

窒素の単体

窒素に関する次の文章を読み、以下の各問いに答えよ。

窒素は大気の約80%を占めている。窒素が反応性に乏しいことを利用して大気から純粋な窒素を分離することは、やはり反応性に乏しい ア を除くことが難しいため高度な技術が必要となる。このため、実験室で純粋な窒素を得るには窒素化合物、例えば (a)亜硝酸アンモニウム を熱分解する方法が便利である。

問1 空欄 ア に適当な語句を入れよ。

問2 下線部(a)の化学反応式を書け。

窒素の酸化物

窒素の酸化物に関する次の文章を読み、以下の各問いに答えよ。

一酸化窒素 NO は、生体内で神経伝達物質として働くなど、意外な役割を果たしている。この NO を実験室で簡単に得るには、(b)銅に希硝酸を作用させ、水上置換で集める。また工業的には、(c)アンモニアを空気中の酸素と 800℃で白金を触媒として反応させて製造する。

NO に限らず、窒素の酸化物はいくつか知られているが、(d)その一つである赤褐色の気体を温水に溶かすと硝酸ができる。

問 3 下線部(b)の化学反応式を書け。

問 4 下線部(b)の実験で水上置換するのはなぜか。もっとも基本的な理由の一つを 10 字以内で説明せよ。

問 5 下線部(b)において、希硝酸が濃硝酸であった場合について、その化学反応式を書き、発生する気体の捕集方法を示せ。

問 6 下線部(b)のように、水上置換で捕集した NO に空気を若干加えると、どのような変化が見られるか。その変化に関する化学反応式を書け。

問 7 下線部(c)の化学反応式を書け。

問 8 下線部(d)の化学反応式を書け。

問 9 下線部(d)において、高温の水が低温の水であった場合について、その化学反応式を書け。

アンモニアの工業的製法

アンモニアの工業的製法に関する次の問いに答えよ。なお、それぞれの問いの下にある選択肢から選んで記号で答えよ。

問 1 窒素と水素からアンモニアを工業的に合成する方法を何法と呼ぶか。

- (ア) チーグラー法 (イ) ハーバー・ボッシュ法 (ウ) オストワルト法
(エ) アンモニアソーダ(ソルベー)法 (オ) テルミット法

問 2 この合成法では生成ガスであるアンモニアに未反応の窒素と水素が混ざっている。生成ガスと未反応ガスとを分離するために、アンモニアに対してどのような手法が使われているか。

- (ア) 冷却して凝縮させる。 (イ) 遠心分離する。
(ウ) 加熱して分別する。 (エ) 水に溶かして分別する。
(オ) 加圧して凝縮させる。

問 3 この合成反応を効率よく行わせるために工業的には触媒を使う。この反応に使われる触媒の主成分はどれか。

- (ア) Ni (イ) CuO (ウ) Fe_3O_4 (エ) V_2O_5 (オ) ZnO (カ) Pt

問 4 この合成反応をより高い温度で行った場合、反応はよりどのようなようになるか。

- (ア) アンモニアの生成方向に平衡がかたよる。
(イ) アンモニアの生成とは逆の方向に平衡がかたよる。
(ウ) 平衡のかたよりは温度に依存しない。

アンモニアの実験室的製法

アンモニアの実験室的製法に関する次の問いに答えよ。

問 5 実験室では、一般に、アンモニアは、 塩と の混合物を することによって発生させる。

(1) ～ の中へ語句を入れ、上の文を完成させよ。

(2) 実際の反応例を 1 つあげ、化学反応式で記せ。

(3) アンモニアの乾燥剤として適切なものを解答群の中から選べ。

〈解答群〉 (ア) ソーダ石灰 (イ) 濃硫酸 (ウ) P_4O_{10}

(エ) CaCl_2

(4) 実際にアンモニアを発生させたとき、どのような方法で捕集するか。

解答群の中から選べ。また、なぜそのようにするのか理由を述べよ。

〈解答群〉 (ア) 上方置換 (イ) 下方置換 (ウ) 水上置換

アンモニアの反応

アンモニアの反応に関する次の問いに答えよ。

問 6 アンモニアの検出方法 (検出反応) について 30 字以内で述べよ。

問 7 アンモニアから尿素を合成する際の化学反応式を書け。

硝酸の製法

硝酸の工業的な製造は、1902年にドイツの [ア] が開発したアンモニアを空気酸化する方法により行われている。その工程は、

〔第一段階〕 アンモニアと過剰の空気との混合物を [イ] などを触媒として約 [あ] °C に加熱し、 [ウ] をつくる。

〔第二段階〕 [い] 後、さらに [ウ] を空気中で酸化して [エ] とする。

〔第三段階〕 [エ] を [う] に吸収させて硝酸にする。

という3つの段階からなっている。硝酸はこの方法で大規模に製造され、肥料、染料、医薬品その他の有用物質の生産に広く用いられている。

問1 文中の空欄 [ア] ～ [エ] に適当な語句を入れよ。

問2 文中の空欄 [あ] に適当な温度を、次の中から選び、番号で答えよ。

- ① 200 ② 800 ③ 1400 ④ 2000

問3 文中の空欄 [い] に適当な語句を、次の中から選び、番号で答えよ。

- ① 冷却 ② 加熱

問4 文中の空欄 [う] に適当な語句を、次の中から選び、番号で答えよ。

- ① 冷水 ② 温水

問5 各段階の化学反応式を記せ。

問6 第一段階から第三段階までを1つの化学反応式にまとめて記せ。

問7 標準状態で 0.952 m^3 のアンモニアを完全に硝酸にした場合、63.0%の硝酸（水溶液）が何 kg 得られるか。有効数字3桁で答えよ。ただし、標準状態では、1 mol の気体の体積は 22.4 L であり、原子量は、 $\text{H}=1.0$ 、 $\text{N}=14.0$ 、 $\text{O}=16.0$ とする。

硝酸の性質

硝酸の性質に関する次の文章を読み、以下の各問いに答えよ。

硝酸は強い酸性を示すとともに強い酸化剤として働く。このために、水素より **オ** の小さい **え** などの金属も溶かすことができる。ただし、**お** などは、希硝酸には溶けるが、濃硝酸には金属表面に酸化被膜ができるために溶けなくなってしまう。このような状態を **カ** という。

問 8 文中の空欄 **オ**、**カ** に適当な語句を入れよ。

問 9 文中の空欄 **え**、**お** のそれぞれに適当な金属の組み合わせを、次の中から選び番号で答えよ。番号は、重複しても構わない。

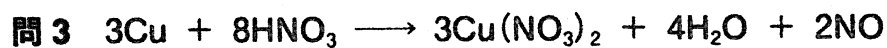
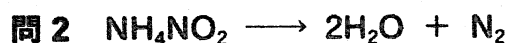
- ① Al, Fe, Ni ② Zn, Fe, Ni ③ Al, Zn, Sn
④ Cu, Hg, Ag ⑤ Cu, Ag, Au

問 10 硝酸ナトリウムを用いた硝酸の実験室的な製法について、その化学反応式を記せ。

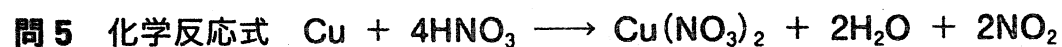
問 11 硝酸は本来無色であるが、黄褐色をおびていることが多いのはなぜか。

窒素の単体と酸化物に関する問題の解答

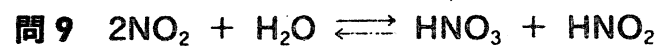
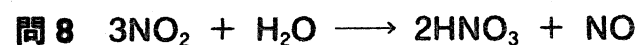
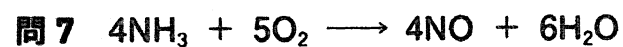
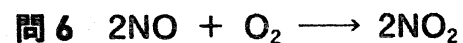
問1 希ガス



問4 水に溶けにくいので。(10字)



捕集方法 下方置換

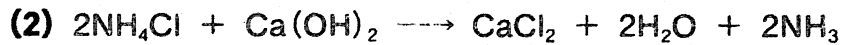


アンモニアに関する問題の解答

問 1 (イ) 問 2 (ア)

問 3 (ウ) 問 4 (イ)

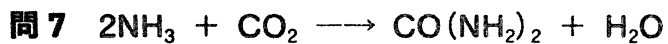
問 5 (1) ☐ a アンモニウム ☐ b 強塩基 ☐ c 加熱



(3) ア

(4) ア 理由 水に極めて溶けやすく、空気よりも軽いので。

問 6 アンモニアと塩化水素とが空気中で触れると、白煙が生じる。(28 字)



硝酸に関する問題の解答

- 問1 ☐ア オストワルト ☐イ 白金
☐ウ 一酸化窒素 ☐エ 二酸化窒素

問2 ②

問3 ①

問4 ②

問5 (第一段階) $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \longrightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$

(第二段階) $2\text{NO} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{NO}_2$

(第三段階) $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$

問6 $\text{NH}_3 + 2\text{O}_2 \longrightarrow \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

問7 4.25(kg)

問8 ☐オ イオン化傾向 ☐カ 不動態

問9 ☐え ④ ☐お ①

問10 $\text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{NaHSO}_4 + \text{HNO}_3$

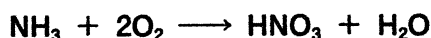
問11 分解によって生成した二酸化窒素などを含むため。

問7の考え方

標準状態で 0.952 m^3 のアンモニアは

$$\frac{0.952 \times 10^3}{22.4} = 42.5 \text{ (mol)}$$

に相当します。また、オストワルト法を一つにまとめた化学反応式、



より明らかに、1 mol のアンモニアからは 1 mol の硝酸が生成します。

すなわち、標準状態で 0.952 m^3 のアンモニアからは、42.5 mol の硝酸が生成します。

よって、得られた 63.0%硝酸(水溶液)の質量を x (kg) とすると、硝酸の分子量は 63.0 なので、

63.0%硝酸中の $\text{HNO}_3(\text{g}) = \text{NH}_3$ から生成した $\text{HNO}_3(\text{g})$

$$x \times 10^3 \times \frac{63.0}{100} = 63.0 \times 42.5$$

より、

$$x = 4.25 \text{ (kg)}$$

の 63.0%硝酸(水溶液) が得られるとわかります。

リンの単体

次の文章を読み、以下の各問いに答えよ。

リンは、自然界には、単独では存在しないが、リン酸カルシウムなどの形で産出する。(a)リン酸カルシウムを電気炉でコークス（成分はCと考えよ）とケイ砂（成分は SiO_2 と考えよ）と混合し強熱するとリンは蒸気となって発生する。(b)この蒸気を水中に導くと黄リンが得られる。赤リンはこの黄リンとは同素体の関係にある。

問1 下線部(a)の主反応を1つの化学反応式にまとめて表現せよ。

問2 下線部(b)で蒸気を水中に導くのはなぜか。35字以内で述べよ。

問3 黄リン分子はどのような結合によってどのような幾何学的構造をもつか、その概略を30字以内で述べよ。

問4 黄リンを赤リンに変えるには普通はどのような処理をするか。20字以内で述べよ。

リンの化合物

次の文章を読み、以下の各問いに答えよ。計算に必要ならば、 $\log_{10}2=0.30$ を用いよ。

(c)リンを過剰の酸素中で燃焼させると十酸化四リンが得られる。(d)この十酸化四リンを水と反応させると、通常単にリン酸と呼ばれるオルトリン酸をつることができる。リン酸は、エステルなどさまざまな形で生体内において本質的に重要な役割を果たしている。リン酸は、3価の酸であり、第一、第二、第三電離定数の値は、 25°C でそれぞれ 7.5×10^{-3} 、 6.2×10^{-8} 、および 2.1×10^{-13} (mol/L) である。

リン酸塩は植物の成長に重要な役割を果たす。しかし、代表的なリン酸塩の一つであり、リン鉱石の主成分であるリン酸カルシウムは水に難溶である。そこで、(e)リン酸カルシウムを硫酸と反応させ、水溶性のリン酸二水素カルシウムと硫酸カルシウムの混合物として肥料に用いる。

問5 下線部(c)の反応を化学反応式で表現せよ。

問6 下線部(d)の反応を化学反応式で表現せよ。

問7 リン酸の 0.053 mol/L 水溶液の pH はいくらか。小数点以下第1位まで求めよ。計算の概要も記せ。なお1価の弱酸の $[\text{H}^+]$ は、弱酸の濃度を C (mol/L)、その電離定数を K (mol/L) とすると、

$$[\text{H}^+] \cong \sqrt{CK}$$

と近似できる。

問8 下線部(e)の反応を化学反応式で表現せよ。

問9 下線部(e)の肥料(混合物)は何と呼ばれるか。

リンに関する問題の解答



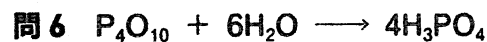
問2 リンの蒸気は、空気中の酸素に触れると反応して十酸化四リンになる。 (34 字)

問3 4個のリン原子が共有結合してできた正四面体構造をもつ。 (27 字)

問4 密閉容器中で空気を絶って加熱する。 (17 字)



黄リンの燃焼を意識する場合： $\text{P}_4 + 5\text{O}_2 \longrightarrow \text{P}_4\text{O}_{10}$

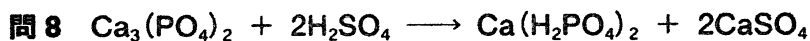


問7 計算の概要：第一電離定数の値に比べて、第二、第三電離定数の値は極めて小さいので、第一段階の電離だけを考えることにする。すると、題意より、

$$[\text{H}^+] \doteq \sqrt{CK} = \sqrt{0.053 \times 7.5 \times 10^{-3}} \doteq 2 \times 10^{-2} (\text{mol/L})$$

$$\text{pH} = -\log_{10}(2 \times 10^{-2}) = 2 - 0.30 = 1.70$$

求める pH : 1.7



問9 過リン酸石灰