

令和3年度医学科入学試験問題

化 学

〔注意事項〕

- 1 監督者の指示があるまで、この冊子を開いてはいけない。
- 2 解答用紙に受験番号と氏名を必ず記入すること。
- 3 この問題冊子の本文は、11 ページからなっている。落丁、乱丁及び印刷不鮮明な箇所等があれば、手を上げて監督者に知らせること。
- 4 この問題冊子の白紙と余白は、適宜下書きに使用してもよい。
- 5 解答は、すべて別紙「解答用紙」の指定された場所に記入すること。
- 6 この問題冊子は持ち帰ること。

1 つぎの文章を読んで、設問〔1〕～〔6〕に答えよ。なお、各元素の原子量は、 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$, 気体定数は $8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ とする。

粒子の直径が $10^{-9} \sim 10^{-7} \text{ m}$ 程度の大きさで、均一に分散している状態をコロイドといい、分散している粒子をコロイド粒子という。コロイド粒子を含む溶液をコロイド溶液または といい、 が流動性を失って固まった状態を , を乾燥させたものを という。コロイド溶液はコロイド粒子の構造により分類される。

塩化鉄(Ⅲ)の水溶液を多量の沸騰水に加えると、濃い赤褐色のコロイド溶液が
⁽ⁱ⁾得られる。このように、通常は集合して水に不溶になる粒子が、あまり大きくな
らずにコロイド粒子として分散しているものを分散コロイドという。

デンプンなどの多糖類やゼラチンなどのタンパク質は分子量が大きく、分子1個でコロイド粒子となる。水とデンプン水溶液を用意し、中央を半透膜で仕切ったU字管の両側にそれぞれ同じ高さまで入れて長時間放置すると、水側の液面
⁽ⁱⁱ⁾が下がり、デンプン水溶液側の液面が上がる。

セッケンなどの界面活性剤を水に溶かすと、ある濃度(臨界ミセル濃度)以上で多数の分子が集合したコロイド粒子になる(図1)。このようなコロイド粒子をミセルといい、ミセルをつくるコロイドをミセルコロイド(会合コロイド)という。油をセッケン水に入れて混ぜると、セッケンのミセルの内部に油は取り込まれて水中に分散する。この働きを といい、セッケンが油污れを落とせるのはこのためである。

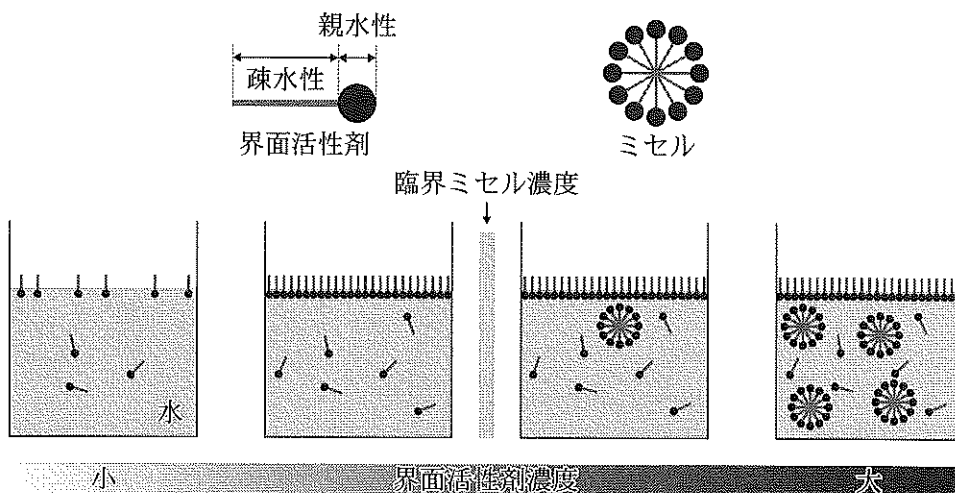


図1 界面活性剤のミセル形成

設問

(1) ~ に当てはまる適切な語句を記せ。

(2) コロイドに関するつぎの(a)~(g)の記述のうち、誤っているのはどれか。
誤っているものをすべて選べ。

- (a) 親水コロイドに疎水コロイドを加えると、親水コロイド粒子が疎水コロイド粒子に囲まれ、凝集しにくくなる。このような働きをする疎水コロイドを保護コロイドという。
- (b) ゼリー、絵具、タバコの煙、牛乳、マシュマロはコロイドの一種である。
- (c) 分散媒が液体で、不溶の固体が分散しているものを乳濁液、不溶の液体が分散しているものを懸濁液という。
- (d) チンダル現象は、コロイド粒子が光を散乱するために起こる現象である。
- (e) コロイド溶液を限外顕微鏡で観察すると、コロイド粒子の不規則な動きが見える。

- (f) コロイド粒子は電荷を帯びていることが多く、コロイド溶液に電極を浸して直流電圧をかけると、コロイド粒子は自身とは反対符号の電極の方へ移動する。このような現象を電気泳動という。
- (g) 少量の電解質によって疎水コロイド中のコロイド粒子が沈殿する現象を凝析という。血液中の老廃物を除く人工透析では、この現象を利用している。

〔3〕 下線部(i)の反応を化学反応式で記せ。

〔4〕 下線部(i)のコロイド溶液をセロハンの袋に入れて水の入ったビーカーに浸すと、セロハンの外側にあるビーカー中の水溶液の pH が変化した。どのように pH が変化したかを記すとともに、この理由を説明せよ。

〔5〕 下線部(ii)に関して、断面積 4.00 cm^2 の U 字管の右側にデンブンが 1.00 g 含まれる水溶液(デンブン水溶液) 100 mL 、左側に水を同じ高さになるように 100 mL 入れた(図 2, 実験開始直後)。長時間放置したところ、液面差が 7.00 cm になった(図 2, 長時間放置後)。これについて、以下の(あ)と(い)に答えよ。ただし、温度は $27.0 \text{ }^\circ\text{C}$ 、水およびデンブン水溶液の密度は 1.00 g/cm^3 、水銀の密度は 13.6 g/cm^3 、1 気圧は $1.01 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg}$ とする。

(あ) デンブンの平均分子量を求めよ。解答は有効数字 2 桁で示し、計算の過程も記すこと。

(い) デンブンの平均重合度を求めよ。解答は有効数字 2 桁で示すこと。

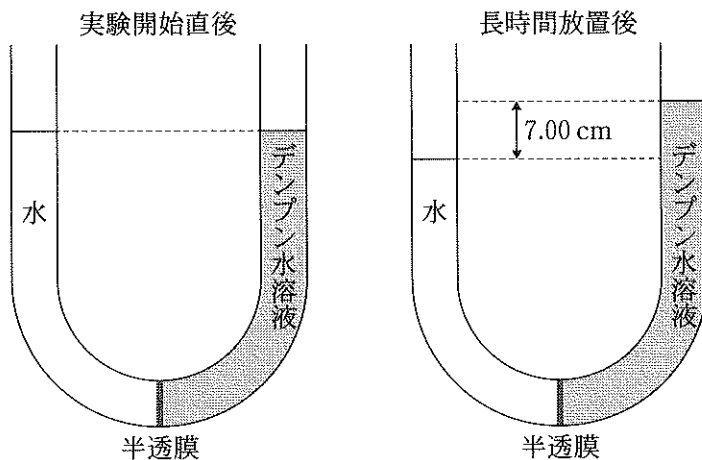


図2 デンプン水溶液の浸透圧に関する実験

〔6〕 界面活性剤は図1に示すように、臨界ミセル濃度以上でミセルを形成する。また、臨界ミセル濃度を境に溶液の性質は著しく変化する。溶液の浸透圧は、界面活性剤の濃度によってどのように変化するか。最も適している概略を示した図3の線の記号①～⑤を記すとともに、この理由を説明せよ。

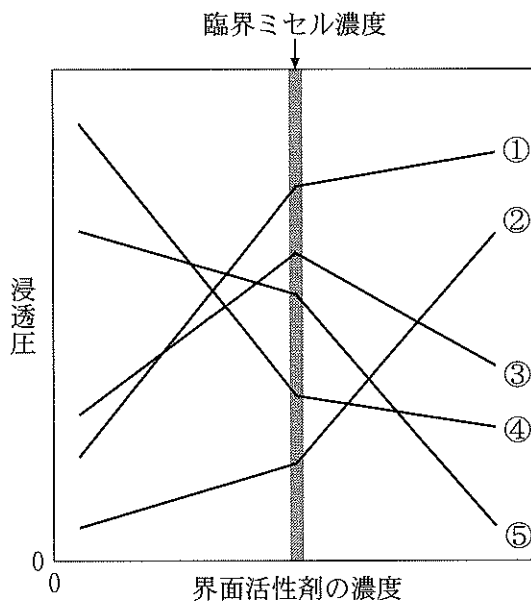


図3 界面活性剤の濃度と浸透圧

- 2 つぎの設問〔1〕～〔3〕に答えよ。ただし、すべての気体は理想気体としてふるまうものとし、各元素の原子量は、C = 12.0, O = 16.0, アボガドロ定数は $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$, 標準状態における気体のモル体積は 22.4 L/mol, 気体定数は $8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ とする。

設 問

〔1〕 つぎの(a)～(d)の各文は、ある元素もしくはその単体の特徴を述べたものである。(a)～(d)を読んで、(あ)～(え)に答えよ。

(a) 単体は二原子分子からなる。有色・有毒で、常温・常圧で液体として存在する。⁽ⁱ⁾

(b) 12族に分類される元素で、その単体はマンガン乾電池の負極として用いられる。酸や強塩基の水溶液のいずれにも溶けて、水素を発生する。⁽ⁱⁱ⁾

(c) 半導体の性質を示すため、集積回路や太陽電池などに用いられる。酸化物⁽ⁱⁱⁱ⁾は石英や水晶の主成分である。

(d) 黄色の炎色反応を示す。常温の水と反応して水素を発生し、水酸化物^(iv)を生じる。

(あ) (a)～(d)の各文はどの元素もしくは単体について述べたものか。その元素記号を答えよ。

(い) 下線部(i)のような性質をもつ単体は、(a)の単体以外にもう一つ存在する。その元素記号を答えよ。

(う) 下線部(ii)にあるように、(b)の単体は下線部(iv)の化合物の水溶液と反応して水素を発生する。この反応を化学反応式で記せ。

(え) 下線部(iii)の化合物を下線部(iv)の化合物とともに加熱すると、水ガラスの原料が得られる。この反応を化学反応式で記せ。

[2] つぎの文章を読んで、(あ)~(う)に答えよ。

炭素は空気中で燃焼すると、一酸化炭素や二酸化炭素を生じる。二酸化炭素は無色無臭の気体で、水に溶けてその水溶液は弱い を示す。二酸化炭素の固体(ドライアイス)は、多数の分子が と呼ばれる弱い力で集まって規則正しく配列してできた結晶である。

(あ) と に当てはまる適切な語句を記せ。

(い) 10.0 g の炭素を完全燃焼させて、二酸化炭素にすると 328 kJ の熱量が発生した。また、標準状態で 33.6 L の一酸化炭素を燃焼させて二酸化炭素にしたところ、425 kJ の熱量が発生した。一酸化炭素の生成熱 (kJ/mol) を求めよ。解答は整数で示し、計算の過程も記すこと。

(う) 下線部(ii)の結晶は、一辺の長さが 0.56 nm の面心立方格子である。その密度 (g/cm^3) を求めよ。解答は有効数字 2 桁で示し、計算の過程も記すこと。

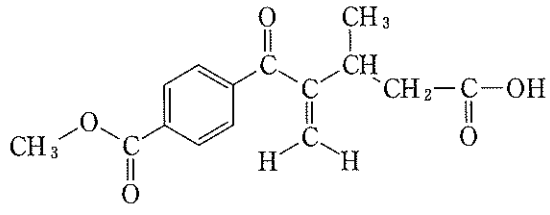
〔3〕 二酸化炭素に関するつぎの文章を読んで、(あ)~(う)に答えよ。

内容積が自由に換えられるピストンとシリンダーから構成された密閉容器がある。この密閉容器に $27.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $1.00 \times 10^5\text{ Pa}$ において 9.00 L の二酸化炭素と 10.0 L の水を入れ、二酸化炭素が水に接触できるようにして密閉した。このとき、常に内部の圧力が $1.00 \times 10^5\text{ Pa}$ になるようにして、 $27.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ で平衡に達するまで放置した。ついで、水の一部 $1.00 \times 10^{-1}\text{ L}$ を $1.0 \times 10^5\text{ Pa}$ の圧力をかけたまま密閉容器から採取した。直ちにこの水に $2.50 \times 10^{-2}\text{ mol/L}$ の水酸化バリウム水溶液 $4.00 \times 10^{-1}\text{ L}$ を加えて完全に反応させた後、 $1.00 \times 10^{-1}\text{ mol/L}$ の塩酸で中和した。ただし、二酸化炭素は理想気体とし、分圧が $1.00 \times 10^5\text{ Pa}$ で $27.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ のとき、水 1.00 L あたり $3.35 \times 10^{-2}\text{ mol}$ 溶解する。また、水の蒸気圧は無視する。

- (あ) $27.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $1.00 \times 10^5\text{ Pa}$ における 9.00 L の二酸化炭素の物質量 (mol) を求めよ。解答は有効数字 3 桁で示し、計算の過程も記すこと。
- (い) 平衡に達したのち、密閉容器内にある気体の二酸化炭素の体積 (L) を求めよ。解答は有効数字 3 桁で示し、計算の過程も記すこと。
- (う) 中和に要した $1.00 \times 10^{-1}\text{ mol/L}$ の塩酸の体積 (L) を求めよ。解答は有効数字 3 桁で示し、計算の過程も記すこと。

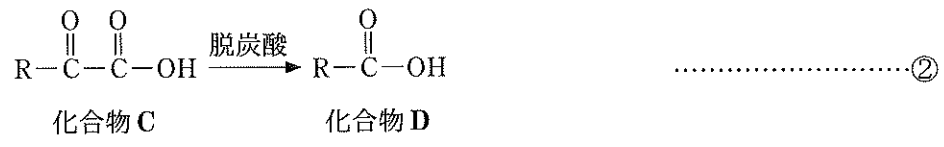
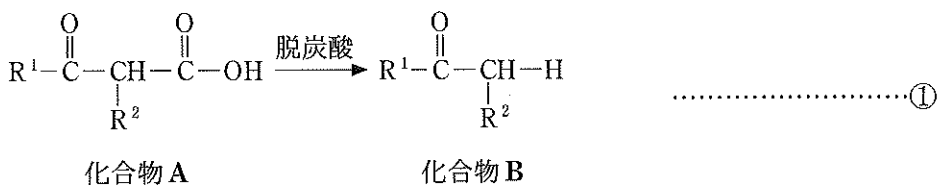
3 つぎの<文章Ⅰ>～<文章Ⅲ>を読んで、設問〔1〕～〔6〕に答えよ。ただし、構造式をかくときは例にならってかけ。また、各元素の原子量はH = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0とする。

(構造式の例)



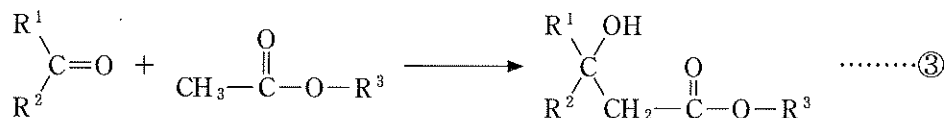
<文章Ⅰ>

カルボン酸のカルボキシ基が分解し、二酸化炭素を放出する反応を脱炭酸と⁽ⁱ⁾いう。この反応は、カルボキシ基のほかにカルボニル基を持つ化合物で起こることがある。例えば、反応①のように、カルボキシ基とカルボニル基の間に炭素原子を1つ持つ化合物Aは、脱炭酸によってカルボキシ基が水素に置換された化合物Bに変化することがある。また、反応②のように、カルボキシ基の炭素に直接カルボニル基が結合した構造をもつ化合物Cは脱炭酸によって、カルボキシ基がヒドロキシ基に置換された化合物Dに変化することがある。



<文章Ⅱ>

反応③のように、エステル結合の炭素原子にメチル基のような単純な炭化水素構造を持つ化合物はアルデヒドやケトンと付加反応を起こし、その結果、アルコールを生じることがある。



<文章Ⅲ>

化合物 E の元素分析を行ったところ、その組成は炭素：37.50%，水素：4.17%，酸素：58.33% であることがわかった。さらに、分子量を分析したところ、化合物 E の分子量は 300 以下であることがわかった。また、化合物 E を水に溶かし、その水溶液を中和滴定したところ、化合物 E は 3 価の酸であることがわかった。次に、化合物 E を加熱すると脱水反応が起こり、水とアルケン F が 1：1 の物質質量比で生じた。アルケン F に対して、水を付加させると化合物 E とその構造異性体である化合物 G が得られた。化合物 G を酸化させると化合物 H となった。化合物 H は、脱炭酸が連続して 2 回起こると炭素原子数が の化合物 I となった。化合物 I を酸化させると、分子量が 2 小さいアルケン J が生じた。アルケン J には幾何異性体が存在し、化合物 J の炭素原子数も であることから、化合物 J の炭素のつながり方は枝分かれ構造で とわかった。化合物 J に水を付加させると化合物 K が得られた。さらに化合物 K のアルコール構造を酸化すると、分子量が 2 小さいカルボニル化合物 L に変化した。最後に酢酸と化合物 M から脱水縮合によって生じるエステル N と化合物 L を付加反応させ、エステル結合を加水分解すると化合物 E となった。

設 問

〔1〕 下線部(i)~(iii)に関する記述として正しいものを以下の(a)~(f)の中からすべて選べ。

- (a) 不飽和脂肪酸を多く含む脂肪油を空气中に放置すると、不飽和結合の一部が飽和結合に変わり、固化する。
- (b) 安息香酸は炭酸水素ナトリウム水溶液に溶けにくく、塩酸にはよく溶ける。
- (c) ホルムアルデヒドを37%程度含んだ水溶液のことをホルマリンといい、防腐剤や消毒剤に用いられる。
- (d) クメン法を用いて、ベンゼンからフェノールを合成するとき、フェノールと同時にアセトアルデヒドも生じる。
- (e) アセトンにヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を反応させるとヨードホルムが生じる。このとき、アセトンを完全に反応させるには、物質量としてアセトンの3倍量のヨウ素を必要とする。
- (f) ケトン是一般に還元性を示さないが、ケトン基の隣の炭素原子に水素原子とヒドロキシ基が結合した構造を持つと還元性を示す。

〔2〕 下線部(iv)に関して、酢酸の沸点は同程度の分子量のアルコールやアルカンよりも高い。この理由を説明せよ。

〔3〕 化合物Eの分子式を答えよ。

〔4〕

ア

 および

イ

 に当てはまる数値と語句の組み合わせとして、正しいものを以下の(a)~(f)の中から選べ。

- | | | | | | |
|-----|---|----|---|---|------|
| (a) | ア | —3 | イ | イ | —ある |
| (b) | ア | —4 | イ | イ | —ある |
| (c) | ア | —5 | イ | イ | —ある |
| (d) | ア | —3 | イ | イ | —はない |
| (e) | ア | —4 | イ | イ | —はない |
| (f) | ア | —5 | イ | イ | —はない |

〔5〕 下線部(v)の反応は、文章Ⅱの反応③と同類の付加反応であった。これを踏まえて、化合物 **L** の分子式を答えよ。

〔6〕 化合物 **E**, **H**, **I**, **L** の構造式をかけ。