

## 2000 年全国高中学生化学竞赛（初赛）试题与答案

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	十三	十四	十五	总分
满分	5	6	6	6	2	5	5	10	9	5	8	6	9	8	10	100

1. 1999 年是人造元素丰收年，一年间得到第 114、116 和 118 号三个新元素。按已知的原子结构规律，118 号元素应是第\_\_\_\_周期第\_\_\_\_族元素，它的单质在常温常压下最可能呈现的状态是\_\_\_\_（气、液、固选一填入）态。近日传闻俄国合成了第 166 号元素，若已知原子结构规律不变，该元素应是第\_\_\_\_周期第\_\_\_\_族元素。（5 分）

【答案】

七；零；气；八；VIA（5 分，每个填空得 1 分）

2. 今年是勒沙特列（Le Chatelier 1850—1936）诞生 150 周年。请用勒沙特列原理解释如下生活中的常见现象：打开冰镇啤酒瓶把啤酒倒入玻璃杯，杯中立即泛起大量泡沫。（6 分）

【答案】

（1）啤酒瓶中二氧化碳气体与啤酒中溶解的二氧化碳达到平衡： $\text{CO}_2(\text{气}) \rightleftharpoons \text{CO}_2(\text{溶液})$ ，打开啤酒瓶，二氧化碳气体的压力下降，根据勒沙特列原理，平衡向放出二氧化碳气体的方向移动，以减弱气体压力下降对平衡的影响。

（2）温度是保持平衡的条件，玻璃杯的温度比冰镇啤酒的温度高，根据勒沙特列原理，平衡应向减弱温度升高的方向移动，即应向吸热方向移动，从溶液中放出二氧化碳气体是吸热的，因而，应从溶液中放出二氧化碳气体。

注：压力和温度各 3 分，不与勒沙特列原理挂钩不给分。

3. 1999 年合成了一种新化合物，本题用 X 为代号。用现代物理方法测得 X 的相对分子质量为 64；X 含碳 93.8%，含氢 6.2%；X 分子中有 3 种化学环境不同的氢原子和 4 种化学环境不同的碳原子；X 分子中同时存在 C—C、C=C 和 C≡C 三种键，并发现其 C=C 键比寻常的 C=C 短。

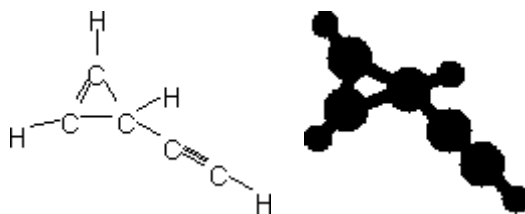
1. X 的分子式是\_\_\_\_\_（2 分）

2. 请画出 X 的可能结构。（4 分）

【答案】

1.  $\text{C}_5\text{H}_4$

2. 如右右上图



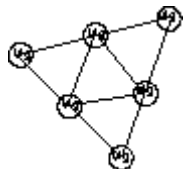
注：只有一种可能结构；重键位置必须正确，而键角和立体结构则不必要求。右上图是用 Chemsketch 程序制作的立体结构图，图形未画出重键，仅供参考，不是答案。

4. 理想的宏观单一晶体呈规则的多面体外形。多面体的面叫晶面。今有一枚  $\text{MgO}$  单晶如附图 1 所示。它有 6 个八角形晶面和 8 个正三角形晶面。宏观晶体的晶面是与微观晶胞中一定取向的截面对应的。已知  $\text{MgO}$  的晶体结构属 NaCl 型。它的单晶的八角形面对应于它的晶胞

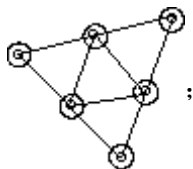


的面。请指出排列在正三角形晶面上的原子（用元素符号表示原子，至少画出 6 个原子，并用直线把这些原子连起，以显示它们的几何关系）。（6 分）

【答案】

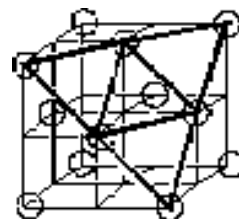


所有原子都是 Mg（3 分）



所有原子都是 O（3 分）

注：画更多原子者仍应有正确几何关系；右图给出了三角形与晶胞的关系，不是答案。

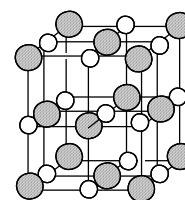


5. 最近发现一种由钛原子和碳原子构成的气态团簇分子，如右图所示，顶角和面心的原子是钛原子，棱的中心和体心的原子是碳原子，它的化学式是\_\_\_\_\_。

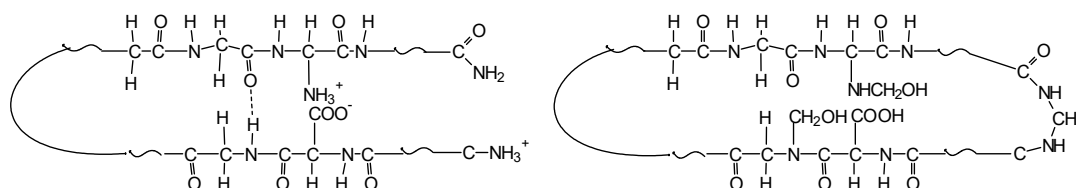
【答案】

Ti<sub>14</sub>C<sub>13</sub>（2 分）

说明：凡按晶胞计算原子者得零分。



6. 某中学同学在一本英文杂志上发现 2 张描述结构变化的简图如下（图中“——”是长链的省略符号）：



未读原文，他已经理解：左图是生命体内最重要的一大类有机物质\_\_\_\_\_（填中文名称）的模型化的结构简图，右图是由于左图物质与\_\_\_\_\_（化学式），即\_\_\_\_\_（中文名称）发生反应后的模型化的结构简图。由左至右的变化主要科学应用场合是：\_\_\_\_\_；但近年来我国一些不法奸商却利用这种变化来坑害消费者，消费者将因\_\_\_\_\_。

【答案】

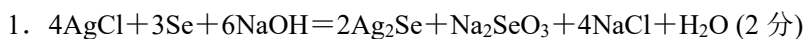
蛋白质（或多肽）；CH<sub>2</sub>O；甲醛；制作（动物）标本（或保存尸体）；食物中残余甲醛可与人体蛋白质发生同右图所示的反应而受害（5 分，每空 1 分）

7. 最近，我国某高校一研究小组将 0.383g AgCl, 0.160g Se 和 0.21g NaOH 装入充满蒸馏水的反应釜中加热到 115℃，10 小时后冷至室温，用水洗净可溶物后，得到难溶于水的金属色晶体 A。在显微镜下观察，发现 A 的单晶竟是六角微型管（如右图所示），有望开发为特殊材料。现代物理方法证实 A 由银和硒两种元素组成，Se 的质量几近原料的 2/3；A 的理论产量约 0.39g。

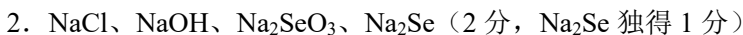


1. 写出合成 A 的化学方程式，标明 A 是什么。(3 分)
2. 溶于水的物质有：\_\_\_\_\_。(2 分)

答案：



A 是  $\text{Ag}_2\text{Se}$  (1 分)

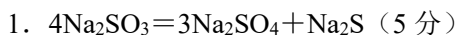


注： $\text{Na}_2\text{Se}$  是由于原料中过量的 Se 歧化产生的。

8. 某中学生取纯净的  $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  50.00 g，经  $600^\circ\text{C}$  以上的强热至恒重，分析及计算表明，恒重后的样品质量相当于无水亚硫酸钠的计算值，而且各元素的组成也符合计算值，但将它溶于水，却发现溶液的碱性大大高于期望值。经过仔细思考，这位同学解释了这种反常现象，并设计了一组实验，验证了自己的解释是正确的。

1. 他对反常现象的解释是：(请用化学方程式表达) (5 分)
2. 他设计的验证实验是：(请用化学方程式表达) (5 分)

【答案】



2. 说明：此题给出的信息未明确第 1 题所示的歧化是否 100% 地将  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  完全转化为  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  和  $\text{Na}_2\text{S}$ ，因此，只有全面考虑存在完全转化和不完全转化两种情形，并分别对两种情形的实验进行设计才是完整的答案：

(1) 设  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  完全转化为  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  和  $\text{Na}_2\text{S}$ ，需分别检出  $\text{SO}_4^{2-}$  离子和  $\text{S}^{2-}$  离子。

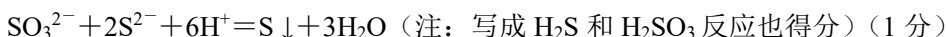
$\text{SO}_4^{2-}$  离子的检出： $\text{SO}_4^{2-} + \text{Ba}^{2+} = \text{BaSO}_4 \downarrow$  不溶于盐酸。(2 分)

$\text{S}^{2-}$  离子的检出：方法 1：加沉淀剂如： $\text{S}^{2-} + \text{Pb}^{2+} = \text{PbS} \downarrow$  (黑) (或醋酸铅试纸变黑) 其他沉淀剂也可得分。

方法 2：加盐酸  $\text{S}^{2-} + 2\text{H}^+ = \text{H}_2\text{S} \downarrow$  (可闻到硫化氢特殊气味)

以上 2 种方法取任何一种方法均可得 2 分。(2 分)

(2) 设  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  未完全转化为  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  和  $\text{Na}_2\text{S}$ ，检出  $\text{SO}_4^{2-}$  加盐酸时以及检出  $\text{S}^{2-}$  采用方法 2 时，除发生已述反应 (注：已得 4 分) 外，均会发生如下反应：

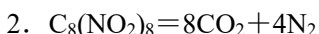


9. 最近，我国一留美化学家参与合成了一种新型炸药，它跟三硝基甘油一样抗打击、抗震，但一经引爆就发生激烈爆炸，据信是迄今最烈性的非核爆炸品。该炸药的化学式为  $\text{C}_8\text{N}_8\text{O}_{16}$ ，同种元素的原子在分子中是毫无区别的。

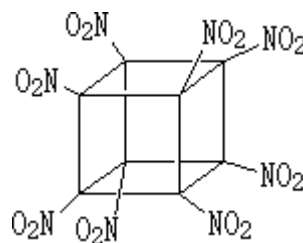
1. 画出它的结构式。(4 分)
2. 写出它的爆炸反应方程式。(2 分)
3. 该物质为何是迄今最烈性的非核爆炸品。(3 分)

【答案】

1. 如右图所示。答八硝基环辛四烯者也按正确论。



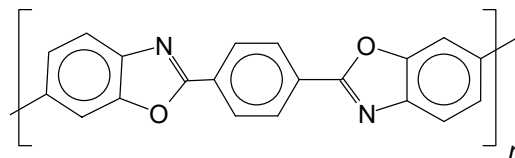
3. ①八硝基立方烷分解得到的两种气体都是最稳定的化合物；②立方烷的碳架键角只有  $90^\circ$ ，大大小于  $109^\circ 28'$  (或答：是张力很大的环)，因而八硝基立方烷是一种高能



化合物，分解时将释放大能量；③八硝基立方烷分解产物完全是气体，体积膨胀将引起激烈爆炸。

说明：以上是参考答案，只要能答出类似以上要点者均可得满分

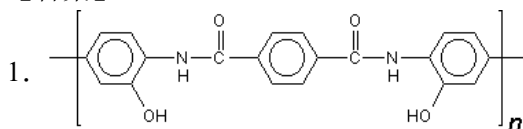
10. 据统计，40%的飞机失事时机舱内壁和座椅的塑料会着火冒烟，导致舱内人员窒息致死。为此，寻找装修机舱的阻燃聚合物是化学研究的热点之一。最近，有人合成了一种叫 PHA 的聚酰胺类高分子，即主链内有“酰胺键”（—CO—NH—）。温度达 180~200℃时，PHA 就会释放水变成 PBO（结构式如右图所示），后者着火点高达 600℃，使舱内人员逃离机舱的时间比普通增大 10 倍。该发明创造的巧妙之处还在于，PHA 是热塑性的（加热后可任意成型），而 PBO 却十分坚硬，是热固性的（加热不能改变形状）。



1. 写出 PHA 的结构式。（3 分）

2. 根据高分子结构来解释，为什么 PHA 有热塑性而 PBO 却是热固性的。（2 分）

【答案】



2. PHA 高分子键的共轭较差，加热容易发生键的旋转，是柔性骨架，所以 PHA 具有热塑性，而 PBO 高分子键的共轭程度高，加热不容易发生键的旋转，所以 PBO 是热固性的。（2 分）

注：只要能对高分子骨架的键的性质能作正确的描述，均可得分，上述表述只是参考答案。

11. 已经探明，我国南海跟世界上许多海域一样，海底有极其丰富的甲烷资源。其总量超过已知蕴藏在我国陆地下的天然气总量的一半。据报导，这些蕴藏在海底的甲烷是高压下形成的固体，是外观像冰的甲烷水合物。

1. 试设想，若把它从海底取出，拿到地面上，它将有什么变化？为什么？它的晶体是分子晶体、离子晶体还是原子晶体？你作出判断的根据是什么？（2 分）

2. 已知每 1 立方米这种晶体能释放出 164 立方米的甲烷气体，试估算晶体中水与甲烷的分子比（不足的数据由自己假设，只要假设得合理均按正确论）。（6 分）

【答案】

1. 从海底取出的甲烷水合物将融化并放出甲烷气体，因为该晶体是分子晶体，甲烷分子和水分子都是由有限数目的原子以共价键结合的小分子，水分子和甲烷分子之间范德华力，而水分子之间是范德华力和氢键。（2 分）

2. 假设甲烷气体体积是折合成标准状况下的数据，则  $1\text{m}^3$  水合物中有甲烷  $164\text{m}^3 \div 22.4\text{m}^3/\text{kmol} = 7.32\text{kmol}$ ；假设甲烷水合物固体中的水的密度为  $1\text{g}/\text{cm}^3$ ，则其中有水  $1\text{m}^3 \times 1000\text{kg}/\text{m}^3 \div 18\text{kg}/\text{mol} = 55.56\text{kmol}$ ；因此有： $\text{CH}_4 : \text{H}_2\text{O} = 7.32\text{kmol} : 55.6\text{kmol} = 1 : 7.6$ 。

甲烷水合物的组成可能是  $6\text{CH}_4 \cdot 46\text{H}_2\text{O}$  (6分)

【说明】

以上是最简单的参考答案，设密度为  $1\text{g/cm}^3$  也可包含甲烷，只要答案为  $\text{CH}_4 \cdot 6\sim 9\text{H}_2\text{O}$ ，均可按满分计。但设密度为  $0.9\text{g/cm}^3$  又包含甲烷则不能认为是合理的（岂不会漂到海面上来？另外，必须给出解题时的假设，否则不能得满分。）

12. 氯化亚砷 ( $\text{SOCl}_2$ )，一种无色液体，沸点  $79^\circ\text{C}$ ，重要有机试剂，用于将  $\text{ROH}$  转化为  $\text{RCl}$ 。氯化亚砷遇水分解，需在无水条件下使用。

1. 试写出它与水完全反应的化学方程式：\_\_\_\_\_ (2分)；

2. 设计一些简单的实验来验证你写的化学方程式是正确的。（只需给出实验原理，无须描述实验仪器和操作。评分标准：设计的合理性—简捷、可靠、可操作及表述。4分）

【答案】

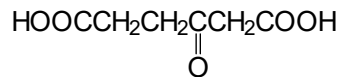
1.  $\text{SOCl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{SO}_2 + 2\text{HCl}$  (说明：写成  $\text{H}_2\text{SO}_3$  也按正确答案论)

说明：水多时  $\text{SO}_2$  溶于水得到亚硫酸和盐酸的混合溶液，但因盐酸对亚硫酸电离的抑制，水溶液中仍大量存在  $\text{SO}_2$ ，故写  $\text{SO}_2$  是正确答案。

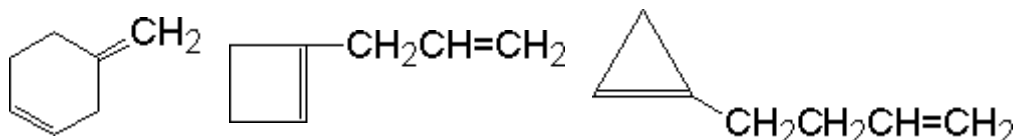
2. 向水解产物的水溶液加入硫化氢应得到硫磺沉淀。向另一份水解产物的水溶液加入硝酸银应得到白色沉淀。检出 1 种水解产物得 1 分。

说明：以上仅为参考答案。只要是合理设计均应得分。

13. 某烃 A，分子式为  $\text{C}_7\text{H}_{10}$ ，经催化氢化生成化合物 B ( $\text{C}_7\text{H}_{14}$ )。A 在  $\text{HgSO}_4$  催化下与水反应生成醇，但不能生成烯醇式结构（该结构可进一步转化为酮）。A 与  $\text{KMnO}_4$  剧烈反应生成化合物 C，结构式如右图所示。试画出 A 的可能结构的简式。(9分)



【答案】



说明：必须给出 3 种结构式，每个结构式 3 分。共计 9 分。双键的位置划错不给分。此题未给出催化氢化的温度，未涉及开环反应。若学生在应答时指出可能有开环反应而不会有四元环和三元环的结构式存在也应按正确论。

14. 铂系金属是最重要的工业催化剂。但其储藏已几近枯竭，上小行星去开采还纯属科学幻想。研究证实，有一类共价化合物可代替铂系金属催化剂。它们是坚硬的固体，熔点极高，高温下不分解，被称为“千禧催化剂”(millennium catalysts)。下面 3 种方法都可以合成它们：

① 在高温下将烃类气体通过钨或钼的氧化物的表面。

② 高温分解钨或钼的有机金属化合物（即：钨或钼与烃或烃的卤代物形成的配合物）。

③ 在高度分散的碳表面上通过高温气态钨或钼的氧化物。

1. 合成的化合物的中文名称是\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。(共 4 分, 各 2 分)

2. 为解释这类化合物为什么能代替铂系金属, 提出了一种电子理论, 认为这些化合物是金属原子与非金属原子结合的原子晶体, 金属原子周围的价电子数等于同周期的铂原子或钨原子的价电子数。这类化合物的化学式(即最简式或实验式)是\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。(4 分, 各 2 分)

【答案】

1. 碳化钨; 碳化钼

2.  $\text{Mo}_2\text{C}$ ;  $\text{WC}$

说明: 每个钨原子的 d 轨道上平均多了 4 个电子, 相当于 Pt 的电子结构, 每个钼原子的 d 轨道上多了 2 个电子, 相当于 Ru 原子的电子构型。

15. 2.00 升(标准状况测定值)氢气和 5.00 克氯气混合经光照后直至检不出氯气剩余, 加入 9.00% NaOH 溶液 80.0 mL(密度  $d=1.10\text{g/mL}$ )。问: 需要加入多少毫升 0.100 mol/L 的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  才能使溶液呈中性? (10 分)

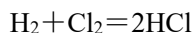
【答案】

设氢气的体积已折合为标准状况, 则:

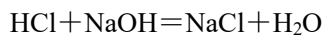
氢气:  $2.00\text{L}/22.4\text{L}=0.0893\text{mol}$

氯气:  $5.00\text{g}/(35.45\times 2)\text{g/mol}=0.0705\text{mol}$

氢气是过量的:



0.0705mol 0.141mol



0.141mol 0.141mol

80.0 mL 9.00% NaOH 溶液的质量为:

$80.0\text{mL} \times 1.10\text{g/mL} = 88.0\text{g}$

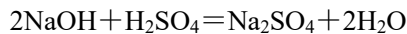
其中含 NaOH 质量:

$7.92\text{g}/40.0\text{g/mol} = 0.198\text{mol}$

吸收 HCl 气体后尚剩余 NaOH 为:

$0.198\text{mol} - 0.141\text{mol} = 0.057\text{mol}$

中和 NaOH 需要的  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :



0.057mol 0.0285mol (保留 1 位有效数字)

需要 0.100mol/L 的  $\text{H}_2\text{SO}_4$  溶液的体积为:

$0.100\text{mol/L} \cdot V = 0.0285\text{mol}$

$V = 0.285\text{L} = 285\text{mL}$

说明: 计算步骤不同时, 有效数字可能有差别, 答 280~290 均可按正确答案论, 此题主要目的是心理测试。