2026 北京昌平高三一模

化　　学

2026.4

本试卷共 10 页，共 100 分。考试时长 90 分钟。考生务必将答案答在答题卡上，在试卷上作答无效。考试结束后，将答题卡交回。

可能用到的相对原子质量：H1　C12　N14　O16　Ca40　Fe56　Ga70

第一部分

本部分共 14 题，每题 3 分，共 42 分。在每题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

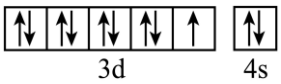
1. 2026 年 1 月我国科研团队在嫦娥六号带回的月壤样品中，首次发现了天然形成的单壁碳纳米管。它是一种由单层碳原子卷曲而成的中空管状纳米材料，具有优异的导电导热性。关于单壁碳纳米管，下列说法正确的是

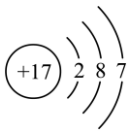
A. 属于金属材料　　B. 是由碳元素组成的化合物

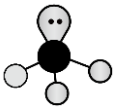
C. 是由碳原子通过离子键形成的　　D. 比金刚石导电能力强

2. 下列化学用语或图示表达不正确的是

A. H_2O 的电子式：$H:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{O}}:H$

B. 基态 $_{29}Cu$ 原子的价电子轨道表示式：

C. Cl 的原子结构示意图：

D. NH_3 的 VSEPR 模型：

3. 下列变化中，气体物质作氧化剂的是

A. 将 SO_2 通入硫化氢溶液中，出现黄色浑浊

B. 将 SO_2 通入酸性高锰酸钾溶液中，溶液褪色

C. 将 $CH_2=CH_2$ 通入溴的四氯化碳溶液中，溶液褪色

D. 将 NH_3 通入滴有酚酞的水中，溶液变红

4. 下列方程式与所给事实不相符的是

A. 食醋除去水垢中的 $CaCO_3$：$CaCO_3+2H^+=Ca^{2+}+H_2O+CO_2\uparrow$

B. 海水提溴过程中将溴吹入SO_2吸收塔：$Br_2+SO_2+2H_2O=2Br^-+SO_4^{2-}+4H^+$

C. 用Na_2O_2和水制备少量O_2：$2Na_2O_2+2H_2O=4Na^++4OH^-+O_2\uparrow$

D. 泡沫灭火器中$Al_2(SO_4)_3$与$NaHCO_3$反应：$3HCO_3^-+Al^{3+}=Al(OH)_3\downarrow+3CO_2\uparrow$

5. 下列说法正确的是

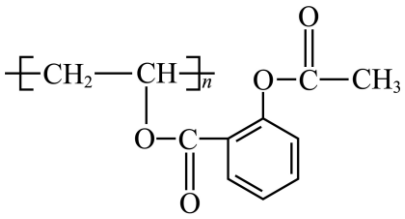
A. 糖类、油脂、蛋白质均由C、H、O三种元素组成

B. 淀粉和纤维素互为同分异构体

C. 油脂在适当条件下能发生水解生成高级脂肪酸

D. 向蛋白质溶液里加入乙醇，蛋白质凝固，再加水蛋白质溶解

6. L是一种长效、缓释阿司匹林，其结构如图。



下列说法不正确的是

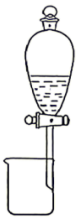
A. L的单体不存在顺反异构

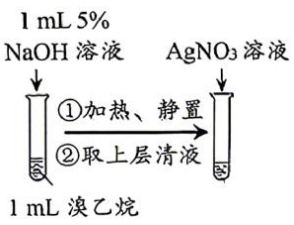
B. L中碳原子的杂化类型是sp^2、sp^3

C. L能发生取代、氧化反应，不能发生加成反应

D. 1 mol L最多消耗$3n$ mol NaOH

7. 用下列仪器或装置（图中夹持略）进行相应实验，能达到实验目的的是

目的	A．配制一定物质的量浓度的氯化钠溶液	B．分离酒精和水
实验		
目的	C．验证铁发生吸氧腐蚀	D．检验溴乙烷的水解产物Br^-

实验		

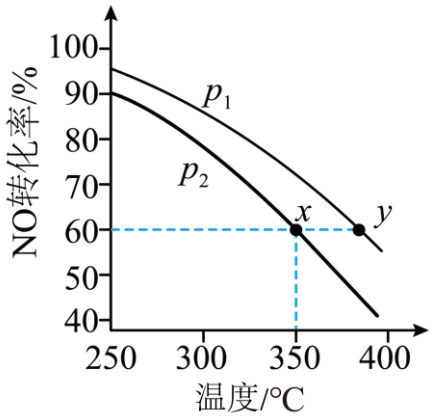
A. A　　B. B　　C. C　　D. D

8. 下列事实与结论或解释不相符的是

	事实	结论或解释
A	相同温度下，浓度均为$0.1\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$的$CH_3COONa$溶液和NaClO溶液，NaClO溶液的pH更大	由此可得$K_a\left(CH_3COOH\right)>K_a\left(HClO\right)$
B	向装有Na_2S溶液的试管中滴加$ZnSO_4$溶液，产生白色沉淀，再滴加$CuSO_4$溶液出现黑色沉淀	由此可得$K_{sp}\left(CuS\right)<K_{sp}\left(ZnS\right)$
C	I_2在水中的溶解度小于其在CCl_4中的溶解度	原因是H_2O为极性分子，I_2和CCl_4为非极性分子
D	气态氟化氢中存在$\left(HF\right)_2$，而气态氯化氢中是HCl分子	原因是电负性F大于Cl，HF分子间可形成氢键

A. A　　B. B　　C. C　　D. D

9. 在容积可变的密闭容器中，发生反应$2NO\left(g\right)+O_2\left(g\right)\rightleftharpoons 2NO_2\left(g\right)$。起始时NO和$O_2$的物质的量之比为$2:1$。在不同压强下反应达到平衡时，测得NO转化率随温度的变化如下图。



下列说法不正确的是

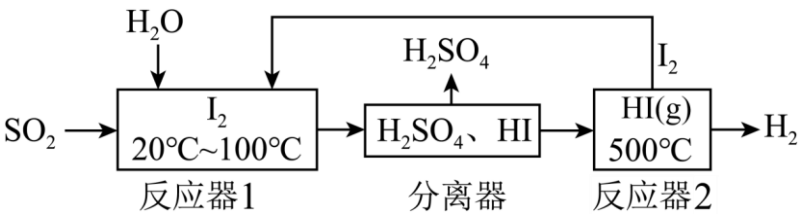
A. 压强：$p_1 > p_2$

B. 化学平衡常数：y 点 $< x$ 点

C. x 点 NO_2 的物质的量分数为 50%

D. 达到平衡所用的时间：y 点 $> x$ 点

10. 碘循环工艺不仅能吸收 SO_2 降低环境污染，同时又能制得氢气，反应机理如下。



已知：ⅰ．分离器中的混合液利用 I_2 进行分离，在过量 I_2 存在下，分成含低浓度 I_2 的 H_2SO_4 层和含高浓度 I_2 的 HI 层；

ⅱ．反应器 2 中该条件下反应的 $K \approx 10^{-3}$。

下列说法正确的是

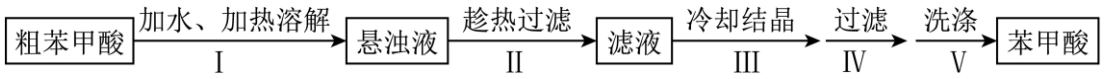
A. 反应器 1 中的反应存在 $s-s\sigma$ 键断裂和 $s-p\sigma$ 键形成

B. 分离器中，$c\left(I^-\right)$ 增大，使 $I_2 + I^- \rightleftharpoons I_3^-$ 正移，增大 I_2 在 HI 中的溶解度

C. 反应器 2 中，增大压强有利于提高反应速率和 HI 的平衡转化率

D. 反应消耗 $1mol\ SO_2$，可制得 $1mol\ H_2$

11. 苯甲酸是一种常用的食品防腐剂。某实验小组设计粗苯甲酸（含有少量 NaCl 和泥沙）的提纯方案如下。



已知：苯甲酸和 NaCl 在水中的溶解度如下表。

温度（℃）		25	50	75	95
溶解度（g/100g水）	苯甲酸	0.34	0.85	2.2	6.8
	NaCl	36.1	37.1	38.3	38.9

下列说法不正确的是

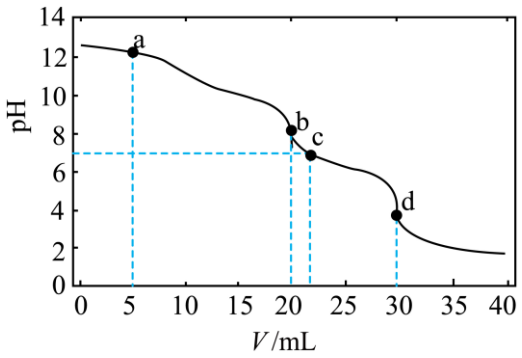
A. 此方案利用了不同温度下苯甲酸溶解度差异较大的性质

B. 操作Ⅱ趁热过滤的目的是除去泥沙和 NaCl

C. 操作Ⅲ冷却结晶析出的晶体主要是苯甲酸

D. 操作Ⅴ可用冷水洗涤晶体

12. 常温下，向 10 mL 浓度均为 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 NaOH 和 Na_2CO_3 混合溶液中滴加 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 盐酸，溶液 pH 随盐酸加入体积的变化如下图所示。



已知：常温常压下，1 体积水能溶解约 1 体积 CO_2。

下列说法正确的是

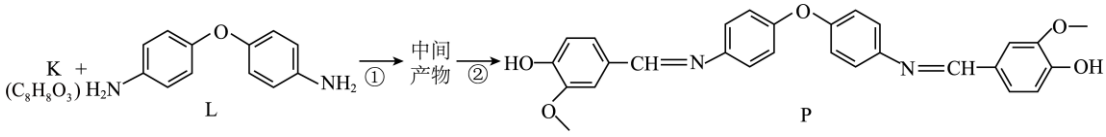
A. 未加入盐酸前，混合溶液显碱性的主要原因是 CO_3^{2-} 水解

B. b 点的溶液中 $n\left(\text{HCO}_3^-\right)=0.001\text{mol}$

C. d 点的溶液中，$c\left(\text{Na}^+\right)=c\left(\text{Cl}^-\right)$

D. 水的电离程度：b 点＜c 点

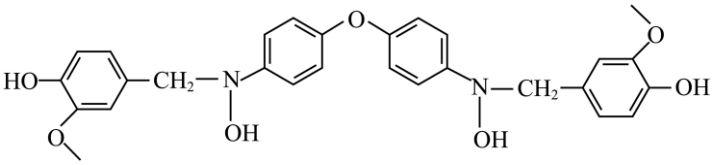
13. 一种可自修复生物基高分子材料的中间体 P 的合成路线如下。



下列说法正确的是

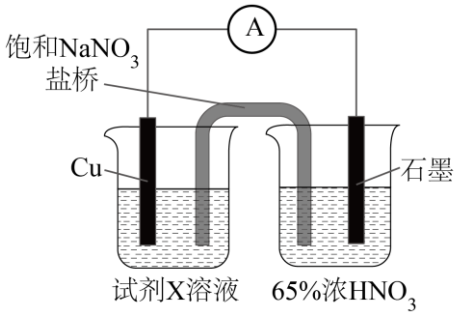
A. 反应物 K 的核磁共振氢谱有四组峰

B. 反应物 K 与 L 的化学计量比是$1:2$

C. 中间产物的结构简式为：

D. 按照①和②的反应原理，L 与$OHC-\bigcirc-CHO$可形成高分子

14. 查阅文献NO_2和NO_2^-对铜与浓硝酸的反应速率均有影响，利用下图装置进行实验验证。



序号	试剂 X	操作	现象	电流表示数
①	$20mL5mol\cdot L^{-1}NaNO_3$	无	石墨电极一侧有少量气泡	a
②	$20mL5mol\cdot L^{-1}NaNO_3$ $+2.5mL5mol\cdot L^{-1}NaNO_2$	无	石墨电极一侧有少量气泡，铜电极一侧溶液澄清，出现少量绿色	b
③	$20mL5mol\cdot L^{-1}NaNO_2$	无	石墨电极一侧有少量气泡，铜电极一侧溶液澄清，出现明显绿色	c
④	$20mL5mol\cdot L^{-1}NaNO_3$	向铜电极一侧持续通入 NO_2		d

已知：ⅰ．$2NO_2+H_2O\rightleftharpoons HNO_3+HNO_2$；

ii．$\left[Cu\left(NO_2\right)_4\right]^2$ 溶液显绿色；

iii．电流表示数越大，单位时间内反应转移的电子数越多。

下列分析不正确的是

A. ①中产生少量气泡的电极反应为 $NO_3^- + 2H^+ + e^- = NO_2 \uparrow + H_2O$

B. ③中铜电极发生 $Cu - 2e^- + 4NO_2^- = \left[Cu\left(NO_2\right)_4\right]^{2-}$

C. 若 $c > b > a$，结合现象可证明 NO_2^- 能加快铜与浓硝酸的反应速率

D. 若④中 $d > a$，可证明 NO_2 能加快铜与浓硝酸的反应速率

第二部分

本部分共 5 题，共 58 分。

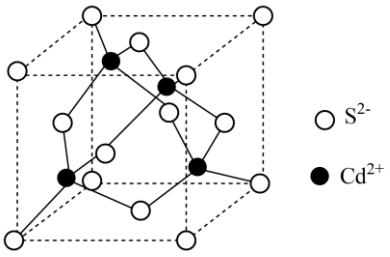
15. 电催化分解 H_2S 制氢脱硫是实现 H_2S 清洁高值利用的途径之一。钴（Co）掺杂的硫化镉（CdS）材料是 H_2S 电催化分解的一种催化剂，可由 $Cd\left(NO_3\right)_2 \cdot 4H_2O$、$Co\left(NO_3\right)_2 \cdot 6H_2O$ 及 Na_2S 等制得。

（1）基态 Co^{2+} 的价层电子排布式为_____。

（2）分解 H_2S 制 H_2 比分解 H_2O 制 H_2 所需的能量低，从原子结构的角度说明原因：_____。

（3）Na_2S 的熔点（950°C）高于 H_2S 的熔点（$-85°C$），解释原因：_____。

（4）CdS 的晶胞是立方体结构，边长为 *a*nm，结构示意图如下。



①与 S^{2-} 最近且距离相等的阳离子有___个。

②已知 CdS 的摩尔质量为 $M\,g \cdot mol^{-1}$，阿伏加德罗常数为 N_A，该晶体的密度为___$g \cdot cm^{-3}$。

（$1nm = 10^{-7}cm$）

（5）电催化分解 H_2S 制氢脱硫包括直接分解法和间接分解法，原理装置示意图如下。

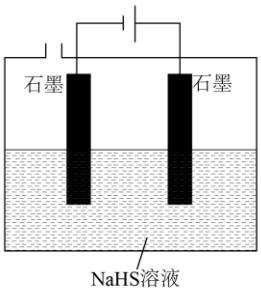


图1直接分解法

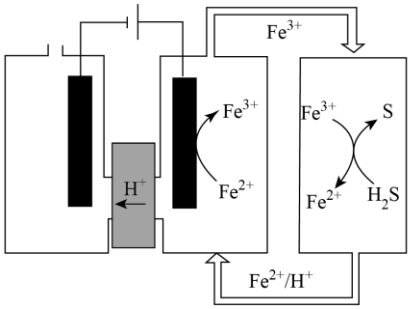
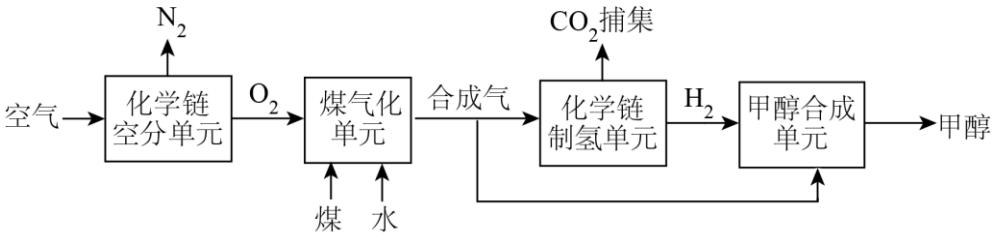


图2 间接分解法

①直接分解法通常采用碱性溶液吸收H_2S制成 NaHS 溶液进行电解，电解一段时间后反应会停止，结合电极反应式解释原因：_____。

②与直接分解法相比，间接分解法的优势是_____。

16. 甲醇是重要的有机化工产品。我国研究者提出一种化学链空分联合化学链制氢的煤制甲醇新过程，主要工艺流程框架图如下。



（1）煤气化单元。合成气的主要成分为 CO、H_2，还含有少量CO_2，该单元主要发生以下反应：

i．$C(s)+O_2(g)=CO_2(g)\ \Delta H_1=-394.0kJ\cdot mol^{-1}$

ii．$C(s)+CO_2(g)=2CO(g)\ \Delta H_2=+172.6kJ\cdot mol^{-1}$

iii．$CO(g)+H_2O(g)=CO_2(g)+H_2(g)\ \Delta H_3=-41.2kJ\cdot mol^{-1}$

①煤气化生成水煤气的反应为$C(s)+H_2O(g)=CO(g)+H_2(g)\ \Delta H=$____$kJ\cdot mol^{-1}$。

②从能量角度说明煤气化过程中通入O_2的作用是_____。

（2）化学链空分单元及化学链制氢单元的工艺流程示意图如下。

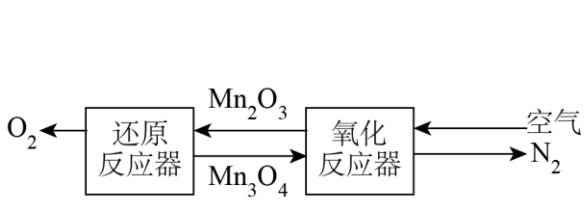


图1 化学键空分单元示意

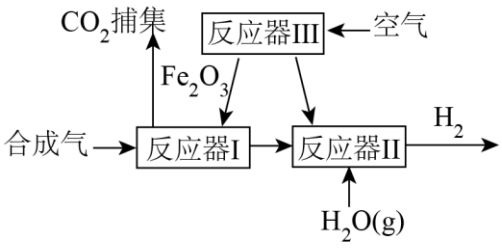


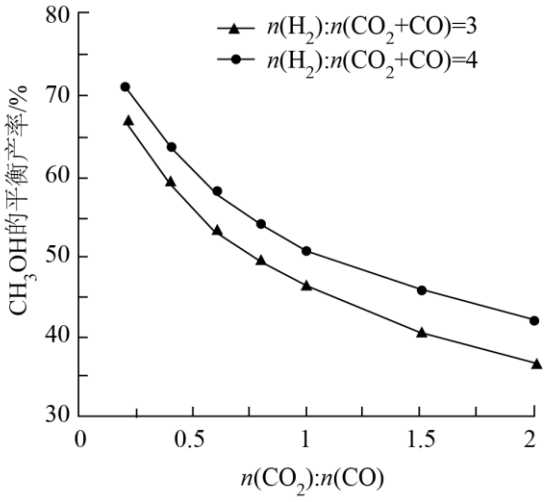
图2 化学链制氢单元示意图

①化学链空分单元，还原反应器中发生反应的化学方程式为_____。

②化学链制氢单元，反应器Ⅱ中发生反应的化学方程式为_____。

③结合Mn_3O_4的作用分析化学链空分单元的工作原理：_____。

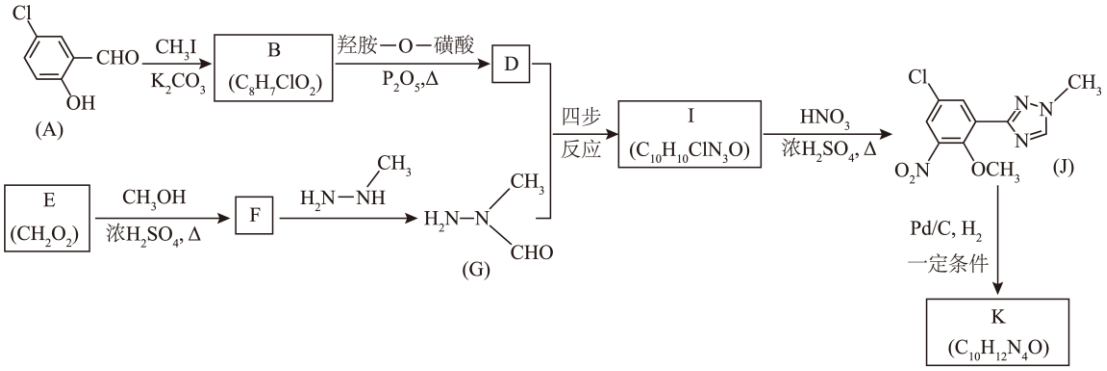
（3）甲醇合成单元。合成气中CO、CO_2均可与H_2反应生成甲醇，进入合成单元前需配比成合适氢碳比。理论模拟在250℃、6MPa、初始合成气总物质的量相同的条件下，研究$n(CO_2):n(CO)$及氢碳比对甲醇平衡产率的影响，结果如图。



①当初始$n(H_2)$相同时，甲醇的平衡产率随$n(CO_2):n(CO)$增大而下降的原因是_____。

②依据图示，合成甲醇时应如何调整合成气物质比例：__。

17. 系统性红斑狼疮的治疗药物中间产物K的合成路线如下。

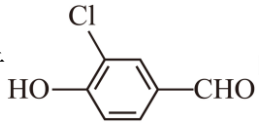


已知：$R—CHO \xrightarrow[P_2O_5,\Delta]{羟胺—O—磺酸} R—CN$

（1）A分子中含氧官能团的名称是_____。

（2）E是最简单的羧酸，$E \rightarrow F$的化学方程式是_____。

（3）下列说法中正确的是____（填序号）。

a．A 的沸点高于  的沸点　　b．B 可与 $FeCl_3$ 溶液发生显色反应

c．F 可与银氨溶液反应产生银镜　　d．生成 G 时断裂 $C-O$ 键和 $N-H$ 键

（4）以 D 和 G 为原料合成 I 分为四步反应。

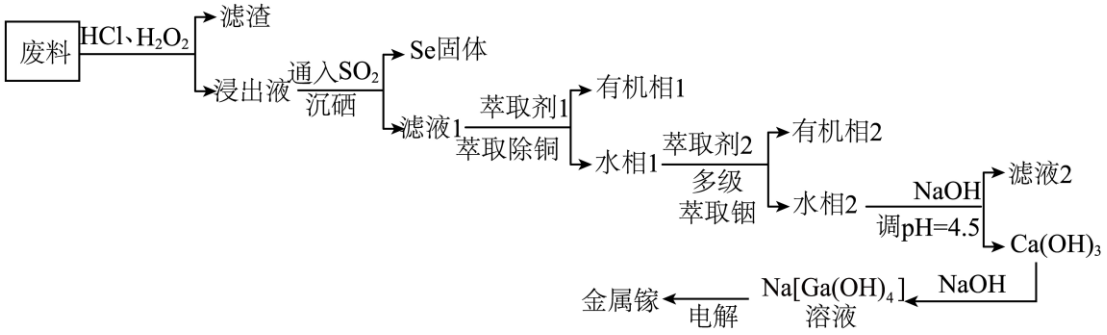


①G 的水溶液显碱性，结合结构和原理的相关知识解释原因：_____。

②Y 中存在含氮五元环和手性碳原子，X 中均不存在。Y 的结构简式为_____。

（5）K 的结构简式为_____。

18. 太阳能电池废料的回收利用对光伏产业具有重要意义。从预处理后的废料（其中的铜铟镓硒元素主要以硒化物形式存在，如 Cu_2Se 、In_2Se_3 、Ga_2Se_3 ）中提取金属镓的一种流程示意图如下。



已知：ⅰ。Ga、In 元素位于第ⅢA 族，Se 元素位于第ⅥA 族；

ⅱ。萃取剂 2 以 H_2R_2 形式存在，萃取原理为：$M^{3+}(aq)+3H_2R_2(org)\rightleftharpoons MR_3\cdot 3HR(org)+3H^+(aq)$

M 表示金属元素，org 表示有机相，$K_{萃取}In=3.0\times10^3$ $K_{萃取}Ga=2.3\times10^{-2}$

（1）在浸出前将废料进行粉碎预处理，其作用是_____。

（2）浸出液中含 Se 元素的物质为 H_2SeO_3。“沉硒”过程发生反应的化学方程式为_____。

（3）解释“多级萃取铟”过程中主要萃取出 In^{3+} 的原因是_____。

（4）向有机相 2 中加入试剂 X 可实现萃取剂 2 再生。

①试剂 X 是_____。

②从化学平衡角度解释萃取剂 2 如何再生_____。

（5）电解获取金属镓。一种电解法制取镓的装置如下图 1，电解过程中阳极溶液 $c(Na_2CO_3)$、$c(NaHCO_3)$ 及碳损失量随电解时间的变化如下图 2。

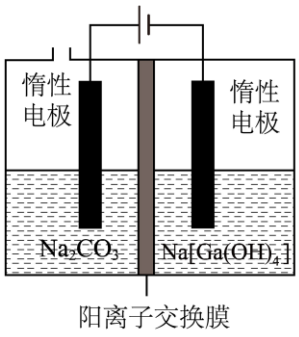


图1

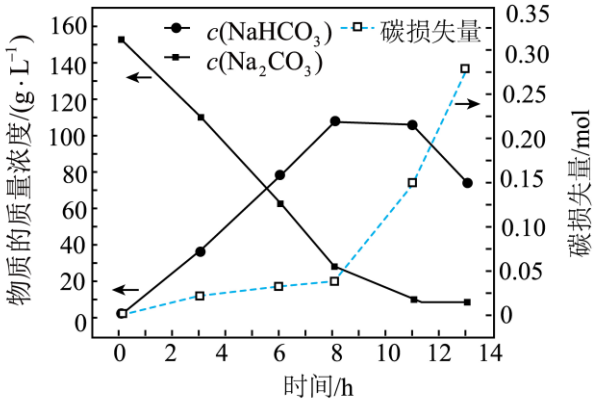


图2

①获得镓的电极反应式为_____。

②当电路中通过 a 库仑电量时，理论上可获得的金属镓的质量为_____g（列出计算式）。

已知：电解中转移 1 mol 电子所消耗的电量为 96500 库仑。

③图 2 中 $c\left(NaHCO_3\right)$ 在 8~11 h 基本保持不变，结合化学用语说明可能的原因是_____。

（6）该工艺体现绿色化学思想，流程中除萃取剂外，还能够循环利用的物质有_____。

19. 某小组实验探究 $KMnO_4$ 法滴定白云石 $\left[CaMg\left(CO_3\right)_2\right]$ 中钙含量时的条件。

（1）处理白云石矿样

步骤 1：用 HCl 溶解白云石矿样；

步骤 2：向上述溶液中加入沉淀剂 $\left(NH_4\right)C_2O_4$，使 Ca^{2+} 转化为 CaC_2O_4 沉淀，过滤，洗净沉淀。

①步骤 1 发生反应的离子方程式为_____。

②步骤 2 洗净沉淀是为了防止 Cl^- 影响后续滴定结果，检验沉淀已洗净的操作及现象是_____。

（2）滴定条件探究

序号	实验内容及现象
I	将带有沉淀的滤纸贴在烧杯壁上，用热蒸馏水冲洗，将滤纸全部浸入溶液，并用稀 H_2SO_4 溶解沉淀控制酸度，趁热用 $c mol\cdot L^{-1} KMnO_4$ 标准溶液滴定。开始滴定时快速加入 $5mL$ $KMnO_4$ 标准溶液，产生大量棕黑色沉淀，随着滴定继续进行，沉淀消失，滴定终点读取数据。
II	将带有沉淀的滤纸贴在烧杯壁上，用热蒸馏水冲洗，将滤纸全部浸入溶液，并用稀 H_2SO_4 溶解沉淀控制酸度，趁热用 $c mol\cdot L^{-1} KMnO_4$ 标准溶液滴定。开始滴定时逐滴加入，每一滴反应完全后

	再加入下一滴，溶液始终澄清，滴定终点读取数据。

已知：ⅰ．MnO_4^-为紫红色，Mn^{2+}近乎无色，MnO_2棕黑色沉淀；

ⅱ．$K_{a1}\left(H_2C_2O_4\right)=5.0\times10^{-2}$；

ⅲ．滤纸的主要成分为纤维素。

①$KMnO_4$既做标准溶液又做指示剂，滴定终点的现象是_____。

②实验Ⅰ中棕黑色沉淀产生的途径可能有：

途径一：_____

途径二：$2MnO_4^-+3Mn^{2+}+2H_2O=5MnO_2\downarrow+4H^+$

途径三：$4MnO_4^-+4H^+=4MnO_2\downarrow+3O_2\uparrow+2H_2O$

a．途径一的离子方程式为_____。

b．途径一、二对测定结果无影响，途径三会使测得的Ca^{2+}的含量偏高，分析原因：_____。

实验Ⅰ最终测得的Ca^{2+}的含量偏高。

③实验Ⅱ测得的Ca^{2+}的含量也偏高，经分析认为是滤纸浸入溶液造成的，理由是_____。

（3）改进滴定实验

分析实验Ⅰ、Ⅱ测定结果偏差的原因，增加实验Ⅲ，将滤纸全部浸入盛有热蒸馏水的烧杯中，并用稀H_2SO_4控制酸度与Ⅱ相同，趁热用$c\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}KMnO_4$标准溶液滴定。开始滴定时逐滴加入，每一滴反应完全后再加入下一滴，滴定终点读取数据。

白云石矿样为ag，实验Ⅱ、Ⅲ消耗$KMnO_4$标准溶液的体积分别为V_1mL、V_2mL。白云石矿样中钙的质量分数为_____（列出计算式）。

参考答案

第一部分

本部分共 14 题，每题 3 分，共 42 分。在每题列出的四个选项中，选出最符合题目要求的一项。

题号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
答案	D	B	A	A	C	C	C	B	D	B	B	C	D	D

第二部分

本部分共 5 题，共 58 分。

15. 【答案】（1）$3d^7$　　（2）O 原子的原子半径小于 S 原子，H-O 键的键长小于 H-S 键，H-O 键强于 H-S 键，断裂共价键需要的能量高

（3）Na_2S 是离子晶体，H_2S 是分子晶体，离子晶体的熔点高于分子晶体

（4）　①. 4　②. $\frac{4M}{10^{-21}a^3N_A}$

（5）　①. 阳极的电极反应式为：$HS^- -2e^-+OH^-=S\downarrow+H_2O$，放电生成的 S 附着在石墨电极上阻碍了反应的进行　②. 反应生成的 S 不会附着在石墨电极上阻碍反应的进行，且 Fe^{2+}可以循环使用

【小问 1 详解】

钴元素的原子序数为 27，基态亚钴离子的价层电子排布式为 $3d^7$；

【小问 2 详解】

共价键的强弱与键长有关，键长越小，共价键越强，同主族元素，从上到下原子半径依次增大，则氧原子的原子半径小于硫原子，H-O 键的键长小于 H-S 键，H-O 键强于 H-S 键，破坏共价键需要的能量高，所以硫化氢分解制氢气需要的能量低于水分解制氢气需要的能量；

【小问 3 详解】

硫化钠是离子晶体，硫化氢是分子晶体，离子晶体的熔点高于分子晶体，所以硫化钠的熔点高于硫化氢；

【小问 4 详解】

①由晶胞结构可知，晶胞中镉离子位于硫离子形成的四面体空隙中，则与镉离子距离最近的硫离子个数为 4，镉离子的配位数为 4，由化学式可知，硫离子的配位数为 4，所以与硫离子距离最近的镉离子个数为 4；

②由晶胞结构可知，晶胞中位于体内的镉离子个数为 4，位于顶点和面心的硫离子个数为：$8\times\frac{1}{8}+6\times\frac{1}{2}$ =4，设晶体的密度为 dg/cm³，由晶胞的质量公式可得：$\frac{4M}{N_A}=(a\times10^{-7})^3d$，解得 $d=\frac{4M}{10^{-21}a^3N_A}$；

【小问 5 详解】

①由题意可知，阳极上发生的反应为碱性条件下硫氢酸根离子在阳极上失去电子发生氧化反应生成硫和水，电极反应式为：$HS^- -2e^- +OH^- =S\downarrow +H_2O$，放电生成的硫附着在石墨电极上阻碍了反应的进行，所以电解一段时间后反应会停止；

②与直接分解法相比，间接分解法的优势是亚铁离子在阳极上发生氧化反应生成铁离子，铁离子在反应室中与硫化氢反应生成亚铁离子、硫和氢离子，反应生成的硫不能附着在石墨电极上阻碍反应的进行，且反应生成的亚铁离子进入阳极室可以循环使用。

16. 【答案】（1） ①. +131.4 ②. 煤气化生成水煤气的反应为吸热反应，O_2与C反应放热，提供能量，维持反应持续进行

（2） ①. $6Mn_2O_3 \overset{\Delta}{=} 4Mn_3O_4 + O_2\uparrow$ ②. $3Fe + 4H_2O(g) \overset{高温}{=} Fe_3O_4 + 4H_2$ ③. 空气进入氧化反应器，Mn_3O_4与O_2生成Mn_2O_3，分离出N_2，Mn_2O_3进入还原反应器分解生成Mn_3O_4和O_2，Mn_3O_4循环利用，实现空气中N_2和O_2的分离

（3） ①. 反应i：$CO(g)+2H_2(g) \rightleftharpoons CH_3OH(g)$、反应ii：$CO_2(g)+3H_2(g) \rightleftharpoons CH_3OH(g)+H_2O(g)$，当合成气总物质的量及$n(H_2)$相同时，$n(CO_2):n(CO)$增大，使$c(CO_2)$增大，$c$(CO)减小，$c(CO_2)$增大对反应ii正移影响小于c(CO)减小对反应i逆移的影响 ②. 适当提高$n(H_2):n(CO_2+CO)$，降低$n(CO_2):n(CO)$

【小问1详解】

①根据盖斯定律，方程式ii+iii可得$C(s)+H_2O(g)=CO(g)+H_2(g)$，

$\Delta H=\Delta H_2+\Delta H_3=+172.6kJ\cdot mol^{-1}-41.2kJ\cdot mol^{-1}=+131.4kJ\cdot mol^{-1}$；

②煤气化生成水煤气的反应为吸热反应，O_2与C反应放热，提供能量，维持反应持续进行；

【小问2详解】

①化学链空分单元，还原反应器中生成O_2和Mn_3O_4，发生反应的化学方程式为

$6Mn_2O_3 \overset{\Delta}{=} 4Mn_3O_4 + O_2\uparrow$；

②化学链制氢单元，反应器II中铁与水蒸气高温下反应生成氢气，发生反应的化学方程式为

$3Fe + 4H_2O(g) \overset{高温}{=} Fe_3O_4 + 4H_2$；

③空气进入氧化反应器，Mn_3O_4与O_2生成Mn_2O_3，分离出N_2，Mn_2O_3进入还原反应器分解生成

Mn_3O_4和O_2，Mn_3O_4循环利用，实现空气中N_2和O_2的分离；

【小问3详解】

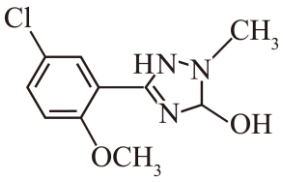
①合成气中CO、CO_2均可与H_2反应生成甲醇，化学方程式为：反应i：$CO(g)+2H_2(g)\rightleftharpoons CH_3OH(g)$、反应ii：$CO_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons CH_3OH(g)+H_2O(g)$，当合成气总物质的量及$n(H_2)$相同时，$n(CO_2):n(CO)$增大，使$c(CO_2)$增大，c(CO)减小，$c(CO_2)$增大对反应ii正移影响小于c(CO)减小对反应i逆移的影响，因此甲醇平衡产率下降；

②依据图示，控制$n(H_2):n(CO_2+CO)$=4的甲醇平衡产率比$n(H_2):n(CO_2+CO)$=3时高，可知合成甲醇时应适当提高$n(H_2):n(CO_2+CO)$，降低$n(CO_2):n(CO)$(即提高CO在碳氧化物中的占比)。

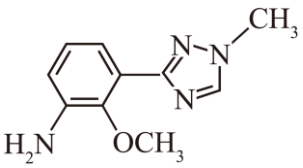
17. 【答案】（1）（酚）羟基、醛基

（2）$CH_3OH+HCOOH\overset{\text{浓硫酸}}{\underset{\Delta}{\rightleftharpoons}}HCOOCH_3+H_2O$　　（3）cd

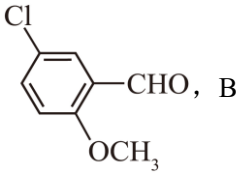
（4）　①. G分子中含有氨基，氨基氮原子有孤电子对，H^+提供空轨道，二者形成配位键，促进水的电离，使溶液中$c(OH^-)>c(H^+)$　　②.



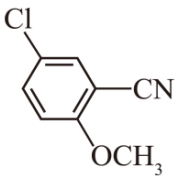
（5）



【分析】A物质和CH_3I发生取代反应生成B：

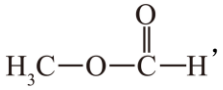


，B发生已知信息的反应生成D：



。E是最简单的羧酸（即$HCOOH$），甲酸与甲醇在浓硫酸加热作用下发生酯化反应，生成

F：



，F与$H_2N-NH-CH_3$发生取代反应生成G。D和G经过四步反应生成I，I物质发生硝化反应生成J，J物质发生还原反应生成K。

【小问1详解】

A分子中含氧官能团的名称是（酚）羟基和醛基。

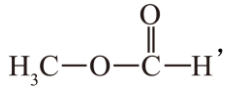
【小问 2 详解】

甲酸与甲醇发生酯化反应，则 $\mathrm{E}\rightarrow\mathrm{F}$ 的化学方程式是：$CH_3OH+HCOOH\underset{\Delta}{\overset{\text{浓硫酸}}{\rightleftharpoons}}HCOOCH_3+\mathrm{H_2O}$。

【小问 3 详解】

a．A 中邻位羟基和醛基易形成分子内氢键，分子间氢键少，沸点低于能形成分子间氢键的同分异构体，a 错误；

b．B 物质中不含有酚羟基，不能与 $\mathrm{FeCl_3}$ 溶液发生显色反应，b 错误；

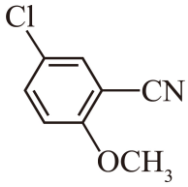
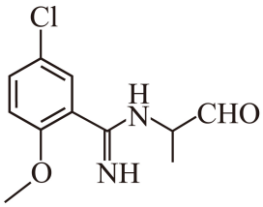
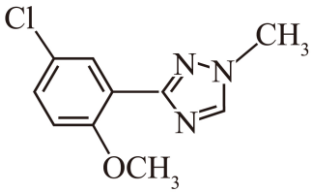
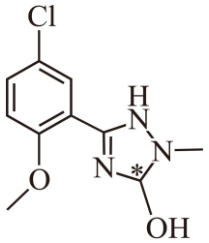
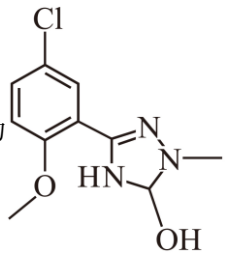
c．F 的结构为：，属于甲酸酯，含有醛基，可与银氨溶液反应产生银镜，c 正确；

d．F 与 $\mathrm{H_2N—NH—CH_3}$ 发生取代反应，断裂 $-NH-$ 上的 $\mathrm{N-H}$ 键，F 断裂 $\mathrm{C-O}$ 键，d 正确；

故选 cd。

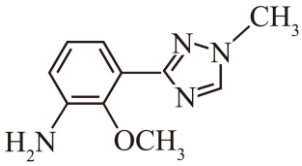
【小问 4 详解】

①G 分子中含有氨基，氨基氮原子有孤电子对，能与水电离出的 $\mathrm{H^+}$ 形成配位键，使溶液中 $c\left(OH^-\right)>c\left(\mathrm{H^+}\right)$，因此溶液显碱性。

②已知 D 是：，D 与 G 发生加成反应生成 X：；根据 J 物质逆推，可知是 I 物质发生硝化反应生成 J，则 I 物质的结构为：，Y 中存在含氮五元环和手性碳原子，X 中均不存在，推断 X 中醛基发生加成反应生成 Y，则 Y 的结构为：，Y 异构化生成 Z，则 Z 的结构简式为，Z 发生消去反应生成 I；

【小问 5 详解】

J 中硝基在 $Pd/\mathrm{C},\mathrm{H_2}$ 条件下还原为氨基，且 K 分子式中无氯原子，K 的结构简式为：



。

18. 【答案】（1）增大接触面积，加快浸取速率，提高浸取率

（2）$H_2SeO_3+2SO_2+H_2O=Se\downarrow+2H_2SO_4$

（3）$K_{萃取}$In 大于 $K_{萃取}$Ga

（4） ①. 稀盐酸 ②. 向有机相 2 中加入稀盐酸，溶液中的氢离子浓度增大，萃取平衡向逆反应方向移动，反应后分液得到萃取剂 2

（5） ①. $[Ga(OH)_4]^-+3e^-=Ga+4OH^-$ ②. $\frac{70a}{3\times96500}$ ③. 在 8~11 h，阳极区发生两个反应：$4CO_3^{2-}-4e^-+2H_2O=O_2\uparrow+4HCO_3^-$ 和 $4HCO_3^--4e^-=O_2\uparrow+4CO_2\uparrow+2H_2O$，当两个反应速率相等时，$c\left(NaHCO_3\right)$基本保持不变

（6）NaOH

【分析】由题给流程可知，向预处理后的废料中加入盐酸和过氧化氢混合溶液浸取，将金属元素转化为金属氯化物，硒元素转化为亚硒酸，过滤得到滤渣和浸出液；向浸出液中通入二氧化硫沉硒，将亚硒酸转化为单质硒，过滤得到硒固体和滤液 1；向滤液 1 中加入萃取剂 1 萃取除铜，分液得到含有铜离子的有机相 1 和水相 1；向水相 1 中加入萃取剂 2 多级萃取铟，分液得到含有铟离子的有机相 2 和水相 2；向水相 2 中加入氢氧化钠溶液调节溶液 pH 为 4.5，将镓离子转化为氢氧化镓沉淀，过滤得到滤液 2 和氢氧化镓；向氢氧化镓中加入氢氧化钠溶液，将氢氧化镓转化为四羟基合镓酸钠；电解四羟基合镓酸钠得到镓和可以循环使用的氢氧化钠。

【小问 1 详解】

在浸出前将废料进行粉碎预处理，可以增大固体表面积，有利于增大反应物的接触面积，加快浸取速率，提高浸取率；

【小问 2 详解】

由分析可知，“沉硒”过程通入二氧化硫沉硒的目的是将亚硒酸转化为单质硒，反应的化学方程式为：$H_2SeO_3+2SO_2+H_2O=Se\downarrow+2H_2SO_4$；

【小问 3 详解】

由题给信息可知，加入萃取剂 2 多级萃取铟时，铟元素的萃取反应的平衡常数远大于镓元素的萃取反应的平衡常数，所以萃取过程中主要萃取出铟离子；

【小问 4 详解】

①由萃取方程式可知，增大溶液中的氢离子可以使平衡向逆反应方向移动，有利于萃取剂 2 的生成，所以试剂 X 是盐酸；

②由萃取方程式可知，萃取剂 2 再生的操作为向有机相 2 中加入稀盐酸，溶液中的氢离子浓度增大，萃取平衡向逆反应方向移动，反应后分液得到萃取剂 2；

【小问 5 详解】

①由题意可知，获得镓的阴极反应为四羟基合镓酸根离子在阴极得到电子发生还原反应生成镓和氢氧根离子，电极反应式为：$[Ga(OH)_4]^-+3e^-=Ga+4OH^-$；

②电路中通过 a 库仑电量时，转移电子的物质的量为 $\frac{a}{96500}\text{mol}$，生成 1mol Ga 转移 3mol 电子，Ga 摩尔质量约为 70g/mol，因此质量为 $\frac{70a}{3\times96500}\text{g}$。

③阳极上水放电：$2H_2O-4e^-=O_2\uparrow+4H^+$，生成的 H^+ 与 CO_3^{2-} 反应 $CO_3^{2-}+H^+=HCO_3^-$，使 $c(HCO_3^-)$ 增大；同时 H^+ 又与 HCO_3^- 反应 $H^++HCO_3^-=CO_2\uparrow+H_2O$，故阳极区发生反应：$4CO_3^{2-}-4e^-+2H_2O=O_2\uparrow+4HCO_3^-$ 和 $4HCO_3^--4e^-=O_2\uparrow+4CO_2\uparrow+2H_2O$，在 8~11 h，两个反应速率相等时，$c\left(NaHCO_3\right)$ 基本保持不变，

【小问 6 详解】

由分析可知，电解四羟基合镓酸钠得到镓和可以循环使用的氢氧化钠，所以流程中可以循环使用的物质是萃取剂和氢氧化钠。

19. 【答案】（1） ①. $CaMg\left(CO_3\right)_2+4H^+=Ca^{2+}+Mg^{2+}+2CO_2\uparrow+2H_2O$； ②. 取少量最后一次洗涤液于试管中，滴加稀硝酸酸化的硝酸银溶液，若无白色沉淀生成，则沉淀已洗净；

（2） ①. 滴入最后半滴 $KMnO_4$ 标准溶液后，溶液由无色变为浅紫红色，且半分钟内不褪色； ②. $2MnO_4^-+3H_2C_2O_4+2H^+=2MnO_2\downarrow+6CO_2\uparrow+4H_2O$； ③. 棕黑色沉淀溶解是 MnO_2 与 $H_2C_2O_4$ 反应生成 Mn^{2+} 造成的，途径一二 $KMnO_4$ 及其生成的 MnO_2 均用于氧化 $H_2C_2O_4$，且最终还原产物均只有 Mn^{2+}，因此消耗 $KMnO_4$ 体积不变，而途径三 $KMnO_4$ 除用于氧化 $H_2C_2O_4$，自身被还原为 Mn^{2+} 外，还有一部分自身分解生成 O_2，使得消耗 $KMnO_4$ 体积增大； ④. 滤纸的主要成分纤维素具有还原性，会被酸性 $KMnO_4$ 氧化，额外消耗标准液，导致结果偏高；

（3） $\frac{0.1c\left(V_1-V_2\right)}{a}\times100\%$ 或 $\frac{\frac{5}{2}\times c\left(V_1-V_2\right)\times10^{-3}\times40}{a}\times100\%$；

【分析】白云石$\left[CaMg\left(CO_3\right)_2\right]$先和盐酸反应生成$Ca^{2+}$，$Ca^{2+}$再和$\left(NH_4\right)C_2O_4$生成$CaC_2O_4$沉淀，$CaC_2O_4$沉淀和硫酸反应后和$KMnO_4$反应，根据$5Ca^{2+}\sim5H_2C_2O_4\sim2MnO_4^-$得出白云石中钙的质量分数。

【小问 1 详解】

①白云石是难溶固体，与 HCl 反应生成可溶性钙盐、镁盐、CO_2和水，故离子反应方程式为$CaMg\left(CO_3\right)_2+4H^+=Ca^{2+}+Mg^{2+}+2CO_2\uparrow+2H_2O$；

②杂质Cl^-存在于洗涤液中，用硝酸酸化的$AgNO_3$检验Cl^-，若无白色沉淀生成，则洗涤已洗净；

【小问 2 详解】

①$KMnO_4$自身可作指示剂，滴定终点时$H_2C_2O_4$完全反应，过量半滴$KMnO_4$使溶液显特征浅紫红色；

②a. 初始滴定时反应速率慢，MnO_4^-被草酸还原为MnO_2，根据得失电子守恒配平即可得到离子方程式：$2MnO_4^-+3H_2C_2O_4+2H^+=2MnO_2\downarrow+6CO_2\uparrow+4H_2O$；

b. 棕黑色沉淀溶解是MnO_2与$H_2C_2O_4$反应生成Mn^{2+}造成的，途径一二$KMnO_4$及其生成的MnO_2均用于氧化$H_2C_2O_4$，且最终还原产物均只有Mn^{2+}，因此消耗$KMnO_4$体积不变，而途径三$KMnO_4$除用于氧化$H_2C_2O_4$，自身被还原为Mn^{2+}外，还有一部分自身分解生成O_2，使得消耗$KMnO_4$体积增大；

③滤纸的主要成分纤维素具有还原性，可被酸性高锰酸钾氧化，额外消耗标准液，导致测定结果偏高；

【小问 3 详解】

实验Ⅲ为空白实验，扣除滤纸消耗的体积 V_2 后，实际与草酸反应的$KMnO_4$体积为 V_1-V_2；根据反应关系$5Ca^{2+}\sim5H_2C_2O_4\sim2MnO_4^-$，得$n\left(Ca^{2+}\right)=\frac{5}{2}c\left(V_1-V_2\right)\times10^{-3}mol$，代入钙的摩尔质量 40 g/mol，即可得到质量分数$\frac{0.1c\left(V_1-V_2\right)}{a}\times100\%$或$\frac{\frac{5}{2}\times c\left(V_1-V_2\right)\times10^{-3}\times40}{a}\times100\%$。