

必要ならば下記の数値を参照せよ。

原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, Mg = 24, Cl = 35.5, S = 32,

Cu = 63.5

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

ファラデー定数： $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

第1問 次の問い（問1～7）に答えよ。〔解答番号 ～ 〕

問1 次の記述 a～e の中で、誤っているものの組合せとして、最も適当なものを下の①～⑩のうちから一つ選べ。

- a 金属の変形が可能なのは、原子配列が変わっても自由電子による金属結合が保たれるためである。
- b ドライアイスのように分子が分子間力で引き合って配列してできる分子結晶は、一般にイオン結晶に比べて融点が低い。
- c アンモニア分子は非共有電子対を2組持つ。
- d C=O結合には極性があるため、二酸化炭素分子は極性分子になる。
- e ブタンの沸点がエタンの沸点よりも高いのは、ブタンの方がエタンよりも分子間のファンデルワールス力が強いからである。

- ① a・b ② a・c ③ a・d ④ a・e ⑤ b・c
⑥ b・d ⑦ b・e ⑧ c・d ⑨ c・e ⑩ d・e

問2 次の水溶液 a ~ d のモル濃度を高いほうから順番にならべたものとして、最も適当なものを下の①~⑧のうちから一つ選べ。

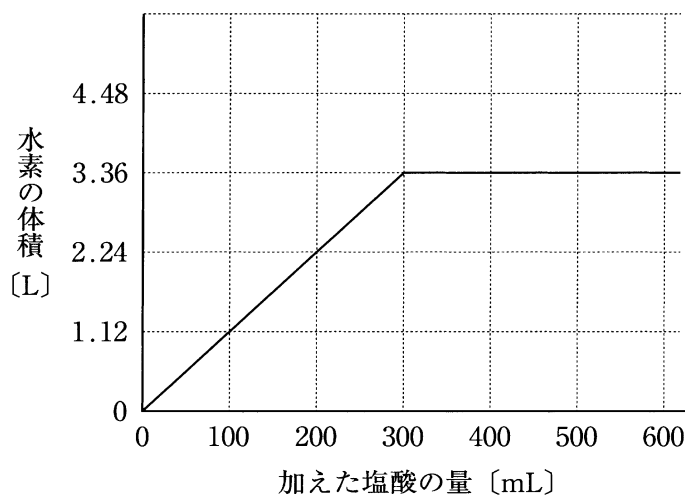
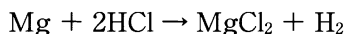
2

- a 塩化ナトリウム NaCl の結晶 11.7 g を全て水に溶かして 0.500 L にした塩化ナトリウム水溶液
- b 硫酸銅(Ⅱ)五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ の結晶 25.0 g を全て水に溶かして 0.300 L にした硫酸銅(Ⅱ)水溶液
- c 300 K, 1.01×10^5 Pa で 2.50 L のアンモニア NH_3 (気) を全て水に溶かして 0.400 L にしたアンモニア水
- d エタノール $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 4.60 g を全て水に溶かして 0.500 L にしたエタノール水溶液

- ① $a > b > c > d$ ② $a > c > b > d$ ③ $b > a > c > d$
④ $b > a > d > c$ ⑤ $c > b > d > a$ ⑥ $c > d > b > a$
⑦ $d > b > c > a$ ⑧ $d > c > b > a$

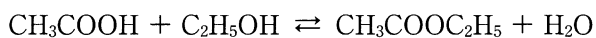
問3 ある質量のマグネシウム Mg にモル濃度が 1.00 mol/L の希塩酸 HCl を徐々に加えたところ、次の反応式にしたがいマグネシウムは全て反応し、水素 H₂ が発生した。発生した水素 H₂ の標準状態での体積を測定したところ、下の図に示すような結果が得られた。この反応に用いたマグネシウムの質量として、最も適当なものを下の①～⑧のうちから一つ選べ。

3



- | | | | |
|---------|---------|---------|---------|
| ① 1.8 g | ② 3.6 g | ③ 5.4 g | ④ 7.2 g |
| ⑤ 18 g | ⑥ 36 g | ⑦ 54 g | ⑧ 72 g |

問4 濃硫酸を触媒として、酢酸 CH₃COOH とエタノール C₂H₅OH を反応させると、酢酸エチル CH₃COOC₂H₅ と水が生成する。



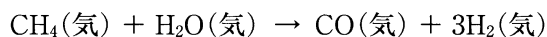
酢酸 0.90 mol とエタノール 0.90 mol を温度、体積が一定の条件で反応させて平衡状態に達した。この温度における平衡定数は 4.0 である。平衡状態での酢酸エチルの物質質量として、最も適当なものを下の①～⑧のうちから一つ選べ。

4

- | | | | |
|------------|------------|------------|------------|
| ① 0.25 mol | ② 0.30 mol | ③ 0.45 mol | ④ 0.60 mol |
| ⑤ 0.75 mol | ⑥ 0.90 mol | ⑦ 1.2 mol | ⑧ 1.8 mol |

問5 CH₄(気), H₂O(気), CO(気)の生成熱はそれぞれ 75 kJ/mol, 242 kJ/mol, 111 kJ/mol である。次の反応で 1 mol の CH₄(気)が反応するときの反応熱の値として、最も適当なものを下の①～⑧のうちから一つ選べ。

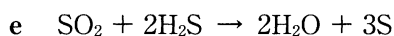
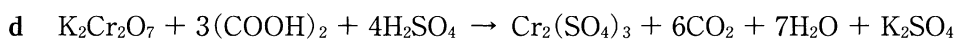
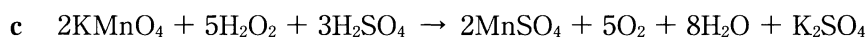
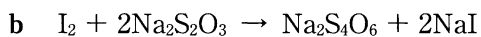
5



- ① -428 kJ ② -278 kJ ③ -206 kJ ④ -56 kJ
 ⑤ +56 kJ ⑥ +206 kJ ⑦ +278 kJ ⑧ +428 kJ

問6 次の反応 a～e において、反応前後での下線部分の原子の酸化数の変化量が等しいものの組合せとして、最も適当なものを下の①～⑩のうちから一つ選べ。

6



- ① a・b ② a・c ③ a・d ④ a・e ⑤ b・c
 ⑥ b・d ⑦ b・e ⑧ c・d ⑨ c・e ⑩ d・e

問7 モル濃度が 0.010 mol/L の塩化カルシウム水溶液 CaCl₂ の 300 K における浸透圧の値として、最も適当なものを下の①～⑧のうちから一つ選べ。ただし、塩化カルシウムは水溶液中で完全に Ca²⁺ と Cl⁻ に電離するものとする。

7

- ① $2.5 \times 10^4 \text{ Pa}$ ② $5.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ ③ $7.5 \times 10^4 \text{ Pa}$ ④ $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$
 ⑤ $2.5 \times 10^5 \text{ Pa}$ ⑥ $5.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ ⑦ $7.5 \times 10^5 \text{ Pa}$ ⑧ $1.0 \times 10^6 \text{ Pa}$

第2問 次の問い（問1～6）に答えよ。〔解答番号 8 ～ 14〕

問1 次の記述 a～e の中で、誤っているものの組合せとして、最も適当なものを下の①～⑩のうちから一つ選べ。 8

- a 元素の周期表に配置される第6周期までの典型元素の原子の価電子の数は、18族を除いて族番号の一の位の値と一致する。
- b ハロゲン元素の原子には7個の価電子があり、1価の陰イオンになりやすい。
- c アルミニウム Al は金属元素であるがケイ素 Si は非金属元素である。
- d 原子が最外電子殻に1個の電子を受け取って、1価の陰イオンになるときに放出されるエネルギーをイオン化エネルギーという。
- e カリウム原子 K から価電子が1個取り去られたカリウムイオン K^+ の電子配置はネオン Ne の電子配置と同一である。

- ① a・b ② a・c ③ a・d ④ a・e ⑤ b・c
⑥ b・d ⑦ b・e ⑧ c・d ⑨ c・e ⑩ d・e

問2 二酸化炭素を含むある気体を、0.10 mol/L の水酸化バリウム水溶液 100 mL に通して二酸化炭素を完全に吸収させた。このときに生じた白色沈殿をろ過し、ろ液のうちの20 mL を取って0.10 mol/L の塩酸で滴定したところ 10 mL を要した。水酸化バリウムと反応したのは二酸化炭素のみであり、二酸化炭素を吸収させたことによる溶液の体積変化はないものとする。この気体に含まれていた二酸化炭素の物質質量として、最も適当なものを下の①～⑧のうちから一つ選べ。 9

- ① 0.0025 mol ② 0.0050 mol ③ 0.0075 mol ④ 0.010 mol
⑤ 0.025 mol ⑥ 0.050 mol ⑦ 0.075 mol ⑧ 0.10 mol

問3 次の記述 a ~ e の中で、正しいものの組合せとして、最も適当なものを下の①~⑩のうちから一つ選べ。

10

- a マグネシウム Mg とカルシウム Ca の塩化物はいずれも水に溶けやすい。
- b マグネシウム Mg とカルシウム Ca の炭酸塩はいずれも水に溶けにくい。
- c マグネシウム Mg とカルシウム Ca の硫酸塩はいずれも水に溶けにくい。
- d マグネシウム Mg とカルシウム Ca の単体はいずれも常温の水と反応して水酸化物になる。
- e マグネシウム Mg とカルシウム Ca はいずれも固有の炎色反応を示す。

- ① a・b ② a・c ③ a・d ④ a・e ⑤ b・c
⑥ b・d ⑦ b・e ⑧ c・d ⑨ c・e ⑩ d・e

問4 次の記述 a ~ e の中で、誤っているものの組合せとして、最も適当なものを下の①~⑩のうちから一つ選べ。

11

- a 銀 Ag は電気伝導性と熱伝導性が金属の中で最も大きく、優れた導電材料として用いられる。
- b 銀 Ag は金属の中で最も展性・延性に富み、美しい光沢をもち装飾品に利用されている。
- c 銀 Ag は希硫酸 H_2SO_4 や希硝酸 HNO_3 に容易に溶ける。
- d 銀イオン Ag^+ を含む水溶液に硫化水素を通じると、pH に関係なく黒色の沈殿が生成する。
- e フッ化銀 AgF は水に溶けやすいが、塩化銀 AgCl は水に溶けにくい。

- ① a・b ② a・c ③ a・d ④ a・e ⑤ b・c
⑥ b・d ⑦ b・e ⑧ c・d ⑨ c・e ⑩ d・e

問5 合金に関する次の記述 a～e の中で、誤っているものの組合せとして、最も適当なものを下の①～⑩のうちから一つ選べ。

12

- a 融解したある金属に他の元素の単体を混合して凝固させたものを合金という。
- b 腐食しにくい材料として用いられるステンレス鋼は、ニッケル Ni とチタン Ti と鉄 Fe の合金である。
- c 美しく加工しやすいことから装飾品や楽器に用いられる黄銅（真ちゅう）は、銅 Cu と鉛 Pb の合金である。
- d 電気抵抗が適度に大きいことから電熱線として利用されるニクロムは、ニッケル Ni とクロム Cr の合金である。
- e 硬くて美しいことから美術工芸品に使用される青銅（ブロンズ）は、銅 Cu とスズ Sn の合金である。

- ① a・b ② a・c ③ a・d ④ a・e ⑤ b・c
⑥ b・d ⑦ b・e ⑧ c・d ⑨ c・e ⑩ d・e

問6 次の文章はアンモニアと硝酸の工業的製造方法に関するものである。下のI, IIの問いに答えよ。

アンモニアは窒素と水素の混合気体を **a** を主成分とする触媒を用いて 400 ~ 600 °C に加熱して製造される。この方法を **b** という。アンモニアは、硝酸の原料として、またアンモニウム塩や尿素のような肥料の原料として大量に使用されている。

硝酸を製造するためには、まず **c** を触媒にしてアンモニアと空気を 800 ~ 900 °C に加熱して一酸化窒素を得る。次に一酸化窒素を空气中で酸化して二酸化窒素を得る。さらに二酸化窒素を水と反応させて硝酸を得る。このとき生じた一酸化窒素は、再び空气中で酸化して二酸化窒素にする。このようにして硝酸を製造する方法を **d** という。

I 上の文章の空欄 a, b, c, d に当てはまる用語の組合せとして、最も適当なものを次の①~⑧のうちから一つ選べ。

13

	a	b	c	d
①	酸化銅(II)	オストワルト法	白金	ハーバー・ボッシュ法
②	酸化銅(II)	ハーバー・ボッシュ法	白金	オストワルト法
③	四酸化三鉄	オストワルト法	白金	ハーバー・ボッシュ法
④	四酸化三鉄	ハーバー・ボッシュ法	白金	オストワルト法
⑤	酸化銅(II)	オストワルト法	ニッケル	ハーバー・ボッシュ法
⑥	酸化銅(II)	ハーバー・ボッシュ法	ニッケル	オストワルト法
⑦	四酸化三鉄	オストワルト法	ニッケル	ハーバー・ボッシュ法
⑧	四酸化三鉄	ハーバー・ボッシュ法	ニッケル	オストワルト法

II 上記方法で硝酸を製造したい。窒素 10 mol と水素 30 mol の混合気体を触媒に通過させたところ、窒素の 20 % がアンモニアに変化した。生成したアンモニアを全量用いて硝酸を製造するとき、反応が完全に進んだとして最大限得られる硝酸の質量として、最も適当なものを次の①~⑧のうちから一つ選べ。

14

- ① 6.3 g ② 13 g ③ 19 g ④ 25 g
 ⑤ 63 g ⑥ 1.3×10^2 g ⑦ 1.9×10^2 g ⑧ 2.5×10^2 g

第3問 次の問い（問1～7）に答えよ。〔解答番号 15 ～ 21 〕

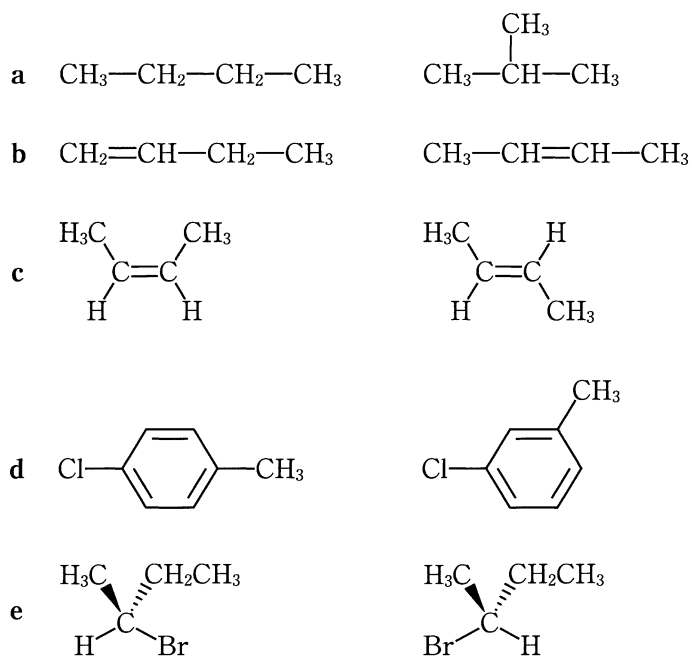
問1 分子式が C_4H_8O で表される化合物を完全燃焼させたところ、水 29 mg が生成した。この燃焼に用いた化合物の質量として、最も適当なものを次の①～⑥のうちから一つ選べ。

15

- ① 14 mg ② 29 mg ③ 58 mg
 ④ 1.2×10^2 mg ⑤ 2.3×10^2 mg ⑥ 4.6×10^2 mg

問2 次の a～e の中で、立体異性体の関係にある2つの化合物を示しているものの組合せとして、最も適当なものを下の①～⑩のうちから一つ選べ。

16



- ① a · b ② a · c ③ a · d ④ a · e ⑤ b · c
 ⑥ b · d ⑦ b · e ⑧ c · d ⑨ c · e ⑩ d · e

問3 エチレン（エテン）とアセチレン（エチン）に関する次の記述 a～e の中で、誤っているものの組合せとして、最も適当なものを下の①～⑩のうちから一つ選べ。 17

- a エタノールと濃硫酸の混合物を 160～170℃ に加熱すると、エチレンが得られる。
- b エチレンはアルキンの一種である。
- c エチレンを付加重合させると、ポリエチレンが得られる。
- d アセチレンは金属の溶接や切断に用いられる。
- e 触媒を用いてアセチレンに水を付加させると、アセトンが得られる。

- ① a・b ② a・c ③ a・d ④ a・e ⑤ b・c
⑥ b・d ⑦ b・e ⑧ c・d ⑨ c・e ⑩ d・e

問4 アルコールに関する次の記述 a～e の中で、誤っているものの組合せとして、最も適当なものを下の①～⑩のうちから一つ選べ。 18

- a アルコールを分子間で脱水させるとエステルが生成する。
- b 第一級アルコールを酸化するとアルデヒドが生成する。
- c 第二級アルコールを酸化するとカルボン酸が生成する。
- d 第三級アルコールは酸化されにくい。
- e 触媒を用いて一酸化炭素と水素を高温・高圧で反応させるとメタノールが生成する。

- ① a・b ② a・c ③ a・d ④ a・e ⑤ b・c
⑥ b・d ⑦ b・e ⑧ c・d ⑨ c・e ⑩ d・e

問5 油脂とセッケンに関する次の記述 a～e の中で、誤っているものの組合せとして、最も適当なものを下の①～⑩のうちから一つ選べ。

19

- a 油脂は脂肪酸とエチレングリコール (1,2-エタンジオール) のエステルである。
- b 油脂を構成する脂肪酸には、飽和脂肪酸と不飽和脂肪酸がある。
- c セッケンは油脂をけん化することで得られる。
- d セッケンは水中である濃度以上になると、親水性部分を内側に、疎水性部分を外側にして集まり、ミセルを形成する。
- e セッケンを Ca^{2+} や Mg^{2+} を多く含む水 (硬水) 中で使用すると、洗浄力が低下する。

- ① a・b ② a・c ③ a・d ④ a・e ⑤ b・c
⑥ b・d ⑦ b・e ⑧ c・d ⑨ c・e ⑩ d・e

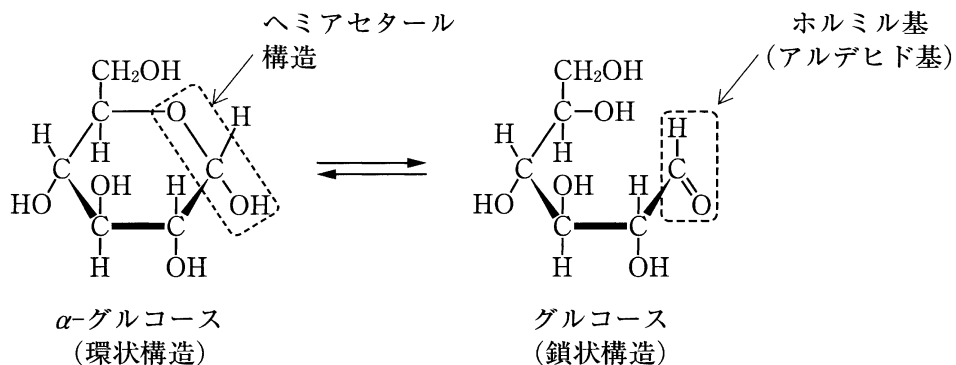
問6 芳香族化合物の反応に関する次の記述 a～e の中で、誤っているものの組合せとして、最も適当なものを下の①～⑩のうちから一つ選べ。

20

- a ベンゼンに適切な触媒を用いて塩素を作用させると、クロロベンゼンが得られる。
- b ベンゼンに濃硫酸を加えて加熱すると、アニリンが得られる。
- c ベンゼンに濃硝酸と濃硫酸の混合物を加えて加熱すると、ニトロベンゼンが得られる。
- d トルエンを過マンガン酸カリウムで酸化すると、フェノールが得られる。
- e サリチル酸と無水酢酸を反応させると、アセチルサリチル酸が得られる。

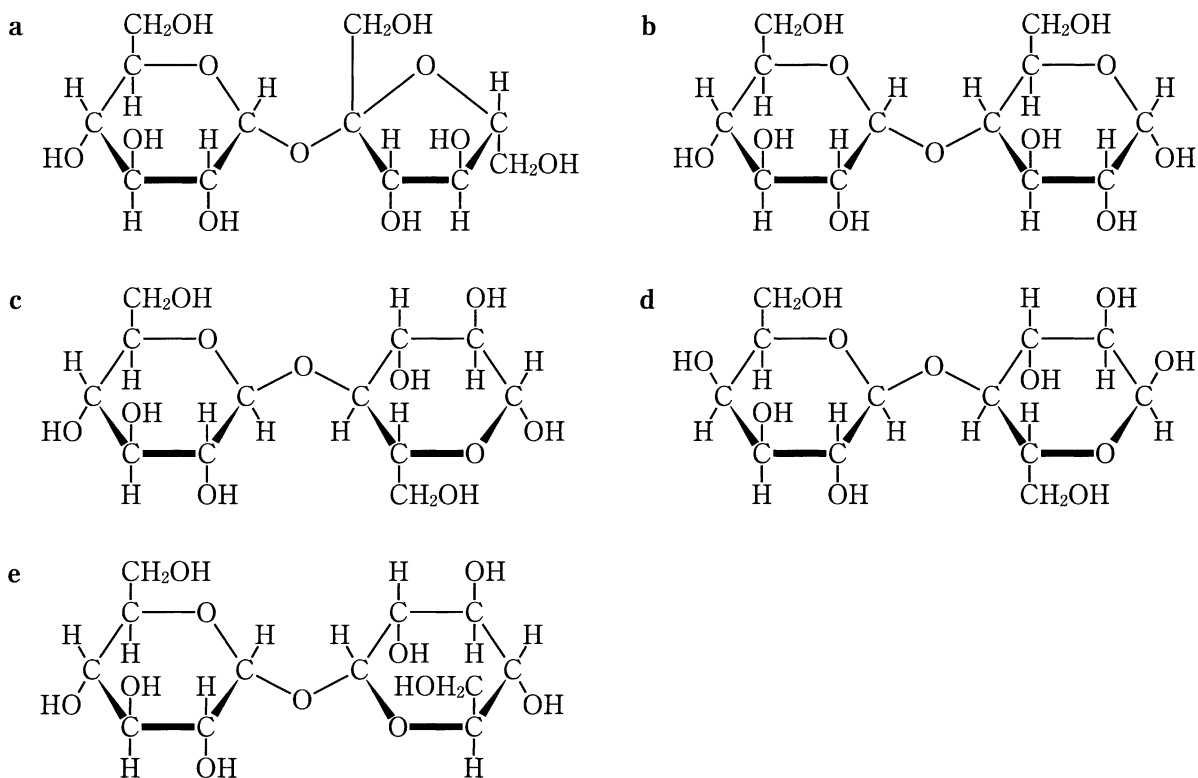
- ① a・b ② a・c ③ a・d ④ a・e ⑤ b・c
⑥ b・d ⑦ b・e ⑧ c・d ⑨ c・e ⑩ d・e

問7 次に示すように、 α -グルコースには、1つの炭素原子に $-OH$ 基と $-OR$ 基の両方が結合したヘミアセタール構造がある。このヘミアセタールの一部が水中でホルミル基（アルデヒド基， $-CHO$ ）に変換されるため、 α -グルコースの水溶液は還元性を示す。



次の二糖 a ~ e の中で、水溶液が還元性を示さないものの組合せとして、最も適当なものを下の①~⑩のうちから一つ選べ。

21



- ① a・b ② a・c ③ a・d ④ a・e ⑤ b・c
 ⑥ b・d ⑦ b・e ⑧ c・d ⑨ c・e ⑩ d・e

第4問 AとBからCが生成する不可逆反応について、AとBの初濃度[A]および[B]を変化させて反応初期のCの生成速度 v を調べたところ、次の表の結果が得られた。下の問い(問1～3)に答えよ。答は解答用紙裏面の記述式解答記入欄1に記せ。

記述式解答記入欄1

実験番号	[A] [mol/L]	[B] [mol/L]	v [mol/(L·s)]
1	0.10	0.20	5.0×10^{-5}
2	0.10	0.40	1.0×10^{-4}
3	0.20	0.20	2.0×10^{-4}
4	0.20	0.40	4.0×10^{-4}
5	0.30	0.40	9.0×10^{-4}

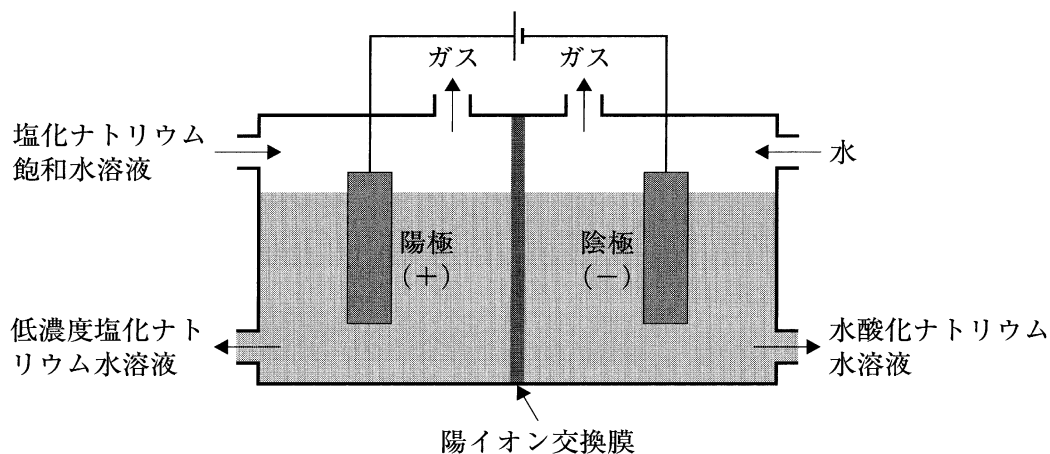
問1 反応速度定数を k とし、Cの生成速度 v が $v = k[A]^a[B]^b$ (a, b は正の整数である)で表されたとする。上の実験結果から a および b の値を答えよ。

問2 反応速度定数 k を、単位を含めて答えよ。解答は計算過程も記し、有効数字2桁で答えよ。

問3 反応速度式を求めるこのような実験では、反応初期の速度が用いられる。その理由を簡潔に述べよ。

第5問 次の図に示すような陽イオン交換膜で仕切られた電解槽を用いて、塩化ナトリウム水溶液の電気分解による水酸化ナトリウムの製造を行った。陽極に黒鉛 C，陰極に鉄 Fe を用い，陽極側には塩化ナトリウム飽和水溶液を，陰極側には水を供給した。下の問い（問1～3）に答えよ。答は解答用紙裏面の記述式解答記入欄2に記せ。

記述式解答記入欄2



問1 陽イオン交換膜を通過するイオンの名称を記せ。

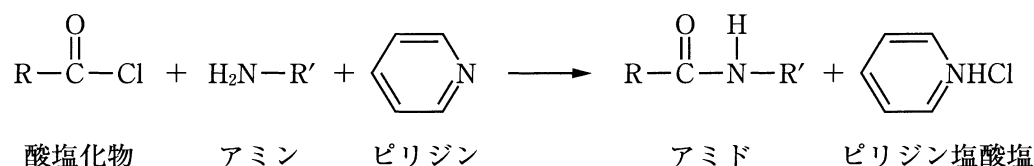
問2 陽極と陰極で起こる変化を，電子を含むイオン反応式でそれぞれ記せ。

問3 5.0 A の電流で 10 分間電気分解を行ったときに生成する水酸化ナトリウムの物質量を求めよ。ただし，電解槽には水酸化ナトリウムを製造するのに十分な量の塩化ナトリウムが供給されているとして答えよ。解答は計算過程も記し，有効数字 2 桁で答えよ。

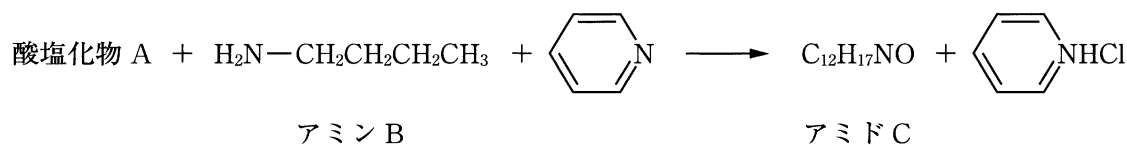
第6問 次の文章を読んで下の問い（問1，2）に答えよ。答は解答用紙裏面の記述式解答記入欄3に記せ。

記述式解答記入欄3

カルボキシ基 $-\text{COOH}$ の $-\text{OH}$ を $-\text{Cl}$ に置換したものは酸塩化物とよばれ、ヒドロキシ基 $-\text{OH}$ やアミノ基 $-\text{NH}_2$ に対して、カルボキシ基よりも高い反応性を示す。次の反応式に示したように、ピリジンのような適切な塩基の存在下で、酸塩化物とアミンが反応すると、アミドとピリジン塩酸塩が生成する。



次の反応式に示したように、ピリジン存在下で酸塩化物AとアミンBを反応させると、アミドCとピリジン塩酸塩が得られた。アミドCは分子式が $\text{C}_{12}\text{H}_{17}\text{NO}$ であり、ベンゼンの互いに m -位の位置関係にある2つの水素原子が、異なる置換基によって置換された構造であった。



問1 8.8 gのアミンBに対して、十分な量の酸塩化物Aとピリジンを反応させてアミドCを合成した。この反応で得られるアミドCの質量の最大値を求めよ。解答は計算過程も記し、有効数字2桁で答えよ。

問2 アミドCの構造式を記せ。