中, 装上铂丝阳极、铂片阴极。试管围置在烧杯的冰盐浴中, 通电 (1.5 A 左右的电流) 2 小时。将沉淀收集在小的砂芯漏斗中 (不能用水洗涤), 抽干晶体, 相继用乙醇和乙醚洗涤, 在干燥器内干燥, 称重。



实验现象: 电解过程中, 阴极产生气体, 阳极也逸出微量气体, 溶液中析出晶体。

(1) 已知阳极放电顺序: HSO_4^- 优先于 H_2O 。阳极最先发生的电极反应式为_____。

电解过程中, 阴、阳极产生气体体积比_____ (填“大于”“小于”或“等于”) 2 : 1 (同温同压)。

实验 (二): 探究 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 的性质。

序号	实验操作及现象
a	加热 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 溶液至沸腾, 有气体生成; 一段时间后, 冷却至常温; 取少量溶液, 测定溶液 $\text{pH} < 7$ 。向该溶液中滴加盐酸酸化, 再滴加 BaCl_2 溶液, 产生白色沉淀。
b	在 MnSO_4 溶液中滴加 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 溶液, 振荡, 无明显现象; 再滴加几滴 AgNO_3 浊液 (作催化剂), 溶液变紫红色。

(2) 实验 a 说明 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 在沸水中不稳定, 与水反应生成 K_2SO_4 和_____ (填化学式)。

(3) 实验 b 说明 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 具有_____性, 写出离子方程式: _____, 此反应是检验 Mn^{2+} 的特征反应。

实验 (三): 测定 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 产品纯度。

称取 ω g 产品溶于水配制 250 mL 溶液, 准确量取 25.00 mL 配制溶液于锥形瓶中, 加入过量 KI 溶液, 振荡, 滴几滴淀粉溶液, 用 $c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 标准 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液滴定至终点,

消耗滴定液 $V \text{ mL}$ 。有关反应为 $S_2O_8^{2-} + 3I^- \rightleftharpoons 2SO_4^{2-} + I_3^-$ ， $I_3^- \rightleftharpoons I_2 + I^-$ ， $I_2 + 2S_2O_3^{2-} \rightleftharpoons 2I^- + S_4O_6^{2-}$

(4) 本实验滴定终点现象是_____。

(5) 该产品纯度为_____ %。若其他操作均正确，滴定前仰视读数，终点时俯视读数，则测得结果_____ (填“偏高”“偏低”或“无影响”)。

29. (15 分) 乙醛 (CH_3CHO) 是一种常见的有机物，在生产、生活中用途广泛。回答下列问题：

(1) 已知：① $2CH_3CHO(g) + 5O_2(g) \rightleftharpoons 4CO_2(g) + 4H_2O(g)$ ΔH_1

② $2CO(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2CO_2(g)$ ΔH_2

③ $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightleftharpoons CO_2(g) + 2H_2O(g)$ ΔH_3

$CH_3CHO(g) \rightleftharpoons CO(g) + CH_4(g)$ $\Delta H = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

(2) 在镍催化下，乙醛与氢气反应生成乙醇。在恒温恒容反应器中充入一定量 $CH_3CHO(g)$ 和 $H_2(g)$ 发生反应： $CH_3CHO(g) + H_2(g) \rightleftharpoons CH_3CH_2OH(g)$ 。下列叙述错误的是_____ (填标号)。

A. 气体压强不随时间变化时达到平衡状态

B. 平衡后充入氖气，平衡向逆反应方向移动

C. 上述可逆反应的正反应是熵增反应

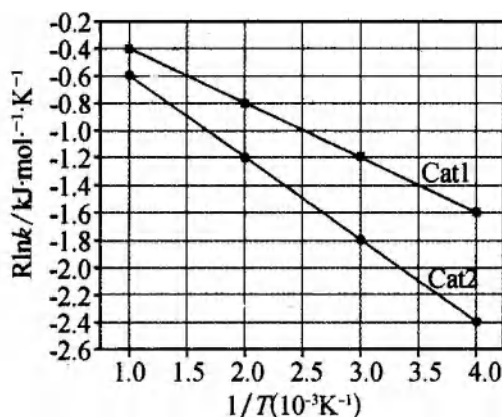
D. 平衡后，充入少量 H_2 ， CH_3CHO 平衡转化率增大

(3) $CH_3CHO(g) \rightleftharpoons CO(g) + CH_4(g)$ 速率方程 $v = kc^n(CH_3CHO)$ (k 为速率常数，只与温度、催化剂有关； n 为反应级数)。

① 阿伦尼乌斯就关于速率常数与活化能 (E_a)、温度 (T) 的关系提出经验关系式：

$R \ln k = -E_a / T$ (R 为常数， k 为速率常数， E_a 为活化能， T 为温度)。

一定温度下，在 Cat 1、Cat 2 (催化剂) 作用下， $R \ln k$ 与 $\frac{1}{T}$ 关系如图所示。



催化剂效能较高的是_____ (填“Cat 1”或“Cat 2”)，判断依据是_____。

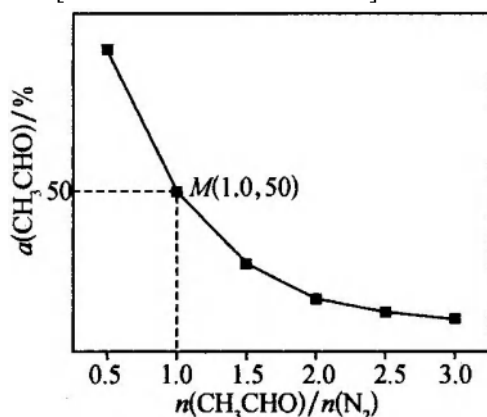
② 为了测定反应级数 (n)，实验测得 $CH_3CHO(g) \rightleftharpoons CO(g) + CH_4(g)$ 在一系列不同浓度时的初始反应速率数据如下：

$c(\text{CH}_3\text{CHO})/\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$	0.1	0.2	0.3	0.4
$v/\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$	0.020	0.080	0.182	0.318

已知：一步进行的反应称为基元反应，基元反应中反应级数等于反应物的化学计量数之和。下列叙述正确的是_____（填标号）。

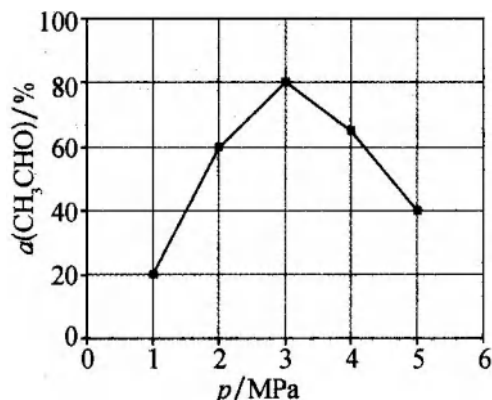
- A. 该总反应为二级反应
 B. 速率常数 $k=4.00 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
 C. 上述反应不是基元反应
 D. $c(\text{CH}_3\text{CHO})=0.15 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时 $v=0.45 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$

(4) 一定温度下，保持总压强为 $p \text{ kPa}$ ，向反应器充入 $\text{CH}_3\text{CHO}(\text{g})$ 和 N_2 的混合气体（ N_2 不参与反应）发生反应 $\text{CH}_3\text{CHO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{CH}_4(\text{g})$ ，测得 CH_3CHO 平衡转化率与起始投料比 $[n(\text{CH}_3\text{CHO})/n(\text{N}_2)]$ 的关系如图所示。



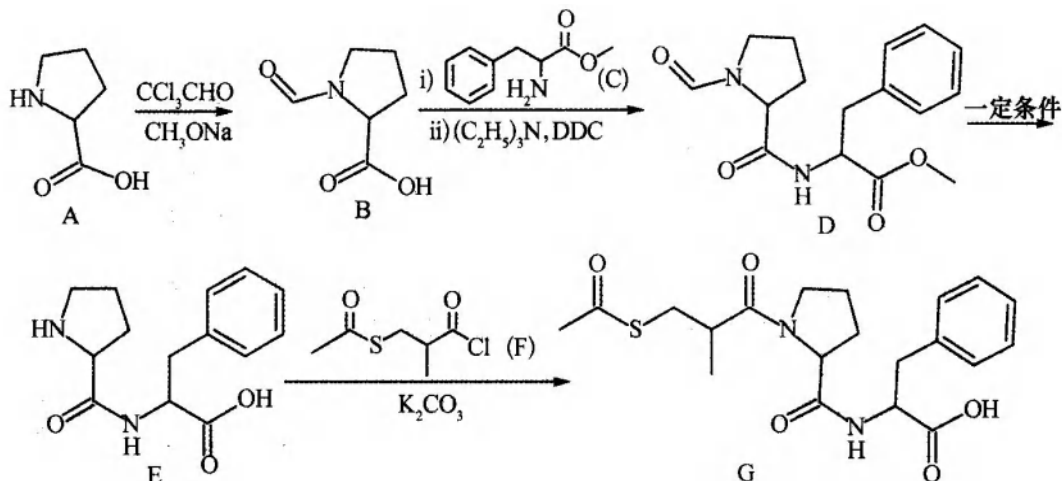
其他条件不变， CH_3CHO 的平衡转化率随着投料比增大而减小的原因是_____。该温度下，上述反应 M 点平衡常数 $K_p=_____ \text{ kPa}$ 。（ K_p 为用分压计算的平衡常数，分压=总压×物质的量分数）

(5) $T^\circ\text{C}$ 时，向反应器充入一定量 $\text{CH}_3\text{CHO}(\text{g})$ 发生反应 $\text{CH}_3\text{CHO}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{CO}(\text{g}) + \text{CH}_4(\text{g})$ ，测得单位时间内 CH_3CHO 转化率与压强关系如图所示。解释 $p=3 \text{ MPa}$ 时 CH_3CHO 的转化率达到峰值的原因：_____。

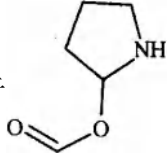


(6) 据报道,我国科学家开发功能催化剂,实现中性水溶液中高效催化电解还原 CO_2 制备乙醛,其阴极的电极反应式为_____。

30. (15 分) 阿拉普利 (G) 是血管紧张转化酶抑制剂,一种合成路线如下:



回答下列问题:

(1) G 中 sp^3 杂化的原子除 C 外还有_____。A 的沸点高于  , 其原因是_____。

(2) C 中所含官能团有_____ (填名称)。

(3) $\text{A} \rightarrow \text{B}$ 同时生成氯仿,其反应类型是_____。 $\text{E} \rightarrow \text{G}$ 中 K_2CO_3 的作用是_____。

(4) $\text{B} \rightarrow \text{D}$ 的化学方程式为_____。

(5) 在 B 的同分异构体中,同时具备下列条件的结构有 (不包括立体异构体) _____ (填标号)。

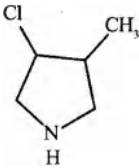
①含五元环且环上含 N—C 键; ②1 mol 有机物与足量银氨溶液共热最多生成 4 mol Ag; ③含有酯基。

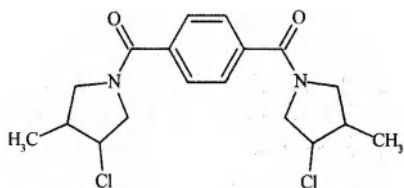
a. 10 种

b. 11 种

c. 12 种

d. 13 种

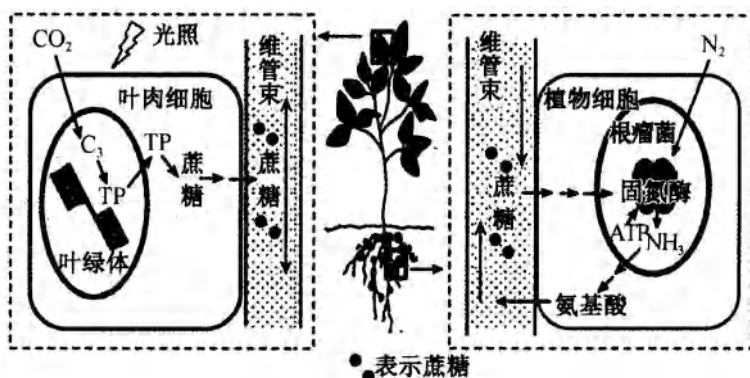
(6) 已知: $\text{RCOOH} \xrightarrow{\text{SOCl}_2} \text{RCOCl}$ 。以对二甲苯、 为原料合成



, 设计合成路线: _____ (其他试剂自选)。

31. (10 分) 民间自古就有“种豆肥田”的说法,其原因是豆科植物进化出根瘤来容纳根瘤

菌以进行生物固氮。为研究大豆根瘤形成的机理，科研人员进行了一系列研究。下图是大豆光合作用产物的形成及运输和大豆与根瘤菌关系示意图。分析回答下列问题：



(1) 大豆与根瘤菌的种间关系是_____，与大豆相比，根瘤菌在细胞结构上最显著的区别是_____。

(2) 根瘤菌进行生物固氮时起关键作用的是其产生的固氮酶，该酶发挥作用的机制是_____。所固定的氮元素被豆科植物利用后，除了可以用于合成图示的氨基酸，进而形成蛋白质外，还可用来合成很多其它的物质，其中由光反应产生并参与暗反应的物质有_____。

(3) 为大豆叶片提供 $C^{18}O_2$ ，大豆根中的淀粉出现 ^{18}O ，请写出元素 ^{18}O 转移的路径（用图中相关物质的名称及箭头表示）：_____。

(4) 为充分利用大气这一天然氮库，科学家将根瘤菌体内与固氮相关的基因转移到非豆科植物细胞中，期望培育出可进行生物固氮的转基因作物，中科院王二涛团队在此领域的研究已取得初步进展。培育进行生物固氮作物的重要意义是_____（写出 2 点）。

32. (11 分) 糖尿病是以多饮、多尿、多食及消瘦、疲乏、尿糖为主要表现的代谢综合征，临床上表现为血糖浓度偏高，严重者会出现肾病、视网膜病变、糖尿病足等并发症。回答下列问题：

(1) 糖尿病是由于人体和胰岛素相关的代谢异常导致的，该激素由人体的_____细胞分泌，其降低血糖的机制是：一方面促进血糖进入组织细胞_____，进入肝、肌肉合成糖原，进入脂肪组织细胞转变为甘油三酯；另一方面抑制_____和非糖物质转变为葡萄糖。

(2) 糖尿病分为 1 型和 2 型两种。2 型糖尿病患者的典型特征是出现胰岛素抵抗，即胰岛素功效降低，进而导致血糖水平居高不下。据此推测，2 型糖尿病患者体内的胰岛素浓度较正常人偏_____，原因是_____。图 1 是胰岛素作用机理的部分内容，据图分析，2 型糖尿病患者的病因可能有_____（填序号）。

- ①胰岛素的受体数量减少
- ②胰岛素的受体受损等原因导致功能异常
- ③胰岛素与受体结合后的信号转导过程出现障碍
- ④高尔基体合成的 GLUT4 减少
- ⑤含有 GLUT4 的囊泡与细胞膜的融合出现障碍



图 1

(3) 科研人员发现了一种新型血糖调节因子—成纤维细胞生长因子 (FGF1)，并利用胰岛素抵抗模型鼠和正常鼠开展了相关研究。图 2 中 FGF1 的浓度均为 1 单位，图 3 为健康鼠和注射不同浓度 FGF1 模型鼠体内胰岛素含量的测定结果。

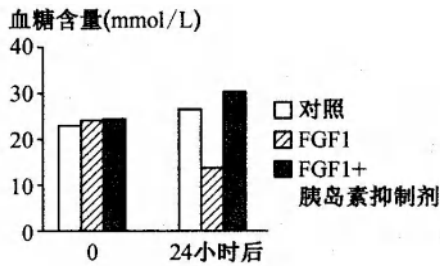


图 2

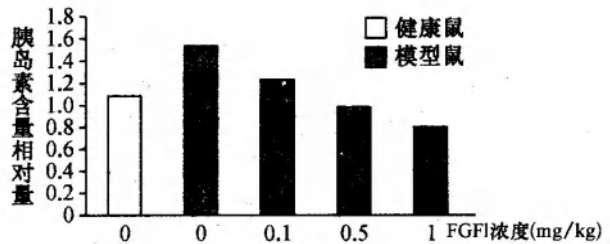
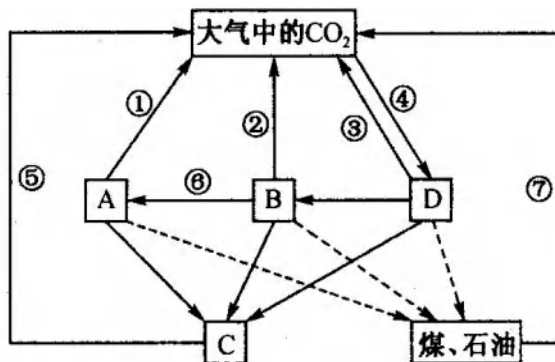


图 3

①图 2 的实验结果说明_____。

②图 3 中随 FGF1 浓度的增加，胰岛素抵抗模型鼠的胰岛素含量逐渐降低，推测可能的原因是_____。

33. (11 分) 如图表示某生态系统中的碳循环示意图，其中字母表示生态系统的成分，数字表示过程。根据所学内容回答以下问题：



(1) 生态系统的三大功能是_____，图中 C 的作用是_____。

(2) 碳在生物群落和非生物环境之间循环的主要形式是_____，为实现我国“2030 年前碳达峰，2060 年前碳中和”的目标，人们可通过减弱_____（用图中数字表示）过程来缩小生态足迹，减少大气污染，减弱温室效应。

(3) 池塘养鱼常采取鳙鱼、鲢鱼、草鱼、青鱼四大家鱼为主的多种鱼混养模式，其原理是利用群落在垂直结构上的分层现象和几种鱼在池塘中占据生态位的不同，充分利用不同层次的资源，获得最大的经济效益。生态位是指_____，下列对此概念的理解，正确的是_____（填序号）。

①包括该物种所处的空间位置 ②包括该物种占用资源的情况 ③包括该物种与其他

物种的关系 ④包括该物种的活动空间 ⑤一般来说,两物种间生态位重叠越大,二者间的种间竞争越激烈

(4)为缓解人口增长带来的世界性粮食紧缺状况,人类可以适当改变膳食结构。若人将草食动物性食物与植物性食物的比例由1:2调整到1:3,能量传递效率按10%计算,地球可供养的人口数量是原来的_____倍(保留两位小数)。

34. (11分)某种XY型性别决定的二倍体动物,其控制毛色的等位基因G、g只位于X染色体上,仅G表达时毛色为黑色,仅g表达时毛色为灰色,二者均不表达时毛色为白色。受表观遗传的影响,基因G、g来自父本时才表达,来自母本时不表达。DNA甲基化是导致表观遗传的常见原因之一。回答下列问题:

(1)等位基因是指_____。正常情况下,细胞分裂时,等位基因分离的时期是_____。

(2)正常情况下,该动物群体中雄性个体的毛色为_____,原因是_____。

(3)表观遗传是指_____,下列关于相关叙述正确的是_____ (填序号)。

①表观遗传会导致基因发生突变,进而使表型发生改变

②DNA甲基化后,可能影响基因与RNA聚合酶结合从而影响转录过程

③表观遗传的分子修饰只能发生在DNA分子上

④表观遗传现象不遵循基因分离定律和基因自由组合定律

(4)某雄性个体与雌性个体杂交,获得4只基因型互不相同的子一代。不考虑变异,亲本与子一代组成的群体中,灰色个体所占比例可能是_____。

35. (11分)人血清白蛋白(HSA)具有重要的医用价值,以传统方法只能从血浆中制备,科学家利用基因工程和细胞工程技术制得了重组HSA(rHSA)。回答下列问题:

(1)获取HSA基因的途径之一是:提取总RNA,利用_____酶合成总cDNA,然后以cDNA为模板,采用PCR技术扩增HSA基因。已知HSA基因一条链两端的序列为5'-AAGGGCGG-HSA基因-GGGAAACT3',根据其两端序列,则需要选择的一对引物序列是_____ (填字母)。若某一双链cDNA在PCR仪中进行了5次循环,则需要消耗_____个引物。

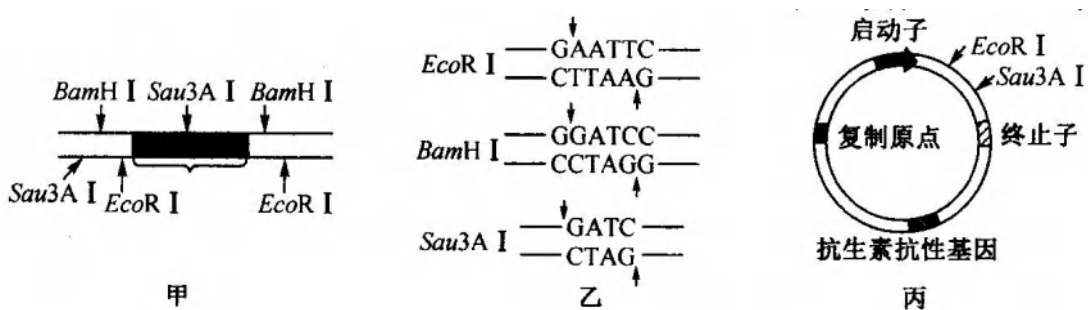
A. 引物I是5'-AAGGGCGG-3',引物II是5'-GGGAAACT-3'

B. 引物I是5'-AAGGGCGG-3',引物II是5'-AGTTTCCC-3'

C. 引物I是5'-CCGCCCTT-3',引物II是5'-GGGAAACT-3'

D. 引物I是5'-CCGCCCTT-3',引物II是5'-AGTTTCCC-3'

(2)如图甲为获取的含有HSA基因的DNA片段,中间一段为HSA基因。Sau3A I、EcoR I、BamH I为三种限制酶,图中箭头所指为三种限制酶的切点;图乙是三种限制酶的识别序列与酶切位点示意图;图丙是土壤农杆菌中用于携带目的基因的Ti质粒结构示意图。



为保证目的基因和质粒正确连接，切割含有目的基因的 DNA 片段和质粒经常都会用到两种限制酶，在该实验中，切割含有目的基因 DNA 片段的两种限制酶和切割质粒的两种限制酶是否完全相同？_____，原因是_____。

(3) 若要在水稻胚乳细胞中提取 rHSA，需要用到植物组织培养技术，该技术的原理是_____；若要利用乳腺生物反应器来生产 rHSA，则应将构建的基因表达载体导入_____中。

理科综合

参考答案、提示及评分细则

生物学部分

1. B 生物膜包括细胞膜、细胞器的膜、核膜,是细胞内所有膜结构的总称(囊泡的膜来源于细胞膜或细胞器的膜),上述过程中涉及的膜结构都属于生物膜,A正确;生长激素和唾液淀粉酶属于分泌蛋白,加工运输过程中会形成COPⅡ转运膜泡,但不会形成COPⅠ转运膜泡(只有特殊情况下,内质网驻留蛋白从高尔基体被送回内质网时才形成COPⅠ转运膜泡),B错误;由题意分析可知,COPⅠ转运膜泡与COPⅡ转运膜泡转运物质的方向不同,C正确;COPⅠ转运膜泡中含有磷脂及蛋白质成分,所以组成COPⅠ转运膜泡的化学元素有C、H、O、N、P等元素,D正确。
2. A 由题意可知,IL-4等细胞因子可以参与B细胞的激活,除此之外,B细胞活化所需的信号还有过敏原结合B细胞产生信号,辅助性T细胞识别过敏原后,细胞表面特定分子发生变化并结合B细胞产生信号,A错误;过敏原初次进入机体时,不会引起过敏症状,但可刺激机体产生相应的抗体,吸附在某些细胞表面,B正确;过敏原再次进入机体,过敏原与吸附在某些细胞表面的抗体结合,激活被相应抗体吸附的细胞,使其释放组织胺等物质,引起过敏反应,C正确;引起过敏反应的抗原即过敏原一定是外来物质,而引起正常免疫的抗原既可以是外来物质,也可以是体内产生的;过敏反应中产生的抗体一般是吸附在某些细胞的表面,而正常免疫产生的抗体主要分布在血浆中、组织液和外分泌液中;过敏反应对个体健康是不利的,而正常免疫对个体的健康是有利的,D正确。
3. C 从图中可以看出,不同波长的光和光照时间长短为自变量,都会影响植物的开花,A正确;分析第1组实验,给予短日照植物长时间白光处理,其不开花;给予长日照植物长时间白光处理,其开花。由此预测,第2组给予短日照植物短时间白光处理,其开花;给予长日照植物短时间白光处理,其不开花,B正确;根据第4组与第2组对比,在短暂红光处理后,出现了短日照植物不开花,长日照植物开花,说明红光处理可以打断黑暗周期抑制短日照植物开花;而第5组与第4组对比,额外用远红光处理,发现开花情况被逆转。说明红光处理打断黑暗周期会抑制短日照植物开花,但可被远红光处理逆转,C错误;光作为一种物理信息,影响、调控植物生长发育的全过程,D正确。
4. C 若是在食物和空间条件充裕、气候适宜、没有天敌和其他竞争物种且 λ 为定值等条件下,种群会呈现“J”形增长,则有 $N_t = N_0 \lambda^t$,A正确;如果遇到资源、空间等方面的限制,种群数量可能会出现“S”形增长,“S”形增长时种群数量的增长速率呈现先增大后减小的变化规律,且种群数量为 $K/2$ 时达到最大值,B正确;对于“S”形增长的种群来说,当 λ 值最大时,种群的增长率($=\lambda-1$)最大,但增长速率不一定最大,而种群增长速率最大时才最有利于鲫鱼种群的发展,C错误;使用标记重捕法调查鲫鱼种群密度时,若重捕方法不当导致捕获的鱼部分死亡,但剩余个体中标记的个体所占比例不变,则估算结果基本不变,D正确。
5. B 为保持培养基中的水分,实验室一般用高压蒸汽灭菌法对培养基进行灭菌,A正确;富集培养和选择培养都可以增加塑料降解菌的数量,但选择培养要以塑料为唯一碳源,而富集培养的目的是增加目的菌的数量,不需要以塑料为唯一碳源,B错误;当涂布时两个或两个以上的细菌连在一起时,培养后在平板上只观察到一个菌落,所以观察到的菌落数一般要比实际的活菌数少,C正确;用血细胞计数板统计YT2的数目,统计的是活菌数和死菌数的总和,而用稀释涂布平板法统计,得到的只是活菌的数目,D正确。
6. D 染色体端粒的成分是DNA和蛋白质,A错误;端粒断裂②后,姐妹染色单体在断裂处发生融合的现象,因此该变异可以发生在有丝分裂后期,也可以发生在减数分裂Ⅱ后期,但减数分裂Ⅰ没有图中着丝粒的断裂,所以不可能发生图中的变异,B错误;据题意“融合的染色体在细胞分裂后期由于纺锤丝的牵引而在任何一处位置发生随机断裂”可知,发生断裂后,两条染色体被分配到两个子细胞中,两个子细胞中染色体数目相同,C错误;若图中姐妹染色单体上相应位置处都是D基因,据题意可知,若发生断裂的部位位于两个D基因两侧,则图⑤中两个D基因最后可能分配到同一个子细胞中,此时两个子细胞一个基因为DD,另一个不含有D基因,基因型不同;若发生断裂的部位位于两个D基因之间,则图⑤后两个D基因最后分别分配到2个子细胞中,此时两个子细胞中都是D基因,基因型相同。综上所述,图⑤后两个子细胞基因型不一定相同,D正确。

二、非选择题:本题共5小题,共54分。

31. (10分,除标注的外,每空2分)

- (1)互利共生(1分) (根瘤菌)没有以核膜为界限的细胞核(或没有成形的细胞核,1分)
(2)降低了固氮反应(或“化学反应”)的活化能 ATP和NADPH(或ATP和还原型辅酶Ⅱ,答全才可得分)
(3) $C^{18}O_2 \rightarrow C_3 \rightarrow TP \rightarrow$ 蔗糖 $\rightarrow$ 淀粉
(4)节约成本;减少植物对氮肥的依赖(减少氮肥的使用);减少氮肥对水体的污染(减少水体的富营养化或减少环境污染)(任意答出2点,答出1点得1分)

32. (11分,除标注的外,每空2分)

- (1)胰岛B(1分) 氧化分解(1分) 肝糖原的分解(1分)
(2)高(1分) (由于负反馈调节机制,)高浓度的血糖会刺激机体产生更多的胰岛素(1分) ①②③⑤(答错不得分)

- (3)①使用 FGF1 可使胰岛素抵抗模型鼠的血糖浓度降低,且 FGF1 发挥降血糖作用时必须依赖胰岛素
②FGF1 发挥降血糖作用时必须依赖胰岛素,随 FGF1 浓度的增加,胰岛素消耗量逐渐增多,含量逐渐降低
33. (11 分,除标注的外,每空 2 分)
(1)物质循环、能量流动、信息传递(答不全不得分,1 分) 将动植物遗体 and 动物的排遗物分解成无机物
(2)CO₂(1 分) ⑦(1 分)
(3)一个物种在群落中的地位和作用 ①②③④⑤(答不全得 1 分)
(4)1, 23
34. (11 分,除标注的外,每空 2 分)
(1)(位于一对同源染色体相同位置上)控制相对性状的基因(1 分) 减数分裂 I 时期(减数分裂 I 后期)(1 分)
(2)白色(1 分) 等位基因 G、g 只位于 X 染色体上且来自父本时才表达,来自母本时不表达,而雄性个体的 X 染色体只能来自母本,G 或 g 基因都不表达,所以表现为白毛(答出“G、g 只位于 X 染色体上且雄性个体的 X 染色体只能来自母本”即可)
(3)生物体基因的碱基序列保持不变,但基因表达和表型发生可遗传变化的现象 ②④(答不全得 1 分,答错不得分)
(4)0 或 1/6 或 1/3 或 1/2(或 0、1/6、1/3、1/2)
35. (11 分,除标注的外,每空 2 分)
(1)逆转录(1 分) B 62
(2)否(不是) ①切割质粒只能用 EcoR I 和 Sau3A I 两种限制酶,但由于 Sau3A I 会破坏(切割)目的基因,所以切割含有目的基因的 DNA 片段不能用 Sau3A I;②由于 BamH I 与 Sau3A I 切出的粘性末端相同且 BamH I 和 EcoR I 切割含有目的基因的 DNA 片段后可得到与质粒两端粘性末端相同的目的基因,故应该用 EcoR I 和 BamH I 切割含有目的基因的 DNA 片段(答出“切割质粒要用 EcoR I 和 Sau3A I 两种限制酶,而切割含有目的基因的 DNA 片段要用 EcoR I 和 BamH I 两种限制酶”即可得分)
(3)(植物)细胞的全能性(1 分) (哺乳动物的)受精卵(1 分)

化学部分

7. A 丝绸、香料、皮草的主要成分是有机物,玉器的主要成分是硅酸盐等无机物。
8. C G 分子含 2 个手性碳原子,A 错误;G 含四种官能团:碳碳双键、羟基、羰基、醚键,B 错误;G 中含有酚羟基,遇氯化铁溶液能发生显色反应,C 正确;2 个甲基连接的碳原子采用 sp³ 杂化,该分子中所有碳原子不可能共平面,D 错误。
9. D T 分子中氨基 N 原子上有孤电子对,N 原子价层有 4 个电子对,采用 sp³ 杂化,A 错误;T 分子含有 7 个 N 原子,每个 N 原子都有 1 个孤电子对,都能与质子(H⁺)形成配位键,B 错误;T 分子省略了 7 个氢(σ 键),所以 1 mol T 分子含 35 mol σ 键,C 错误。
10. C 观察物质转化可知,环己烯被氧化,CO₂ 被还原,所以,a 极为阳极,b 极为阴极。阳极与电源正极连接,阴极与电源负极连接,故电解时 a 极应与电源正极连接,A 错误;阳极反应式为  + 2OH⁻ - 2e⁻ →  + H₂O,制备 1 mol 氧化产物,双极膜内向左侧迁移 2 mol OH⁻,向右侧迁移 2 mol H⁺,共减少 36 g, B 错误;b 极上 CO₂ 发生还原反应制备乙炔,所给反应式遵守电子守恒、电荷守恒,C 正确;若制备 1 mol C₂H₂,则电路中应有 10 mol 电子通过,阳极生成环氧环己烷 5 mol,环氧环己烷与乙炔的物质的量之比为 5 : 1,D 错误。
11. C Na₂S₂O₅ 中 S 显 +4 价,盐酸酸化的 Ba(NO₃)₂ 溶液具有强氧化性,能氧化硫元素生成硫酸盐,A 错误;锌能置换出银,锌与银构成原电池,加快了锌失去电子,Ag₂SO₄ 不是作催化剂,B 错误;醇不能与碱反应,苯酚能与碱反应,说明苯环使氢氧键变活泼,易断裂,C 正确;镁条在干冰灯笼中燃烧,只能说明 CO₂ 支持镁等金属燃烧,不能支持木材、甲烷等燃料的燃烧,D 错误。
12. B 由反应机理图可知,该合成反应有副产物产生,原子利用率不为 100%,A 错误;物质 D 分子中 B 原子采用 sp² 杂化,没有孤电子对,呈平面三角形结构,B 正确;A 分子中有 3 种不同化学环境的甲基,在核磁共振氢谱上有 3 组峰,C 错误;将 E 替换为 CH₂=CH-CF₃,反应可得 CF₂=CH-CH₂-Bpin,D 错误。
13. D 依题意,Cu(OH)₂、Mg(OH)₂ 组成相同,pX 与 pOH 关系呈平行线,故 L₃ 代表 p $\frac{c(\text{NH}_4^+)}{c(\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O})}$ 与 pOH 的关系,根据数据可知,L₁、L₂ 对应的 K_{sp} 分别为 10^{-19.7}、10^{-11.3},因为 K_{sp}[Mg(OH)₂] > K_{sp}[Cu(OH)₂],所以, K_{sp}[Mg(OH)₂] = 10^{-11.3} = 5.0 × 10⁻¹², K_{sp}[Cu(OH)₂] = 10^{-19.7} = 2.0 × 10⁻²⁰,A、B 正确;利用 a 点数据计算一水合氨电离常数 K_b = 10^{-4.7}, Cu²⁺ + 2NH₃ · H₂O ⇌ Cu(OH)₂ + 2NH₄⁺ 的平衡常数 K = $\frac{K_b^2}{K_{sp}[\text{Cu}(\text{OH})_2]}$ = $\frac{(10^{-4.7})^2}{10^{-19.7}}$ = 2.0 × 10¹⁰,C 正确;设 M 点 pOH 为 a,则有 4.7 - a = 11.3 - 2a, a = 6.6,代入关系式, pX = 11.3 - 6.6 × 2 = -1.9, pH = 14 - 6.6 = 7.4,D 错误。
27. (1)增强 NO₃⁻ 的氧化性(1 分)

(2) $2\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{FeOOH} \downarrow + 4\text{H}^+$ (2分) $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体增多, 吸附 Ni^{2+} (1分)

(3) $<$ (1分) $c(\text{NH}_4^+) > c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) > c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) > c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$ (2分)

(4) 14 : 1 (2分)

(5) $<$ (1分) 合成 $\text{Ni}(\text{CO})_4$ 是放热反应, 在低温区有利于生成 $\text{Ni}(\text{CO})_4$, 杂质残留在低温区; 高温区有利于 $\text{Ni}(\text{CO})_4$ 分解, 在高温区收集纯 Ni (2分)

(6) $\frac{59 \times 6 + 93 \times 2}{a^2 c \times N_A \times 10^{-30}}$ (2分)

【解析】(1) 金属与硝酸反应生成硝酸盐, 加入硫酸, 氧化性增强。(2) 双氧水氧化亚铁离子生成 FeOOH 和酸。依题意, pH 升高, $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体增多, 吸附镍离子, 导致镍回收率降低。(3) NH_4^+ 、 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 水解常数依次为 K_w/K_b 、 K_w/K_{a2} , 前者水解程度较大, 故草酸铵溶液呈酸性。由于离子水解程度较小, $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 分步水解, 所以, 离子浓度大小排序为 $c(\text{NH}_4^+) > c(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}) > c(\text{HC}_2\text{O}_4^-) > c(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$ 。(4) 等物质的量 CO 、 H_2 参加反应时失去电子数相等, 生成等量镍需要还原剂 CO 、 H_2 质量之比为 14 : 1。(5) 根据镍与 CO 化合反应可知, 低温时有利于镍与 CO 化合; 高温时有利于 $\text{Ni}(\text{CO})_4$ 分解生成镍, 故粗镍放在低温区, 在高温区收集纯镍, 杂质残留在低温区。(6) 晶体密度计算: 铌原子位于长方体晶胞顶点和体内; 镍原子位于长方体晶胞棱上、面上, 1 个铌镍晶胞中, $N(\text{Nb}) = 8 \times \frac{1}{8} + 1 = 2$, $N(\text{Ni}) = 4 \times \frac{1}{4} + 10 \times \frac{1}{2} = 6$, $\rho = \frac{59 \times 6 + 93 \times 2}{a^2 c \times N_A \times 10^{-30}} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。

28. (1) $2\text{HSO}_4^- - 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\text{H}^+$ (2分) 大于 (2分)

(2) H_2SO_4 、 O_2 (2分)

(3) 氧化 (1分) $5\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\text{Mn}^{2+} + 8\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{MnO}_4^- + 10\text{SO}_4^{2-} + 16\text{H}^+$ (写 $\frac{\text{Ag}^+}{\text{催化}}$ 也对, 2分)

(4) 滴入最后半滴标准溶液, 溶液刚好由蓝色变为无色且半分钟内不变色 (2分)

(5) $\frac{135cV}{w}$ (2分) 偏低 (1分)

【解析】(1) 阳极上硫酸氢根离子发生氧化反应生成过二硫酸根离子; 如果电解水, 两极同时产生气体, 则阴、阳极气体体积比为 2 : 1, 因硫酸氢根离子先被氧化, 所以, 产生氧气量较少, 故两种气体体积之比大于 2 : 1。(2) 根据实验现象和过二硫酸钾组成看, 产物有 K_2SO_4 、 H_2SO_4 , 结合氧化还原反应, 产物有 O_2 , 即反应为 $2\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{O}_2 \uparrow$ 。(3) 依题意, 在 AgNO_3 作催化剂, 过二硫酸钾与硫酸锰溶液反应生成了高锰酸根离子、硫酸根离子, 过二硫酸钾表现出强氧化性。(4) 滴定前, 溶液呈蓝色, 终点呈无色。(5) 有关反应方程式可得关系式: $2n(\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8) = n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$, 则 $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 产品纯度 = $\frac{c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times V \times 10^{-3} \text{ L} \times \frac{250 \text{ mL}}{25.00 \text{ mL}} \times 270 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{2 \times w \text{ g}} \times 100\% = \frac{135cV}{w}\%$ 。滴定前仰视读数, V_1 偏大; 终点时俯视读数, V_2 偏小, $(V_2 - V_1)$ 偏小, 结果偏低。

29. (1) $\frac{\Delta H_1 - \Delta H_2 - 2\Delta H_3}{2}$ (2分)

(2) BC (2分)

(3) ① Cat 1 (1分) 变化相同温度, Cat 1 的 $\text{Rln } k$ 变化值较小, 即 E_a 较小 (1分, 或其他合理表述) ② AC (2分)

(4) 其他条件不变, 增大投料比, 反应物和生成物的分压增大 (相当于增大压强), 平衡向逆反应方向移动 (1分) $\frac{p}{5}$ (2分)

(5) $p < 3 \text{ MPa}$ 时未达到平衡, 随着压强增大, 反应速率增大, 乙醛转化率增大, $p = 3 \text{ MPa}$ 时达到平衡状态, $p > 3 \text{ MPa}$ 时增大压强, 平衡向逆反应方向移动, 乙醛平衡转化率减小 (2分)

(6) $2\text{CO}_2 + 7\text{H}_2\text{O} + 10\text{e}^- \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{CHO} + 10\text{OH}^-$ (2分)

【解析】(1) 根据盖斯定律, $(\text{①} - \text{②} - \text{③} \times 2) \times \frac{1}{2}$ 得目标反应, $\Delta H = (\Delta H_1 - \Delta H_2 - 2\Delta H_3) \times \frac{1}{2}$ 。(2) 该反应是气体分子数减小的反应, 在恒温恒容条件下总压强不变时达到平衡状态, A 项正确; 对于恒容容器, 充入氮气, 各反应物质浓度不变, 平衡不移动, B 项错误; 气体分子数由多到少, 它是熵减反应, C 项错误; 平衡后, 充入 H_2 , 平衡正向移动, 乙醛平衡转化率增大, D 项正确。(3) ① 由表达式可知, 催化剂能影响活化能 (E_a), 所以, 变化相同温度, $\text{Rln } k$ 变化值越小, 对应活化能越小, 故 Cat 1 催化效能较高。② 由速率表达式可知, 代入表格任意两组数据, $\frac{v_1}{v_2} = (\frac{c_1}{c_2})^n$, $\frac{0.02}{0.08} = (\frac{0.1}{0.2})^n$, $n = 2$, A 项正确; 代入任意一组数据计算, $k = \frac{0.182}{0.3^2} \approx 2.00$, B 项错误; 上述反应中反应级数为 2, 而反应物的计量数为 1, 故该反应不是基元反应, C 项正确; 代入数据计算, $v = kc^2 = 2.00 \times 0.15^2 = 0.045$, D 项错误。(4) 对于恒压条件下, 充入 N_2 后, CH_3CHO 、 CH_4 、 CO 的总分压减小, 平衡向正反应方向移动, CH_3CHO 的平衡转化率增大。增大投料比, 反应的分压增大, 平衡向逆反应方向移动。取起始 CH_3CHO 、 N_2 各 1 mol, 则

	$\text{CH}_3\text{CHO}(\text{g})$	$\rightleftharpoons$	$\text{CO}(\text{g})$	$+$	$\text{CH}_4(\text{g})$
起始/mol	1		0		0
变化/mol	0.5		0.5		0.5
平衡/mol	0.5		0.5		0.5

M点代表平衡状态下,各物质分压: $p(\text{CH}_3\text{CHO})=p(\text{CO})=p(\text{CH}_4)=p \times \frac{0.5}{2.5}$

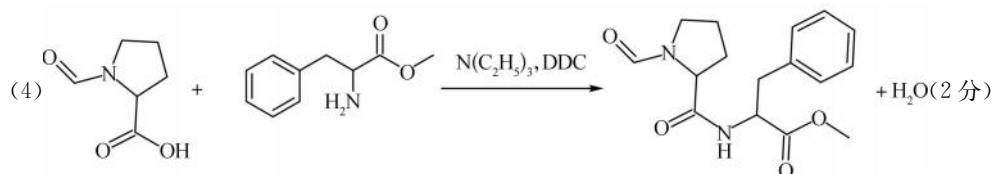
$$K_p = \frac{p(\text{CH}_4) \cdot p(\text{CO})}{p(\text{CH}_3\text{CHO})} = \frac{p}{5} \text{ kPa}.$$

(5)观察图示和反应式可知,反应是气体分子数增大的反应。 $p < 3 \text{ MPa}$ 时未达到平衡,随着压强增大,反应速率增大,乙醛转化率增大; $p = 3 \text{ MPa}$ 时达到平衡状态, $p > 3 \text{ MPa}$ 时增大压强,平衡向逆反应方向移动,乙醛平衡转化率减小,故 $p = 3 \text{ MPa}$ 达到峰值。(6)在中性水溶液中,阴极上 CO_2 发生还原反应生成 CH_3CHO ,电极反应式为 $2\text{CO}_2 + 7\text{H}_2\text{O} + 10\text{e}^- \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{CHO} + 10\text{OH}^-$ 。

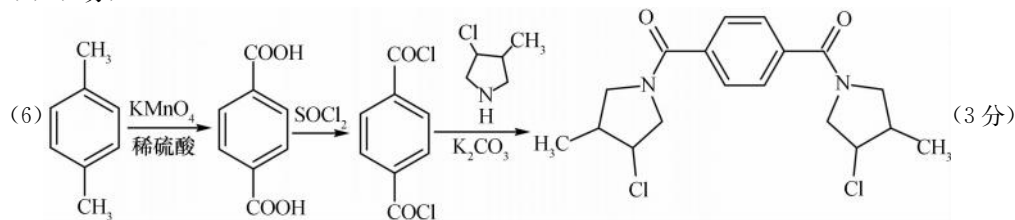
30. (1)S、N、O(2分) A分子中羧基之间存在氢键(1分)

(2)氨基、酯基(2分)

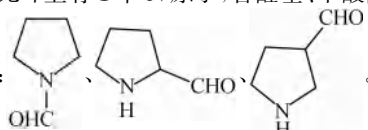
(3)取代反应(1分) 吸收副产物HCl,提高产率(2分)



(5)c(2分)



【解析】(1)G中N、S、O原子价层都有4个电子对,采用 sp^3 杂化。A分子中羧基之间能形成氢键,分子间作用力较强,故沸点较高。(3)A $\rightarrow$ B副产物为 CHCl_3 ,发生了取代反应。E、F发生取代反应,副产物为氯化氢,碳酸钾吸收氯化氢,促进反应正移,提高产率和原料转化率。(4)羧基和氨基形成酰胺基,副产物为水,发生取代反应。(5)依题意,五元环上有1个N原子,含醛基、甲酸酯基。同分异构体分两步书写:第一步,

五元环取代醛基,有三种结构: 。第二步,再取代甲酸酯基,依次得到2

种、5种、5种同分异构体,符合条件的结构有12种。(6)设计合成路线:先氧化引入羧基,后与 SOCl_2 反应;最后取代生成目标产物。

物理部分

14. D “11时14分”指的时刻,A错误;在图示状态下,神舟十七号飞船的加速度向上,根据牛顿第二定律可知飞船内三位宇航员处于超重状态,B错误;神舟十七号飞船如果视为质点的话,地面控制人员无法看到飞船的姿态调整,C错误;人造飞船绕地飞行,其发射速度不低于第一宇宙速度,即 7.9 km/s ,D正确。

15. C 铅球只受重力,根据牛顿第二定律可知铅球的加速度恒定,所以铅球做匀变速曲线运动,任意相等时间内,根据加速度的定义式 $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ 可知铅球的速度变化量相同,AB错误,C正确;设铅球出手速度 v 与水平方向夹角为 θ ,铅球出手位置距离地面高度为 h ,则 $-h = vt \sin \theta - \frac{1}{2}gt^2$,可知铅球在空中运动时间与初速度与水平方向夹角有关,D错误。

16. C 核反应遵循质量数与电荷数守恒,所以铀核衰变的核反应方程为 ${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{42}^{234}\text{Th} + {}_{50}^{4}\text{He} + 2 {}_{-1}^0\text{e}$,即整个过程经过4次 α 衰变,2次 β 衰变,AD错误;铀核发生衰变过程中,释放的能量为 $\Delta E = 16E_2 + 222E_3 - 238E_1$,B错误,C正确。

17. B 机械振动是指物体或物体的一部分在一个位置附近的往复运动,所以乒乓球的运动不属于机械振动,A错误;振动在介质中传播形成了波,波传播的是振动的形式,介质中的质点重复波源的振动形式,所以只要介质确定了,波速就确定了,与波源无关,因此有机机械波一定有机机械振动,反过来有机机械振动不一定会有有机机械波,B正确,C错误;做简谐运动的物体经过平衡位置时回复力一定为零,速度最大,合力不一定为零,D错误。

18. C 根据轨迹可知,小球的合力竖直向上,小球受竖直向下的重力,所以小球所受电场力一定竖直向上,小球

电性未知,无法确定电场强度的方向,由于电场力与重力做功均与路径无关,所以 O 到 M 与 M 到 N 合力对小球做功相同,故动能的变化量相同,但无法确定小球的运动方向, BD 错误;从 O 到 N 电场力对小球做负功,所以小球的机械能减少,重力做正功,小球的重力势能减小, A 错误, C 正确。

19. AC 由题意可得轻质木板合力为零,即 $F=f=5\text{ N}$, B 错误;对物块受力分析可知,物块与轻质木板之间弹力为 $N=Eq=10\text{ N}$,最大静摩擦力为 $F_f=\mu N=8\text{ N}>F$,所以物块与轻质木板一起向上做匀加速直线运动,物块受到的摩擦力方向竖直向上,由牛顿第二定律得 $F-mg=ma$,解得 $a=2.5\text{ m/s}^2$, AC 正确, D 错误。

20. BC 由题目的隐含条件可知玻璃杯的容积不变,所以气体的体积不变。从状态 A 到状态 B 的过程中与原点连线的斜率在逐渐减小,所以从状态 A 到状态 B 的过程中,玻璃杯中的气体的质量在减小,分子平均距离变大, A 错误, C 正确, D 错误。

21. CD 线圈进入磁场时的安培力为 $F_{\text{安}}=nBIL$,其中 $I=\frac{E}{R}=\frac{nBLv}{R}$,联立可得: $F_{\text{安}}=nBL\cdot\frac{nBLv}{R}=\frac{n^2B^2L^2v}{R}$,根据牛顿第二定律可得加速度大小为 $a=\frac{F_{\text{安}}}{m}=\frac{20}{1}\text{ m/s}^2=20\text{ m/s}^2$, A 错误;设向右为正方向,对线圈进行分析,设线圈恰好完全进入磁场所用时间为 t ,此时线圈的速度大小为 v_1 ,由动量定理可得: $-nBL\sum It=mv_1-mv$,其中: $\sum It=\frac{nBL}{R}\cdot d$,代入数据可得 $v_1=4.6\text{ m/s}$, B 错误;由以上分析可知,线圈进入与穿出磁场的过程,安培力的冲量大小均相等,且为 $\frac{n^2B^2L^2}{R}\cdot d$,由动量定理可知线圈穿出磁场的过程,

其速度减小量与线圈进入磁场的过程相等,由 B 选项分析可知,线圈穿出磁场速度为 $v_2=(5-0.8)\text{ m/s}=4.2\text{ m/s}$, C 正确;根据能量守恒定律可知,线圈上产生的热量在数值上等于线圈动能的减少量。线圈恰好完全进入磁场时的速度为 $v_1=4.6\text{ m/s}$,线圈刚穿出磁场时速度为 $v_2=4.2\text{ m/s}$,则有 $k=\frac{\frac{1}{2}mv_2^2-\frac{1}{2}mv_1^2}{\frac{1}{2}mv_1^2-\frac{1}{2}mv_2^2}$,解

得: $k=\frac{12}{11}$, D 正确。

22. (1) 6.700 (1分) (2) $\frac{D}{t_1}$ (2分) $\frac{D^2}{2L}\left(\frac{1}{t_2^2}-\frac{1}{t_1^2}\right)$ (2分) $\frac{D^2R^2}{2GL}\left(\frac{1}{t_2^2}-\frac{1}{t_1^2}\right)$ (2分)

解析: (1)用螺旋测微器测出小球直径 $D=6.5\text{ mm}+0.01\text{ mm}\times 20.0=6.700\text{ mm}$;

(2) b 球通过光电门时,两球的速度相等,即 a 球的速度大小为 $v_1=\frac{D}{t_1}$, a 球通过光电门时的速度 $v_2=\frac{D}{t_2}$,两球在火星上做匀加速直线运动,则 $v_2^2-v_1^2=2g_{\text{火}}L$,解得 $g_{\text{火}}=\frac{D^2}{2L}\left(\frac{1}{t_2^2}-\frac{1}{t_1^2}\right)$,两球在火星上的重力等于火星对两球的引力,即 $\frac{GM_{\text{火}}m}{R^2}=mg_{\text{火}}$,解得 $M_{\text{火}}=\frac{g_{\text{火}}R^2}{G}=\frac{D^2R^2}{2GL}\left(\frac{1}{t_2^2}-\frac{1}{t_1^2}\right)$ 。

23. (1)左端(1分) (2) 5 (3分) 500 (3分) (3)并联(1分) 1.67 (2分)

解析: (1)闭合开关前,应使输出电压从零开始,所以滑动变阻器的滑片应置于左端;

(2)由欧姆定律得 $I=\frac{U_0}{R+R_A}$,则 $\frac{1}{I}=\frac{1}{U_0}R+\frac{R_A}{U_0}$,所以 $\frac{1}{U_0}=\frac{300-100}{1\ 000}\text{ V}^{-1}$,解得 $U_0=5\text{ V}$, $\frac{R_A}{U_0}=100\text{ A}^{-1}$,解得 $R_A=500\ \Omega$;

(3)改装成电流表,需要并联一个电阻起到分流作用,根据并联电路电流之比等于电阻反比,所以 $\frac{I_g}{I-I_g}=\frac{R}{R_A}$,解得 $R=1.67\ \Omega$ 。

24. 解: (1)做出如图所示的光路图(2分),设入射角为 i ,折射角为 r

(2)由折射定律得 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$ (2分)

由反射定律可知 $\angle AED=\angle BEC$,由几何关系可知 $\angle ABE=r$

所以 $\triangle ADE$ 与 $\triangle CBE$ 相似,即 $\frac{DE}{BE}=\frac{AD}{BC}$ (2分)

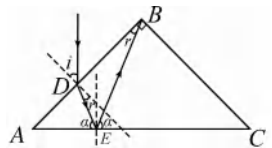
解得 $\frac{DE}{BE}=\frac{\sqrt{3}}{3}$ (1分)

在 $\triangle BDE$ 中,由正弦定理得 $\frac{\sin\left(r+\frac{\pi}{2}\right)}{BE}=\frac{\sin r}{DE}$ (2分)

解得 $\tan r=\frac{\sqrt{3}}{3}$, $r=30^\circ$ (1分)

联立解得 $n=\sqrt{2}$ (1分)

25. 解: (1)根据题意整个系统水平方向动量守恒,设小物块水平方向位移为 x_m ,则 $mx_m=MX$ (2分)



$$x_m + x = l \cos \theta \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{联立解得 } x = \frac{m \cos \theta}{M + m} l \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{根据图乙可知 } x-l \text{ 图像的斜率 } k = \frac{m \cos 60^\circ}{m + M} = \frac{1}{4} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{解得 } M = m \quad (1 \text{ 分})$$

(2) 对整个系统由机械能守恒定律得

$$mgl \sin \theta = \frac{1}{2} m v_m^2 + \frac{1}{2} m v_y^2 + \frac{1}{2} M v_M^2 \quad (2 \text{ 分})$$

水平方向动量守恒, 则 $m v_m = M v_M$ (2 分)

$$\text{又因为 } v_y = \frac{2\sqrt{3}}{3} v_M$$

$$\text{联立解得 } v_M = v_m = \sqrt{\frac{3\sqrt{3}gl}{10}} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{由动量定理得斜面所受合力的冲量 } I = M \sqrt{\frac{3\sqrt{3}gl}{10}} \quad (2 \text{ 分})$$

26. 解: (1) 根据电场力做功与路径无关, 故 $W_{\text{电}} = 3Eq l_0$ (2 分)

(2) 粒子沿 x 轴方向做匀速运动, y 轴做匀加速直线运动, 所以粒子从轨迹最高点到 B 点与 B 到 C 点时间相同, 即 $t_1 = t_2 = t$ (2 分)

根据初速度等于零的匀加速直线运动规律可知, 粒子轨迹最高点的坐标为 $y = 4l_0$ (2 分)

$$y = \frac{1}{2} a (2t)^2 \quad (1 \text{ 分})$$

$$Eq = ma \quad (1 \text{ 分})$$

$$l_0 = v_0 t \quad (1 \text{ 分})$$

$$v_{yC} = 2at \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{联立解得 } v_0 = \sqrt{\frac{Eq l_0}{2m}} \quad (1 \text{ 分}), v_{yC} = 2\sqrt{\frac{2Eq l_0}{m}} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{粒子经过 } C \text{ 点的速度为 } v_C = \sqrt{v_0^2 + v_{yC}^2} = \sqrt{\frac{17Eq l_0}{2m}} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{方向与 } y \text{ 轴负方向的夹角的正切值 } \tan \alpha = \frac{v_0}{v_{yC}} = \frac{1}{4} \quad (1 \text{ 分})$$

(3) 根据题意可知粒子带负电, 所以粒子从 C 点进入磁场时所受洛伦兹力的方向与 x 轴负向夹角为 α , 根据题意可知, 粒子在 CD 边射出磁场, 当粒子在 D 点射出磁场时, 磁感应强度有最小值 (1 分)

$$\text{则 } q v_C B_{\min} = m \frac{v_C^2}{R} \quad (2 \text{ 分})$$

$$2R \sin \alpha = L \quad (2 \text{ 分})$$

$$\text{联立解得 } B_{\min} = \frac{1}{L} \sqrt{\frac{2mE l_0}{q}} \quad (1 \text{ 分})$$