

化 学

I 次の問い (1), (2) に答えよ。

〔解答番号 1 ~ 5〕

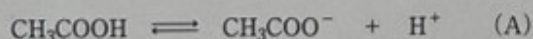
- (1) 次の表は、塩の種類と各化合物を水に溶解させた時の様子をまとめたものである。表に示した5種類の塩の水溶液ア～オが塩基性を示すものの組み合わせとして最も適切なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 1

表	塩の種類	化合物名	水溶液の性質
正塩		KNO_3	ア
		NH_4Cl	イ
		Na_2CO_3	ウ
酸性塩		NaHCO_3	エ
		NaHSO_4	オ
塩基性塩		$\text{MgCl}(\text{OH})$	水に難溶
		$\text{CuCl}(\text{OH})$	水に難溶

- ① ア, イ ② ア, ウ, エ ③ イ, エ, オ
 ④ イ, オ ⑤ ウ, エ, オ ⑥ ウ, エ

- (2) 次の文章を読んで、下の問い (a)～(d) に答えよ。必要であれば、 $\log_{10}2=0.30$, $\log_{10}3=0.48$, $\log_{10}5=0.69$, $\log_{10}7=0.85$ の値を用いよ。

酢酸は水に溶かしても電離するのはごく一部で、大部分は電離せずに分子のまま存在する。



このとき、左辺から右辺への反応と、その逆反応の速度は等しく、平衡状態を保っている。ここに酸を加えると、式 (A) の平衡を保とうと、右辺の CH_3COO^- が (ア) し、左辺の CH_3COOH が増加する。

温度が一定の場合、式 (A) の各物質をモル濃度で表すと、 $\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$ の値は一定となり、これを電離定数 K_a とよぶ。

このときの酢酸の濃度を c [mol/L]、電離度を α とおくと、 K_a との関係は以下の式で表される。

$$K_a = \frac{c\alpha^2}{(1-\alpha)} \quad (\text{B})$$

酢酸は電離しづらいので、 $1-\alpha \approx 1$ とおくと、式 (B) は式 (C) と表される。

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}} \quad (C)$$

この式から電離度は弱酸の濃度の平方根に反比例することがわかるため、濃度が高いほど、電離し(イ)なる。

- (a) 下線部①の変化を説明する法則・原理と、空欄(ア)、(イ)に当てはまる語句として正しいものを、次の①～⑧のうちから一つ選べ。 2

選択肢	法則・原則	(ア)	(イ)
①	化学平衡の法則	増加	やすく
②	平衡移動の原理	増加	やすく
③	化学平衡の法則	減少	やすく
④	平衡移動の原理	減少	やすく
⑤	化学平衡の法則	増加	難く
⑥	平衡移動の原理	増加	難く
⑦	化学平衡の法則	減少	難く
⑧	平衡移動の原理	減少	難く

- (b) 0.1 mol/L の酢酸水溶液の pH を、式 (C) を用いて求め、最も近い値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、酢酸の電離定数は 25℃において $K_a = 2.5 \times 10^{-5}$ mol/L とし、電離度は十分に小さいものとする。 3

① 2.2 ② 2.5 ③ 2.8 ④ 3.1 ⑤ 3.4

- (c) (b) の溶液 10 mL に、0.1 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を 5 mL 入れたときの溶液の pH として、最も近い値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 4

① 4.0 ② 4.2 ③ 4.4 ④ 4.6 ⑤ 4.8

- (d) 酢酸と炭酸水素ナトリウムの反応により生成された酢酸ナトリウムは、食品添加物製剤として、市販のおにぎりやポテトチップスの製造時に利用されている。このときの酢酸ナトリウムの役割として最も適切なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 5

- ① 酸性を強めて、微生物を殺菌する。
 ② 中性に保ち、脂質の酸化を防ぐ。
 ③ 緩衝作用により pH の急変を抑えて、変色を防止し、品質を安定化させる。
 ④ アルカリ性を強めて、たんぱく質を変性させる。

Ⅱ 次の問い (1), (2) に答えよ。ただし、原子量は $H=1.0$, $C=12$, $O=16$, $Na=23$ とする。

[解答番号 6 ~ 14]

(1) 次の文章を読んで、下の問い (a)~(e) に答えよ。

エタノールはエチルアルコールともよばれ、単にアルコールといえばエタノールを指すことが多い。飲料用のエタノールはデンプンやグルコースなどを原料とし、アルコール発酵によってつくられる。デンプンに加水分解酵素である (ア) を作用させると、マルトースが得られる。マルトースに同じく加水分解酵素である (イ) を作用させると、グルコースが得られる。アルコール発酵には酵母のもつ 10 数種類の酵素の混合物である (ウ) が関与しており、 1.0 mol のグルコースから (エ) mol のエタノールが生じる。一方、工業的にエタノールは、(オ) を触媒として、高温・高圧下で (カ) に水を付加し製造されている。

感染症の予防において、流水による手洗いが最も重要であるが、感染症を引き起こす細菌やウイルスがエタノールで感染力を失う場合、^①消毒用エタノールによる手指の消毒も有効な対策となる。

(a) 空欄 (ア)~(ウ) に当てはまる語句として最も適切なものを、次の①~⑩のうちから一つずつ選べ。(ア) 6 ・ (イ) 7 ・ (ウ) 8

- | | | |
|---------|-------------------|---------|
| ① アミラーゼ | ② インペルターゼ (スクラーゼ) | ③ カタラーゼ |
| ④ セルラーゼ | ⑤ セロビアーゼ | ⑥ ペプシン |
| ⑦ チマーゼ | ⑧ マルターゼ | ⑨ ラクターゼ |
| ⑩ リパーゼ | | |

(b) 空欄 (エ) に当てはまる数値として最も適切なものを、次の①~⑨のうちから一つ選べ。

9 mol

- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| ① 0.1 | ② 0.2 | ③ 0.5 | ④ 1.0 | ⑤ 1.5 |
| ⑥ 2.0 | ⑦ 2.5 | ⑧ 5.0 | ⑨ 10 | |

(c) 空欄 (オ), (カ) に当てはまる語句として最も適切なものを、次の①~⑩のうちから一つずつ選べ。(オ) 10 ・ (カ) 11

- | | | |
|---------------|--------------|----------------|
| ① アセチレン (エチン) | ② エチレン (エテン) | ③ オスミウム |
| ④ 酸化マンガン(IV) | ⑤ 酸化バナジウム(V) | ⑥ 銅-酸化亜鉛 |
| ⑦ 白金 | ⑧ ニッケル | ⑨ プロピレン (プロペン) |
| ⑩ リン酸 | | |

(d) 下線部①について、ある市販の消毒用エタノール 100 mL 中にはエタノールが 81.4 mL 含まれていた。この消毒用エタノール中のエタノールの質量パーセント濃度〔%〕として最も近い値を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、エタノールおよびこの消毒用エタノールの密度は、それぞれ 0.794 g/cm^3 および 0.860 g/cm^3 とする。 12 %

- ① 55 ② 60 ③ 65 ④ 70 ⑤ 75 ⑥ 80

(e) エタノールに関する記述として正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 13

- ① アンモニア性硝酸銀水溶液を加えて加熱すると銀が析出する。
② 水溶液は中性である。
③ 第2級アルコールである。
④ 硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化するとケトンが生じる。
⑤ $160\sim 170^\circ\text{C}$ に加熱した濃硫酸に少しずつ加えると、2分子間で脱水反応が起こり、主にジエチルエーテルが生じる。

(2) ヨードホルム反応を示さないものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 14

- ① アセトアルデヒド ② アセトン ③ エタノール
④ 酢酸 ⑤ 2-ブタノール ⑥ 2-プロパノール

- Ⅲ 次の問い (1)～(7) に答えよ。ただし、原子量は $H=1.00$, $C=12.0$, $O=16.0$, $Mg=24.3$, $Cl=35.5$, $Hg=200$, 気体定数 $R=8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$, アボガドロ定数 $N_A=6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$, ファラデー定数 $F=9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$, 標準状態を 273 K , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ (または 0°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) とする。

〔解答番号 15 ～ 21〕

- (1) グリセリン 1 分子にパルミチン酸 1 分子とステアリン酸 2 分子が結合している油脂 4.2 mol の質量は何 g か。最も近い値を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、それぞれの分子式は、グリセリン $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$, パルミチン酸 $\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2$, ステアリン酸 $\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$ とする。 15 g

① 3520 ② 3570 ③ 3620 ④ 3670 ⑤ 3720 ⑥ 3770

- (2) 次の文章の空欄 (ア)～(エ) に当てはまる語句の組み合わせとして正しいものを、下の①～⑧のうちから一つ選べ。 16

有機化合物中の H 原子がスルホ基 (ア) で置換される反応をスルホン化といい、スルホ基をもつ化合物をスルホン酸という。スルホン酸化合物は水に溶けて (イ) 酸性を示すが、(ウ) は (エ) 酸性のスルホン酸化合物であり、ネコに必須の栄養素でもある。

選択肢	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
①	$-\text{SH}$	強	グリシン	弱
②	$-\text{SH}$	強	タウリン	弱
③	$-\text{SH}$	弱	グリシン	強
④	$-\text{SH}$	弱	タウリン	強
⑤	$-\text{SO}_3\text{H}$	強	グリシン	弱
⑥	$-\text{SO}_3\text{H}$	強	タウリン	弱
⑦	$-\text{SO}_3\text{H}$	弱	グリシン	強
⑧	$-\text{SO}_3\text{H}$	弱	タウリン	強

- (3) 純水 1.0 kg に塩化マグネシウム (無水物) 0.953 g を溶解したところ、純水の場合よりも沸点が上昇した。何 $^\circ \text{C}$ 沸点が上昇したか。最も近い値を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、塩化マグネシウムは完全に電離しているものとし、水のモル沸点上昇は $0.52 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ とする。 17 $^\circ \text{C}$

① 0.0052 ② 0.0072 ③ 0.0104 ④ 0.0123 ⑤ 0.0156 ⑥ 0.0312

- (4) -39°C で固体の水銀 20.0 g を加熱し、すべて 357°C の気体にするのに必要な熱量は何 kJ か。最も近い値を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、 -39°C の水銀の融解熱 (融解エンタルピー) は 2.3 kJ/mol 、液体の水銀の比熱はすべての温度域で $0.14\text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ 、 357°C での蒸発熱 (蒸発エンタルピー) は 58.1 kJ/mol とする。 18 kJ
- ① 7.15 ② 7.65 ③ 8.25 ④ 8.85 ⑤ 9.45 ⑥ 10.05

- (5) 次の文章の空欄 (ア)～(ウ) に当てはまる語句の組み合わせとして正しいものを、下の①～⑧のうちから一つ選べ。 19

ベンゼンは構造的に付加反応より、水素原子の置換反応が起こりやすい物質である。ベンゼンの水素原子が一つメチル基に置換された (ア) のほか、エチル基で置換・脱水素して得られる (イ)、ベンゼン環上の水素原子が二つメチル基に置換された (ウ) などが存在する。 (ウ) はメチル基の位置関係の違う異性体が存在し、それぞれ性質・用途が異なる。

選択肢	(ア)	(イ)	(ウ)
①	ナフタレン	キシレン	スチレン
②	ナフタレン	キシレン	クレゾール
③	ナフタレン	スチレン	クレゾール
④	ナフタレン	スチレン	キシレン
⑤	トルエン	キシレン	スチレン
⑥	トルエン	キシレン	クレゾール
⑦	トルエン	スチレン	クレゾール
⑧	トルエン	スチレン	キシレン

- (6) 分子式 C_9H_{12} の芳香族化合物には、構造異性体は何種類あるか。次の①～⑥のうちから一つ選べ。

20

- ① 4 ② 5 ③ 6 ④ 7 ⑤ 8 ⑥ 9

- (7) モル濃度が $7.5 \times 10^{-3}\text{ mol/L}$ である硝酸の pH はいくつになるか。最も近い値を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、水のイオン積は $K_w = 1.0 \times 10^{-14}\text{ mol}^2/\text{L}^2$ 、硝酸の電離度は 0.92 、 $\log_{10} 6.9 = 0.84$ の値を用いよ。 21

- ① 1.6 ② 1.9 ③ 2.2 ④ 2.5 ⑤ 2.8 ⑥ 3.1

IV 次の文章を読んで、下の問い(1)～(6)に答えよ。

19世紀、イギリスのダニエルは亜鉛板と硫酸亜鉛水溶液、銅板と硫酸銅(Ⅱ)水溶液を用いて電流を作り出すことに成功した。負極では〔ア〕が酸化され、陽イオンとなって溶液中に溶け出す。一方、正極では〔イ〕が還元されて固体金属となる。こうした現象は、電子の流れと化学変化が密接に関係していることを示している。

近年では、環境負荷の少ない電池として、水素と酸素の反応を利用する〔ウ〕電池が実用化されている。また、スマートフォンやノートパソコンには、繰り返し充電が可能な〔エ〕電池が用いられている。これらの電池では、酸化還元反応が正極と負極で同時に進行するが、使われる電解質や材料は異なる。

- (1) 空欄(ア)～(エ)に当てはまる語句を答えよ。なお、(ウ)と(エ)は分類名で答えること。
- (2) ダニエル電池において、(a) 負極・(b) 正極で起こる半反応式および、(c) 全体の反応式を答えよ。
- (3) 金属をその金属の陽イオンの水溶液(標準状態 1 mol/L, 1 atm, 25℃)に浸した電極と、標準水素電極との間に生じる電位差を標準電極電位という。電池の標準起電力は正極活物質と負極活物質の標準電極電位の差に相当する。ダニエル電池の標準起電力は 1.10 V、負極金属の標準電極電位は -0.76 V であるとき、正極金属の標準電極電位を答えよ。
- (4) 負極金属イオン濃度を 0.10 mol/L とした場合に、この電池は標準状態のときと比べて、反応が進みやすいか、進みにくいかを答えよ。また、その理由を「濃度」の観点から 30 字以内で説明せよ。
- (5) (4) の条件における起電力の概算値を、次のネルンストの式(25℃における簡略式)を用いて、有効数字 3 桁で答えよ。ただし、 E^0 : 標準起電力、[生成物]: 酸化反応で生じる金属イオンの濃度、[反応物]: 還元反応で消費される金属イオンの濃度を示す。

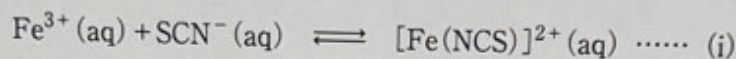
$$E = E^0 - \left(\frac{0.059}{2} \right) \times \log_{10} \left(\frac{[\text{生成物}]}{[\text{反応物}]} \right)$$

- (6) (ウ) 電池の放電時に起こる全体の反応式を答えよ。

V 次の文章を読んで、下の問い(1)～(5)に答えよ。

チオシアン酸イオン SCN^- は、(ア) やメチオニンといった硫黄を含むアミノ酸などの代謝によって体内で生成され、唾液や乳などの体液中にも含まれている。牛乳には、この SCN^- と過酸化水素から酵素反応により抗菌物質を生成する仕組みがあり、これは微生物の増殖を抑える仕組みの一つとして機能している。

また、 SCN^- は鉄(Ⅲ)イオン Fe^{3+} と反応して、(イ) に呈色する。 Fe^{3+} は水中では水分子と六配位錯体を作って存在しており、 SCN^- との反応は SCN^- と1つの水分子との交換による $[\text{Fe}(\text{NCS})(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$ の形成である。この反応は可逆反応であり、簡略化して表すと以下のような化学平衡が成り立っていると考えることができる。



- (1) 文中の空欄(ア)に当てはまるアミノ酸の名称を答えよ。
- (2) 文中の空欄(イ)の色として最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。
 ① 濃青色 ② 淡緑色 ③ 緑白色 ④ 黄褐色 ⑤ 血赤色
- (3) 錯イオン $[\text{Fe}(\text{NCS})]^{2+}$ を含む溶液に水酸化ナトリウム NaOH 水溶液を少量加えたところ、平衡が左に移動した。この変化をルシャトリエの原理にもとづいて80字程度で説明せよ。ただし、 NaOH と $[\text{Fe}(\text{NCS})]^{2+}$ の反応は無視できるものとする。
- (4) この錯体形成反応において、水が反応に関与しているにもかかわらず、(i)のように簡略化した反応式から導かれる平衡定数の式には $[\text{H}_2\text{O}]$ は含まれない。平衡定数を表す際に $[\text{H}_2\text{O}]$ を省略して良い理由を「濃度」「溶媒」「一定」の語を用い、水の電離平衡と水のイオン積の関係をヒントに30字以内で説明せよ。
- (5) 塩化鉄(Ⅲ) FeCl_3 およびチオシアン酸カリウム KSCN の $2.00 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ 水溶液を等量ずつ混合したところ、平衡時に $[\text{Fe}(\text{NCS})]^{2+}$ の濃度は $2.00 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ となった。このときの平衡定数 K を単位とともに有効数字3桁で答えよ。ただし、 FeCl_3 および KSCN の電離度は $\alpha = 1.0$ とし、混合による体積変化は無視できるものとする。