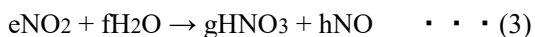
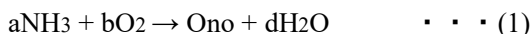


15族元素

1. 硝酸は工業的にはアンモニアを原料として、次の反応を用いて製造される。



(問1) a~hに適切な整数を入れよ。

(問2) 反応式(1)~(3)を一つにまとめて、アンモニアから硝酸ができる反応式を書け。

(問3) アンモニア 1.0kg から濃度 70% (質量パーセント濃度) の硝酸何 kg が得られるか。ただし、有効数字は2桁とする。

(問4) 硝酸は強酸であると同時に強い酸化作用をもつので、塩酸や希硫酸とは反応しない銅とも反応する。希硝酸が銅と反応して一酸化窒素を発生する反応の反応式を書け。

(問5) 濃硝酸は多くの金属を溶かすことができるが、鉄、アルミニウムなどは溶かすことができない。これはなぜか。

(問6) 反応(2)は発熱反応である。反応(2)で NO₂ を多く得るためには次のどの条件が適切か。記号で答えよ。

(ア) 高温高圧 (イ) 高温低圧 (ウ) 低温高圧 (エ) 低温低圧

(2015 福岡教育大)

2. 次の文を読み、以下の問1から問6に答えよ。

窒素は周期表15族に属する典型元素で、原子は5個の価電子をもち、他の原子と共有結合をつくる。窒素化合物の代表例として、一酸化窒素 NO、二酸化窒素 NO₂、硝酸 HNO₃、アンモニア NH₃ が挙げられるが、それらの窒素の酸化状態は異なる。

NOは空気中ではすぐに酸化されてNO₂となる。NOが水に溶けにくいのにに対して、NO₂は水に溶けやすい。NO₂は水と反応してHNO₃を生じる。窒素酸化物NO_xは、酸性雨の原因物質の一つである。なお、①酸性雨とは、大気中の二酸化炭素CO₂が水に溶解して平衡状態になったときのpHより小さいpHとなった雨水をさす。

NH₃は、刺激臭をもつ[ア]色の気体で、硝酸塩など窒素化合物の合成原料に使用される。実験室においてNH₃を発生させるには、②塩化アンモニウムNH₄Clと水酸化カルシウムCa(OH)₂の固体混合物を加熱する方法が挙げられる。NH₃の生成は[イ]をつけたガラス棒を捕集容器の口に近づけると、NH₃と[イ]から発生した気体が反応し、[ウ]の白煙が生じることで確認できる。③工業的には、触媒を用いて窒素N₂と水素H₂を反応させるハーバー・ボッシュ法によりNH₃を製造している。NH₃と未反応の反応物(N₂とH₂)はNH₃を酸化させることで分離する。

(問1) [ア]～[ウ]にあてはまる適切な語句、または物質名を答えよ。

(問2) 以下の化合物の窒素の酸化数を答えよ。

(1) HNO₃ (2) NH₃

(問3) 銅 Cu と HNO₃ を反応させたとき、赤褐色の気体が発生した。この反応の化学反応式を示せ。

(問4) 下線部①について大気中のCO₂が水に溶解して平衡状態になったときのpHを求めたい。以下の各問に答えよ。

(1) 水と反応したCO₂はわずかに電離し、H⁺とHCO₃⁻を生じる。

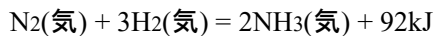


溶解したCO₂の濃度をC_{CO₂}[mol/L]、電離定数をK_a[mol/l]としてCO₂の電離度αを求める式を示せ。なお、電離度αは1に比べてきわめて小さく、1-α≒1とみなす。水の電離は考えないものとする。

(2) 大気中のCO₂が水に溶解して平衡状態になったときのpHをC_{CO₂},K_aから求める式を答えよ。

(問5) 下線部②のNH₄ClとCa(OH)₂の反応を化学反応式で示せ。

(問6) 下線部③の反応は次式で表される。



この反応が平衡状態にあるとき、下記の(a)~(c)の操作をすると NH₃ の生成量はどのように変化するかを(d)~(f)より選び、記号で答えよ。また、そのようになる理由をそれぞれ 21 字以内で答えよ。

操作

- (a) 反応温度を上げる
- (b) 全圧を大きくする
- (c) 触媒量を増やす

変化

- (d) 増加する
- (e) 減少する
- (f) 変化しない

(2015 岐阜大)

3. 次の文中の空欄[1]～[6]および問1～3の空欄[7]～[9]にあてはまる最も適切なものを、それぞれの解答群から選び、解答欄にマークせよ。

窒素 N は周期表の 15 族の非金属である。動植物の体内や、様々な樹脂とその原料など、私たちの生活に関係する多くの化合物に含まれる。植物に比較的多く必要とされるため、[1], [2]とともに、肥料の三要素とも呼ばれる。

窒素と水素の化合物であるアンモニア NH_3 は、工業的には[3]を主成分とする触媒を用いて、窒素 N_2 と水素 H_2 から直接合成される（ハーバー・ボッシュ法）。実験室では(ア)塩化アンモニウム NH_4Cl と水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の粉末をよく混合してから加熱し生成させることができる。(イ) NH_3 は、いくつかの金属イオンに対して水溶液中で配位結合して錯イオンをつくり溶解させる性質がある。

酸素を含む窒素の化合物として一酸化窒素 NO 、二酸化窒素 NO_2 、硝酸 HNO_3 などがある。工業的な硝酸の生産（オストワルド法）では、最初に NH_3 と[4]中の酸素とを白金の触媒に接触させて NO を生成させる。 NO を酸化させて NO_2 とし、これを[5]と反応させると硝酸と[6]が生じる。この[6]は回収して再度反応に用いることができる。

[1], [2]に対する解答群

- ① Ca ② K ③ Fe ④ Mg ⑤ Si ⑥ P

[3]に対する解答群

- ① Cu ② Fe_3O_4 ③ Ni ④ PbSO_4 ⑤ Pt ⑥ V_2O_5

[4]に対する解答群

- ① 過酸化水素水 ② 空気 ③ 銑鉄 ④ 氷晶石 ⑤ ホルマリン

[5], [6]に対する解答群

- ① H_2 ② H_2O ③ NO ④ NO_2 ⑤ N_2O

(問1) 次の化合物群 I のうち窒素原子を含む化合物の総数は[7]である。

化合物群

アジピン酸，アニリン，塩化ベンゼンジアゾニウム，クメン，グリシン，グリセリン，グルコース，テレフタル酸，尿素，ヘキサメチレンジアミン，マルトース，2,4,6-トリニトロフェノール（ピクリン酸）

[7]に対する解答群

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5 ⑥ 6
⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9 ⑩ 10 ⑪ 11 ⑫ 12

(問2) 本文中の下線部(ア)の操作により生成されたアンモニアは[8]捕集するのが最も適切である。

[8]に対する解答群

- ① 水上置換して
- ② 水と濃硫酸を通過させたのち上方置換して
- ③ 水と濃硫酸を通過させたのち下方置換して
- ④ そのまま上方置換して
- ⑤ そのまま下方置換して

(問3) 次の化合物群 ii のうち、本文中の下線部(イ)のように過剰のアンモニア水を加えたとき錯イオンをつくって溶解するものの総数は[9]である。

化合物群 II

AgCl , $\text{Cu}(\text{OH})_2$, $\text{Zn}(\text{OH})_2$, $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Pb}(\text{OH})_3$

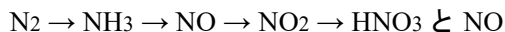
[9]に対する解答群

- ① 1
- ② 2
- ③ 3
- ④ 4
- ⑤ 5

(2015 近畿大・建築)

4. 次の文章を読んで、問 1～6 に答えなさい。

硝酸は、次に示す四つの過程(①～④)を経て、窒素から合成される。



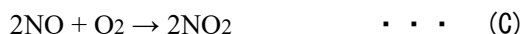
① ② ③ ④

まず過程①では、四酸化三鉄を主体とした触媒を用いて、水素と窒素からアンモニアが直接合成される。

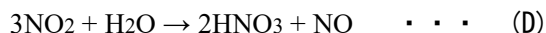


次に、白金を触媒とし、アンモニアを酸化することにより一酸化窒素が合成される(過程②)。 [(B)]

一酸化窒素は空気中で酸化され、二酸化窒素になる(過程③)。



二酸化窒素を水と反応させることにより、硝酸が得られる(過程④)。



副生成物の一酸化窒素は反応(C)と反応(D)を繰り返し、最終的に硝酸となる。アンモニアから始まり硝酸ができるまでの反応(B), (C), (D)を1つの化学反応式で表すと、

[(E)] となる。

(問 1) 下線部のようにアンモニアを合成する方法を何と呼ぶか、答えなさい。

(問 2) (A)の反応は可逆反応である。アンモニアの生成率をよくするためには、高圧、低圧のどちらの条件下が望ましいか、答えなさい。また、その理由を 30 字以内で答えなさい。

(問 3) 反応(B)と(E)を化学反応式で示しなさい。

(問 4) 反応(A)～(E)で生成される一連の窒素化合物のうち、窒素原子の酸化数が最も小さいものについて、化学式と酸化数を示しなさい。

(問 5) 硝酸について、下記の(ア)～(オ)の中から間違っている記述が含まれるものをすべて選びなさい。

(ア) 硝酸は褐色の液体であり、熱や光で分解することを防ぐため、褐色瓶に入れて冷暗所に保存する。

(イ) 濃硝酸は強い酸性、希硝酸は弱い酸性を示す。

(ウ) 濃硝酸は強い酸化力があり、銅、銀、ニッケルを溶かす。

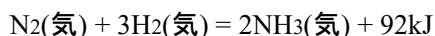
(エ) 硝酸イオンは、植物の根から吸収され窒素源として利用される。

(オ) 濃硝酸と濃硫酸の混合物を混酸と呼び、芳香族化合物のニトロ化反応に用いられる。

5. アンモニア NH_3 の窒素原子の価電子で結合に関与していないものを[ア]という。アンモニアの窒素原子は水素イオンと[イ]結合を形成してアンモニウムイオンを生じる。

(I) アンモニアは、実験室レベルでは、塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱して得ることができる。

窒素と水素からアンモニアが合成される反応の熱化学方程式は



である。したがって、平衡状態でアンモニアの割合を高くするためには、温度を[ウ]く、圧力を[エ]くすればよい。また、 $\text{N}\equiv\text{N}$ と $\text{H}-\text{H}$ の結合エネルギーをそれぞれ 946 および 436 kJ/mol とすると、 $\text{N}-\text{H}$ の結合エネルギーは[オ] kJ/mol となる。標準状態 (0°C , $1.01 \times 10^5 \text{Pa}$) で 1000 m^3 のアンモニアをつくる際には、 $1.01 \times 10^5 \text{Pa}$, 500°C の水素 [カ] m^3 が反応する。ただし、反応は理想的に進むとする。

賞賛は工業的には次のようにして製造される。(II) アンモニアを空気と混合し、白金触媒を用いて $800 \sim 900^\circ\text{C}$ に加熱して酸化する。(III) 一酸化窒素をさらに酸化して二酸化窒素にする。(IV) 二酸化窒素を水と反応させる。したがって、 HNO_3 を 1.0 トン得るためには、標準状態のアンモニアを理論上[キ] L 必要とする。

(V) 塩化ナトリウムの飽和水溶液にアンモニアと二酸化炭素を吹き込むと比較的溶解度の小さい炭酸水素ナトリウムが沈殿する。これを集めて焼くと炭酸ナトリウムが得られる。これをアンモニアソーダ法あるいはソルベー法と呼ぶ。

(問1) 下線で記した(I)~(V)を化学反応式で示せ。

(問2) 文中の(ア)~(キ)に適切な用語や数字、記号などを記入せよ。

(問3) 反応が完全に進行したとすると、アンモニアソーダ法により、塩化ナトリウム 1.0 kg から理論上何 g の炭酸ナトリウムが得られるか。

(2016 名城大)

6. 一酸化窒素は、火花放電などで空気を高温にすると、(A)と(B)が反応して生成する。一酸化窒素を発生させ、反応を調べる実験を行った。

《実験》

- (1) ふたまた試験管の一方に(C)を入れ、反対側に希硝酸を入れた。
- (2) ふたまた試験管を傾けて、①両者を反応させた。
- (3) 発生した気体を(D)置換で試験管に集め、試験管の口まで捕集したら、②ただちに空気と反応させた。
- (4) この試験管に③少量の水を加え、ゴム栓をしてよく振り混ぜた。
- (5) 再び(1)～(3)までの操作を行って、発生した気体を別の試験管に集め、空気と反応させた後の試験管の気体を、注射器に吸い取った。
- (6) ゴム栓に、(5)の注射器の先端を下向きに押しつけて立て、上からピストンを押し④加圧した。

(問1) 下線部①の化学反応式を答えよ。さらに、反応の前後で酸化数が変化したすべての原子について、原子の元素記号と酸化数の変化を下の例にならって答えよ。



(問2) 下線部①の反応で、ふたまた試験管内の溶液中で起こること、およびその上の気体の部分で起こるところについて、その理由も含めてそれぞれ50字程度、および40字程度で説明せよ。

(問3) 下線部②で起こる反応の化学反応式を答えよ。

(問4) 下線部③で起こる反応の化学反応式を答えなさい。さらに、反応の前後で起こった酸化数の変化のすべてについて、酸化数が変化した原子の元素記号と酸化数の変化を下の例にならって答えよ。



(問5) 下線部④で起こる化学反応式を答えよ。

(問6) 加圧した直後の注射器内の変化について、理由も含めて35字程度で説明せよ。

(問7) 加圧を続けた後に起こる注射器内の変化について、理由も含めて50字程度で説明せよ。

(問8) 空欄(A), (B)にあてはまる物質の化学式を答えよ。

(問9) 空欄(C)にあてはまる物質名を答えよ。

(問10) 空欄(D)にあてはまる適切な言葉を答えよ。

7. 硝酸を工業的に製造するには、まず①アンモニアと空気を混合し、800°Cに加熱した白金網と接触させて一酸化窒素をつくる。このとき白金は触媒として働き、アンモニアは酸化されて一酸化窒素になる。②一酸化窒素は空気に触れると二酸化窒素に変わり、③温めた水に二酸化窒素を吸収させて硝酸となる。

硝酸は強い酸性を示すとともに、強い酸化力を持ち、塩酸委は溶けない銅や銀を溶かすことができる。④銅に希硝酸を作用させると、硝酸銅を生成して溶ける。このとき、一酸化窒素が発生し、この気体は()置換で捕集する。

問1 下線部①～④の化学変化を反応式で示せ。

問2 文章中の空欄にあてはまる適切な語句を答えよ。

問3 この硝酸の工業的な製造方法の名称を答えよ。

問4 密度 1.38g/mL、濃度 62.0%の市販濃硝酸がある。この硝酸のモル濃度 (mol/L) を求めよ。ただし、計算過程も示すこと。

(2015 県立広島大)

8. 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

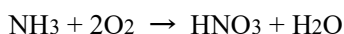
硝酸はアンモニアを原料として、オストワルド法により工業的に製造されている。その製造は、

工程1：約800℃に加熱した白金を触媒とし、①空気中の酸素によりアンモニアを酸化して気体Xにする。

工程2：②気体Xを空気中の酸素により酸化して気体Yにする。

工程3：③気体Yを温水に吸収させることにより硝酸と気体Xにする。

の3つの工程からなる。工程3で発生した気体Xは再び工程2の反応に用いられ、最終的には次式のようにすべてのアンモニアが硝酸へと変換される。



一方、実験室では、④硝酸カリウムに濃硫酸を加えて加熱すると硝酸が得られる。

(問1)硝酸、アンモニア、気体Xおよび気体Yに含まれる窒素原子の参加数をそれぞれ答えよ。

(問2)アンモニア、気体Xおよび気体Yを捕集するのに適切な方法を、次の中からひとつ選んでそれぞれ記号で答えよ。

(ア) 水上置換 (イ) 上方置換 (ウ) 下方置換

(問3)下線部①～④について、起こっている反応をそれぞれ化学反応式で記せ。

(問4)下線部③について、反応中で酸化剤および還元剤としてはたらいっている化合物をそれぞれ化学式で答えよ。

(問5)オストワルド法により、0℃、 $1.013 \times 10^5 \text{Pa}$ で体積 $9.0 \times 10^2 \text{L}$ の気体のアンモニアをすべて反応させて濃硝酸を製造した。以下の(i)と(ii)の問いに答えよ。

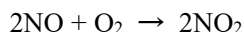
(i) この反応に必要な空気の体積は、0℃、 $1.013 \times 10^5 \text{Pa}$ で何Lか。有効数字2桁で求めよ。ここで空気中の酸素の含有量は体積比で20%とし、気体はすべて理想気体とする。

(ii) すべての反応が完全に進行し、製造された濃硝酸の質量パーセント濃度が60%であった場合、得られた濃硝酸の質量は何kgか、有効数字2桁で求めよ。

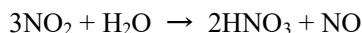
(2017 大阪府立大)

9. 次の文章を読み、問1～3に答えなさい。

工業的な硝酸の製造法としてオストワルト法が良く知られている。この方法では、800℃から900℃の温度において、(a)アンモニアを空気中の酸素で酸化して一酸化窒素を生成させる。この反応は(b)白金の存在下で進行する。このとき生成した一酸化窒素は空気中の酸素で酸化され、



の反応により二酸化窒素となる。このNO₂を、



のように水と反応させて硝酸を得る。

硝酸は相手を酸化し自身は還元される作用をもつ。たとえば、(c)希硝酸は銅と反応してNOを生成し、(d)濃硝酸は銅と反応してNO₂を生成する。また、火薬の製造や有機化合物の合成等に広く用いられる。

問1 下線部(a)の反応の化学反応式を書きなさい。

問2 下線部(b)のように、反応の前後で自身は変化しないが、ある特定の反応を促進する物質を何というか、その名称を記しなさい。

問3 上の文章中の化学反応式と(1)で求めた化学反応式を用いて、オストワルト法でアンモニアと酸素から硝酸と水ができる化学反応式を書きなさい。

問4 下線部(c)に関して、NOは水に溶けにくく空気よりも重い性質をもっている。発生した気体を採取する方法としても適当なものはどれか、名称を次の語群から選んで答えなさい。

語群 { 上方置換 , 下方置換 , 水上置換 , 蒸留 , 分液 }

問5 下線部(c)および(d)に関して、HNO₃、NO および NO₂ 中の窒素 N の酸化数はそれぞれいくらか、答えなさい。

(2010 秋田大)

10. 次の文章を読み、以下の問1～5に答えよ。

リンは、核酸(DNA,RNA)、リン脂 ATP などの構成元素で、植物では若芽や根などの成長点や種子に多く含まれ、発芽や細胞分裂に必要とされ、[あ]や[い]とあわせて植物の生育に必要な肥料の三要素として知られる。

リンは、地殻中にリン酸塩の形で存在し、[う]を主成分とするリン鉱石にケイ砂とコークスを混ぜて加熱するとリン蒸気が発生する。これを水中で固化させ、黄リン結晶が得られる。黄リンは[え]個のリン原子からなる無極性分子で、毒性が高く、空気中で自然発火する性質がある。(a)黄リンを空気中で燃焼させると、吸湿性、難水性のある[お]が生成する。(b)[お]に水を加えて加熱するとリン酸が生成する。

[う]は、水に溶けにくく、肥料として使う場合には、(c)硫酸を加えて加熱することで過リン酸石灰を得て、これを使う。

問1 空欄[あ]～[お]に適切な語句を入れよ。

問2 黄リンの分子の立体構造を、元素記号を用いて書け。

問3 下線部(a)の反応を化学反応式で書け。

問4 下線部(b)の反応を化学反応式で書け。

問5 下線部(c)の反応を化学反応式で書け。

(2018 日本獣医大)

11. 窒素に関する次の文章を読み、問1～7に答えよ。

窒素 N は、原子核の質量数が 14 と 15 の同位体を持ち、原子量は 14.01 である。窒素は元素の周期表の第 [ア] 周期 , [イ] 族に位置する。最も外側の電子殻 (最外殻) は [ウ] であり、最外殻電子は 5 個になっている。単体の窒素は室温で二原子分子 N_2 の気体であり、空気のおよそ 78% の体積を占めている。

①塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱すると、アンモニアが発生する。アンモニアは刺激臭をもつ [エ] 色の気体であり、②水溶液は弱い塩基性を示す。アンモニア分子は、1 つの窒素原子と 3 つの水素原子から成り、窒素原子の 5 個の価電子のうち 3 個は 3 つの水素原子のそれぞれの価電子と 3 つの N-H 共有結合をつくり、窒素原子に残る 2 個の価電子は [オ] として存在する。アンモニアは、この [オ] を用いて金属イオンに [カ] 結合し、錯イオンを形成することができる。

問1 空欄 [ア] ~ [カ] にあてはまる適当な語句 , 数字 , 記号を答えよ。

問2 ^{14}N と ^{15}N の存在比を求めよ。計算過程を示して、最も簡単な整数比で答えよ。ただし、 ^{14}N と ^{15}N の相対質量はそれぞれ 14.00 と 15.00 とする。

問3 窒素分子の電子式を示せ。

問4 下線部①でおこる化学変化を反応式で示せ。

問5 下線部①の実験操作に関する以下の問 a) - c) に答えよ。

a) 反応容器である試験管に塩化アンモニウムと水酸化カルシウムを入れ加熱すると、アンモニアが発生する。このとき反応容器の加熱部側に対して出口を少し下に傾けたほうがよい。この理由を述べよ。

b) 生成したアンモニアは乾燥剤を通してから捕集される。このとき乾燥剤を用いる理由を述べよ。

c) アンモニアの捕集には、上方置換 , 下方置換 , 水上置換のどれが用いられるかを選べ。この理由も述べよ。

問6 下線部②について、アンモニアの水溶液が塩基性を示す理由を述べよ。

問7 アンモニアと亜鉛イオン Zn^{2+} が結合してできる錯イオンの名称と化学式を示せ。また、その構造を立体的に図示せよ。

(2017 信州大)

12. 次の文章を読み、以下の問 1～7 に答えなさい。

窒素とリンは、いずれも [ア] 族に属する元素であり、[イ] 個の価電子をもつ。①窒素の単体は、空気中に含まれる常温で安定な気体で、実験室では、②亜硝酸アンモニウム水溶液を加熱することによって得られる。リンの単体には、A や B などがあり、これらを互いに [ウ] 体という。いずれも常温で固体であり、A は猛毒で反応性に富むが、B は毒性が少なく反応性に乏しい。

A および B を空気中で燃焼させると、C になる。C を水に溶かして加熱すると、リン酸になる。一方、窒素の単体は、高温で酸素と反応して D などの酸化物を生じる。③D はアンモニアと空気を約 800°C の白金網に通すことによっても得られる。④D を空気中で酸化し、⑤その生成物を水に吸収させると硝酸が得られる。このようにアンモニアを原料として一連の反応によって硝酸を得る方法を [エ] 法といい、硝酸の工業的製造に用いられている。

硝酸とリン酸とを比較すると、水溶液中での酸としての強さは、同じ濃度ではリン酸のほうが [オ] い。また、硝酸は強い [カ] 剤であるため、銅や銀を溶かす。アルミニウムは濃硝酸に溶けにくい、これは [キ] ためであり、このような状態を不動能という。

問 1 [ア], [イ] に入る数をかきなさい。また、[ウ] ~ [カ] に入る適切な語句をかきなさい。

問 2 [キ] に入る説明文を 30 字以内でかきなさい。

問 3 物質 A ~ D の名称をかきなさい。

問 4 下線部①の物質の構造式をかきなさい。

問 5 下線部②~⑤で起こる反応を化学反応式でかきなさい。

問 6 [エ] 法の反応を一つの化学反応式にまとめてかきなさい。

問 7 リン酸 0.10g を水溶液中で完全に中和するためには、0.20ml/L の水酸化ナトリウム水溶液が何 mL 必要か。計算過程を示し有効数字 2 けたで答えなさい。

(2012 千葉大)

13. 周期表 15 族の元素とその化合物の性質に関する以下の文章を読んで問 1 ~ 5 に答えよ。

周期表の 15 族に属する非金属元素には、窒素、リン、(a) があり、窒素は L 殻、リンは M 殻、(a) は N 殻にいずれも (ア) 個の最外殻電子をもっている。窒素とリンはカリウムと合わせて植物の生育に必要な第料の三要素として知られ、水素、酸素、ハロゲンと様々な化合物を形成する。

窒素の水素化物であるアンモニアは、工業的には (イ) 法によって窒素と水素から直接合成される。(1) 実験室では塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱して発生させ、(ウ) 置換によって捕集する。(2) アンモニアを二酸化炭素と高温高压で反応させると尿素が生成するが、尿素は塩化アンモニウム、硝酸アンモニウム、確酸アンモニウムなどとともに窒素肥料として用いられる。窒素の酸化物としては一酸化窒素や二酸化窒素などがあり、これらはいずれも常温で気体である。一酸化窒素は実験室では希硝酸を (b) に加えて発生させ、(エ) 置換で捕集する。二酸化窒素は濃硝酸を (b) に加えることで得られるが、水に溶けやすく空気より (オ) いので (カ) 置換によって捕集する。二酸化窒素は常温以上では二量化しやすく、一部は無色の (c) に変化する。また、硝酸は肥料、染料、医薬品、火薬などの製造に使われており、工業的にはオストワルト法によってアンモニアを酸化して製造され、実験室では硝酸カリウムに (d) を加えて得ることができる。硝酸は (キ) や熱によってその一部が分解するので、褐色びんに入れて冷暗所で保存する。

リンの単体には黄リンや赤リンがある。黄リンは (ク) 個のリン原子からなる無極性分子で、一つのリン原子は (ケ) 個の (コ) 結合を形成し、正四面体の立体構造をとる。黄リンはきわめて毒性が強く、空気中で自然発火するので (サ) 中に保存する。一方、赤リンは多数のリン原子が (コ) 結合で結ばれた網目状構造をもつ。黄リンと赤リンは互いに (シ) の関係にあり、黄リンを空気を断って 250°C に熱すると赤リンが生じる。黄リンや赤リンを空気中で燃焼させると (ス) 色の十酸化四リンの粉末が得られる。これは吸湿性が高いため、乾燥剤や脱水剤として用いられる。(3) 十酸化四リンと水との反応で生じるリン酸は (セ) 価の酸で、水溶液中では硝酸よりも (ソ) い酸性を示す。

リン酸塩や硝酸塩について考える。リン酸塩は植物の生育にとって重要であり、リン鉱石の主成分であるリン酸カルシウムが肥料の原材料に用いられる。リン酸カルシウムそのものは水に難溶であるため、(4) リン酸カルシウムに硫酸を作用させて、水溶性のリン酸二水素カルシウムと硫酸カルシウムに変換し、これらの混合物をリン酸肥料として用いる。肥料や発火剤としても用いられる硝酸カリウムはイオン結晶であり、水に溶解

すると硝酸イオンとカリウムイオンにほぼ完全に電離する。生じたイオンは極性分子である水と緩やかに結びつくが、このような現象を(タ)といい、そのような形で存在するイオンを(タ)イオンという。硝酸カリウムの水への溶解度は温度依存性が非常に大きいことが知られている。ここでの溶解度とは、100gの水に最大溶けうる溶質の質量(グラム数)として定義する。

問1 (ア)~(タ)にあてはまる語句または数値を書け。

問2 (a)~(d)にあてはまる元素名または化合物名を書け。

問3 下線(1)~(4)の化学反応式を書け。

問4 塩化アンモニウムは水中で完全に電離する。また、電離によって生じたアンモニウムイオンのごく一部から、次式によってアンモニアと水素イオンが生じる。



このような反応をもとに、0.10mol/L 塩化アンモニウム水溶液の pH を有効数字 2 桁で求めよ。ただしアンモニアの電離定数は $K_b = 1.8 \times 10^{-5} \text{mol/L}$ 、水のイオン積は $K_w = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ とする。計算過程も示せ。必要があれば次の数値を用いよ。

$\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$, $\log_{10} 5 = 0.70$, $\log_{10} 7 = 0.85$

問5 いま、60°Cの硝酸カリウム飽和水溶液が 200g ある。これを 20°Cに冷却しても結晶が析出しないようにするには、60°Cのこの飽和水溶液に最低何 g の水を加えればよいか。小数点以下を四捨五入し整数値で答えよ。計算過程も示せ。ただし硝酸カリウムの水への溶解度は、20°Cおよび 60°Cでそれぞれ 32, 108 とする。また、冷却の過程で溶解度を超える硝酸カリウムは全て析出するものとする。

(2012 奈良女子大)

14. 硝酸に関連する下の問 1～2 に答えよ。

問 1 次の文章の空欄[ア]～[ウ]に当てはまる用語を記せ。

硝酸は揮発性のある[ア]色の液体で水に溶けやすい性質を有し工業的に合成する方法として[イ]法があげられる。この方法ではまず、アンモニアを空気と混合し[ウ]を触媒として約 800°C に加熱することで、アンモニアが一酸化窒素になる。一酸化窒素をさらに酸化して二酸化窒素となり、これを水に吸収させて酸がつくられる。

問 2 硝酸の工業的製法(問 1 の[イ]法)で、アンモニア 3.4kg から質量パーセント 60% 硝酸は何 kg 得られるか。最も適当な数を下の①～⑥のうちから一つ選び、番号で答えよ。ただし反応は完全に進行するものとする。

- ① 11 ② 14 ③ 21 ④ 32 ⑤ 35 ⑥ 42

(2018 武蔵野大)

15. 次の文を読み、問いに答えよ。ただし必要であれば、原子量として $H = 1.00$ 、 $O = 16.0$ 、 $Na = 23.0$ 、 $P = 31.0$ を用いよ。

リンは、周期表の[ア]族に属し、同族の窒素と比べると、電子殻に収容している電子の数は、[イ]個多い。リンの単体には、黄リン(自リン)や[ウ]などの同素体が存在する。①リンを空気中で燃焼させると、十酸化四リンが生じる。②十酸化四リンを水加えて加熱すると、3価の酸であるリン酸が得られる。純粋なリン酸は、室温(25°C)では、無色の結晶で、③潮解性があり、水によく溶ける。

問1 [ア]～[ウ]に適切な数値または物質名を入れよ。

問2 窒素の単体 N_2 を電子式で書け。

問3 黄リンを分子式で書け。

問4 下線部①で進行する反応を、化学反応式で書け。

問5 下線部①の反応で、十酸化四リンを 14.2g 得るには、リンは何 g 必要か、有効数字 3 桁で求めよ。また、計算の過程も示せ。

問6 下線部②で進行する反応を、化学反応式で書け。

問7 十酸化四リン 14.2g から下線部②の反応で得られたリン酸を水に溶かして、1.00L の水溶液とした。この水溶液 20.0mL を完全に中和するには、1.00mol/L の水酸化ナトリウム水溶液は何 mL 必要か、有効数字 3 桁で求めよ。また、計算の過程も示せ。

問8 下線部③で、潮解性とはどのような性質のことか、説明せよ。また、リン酸と同様に室温で潮解性を示す物質を以下の(1)～(4)からすべて選び、番号で答えよ。

(1) 炭酸ナトリウム十水和物 (2) 塩化カルシウム (3) 硫酸 (4) 水酸化カリウム

(2018 島根大)

16. 次の文章を読み、以下の問 1～7 に答えなさい。

硝酸は工業的にアンモニアを原料として、オストワルト法により次のように製造される。①アンモニアと空気を混合し、酸化器において約 800°C で白金を触として反応させると気体 A が生成する。次に、②気体 A を空気中の酸素と反応させることで気体 B が得られる。吸収塔において③気体 B を温水と反応させると硝酸と気体 A が生じる。このとき生じる気体 A は、気体 B の生成に再利用される。

硝酸など分子中に酸素原子を含む酸を[ア]という。硝酸は、塩酸や硫酸とは異なり、濃度によらず強い酸化力を持ち、水素よりもイオン化傾向の小さい金属とも反応する。気体 A は[イ]色であり、実験室においては、④銅と希硝酸を反応させ、[ウ]置換で集される。

問 1 [ア]～[ウ]にあてはまる適切な語句をかきなさい。

問 2 アンモニアと硝酸のそれぞれの窒素原子の酸化数をかきなさい。

問 3 アンモニアと硝酸に関して、次(1)～(6)のうちから正しいものをすべて選び、番号で答えなさい。

- (1) 水酸化カリウムと塩化アンモニウムを混合して加熱すると、アンモニアが生成する。
- (2) アンモニアの水に対する溶解度は、温度が高くなるほど大きくなる。
- (3) アンモニアを石灰水に通じると、石灰水が白濁する。
- (4) アンモニア分子の窒素原子と水素原子はすべて同一平面上にある。
- (5) 鉄片を希硝酸に加えると、溶解して水素を発生する。
- (6) アルミニウム片を濃硝酸と反応させた後に、希硝酸に加えると溶解する。

問 4 下線部①～③で起こる反応をそれぞれ化学反応式でかきなさい。

問 5 下線部④における酸化剤および還元剤のはたらきを示す反応を、電子を含むイオン反応式でかきなさい。

問 6 古くなった硝酸は淡黄色を帯びる。その理由を 30 字以内で説明しなさい。

問 7 オストワルト法により硝酸を合成した。1.0kg のアンモニアから質量パーセント濃度 60% の硝酸は何 kg 得られるか。有効数字 2 けたで答えなさい。計算過程も示しなさい。なお、アンモニアはすべて硝酸に変化したものとする。

(2018 千葉大)

17. 次の文を読んで問 1～問 4 に答えよ。

リンは、周期表の[ア]に属する典型元素であり、[イ]の価電子を持つ。リンの単体はリン酸カルシウム $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ を主成分とするリン鉱石にけい砂とコークスと反応させてつくられる。このときに得られるリンは分子式 P_4 からなるろう状の単体 A である。単体 A を窒素中で 250°C で加熱すると、単体 A とは性質の異なるリンの単体 B が得られる。単体 A は毒性が強く空気中で自然発火するのに対し、単体 B は毒性が低く、マッチの摩擦面や医薬品、農薬の原料などに用いられる。リンを空気中で燃焼させて得られる十酸化四リン P_4O_{10} は強い吸湿性を持ち、水と反応するとリン酸 H_3PO_4 になる。

問 1 [ア]～[イ]に入る適切な数字を示せ。

問 2 単体 A および単体 B の物質名を答えよ。

問 3 単体 A、単体 B のように、同じ 1 種類の元素でできていながら性質の異なる単体どうしを何というか答えよ。

問 4 下線部の P_4O_{10} が水と反応して H_3PO_4 になる反応を反応式で示せ。

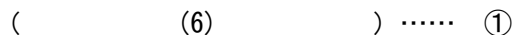
(2015 兵庫県立大)

18. 次の文のに[]入れるのに最も適当な数値を、また、((5))には整数値を、((6))には化学反応式を、((7))には化学式を、それぞれ解答欄に記入しなさい。なお、原子量は $O = 16$, $P = 31$, $Ca = 40$ とする。

リンは周期表の 15 族に属する元素で、 $^{31}_{15}P$ 原子に含まれる陽子および電子の数はいずれも [(1)] 個、中性子の数は [(2)] 個である。また、P 原子は [(3)] 個の価電子をもつが、そのうち不対電子は [(4)] 個である。

P の単体の一つである黄リンは、以下のようにして製造される。リン酸カルシウム $Ca_3(PO_4)_2$ を主成分とするリン鉱石にケイ砂とコークスを混合し、電気炉で強熱すると、P が蒸気となって発生する。この蒸気を空気に独れないようにして水中に導くことで黄リンが得られる。いま、 $Ca_3(PO_4)_2$ を 82% (質量パーセント) の純度で含むリン鉱石 500g があるとすると、このリン鉱石から得られる黄リンは ((5)) g であると計算される。ただし、リン鉱石中に含まれる P はすべて $Ca_3(PO_4)_2$ として存在しているものとする。

また、リン鉱石に硫酸 H_2SO_4 を作用させると、リン鉱石中の $Ca_3(PO_4)_2$ が H_2SO_4 と反応し、リン酸二水素カルシウムと硫酸カルシウムの混合物が得られる。この化学反応式は ①式で表される。この混合物は過リン酸石灰とよばれ、肥料に用いられる。



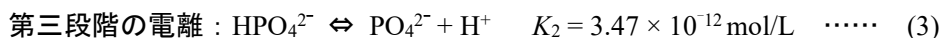
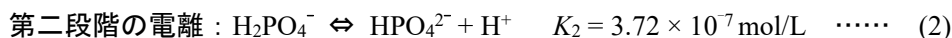
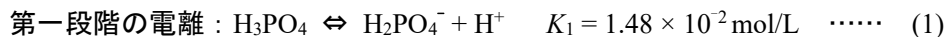
リン化合物は、肥料の他にも多方面に用いられる。P を過剰の酸素中で十分に燃焼させると、吸湿性の強い白色粉末である ((7)) が得られる。この ((7)) はさまざまな気体の乾剤として利用されている。

(2019 関西大)

19. 次の文を読み、問1～問6に答えよ。

リンは周期表の〔①〕族に属する典型元素であり、K殻に〔②〕個、L殻に〔③〕個、M殻に〔④〕個の電子が存在する。リンの単体は天然にはほぼ存在しないが、リン酸カルシウムを主体とするリン鉱石に黒鉛(コークス)とケイ砂を混ぜて熱すると、リンの蒸気が発生する。これを水中で凝集させると黄リンが得られる。また、黄リンを窒素中で約250℃に熱すると変化する。黄リンと〔a〕は互いに〔b〕であり、これらを空気中で燃やすと化合物Aになる。Aは乾燥剤に用いられ、(ア)Aに水を加えて加熱すると、徐々に反応してリン酸(H₃PO₄)になる。

リン酸は水溶液中で次の式(1)～式(3)で示した三段階で電離し、25℃の条件における各々の酸の電離定数 K_1 , K_2 , K_3 は以下に示したとおりである。また、25℃の条件における水のイオン積を K_w とし、その値は $K_w = 1.00 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ である。



リン酸のナトリウム塩には、リン酸ナトリウム(Na₂PO₄)、リン酸一水素ナトリウム(Na₂HPO₄)、リン酸二水素ナトリウム(NaH₂PO₄)の3種類がある。ここで、リン酸二水素ナトリウム水溶液の $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$, 25℃における液性を考えたい。(イ)この液性を知るためには式(2)と以下の式(4)で表される二つの可逆反応を考慮すればよい。



問1 文中の〔①〕～〔④〕に当てはまる最も適当な数値を記せ。

問2 文中の〔a〕と〔b〕に当てはまる最も適当な語句を記せ。

問3 文中の化合物Aとして最も適当な名称を記せ。

問4 下線部(ア)の反応の化学反応式を記せ。

問5 式(4)で表される反応について、反応に関与する分子やイオンのモル濃度を $[\text{H}_2\text{PO}_4^-]$, $[\text{H}_2\text{O}]$, $[\text{H}_3\text{PO}_4]$, $[\text{OH}^-]$ と表すと、平衡定数 K は以下のように書くことができる。

$$K = \frac{[\text{H}_3\text{PO}_4][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-][\text{H}_2\text{O}]} = \frac{[\text{H}_3\text{PO}_4][\text{OH}^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-][\text{H}_2\text{O}][\text{H}^+]}$$

また、塩基の電離定数 K_b は、 $K_b = K[\text{H}_2\text{O}]$ と表される。大量に存在する水のモル濃度 $[\text{H}_2\text{O}]$ は定数とみなすことができるので、 K_b も定数となる。これらのことから、塩基の電離定数を K_w と式(1)~式(3)に示した $K_1 \sim K_3$ の中で適当なものを用いて表し、解答欄に記せ。

問6 下線部(イ)について、酸の電離定数 K_2 と塩基の電離定数 K_b の大きさを比較することで、25°Cにおけるリン酸二水素ナトリウム水溶液中の水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ と水酸化物イオン濃度 $[\text{OH}^-]$ を比較することが可能である。25°Cにおけるリン酸二水ナトリウム水溶液の液性として最も適当な語句を次の【解答群】から選び、記号を記せ。

【解答群】

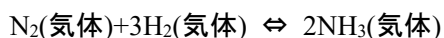
(ア) 酸性 (イ) 中性 (ウ) 塩基性

(2018 甲南大)

20. 次の文章を読んで、以下の(1)~(4)に答えなさい。

アンモニア分子 NH_3 を水に溶かすと、窒素原子上の(①)が水素イオンとの間で共有されて、アンモニウムイオン NH_4^+ が生成し、この水溶液は弱い(②)性を示す。このとき、水素イオンはアンモニア分子の N 原子と結合して N-H 結合を形成し、この結合にはアンモニア分子の(①)が使われる。金属イオンに、アンモニア分子のような(①)をもつ分子や陰イオンが配位結合したイオンを(③)イオンという。

アンモニアの工業的な製造法として、フリッツ・ハーバーとカール・ボッシュがドイツで開発したハーバー・ボッシュ法が広く用いられている。反応式は以下のとおりで、(④)の原理により、圧力が高い方が反応に有利で、 92kJ/mol の(⑤)反応なので、比較的低温(例えば 300°C)ほど有利である。しかしながら、工業的には四酸化三鉄(Fe_3O_4)を主成分とする(⑥)の存在下、超高压で $400^\circ\text{C}\sim 600^\circ\text{C}$ という高温条件で反応を実施している。



(1) (①)~(⑥)にあてはまる適切な語句を答えなさい。

(2) ハーバー・ボッシュ法では、下線に示す様に、なぜ圧力が高い方が反応の進行に有利になるのかを漢字 50 以内で説明しなさい。

(3) 四酸化三鉄(Fe_3O_4)の存在下、 $400^\circ\text{C}\sim 600^\circ\text{C}$ という高温条件で反応を実施することが、なぜ低温条件(例えば 300°C)より効率よくアンモニアを製造することに有利になるのか、「反応速度」と「平衡」という用語を用いて、100 字以内で説明しなさい。

(4) 実験室でアンモニアを合成する手法として、塩化アンモニウムと水酸化カルシウムを加熱して発生させる手法が用いられる。この化学反応式を示しなさい。

(2019 首都大東京)

解答

1. 2015 福岡教育大

問1 a 4 b 5 c 4 d 6 e 3 f 1 g 2 h 1 問2 $\text{NH}_3 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

問3 5.3kg 問4 $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{NO}$

問5 表面にち密な酸化被膜を形成し、不動態となるため 問6 ウ

2. 2015 岐阜大

問1 ア 無 イ 濃塩酸 ウ 塩化アンモニウム 問2 (1) HNO_3 +5 (2) NH_3 -3

問3 $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NO}_2$

問4 (1) $\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C_{\text{CO}_2}}}$ (2) $\text{pH} = -\frac{1}{2}(\log_{10} C_{\text{CO}_2} + \log_{10} K_a)$

問5 $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$

問6 (a)(ii) 温度を下げる吸熱方向へ平衡が移動するため

(b)(i) 全圧を下げる方向へ平衡が移動するため

(c)(iii) 触媒は平衡に影響しないため

3. 2015 近畿大・建築

問1 (1) ② (2) ⑥ (3) ② (4) ② (5) ② (6) ③ (7) ⑤

問2 (8) ④ 問3 ③

4. 2016 神戸大

問1 ハーバーボッシュ法

問2 条件：高圧 理由：高圧では、気体分子の総数が減る方向へ平衡が移動するから

問3 (B) $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ (E) $\text{NH}_3 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

問4 NH_3 -3 問5 ア,イ,ウ 問6 (1) 水に溶けにくく、空気と反応して NO_2 となりやすいため (2) 24.0g

5. 2016 名城大

問1 I $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$

II $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ III $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$

IV $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ V $\text{NaCl} + \text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaHCO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$

問2 ア 非共有電子対 イ 配位 ウ 低 エ 高 オ 391 カ 4.25 キ 3.6×10^3

問3 $9.1 \times 10^2 \text{ g}$

6. 2013 和歌山大

問1 $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{NO}$ Cu : 0 \rightarrow +2 N : +5 \rightarrow +2

問2 溶液部分 : 溶液中に銅が2価の陽イオンを生じて溶解するため、青色を呈する

気体部分 : 一酸化窒素が空気中の酸素で酸化されて二酸化窒素を生じ、赤褐色を帯びる

問3 $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$

問4 $2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{HNO}_2$ N : +4 \rightarrow +5 N : +4 \rightarrow +3

問5 $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ 問6 加圧により二酸化窒素の濃度が高まり、褐色が濃くなる

問7 ルシャトリエの法則により、四酸化二窒素生成方向に平衡が移動するので褐色が濃くなる 問8 N_2, O_2 問9 銅 問10 水上

7. 2015 県立広島大

問1 (a) $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ (b) $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$

(c) $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ (d) $3\text{Cu} + 8\text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{NO}$

問2 水上 問3 オストワルド法 問4 13.6mol/L

8. 2017 大阪府立大

問1 硝酸 : +5 アンモニア : -3 X : +2 Y : +4

問2 アンモニア : イ X : ア Y : ウ

問3 ① $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ ② $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$

③ $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ ④ $\text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{KHSO}_4 + \text{HNO}_3$

問4 酸化剤 : NO_2 還元剤 : NO_2 問5 (1) $9.0 \times 10^3 \text{ L}$ (2) 4.2kg

9. 2010 秋田大

問1 $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ 問2 触媒 問3 $\text{NH}_3 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

問4 水上置換 問5 HNO_3 : +5 NO : +2 NO_2 : +4

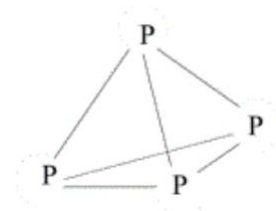
10. 2018 日本獣医大

問1 あ 窒素 い カリウム う リン酸カルシウム え 4 お 十酸化四リン

問2 右図 問3 $4\text{P} + 5\text{O}_2 \rightarrow \text{P}_4\text{O}_{10}$

問4 $\text{P}_4\text{O}_{10} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}_3\text{PO}_4$

問5 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + 2\text{CaSO}_4$



11. 2017 信州大

問1 ア 2 イ 15 ウ L エ 無 オ 非共有電子対 カ 配位

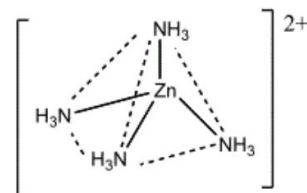
問2 99 : 1 問3 : N :: N : 問4 $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$

問5 (a) 反応によって生じた水蒸気が冷却され、水滴となり加熱部分に落ちると、反応容器が急冷され、割れる恐れがあるため (b) アンモニアと同時に水も生成し、発生する気体は水蒸気とアンモニアの混合物として得られるため (c) 上方置換

アンモニアは空気より軽く、水に溶けやすいため

問6 アンモニアが水と反応して、水酸化物イオンを生じるから

問7 テトラアンミン酸亜鉛(II)イオン $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 右図



12. 2012 千葉大

問1 ア 15 イ 5 ウ 同素 エ オストワルド オ 弱 カ 酸化

問2 表面にち密な酸化被膜が生じて、内部まで反応が進行しない

問3 A 黄リン B 赤リン C 十酸化四リン D 一酸化窒素

問4 $\text{N} \equiv \text{N}$ 問5 ② $\text{NH}_4\text{NO}_2 \rightarrow \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ③ $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$

④ $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$ ⑤ $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$

問6 $\text{NH}_3 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 問7 15mL

13. 2012 奈良女子大

問1 ア 5 イ ハーバーボッシュ ウ 上方 エ 水上 オ 重 カ 下方 キ 光

ク 4 ケ 3 コ 共有 サ 水 シ 同素体 ス 白 セ 3 ソ 弱 タ 水和

問2 (a) ヒ素 (b) 銅 (c) 四酸化二窒素 (d) 濃硫酸

問3 (1) $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$

(2) $2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow (\text{NH}_3)_2\text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ (3) $\text{P}_4\text{O}_{10} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}_3\text{PO}_4$

(4) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + 2\text{CaSO}_4$ 問4 5.1 問5 228g

14. 2018 武蔵野大

問1 ア 無 イ オストワルド ウ 白金 問2 ③

15. 2018 島根大

問1 ア 15 イ 8 ウ 赤リン 問2 : N :: N : 問3 P_4

問4 $4\text{P} + 5\text{O}_2 \rightarrow \text{P}_4\text{O}_{10}$ 問5 6.20g 問6 $\text{P}_4\text{O}_{10} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}_3\text{PO}_4$

問7 12.0mL 問8 空気中の水分を吸収し、溶けてしまう性質 (2), (4)

16. 2018 千葉大

問1 ア オキソ酸 イ 無 ウ 水上 問2 アンモニア : -3 硝酸 : +5

問3 (1), (5) 問4 ① $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O}$ ② $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$

② $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$ 問5 酸化剤 : $\text{HNO}_3 + 3\text{H}^+ + 3\text{e}^- \rightarrow \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$

還元剤 : $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$ 問6 硝酸が分解し、生じた二酸化窒素が溶け込むため

問7 6.2kg

17. 2015 兵庫県立大

問1 ア 15 イ 5 問2 A 黄リン B 赤リン 問3 同素体

問4 $\text{P}_4\text{O}_{10} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}_3\text{PO}_4$

18. 2019 関西大

(1) 15 (2) 16 (3) 5 (4) 3 (5) 82g (6) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + 2\text{CaSO}_4$

(7) 十酸化四リン

19. 2018 甲南大

問1 ① 15 ② 2 ③ 8 ④ 5 問2 a 赤リン b 同素体

問3 十酸化四リン 問4 $\text{P}_4\text{O}_{10} + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}_3\text{PO}_4$ 問5 $K_b = \frac{K_w}{K_1}$

問6 ア ($K_2 \gg K_w$ のため)

20. 2019 首都大東京

(1) ① 非共有電子対 ② 塩基 ③ 錯 ④ ルシャトリエ ⑤ 発熱 ⑥ 触媒

(2) 圧力を上げると、平衡は気体粒子数が減少する方向に移動するため、アンモニアの生成量が増えるため。

(3) 低温の方が、平衡移動の点からアンモニア生成量は有利であるが、反応速度の点では不利となる。よって、ある程度温度を上げて、さらに触媒も加えることで反応速度を上げて効率よくアンモニアを生成している。

(4) $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$