

表面

補足説明紙

化学

注意事項

1. 試験開始まで、この補足説明紙の裏面を見てはいけません。
「解答はじめ。」の指示の後に、補足説明の内容を確認しなさい。
2. 試験終了後、補足説明紙は持ち帰りなさい。

裏面

補足説明

化学

(6ページ～9ページ)

2

問6～問10の補足説明

容器 **A** と容器 **B** は耐圧容器であり、圧力によって内容積は変化しないものとする。

化 学

試験時間；10:00～11:00（60分）

配 点；150点

【注意事項】

1. 試験開始の合図があるまで、この「問題冊子」の中を見てはいけません。
2. 配付物 ； (1) 「問題冊子」 1～22ページ
(2) 「解答用紙（マーク式）」 1枚
3. 「問題冊子」中、表紙裏は下書き用紙です。計算用紙として使いなさい。
問題冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離してはいけません。
4. 問題文は、1～12ページ、14～18ページ、20～22ページに印刷してあります。
問題冊子の13ページ、19ページは下書き用紙です。
5. 試験開始と同時に配付物を確認し、脱落している場合は申し出なさい。
また、試験中に「問題冊子」の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び「解答用紙（マーク式）」の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
6. 「解答用紙（マーク式）」の記入方法について
 - (1) 記入は必ず鉛筆を使用すること。
 - (2) 受験番号記入欄には各自の5ケタの受験番号（90001, 90002, 90003, …）を記入し、続いて5ケタの受験番号（90001, 90002, 90003, …）をマークしなさい。
 - (3) 氏名欄には各自の氏名を楷書で記入すること。
 - (4) 解答は指定された解答欄にマークしなさい。
 - (5) 欄外の「記入上の注意事項」をよく守って解答しなさい。
7. 試験終了の合図と同時に、裏返しの状態で下から「問題冊子」、
「解答用紙（マーク式）」1枚の順に並べなさい。
8. 試験終了後、「問題冊子」は持ち帰りなさい。

下書き用紙

問 1 ～ 問 2 3 の解答を，指定された解答欄にマークせよ。

必要があれば，次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, S = 32, Cl = 35.5,
Ca = 40, Cu = 64, Zn = 65, Pb = 207

気体定数： $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

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

セルシウス温度目盛りのゼロ点 $0 \text{ }^\circ\text{C} : 273 \text{ K}$

標準状態での理想気体のモル体積： 22.4 L/mol

『余 白』

1

次の問い（問1～問5）に答えよ。

（31点）

問1 原子間の結合が単結合だけからできている分子のみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 1

(a) H_2 (b) H_2O (c) CO_2 (d) N_2 (e) NH_3

- (1) [(a), (b), (c)] (2) [(a), (b), (d)] (3) [(a), (b), (e)]
(4) [(b), (c), (d)] (5) [(b), (c), (e)] (6) [(c), (d), (e)]
(7) [(a), (b), (c), (d)] (8) [(a), (b), (c), (e)]
(9) [(b), (c), (d), (e)] (10) [(a), (b), (c), (d), (e)]

問2 原子番号18の原子について、L殻、M殻、N殻の各電子殻に含まれる電子数として正しいものはどれか。

マーク式解答欄 2

	L殻	M殻	N殻
(1)	2	8	8
(2)	4	4	8
(3)	4	6	6
(4)	6	6	6
(5)	6	6	4
(6)	6	8	2
(7)	8	8	0
(8)	8	10	0
(9)	8	4	4

問3 アンモニア水溶液の pH を測定したところ、25 °C で 11 であった。
このアンモニア水溶液中のアンモニアの電離度はいくらか。最も近い値
を選べ。ただし 25 °C において、アンモニアの電離定数は 2.0×10^{-5} mol/L、
水のイオン積は 1.0×10^{-14} (mol/L)² とする。

マーク式解答欄 3

- (1) 5.0×10^{-7} (2) 2.0×10^{-5} (3) 1.0×10^{-3}
(4) 2.0×10^{-3} (5) 2.0×10^{-2} (6) 3.0×10^{-2}
(7) 5.0×10^{-2}

『余 白』

問4 次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 4

- (a) 塩化ナトリウム NaCl 水溶液に硝酸銀 AgNO_3 水溶液を加えて生じる沈殿は、アンモニア水溶液に溶けない。
- (b) 水酸化銅(II) $\text{Cu}(\text{OH})_2$ の沈殿に、過剰のアンモニア水溶液を加えると、沈殿は溶ける。
- (c) 塩化鉄(III) FeCl_3 水溶液に、アンモニア水溶液を加えて塩基性になると、赤褐色沈殿が生じる。

(1) [(a)]

(2) [(b)]

(3) [(c)]

(4) [(a), (b)]

(5) [(a), (c)]

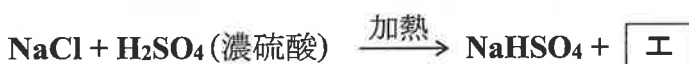
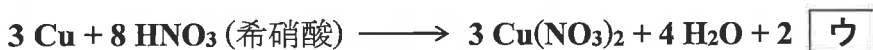
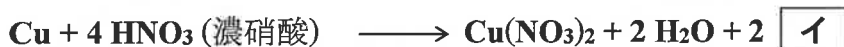
(6) [(b), (c)]

(7) [(a), (b), (c)]

『余 白』

問5 次の式は、気体が生成する化学反応式であり、**ア**～**エ**は、それぞれの化学反応で生成する気体を表している。気体**ア**～**エ**に関する記述 (a)～(d)のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。なお、とくに記載がない限り、反応は常温、常圧で行われるものとする。

マーク式解答欄 5



- (a) **ア**は無色・無臭である。
- (b) **イ**は水に溶けやすい。
- (c) **ウ**は下方置換で捕集する。
- (d) **エ**を水に通じると、酸性の水溶液が生じる。

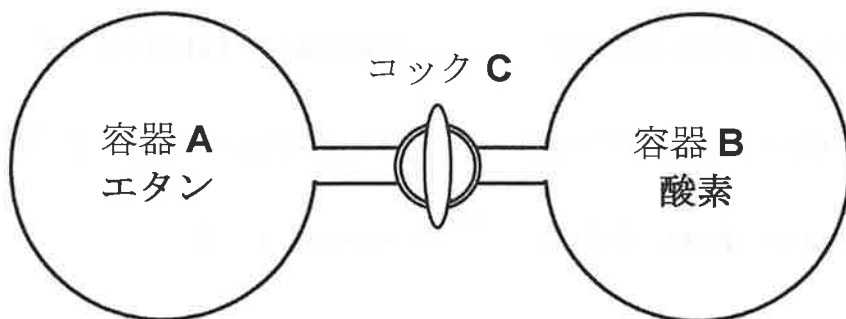
- | | | |
|----------------------|---------------------|---------------------|
| (1) [(a), (b)] | (2) [(a), (c)] | (3) [(a), (d)] |
| (4) [(b), (c)] | (5) [(b), (d)] | (6) [(c), (d)] |
| (7) [(a), (b), (c)] | (8) [(a), (b), (d)] | (9) [(a), (c), (d)] |
| (10) [(b), (c), (d)] | | |

『余 白』

2

次の記述を読んで、問い（問6～問10）に答えよ。（32点）

下図のように、内容積 2.0 L の容器 **A** と、内容積が不明な容器 **B** がコック **C** で接続されている。コック **C** を閉じた状態で、容器 **A** と **B** の温度を 27°C に保ちながら、容器 **A** にエタンを、容器 **B** に酸素を充填すると、容器 **A** の圧力は $5.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ 、容器 **B** の圧力は $3.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ となった。ただし、気体はすべて理想気体とする。また、容器 **A** と容器 **B** の内容積は温度によって変化せず、連結部分の内容積は無視できるものとする。



問6 容器 **A** に充填したエタンの物質量 [mol] はいくらか。最も近い値を選べ。

マーク式解答欄 6

- (1) 2.0×10^{-2} (2) 4.0×10^{-2} (3) 2.0×10^{-1} (4) 4.0×10^{-1}
 (5) 2.5 (6) 5.0 (7) 10 (8) 25

問7 27°C に保ったまま、コック **C** を開いて十分な時間をおき、気体を均一に混合させると、圧力が $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ になった。容器 **B** の内容積 [L] はいくらか。最も近い値を選べ。

マーク式解答欄 7

- (1) 0.50 (2) 1.0 (3) 1.5 (4) 2.0
 (5) 2.5 (6) 3.0 (7) 4.0 (8) 5.0

問8 問7の混合気体中のエタンと酸素の物質量[mol]の比はいくらか。
最も近いものを選べ。

マーク式解答欄 8

(1) 1 : 2

(2) 1 : 2.5

(3) 1 : 3

(4) 1 : 3.5

(5) 1 : 4

(6) 1 : 4.5

(7) 1 : 5

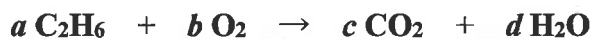
(8) 1 : 6

(9) 1 : 7.5

(10) 1 : 9

『余 白』

問9 問7の容器内の混合気体に対し、容器の密閉状態を保ちながら、適切な方法で点火して、完全に反応させた。エタンの燃焼に関する次の化学反応式の係数として入る数値の正しい組み合わせはどれか。



マーク式解答欄 9

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
(1)	1	2	1	3
(2)	1	3	2	6
(3)	2	3	2	6
(4)	2	4	4	7
(5)	2	7	4	6
(6)	2	8	4	4
(7)	3	4	4	7
(8)	3	7	6	8
(9)	3	8	6	8

『余 白』

問 10 問 9 で完全に反応させた容器について、その後、容器の温度を $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ に戻したときの容器内の全圧 [Pa] はいくらか。最も近い値を選べ。ただし、 $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ では生じた水の体積や水蒸気圧は無視できるものとする。また、気体は、液体に溶解しないものとする。

マーク式解答欄 10

- (1) 1.0×10^5 (2) 1.1×10^5 (3) 1.2×10^5 (4) 1.5×10^5
(5) 1.6×10^5 (6) 1.8×10^5 (7) 2.0×10^5 (8) 2.2×10^5

『余 白』

3

次の記述を読んで、問い（問11～問14）に答えよ。（29点）

酸化還元反応に伴って放出される化学エネルギーを、電気エネルギーとして取り出す装置を電池という。正極では〔ア〕反応、負極では〔イ〕反応が起こる。

ダニエル電池は正極に銅板、負極に亜鉛板を用いた電池で、起電力は約 1.1 V である。(i) ダニエル電池の正極、負極の金属板と、電極を浸す電解液を変更することによって、起電力が異なる電池を作製することができる。

電池の両極に回路を接続して、電池から電流を取り出すことを放電という。また、放電と逆向きに電流を流して、放電とは逆向きの化学反応を起こすことを充電という。充電が可能な代表的な電池として鉛蓄電池がある。鉛蓄電池は、正極に〔ウ〕、負極に〔エ〕、電解液に希硫酸が用いられ、起電力は約 2.0 V である。

一方、新しいタイプの電池として、燃料電池がある。燃料電池では、燃料と酸素を外部から供給し、燃料と酸素を結合させる反応をゆっくりと起こし、生じるエネルギーを電気エネルギーとして取り出すことができる。リン酸形燃料電池の燃料は水素であり、正極に〔オ〕、負極に〔カ〕が供給される。放電の結果、生じる物質は水であるため、環境への負荷も低いと考えられている。

『余 白』

問11 文中の〔ア〕～〔カ〕にあてはまる語句，化合物の名称として，正しい組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 11

	〔ア〕	〔イ〕	〔ウ〕	〔エ〕	〔オ〕	〔カ〕
(1)	酸化	還元	鉛	酸化鉛(IV)	水素	酸素
(2)	酸化	還元	鉛	酸化鉛(IV)	酸素	水素
(3)	酸化	還元	酸化鉛(IV)	鉛	水素	酸素
(4)	酸化	還元	酸化鉛(IV)	鉛	酸素	水素
(5)	還元	酸化	鉛	酸化鉛(IV)	水素	酸素
(6)	還元	酸化	鉛	酸化鉛(IV)	酸素	水素
(7)	還元	酸化	酸化鉛(IV)	鉛	水素	酸素
(8)	還元	酸化	酸化鉛(IV)	鉛	酸素	水素

問12 下線部(i)について，ダニエル電池(電池A)の亜鉛板および亜鉛板を浸す電解液をそれぞれ別のものに変更し，電池B，電池Cをつくった。これら3種類の電池の通電初期の起電力の大小関係として，正しいものはどれか。ただし，温度，電解液のモル濃度はすべて同じものとする。

電池A : (-) Zn | ZnSO₄ aq | CuSO₄ aq | Cu (+)

電池B : (-) Mg | MgSO₄ aq | CuSO₄ aq | Cu (+)

電池C : (-) Ni | NiSO₄ aq | CuSO₄ aq | Cu (+)

aq: 水溶液

マーク式解答欄 12

- (1) A > B > C
- (2) A > C > B
- (3) B > A > C
- (4) B > C > A
- (5) C > A > B
- (6) C > B > A

問 1 3 鉛蓄電池から 9.65 A の電流を 100 分間放電した。鉛蓄電池の電解液の質量変化 $[\text{g}]$ はいくらか。最も近い値を選べ。ただし、選択肢の数値の前の $+$ は質量の増大、 $-$ は質量の減少を示す。また、放電に関する反応以外の化学反応と水の蒸発は起こらないものとする。

マーク式解答欄 1 3

- | | | | |
|---------|---------|---------|---------|
| (1) +28 | (2) +48 | (3) +59 | (4) +69 |
| (5) -28 | (6) -48 | (7) -59 | (8) -69 |

問 1 4 リン酸形燃料電池において標準状態で 22.4 L の水素を燃料として用いると、 10.0 A の電流を供給できる時間 $[\text{分}]$ はいくらか。最も近い値を選べ。ただし、放電に関する反応以外の化学反応は起こらないものとする。

マーク式解答欄 1 4

- | | | | |
|----------|----------|---------|---------|
| (1) 40.0 | (2) 80.0 | (3) 120 | (4) 160 |
| (5) 200 | (6) 240 | (7) 280 | (8) 320 |

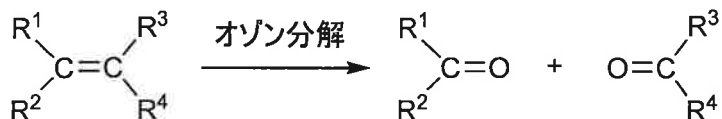
下書き用紙

4

次の記述を読んで、問い(問15～問19)に答えよ。(32点)

1. 化合物 **A**～**E** の分子式は、いずれも C_4H_8 である。
2. 常温常圧下、**A** に触媒を用いて水素を作用させたところ、アルカン **F** が得られた。
3. 常温常圧下、**B** と **C** に触媒を用いて水素を作用させたところ、いずれもアルカン **G** が得られた。
4. 実験の結果、**D** と **E** は不飽和結合を含まないことが分かった。
5. **A** をオゾン分解すると化合物 **H** と **I** が生成した。また、化合物 **C** をオゾン分解すると化合物 **I** と **J** が生成した。

なお、オゾン分解とは、アルケンにオゾンを反応させた後、亜鉛などの還元剤で処理することで、 $C=C$ 結合が切断され、ケトンあるいはアルデヒドが生じる反応で、下図のような一般式で表すことができる。



($R^1 \sim R^4$ は、アルキル基または水素原子を表す)

『余 白』

問 15 化合物 A~C の正しい組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 15

- | | A | B | C |
|-----|---|---|---|
| (1) | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$ | $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}=\text{CH}_2 \end{array}$ |
| (2) | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$ | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}=\text{CH}_2 \end{array}$ | $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ |
| (3) | $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$ | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}=\text{CH}_2 \end{array}$ |
| (4) | $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}=\text{CH}_2 \end{array}$ | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$ |
| (5) | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}=\text{CH}_2 \end{array}$ | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$ | $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ |
| (6) | $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}=\text{CH}_2 \end{array}$ | $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$ |

『余 白』

問 16 化合物 A~C に関する次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 16

- (a) 2-メチル-1-プロパノールに濃硫酸を作用させて分子内脱水させると化合物 A が主生成物として得られる。
- (b) 化合物 A と B には、いずれもシス-トランス異性体（幾何異性体）が存在する。
- (c) 化合物 C に臭素 Br₂ を付加させた化合物は、不斉炭素原子をもつ。

- (1) [(a)] (2) [(b)] (3) [(c)]
- (4) [(a), (b)] (5) [(a), (c)] (6) [(b), (c)]
- (7) [(a), (b), (c)]

問 17 化合物 D~G に関する次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 17

- (a) 化合物 D と E は、いずれも不斉炭素原子をもたない。
- (b) 化合物 D と E は、いずれも臭素 Br₂ と反応しない。
- (c) 化合物 F の沸点は、化合物 G の沸点よりも高い。

- (1) [(a)] (2) [(b)] (3) [(c)]
- (4) [(a), (b)] (5) [(a), (c)] (6) [(b), (c)]
- (7) [(a), (b), (c)]

問18 化合物HとJの正しい組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 18

- | | H | J |
|-----|---|---|
| (1) | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{H} \end{array}$ |
| (2) | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3 \end{array}$ |
| (3) | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}-\text{H} \end{array}$ |
| (4) | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{H} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3 \end{array}$ |
| (5) | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}-\text{H} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$ |
| (6) | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}-\text{H} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{H} \end{array}$ |
| (7) | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}-\text{H} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3 \end{array}$ |
| (8) | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3 \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{H} \end{array}$ |
| (9) | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3 \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{C}-\text{H} \end{array}$ |

問19 化合物H~Jに関する次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 19

- (a) 化合物Iはヨードホルム反応を示さないが、化合物HとJは、いずれもヨードホルム反応を示す。
- (b) 化合物Hは銀鏡反応を示さないが、化合物IとJは、いずれも銀鏡反応を示す。
- (c) 化合物Iはフェーリング液を還元するが、化合物HとJは、いずれもフェーリング液を還元しない。

(1) [(a)]

(2) [(b)]

(3) [(c)]

(4) [(a), (b)]

(5) [(a), (c)]

(6) [(b), (c)]

(7) [(a), (b), (c)]

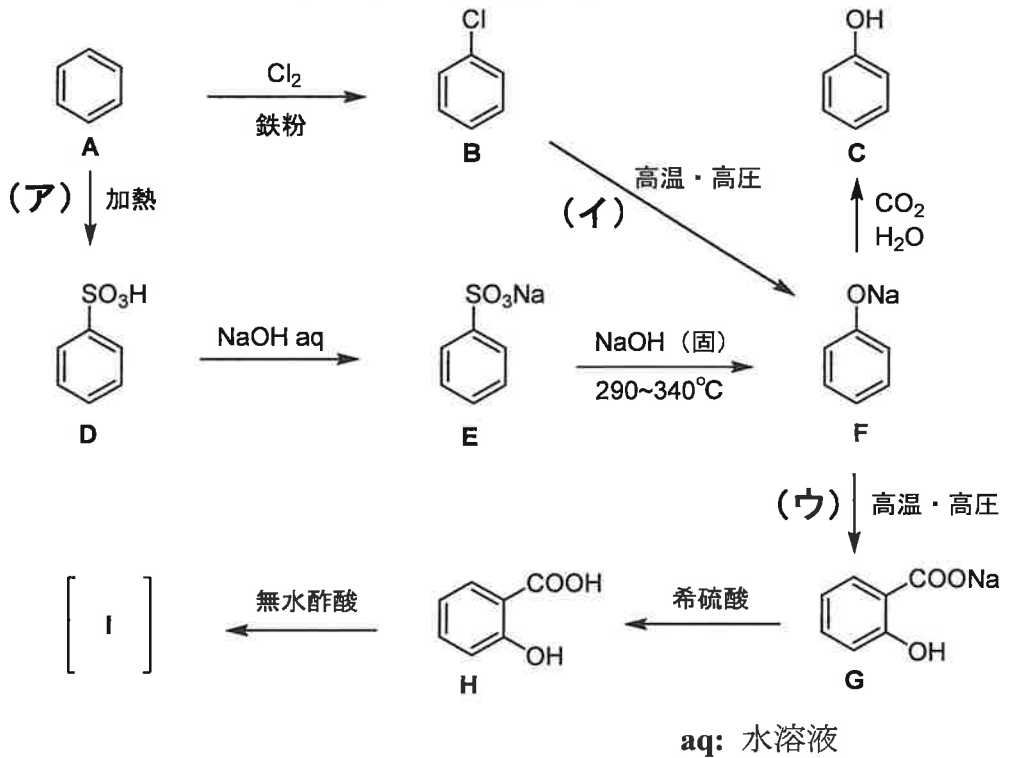
『余 白』

下書き用紙

5

次の芳香族化合物の反応について、問い(問20～問23)に答えよ。

(26点)



問20 (ア)～(ウ)に該当する試薬として、最も適切な組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 20

- | | (ア) | (イ) | (ウ) |
|-----|----------|---------|-----------------|
| (1) | 濃硫酸, 濃硝酸 | NaOH aq | O ₂ |
| (2) | 濃硫酸, 濃硝酸 | NaOH aq | CO ₂ |
| (3) | 濃硫酸, 濃硝酸 | 希硫酸 | O ₂ |
| (4) | 濃硫酸, 濃硝酸 | 希硫酸 | CO ₂ |
| (5) | 濃硫酸 | NaOH aq | O ₂ |
| (6) | 濃硫酸 | NaOH aq | CO ₂ |
| (7) | 濃硫酸 | 希硫酸 | O ₂ |
| (8) | 濃硫酸 | 希硫酸 | CO ₂ |

問 2 1 化合物 I に関する次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 2 1

- (a) フェーリング液を加え、加熱すると赤褐色の沈殿を生じる。
- (b) 炭酸水素ナトリウム NaHCO_3 水溶液との反応で、二酸化炭素 CO_2 を発生する。
- (c) 消炎鎮痛剤として、シップ薬に用いられる。

- (1) [(a)] (2) [(b)] (3) [(c)]
- (4) [(a), (b)] (5) [(a), (c)] (6) [(b), (c)]
- (7) [(a), (b), (c)]

問 2 2 化合物 C, D, H に関する次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

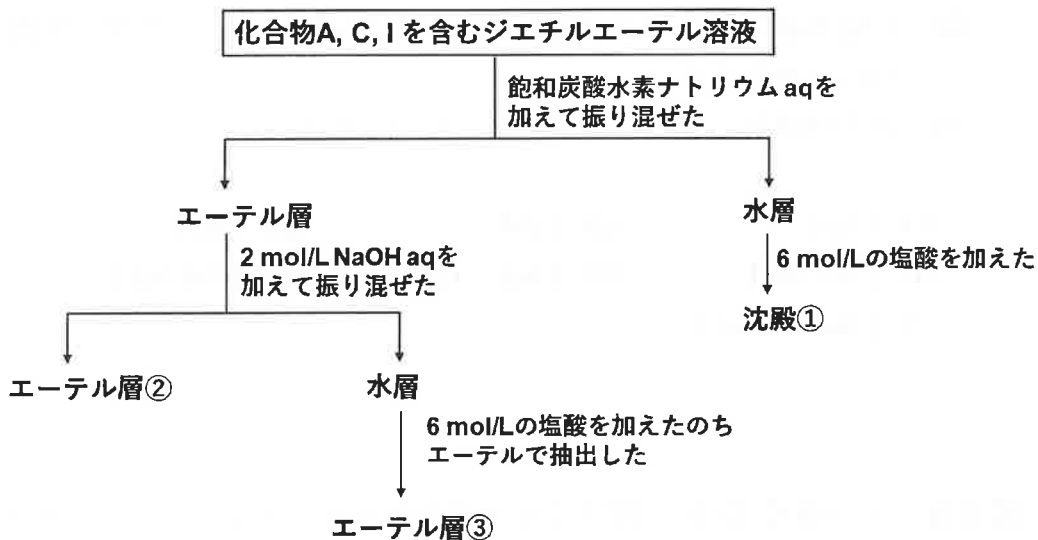
マーク式解答欄 2 2

- (a) 化合物 C, D, H の水溶液はいずれも、強酸性を示す。
- (b) 化合物 C の水溶液に臭素水 $\text{Br}_2 \text{aq}$ を反応させると、白色沈殿が生じる。
- (c) 化合物 D にさらし粉水溶液を加えると、赤紫色を呈する。
- (d) 化合物 H に塩化鉄(III) FeCl_3 水溶液を加えると、赤紫色に呈色する。

- (1) [(a), (b)] (2) [(a), (c)] (3) [(a), (d)]
- (4) [(b), (c)] (5) [(b), (d)] (6) [(c), (d)]
- (7) [(a), (b), (c)] (8) [(a), (b), (d)] (9) [(a), (c), (d)]
- (10) [(b), (c), (d)]

問23 化合物 A, C, I のすべてを含むジエチルエーテル溶液について、
 下図の操作によりそれぞれを完全に分離した。①～③に含まれる芳香族
 化合物の正しい組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 23



- | | 沈殿① | エーテル層② | エーテル層③ |
|-----|-------|--------|--------|
| (1) | 化合物 A | 化合物 C | 化合物 I |
| (2) | 化合物 A | 化合物 I | 化合物 C |
| (3) | 化合物 C | 化合物 A | 化合物 I |
| (4) | 化合物 C | 化合物 I | 化合物 A |
| (5) | 化合物 I | 化合物 A | 化合物 C |
| (6) | 化合物 I | 化合物 C | 化合物 A |

『以 上』