

解答に際して

I ~ **VI** の解答は、すべて解答用紙の所定の欄に記入しなさい。

I

問 1 ～ 問 7 に答えなさい。【配点 55】

問 1 周期表の水素を除く 1 族元素，および 18 族元素はそれぞれ総称して何と呼ばれているか答えなさい。

問 2 次の **ア** に適切な医薬品名，**イ** に酸化数，**ウ**，**エ** に適切な化学式を入れなさい。

過酸化水素の 3% 水溶液は **ア** と呼ばれ，消毒殺菌剤として用いられる。過酸化水素中の酸素の酸化数は **イ** である。過酸化水素は通常，酸化剤として働き，酸性下では自身は **ウ** になる。一方，強い酸化剤に対しては還元剤として働き，相手の物質に電子を与えて気体 **エ** が発生する。

問 3 次の **ア**，**イ** に適切な語句を入れなさい。

水は常温でも表面から蒸発しているが，圧力 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ のもとでは温度が 100°C に達すると，水の内部からも水蒸気が発生するようになる。このように，液体内部からも気体が発生する現象を **ア** という。

また，水が **ア** する温度は同程度の分子量をもつ他の物質と比べて非常に高い。これは水分子間に働く力のうち，一番強い分子間力である **イ** を断ち切るために大きなエネルギーを必要とするからである。

問4 (1), (2)に答えなさい。

(1) 断熱容器中で硫酸 2.45 g を 25°Cの多量の水に溶かしたところ、2.40 kJ の発熱があった。このときの反応熱 [kJ/mol] を求め、有効数字2桁で答えなさい。ただし、硫酸の分子量を 98.0 とする。

(2) エタンとプロパンのみを合計で 1.00 mol 含む混合気体を完全燃焼させたところ、1956 kJ の発熱があった。この燃焼で消費された酸素の物質質量 [mol] を求め、有効数字2桁で答えなさい。ただし、エタンとプロパンの燃焼熱をそれぞれ 1560 kJ/mol, 2220 kJ/mol とする。

問5 (1), (2) の水溶液の pH を求め、小数第1位まで答えなさい。

ただし、ギ酸の電離定数を 2.0×10^{-4} mol/L, 水酸化ナトリウムの電離度を 1.0, 水のイオン積を 1.0×10^{-14} (mol/L)² とし、必要なら $\log_{10}2 = 0.30$, $\log_{10}3 = 0.48$ を用いなさい。

(1) 2.0×10^{-2} mol/L ギ酸水溶液

(2) 2.0×10^{-2} mol/L ギ酸水溶液 50.0 mL と 2.0×10^{-1} mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 12.5 mL を混合し、さらに水を加えて全量を 75.0 mL とした水溶液

問6 次の文章を読み、(1)、(2)に答えなさい。ただし、気体は全て理想気体とし、空気は体積比4：1の窒素と酸素のみからなる混合気体とする。また、気体定数を $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。

27°C、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ で、容積可変の密閉容器に 20.0 L の空気を採った。ここに、強い紫外線を照射したところ、照射後の気体の体積は照射前と比べて 0.60 L 減少した。

- (1) 紫外線の照射により気体の体積が減少した要因となった反応を化学反応式で示しなさい。
- (2) 紫外線の照射後の混合気体における酸素のモル分率を求め、有効数字2桁で答えなさい。

問7 (1)～(3)の分子式または化合物名を答えなさい。

- (1) 炭素数5の鎖状アルカンの分子式
- (2) 炭素数5以下の直鎖状アルカンのうち、沸点が最も高いものの化合物名
- (3) 炭素数4の枝分かれ状の鎖状アルカンの化合物名

問題は次のページに続く

II

次の文章を読み、問に答えなさい。【配点 19】

A, B, C, D は、亜鉛、カルシウム、鉛、バリウムの 2 価の陽イオンのいずれかである。

A~D をそれぞれ含む 4 種類の水溶液があった。

A~D の水溶液のうち、A と①B の水溶液が炎色反応を示した。

②A~D の水溶液に弱塩基性下で硫化水素を通じたところ、2 つの水溶液で沈殿が生じた。一方は黒色で、他方は **ア** 色であった。

A~D の水溶液に硫酸を加えたところ、3 つの水溶液で沈殿が生じた。

A~D の水溶液に少量の水酸化ナトリウム水溶液を加えたところ、B, C, D の水溶液で白色の沈殿が生じ、③さらに水酸化ナトリウム水溶液を加えると C と D の水溶液では沈殿が溶解したが、B の水溶液の沈殿は溶解しなかった。また、C と D の水溶液に少量のアンモニア水を加えたところ、白色の沈殿が生じ、さらにアンモニア水を加えると一方だけで沈殿が溶解した。

④A~D の水溶液に塩酸を加えたところ、D の水溶液のみで白色の沈殿が生じ、この沈殿が生じた液を加熱すると沈殿が溶解した。

問 1 下線部①の B の水溶液で示された炎色反応の色を答えなさい。

問 2 下線部②で沈殿を生じた 2 つのイオンのうち、酸性下では硫化水素を通じても沈殿が生じないイオンは何か、イオン式で答えなさい。

問 3 **ア** に適切な色を入れなさい。

問4 下線部③で生じた沈殿が溶解する反応のうち、Cの水溶液についてその反応を化学反応式で示しなさい。

問5 下線部④で生じた沈殿は何か、化学式で示しなさい。

問6 イオンAは何か、イオン式で答えなさい。

Ⅲ

次の文章を読み、間に答えなさい。ただし、計算に際しては水蒸気として存在している水の質量は無視できるものとし、水の分子量は 18.0、グルコースの分子量は 180、塩化ナトリウムの式量は 58.5 とする。

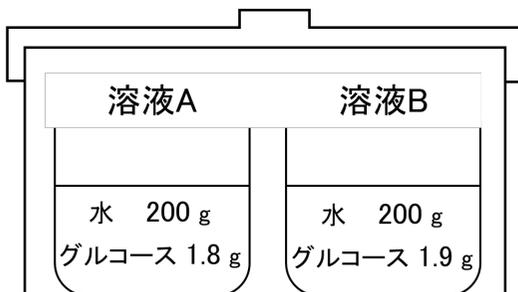
【配点 14】

不揮発性物質が溶けた希薄溶液では、その蒸気圧は溶液中の溶媒のモル分率に比例し、希薄溶液の蒸気圧は純溶媒に比べて低くなる。つまり、希薄溶液の蒸気圧 p は次式のように表される。

$$p = p^* x$$

ここで、 p^* は純溶媒の蒸気圧、 x は溶液中の溶媒のモル分率である。

純水 2.00×10^2 g にグルコース 1.80 g を溶解させた溶液 A と、純水 2.00×10^2 g にグルコース 1.90 g を溶解させた溶液 B がある。これらをそれぞれビーカーに入れ、下図に示すように密閉容器内に放置したところ、片方のビーカー内の液量は次第に減少し、その分だけ他方のビーカー内の液量が増加した。そして、十分な時間が経過すると液量は変化しなくなった。



密閉容器に入れる前の溶液 A と溶液 B では、溶液 **ア** の蒸気圧の方が高い。そのため、密閉容器内では溶液 **イ** から溶液 **ウ** へ水が移動し、やがて平衡に達する。

問1 文章中の下線部の現象は何と呼ばれているか答えなさい。

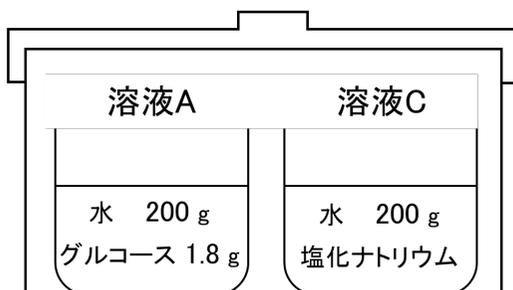
問2 文章中の **ア** ~ **ウ** に入る A, B の適切な組み合わせを①~④から選び、番号で答えなさい。

	ア	イ	ウ
①	A	A	B
②	A	B	A
③	B	A	B
④	B	B	A

問3 平衡に達した時点までに移動した水の質量 [g] を求め、有効数字2桁で答えなさい。

問4 ある量の塩化ナトリウムを純水 2.00×10^2 g に溶解させた溶液 C と、グルコース 1.80 g を純水 2.00×10^2 g に溶解させた溶液 A をそれぞれビーカーに入れ、下図に示すように密閉容器内に置いた。その後、十分な時間放置しても2つのビーカー内の液量は変化しなかった。

溶液 C に溶解させた塩化ナトリウムの質量 [g] を求め、有効数字2桁で答えなさい。ただし、塩化ナトリウムは完全に電離しているものとする。



IV

次の文章を読み、問に答えなさい。ただし、気体は全て理想気体とする。【配点 18】

容積可変のピストン付き密閉容器に n mol の四酸化二窒素 N_2O_4 を入れ、一定圧力 P [Pa]、一定温度 T [K] のもと十分な時間放置すると、 N_2O_4 の一部が解離し①式に示す平衡状態となる。このときの密閉容器の内容積を V [L] とする。



N_2O_4 の解離度を α とすると、平衡に達したときの N_2O_4 と NO_2 の物質量はそれぞれ $n(1 - \alpha)$ mol, $\boxed{\text{ア}}$ mol と表される。また、平衡時の N_2O_4 と NO_2 の分圧を $P_{\text{N}_2\text{O}_4}$ [Pa] および P_{NO_2} [Pa] とすると、それぞれ②式、③式で表される。

$$P_{\text{N}_2\text{O}_4} = P \times \boxed{\text{イ}} \quad \dots \text{②}$$

$$P_{\text{NO}_2} = P \times \boxed{\text{ウ}} \quad \dots \text{③}$$

①式のように、気体物質が平衡状態にある場合、各成分気体のモル濃度で表す平衡定数（濃度平衡定数 K_c ）の代わりに、モル濃度に比例する分圧を用いて平衡定数を表すことができる。この平衡定数を圧平衡定数 K_p という。①式における K_p [Pa] は④式で表される。

$$K_p = \frac{(P_{\text{NO}_2})^2}{P_{\text{N}_2\text{O}_4}} \quad \dots \text{④}$$

したがって、④式に②式③式を代入することにより、⑤式が得られる。

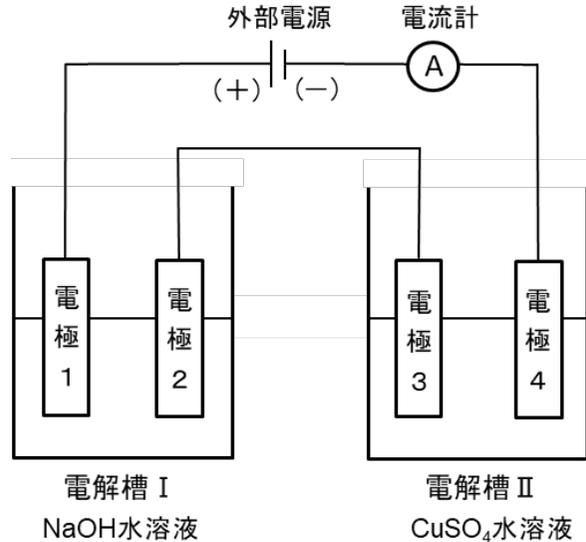
$$K_p = P \times \boxed{\text{エ}} \quad \dots \text{⑤}$$

問1 ～ に、 n 、 α のうち適切なものを用いて表した式を入れなさい。

問2 1.0 mol の N_2O_4 を容積可変の密閉容器に入れ、 27°C 、 $3.6 \times 10^5 \text{ Pa}$ に保つと①式に示す平衡に達し、 N_2O_4 と NO_2 の体積は合わせて 8.3 L になった。このときの N_2O_4 の解離度 α と圧平衡定数 K_p を求め、それぞれ有効数字 2 桁で答えなさい。ただし、気体定数を $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。

V

次の文章を読み、問に答えなさい。ただし、Cuの原子量を63.5、ファラデー定数を $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とし、標準状態(0℃, $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$)での気体のモル体積を 22.4 L/mol とする。また、流れた電流はすべて電気分解に使われ、電気分解前後での電解槽内の溶液の体積変化は無視できるものとする。【配点20】



電解槽 I に 0.020 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 500 mL 、電解槽 II に 0.020 mol/L の硫酸銅(II)水溶液 500 mL を入れ、白金電極(電極 1～電極 4)を用いて図のような装置を組み立て、一定の電流で 16 分 5 秒間電気分解を行った。この電気分解により電解槽 I から発生した気体をすべて捕集したところ、標準状態で 134.4 mL であった。また、電極 4 では銅が析出した。

問 1 電極 2 で起こる反応を電子 e^- を含むイオン反応式で示しなさい。

問 2 この電気分解によって電極 2 から発生した気体の物質量は、電極 1 から発生した気体の物質量の何倍か、整数で答えなさい。

- 問3 この回路に流れた電子は何 mol か，有効数字 2 桁で答えなさい。
- 問4 この電気分解で通じた電流は平均で何 A か，有効数字 2 桁で答えなさい。
- 問5 電極 4 で析出した銅は何 mg か，整数で答えなさい。
- 問6 電気分解後の電解槽 II の水溶液をよくかき混ぜ pH を測定した。このときの pH を求め，小数第 1 位まで答えなさい。ただし，強酸および強塩基の電離度を 1.0，水のイオン積を $1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ とし，必要なら $\log_{10} 2 = 0.30$ を用いなさい。

VI

次の文章を読み、問に答えなさい。ただし、構造式は例にならって書きなさい。【配点 24】

アルケンを硫酸酸性の KMnO_4 水溶液で酸化すると、 $\text{C}=\text{C}$ 結合が完全に切れて $\text{C}=\text{O}$ 結合をもつ分子が 2 つ生成する。下図に代表的な反応例を示したように、 $\text{R}^1\sim\text{R}^4$ がアルキル基か水素かによって生成する化合物が異なってくる。

例えば、 $\text{R}^1\sim\text{R}^4$ がアルキル基の場合はケトンを生成する (図 1)。 $\text{R}^1\sim\text{R}^3$ がアルキル基で R^4 が H の場合はケトンとアルデヒドが生成する。アルデヒドはさらに酸化されてカルボン酸となる (図 2)。 R^1 と R^2 がアルキル基で R^3 と R^4 が H の場合はケトンとホルムアルデヒドが生成する。ホルムアルデヒドはさらに酸化されてギ酸を経て二酸化炭素と水が生成する (図 3)。

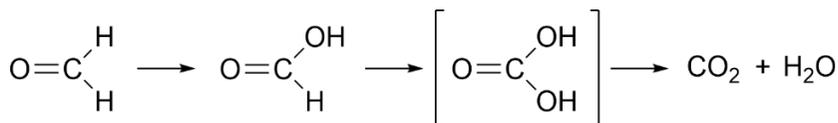
図 1. $\text{R}^1\sim\text{R}^4$ がアルキル基の場合



図 2. R^4 が水素原子の場合



図 3. R^3 と R^4 が水素原子の場合



A, **B**, **C**, **D** は、すべて同一の分子式 C_5H_{10} で表されるアルケンである。**A** のみシス・トランス異性体をもつ化合物である。**A**~**D** の構造決定のために、以下の実験 1, 2 を行った。

