産業医科大学

2024 年度　一般選抜　化学

（2 科目　100 分）

必要があれば，次の値を用いなさい。

原子量：H = 1.0，C = 12，N = 14，O = 16，Na = 23

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

1 以下の文章を読み，問 1 から問 4 に答えなさい。

水酸化ナトリウム (NaOH) は，工業的には飽和塩化ナトリウム水溶液の電気分解によって製造される。下図のような陽イオン交換膜で仕切られた電解槽を用いて電気分解を行うと，

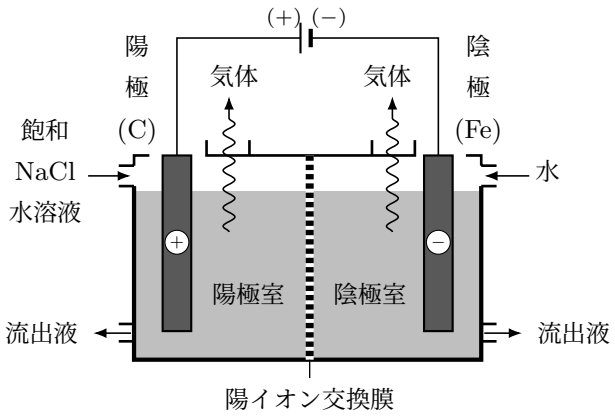
陽極では反応 (1) が起こり，

$$2\boxed{\text{i}} \rightarrow \boxed{\text{ii}} + 2\,e^- \qquad \cdots\cdot (1)$$

陰極では反応 (2) が起こる。

$$2\boxed{\text{iii}} + 2\,e^- \rightarrow \boxed{\text{iv}} + 2\,OH^- \qquad \cdots\cdot (2)$$

そして，陽イオン交換膜によりナトリウムイオンのみが選択的に通過し，純度の高い NaOH を得ることができる。



電解槽を横から示した図

問 1　反応 (1)，(2) における［　i　］～［　iv　］に適切な化学式 (イオン式を含む) を書き，反応式を完成させなさい。

問 2　陽イオン交換膜の置換基として適切な官能基を 2 つ選択し，番号で答えなさい。

① アミノ基　② エチル基　③ スルホ基　④ ニトロ基

⑤ フェニル基　⑥ アルデヒド基　⑦ カルボキシ基　⑧ ヒドロキシ基

問 3　陰極室の流出液 1000 g を取り出して濃度を測定したところ，NaOH の質量パーセント濃度は，31.92 % であった。25 ℃の状態で，飽和 NaOH 水溶液を得るため，取り出した流出液を加熱し水分を蒸発させた。以下の設問に答えなさい。

(1) 飽和 NaOH 水溶液を得るため，水を最低何 g 蒸発させる必要があるか，有効数字 3 桁で答えなさい。なお，25 ℃における NaOH の水への溶解度は，水 100 g あたり 114 g とする。

(2) 飽和 NaOH 水溶液の密度を 1.55 g/mL とする。得られた飽和 NaOH 水溶液の体積は何 L になるか，有効数字 3 桁で答えなさい。

(3) 飽和 NaOH 水溶液中の OH^- のモル濃度を，有効数字 2 桁で答えなさい。なお，NaOH は完全に電離しているものとする。

(4) 飽和 NaOH 水溶液を 100 倍希釈した際の NaOH 水溶液の pH を小数点第 1 位まで答えなさい。ただし，計算においては (3) で解答した OH^- のモル濃度の数値を用いること。水のイオン積は $1.0 \times 10^{-14}\,(\mathrm{mol/L})^2$ とする。

問 4　以下の文中，〔 ア 〕，〔 イ 〕に入る適切な語句を答えなさい。なお，〔 ア 〕には‘増加’あるいは‘減少’のどちらかが入る。

陽イオン交換膜が使われる以前は仕切りとして隔膜 (石綿) が使われた。この場合，陰極室の流出液には NaOH だけでなく NaCl が多く含まれる。隔膜を使って得られた陰極室の流出液を用いた場合，陽イオン交換膜時と比べ NaOH の溶解度は〔 ア 〕する。また，このような溶解度の変化は〔 イ 〕効果と呼ばれる。

2 以下の文章を読み，問 1 から問 5 に答えなさい。

鉄は原子番号 26 の遷移元素であり，4 種類の同位体(a)が存在する。地球上の鉄は主に岩石中に酸化物として含まれる。単体の鉄は溶鉱炉で赤鉄鉱などの酸化物を，コークスにより還元して製造する。この反応は，反応式 (i) のように表される。

$$\boxed{\text{X}} + 3\boxed{\text{Y}} \rightarrow 2\text{Fe} + 3\boxed{\text{Z}} \qquad \cdots\cdots\text{(i)}$$

X は赤鉄鉱の主成分で酸素および酸化数 +3 の鉄からなる化合物，Y は還元剤として働く気体，Z は Y が酸化されて生じる気体である。

単体の鉄は濃硝酸に溶けにくい(b)が，希硫酸には溶解して硫酸鉄 (Ⅱ) を生成する。この希硫酸溶液(c)に硫酸酸性の二クロム酸カリウム ($K_2Cr_2O_7$) 水溶液を加えると酸化還元反応が起き，硫酸クロム $Cr_2(SO_4)_3$，硫酸鉄 (Ⅲ)，水，および塩が生じる。また，単体の鉄は湿った空気中では酸化されやすい。これを防ぐため鉄の表面に亜鉛，スズをそれぞれ被覆した(d)，トタン，ブリキなどのめっき製品が日常生活で利用されている。

問 1　下線部 (a) について，以下の設問に答えなさい。

(1) 鉄の同位体 ^{54}Fe，^{56}Fe，^{57}Fe，^{58}Fe の相対質量が 54，56，57，58 で，その存在比がそれぞれ 6.0 %，91.5 %，2.0 %，0.5 % のとき，鉄の原子量はいくらになるか，有効数字 2 桁で答えなさい。

(2) 水素の同位体である三重水素 (トリチウム) に含まれる中性子の数を整数で答えなさい。

問 2　反応式 (i) の X，Y，Z に当てはまる化学式を答えなさい。

問 3　下線部 (b) について，単体の鉄が濃硝酸に溶けにくいのは，鉄表面に薄いち密な酸化被膜ができるためである。このような状態を何と呼ぶか答えなさい。

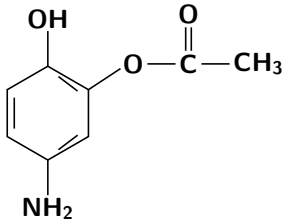
問 4　下線部 (c) の化学反応式に関して以下の (ア)〜(ウ) に入る化学式を答えなさい。

$$K_2Cr_2O_7 + 7H_2SO_4 + 6\boxed{\text{(ア)}} \rightarrow \boxed{\text{(イ)}} + 7H_2O + 3\boxed{\text{(ウ)}} + K_2SO_4$$

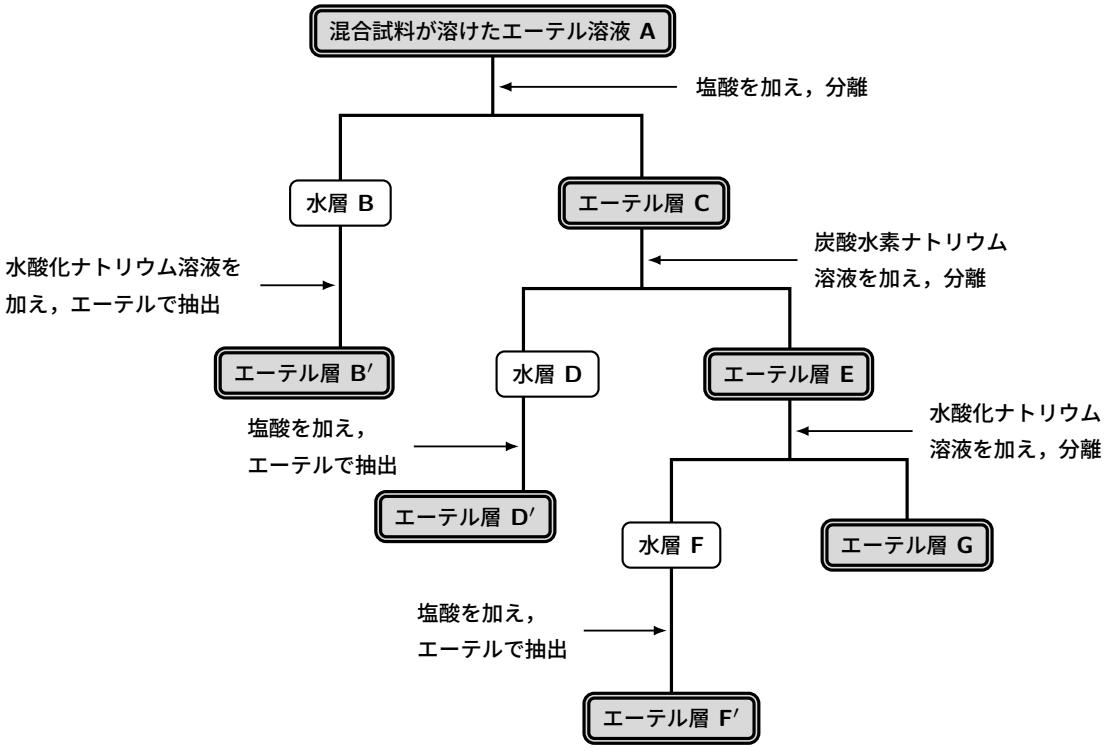
問 5　下線部 (d) について，トタンの表面が傷つき，内部の鉄が露出しても鉄は酸化されにくい。その理由を 40 字以内で説明しなさい。

3 次の文と下記のフローチャートを読み，問 1 から問 5 に答えなさい。構造式は記入例にならって書くこと。

(記入例)



ニトロベンゼン，フェノール，安息香酸，アニリン，分子量 120 未満の芳香族化合物 X の 5 種類の混合試料を溶解したジエチルエーテル (以下，エーテル) 溶液 A がある。溶液 A に塩酸を加え分液ろうとで抽出し，水層 B とエーテル層 C に分離した。次に，エーテル層 C に炭酸水素ナトリウム水溶液を加え抽出し，水層 D とエーテル層 E に分離した。さらに，エーテル層 E に水酸化ナトリウム水溶液を加え抽出し，水層 F とエーテル層 G に分離した。化合物 X はエーテル層 G に存在した。各水層に対してフローチャートで示した操作を行い，それぞれエーテル層 B′，D′，F′ を得た。



分離操作のフローチャート

問 1　エーテル層 B′ に含まれる化合物の名称を答えなさい。

問 2　エーテル層 F′ を蒸発させたのち，得られた物質を完全燃焼させた。この燃焼反応を表す化学反応式を答えなさい。

問 3　エーテル層 B′，D′，F′ を蒸発させて得られた各物質をそれぞれ水に溶かし，さらし粉 $CaCl(ClO)\cdot H_2O$ 水溶液を加える操作と，塩化鉄 (Ⅲ) 水溶液を加える操作を行った。どちらの操作でも呈色しない物質はエーテル層 B′，D′，F′ のうちどれに含まれるか答えなさい。

問 4　エーテル層 G から化合物 X のみを取り出し，そのうち 212 mg を完全燃焼させたところ，二酸化炭素 704 mg と水 180 mg のみが得られた。化合物 X の分子式を答えなさい。

問 5　触媒を用いて化合物 X を酸化させた後，加熱したところ，分子内で脱水縮合が起き，酸無水物が得られた。得られた酸無水物の構造式を答えなさい。