

# 2024 届高三考试 理科综合试题

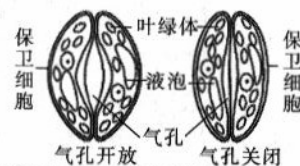
## 考生注意:

1. 本试卷分第 I 卷(选择题)和第 II 卷(非选择题)两部分,共 300 分。考试时间 150 分钟。
2. 请将各题答案填写在答题卡上。
3. 可能用到的相对原子质量: H 1 C 12 N 14 O 16 S 32 K 39 V 51 Mn 55 Zn 65

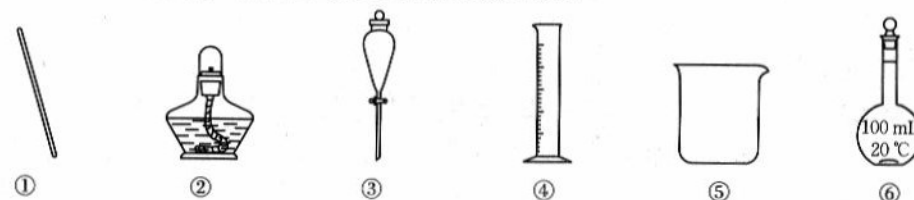
## 第 I 卷 (选择题 共 126 分)

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。

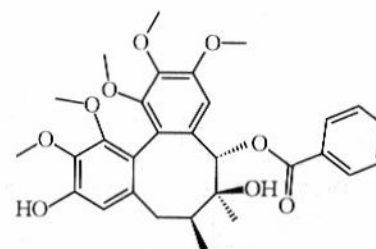
1. 细胞膜中的蛋白质在生物体的许多生命活动中起着非常重要的作用。下列有关叙述正确的是
  - A. 乙醇通过细胞膜进行运输时需要载体蛋白协助
  - B. 吞噬细胞能识别抗原与其膜表面的抗体密切相关
  - C. 性腺细胞膜上有接受垂体分泌的促性腺激素的受体
  - D. 细胞膜中的蛋白质均贯穿于整个磷脂双分子层
2. 正常机体能够适应复杂多变的外界环境, 离不开生长激素、甲状腺激素等激素对机体的各种生命活动的调节。下列关于动物激素的叙述, 错误的是
  - A. 在胚胎期或者婴幼儿阶段, 甲状腺激素分泌不足可能会导致神经系统发育不完善
  - B. 胰岛素可降低血糖浓度, 因此糖尿病患者需定期口服胰岛素
  - C. 人在饥饿时, 胰高血糖素促进肝糖原分解以维持血糖浓度相对稳定
  - D. 家兔耳缘静脉注射高浓度盐水后, 其垂体释放的抗利尿激素会增多
3. T 细胞在细胞免疫和体液免疫过程中均发挥着重要的调节作用。下列关于 T 细胞的叙述, 正确的是
  - A. T 细胞再次受到同种抗原刺激时会迅速产生大量抗体
  - B. T 细胞将病原体传递给 B 细胞后, 使 B 细胞释放淋巴因子
  - C. T 细胞的数目在 HIV 感染初期会急剧降低
  - D. T 细胞增殖分化形成效应 T 细胞需要抗原的刺激
4. 气孔是水分和气体进出植物叶片的通道, 它由叶片表皮上的保卫细胞环绕而成。保卫细胞失水, 气孔关闭; 保卫细胞吸水, 气孔开放, 如图所示。下列叙述错误的是
  - A. 保卫细胞的吸水和失水与其细胞内的液泡有关
  - B. 在一定范围内, 保卫细胞吸水能力与其细胞内浓度正相关
  - C. 夏季天气晴朗的中午, 保卫细胞失水, 植物蒸腾作用减弱
  - D. 保卫细胞吸水会影响叶片光合作用, 不利于植物生长
5. 物质循环对于维持生态系统的稳态有重要作用。下列关于物质循环的叙述, 正确的是
  - A. 碳等元素在生物群落和无机环境之间是不断循环的
  - B. 一般生物所处营养级越低, 其有机物含量越低
  - C. 碳在生物群落内部以二氧化碳的形式传递
  - D. 与秸秆燃烧相比, 秸秆还田在一定程度上可加剧温室效应



6. 某雌雄同株异花传粉的二倍体植物, 抗除草剂与不抗除草剂受两对独立遗传的基因控制, 相关基因为 A、a 和 B、b, 且只要存在一种显性基因就表现出抗除草剂性状。含基因 A 的雄配子有一半死亡, 其他配子育性正常。基因 B 存在显性纯合致死现象。下列叙述正确的是
  - A. 该种植物的生殖细胞在减数第二次分裂中期有 1 条性染色体
  - B. 只考虑是否抗除草剂时, 该种植物群体有 9 种基因型
  - C. 该种植物(AaBb)减数分裂产生 4 种比例相等的花粉
  - D. ♀甲(Aabb) × ♂乙(aaBb) 所得子代中的抗除草剂植株所占比例为 3/4
7. 化学与生活密切相关, 下列说法正确的是
  - A. 用浓氯化铵溶液处理过的舞台幕布不易着火
  - B. 在汽车排气管上加装催化转化器可减少 CO<sub>2</sub> 等有害气体的排放
  - C. 豆瓣酱的酿造过程未涉及化学变化
  - D. 铜质水龙头连接处的钢质水管易发生腐蚀且主要为化学腐蚀
8. 利用下列仪器(非玻璃仪器任选)能完成相应实验的是
  - A. 制备 Fe(OH)<sub>3</sub> 胶体
  - B. 氨溶于水的喷泉实验
  - C. 用四氯化碳萃取碘水中的碘
  - D. 配制 100 mL 1 mol · L<sup>-1</sup> 的 NaCl 溶液

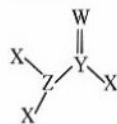


9. 《神农本草经》中记载了五味子具有收敛固涩、益气生津、补肾宁心的功效。有机物 M(结构如图)为五味子提取物之一。已知: 连有四个不同原子或基团的碳原子为手性碳原子。下列说法正确的是



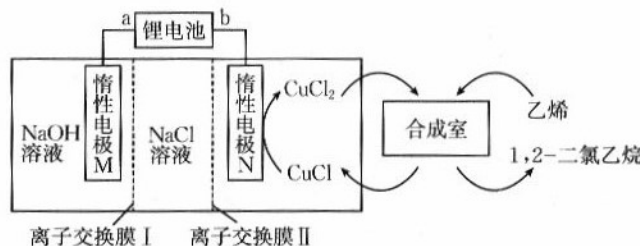
- A. M 与苯互为同系物
  - B. M 可发生取代反应、消去反应
  - C. M 分子中含有 4 个手性碳原子
  - D. 1 mol M 最多与 8 mol H<sub>2</sub> 发生加成反应
10. 设 N<sub>A</sub> 为阿伏加德罗常数的值, 下列叙述正确的是
    - A. 32 g 甲醇中含有的 H—O 键的数目为 N<sub>A</sub>
    - B. 2 g D<sub>2</sub><sup>16</sup>O 和 H<sub>2</sub><sup>18</sup>O 的混合物中含有的中子数为 0.8 N<sub>A</sub>
    - C. 常温下, 1 L pH=12 的 NaOH 溶液中水电离出的 OH<sup>-</sup> 数为 0.01 N<sub>A</sub>
    - D. 常温下, 1 mol 铁放入足量的浓硝酸中, 转移的电子数为 3 N<sub>A</sub>

11. X、Y、Z、W 为短周期主族元素，原子序数依次增大，最外层电子数之和为 16，Z、W 组成的化合物是形成酸雨的物质之一。由 X、Y、Z、W 组成的物质的结构如图。下列说法正确的是



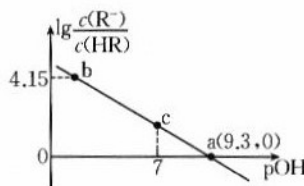
- A. 最简单氢化物的沸点:  $Z < Y$   
 B. 简单离子半径:  $W > Z$   
 C. 最高价含氧酸的酸性:  $Y > Z$   
 D. 仅由 X、W、Z 元素可形成离子化合物

12. 有机电化学合成是目前公认的一种绿色可持续性合成方法，电化学合成 1,2-二氯乙烷的装置如图。



下列说法错误的是

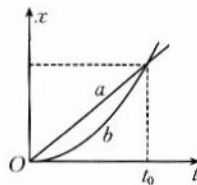
- A. 电解过程中锂电池中  $\text{Li}^+$  向锂电池的 b 端移动  
 B. 离子交换膜 I 和 II 分别为阳离子交换膜和阴离子交换膜  
 C. 当电极 M 区放出 11.2 L (标准状况) 气体时，理论上合成室中能消耗 1 mol 乙烯  
 D. 该装置总反应为  $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NaCl} \xrightarrow{\text{电解}} \text{H}_2 \uparrow + 2\text{NaOH} + \text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$
13. 常温下，向  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的 HR 溶液中缓慢加入 NaOH 固体，平衡后  $\lg \frac{c(\text{R}^-)}{c(\text{HR})}$  与溶液 pOH 的关系如图所示。下列说法错误的是



- 已知: HR 是一元弱酸,  $\text{pOH} = -\lg c(\text{OH}^-)$ ,  $\lg 2 = 0.3$ 。  
 A. a 点溶液中  $c(\text{Na}^+) < 0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$   
 B. b 点溶液的  $\text{pH} = 8.85$   
 C. c 点坐标为 (7, 2.3)  
 D.  $\text{pOH} = 10$  时,  $\frac{c(\text{R}^-)}{c(\text{HR}) + c(\text{R}^-)} = \frac{1}{3}$

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

14. 核泄漏污染物铯  $^{137}_{55}\text{Cs}$  会产生对人体有害的辐射，核反应方程为  $^{137}_{55}\text{Cs} \rightarrow ^{137}_{56}\text{Ba} + \text{X}$ ，其中 X 为  
 A. 质子 ( $^1_1\text{H}$ )      B. 电子 ( $^0_{-1}\text{e}$ )      C. 中子 ( $^1_0\text{n}$ )      D.  $\alpha$  粒子 ( $^4_2\text{He}$ )
15. 甲、乙两车并排停在斑马线处礼让行人，在行人经过斑马线后，甲、乙两车同时沿平直公路同向行驶，其位移—时间图像分别为图中的直线 a 和曲线 b，其中曲线 b 是抛物线的一部分。下列说法正确的是

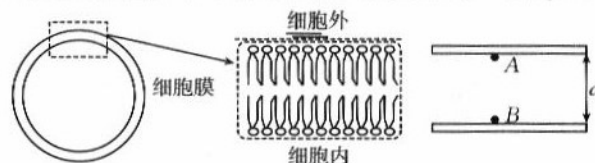


- A. 在  $0 \sim t_0$  时间内，甲车做匀加速直线运动  
 B. 在  $0 \sim t_0$  时间内，乙车做匀速直线运动  
 C.  $t_0$  时刻，两车并排行驶  
 D.  $t_0$  时刻，甲车的速度大于乙车的速度

16. 甲、乙两颗质量不同的小球 (均视为质点)，从同一高度以不同的初速度水平抛出，落在水平地面上。若甲球的质量为乙球质量的 4 倍，甲球的初速度大小为乙球的初速度大小的一半，不计空气阻力，则下列说法正确的是

- A. 甲球在空中运动的时间较长      B. 甲球的水平射程较大  
 C. 落地前瞬间，甲球竖直方向的速度较大      D. 落地前瞬间，甲球的动能较大

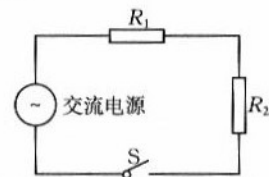
17. 人体细胞膜由磷脂双分子层组成，双分子层间存在电压 (医学上称为膜电位)。某小块均匀的细胞膜，厚度为  $d$ ，膜内的电场可视为匀强电场，简化模型如图所示，若初速度为零的钠离子 (带正电荷) 仅在电场力的作用下，从图中的 B 点运动到 A 点，则下列说法正确的是



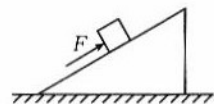
- A. 此细胞膜内电场的电场强度方向由 A 点指向 B 点  
 B. 运动过程中钠离子的电势能增大  
 C. 若膜电位不变，则  $d$  越大，钠离子射出细胞外的速度越小  
 D. 若膜电位不变，则  $d$  变化，钠离子射出细胞外的速度不变
18. 2023 年 6 月 20 日，“长征六号”运载火箭搭载“试验二十五号”卫星在太原卫星发射中心点火起飞，随后顺利将卫星送入预定轨道，发射取得圆满成功。若卫星入轨后绕地球做匀速圆周运动，其线速度大小为  $v$ ，轨道半径为  $r$ ，地球的半径为  $R$ ，引力常量为  $G$ ，忽略地球的自转，则地球的密度为

- A.  $\frac{3v^2 r}{4\pi G R^3}$       B.  $\frac{3v r}{4\pi G R^3}$       C.  $\frac{3v^2 r}{4G R^3}$       D.  $\frac{3v^2 r}{2\pi G R^3}$

19. 在如图所示的电路中，电阻  $R_1$  和  $R_2$  的阻值分别为  $20 \Omega$ 、 $10 \Omega$ ，若闭合开关 S 后，通过  $R_2$  的交变电流的瞬时值表达式为  $i = \sqrt{2} \sin 100\pi t (\text{A})$ ，则下列说法正确的是



- A. 通过  $R_1$  的电流的频率为 50 Hz  
 B. 通过  $R_1$  的电流的有效值为  $\sqrt{2} \text{ A}$   
 C.  $R_1$  两端电压的有效值为 10 V  
 D.  $R_1$  的电功率为 20 W
20. 如图所示，斜面体静止在水平地面上，一物块在沿斜面向上的力  $F$  作用下静止在粗糙斜面上。现撤去力  $F$ ，斜面体和物块仍保持静止，则下列说法正确的是

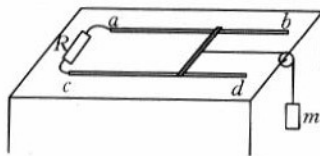


- A. 撤去力  $F$  前、后，物块对斜面的压力大小不变  
 B. 撤去力  $F$  前、后，物块所受摩擦力的大小可能不变  
 C. 撤去力  $F$  前、后，地面对斜面体的支持力大小不变  
 D. 撤去力  $F$  后，地面对斜面体的摩擦力为零
21. 如图所示，在绝缘水平桌面上放置两条相距为  $L$  的平行光滑导轨  $ab$  与  $cd$ ，导轨的  $a$ 、 $c$  端与阻值为  $R$  的电阻相连。质量为  $m$ 、电阻也为  $R$ 、长度为  $L$  的导体棒垂直于导轨放置，整个装置置于磁感应强度大小为  $B$ 、方向竖直向下的匀强磁场 (图中未画出) 中。导体棒的中点系一不可伸长的轻绳 (与桌面平行)，轻绳绕过固定在桌边的光滑轻小滑轮后，与一个质量也为  $m$  的物块相连，绳处于拉直状态。现由静止释放物块，用  $h$  表示物块下落的高度 (物块始终未触地)，重力加速度大小为  $g$ ，导体棒始终与导轨接触良好，不计其他电阻，则下列说法正



确的是

- A. 电阻  $R$  中的电流方向由  $c$  到  $a$
- B. 物块下落的最大加速度为  $\frac{g}{2}$
- C. 物块下落的最大速度为  $\frac{2mgR}{B^2L^2}$
- D. 通过电阻  $R$  的电荷量为  $\frac{BLh}{R}$

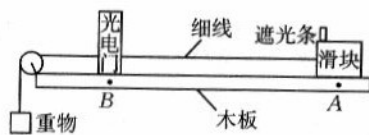


## 第 II 卷 (非选择题 共 174 分)

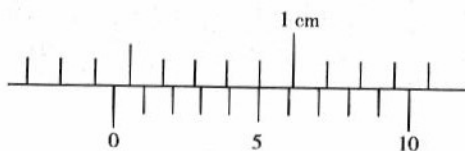
三、非选择题:包括必考题和选考题两部分。第 22~32 题为必考题,每道试题考生都必须作答。第 33~38 题为选考题,考生根据要求作答。

(一)必考题:共 129 分。

22. (5 分)某同学用如图甲所示的装置测量滑块与木板间的动摩擦因数。该同学将光电门固定在水平木板上的 B 点,重物与滑块通过细线连接。调整木板左端的滑轮,使滑轮、滑块间的细线与木板平行,然后将滑块从 A 点由静止释放。



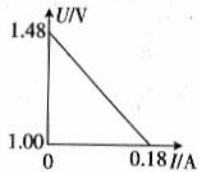
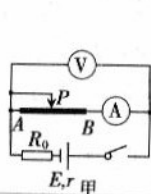
甲



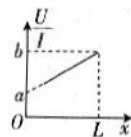
乙

- (1)用游标卡尺测量竖直固定在滑块上的遮光条的宽度,若示数如图乙所示,则遮光条的宽度  $d = \underline{\hspace{2cm}}$  mm。
- (2)若测得 A、B 两点间的距离为  $x$ ,某次将滑块释放后,遮光条通过光电门的时间为  $t$ ,则滑块的加速度大小  $a = \underline{\hspace{2cm}}$  (用  $d$ 、 $x$ 、 $t$  表示)。
- (3)若多次将滑块从 A 点由静止释放,测得滑块的加速度大小的平均值为  $\bar{a}$ ,已知滑块与重物质量的比值为  $k$ ,当地的重力加速度大小为  $g$ ,则滑块与木板间的动摩擦因数  $\mu = \underline{\hspace{2cm}}$  (用  $k$ 、 $g$ 、 $\bar{a}$  表示)。

23. (10 分)学校法拉第学习社用图甲电路,在测定一节干电池的电动势和内阻的同时,还测定电流表的内阻以及电阻丝的电阻率,其中 AB 为粗细均匀的电阻丝,定值电阻  $R_0 = 2 \Omega$ 。多次调节滑片 P 的位置,得到电压表的示数  $U$ 、电流表的示数  $I$  及对应的 PB 长度  $x$ 。



乙



丙

- (1)根据得到的多组数据作出  $U-I$  图像如图乙所示,由图乙求出这节干电池的电动势  $E = \underline{\hspace{2cm}}$  V、内阻  $r = \underline{\hspace{2cm}}$   $\Omega$ 。(结果均保留两位小数)
- (2)根据得到的多组数据作出  $\frac{U}{I}-x$  图像如图丙所示,其中  $a$ 、 $b$ 、 $L$  均为已知量,若测得电阻丝的直径为  $D$ ,则由图丙求出电流表的内阻  $r_A = \underline{\hspace{2cm}}$ ,电阻丝的电阻率  $\rho = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

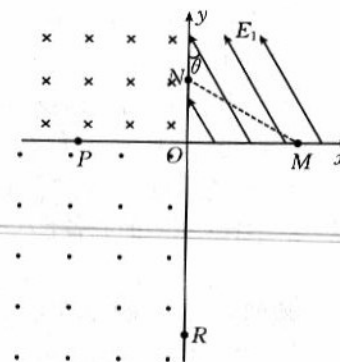
24. (12 分)如图所示,质量均为  $m = 1 \text{ kg}$  的物块 A、B(两物块均视为质点)静止在足够大的水平地面上,现用大小  $F = 10 \text{ N}$  的水平恒力推 A,经时间  $t = 0.5 \text{ s}$  后撤去恒力  $F$ ,撤去  $F$  时 A 恰好与 B 接触并发生正碰,碰撞过程中 A、B 间的弹力远大于它们受到的摩擦力,碰撞后两物块粘在一起继续向前运动。两物块与地面间的动摩擦因数均为  $\mu = 0.2$ ,取重力加速度大小  $g = 10 \text{ m/s}^2$ 。求:

- (1)两物块碰撞过程中损失的机械能  $E$ ;
- (2)A 在整个过程中通过的距离  $x$ 。

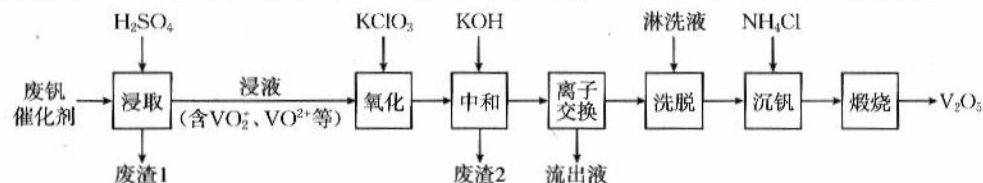


25. (20 分)如图所示,在竖直面内的直角坐标系  $xOy$  中, $y$  轴竖直, $M$ 、 $N$  两点的坐标分别为  $(\frac{3}{2}L, 0)$  和  $(0, \frac{\sqrt{3}}{2}L)$ ,第一象限内有方向与  $y$  轴正方向夹角  $\theta = 30^\circ$  的匀强电场;第二象限内有匀强电场(图中未画出)和方向垂直坐标平面向里的匀强磁场;第三象限内有匀强电场(图中未画出)和方向垂直坐标平面向外的匀强磁场,磁感应强度大小与第二象限内磁场的磁感应强度大小相等。现有一质量为  $m$ 、电荷量为  $q$  的带正电小球,从  $M$  点由静止开始沿直线  $MN$  运动,通过  $N$  点后在第二象限内做匀速圆周运动,垂直通过  $x$  轴上的  $P$  点后做匀速直线运动,通过  $Q$  点(图中未画出)时立即撤去第三象限内的磁场,经过一段时间后小球通过  $y$  轴上的  $R$  点。重力加速度大小为  $g$ ,不计空气阻力。

- (1)求第一象限内电场的电场强度大小  $E_1$  和第二象限内电场的电场强度大小  $E_2$ ;
- (2)求第二象限内磁场的磁感应强度大小  $B$ ;
- (3)求小球从  $Q$  点运动到  $R$  点的时间  $t$ ;
- (4)若小球从  $P$  点运动到  $Q$  点的时间与小球从  $Q$  点运动到  $R$  点的时间相等,求  $R$  点与原点  $O$  的距离  $s$ 。



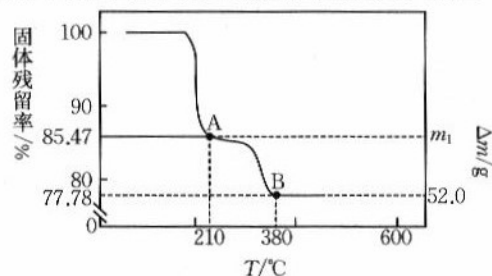
26. (14分)从废钒催化剂中回收  $V_2O_5$  既能避免污染环境又有利于资源综合利用。一种从废钒催化剂(含  $V_2O_5$ 、 $V_2O_4$ 、 $K_2SO_4$ 、 $SiO_2$ 、 $Fe_2O_3$ 、 $Al_2O_3$ )中回收  $V_2O_5$  的工艺流程如图:



已知:  $V_2O_5$ 、 $V_2O_4$  均溶于  $NaOH$  溶液。

回答下列问题:

- (1) ①“浸取”中含有的三价金属阳离子为\_\_\_\_\_ (填离子符号)。  
 ②若“浸取”时加入一定量的还原剂( $Na_2SO_3$ )将五价钒转化成四价钒,写出酸性条件下  $Na_2SO_3$  与  $V_2O_5$  发生反应的离子方程式:\_\_\_\_\_。  
 ③若“浸取”时用  $NaOH$  溶液代替  $H_2SO_4$ ,  $V_2O_5$  会转化为  $VO_3^-$ 。用  $NaOH$  溶液“浸取”时得到的“废渣1”的主要成分除铝硅酸钠外,还含有\_\_\_\_\_ (填化学式)。
- (2) 写出“氧化”过程中发生反应的离子方程式:\_\_\_\_\_。
- (3) “中和”作用之一是使钒以  $V_4O_{12}^{4-}$  形式存在于溶液中。“废渣2”的主要成分中能溶于  $NaOH$  溶液的是\_\_\_\_\_ (填化学式)。
- (4) “离子交换”和“洗脱”可简单表示为  $4ROH + V_4O_{12}^{4-} \xrightleftharpoons[\text{洗脱}]{\text{离子交换}} R_4V_4O_{12} + 4OH^-$  ( $ROH$  为强碱性阴离子交换树脂)。“离子交换”除去的阳离子为\_\_\_\_\_ (填离子符号)。
- (5) “沉钒”得到  $NH_4VO_3$  沉淀,取  $a$  mol  $NH_4VO_3$  “煅烧”,“煅烧”过程中  $NH_4VO_3$  质量的减少量(纵坐标  $\Delta m/g$ )及固体残留率随温度变化的曲线如图。则  $a = \underline{\hspace{2cm}}$ ,  $m_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ 。



27. (15分)高锰酸钾( $KMnO_4$ )外观呈紫黑色固体小颗粒,其易溶于水,是一种强氧化剂。某实验小组设计如下实验步骤制备  $KMnO_4$ :

(一)  $K_2MnO_4$  的制备

将氯酸钾 2.5 g、氢氧化钾 5.2 g 放入铁坩埚中混合均匀,小火加热并用铁棒搅拌至熔化后边搅拌边逐渐加入 3 g 二氧化锰,并强力搅拌以防结块,加热数分钟后即得到墨绿色的熔融物( $K_2MnO_4$ ),待冷却后在研钵中研细并倒入装有 100 mL 蒸馏水的烧杯中,加热使其溶解,趁热过滤,得到含  $K_2MnO_4$  的溶液。

(二)  $KMnO_4$  的制备

方法①:向  $K_2MnO_4$  溶液中通入  $CO_2$  使其歧化为  $KMnO_4$  和  $MnO_2$ ,用 pH 试纸测量溶液的 pH,当 pH 为 10~11 时,即停止通入  $CO_2$ ,过滤,经一系列操作得到  $KMnO_4$  产品。

方法②:用图 1 装置电解  $K_2MnO_4$  溶液(足量)制得  $KMnO_4$ 。

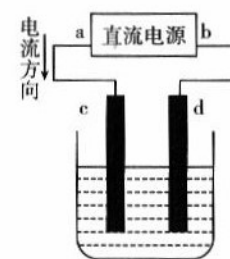


图 1

请阅读上述相关资料,回答下列问题:

- (1) 下列仪器中,\_\_\_\_\_ (填标号)是坩埚;实验中用到的“铁坩埚、铁棒”能否用“瓷坩埚、玻璃棒”代替? \_\_\_\_\_ (填“能”或“否”)。



A



B



C

- (2) 写出生成“墨绿色的熔融物”反应的化学方程式:\_\_\_\_\_。
- (3) “方法①”中不能用盐酸代替  $CO_2$  的原因是\_\_\_\_\_ (填离子方程式)。产物溶解度随温度变化情况如图 2 所示,则“一系列操作”具体为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、抽滤、烘干。

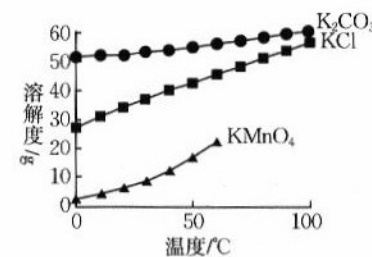


图 2

- (4) “方法②”中电解时在\_\_\_\_\_ (填“c”或“d”)电极处有气体放出,另一极的现象为\_\_\_\_\_。
- (5) 取  $a$  g  $KMnO_4$  样品,配制成 100 mL 溶液,取出 10.00 mL 溶液于锥形瓶中,用  $c$  mol  $\cdot$  L $^{-1}$  的  $H_2C_2O_4$  溶液进行滴定,到达滴定终点时,溶液变为\_\_\_\_\_,此时消耗溶液体积为  $V$  mL,则该样品纯度为\_\_\_\_\_  $\times 100\%$ 。

28. (14分)化学反应的调控与平衡移动原理在工业生产有着广泛的应用。

I. 在硫酸工业中,发生反应  $2SO_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2SO_3(g)$   $\Delta H = -196.6$  kJ  $\cdot$  mol $^{-1}$ ,在不同条件下  $SO_2$  的平衡转化率数据(已知 1 MPa =  $1 \times 10^6$  Pa,约 10 个标准大气压)如表所示:

$SO_2$ 平衡转化率/% 压强/MPa	0.1	0.5	1	5	10
温度/°C					
450	97.5(A)	98.9(B)	99.2(C)	99.6(D)	99.7(E)
550	85.6(F)	92.9(G)	94.9(H)	97.7(I)	98.3(J)

注:表内转化率数值后括号内字母,如“A”,为反应条件编号。



(1)  $\text{SO}_2$  的大量排放会导致酸雨, 酸雨的  $\text{pH} < \underline{\hspace{1cm}}$  (填数值); 为了碧水蓝天工程, 必须有效控制污染物的排放, 同时提高  $\text{SO}_2$  的转化率, 依据勒夏特列原理, 理论上选择表中反应条件          (填编号) 为最佳。

II. 工业合成氨的原料气  $[\text{N}_2, \text{H}_2, \text{混有少量 CO (能使合成氨的催化剂中毒)、NH}_3]$  进入合成塔前要经过铜氨液处理。

反应①(制取氢气):  $\text{CO(g)} + \text{H}_2\text{O(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{(g)} \quad \Delta H_1 = -41.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

反应②(铜氨液处理原料气):

$[\text{Cu(NH}_3)_2]^+(\text{aq}) + \text{CO(g)} + \text{NH}_3\text{(g)} \rightleftharpoons [\text{Cu(NH}_3)_3\text{CO}]^+(\text{aq}) \quad \Delta H_2 = -35 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

(2) 分析原料气需要经过铜氨液处理的原因:                                 。处理了原料气后的废液经过适当          (填“升温”或“降温”) 可使铜氨液再生。

(3) 反应①的平衡常数为  $K_1$ , 反应②的平衡常数为  $K_2$ ; 在一定压强下的恒容密闭容器中,  $-\lg K_1$ 、 $-\lg K_2$  随温度变化的曲线如图 1。

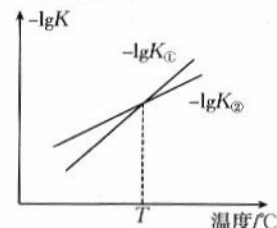


图 1

$T^\circ\text{C}$  时, 反应  $[\text{Cu(NH}_3)_2]^+(\text{aq}) + \text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{(g)} + \text{NH}_3\text{(g)} \rightleftharpoons [\text{Cu(NH}_3)_3\text{CO}]^+(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O(g)}$  的平衡常数  $K = \underline{\hspace{1cm}}$ 。

(4) 在  $673 \text{ K}$  时, 合成氨各步反应的能量变化如图 2 所示。(标“\*”的粒子表示吸附态)。

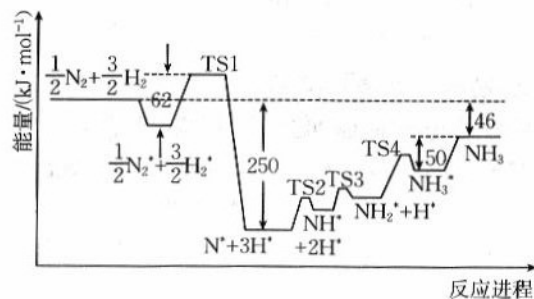


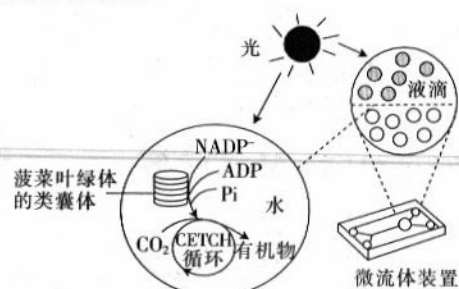
图 2

图 2 中生成  $\text{NH}_3^*$  的过程中的决速步骤的活化能为           $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

已知净速率方程式为  $v(\text{NH}_3) = k_1 p(\text{N}_2) \left[ \frac{p^3(\text{H}_2)}{p^2(\text{NH}_3)} \right]^a - k_2 \left[ \frac{p^2(\text{NH}_3)}{p^3(\text{H}_2)} \right]^{1-a}$ ,  $k_1$ 、 $k_2$  分别为正反应和逆反应的速率常数,  $p(\text{N}_2)$ 、 $p(\text{H}_2)$ 、 $p(\text{NH}_3)$  代表各气体组分的分压(分压 = 总压  $\times$  物质的量分数)。在恒温恒压条件下, 向某密闭容器中通入  $1 \text{ mol N}_2(\text{g})$  和  $3 \text{ mol H}_2(\text{g})$  合成氨气, 起始  $p_0 = 16 \text{ MPa}$ , 当反应达到平衡时,  $\text{NH}_3(\text{g})$  的质量分数为  $40\%$ , 设  $\alpha = 0.5$ , 则  $p(\text{N}_2) = \underline{\hspace{1cm}} \text{ MPa}$ ,  $\frac{k_1}{k_2} = \underline{\hspace{1cm}}$ 。

29. (8 分) 人工光合作用是一种模仿植物光合作用实现对太阳能的转化、存储和利用的技术。研究人员从菠菜中分离出叶绿体的类囊体, 并将其和 CETCH 循环(一种人工固定  $\text{CO}_2$  的方法体系)一起包裹在类似膜泡的小液滴中, 成功研制出了半天然半合成的人造叶绿体, 其

技术途径如图所示。回答下列问题:



(1) 叶绿体的类囊体膜分布有光合色素, 其中叶绿素主要吸收红光和          用于光合作用。CETCH 循环需要消耗来自光反应的  $\text{NADPH}$  和         。

(2) 光合速率相同的情况下, 若阻断了菠菜叶片的有机物的运输, 该人工叶绿体中的有机物积累量还是远远高于菠菜中的, 原因是                                 。

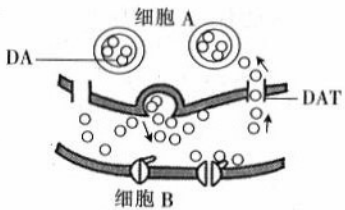
(3) 若要研究  $\text{CO}_2$  参与 CETCH 循环时碳的转移路径, 实验思路是                                 。

30. (9 分) 多巴胺(DA)是一种传递兴奋, 使人开心的神经递质。通常情况下, 通过神经冲动释放的 DA 很快被转运蛋白(DAT)从突触间隙回收, 其过程如图所示。可卡因是一种兴奋剂, 也是一种毒品, 会阻断 DA 回收的通路。过量 DA 的连续刺激会使下一个神经元产生一系列强烈而短暂的刺激峰值, 引起大脑奖赏系统发出欣悦冲动, 使人产生陶醉感, 并出现强迫性的觅药行为, 这对人体健康有很大的损害。回答下列问题:

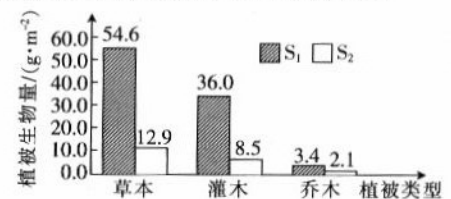
(1) DA 储存在突触小体的突触小泡内, 以胞吐形式被释放到          (填内环境成分) 中, 该过程          (填“消耗”或“不消耗”) 能量。

(2) 正常情况下, DA 作用于细胞 B 后, 突触后膜膜内外的电位为         , 最终在          产生愉悦感。

(3) 研究发现, DAT 转运 DA 时需要  $\text{Na}^+$  和  $\text{Cl}^-$  的参与。正常情况下, DA 或  $\text{Na}^+$  随机与 DAT 上的特定位置结合后, 促使  $\text{Cl}^-$  结合到作用位点上, 最终引发 DAT 将 DA 由胞外转运到胞内, 可卡因和  $\text{Na}^+$  在 DAT 上的结合位点相同。据此推测可卡因抑制 DA 回收的作用机制可能是                                 。



31. (11 分) 为调查某地发生山体滑坡后第 30 年生物群落的恢复情况, 科研人员对未发生滑坡区域的原始群落和山体滑坡区域的恢复群落进行了植被生物量(某时间单位面积内现存生物的有机物总量)的研究, 结果如图所示。回答下列问题:



(1) 从生态系统的组成成分上看, 恢复群落中草本、灌木、乔木等植被属于         。

(2) 图中代表山体滑坡区域恢复群落植被生物量的是          (填“ $S_1$ ”或“ $S_2$ ”), 判断依据是                                 。

(3) 据图分析, 发生山体滑坡的区域不可能是热带雨林地区, 原因是                                 。相对于原始林群落, 恢复群落对光能的利用率较低, 请从群落水平加以解释:                                 。

32. (11 分) 从性遗传是指由常染色体上基因控制的性状, 在表现型上受个体性别影响的现象。

某昆虫(性别决定方式为 ZW 型)眼睛的红色与青色分别由基因 B 和 b 控制, 而翅缘的黑色和灰色分别由基因 D 和 d 控制, 其中一种表现型仅在雄性中表现。研究者进行了如下实验, 回答下列问题:

P 纯合黑翅缘红眼(♀)  $\times$  纯合灰翅缘青眼(♂)

F<sub>1</sub> 黑翅缘青眼(♀)、黑翅缘红眼(♂)

↓ 自由交配

F<sub>2</sub> 4 黑翅缘红眼(♀): 4 黑翅缘青眼(♀): 3 黑翅缘红眼(♂): 3 黑翅缘青眼(♂): 1 灰翅缘红眼(♂): 1 灰翅缘青眼(♂)

(1) 亲本红眼个体(♀)与青眼个体(♂)杂交, F<sub>1</sub> 中红眼昆虫为雄性, 而青眼昆虫为雌性, 表现出交叉遗传, 说明控制眼色的基因位于          (填“常”、“Z”或“W”) 染色体上。

(2) 该昆虫翅缘颜色的遗传属于从性遗传, 根据以上的实验, 判断依据是                                 。

(3) F<sub>1</sub> 雌雄个体的基因型依次为                                 , F<sub>2</sub> 的黑翅缘红眼个体共有          种基因型。F<sub>2</sub> 中黑翅缘红眼昆虫(♀)与黑翅缘青眼昆虫(♂)杂交, 后代雌性中黑翅缘青眼个体所占的比例是         。

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

33. [物理——选修 3—3](15 分)

(1) (5 分) 下列说法正确的是         。(填正确答案标号。选对 1 个得 2 分, 选对 2 个得 4 分, 选对 3 个得 5 分。每选错 1 个扣 3 分, 最低得分为 0 分)

- A. 液体的表面张力方向与液面相切
- B. 热量能自发地从低温物体传递到高温物体
- C. 分子间相互作用的引力和斥力总是同时存在的
- D. 晶体发生物态变化时, 其温度保持不变
- E. 扩散现象证明分子间有间隙, 但不能证明分子总是在永不停息地做无规则运动

(2) (10 分) 如图所示, 粗细均匀的薄壁玻璃管水平部分左端开口, 竖直部分下端封闭, 用水银封闭一段长度  $x = 10 \text{ cm}$  的空气(视为理想气体)柱, 大气压强恒为  $p_0 = 76 \text{ cmHg}$ , 环境的热力学温度恒为  $T_0 = 300 \text{ K}$ , 将玻璃管绕水平管缓慢转动  $90^\circ$  后, 竖直管中水银的长度变为  $L_1 = 3.3 \text{ cm}$ 。

(i) 求玻璃管转动前, 竖直管中水银的长度  $L_2$ ;

(ii) 若玻璃管不转动, 而是对封闭空气缓慢加热, 求当竖直管中的水银刚好移到水平管中时, 封闭空气的热力学温度  $T$ 。(结果保留到小数点后一位)



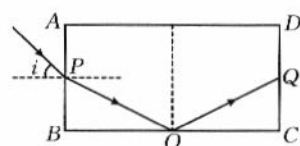
34. [物理——选修 3-4] (15 分)

(1) (5 分) 下列说法正确的是\_\_\_\_\_。(填正确答案标号。选对 1 个得 2 分, 选对 2 个得 4 分, 选对 3 个得 5 分。每选错 1 个扣 3 分, 最低得分为 0 分)

- A. 波从一种介质进入另一种介质时, 其频率不变  
B. 电磁波和机械波都能产生干涉和衍射现象  
C. 驱动力频率越大, 做受迫振动的物体的振幅就越大  
D. 振动方向和传播方向垂直的波为横波  
E. 紫外线比红外线的频率高, 用同一装置做双缝干涉实验, 紫外线对应的条纹较宽

(2) (10 分) 如图所示, 用透明材料制成的长方体的横截面为矩形, 长和宽分别为  $2d$ 、 $d$ , 一光线从  $AB$  边的中点  $P$  入射, 进入长方体后射在  $BC$  边的中点  $O$ , 并在  $O$  点恰好发生全反射, 然后射在  $CD$  边的  $Q$  点。真空中的光速为  $c$ 。求:

- (i) 光线在  $P$  点入射时的入射角  $i$ ;  
(ii) 光线从  $P$  点传播到  $Q$  点的时间  $t$ 。



35. [化学——物质结构与性质] (15 分)

某团队公布的研究成果中的阿比朵尔(M)可用于治疗新型冠状病毒肺炎, 可有效抑制病毒, 其结构如图 1 所示。

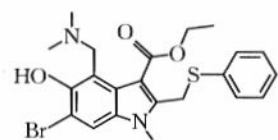


图 1

- (1) 基态 Br 原子中, 核外电子占据的最高能级的符号为\_\_\_\_\_, 基态 O 原子的核外电子排布图为\_\_\_\_\_。  
(2) M 分子中涉及的非金属元素中, 第一电离能最大的元素是\_\_\_\_\_ (填元素符号, 下同), 电负性最大的元素是\_\_\_\_\_。  
(3) M 分子中 C 原子杂化方式有\_\_\_\_\_,  $H_2S$  的键角小于  $H_2O$  的键角的原因是\_\_\_\_\_。

(4) M 分子中的元素间可形成能与金属离子 (或原子) 配位的配体。配合物 W 的结构如图 2 所示, 配合物 W 的中心离子是\_\_\_\_\_ (填离子符号), \_\_\_\_\_ (填标号) 号 N 原子的 p 轨道能提供孤电子对与中心离子形成配位键。

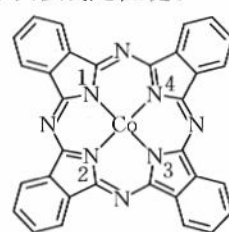


图 2

(5) 硫化锌的晶胞结构如图 3 所示,  $Zn^{2+}$  与  $S^{2-}$  之间的核间距为  $d$  pm, 设  $N_A$  为阿伏加德罗常数的值, 则该晶体的密度为\_\_\_\_\_ (列表达式)  $g \cdot cm^{-3}$ 。

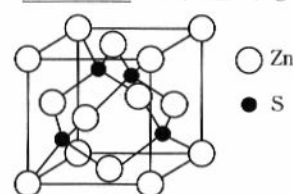
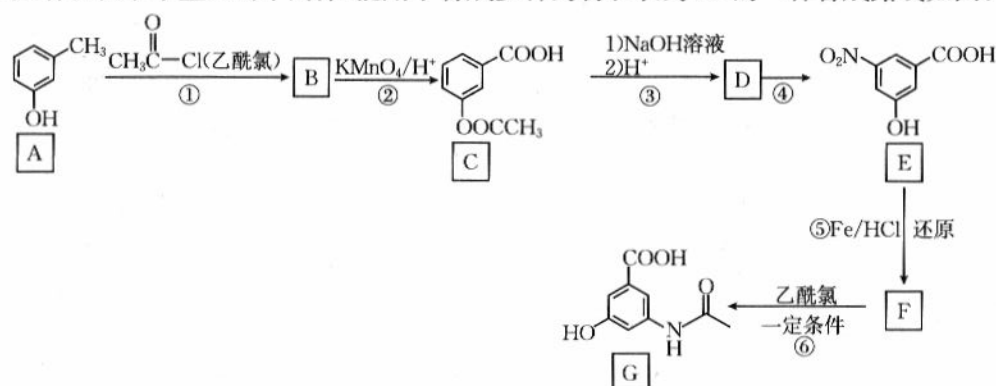


图 3

36. [化学——有机化学基础] (15 分)

G 是有机化学中重要的中间体, 能用于合成多种药物和农药, G 的一种合成路线如图:



已知:  $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 \xrightarrow{\text{Fe/HCl}} \text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$  (呈碱性, 易被氧化); 硝化反应指在硝化试剂的作用下, 有机化合物分子中的氢原子或基团被硝基取代的反应。

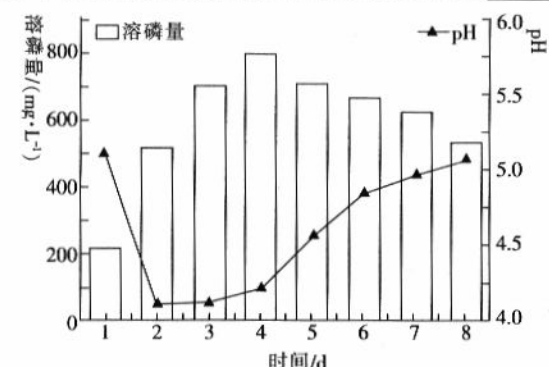
请回答下列问题:

- (1) A 的化学名称为\_\_\_\_\_, B 的结构简式为\_\_\_\_\_。  
(2) E 中官能团的名称为硝基、\_\_\_\_\_, ④的反应类型为\_\_\_\_\_。  
(3) G 的分子式为\_\_\_\_\_;  $F \rightarrow G$  的化学方程式为\_\_\_\_\_。  
(4) 在 C 的同分异构体中, 同时满足下列条件的结构有\_\_\_\_\_种 (不考虑立体异构)。  
①能与  $NaHCO_3$  溶液反应; ②能发生银镜反应和水解反应; ③结构中除苯环外不含其他环。其中, 核磁共振氢谱有 5 组峰, 且峰面积之比为 2:2:2:1:1 的同分异构体的结构简式为\_\_\_\_\_ (写一种)。

37. [生物——选修 1: 生物技术实践] (15 分)

磷是植物生长的重要元素, 施入土中的磷大多数与  $Ca^{2+}$  等离子结合形成难溶性磷酸盐。溶磷菌能将土壤中的难溶性磷酸盐转化成能被植物吸收的磷酸。本实验采用溶磷圈法 (溶磷菌可将培养基中的  $Ca_3(PO_4)_2$  溶解, 在菌落周围形成透明的溶磷圈) 筛选溶磷菌, 以期提高土壤中可溶性磷含量。回答下列问题:

- (1) 培养基的基本成分除了水和无机盐, 还应有\_\_\_\_\_。为筛选出能转化难溶性磷酸盐的溶磷菌, 培养基中还应加入\_\_\_\_\_。  
(2) 溶磷圈法筛选溶磷菌的实验中, 判断溶磷菌的溶磷效果可根据\_\_\_\_\_来判断。将分离获得的溶磷菌进行相关实验处理后, 每天取样测定溶磷量和 pH 变化情况, 实验结果如图所示。该过程中, 实验组和对照组的实验处理分别是\_\_\_\_\_。



根据实验结果中培养液的 pH 变化情况, 推测溶磷菌可能通过产生\_\_\_\_\_ (填“酸性”或“碱性”) 代谢产物分解难溶性磷酸盐。

- (3) 获得目的菌后, 可采用发酵工程进行批量获得大量菌种用于农业生产, 该溶磷菌在农业生产方面可能的应用是\_\_\_\_\_。

38. [生物——选修 3: 现代生物科技专题] (15 分)

肌肉生长抑制素 (MSTN) 是一种骨骼肌生长发育的负调控因子, 可抑制肌细胞的增殖, MSTN 基因沉默则可增加肌肉含量。科研人员通过构建 MSTN 基因的反义基因 (其转录出的 mRNA 会与 MSTN 基因转录出的 mRNA 特异性结合) 表达载体, 将其导入山羊胎儿成纤维细胞, 实现了胎儿成纤维细胞中 MSTN 基因的沉默, 再结合体细胞核移植技术, 成功制备了转基因山羊。回答下列问题:

- (1) 利用 PCR 技术扩增 MSTN 基因的反义基因前提是要有\_\_\_\_\_, 以便合成引物。在 PCR 反应中使用 Taq 酶而不使用大肠杆菌 DNA 聚合酶的主要原因是\_\_\_\_\_。  
(2) 将 MSTN 基因的反义基因与质粒构建基因表达载体时, 所需要的两种酶是\_\_\_\_\_。  
(3) 将构建好的 MSTN 基因的反义基因的表达载体导入山羊胎儿成纤维细胞, 从中筛选反义基因成功表达的细胞。在成纤维细胞体外培养过程中会出现细胞贴壁和\_\_\_\_\_现象, 导致成纤维细胞的增殖不能一直进行。将具有反义基因的成纤维细胞注入经去核处理后的卵母细胞中, 通过电刺激使二者融合, 形成重组胚胎, 去核的目的是\_\_\_\_\_。  
(4) 用特定方法激活并促进重组胚胎细胞分裂和发育。在养殖过程中发现, 公羊的肌肉量比母羊的更高, 为获得更多公羊, 需在胚胎发育早期进行相关操作, 具体操作是\_\_\_\_\_。