

绝密★启封并使用完毕前

试题类型：

2016 年普通高等学校招生全国统一考试 理科综合能力测试

注意事项：

1. 本试卷分第 I 卷(选择题)和第 II 卷(非选择题)两部分。
2. 答题前，考生务必将自己的姓名、准考证号填写在本试题相应的位置。
3. 全部答案在答题卡上完成，答在本试题上无效。
4. 考试结束后，将本试题和答题卡一并交回。

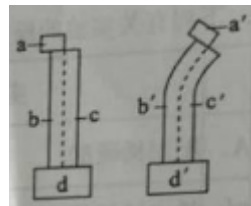
第 I 卷 (选择题共 126 分)

本卷共 21 小题，每小题 6 分，共 126 分。

可能用到的相对原子质量：

一、选择题：本大题共 13 小题，每小题 6 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. 下列有关细胞膜的叙述，正确的是
A. 细胞膜两侧的离子浓度差是通过自由扩散实现的
B. 细胞膜与线粒体膜、核膜中所含蛋白质的功能相同
C. 分泌蛋白质分泌到细胞外的过程存在膜脂的流动现象
D. 膜中的磷脂分子是由胆固醇、脂肪酸和磷酸组成的
2. 在前人进行的下列研究中，采用的核心技术相同（或相似）的一组是
①证明光合作用所释放的氧气来自于水
②用紫外线等处理青霉菌选育高产青霉素菌株
③用 T_2 噬菌体侵染大肠杆菌证明 DNA 是遗传物质
④用甲基绿和吡罗红对细胞染色，观察核酸的分布
A. ①② B. ①③ C. ②④ D. ③④
3. 下列有关动物水盐平衡调节的叙述，错误的是
A. 细胞外液渗透压的改变可影响垂体释放抗利尿激素的量
B. 肾小管通过主动运输吸收水的过程受抗利尿激素的调节
C. 摄盐过多后饮水量的增加有利于维持细胞外液渗透压相对恒定
D. 饮水增加导致尿生成增加有利于维持细胞外液渗透压相对恒定
4. 为了探究生长素的作用，将去尖端的玉米胚芽鞘切段随机分成两组，实验组胚芽鞘上端一侧放置含有适宜浓度 IAA 的琼脂块，对照组胚芽鞘上端同侧放置不含 IAA 的琼脂块，两组胚芽鞘下段的琼脂块均不含 IAA。两组胚芽鞘在同样条件下，在黑暗中放置一段时间后，对照组胚芽鞘无弯曲生长，实验组胚芽鞘发生弯曲生长，如图所示。根据实验结果判断，下列叙述正确的是
A. 胚芽鞘 b 侧的 IAA 含量与 b' 侧的相等
B. 胚芽鞘 b 侧与胚芽鞘 c 侧的 IAA 含量不同
C. 胚芽鞘 b' 侧细胞能运输 IAA 而 c' 侧细胞不能



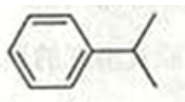
- D. 琼脂块 d' 从 a' 中获得的 IAA 量小于 a' 的输出量
5. 我国谚语中的“螳螂捕蝉，黄雀在后”体现了食物链的原理。若鹰迁入了蝉、螳螂和黄雀所在的树林中，捕食黄雀并栖息于林中。下列叙述正确的是
- A. 鹰的迁入增加了该树林中蝉及其天敌的数量
- B. 该生态系统中细菌产生的能量可流向生产者
- C. 鹰的迁入增加了该生态系统能量消耗的环节
- D. 鹰的迁入增加了该生态系统能量流动的方向
6. 用某种高等植物的纯合红花植株与纯合白花植株进行杂交，F₁全部表现为红花。若 F₁自交，得到的 F₂植株中，红花为 272 株，白花为 212 株；若用纯合白花植株的花粉给 F₁红花植株授粉，得到的自带植株中，红花为 101 株，白花为 302 株。根据上述杂交实验结果推断，下列叙述正确的是
- A. F₂中白花植株都是纯合体
- B. F₂中红花植株的基因型有 2 种
- C. 控制红花与白花的基因在一对同源染色体上
- D. F₂中白花植株的基因类型比红花植株的多
7. 化学在生活中有着广泛的应用，下列对应关系错误的是

	Al ₂ (SO ₄) ₃ 化学性质	实际应用
A.	和小苏打反应	泡沫灭火器灭火
B.	铁比铜金属性强	Fe ₂ 腐蚀 Cu 刻制印刷电路板
C.	次氯酸盐具有氧化性	漂白粉漂白织物
D.	HF 与 SiO ₂ 反应	氢氟酸在玻璃器皿上刻蚀标记

8. 下列说法错误的是
- A. 乙烷室温下能与浓盐酸发生取代反应
- B. 乙烯可以用作生产食品包装材料的原料
- C. 乙醇室温下在水中的溶解度大于溴乙烷
- D. 乙酸在甲酸甲酯互为同分异构体
9. 下列有关实验的操作正确的是

	实验	操作
A.	配制稀硫酸	先将浓硫酸加入烧杯中，后倒入蒸馏水
B.	排水法收集 KMnO ₄ 分解产生的 O ₂	先熄灭酒精灯，后移出导管
C.	浓盐酸与 MnO ₂ 反应制备纯净 Cl ₂	气体产物先通过浓硫酸，后通过饱和食盐水
D.	CCl ₄ 萃取碘水中的 I ₂	先从分液漏斗下口放出有机层，后从上口倒出水层

10. 已知异丙苯的结构简式如下，下列说法错误的是



- A. 异丙苯的分子式为 C₉H₁₂

- B. 异丙苯的沸点比苯高
C. 异丙苯中碳原子可能都处于同一平面
D. 异丙苯和苯为同系物
11. 锌 - 空气燃料电池可用作电动车动力电源，电池的电解质溶液为 KOH 溶液，反应为 $2Zn + O_2 + 4OH^- + 2H_2O \rightleftharpoons 2Zn(OH)_4^{2-}$ 。下列说法正确的是

- A. 充电时，电解质溶液中 K^+ 向阳极移动
B. 充电时，电解质溶液中 $c(OH^-)$ 逐渐减小
C. 放电时，负极反应为： $Zn + 4OH^- - 2e^- \rightleftharpoons Zn(OH)_4^{2-}$
D. 放电时，电路中通过 2mol 电子，消耗氧气 22.4L (标准状况)

12. 四种短周期主族元素 W、X、Y、Z 的原子序数依次增大，W、X 的简单离子具有相同电子层结构，X 的原子半径是短周期主族元素原子中最大的，W 与 Y 同族，Z 与 X 形成的离子化合物的水溶液呈中性。下列说法正确的是

- A. 简单离子半径： $W < X < Z$
B. W 与 X 形成的化合物溶于水后溶液呈碱性
C. 气态氢化物的热稳定性： $W < Y$
D. 最高价氧化物的水化物的酸性： $Y > Z$

13. 下列有关电解质溶液的说法正确的是

- A. 向 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{CH}_3\text{COOH}$ 溶液中加入少量水，溶液中 $\frac{c(H^+)}{c(\text{CH}_3\text{COOH})}$ 减小
B. 将 CH_3COONa 溶液从 20°C 升温至 30°C ，溶液中 $\frac{c(\text{CH}_3\text{COO}^-)}{c(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot c(\text{OH}^-)}$ 增大
C. 向盐酸中加入氨水至中性，溶液中 $\frac{c(\text{NH}_4^+)}{c(\text{Cl}^-)} > 1$
D. 向 AgCl 、 AgBr 的饱和溶液中加入少量 AgNO_3 ，溶液中 $\frac{c(\text{Cl}^-)}{c(\text{Br}^-)}$ 不变

二、选择题：本大题共 8 小题，每小题 6 分。在每小题给出的四个选项中，第 14~17 题只有一项是符合题目要求，第 18~21 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。

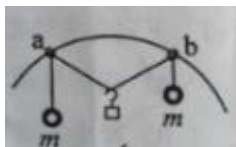
14. 关于行星运动的规律，下列说法符合史实的是
A. 开普勒在牛顿定律的基础上，导出了行星运动的规律
B. 开普勒在天文观测数据的基础上，总结出了行星运动的规律
C. 开普勒总结出了行星运动的规律，找出了行星按照这些规律运动的原因
D. 开普勒总结出了行星运动的规律，发现了万有引力定律
15. 关于静电场的等势面，下列说法正确的是
A. 两个电势不同的等势面可能相交

- B. 电场线与等势面处处相互垂直
 C. 同一等势面上各点电场强度一定相等
 D. 将一负的试探电荷从电势较高的等势面移至电势较低的等势面，电场力做正功
16. 一质点做速度逐渐增大的匀加速直线运动，在时间间隔 t 内位移为 s ，动能变为原来的 9 倍。该质点的加速度为

A. $\frac{s}{t^2}$ B. $\frac{3s}{2t^2}$ C. $\frac{4s}{t^2}$ D. $\frac{8s}{t^2}$

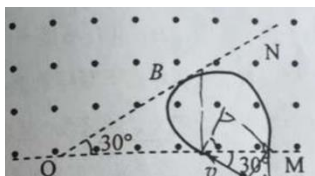
17. 如图，两个轻环 a 和 b 套在位于竖直面内的一段固定圆弧上：一细线穿过两轻环，其两端各系一质量为 m 的小球。在 a 和 b 之间的细线上悬挂一小物块。平衡时， a 、 b 间的距离恰好等于圆弧的半径。不计所有摩擦。小物块的质量为

A. $\frac{m}{2}$ B. $\frac{\sqrt{3}}{2}m$ C. m D. $2m$

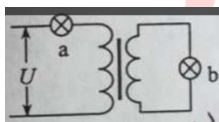


18. 平面 OM 和平面 ON 之间的夹角为 30° ，其横截面（纸面）如图所示，平面 OM 上方存在匀强磁场，磁感应强度大小为 B ，方向垂直于纸面向外。一带电粒子的质量为 m ，电荷量为 q ($q > 0$)。粒子沿纸面以大小为 v 的速度从 PM 的某点向左上方射入磁场，速度与 OM 成 30° 角。已知粒子在磁场中的运动轨迹与 ON 只有一个交点，并从 OM 上另一点射出磁场。不计重力。粒子离开磁场的射点到两平面交线 O 的距离为

A. $\frac{mv}{2qB}$ B. $\frac{\sqrt{3}mv}{qB}$ C. $\frac{2mv}{qB}$ D. $\frac{4mv}{qB}$



19. 如图，理想变压器原、副线圈分别接有额定电压相同的灯泡 a 和 b 。当输入电压 U 为灯泡额定电压的 10 倍时，两灯泡均能正常发光。下列说法正确的是
- A. 原、副线圈匝数之比为 9:1 B. 原、副线圈匝数之比为 1:9
 C. 此时 a 和 b 的电功率之比为 9:1 D. 此时 a 和 b 的电功率之比为 1:9

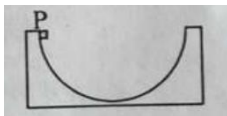


20. 如图，一固定容器的内壁是半径为 R 的半球面；在半球面水平直径的一端有一质量为 m 的质点 P 。它在容器内壁由静止下滑到最低点的过程中，克服摩擦力做的功为 W 。重力加速度大小为 g 。设质点 P 在最低点时，向心加速度的大小为 a ，容器对它的支持力大小为 N ，则

A. $a = \frac{2(mgR - W)}{mR}$ B. $a = \frac{2mgR - W}{mR}$

C. $N = \frac{3mgR-2W}{R}$

D. $N = \frac{2(mgR-W)}{R}$



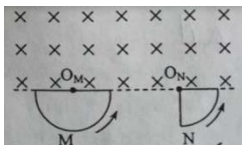
21.如图, M 为半圆形导线框, 圆心为 O_M ; N 是圆心角为直角的扇形导线框, 圆心为 O_N ; 两导线框在同一竖直面(纸面)内; 两圆弧半径相等; 过直线 $O_M O_N$ 的水平面上方有一匀强磁场, 磁场方向垂直于纸面。现使线框 M 、 N 在 $t=0$ 时从图示位置开始, 分别绕垂直于纸面、且过 O_M 和 O_N 的轴, 以相同的周日 T 逆时针匀速转动, 则

A. 两导线框中均会产生正弦交流电

B. 两导线框中感应电流的周期都等于 T

C. 在 $t = \frac{T}{8}$ 时, 两导线框中产生的感应电动势相等

D. 两导线框的电阻相等时, 两导线框中感应电流的有效值也相等



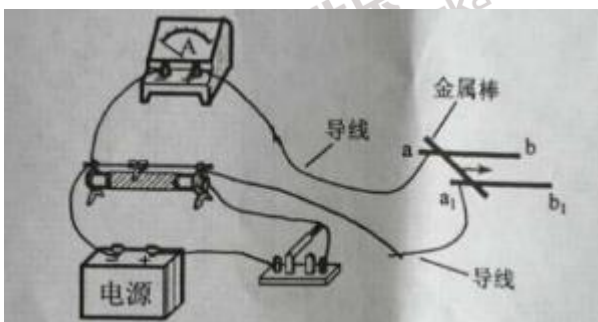
第 II 卷 (非选择题共 174 分)

三、非选择题: 包括必考题和选考题两部分。第 22 题~第 32 题为必考题, 每个试题考生都必须做答。第 33 题~第 40 题为选考题, 考生根据要求做答。

(一) 必考题 (共 129 分)

22. (5 分)

某同学用图中所给器材进行与安培力有关的实验。两根金属导轨 ab 和 $a_1 b_1$ 固定在同一水平面内且相互平行, 足够大的电磁铁(未画出)的 N 极位于两导轨的正上方, S 极位于两导轨的正下方, 一金属棒置于导轨上且两导轨垂直。学科网



(1) 在图中画出连线, 完成实验电路。要求滑动变阻器以限流方式接入电路, 且在开关闭合后, 金属棒沿箭头所示的方向移动。

(2) 为使金属棒在离开导轨时具有更大的速度，有人提出以下建议：

- A.适当增加两导轨间的距离
- B.换一根更长的金属棒
- C.适当增大金属棒中的电流

其中正确的是（填入正确选项前的标号）

23. (10 分)

某物理课外小组利用图 (a) 中的装置探究物体加速度与其所受合外力之间的关系。途中，置于试验台上的长木板水平放置，其右端固定一轻滑轮：轻绳跨过滑轮，一段与放在木板上的小滑车相连，另一端可悬挂钩码。本实验中可用的钩码共有 $N=5$ 个，每个质量均为 0.010kg 。实验步骤如下：

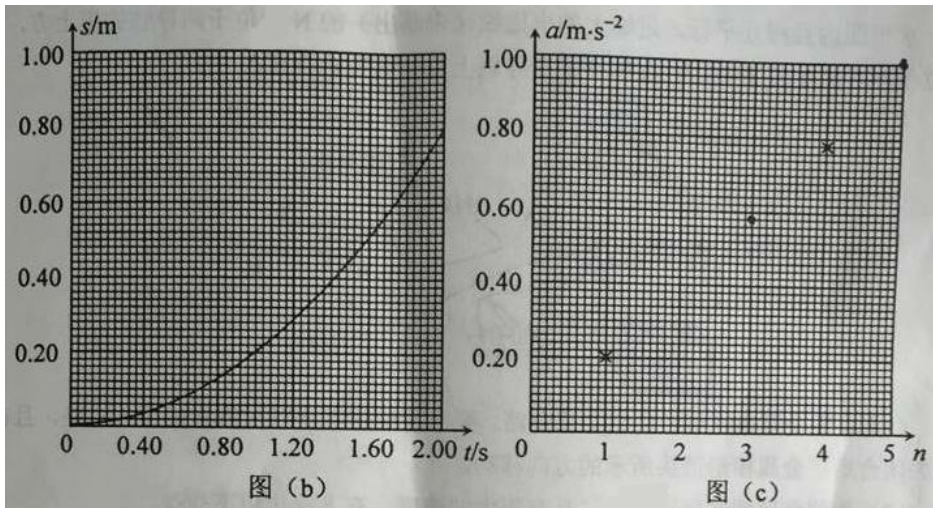
(1) 将 5 个钩码全部放入小车中，在长木板左下方垫上适当厚度的小物块，使小车（和钩码）可以在木板上匀速下滑。

(2) 将 n （依次取 $n=1,2,3,4,5$ ）个钩码挂在轻绳右端，其余 $N-n$ 各钩码仍留在小车内；用手按住小车并使轻绳与木板平行。释放小车，同时用传感器记录小车在时刻 t 相对于其起始位置的位移 s ，绘制 $s-t$ 图像，经数据处理后可得到相应的加速度 a 。学科网

(3) 对应于不同的 n 的 a 值见下表。 $n=2$ 时的 $s-t$ 图像如图(b)所示：由图 (b) 求出此时小车的加速度（保留 2 位有效数字），将结果填入下表。

n	1	2	3	4	5
a / mgs^{-2}	0.20		0.58	0.78	1.00

(4) 利用表中的数据在图 (c) 中补齐数据点，并作出 $a-n$ 图像。从图像可以看出：当物体质量一定是=时，物体的加速度与其所受的合外力成正比。



(5) 利用 $a-n$ 图像求得小车（空载）的质量为_____ kg （保留 2 位有效数字，重力加速度取 $g=9.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ）。

(6) 若以“保持木板水平”来代替步骤 (1)，下列说法正确的是_____（填入正确选项前的标号）

- A. $a-n$ 图线不再是直线
- B. $a-n$ 图线仍是直线，但该直线不过原点

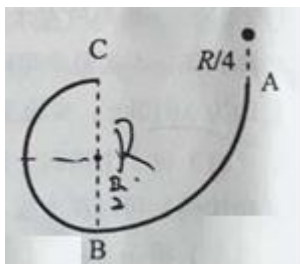
C. $a-n$ 图线仍是直线，但该直线的斜率变大

24. (12 分) 如图，在竖直平面内由 $\frac{1}{4}$ 圆弧 AB 和 $\frac{1}{2}$ 圆弧 BC 组成的光滑固定轨道，两者在最低点 B 平滑连接。AB 弧的半径为 R ，BC 弧的半径为 $\frac{R}{2}$ 。一小球在 A 点正上方与 A 相距 $\frac{R}{4}$ 处由静止开始自由下落，经 A 点沿圆弧轨道运动。

止开始自由下落，经 A 点沿圆弧轨道运动。

(1) 求小球在 B、A 两点的动能之比；

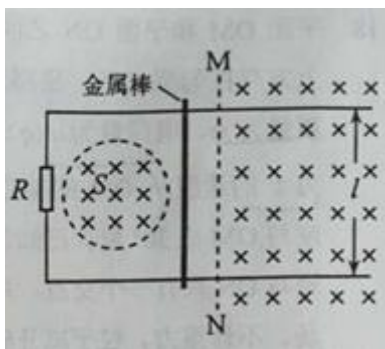
(2) 通过计算判断小球能否沿轨道运动到 C 点。



25. (20 分) 如图，两条相距 l 的光滑平行金属导轨位于同一水平面（纸面）内，其左端接一阻值为 R 的电阻；一与导轨垂直的金属棒置于两导轨上；在电阻、导轨和金属棒中间有一面积为 S 的区域，区域中存在垂直于纸面向里的均匀磁场，磁感应强度随时间 t 的变化关系为 $B_1 = kt$ ，式中 k 为常量；在金属棒右侧还有一匀强磁场区域，区域左边界 MN （虚线）与导轨垂直，磁场的磁感应强度大小为 B_0 ，方向也垂直于纸面向里。某时刻，金属棒在一外加水平恒力的作用下从静止开始向右运动，在 t_0 时刻恰好以速度 v_0 越过 MN ，此后向右做匀速运动。金属棒与导轨始终相互垂直并接触良好，它们的电阻均忽略不计。求

(1) 在 $t=0$ 到 $t=t_0$ 时间间隔内，流过电阻的电荷量的绝对值；

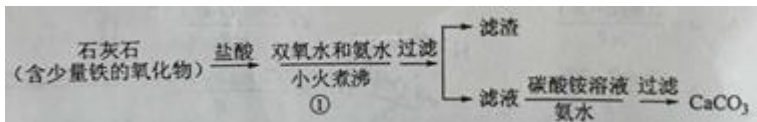
(2) 在时刻 t ($t > t_0$) 穿过回路的总磁通量和金属棒所受外加水平恒力的大小。学.科网



26. (14 分)

过氧化钙微溶于水，溶于酸，可作分析试剂、医用防腐剂、消毒剂。以下是一种制备过氧化钙的实验方法。回答下列问题：

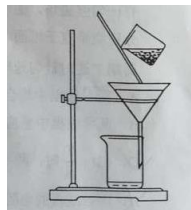
(一) 碳酸钙的制备



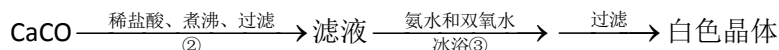
(1) 步骤①加入氨水的目的是_____。小火煮沸的作用是使沉淀颗粒长大，有利于_____。

(2) 右图是某学生的过滤操作示意图，其操作不规范的是_____ (填标号)。

- 漏斗末端颈尖未紧靠烧杯壁
- 玻璃棒用作引流
- 将滤纸湿润，使其紧贴漏斗壁
- 滤纸边缘高出漏斗
- 用玻璃棒在漏斗中轻轻搅动以加快过滤速度



(二)过氧化钙的制备



(3) 步骤②的具体操作为逐滴加入稀盐酸，至溶液中尚存有少量固体，此时溶液呈_____性 (填“酸”、“碱”或“中”。将溶液煮沸，趁热过滤。将溶液煮沸的作用是_____。

(4) 步骤③中反应的化学方程式为_____，该反应需要在冰浴下进行，原因是_____。

(5) 将过滤得到的白色结晶依次使用蒸馏水、乙醇洗涤，使用乙醇洗涤的目的是_____。

(6) 制备过氧化钙的另一种方法是：将石灰石煅烧后，直接加入双氧水反应，过滤后可得到过氧化钙产品。该工艺方法的优点是_____，产品的缺点是_____。

27. (15分)

煤燃烧排放的烟气含有 SO_2 和 NO_x ，形成酸雨、污染大气，采用 NaClO_2 溶液作为吸收剂可同时对烟气进行脱硫、脱硝，回答下列问题：

(1) NaClO_2 的化学名称为_____。

(2) 在鼓泡反应器中通入含有 SO_2 和 NO_x 的烟气，反应温度为 323 K， NaClO_2 溶液浓度为 $5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。反应一段时间后溶液中离子浓度的分析结果如下表》

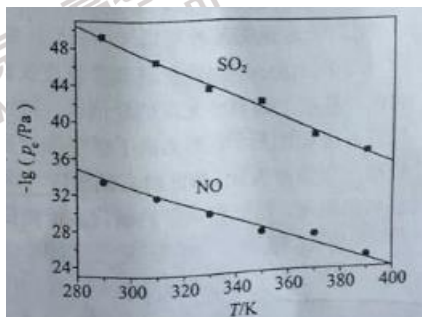
离子	SO_4^{2-}	SO_3^{2-}	NO_3^-	NO_2^-	Cl^-
$c/(\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$	8.35×10^{-4}	6.87×10^{-6}	1.5×10^{-4}	1.2×10^{-5}	3.4×10^{-3}

①写出 NaClO_2 溶液脱硝过程中主要反应的离子方程式_____。增加压强，NO 的转化率_____ (填“提高”、“不变”或“降低”)。

②随着吸收反应的进行，吸收剂溶液的 pH 逐渐_____ (填“提高”、“不变”或“降低”)。

③由实验结果可知，脱硫反应速率_____脱硝反应速率 (填“大于”或“小于”)。原因是除了 SO_2 和 NO 在烟气中的初始浓度不同，还可能是_____。

(3) 在不同温度下， NaClO_2 溶液脱硫、脱硝的反应中， SO_2 和 NO 的平衡分压 p_x 如图所示。



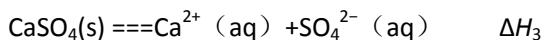
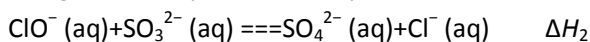
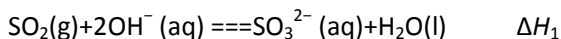
①由图分析可知，反应温度升高，脱硫、脱硝反应的平衡常数均_____ (填“增大”、“不变”或“减小”)。

②反应 $\text{ClO}_2^- + 2\text{SO}_3^{2-} \rightleftharpoons 2\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-$ 的平衡常数 K 表达式为_____。

(4) 如果采用 NaClO 、 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 替代 NaClO_2 ，也能得到较好的烟气脱硫效果。学科&网

①从化学平衡原理分析， $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 相比 NaClO 具有的有点是_____。

②已知下列反应：



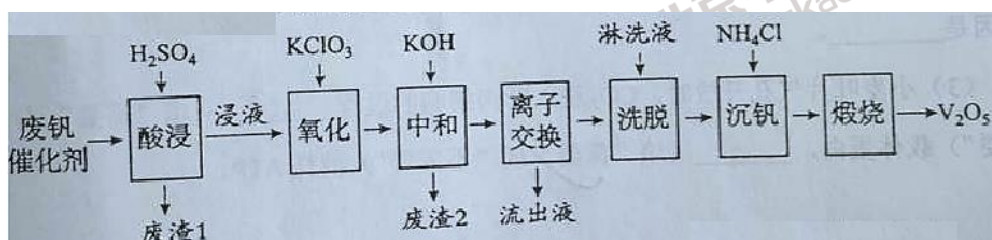
则反应 $\text{SO}_2(\text{g}) + \text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + \text{ClO}^-(\text{aq}) + 2\text{OH}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{CaSO}_4(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$ 的 $\Delta H =$ _____。

28. (14 分)

以硅藻土为载体的五氧化二钒 (V_2O_5) 是接触法生成硫酸的催化剂。从废钒催化剂中回收 V_2O_5 既避免污染环境又有利于资源综合利用。废钒催化剂的主要成分为：

物质	V_2O_5	V_2O_4	K_2SO_4	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3
质量分数/%	2.2~2.9	2.8~3.1	22~28	60~65	1~2	<1

以下是一种废钒催化剂回收工艺路线：



回答下列问题：

(1) “酸浸”时 V_2O_5 转化为 VO_2^+ ，反应的离子方程式为_____，同时 V_2O_4 转成 VO^{2+} 。“废渣 1”的主要成分是_____。

(2) “氧化”中欲使 3 mol 的 VO^{2+} 变为 VO_2^+ ，则需要氧化剂 KClO_3 至少为_____mol。

(3) “中和”作用之一是使钒以 $\text{V}_4\text{O}_{12}^{4-}$ 形式存在于溶液中。“废渣 2”中含有_____。

(4) “离子交换”和“洗脱”可简单表示为： $4\text{ROH} + \text{V}_4\text{O}_{12}^{4-} \xrightleftharpoons[\text{洗脱}]{\text{离子交换}} \text{R}_4\text{V}_4\text{O}_{12} + 4\text{OH}^-$ (以 ROH 为强碱性阴离子交换树脂)。为了提高洗脱效率，淋洗液应该呈_____性 (填“酸”“碱”“中”)。

(5) “流出液”中阳离子最多的是_____。

(6) “沉钒”得到偏钒酸铵 (NH_4VO_3) 沉淀，写出“煅烧”中发生反应的化学方程式_____。

29.(10 分)

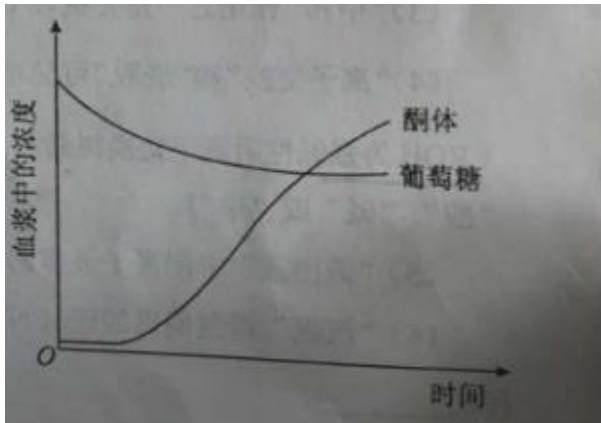
为了探究某地夏日晴天中午时气温和相对湿度对 A 品种小麦光合作用的影响，某研究小组将生长状态一致的 A 品种小麦植株分为 5 组，1 组在田间生长作为对照组，另 4 组在人工气候室中生长作为实验组，并保持其光照和 CO_2 浓度等条件与对照组相同，与中午 12:30 测定各组叶片的光合速率，各组实验处理及结果如表所示：

		对照组	实验组一	实验组二	实验组三	实验组四
实验处理	温度/℃	36	36	36	31	25
	相对湿度/%	17	27	52	52	52
实验结果	光合速率/ $\text{mg CO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$	11.1	15.1	22.1	23.7	20.7

回答下列问题：

- (1) 根据本实验结果，可以推测中午时对小麦光合作用速率影响较大的环境因素是；并可推测，(填“增加”或“降低”)学科网麦田环境的相对湿度可降低小麦光合作用“午休”的程度。
- (2) 在实验组中，若适当提高组的环境温度能提高小麦的光合率，其原因是。
- (3) 小麦叶片气孔开放时， CO_2 进入叶肉细胞的过程(填“需要”或“不需要”)载体蛋白，(填“需要”或“不需要”)消耗 ATP。

30. (9分)



回答下列问题：

- (1) 正常人在饥饿且无外源能源物质摄入的情况下，与其在进食后的情况相比，血液中胰高血糖素与胰岛素含量的比值，其原因是。
- (2) 在饥饿条件下，一段时间内人体血浆中葡萄糖和酮体浓度变化的趋势如图所示。酮体是脂肪酸分解代谢的中间产物，其酸性较强。人在某些情况下不能进食时，需要注射葡萄糖溶液，据图分析，注射葡萄糖溶液除了可以满足能量需求外，还可以。

31. (8分)

冻原生态系统的生物生存条件十分严酷而独具特色，有人曾将该生态系统所处的地区称为“不毛之地”。回答下列问题：

- (1) 由于温度的限制作用，冻原上物种的丰富度较低。丰富度是指。
- (2) 与热带森林生态系统相比，通常冻原生态系统的土壤有机物质的积累，其原因是。
- (3) 通常，生态系统的食物链不会很长，原因是。

32. (12分)

基因突变和染色体变异是真核生物可遗传变异的两种来源。回答下列问题：

- (1) 基因突变和染色体变异所涉及到的碱基对的数目不同，前者所涉及的数目比后者。
- (2) 在染色体数目变异中，既可发生以染色体组为单位的变异，也可发生以为单位的变异。
- (3) 基因突变既可由显性基因突变为隐性基因(隐性突变)，学.科网也可由隐性基因突变为显性基因(显性突变)。若某种自花受粉植物的 AA 和 aa 植株分别发生隐性突变和显性突变，且在子一代中都得到了基因型为 Aa 的个体，则最早在子代中能观察到该显性突变的性状；最早在子

代中能观察到该隐性突变的性状；最早在子代中能分离得到显性突变纯合体；最早在子代中能分离得到隐性突变纯合体。

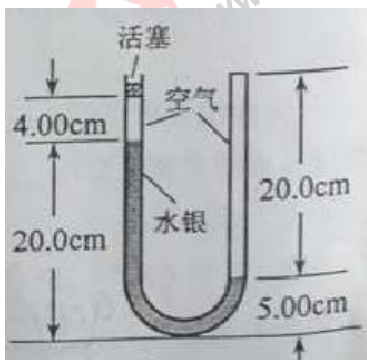
(二) 选考题：共 45 分。请考生从给出的 3 道物理题、3 道化学题、2 道生物题中每科任选一题作答，并用 2B 铅笔在答题卡上把所选题目题号后的方框涂黑。注意所选题目的题号必须与所涂题目的题号一致，在答题卡选答区域指定位置答题。如果多做，则每学科按所做的第一题计分。

33. [物理——选修 3-3] (15 分)

(1) (5 分) 关于气体的内能，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. 质量和温度都相同的气体，内能一定相同
- B. 气体温度不变，整体运动速度越大，其内能越大
- C. 气体被压缩时，内能可能不变
- D. 一定量的某种理想气体的内能只与温度有关
- E. 一定量的某种理想气体在等压膨胀过程中，内能一定增加

(2) (10 分) 一 U 形玻璃管竖直放置，左端开口，右端封闭，左端上部有一光滑的轻活塞。初始时，管内汞柱及空气柱长度如图所示。用力向下缓慢推活塞，直至管内两边汞柱高度相等时为止。求此时右侧管内气体的压强和活塞向下移动的距离。已知玻璃管的横截面积处处相同；在活塞向下移动的过程中，没有发生气体泄漏；大气压强 $p_0=75.0 \text{ cmHg}$ 。环境温度不变。



34. [物理——选修 3-4] (15 分)

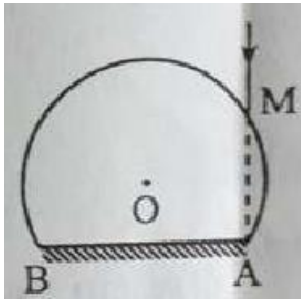
(1) (5 分) 由波源 S 形成的简谐横波在均匀介质中向左、右传播。波源振动的频率为 20 Hz，波速为 16 m/s。已知介质中 P、Q 两质点位于波源 S 的两侧，且 P、Q 和 S 的平衡位置在一条直线上，P、Q 的平衡位置到 S 的平衡位置之间的距离分别为 15.8 m、14.6 m，P、Q 开始震动后，学科网下列判断正确的是_____。(填正确答案标号。选对 1 个得 2 分，选对 2 个得 4 分，选对 3 个得 5 分。每选错 1 个扣 3 分，最低得分为 0 分)

- A. P、Q 两质点运动的方向始终相同
- B. P、Q 两质点运动的方向始终相反
- C. 当 S 恰好通过平衡位置时，P、Q 两点也正好通过平衡位置
- D. 当 S 恰好通过平衡位置向上运动时，P 在波峰
- E. 当 S 恰好通过平衡位置向下运动时，Q 在波峰

(2) (10 分) 如图，玻璃球冠的折射率为 $\sqrt{3}$ ，其底面镀银，底面的半径是球半径的 $\frac{\sqrt{3}}{2}$ 倍；

在过球心 O 且垂直于底面的平面（纸面）内，有一与底面垂直的光线射到玻璃球冠上的 M 点，该光线的延长线恰好过底面边缘上的 A 点。求该光线从球面射出的方向相对于其初始入射方向

的偏角。



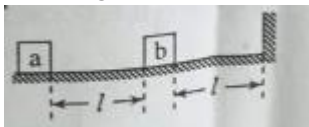
35. [物理——选修 3-5] (15 分)

(1) (5 分) 一静止的铝原子核 ${}_{13}^{27}\text{Al}$ 俘获一速度为 $1.0 \times 10^7 \text{ m/s}$ 的质子 p 后, 变为处于激发态的硅原子核 ${}_{14}^{28}\text{Si}$, 下列说法正确的是_____ (填正确的答案标号, 选对一个得 2 分, 选对 2 个得 4 分, 选对 3 个得 5 分, 没错选 1 个扣 3 分, 最低得分为零分)

- A. 核反应方程为 $\text{p} + {}_{13}^{27}\text{Al} \rightarrow {}_{14}^{28}\text{Si}$
- B. 核反应方程过程中系统动量守恒
- C. 核反应过程中系统能量不守恒
- D. 核反应前后核子数相等, 所以生成物的质量等于反应物的质量之和
- E. 硅原子核速度的数量级为 10^5 m/s , 方向与质子初速度方向一致

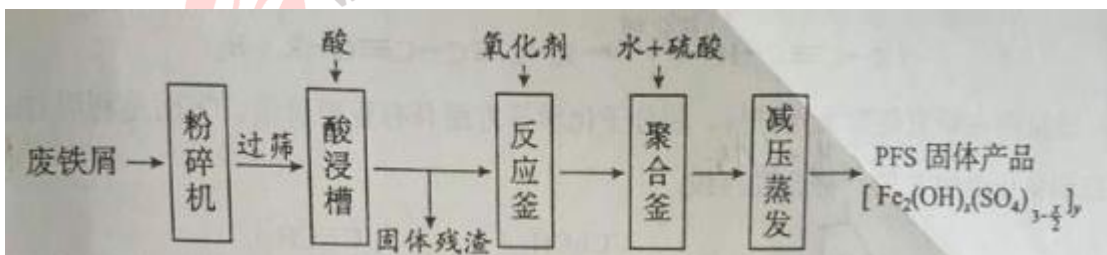
(2) (10 分) 如图所示, 水平地面上有两个静止的小物块 a 和 b, 其连线与墙垂直: a 和 b 相距 l ; b 与墙之间也相距 l ; a 的质量为 m , b 的质量为 $\frac{3}{4}m$, 两物块与地面间的动摩擦因数均相同,

现使 a 以初速度 v_0 向右滑动, 此后 a 与 b 发生弹性碰撞, 但 b 没有与墙发生碰撞, 重力加速度大小为 g , 求物块与地面间的动摩擦力因数满足的条件。



36. [化学——选修 2: 化学与技术] (15 分)

聚合硫酸铁 (PFS) 是水处理中重要的絮凝剂, 下图是以回收废铁屑为原料制备 PFS 的一种工艺流程。



回答下列问题

(1) 废铁屑主要为表面附有大量铁锈的铁, 铁锈的主要成分为_____。粉碎过筛的目的是

(2) 酸浸时最合适的酸是_____，写出铁锈与酸反应的离子方程式_____。

(3) 反应釜中加入氧化剂的作用是_____，下列氧化剂中最合适的是_____（填标号）。

A. KMnO_4 B. Cl_2 C. H_2O_2 D. HNO_3

(4) 聚合釜中溶液的 pH 必须控制在一定的范围内，pH 偏小时 Fe^{+3} 水解程度弱，pH 偏大时则_____。

(5) 相对于常压蒸发，减压蒸发的优点是_____。

(6) 盐基度 B 是衡量絮凝剂絮凝效果的重要指标，定义式为 $B = \frac{3n(\text{OH})}{n(\text{Fe})}$ (n 为物质的量)。

为测量样品的 B 值，取样品 mg，准确加入过量盐酸，充分反应，再加入煮沸后冷却的蒸馏水，以酚酞为指示剂，用 $\text{cmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的标准 NaOH 溶液进行中和滴定（部分操作略去，已排除铁离子干扰）。到终点时消耗 NaOH 溶液 V mL。按照上述步骤做空白对照试验，消耗 NaOH 溶液 $V_0\text{mL}$ ，已知该样品中 Fe 的质量分数 w，则 B 的表达式为_____。

37. [化学——选修 3: 物质结构与性质] (15 分)

砷化镓 (GaAs) 是优良的半导体材料，可用于制作微型激光器或太阳能电池的材料等。回答下列问题:

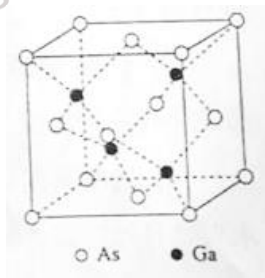
(1) 写出基态 As 原子的核外电子排布式_____。

(2) 根据元素周期律，原子半径 Ga _____ As，第一电离能 Ga _____ As。(填“大于”或“小于”)

(3) AsCl_3 分子的立体构型为_____，其中 As 的杂化轨道类型为_____。

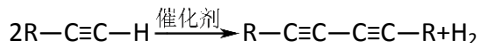
(4) GaF_3 的熔点高于 1000°C ， GaCl_3 的熔点为 77.9°C ，其原因是_____。

(5) GaAs 的熔点为 1238°C ，密度为 $\rho\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ，其晶胞结构如图所示。该晶体的类型为_____，Ga 与 As 以_____键键合。Ga 和 As 的摩尔质量分别为 $M_{\text{Ga}} \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 和 $M_{\text{As}} \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ，原子半径分别为 $r_{\text{Ga}} \text{pm}$ 和 $r_{\text{As}} \text{pm}$ ，阿伏伽德罗常数值为 N_A ，则 GaAs 晶胞中原子的体积占晶胞体积的百分率为_____。

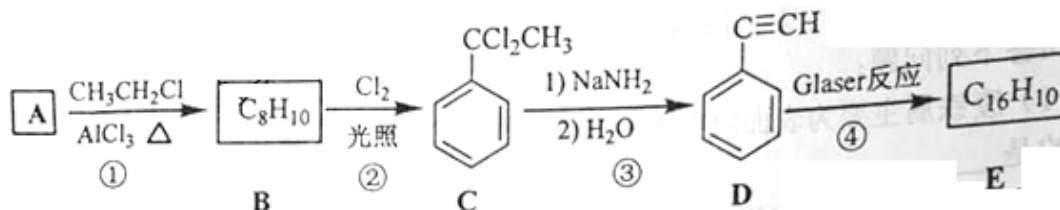


38. [化学——选修 5: 有机化学基础] (15 分)

端炔烃在催化剂存在下可发生偶联反应，成为 Glaser 反应。




该反应在研究新型发光材料、超分子化学等方面具有重要价值。下面是利用 Glaser 反应制备化合物 E 的一种合成路线：



回答下列问题：

- (1) B 的结构简式为_____，D 的化学名称为_____。
- (2) ①和③的反应类型分别为_____、_____。
- (3) E 的结构简式为_____。用 1 mol E 合成 1,4-二苯基丁烷，理论上需要消耗氢气_____mol。



(4) 化合物 () 也可发生 Glaser 偶联反应生成聚合物，该聚合反应的化学方程式为_____。

(5) 芳香化合物 F 是 C 的同分异构体，其分子中只有两种不同化学环境的氢，数目比为 3:1，写出其中 3 种的结构简式_____。

(6) 写出用 2-苯基乙醇为原料（其他无机试剂任选）制备化合物 D 的合成路线_____。

39. [生物——选修 1: 生物技术实践] (15 分)

某同学用新鲜的泡菜滤液为实验材料纯化乳酸菌。分离纯化所用固体培养基中因含有碳酸钙而不透明，乳酸菌产生的乳酸菌能溶解培养基中的碳酸钙。回答下列问题：

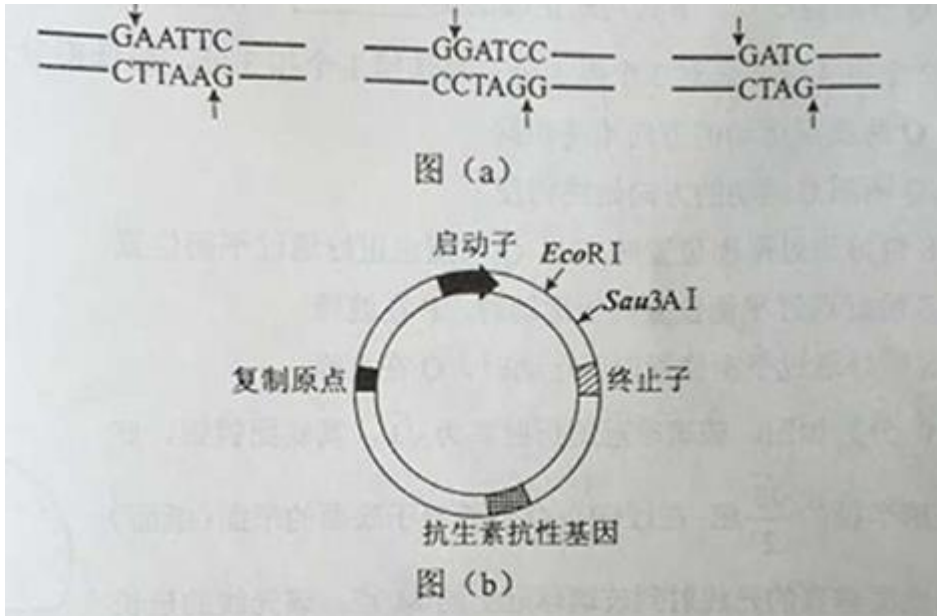
(1) 分离纯化乳酸菌时，首先需要用_____对泡菜滤液进行梯度稀释，进行梯度稀释的理由是_____。

(2) 推测在分离纯化所用的培养基中加入碳酸钙的作用有_____和_____。分离纯化时应挑选出_____的菌落作为候选菌。

(3) 乳酸菌在-20℃长期保存时，菌液中常需要加入一定量的_____（填“蒸馏水”、“甘油”或“碳酸钙”）。

40. [生物——选修 3: 现代生物科技专题] (15 分)

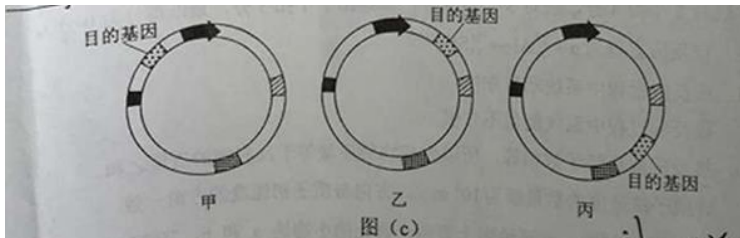
图 (a) 中的三个 DNA 片段上以此表示出了 EcoRI、BamHI 和 Sau3AI 三种限制性内切酶的识别序列与切割位点，图 (b) 为某种表达载体示意图（载体上的 EcoRI、Sau3AI 的切点是唯一的）。



根据基因工程的有关知识，回答下列问题：

(1) 经 **BamHI** 酶切割得到的目的基因可以与上述表达载体被_____酶切后的产物连接，理由是_____。

(2) 若某人利用图 (b) 所示的表达载体获得了甲、乙、丙三种含有目的基因的重组子，如图 (c) 所示。这三种重组子中，不能在宿主细胞中表达目的基因产物的额____，不能表达的原因是_____。



(3) DNA 连接酶是将两个 DNA 片段连接起来的酶，常见的有_____和_____，其中既能连接黏性末端又能连接平末端的是_____。

2016年普通高等学校招生全国统一考试（新课标3）

生物答案

1.C 2.B 3.B 4.D 5.C 6.D

29. (10分)

(1) 湿度（或答相对湿度）（1分）度条件下，相对湿度改变时光合速率变化较大（2分，其他合理答案可酌情给分）增加（1分）

(2) 四（1分）该实验组的环境温度未达到光合作用的最适温度（3分，其他合理答案可酌情给分）

(3) 不需要（1分）不需要（1分）

30. (9分)

(1) 高（2分）在饥饿时，血糖浓度降低使胰高血糖素分泌量增加，胰岛素分泌量减少；在进食后则相反（3分）

(2) 避免因酮体浓度升高而引起的内环境 pH 下降（4分，其他合理答案可酌情给分）

31.(8分)

(1) 群落中物种数目人多少（2分）

(2) 低温下，分解者的分解作用弱（3分）

(3) 能量在沿食物链的流动过程中是逐渐减小的（3分，其他合理答案可酌情给分）

32. (12分，每空2分)

(1) 少

(2) 染色体

(3) 一二三二

39. (15分)

(1) 无菌水（2分）泡菜滤液中菌的浓度高，直接培养很难分离得到单菌落（3分）

(2) 鉴别乳酸菌（3分）中和产生的乳酸（或酸）（3分）具有透明圈（2分）

(3) 甘油（2分）

40. (15分)

(1) *Sau3A I*（2分）两种酶切割后产生的片段具有相同的黏性末端（2分）

(2) 甲和丙（2分）甲中目的基因插入在启动子的上游，丙中目的基因插入在终止子的下游，

二者的目的基因均不能被转录 (3分)

(3) *E. coli* DNA 连接酶 (2分) T₄ DNA 连接酶 (2分) T₄ DNA 连接酶 (2分)

2016年普通高等学校招生全国统一考试(新课标3)

化学答案

一、选择题

7~11BADCC 12~13 BD

26. (14分)

(一) (1) 调节溶液 pH 使 Fe(OH)₃ 沉淀过滤分离 (每空 1分, 共 2分)

(2) ade (3分)

(二) (3) 酸除去溶液中的 CO₂

(4) $\text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}_2 + 6\text{H}_2\text{O} = \text{CaO}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O} \downarrow + 2\text{NH}_4\text{Cl}$ 或 $\text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{CaO}_2 \downarrow + 2\text{NH}_4\text{Cl} + 2\text{H}_2\text{O}$ (2分, 1分, 共 3分)

(5) 去除结晶表面水分 (2分)

(6) 工艺简单、学科&网操作方便纯度较低 (每空 1分, 共 2分)

27. (15分)

(1) 亚氯酸钠 (2分)

(2) ① $4\text{NO} + 3\text{ClO}_2^- + 5\text{HO}^- = 4\text{NO}_3^- + 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{Cl}^-$ 提高 (2分, 1分, 共 3分)

② 减小 (1分) ③ NO 溶解度较低或脱硝反应活化能较高 (每空 1分, 共 2分)

(3) ① 减小 (1分) ② $\frac{c^2(\text{SO}_4^{2-}) \cdot c(\text{Cl}^-)}{c^2(\text{SO}_3^{2-}) \cdot c(\text{ClO}_2^-)}$ (2分)

(4) ① 形成 CaSO₄ 沉淀, 反应平衡向产物方向移动, SO₂ 转化率提高 (2分)

② $\Delta H_1 + \Delta H_2 - \Delta H_3$ (2分)

28. (1) $\text{V}_2\text{O}_5 + 2\text{H}^+ = 2\text{VO}_2^+ + \text{H}_2\text{O}$ SiO₂ (每空 2分, 共 4分)

(2) 0.5 (2分)

(3) Fe(OH)₃ 和 Al(OH)₃ (2分)

(4) 碱 (2分)

(5) K⁺ (2分)

(6) $2\text{NH}_4\text{VO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{V}_2\text{O}_5 + 2\text{NH}_3 \uparrow + \text{H}_2\text{O} \uparrow$ (2分)

36. (1) Fe₂O₃·xH₂O (1分) 选取细小颗粒, 学科&网增大反应物接触面积, 提高“酸浸”反应速率 (2分)

(2) H₂SO₄ $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O} + 6\text{H}^+ = 2\text{Fe}^{3+} + (x+3)\text{H}_2\text{O}$

(3) 使 Fe 从+2价变成+3价 c (每空 1分, 共 2分)

(4) 形成氢氧化铁沉淀 (2分)

(5) 降低蒸发温度防止产物分解 (2分)

(6) $\frac{0.168c(V_0 - V)}{mw}$ (3分)

37. [化学——选修 3: 物质结构与性质] (15分)

(1) [Ar]3d¹⁰4s²4p³ (1分)

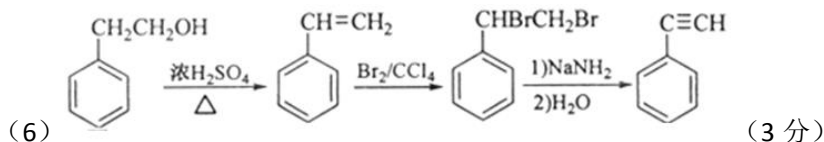
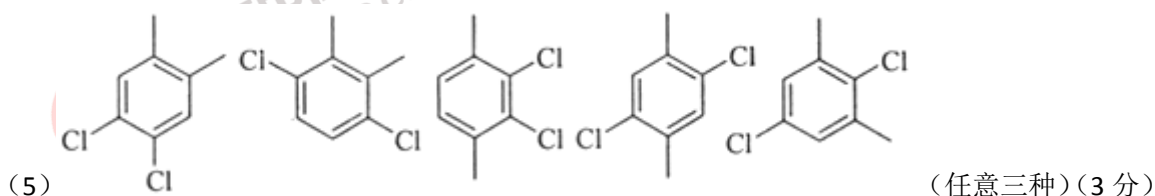
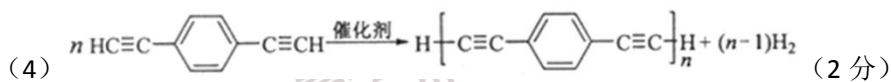
- (2) 大于小于 (每空 2 分, 共 4 分)
 (3) 三角锥形 sp^3 (每空 1 分, 共 2 分)
 (4) GaF_3 为离子晶体, $GaCl_3$ 为分子晶体 (2 分)

(5) 学科.网原子晶体共价 $\frac{4\pi \times 10^{-30} N_A \rho (r_{Ga}^3 + r_{As}^3)}{3(M_{Ga} + M_{As})} \times 100\%$ (每空 2 分, 6 分)

38.[化学——选修 5: 有机化学基础] (15 分)



- (2) 取代反应消去反应 (每空 1 分, 共 2 分)

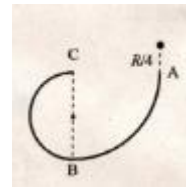
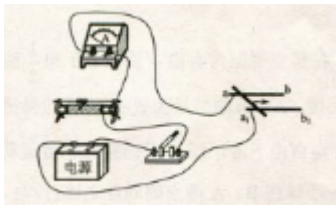


新课标 3 物理答案

14.B 15.B 16.A 17.C 18.D 19.AD 20.AC 21.BC

22. (5 分)

(1) 连线如图所示. (2 分)



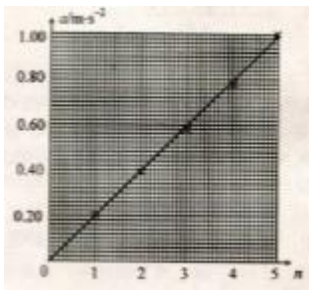
(2) AC (3 分)

23. (10 分)

(3) (2 分)

n	1	2	3	4	5
$a/m\text{s}^{-2}$	0.20	0.39	0.58	0.78	1.00

(4) $a-n$ 图线如图 (3 分)



(5) 0.45 kg (3 分)

(6) BC (2 分)

24. (12 分)

(1) 设小球的质量为 m , 小球在 A 点的动能为 E_{kA} , 由机械能守恒得 $E_{kA} = mg \frac{R}{4}$ ①

设小球在 B 点的动能为 E_{kB} , 同理有 $E_{kB} = mg \frac{5R}{4}$ ②

由①②式得 $\frac{E_{kB}}{E_{kA}} = 5$ ③

(2) 若小球能沿轨道运动到 C 点, 小球在 C 点所受轨道的正压力 N 应满足 $N \geq 0$ ④

设小球在 C 点的速度大小为 v_C , 由牛顿运动定律和向心力加速度公式有 $N + mg = m \frac{v_C^2}{R}$ ⑤

由④⑤式得, v_C 应满足 $mg \leq m \frac{v_C^2}{R}$ ⑥

由机械能守恒有 $mg \frac{R}{4} = \frac{1}{2} m v_C^2$ ⑦

由⑥⑦式可知，小球恰好可以沿轨道运动到 C 点。

评分参考：第（1）问 6 分，①②③式各 2 分；第（2）问 6 分，⑥⑦式各 2 分，“可以运动到 C 点”2 分。

25. (20 分)

(1) 在金属棒未越过 MN 之前， t 时刻穿过回路的磁通量为 $\phi = ktS$ ①

设在从 t 时刻到 $t + \Delta t$ 的时间间隔内，回路磁通量的变化量为 $\Delta\phi$ ，流过电阻 R 的电荷量为 Δq 。

由法拉第电磁感应定律有 $\varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ ②

由欧姆定律有 $i = \frac{\varepsilon}{R}$ ③

由电流的定义有 $\varepsilon = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ ④

联立①②③④式得 $|\Delta q| = \frac{kS}{R} \Delta t$ ⑤

由⑤式得，在 $t = 0$ 到 $t = t_0$ 的时间间隔内，流过电阻 R 的电荷量 q 的绝对值为

$|q| = \frac{kt_0 S}{R}$ ⑥

(2) 当 $t > t_0$ 时，金属棒已越过 MN。由于金属在 MN 右侧做匀速运动，有 $f = F$ ⑦

式中， f 是外加水平力， F 是匀强磁场施加的安培力。设此时回路中的电流为 I ， F 的大小为 $F = B_0 I l$ ⑧

此时金属棒与 MN 之间的距离为 $s = v_0(t - t_0)$ ⑨

匀强磁场穿过回路的磁通量为 $\phi' = B_0 I s$ ⑩

回路的总磁通量为 $\phi_t = \phi = \phi'$ ⑪

式中， ϕ 仍如①式所示。由①⑨⑩⑪式得，在时刻 t ($t > t_0$) 穿过回路的总磁通量为

$\phi_t = B_0 I v_0(t - t_0) + kSt$ ⑫

在 t 到 $t + \Delta t$ 的时间间隔内，总磁通量的改变 $\Delta\phi_t$ 为

$\Delta\phi_t = (B_0 I v_0 + kS)\Delta t$ ⑬

有法拉第电磁感应定律的，回路感应电动势的大小为

$$\varepsilon_t = \left| \frac{\Delta \phi_t}{\Delta t} \right| \quad (14)$$

由欧姆定律有 $I = \frac{\varepsilon_t}{R}$ (15)

联立⑦⑧⑬⑭⑮式得 $f = (B_0 l v_0 + kS) \frac{B_0 l}{R}$ (16)

评分参考：第(1)问7分，①②③④⑤式各1分，⑥式2分；第(2)问13分，⑧⑨⑩式各1分，⑪⑫式2分，⑬⑭⑮⑯式各1分。

33.[物理——选修3-1] (15分)

(1) CDE (5分)

(2) 设初始时，右管中空气柱的压强为 p_1 ，长度为 l_1 ；左管中空气柱的压强为 $p_2 = p_0$ ，长度为 l_2 。活塞被下推 h 后，右管中空气柱的压强为 p_1' ，长度为 l_1' ；左管中空气柱的压强为 p_2' ，长度为 l_2' 。以 cmHg 为压强单位。由题给条件得 $p_1 = p_2(20.0 - 5.00)$ cmHg (1)

$$l_1' = \left(20.0 - \frac{20.0 - 5.00}{2} \right) \text{ cm} \quad (2)$$

由玻意耳定律得

$$p_1 l_1 = p_1' l_1' \quad (3)$$

$$p_1' = 144 \text{ cmHg} \quad (4)$$

依题意

$$p_2' = p_1' \quad (5)$$

$$l_2' = 4.00 \text{ cm} + \frac{20.0 - 5.00}{2} \text{ cm} - h \quad (6)$$

由玻意耳定律得

$$p_2 l_2 = p_2' l_2' \quad (7)$$

联立④⑤⑥⑦式和题给条件得

$$h = 9.42 \text{ cm} \quad (8)$$

评分参考：①②式各1分，③式2分，④⑤⑥式各1分，⑦式2分，⑧式1分。

34. (1) BDE

(2) 答：设球半径为 R ，球冠底面中心为 O' ，连接 OO' ，则 $OO' \perp AB$ 。令 $\angle OAO' = \alpha$ ，有

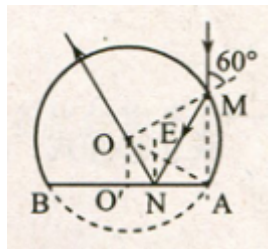
$$\cos \alpha = \frac{O'A}{OA} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}R}{R} \quad (1)$$

即 $\alpha = 30^\circ$ (2)

由题意 $MA \perp AB$

所以 $\angle OAM = 60^\circ$

设图中 N 点为光线在球冠内底面上的反射点，所考虑的光线的光路图如图所示。设光线在 M 点的入射角为 i ，折射角为 r ，在 N 点的入射角为 i' ，反射角为 i'' ，玻璃折射率为 n 。由于 $\triangle OAM$ 为等边三角形，有



$$i=60^\circ \text{④}$$

由折射定律有 $\sin i = n \sin r$ ⑤

代入提给条件 $n = \sqrt{3}$ 得 $r = 30^\circ$ ⑥

作底面在 N 点的法线 NE，由于 $NE \parallel AM$ ，有 $i' = 30^\circ$ ⑦

根据反射定律，有 $i'' = 30^\circ$ ⑧

连接 ON，由几何关系知 $\triangle MAN \cong \triangle MON$ ，故有 $\angle MNO = 60^\circ$ ⑨

由 ⑦⑨ 式得 $\angle ENO = 30^\circ$ ⑩

于是 $\angle ENO$ 为反射角，ON 为反射光线。这一反射光线经球面再次折射后不改变方向。所以，经一次反射后射出玻璃球冠的光线相对于入射光线的偏角 β 为

$$\beta = 180^\circ - \angle ENO = 150^\circ \text{⑪}$$

评分参考：②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑪式各 1 分。

35. (1) ABE

(2) 答：设物块与地面间的动摩擦因数为 μ 。若要物块 a、b 能够发生碰撞，应有

$$\frac{1}{2}mv_0^2 > \mu mgl \text{①}$$

$$\text{即 } \mu < \frac{v_0^2}{2gl} \text{②}$$

设在 a、b 发生弹性碰撞前的瞬间，a 的速度大小为 v_1 。由能量守恒有

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \mu mgl \text{③}$$

设在 a、b 碰撞后的瞬间，a、b 的速度大小分别为 v'_1 、 v'_2 ，由动量守恒和能量守恒有

$$mv_1 = mv'_1 + \frac{3m}{4}v'_2 \text{④}$$

$$\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv_1'^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{3m}{4}\right)v_2'^2 \text{⑤}$$

$$\text{联立④⑤式解得 } v'_2 = \frac{8}{7}v_1 \text{⑥}$$

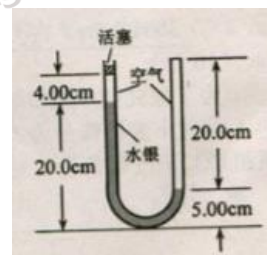
由题意，b 没有与墙发生碰撞，由功能关系可知

$$\frac{1}{2}\left(\frac{3m}{4}\right)v_2'^2 \leq \mu \frac{3m}{4}gl \text{⑦}$$

联立③⑥⑦式，可得

$$\mu \geq \frac{32v_0^2}{113gl} \text{⑧}$$

联立②⑧式，a 与 b 发生碰撞、但 b 没有与墙发生碰撞的条件



$$\frac{32v_0^2}{113gl} \leq \mu < \frac{v_0^2}{2gl} \text{ ⑨}$$

评分参考：①②式各 1 分（若②式同时有小于和等于号，同样给分），③式 2 分，④⑤⑥⑦式各 1 分，⑧式 2 分（若只有大于号，同样给分）

