

令和3年度
医学科一般選抜(前期日程)

問題冊子

理 科

物 理	1 ページ～7 ページ
化 学	9 ページ～14 ページ
生 物	15 ページ～23 ページ

(注 意)

1. 問題冊子は試験開始の合図があるまで開かないこと。
2. 問題冊子は表紙のほか23ページである。
3. 試験中に問題冊子及び解答用紙の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせること。
4. 問題は物理、化学、生物のうち2科目を選択し、選択した科目の解答用紙のすべてに受験番号及び氏名をはっきり記入すること。
5. 解答はすべて解答用紙の所定の解答欄に明瞭に記入すること。
6. 解答に関係のないことを書いた答案は、無効にすることがある。
7. 選択しない科目の解答用紙は、試験開始120分後に監督者が回収するので、大きく×印をして机の左側に置くこと。
8. 本学受験票を机の右上に出しておくこと。
9. 試験時間は150分である。
10. 問題冊子は持ち帰ってもよいが、解答用紙は持ち帰らないこと。

化 学 (3 問題)

- I 次の文章を読んで、以下の問に答えよ。なお、原子量は水素 1.0、酸素 16、ナトリウム 23、硫黄 32、カリウム 39、マンガン 55、ヨウ素 127、鉛 207 とする。必要ならば、ファラデー定数を $F = 9.6 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とせよ。(配点 32)

「琵琶湖の深呼吸」とも呼ばれる琵琶湖の全層循環は、冬場に冷やされた表層の水が密度を増して沈降し、底層の水と混ざり合う現象である。このとき表層から底層まで、水温と水に溶けている酸素の濃度(溶存酸素濃度)の値が一様となり、表層水に含まれる豊富な酸素が湖底まで供給される。しかし近年、暖冬の影響から全層循環の時期の遅れがたびたび報告されており、2019年と2020年は全層循環が観測されていない。全層循環は、湖の生態系の維持や水質の保全に重要な意味をもつとされ、湖底の低酸素状態の長期化が湖に及ぼす影響が注視されている。湖水の溶存酸素濃度の主な測定方法には、酸化還元滴定による方法や、溶存酸素計による方法がある。

問 1 以下の文は、全層循環が起こった直後の 2018 年冬に、湖底付近の湖水を下線部(ア)の方法で測定したときの手順を表している。ただし、操作中は空気中の酸素が混入しないものとする。

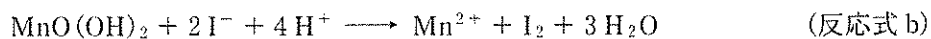
手順(i) 湖水の採取と酸素の固定

船上で、湖水 100 mL を容器に採取し、塩化マンガン(II)水溶液と、ヨウ化カリウム水溶液と水酸化ナトリウム水溶液の混合液を加え、混和した。このとき生じた水酸化マンガン(II)沈殿は、反応式 a のように水中の溶存酸素により酸化される(この操作を溶存酸素の固定という)。



手順(ii) 酸化還元滴定

実験室に持ち帰り、手順(i)の褐色沈殿を含む水溶液に塩酸を加えて沈殿を溶解した後(反応式 b)、溶液の全量をコニカルビーカーに移した。デンプンを指示薬として、この溶液を $2.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ チオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定すると(反応式 c)、終点に達したときの滴下量は 6.9 mL であった。



- (1) 下線部(ウ)について、(i)滴定液を滴下するために使用する最も適切な器具の名称を答えよ。また、この器具を純水で洗った後、乾燥させずにすぐを使用するためにはどのような操作が必要か、(ii)操作の名称を答え、(iii)操作の手順を説明せよ。

II 次の文章を読み、以下の問に答えよ。必要ならば、アボガドロ定数 $N_A = 6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ 、気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ 、原子量として水素 1.0、炭素 12、窒素 14、酸素 16、アルミニウム 27、塩素 35.5 を用いよ。(配点 34)

原子やイオンを結びつける化学結合として、金属結合やイオン結合、共有結合がある。また、分子間にはたらく分子間力として、ファンデルワールス力や水素結合がある。

金属結晶では、金属元素の原子が規則正しく配列し、自由電子の共有による金属結合で結びついている。アルミニウムは周期表の 13 族に属する金属元素である。アルミニウムには ^{27}Al 以外の同位体はほとんど存在しない。アルミニウムの原子半径は $1.4 \times 10^{-8} \text{ cm}$ で、結晶格子は面心立方格子である。アルミニウムは、強塩基の水溶液とも酸の水溶液とも反応して溶ける両性金属である。

分子結晶では分子が分子間力で規則正しく配列している。ドライアイスは二酸化炭素の分子結晶である。また、氷は水分子からなる分子結晶で、分子間で水素結合が生じている。

多数のアミノ酸が鎖状に結合することで、ポリペプチドが形成される。ポリペプチド鎖はペプチド結合の部分で水素結合することによって二次構造をとる。さらに、二次構造のポリペプチド鎖は、ジスルフィド結合やイオン結合などにより複雑に折れ曲がった三次構造をとる。

問 1 下線部(ア)について、イオン結合において陽イオンと陰イオンの間にはたらく力を何と呼ぶか。

問 2 下線部(イ)について、水素結合を形成する水素原子以外の原子を元素記号で 3 つ挙げよ。

問 3 下線部(ウ)について、 ^{27}Al の中性子の数はいくつか。

問 4 下線部(エ)について、面心立方格子の配位数はいくつか。

問 5 アルミニウムの密度は何 g/cm^3 か。有効数字 2 桁で答えよ。ただし、 $\sqrt{2} = 1.4$ 、 $\sqrt{3} = 1.7$ とする。

問 6 下線部(オ)について、アルミニウムを水酸化ナトリウム水溶液に溶かすと錯イオンが生じた。

- (1) 錯イオンとは、どのようなイオンのことか説明せよ。
- (2) アルミニウムと水酸化ナトリウムの反応を化学反応式で表せ。

問 7 下線部(カ)について、 27°C 、 $1.04 \times 10^5 \text{ Pa}$ でアルミニウムを塩酸に溶かし、生じた気体を水上置換で捕集したところ、 747 mL の気体が得られた。このとき、塩酸に溶けたアルミニウムは、何 g か。有効数字 2 桁で答えよ。ただし、 27°C における水の蒸気圧を $4.00 \times 10^3 \text{ Pa}$ とし、生じた気体は完全に捕集され、気体の水への溶解は無視できるものとする。

問 8 下線部(キ)について、二酸化炭素分子中の炭素原子はわずかに正電荷($\delta+$)を帯び、酸素原子はわずかに負電荷($\delta-$)を帯びているにもかかわらず、二酸化炭素分子全体としては無極性分子である。その理由を説明せよ。

問 9 二酸化炭素の生成熱は 394 kJ/mol である。 $\text{O}=\text{O}$ 結合エネルギーを 498 kJ/mol 、炭素(黒鉛)の昇華熱を 714 kJ/mol とするとき、 $\text{C}=\text{O}$ 結合エネルギーは何 kJ/mol となるか。有効数字 3 桁で答えよ。

問10 下線部(ク)について、氷の結晶中では、1 個の水分子に対して何個の水分子が水素結合で結合しているか。

問11 下線部(ケ)について、二次構造として知られている構造の名前を 2 つ挙げよ。

問12 下線部(コ)について、タンパク質を構成している α -アミノ酸のうち、ジスルフィド結合を形成するために必要な α -アミノ酸を 1 つ答えよ。

問13 アミノ酸であるグリシン($\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2$)が数分子結合したペプチドがある。このペプチド 60.6 mg を溶解した水溶液 100 mL の 27°C における浸透圧は $4.98 \times 10^3 \text{ Pa}$ であった。ただし、分子間にはたらく力によるペプチド分子どうしの結びつきは無視できるものとする。

- (1) このペプチドはグリシン何分子が結合したものか。
- (2) このペプチドとグリシンを区別することができる呈色反応を 1 つ挙げよ。

Ⅲ 次の文章を読み、以下の間に答えよ。なお、原子量は水素 1.0、炭素 12、酸素 16、カリウム 39、ヨウ素 127 とする。また、不斉炭素原子により生じる立体異性体は区別しなくてよい。(配点 34)

カルボン酸は、カルボキシ基 -COOH をもつ化合物である。カルボキシ基が鎖状炭化水素に結合したものを脂肪酸、ベンゼン環に結合したものを芳香族カルボン酸と呼び、分子中のカルボキシ基の数によって、モノカルボン酸、ジカルボン酸などに分類される。分子量がもっとも小さいモノカルボン酸である ① や、分子量がもっとも小さいジカルボン酸である ② は還元性を持ち、酸化されると二酸化炭素が生成する。

(ア)

問 1 ①、② に当てはまる化合物名を答えよ。

問 2 下線部(ア)について、② が酸化されるとき反応を、電子 e^- を用いたイオン反応式で答えよ。

問 3 分子式 $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$ の化合物 A には、カルボン酸やエステル、アルコール、アルデヒド、エーテルなどの構造異性体がそれぞれ複数存在する。構造式を決定するため、ある実験を行った結果、化合物 A はカルボン酸だと推定された。

(イ)

(1) 下線部(イ)について、実験手順と推定した根拠がわかるように、以下の語群から該当する語句を 1 つ用いて 40 字以内で説明せよ。

語群：ナトリウム・炭酸水素ナトリウム水溶液・塩化鉄(Ⅲ)水溶液・
アンモニア性硝酸銀水溶液・臭素水・ヨウ素溶液・陽イオン交換樹脂

(2) 化合物 A の構造異性体のうち、カルボン酸であるものの構造式をすべて答えよ。ただし、不斉炭素原子がある場合は、その炭素原子に * を付けて示せ。

問 4 酸化バナジウム(V)を触媒としてベンゼンを高温で空気酸化し、生成した化合物を水と反応させると化合物 B が得られた。化合物 B は分子量 116 のジカルボン酸であり、適切な反応条件で水を付加すると、不斉炭素原子をもつ化合物 C が生成した。化合物 C を加熱すると 1 分子の水を失って、化合物 B と、そのシーストランス異性体である化合物 D が得られた。化合物 B をさらに加熱すると、分子内で 1 分子の水を失って、酸無水物になった。また、化合物 B に臭素を付加すると、不斉炭素原子を 2 つもつ化合物が得られた。

- (1) 化合物 B と D の化合物名を、それぞれ答えよ。
- (2) 化合物 B と D の構造式を、それぞれ答えよ。
- (3) 化合物 C の構造式を答えよ。ただし、不斉炭素原子に * を付けて示せ。
- (4) 化合物 B の構造異性体で、化合物 D 以外のジカルボン酸の構造式を答えよ。
- (5) 下線部(ウ)について、ある触媒を用いて化合物 B を過酸化水素と反応させると、臭素の代わりにヒドロキシ基がついた化合物が得られる。この化合物に水酸化カリウムと水酸化ナトリウムをそれぞれ適量ずつ加えた後、硫酸銅(II)水溶液と混和すると、アルデヒドと反応して赤色の沈殿を生じる。深青色の指示薬が得られた。(ア)この指示薬の名前と、(イ)赤色沈殿の化学式を答えよ。

問 5 酸化バナジウム(V)を触媒として、ナフタレンを高温で空気酸化すると、化合物 E が生成した。化合物 E に水を反応させると芳香族ジカルボン酸である化合物 F が得られた。化合物 F には構造異性体(エ)がいくつか存在し、その一つである化合物 G と ③ が、④ 結合によって縮合重合した合成樹脂は、ペットボトルの原料として普及している。

- (1) ③、④ に当てはまる語句を答えよ。
- (2) 下線部(エ)について、化合物 E から化合物 F が生じる化学反応式を答えよ。
- (3) 化合物 F の構造異性体で、化合物 G 以外の芳香族ジカルボン酸の構造式を答えよ。

問 6 油脂は、3 分子の脂肪酸と 1 分子のグリセリンが縮合した化合物である。油脂である化合物 H について、222 mg を完全にけん化するためには 42.0 mg の水酸化カリウムが必要である。化合物 H には C=C 結合が存在し、222 mg の化合物 H に 63.5 mg のヨウ素を付加することができる。

- (1) 化合物 H の分子量を整数値で答えよ。
- (2) 1 分子の化合物 H には C=C 結合がいくつ存在するか、答えよ。
- (3) 化合物 H に水素を完全に付加した後、けん化して得られた脂肪酸は、直鎖状の炭化水素基をもつ種類の飽和脂肪酸だけであった。また、化合物 H には不斉炭素原子は存在しなかった。化合物 H の構造式を答えよ。ただし、脂肪酸の炭化水素基は $C_{20}H_{39}$ や $C_{23}H_{41}$ のようなかたちで炭素原子と水素原子の数を示し、不飽和炭化水素基に存在する二重結合の位置の違いは区別しなくてよい。