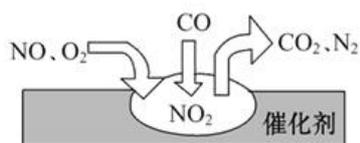


考点 16 常见非金属元素单质及其重要化合物 4——氮

一、选择题

1. 随着我国汽车年销量的大幅增加，给空气环境造成了很大的污染。汽车尾气装置里，气体在催化剂表面吸附与解吸作用的过程如图所示，下列说法正确的是



- A. 反应中 NO 为氧化剂，N₂ 为氧化产物
B. 汽车尾气的主要污染成分包括 CO、NO 和 N₂
C. 反应中 CO 为氧化剂，CO₂ 为氧化产物
D. 催化转化总化学方程式为 $2\text{NO} + \text{O}_2 + 4\text{CO} \xrightarrow{\text{催化剂}} 4\text{CO}_2 + \text{N}_2$

【答案】D

【解析】A. 该反应中，NO 生成 N₂，N 元素化合价降低，则 NO 是氧化剂，N₂ 是还原产物，故 A 错误；B. 有毒的气体对环境有污染，CO、NO 都是有毒物质，所以汽车尾气的主要污染成分是 CO 和 NO，无 N₂，故 B 错误；C. 反应中 CO 为还原剂，CO₂ 为氧化产物，故 C 错误；D. 该反应的反应物是 NO、O₂、CO，生成物是 CO₂、N₂，反应条件是催化剂，所以该反应方程式 $2\text{NO} + \text{O}_2 + 4\text{CO} = 4\text{CO}_2 + \text{N}_2$ ，故 D 正确；故选 D。

2. 硝酸被称为“国防工业之母”是因为它是制取炸药的重要原料。下列实验事实与硝酸性质不相对应的是

- A. 浓硝酸使紫色石蕊试液先变红后褪色——酸性和强氧化性
B. 不能用稀硝酸与锌反应制氢气——强氧化性
C. 要用棕色瓶盛装浓硝酸——不稳定性
D. 能使滴有酚酞的氢氧化钠溶液红色褪去——强氧化性

【答案】D

【解析】A. 浓硝酸使紫色石蕊试液先变红，表现出酸性；后褪色，表现出强氧化性，正确。B. 不能用稀硝酸与锌反应制氢气，因为硝酸具有强氧化性，被锌还原生成氮氧化物等，而不生成氢气，正确。C. 要用棕色瓶盛装浓硝酸，因为浓硝酸具有光的不稳定性，正确。D. 能使滴有酚酞的氢氧化钠溶液红色褪去，可能是硝酸表现出强氧化性，将酚酞氧化而褪色；也可能是硝酸表现出酸性，中和了氢氧化钠的碱性，酚酞在中性溶液中呈无色，错误。故选 D。

3. 利用 $\text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_3 \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{NO}_2 \rightarrow \text{HNO}_3$ 这一过程制备 HNO_3 ，有关上述各物质的叙述中不正确的是
- A. 上述转化过程中某些气体会发生颜色变化
 - B. 可利用 Cu 与硝酸的反应，将 N 元素转化为 NO 或 NO_2
 - C. 为使上述各步骤依次发生，必须向每个步骤中提供氧化剂
 - D. 实验室中可以利用 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 固体与 NH_4Cl 固体混合加热制备 NH_3

【答案】C

【解析】A. $\text{NO} \rightarrow \text{NO}_2$ 的转化会出现气体由无色到红棕色的颜色变化，故 A 正确；B. Cu 与稀 HNO_3 反应生成 NO ，与浓 HNO_3 反应生成 NO_2 ，故 B 正确；C. N_2 转化为 NH_3 时，需要加入 H_2 做还原剂，不需要加入氧化剂， NO_2 与 H_2O 反应生成 HNO_3 时， NO_2 既是氧化剂又是还原剂，也不需要再加入氧化剂，故 C 错误；D. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 与 NH_4Cl 混合加热可制备 NH_3 ，故 D 正确；故选 C。

4. 3.2g 铜与过量硝酸($8\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、30mL)充分反应，硝酸的还原产物为二氧化氮和一氧化氮，反应后溶液中含 $a\text{mol}$ 氢离子，则此时溶液中所含硝酸根离子的物质的量为
- A. $(0.2+a)\text{mol}$
 - B. $(0.1+a)\text{mol}$
 - C. $(0.05+a)\text{mol}$
 - D. $a\text{mol}$

【答案】B

【解析】铜与浓硝酸可能发生反应的化学方程式： $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3(\text{浓}) = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ， $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3(\text{稀}) = 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$ 。硝酸铜的物质的量为 $\frac{3.2\text{g}}{64\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}} = 0.05\text{mol}$ ，溶液中所含硝酸根离子的物质的量为 $0.05\text{mol} \times 2 + a\text{mol} = (0.1+a)\text{mol}$ ，故答案为 B。

5. 已知 NH_4NO_3 在空气中爆炸时的反应为 $4\text{NH}_4\text{NO}_3 \xrightarrow{\text{高温}} 3\text{N}_2\uparrow + 2\text{NO}_2\uparrow + 8\text{H}_2\text{O}\uparrow$ 。下列说法不正确的是
- A. NH_4NO_3 在高温下爆炸时可以看到红棕色的烟雾
 - B. NH_4NO_3 的含氮量小于氯化铵
 - C. 实验室不能用 NH_4NO_3 固体与 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 固体混合加热制备 NH_3
 - D. 乘坐火车时不能携带 NH_4NO_3 固体

【答案】B

【解析】A. 根据 NH_4NO_3 的爆炸反应可知生成的 NO_2 为红棕色，爆炸时， NO_2 、粉尘、 H_2O 等形成了红棕色的烟雾，故 A 正确；B. NH_4NO_3 的含氮量为 35%， NH_4Cl 的含氮量为 26.2%，故 B 错误；C. 由于 NH_4NO_3 固体受热可能爆炸，故实验室不能用其制备 NH_3 ，故 C 正确；D. NH_4NO_3 属于易爆炸物，不能带上火车，故 D 正确；故选 B。

6. 下列叙述与氮元素的循环无关的是

- A. 工业合成氨的过程是固氮的过程
- B. 自然界中，氨是动物体特别是蛋白质腐败后的产物
- C. 为防止粮食、罐头、水果等食品腐烂，常用氮气作保护气
- D. 电闪雷鸣的雨天， N_2 与 O_2 会发生反应并最终转化为硝酸盐被植物吸收

【答案】C

【解析】A. 将空气中的游离氮转化为化合态氮的过程称为固氮，工业上合成氨的过程是将游离态的氮转化为化合态的氮，属于固氮过程，符合氮的循环，故A不选；B. 自然界中，蛋白质腐败后生成氨，符合氮的循环，故B不选；C. 用氮气作保护气，讲的是氮气的用途，而不是氮的循环过程，所以不符合氮的循环，故C选；D. 在电闪雷鸣的雨天， N_2 与 O_2 会发生反应并最终转化为硝酸盐被植物吸收，符合氮的循环，故D不选；故选C。

7. 关于NO的下列叙述不正确的是

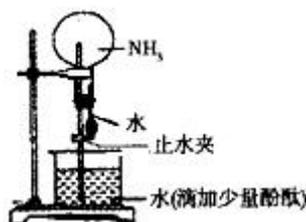
- A. NO可以是某些低价含氮物质的氧化产物；
- B. NO属于一种大气污染物，易结合血红蛋白使人中毒；
- C. NO是汽车尾气废气排放产生的污染之一；
- D. NO是红棕色气体

【答案】D

【解析】A. N_2 可被 O_2 氧化生成氧化产物NO，A项正确；
B. NO有毒，可结合血红蛋白使人中毒，B项正确；
C. 汽车尾气中含有NO，C项正确；
D. NO是无色气体，D项错误；

答案选D。

8. 如图是实验室进行氨溶于水的“喷泉实验”的装置，下列叙述不正确的是



- A. 该实验说明氨气是一种极易溶于水的气体
- B. 进入烧瓶中的液体颜色由无色变为红色，说明氨水有碱性
- C. 氨水很稳定，将烧瓶中的红色溶液加热，颜色不会发生变化
- D. 形成“喷泉”的主要原因是氨气溶于水后，烧瓶内的气压小于大气压

【答案】C

A 选项，挤压胶头滴管，滴有酚酞的水能形成喷泉实验，说明烧瓶产生较大压强差，从而说明氨气极易溶于水，故 A 正确，不符合题意；

B 选项，进入烧瓶中的液体颜色由无色变为红色，酚酞遇见碱变为红色，说明氨水有碱性，故 B 正确，不符合题意；

C 选项，将烧瓶中的红色溶液加热，溶液颜色变浅，说明氨水不稳定，易分解，故 C 错误，符合题意；

D 选项，氨气溶于水后，烧瓶内的气压小于大气压，从而形成“喷泉”，故 D 正确，不符合题意；

综上所述，答案为 C。

9. 某集气瓶呈红棕色，加入足量水，盖上玻璃片振荡，得棕色溶液，气体颜色消失，再打开玻璃片后，瓶中气体又变为红棕色。该气体可能是下列混合气体中的

A. N_2 、 NO 、 Br_2

B. NO 、 NO_2 、 N_2

C. NO_2 、 O_2 、 NO

D. N_2 、 O_2 、 Br_2

【答案】A

【解析】溴蒸气和二氧化氮气体均呈红棕色，所以至少含有溴蒸气和二氧化氮气体中的一种，A、溴水溶液为橙色溶液，所以含有溴蒸气，再打开玻璃片后，瓶中气体又变为红棕色，说明瓶中有 NO 存在，故 A 符合；B、是因二氧化氮在水溶液中发生氧化还原反应生成硝酸和一氧化氮无色气体，再打开玻璃片后， NO 遇到氧气迅速变为二氧化氮，但溶液呈无色，故 B 不符；C、 O_2 、 NO 不共存，故 C 不符；D、溴水溶液为橙色溶液，含有溴蒸气，再打开玻璃片后，瓶中气体不再变为红棕色，故 D 不符； 故选 A。

10. 将一定量的铁粉加入到一定浓度的稀硝酸中，金属恰好完全溶解，反应后溶液中存在：

$c(\text{Fe}^{2+}) : c(\text{Fe}^{3+}) = 3:2$ ，则参加反应的 Fe 和 HNO_3 的物质的量之比为

A. 5 : 16

B. 1 : 1

C. 2 : 3

D. 3 : 2

【答案】A

【解析】根据上述分析可知，未被还原的硝酸的物质的量：

$n(\text{HNO}_3) = n(\text{NO}_3^-) = 2\text{mol} \times 3 + 3\text{mol} \times 2 = 12\text{mol}$ ，根据氧化还原反应中得失电子数相等，Fe 被氧化成

Fe^{3+} ，失去 $3e^-$ ，被氧化成 Fe^{2+} ，失去 $2e^-$ ，总的失去的电子数为： $2\text{mol} \times 3 + 3\text{mol} \times 2 = 12\text{mol}$ ，设被还原的硝酸的物质的量为 x ， HNO_3 被还原成 NO 气体，得到的电子数为： $x\text{mol} \times 3$ ，则

$2\text{mol} \times 3 + 3\text{mol} \times 2 = x\text{mol} \times 3$ ，得出 $x = 4\text{mol}$ ，所以参加反应的 HNO_3 的总物质的量为

$12\text{mol} + 4\text{mol} = 16\text{mol}$ ，参加反应的 Fe 和 HNO_3 的物质的量之比为：5:16，A 正确。故选 A。

二、非选择题

11. 合成氨是人类科学技术发展史上的一项重大突破，解决了地球上因粮食不足导致的饥饿和死亡问题，这也充分说明了含氮化合物对人类生存的巨大意义。回答下列问题

(1) 工业上用氢气和氮气直接合成氨，写出反应的化学方程式_____。氨气极易溶于水，水溶液显_____性，能使酚酞溶液变_____色，使湿润的红色石蕊试纸变_____色。

(2) 氮的氧化物有多种，一氧化氮和二氧化氮都是大气污染物。氨气在催化剂作用下可被氧化生成一氧化氮，一氧化氮气体与空气变_____色，原因是_____（用化学方程式表示）；二氧化氮易溶于水并与水反应，此反应的氧化剂是_____，还原剂是_____，氧化剂和还原剂的质量之比为_____

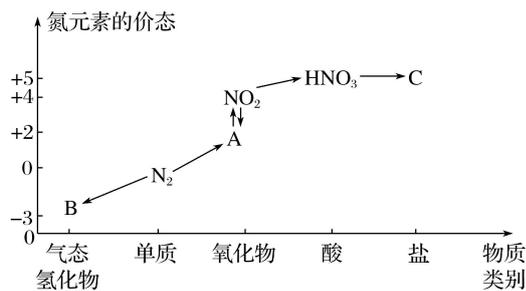
【答案】(1)
$$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightleftharpoons[\text{催化剂}]{\text{高温、高压}} 2\text{NH}_3$$
 碱 红 蓝

(2) 红棕色 $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$ NO_2 NO 1:2

【解析】(1) 工业上用氢气和氮气直接合成氨，反应的化学方程式为 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \xrightleftharpoons[\text{催化剂}]{\text{高温、高压}} 2\text{NH}_3$ ；氨气极易溶于水，水溶液显碱性，能使酚酞溶液变红色，使湿润的红色石蕊试纸变蓝色；

(2) 氮的氧化物有多种，一氧化氮和二氧化氮都是大气污染物。氨气在催化剂作用下可被氧化生成一氧化氮，一氧化氮气体与遇空气变红棕色，原因是 $2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$ ；二氧化氮易溶于水并与水反应，此反应中氮元素由+4价变为+2价，故氧化剂是 NO_2 ，氮元素也从+4价变为+2价，故还原剂是 NO ，氧化剂和还原剂的质量之比为 1:2。

12. 如图是氮元素的几种价态与物质类别的对应关系。请回答下列问题：



(1) 写出 N_2 的一种用途：_____。

(2) HNO_3 与图中的物质 C 常用于检验 Cl^- 的存在，则 C 的化学式为_____。

(3) 实验室制取物质 B 的化学方程式为_____。

(4) NO_2 与水反应生成物质 A 的化学方程式为_____。

(5) 浓硝酸与木炭在加热条件下反应的化学方程式为_____。

【答案】(1) 做保护气(或做冷冻剂、制氨气等) (2) AgNO_3



【解析】(1) 由于氮气的化学性质不活泼，所以可做保护气，也可做冷冻剂、制氨气等；

(2) 检验 Cl^- 的方法是先向待测液中加入硝酸酸化，再滴加 AgNO_3 溶液，若产生白色沉淀，则证明待测液中含有 Cl^- ，因此 C 为 AgNO_3 ；

(3) B 是 NH_3 ，在实验室中用铵盐与碱共热来制取 NH_3 ，化学方程式为 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow{\Delta} \text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ；

(4) A 是 NO ， NO_2 与水反应生成 NO 的化学方程式为 $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ ；

(5) 浓硝酸有强氧化性，与木炭在加热条件下发生反应生成 CO_2 、 NO_2 和 H_2O ，反应的化学方程式为 $4\text{HNO}_3(\text{浓}) + \text{C} \xrightarrow{\Delta} \text{CO}_2\uparrow + 4\text{NO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ ；