

化 学

教育学部 200点

注 意 事 項

1. 問題は、**1** から **5** までの計 5 問です。
2. **1** から **5** までのすべてを解答しなさい。
3. 解答用紙は、(7の1)から(7の7)までの計 7 枚です。解答は、すべて解答用紙の指定欄に記入しなさい。
4. 必ず解答用紙のすべてに、本学の受験番号を記入しなさい。
5. 印刷不鮮明及びページの落丁・乱丁等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
6. 問題冊子の余白等は適宜利用してよい。
7. 試験終了後、問題冊子及び計算用紙は持ち帰りなさい。

1) 必要なときは、次の原子量および数値を用いよ。

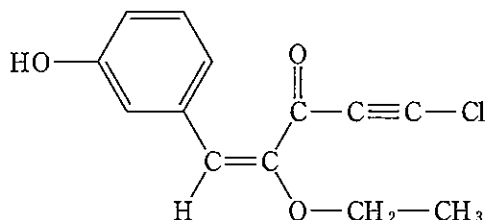
H : 1.00 C : 12.0 N : 14.0 O : 16.0 Na : 23.0 Cl : 35.5

気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$

2) 気体はすべて理想気体とし、標準状態は 0°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ とする。

3) 構造式は例にならって書け。

(例)



1 次の文章を読み、問 1～問 3 に答えよ。

原子がもつ陽子の数と電子の数は同じで、全ての原子は、電氣的に中性である。□(ア) は、原子核の中の陽子と中性子の数の和である。陽子の質量と、中性子の質量はほぼ同じであるが、電子の質量は、それらに比べて非常に小さいため、□(ア) は、大まかに原子の質量を比較するときに利用できる。また、□(ア) が 12 の炭素原子 1 個の質量を 12 と定め、その質量との比較で求めた相対値を、原子の □(イ) という。同じ元素の原子でも、原子核中の中性子の数が異なるために □(ア) が異なるものがある。このような原子を、互いに □(ウ) という。自然界に存在する多くの元素には、質量の異なるいくつかの □(ウ) が、ほぼ一定の割合で存在している。元素を構成する □(ウ) の存在比率とそれらの □(イ) にもとづき、一定の基準によって定めた原子の質量を原子量という。

原子が、電子を放出したり受け取ったりして、陽子の数と電子の数が異なるようになると、電荷を帯びたイオンになる。原子がイオンになるときに参与する電子を価電子といい、イオンになるときに放出したり受け取ったりした電子の数をイオンの □(エ) という。また、単原子イオンの電子配置は、原子番号が最も近い希ガスの電子配置と同じ場合が多い。^①

問 1. 空欄 ~空欄 に入る適切な語句を書け。

問 2. 下線部①について、 O^{2-} 、 F^{-} 、 Na^{+} 、 Mg^{2+} は同じ電子配置となる。これらと同じ電子配置となる希ガスの元素記号を書け。

問 3. O^{2-} 、 F^{-} 、 Na^{+} 、 Mg^{2+} をイオン半径の大きさの順に並べよ。また、その理由を、60 字以内で書け。

2 次の[I]と[II]の文章を読み、問1～問9に答えよ。

[I] 酢酸やアンモニア等の弱酸、弱塩基を水に溶かすと一部の分子だけが電離
①、電離によって生じるイオンと電離していない分子は電離平衡の状態となる。酢酸の電離平衡において、酢酸の初濃度を c (mol/L)、電離度を α とすると、電離平衡時の濃度は、次のように表される。

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = \boxed{\text{あ}} \text{ (mol/L),}$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = \boxed{\text{い}} \text{ (mol/L),}$$

$$[\text{H}^+] = c\alpha \text{ (mol/L)}$$

電離定数 K_a は、 c と α を用いて、次のように表される。

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \boxed{\text{う}} \text{ (mol/L)}$$

酢酸の電離度 α が 1 より非常に小さい場合、 $1 - \alpha$ を 1 とみなし、電離定数 K_a は、 c と α を用いて、次のように表される。

$$K_a = \boxed{\text{え}} \text{ (mol/L)}$$

また、酢酸と酢酸ナトリウムの混合水溶液は、少しの酸や塩基を加えても
② pH が変化しないようになる。このような作用を $\boxed{\text{ア}}$ 作用という。0.20 mol/L の酢酸水溶液 1.0 L と 0.20 mol/L の酢酸ナトリウム水溶液 1.0 L を混合して、2.0 L の水溶液をつくった。この水溶液の pH について計算する。ただし、酢酸の電離定数 $K_a = 2.7 \times 10^{-5}$ mol/L とする。

酢酸ナトリウムは完全に電離したとし、 $[\text{CH}_3\text{COO}^-]$ は $[\text{H}^+]$ よりも十分に大きい値であるとする、酢酸の電離は無視できる。よって、各濃度は、次のようになる。

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = \boxed{\text{お}} \text{ (mol/L),}$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = \boxed{\text{か}} \text{ (mol/L)}$$

電離定数 K_a は、次のように表される。

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \boxed{\text{き}} \times [\text{H}^+] \text{ (mol/L)}$$

よって、 $K_a = 2.7 \times 10^{-5}$ mol/L であるから、 $[\text{H}^+]$ は、次のとおりとなる。

$$[\text{H}^+] = \boxed{\text{く}} \times 2.7 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$$

よって、 $\log_{10} 3.0 = 0.48$ とし、水溶液の pH を求めると次のとおりとなる。

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] = -\log_{10} (\boxed{\text{く}} \times 3.0^3 \times 10^{-6}) = \boxed{\text{け}}$$

問 1. 下線部①について、酢酸とアンモニアの電離平衡をそれぞれ化学反応式で書け。

問 2. 空欄 (ア) に入る適切な語句を書け。また、下線部②について、少量の塩基を加えた場合に pH が変化しないのは、どのような反応が起こるためか、化学反応式を書け。

問 3. 空欄 (あ) ~ 空欄 (え) に入る適切な数式を書け。また、空欄 (お) ~ 空欄 (け) に適切な値を有効数字 2 桁^{けた}で書け。

問 4. 0.80 mol/L の酢酸水溶液 1.0 L と 0.80 mol/L の酢酸ナトリウム水溶液 3.0 L を混合し、4.0 L の水溶液をつくった。この水溶液の pH を有効数字 2 桁^{けた}で求めよ。また、計算過程も示せ。ただし、酢酸の電離定数 $K_a = 2.7 \times 10^{-5}$ mol/L, $\log_{10} 3.0 = 0.48$ とする。

[II] 20 °C, 大気圧の条件下で、1.50 mol/L の過酸化水素水 10.0 mL に酸化マンガン(IV)の粉末^③を加え、気体 A を発生させた。気体 A を水上置換で捕集し、その体積から、各反応時間における過酸化水素の濃度を求めた。

各反応時間における過酸化水素濃度 $[H_2O_2]$, 分解速度 v , 平均過酸化水素濃度 $\overline{[H_2O_2]}$ を求めた結果を表 1 に示した。

表 1

反応時間[s]	$[H_2O_2]$ [mol/L]	v [mol/(L·s)]	$\overline{[H_2O_2]}$ [mol/L]
0	1.50	5.0×10^{-3}	1.35
60	1.20		
120	0.960	4.0×10^{-3}	(ウ)
180	0.770	(イ)	0.865

問 5. 気体 A が発生する化学反応式を書け。

問 6. 空欄 は有効数字 2 桁^{けた}, 空欄 は有効数字 3 桁^{けた}で, 空欄に入る値を求めよ。

問 7. 下線部③について, 酸化マンガン(IV)を加えることにより, 過酸化水素の分解速度を増加させることができる。このように反応前後では変化しないが, 反応速度を大きくする物質を何というか名称を書け。また, 分解速度が増加する理由を「エネルギー」という語句を用いて 30 字以内で書け。

問 8. 下線部③について, 酸化マンガン(IV)を加えるのと同様に, 過酸化水素の分解速度が大きくなる実験条件を次の(a)~(e)からすべて選び, 記号で答えよ。

- (a) 過酸化水素水の濃度を 3.00 mol/L とする。
- (b) 過酸化水素水に蒸留水を 10 mL 加える。
- (c) 反応開始時の気体 A の分圧を 2 倍にする。
- (d) 反応温度を 50 °C とする。
- (e) 塩化鉄(III)水溶液を加える。

問 9. 実験結果より, $[\overline{\text{H}_2\text{O}_2}]$ と v の関係は, $[\overline{\text{H}_2\text{O}_2}] = 1.35 \text{ mol/L}$ のとき $v = 5.0 \times 10^{-3} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$ である直線の式で表せることがわかった。この反応における反応速度定数 k [s] を有効数字 2 桁^{けた}で求めよ。また, 計算過程も示せ。

3 次の[I]と[II]の文章を読み、問1～問11に答えよ。

[I] 地球の表層部分には地殻が存在する。これを構成する岩石や鉱物の成分元素として、酸素、ケイ素、アルミニウム、鉄などがある。その割合(質量%)は、酸素がもっとも多い。酸素原子が2個結合した酸素分子は、空气中に体積で約21%存在する。酸素は反応性に富み、ほとんどの元素と化合して酸化物を作る。また、酸素原子が3個結合した分子は、である。

は、特有の臭いのある淡青色の気体で、強い酸化力をもつ。

は、地上20～40 km付近の上空の空气中に多く存在する。この層を層とよぶ。この層は、太陽から降り注がれる有害な紫外線の大部分を吸収するため、地上の生物を保護する役割をもっている。

地殻中で酸素の次に多く存在する元素は、ケイ素である。その代表的な化合物は二酸化ケイ素である。二酸化ケイ素は、ガラスの主成分でもある。三酸化ケイ素を水酸化ナトリウムとともに加熱するとを生じる。

に水を加えて加熱すると、無色透明で粘性の大きな液体が得られる。これを水ガラスという。水ガラスの水溶液に塩酸を加えると白色ゲル状の沈殿が生成する。これを加熱し脱水すると、シリカゲルが生成する。

地殻中で3番目に多く存在する元素は、アルミニウムである。アルミニウムの単体は、原料鉱石のボーキサイトを精製して得られるを氷晶石とともに熔融塩電解することで得られる。アルミニウムイオンを含んだ酸性の水溶液に少量の水酸化ナトリウム水溶液を加えると、白色の沈殿ができる。この沈殿を含む水溶液に過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加えると、沈殿は溶解する。

問 1. 下線部①について、次にあげる(a)～(e)の酸化物の中で、水と反応して酸を生じたり、塩基と反応して塩を生じる酸化物はどれか、あてはまるものを(a)～(e)から2つ選び、記号で答えよ。また、このような酸化物を何というか、その名称を答えよ。

(a) CaO (b) ZnO (c) P₄O₁₀ (d) MgO (e) SO₃

問 2. 空欄 に入る適切な分子の名称を答えよ。

問 3. 物質 は、水で湿らせたヨウ化カリウムデンプン紙をある色に変化させる。変化したときの色を答えよ。

問 4. 炭素の同素体には、次にあげる(a)~(d)などがある。下線部②について、ケイ素の単体の結晶と同じ構造をもつものはどれか、(a)~(d)の中から1つ選び、記号で答えよ。

(a) フラーレン

(b) 黒鉛

(c) ダイヤモンド

(d) カーボンナノチューブ

問 5. 下線部③について、ガラスに目盛りを付けたり、つや消しをするときに、ある物質の水溶液を使用する。この物質の化学式を答えよ。

問 6. 下線部④の空欄 に入る適切な化合物の名称を答えよ。また、下線部④の化学反応式を答えよ。

問 7. 空欄 に入る適切な化合物の名称を答えよ。

問 8. 下線部⑤の化合物の名称と化学式を答えよ。

問 9. 次の(a)~(e)の金属イオンを含む水溶液の中で、少量の水酸化ナトリウム水溶液を加えたとき、白色の沈殿を生じるものはどれか、(a)~(e)の中から正しいものを1つ選び、記号で答えよ。また、そのとき生じる白色の沈殿の化学式を答えよ。

(a) ナトリウムイオン

(b) 鉄(II)イオン

(c) 鉄(III)イオン

(d) 亜鉛イオン

(e) 銀イオン

[II] 図1は、ナトリウムの単体とナトリウム元素を含む化合物の相互関係をまとめたものである。また、次の文章は、図1に示した反応1～反応5の特徴を述べたものである。

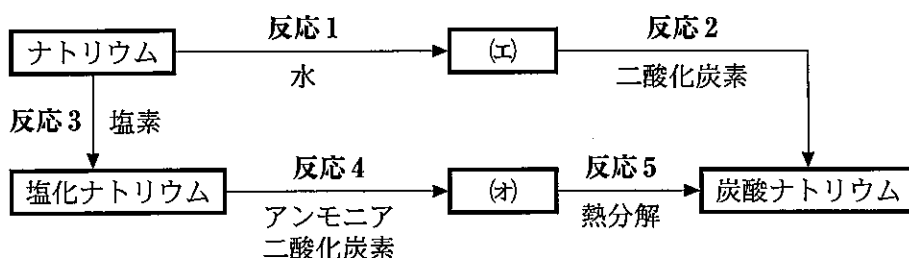


図1

反応1：ナトリウムに水を加えると、水素を発生し、を生じる。

の水溶液は塩基性を示す。

反応2：は、二酸化炭素を吸収して炭酸ナトリウムを生じる。

反応3：熱したナトリウムと塩素が反応して塩化ナトリウムを生じる。

反応4：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が沈殿する。

反応5：の沈殿を集めて、加熱(熱分解)すると、二酸化炭素の発生をともなって炭酸ナトリウム(無水物)が生成する。

問10. 空欄と空欄に入る適切な化合物の化学式を書け。

問11. 炭酸ナトリウムは、反応4と反応5を利用して、工業的に製造される。

50.0 kgの塩化ナトリウムから、理論上製造される炭酸ナトリウム(無水物)の質量[kg]を有効数字2桁^位で求めよ。また、計算過程も示せ。

4 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

分子中の炭素原子間に三重結合を1個もつ鎖式不飽和炭化水素を (ア) という。 (ア) で最も分子量の小さい化合物 A は、工業的にはアルカンの熱分解によって合成されるが、実験室では化合物 B に水を作用させて合成することができる。①

白金やニッケルなどを触媒に用いて化合物 A に水素を作用させると、化合物 C を経てエタンが生成する。また、水銀(II)塩などを触媒に用いて化合物 A に水を付加させると (イ) 形の構造をもつ不安定な中間生成物 D を経て、その異性体で (ウ) 形の構造をもつ化合物 E が生成する。

一方で化合物 E は、工業的には塩化パラジウム(II)と塩化銅(II)を触媒に用いて化合物 C の酸化により合成する。また化合物 E は、リン酸を触媒に用いて化合物 C と水を反応させて得られた化合物 F を、硫酸酸性の二クロム酸カリウム溶液中で酸化することでも得られる。

問 1. 空欄 (ア) ~空欄 (ウ) に入る適切な語句を書け。

問 2. 化合物 A, C の名称を書け。

問 3. 化合物 A, 化合物 C, エタンのいずれか 1 mol を完全燃焼させるのに、理論上で 3.5 mol の酸素を必要とする化合物は、化合物 A, 化合物 C, エタンのどれか構造式で答えよ。また、解答の導出過程も示せ。

問 4. 下線部①の化学反応式を書け。

問 5. 空欄 (ア) の構造をもち分子式が C_5H_8 の化合物 G がある。1 mol の化合物 G に対して、白金触媒の存在下で 1 mol の水素を作用させると化合物 H が生成した。化合物 H には幾何異性体が存在する。化合物 H に触媒を用いて水を付加させると化合物 I と化合物 J の 2 種の構造異性体が生成した。なお、化合物 I には不斉炭素原子が存在する。次の設問(1)～設問(3)に答えよ。

- (1) 化合物 G の構造式を書け。
- (2) 化合物 I と化合物 J の構造式を書け。なお、不斉炭素原子には*印を付記せよ。
- (3) 化合物 I と化合物 J の構造の違いは、ある化学反応をおこなうことで確認ができる。その化学反応の名称を答えよ。また、その化学反応の結果として化合物 I にのみ視覚的に確認できる現象を 20 字以内で答えよ。

問 6. 化合物 E について述べた記述(a)~(e)の中から正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

- (a) 不斉炭素原子をもつ。
- (b) 刺激臭がある。
- (c) 還元性を示す。
- (d) アンモニア性硝酸銀水溶液に通じると白色沈殿が生じる。
- (e) フェーリング液に加えて加熱すると赤色沈殿が生じる。

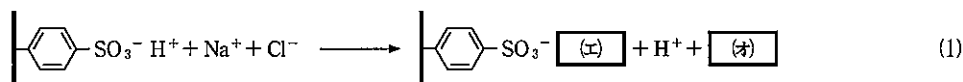
問 7. 化合物 F は、炭素と水素と酸素だけからなる化合物である。化合物 F 13.8 mg を完全燃焼したところ、二酸化炭素が 26.4 mg、水が 16.2 mg 得られた。なお、化合物 F の分子量は 90 以下である。次の設問(1)~設問(3)に答えよ。

- (1) 化合物 F の組成式を求めよ。また、解答の導出過程も示せ。
- (2) 化合物 F に単体ナトリウムを加えると水素が発生した。化合物 F の示性式を書け。
- (3) 0.92 g の化合物 F に十分な量の単体ナトリウムを加え、この反応で発生した気体をすべて水上置換で捕集したが、捕集した気体には、水素の他に水蒸気も含まれていた。この水素と水蒸気の混合気体の 27 °C、 1.01×10^5 Pa における体積[L]を有効数字 2 桁^{けた}で求めよ。また、計算過程も示せ。ただし、27 °C における水の蒸気圧は 4×10^3 Pa であり、空気の混入はないものとする。また、水素は水に溶けないものとし、気体はすべて理想気体とする。

5 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

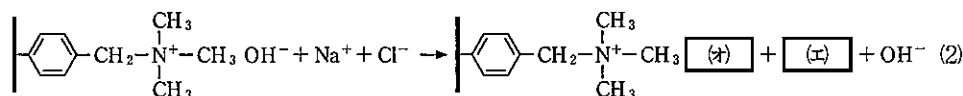
実験に用いる水にイオンが含まれていると化学反応や酵素反応などが影響を受けることがあるため、ほとんどの場合あらかじめイオンを除去した水(脱イオン水)を用いる。脱イオン水の製造のためにはイオン交換樹脂を使用する。イオン交換樹脂の樹脂本体として、スチレンと β -ジビニルベンゼンが した合成樹脂がよく用いられている。この樹脂に酸性の官能基(例えばスルホ基 $-\text{SO}_3\text{H}$)を導入すると イオン交換樹脂が、また、塩基性の官能基(例えば $-\text{N}^+(\text{CH}_3)_3\text{OH}^-$ 基)を導入すると イオン交換樹脂が得られる。

ここで、塩化ナトリウム水溶液を十分量のイオン交換樹脂で処理したときの反応を示す。塩化ナトリウム水溶液を イオン交換樹脂で処理すると、次のように樹脂中の水素イオンと塩化ナトリウム水溶液中のイオンが交換される。



主鎖

また、塩化ナトリウム水溶液を イオン交換樹脂で処理すると、次のように樹脂中の水酸化物イオンと塩化ナトリウム水溶液中のイオンが交換される。



主鎖

従って、 イオン交換樹脂と イオン交換樹脂を混合したもので塩化ナトリウム水溶液を処理すると、水溶液中から塩化ナトリウムを除去することができる。他の塩を含む水溶液からも同様の原理で脱イオン水を製造できる。

問 1. 空欄 (ア) ~空欄 (ウ) に入る適切な語句, および, 空欄 (エ) ~空欄 (オ) に入る適切なイオン式を書け。

問 2. 下線部①のスチレンを単量体とした合成樹脂にポリスチレンがある。 n 個のスチレン分子からポリスチレンが生成するときの化学反応式を書け。さらに, ポリスチレンの平均分子量が 1.56×10^5 である場合の平均重合度を有効数字 2 桁^{はた}で求めよ。また, 計算過程も示せ。

問 3. 合成高分子化合物 A~C の合成の際に進行するそれぞれの反応名を書け。さらに, それぞれの高分子化合物の特徴として正しいものを次の(あ)~(か)から 1 つ選び, 記号で答えよ。

A : ポリエチレンテレフタレート B : フェノール樹脂
C : ポリ塩化ビニル

- (あ) 羊毛に似た性質をもち, 軟らかく軽い。セーターなどに用いられる。
- (い) 絹に似た性質をもつ。ストッキングなどに用いられる。
- (う) 電気絶縁性に優れる。電気器具などに用いられる。
- (え) 硬く耐久性が高い。水道管などに用いられる。
- (お) 軟化点が低い。塗料や接着剤などに用いられる。
- (か) 繊維としてはしわになりにくく, ワイシャツなどに用いられる。合成樹脂としてはボトルなどに用いられる。

問 4. 1 g あたり 5.00×10^{-3} mol のスルホ基をもつイオン交換樹脂 D, 1 g あたり 2.50×10^{-3} mol の $-N^+(CH_3)_3OH^-$ 基をもつイオン交換樹脂 E がある。100 g のイオン交換樹脂 D と 200 g のイオン交換樹脂 E を混合し, 脱イオン水製造用の装置を作った。この装置を用いることで, 1 L あたり 0.351 g の塩化ナトリウムを含む水溶液から脱イオン水を製造したい。この塩化ナトリウム水溶液を, 作製した脱イオン水製造装置を用いて何 L 処理できるか有効数字 2 桁^{はた}で求めよ。また, 計算過程も示せ。なお, イオン交換樹脂 D, E のそれぞれ全ての官能基がナトリウムイオンあるいは塩化物イオンとの交換に用いられるものとする。