

令和3年度 入学試験問題

医学部 (I期)

理科

注意事項

1. 試験時間 令和3年2月5日、午後1時30分から3時50分まで
 2. 配付した試験問題(冊子)、解答用紙の種類はつぎのとおりです。
 - (1) 試験問題(冊子、左折り)(表紙・下書き用紙付)
 - 化学(その1)、(その2)
 - 生物(その1)、(その2)
 - 物理(その1)、(その2)
 - (2) 解答用紙
 - 化学(その1) 1枚(上端赤色)(右肩落し)
 - ” (その2) 1枚(上端赤色)(左肩落し)
 - 生物(その1) 1枚(上端緑色)(右肩落し)
 - ” (その2) 1枚(上端緑色)(左肩落し)
 - 物理(その1) 1枚(上端青色)(右肩落し)
 - ” (その2) 1枚(上端青色)(左肩落し)
- 以上の中から選択した2分野(受験票に表示されている)が配付されています。
3. 下書きが下書き用紙で足りなかったときは、試験問題(冊子)の余白を使用して下さい。
 4. 試験開始2時間以降は退場を許可します。但し、試験終了10分前からの退場は許可しません。
 5. 受験中にやむなく途中退室(手洗い等)を望むものは挙手し、監督者の指示に従って下さい。
 6. 休憩のための途中退室は認めません。
 7. 退場の際は、この試験問題(冊子)を一番上へのせ、挙手し、監督者の許可を得てから、試験問題(冊子)、受験票、下書き用紙および所持品を携行の上、退場して下さい。
 8. 試験終了のチャイムが鳴ったら、直ちに筆記をやめ、おもてのまま上から解答用紙〔選択した2分野の解答用紙、計4枚、化学(その1)、化学(その2)、生物(その1)、生物(その2)、物理(その1)、物理(その2)〕、試験問題(冊子)の順にそろえて確認して下さい。

確認が終っても、指示があるまでは席を立たないで下さい。
 9. 試験問題(冊子)はお持ち帰り下さい。
 10. 試験終了後の会場退出に当たっては、誘導の指示に従って下さい。

化 学 (その1)

注 意 事 項

1. 解答は所定の解答用紙の解答欄に記入せよ。
2. 問題 **1** ~ **4** を通じ、その必要があれば、次の数値を用いよ。

原子量 H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0, Na = 23.0, S = 32.0, Cl = 35.0, I = 127,

Pb = 207

- 1** 以下の文を読み、問に答えよ。

デンプンは主に食物の種子や根茎・塊根に多く含まれ、多糖類で水(熱水)に溶けやすいアミロースと、多糖類で水に溶けにくいアミロペクチンが主要な構成成分である。アミロースは原則として(①)グリコシド結合のみで構成されるが、アミロペクチンには(①)グリコシド結合に加えて(②)グリコシド結合が含まれ、結果として両者は化学的性質や立体構造が大きく異なる。デンプンはアミラーゼの作用でデキストリンを経て二糖類であるマルトースに分解される。マルトースはグルコースが(①)グリコシド結合により縮合した化合物であり、マルターゼを作用させると2分子のグルコースが生じる。マルトースの化学的性質としてその還元性が挙げられるが、これはマルトースが有する官能基である(③)に起因する。マルトースと同様に多くの二糖類は還元性を示すが、還元性を示さない二糖類の例としてはスクロースが挙げられる。これはスクロースを構成する α -グルコースの1位の炭素と、 β -フルクトースの(④)位の炭素を介してグリコシド結合が形成されているからである。一方、多糖類の一種であるセルロースは(⑤)グリコシド結合で構成される。セルロースはセルラーゼを作用させることでセロピオースまで分解することができる。これは、セルラーゼがセルロースの(⑤)グリコシド結合を認識するからである。

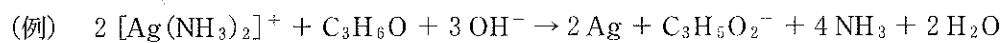
グルコースはブドウ糖とも呼ばれる単糖の一種であり、動植物の間に広く分布し、主にエネルギー源として利用される。この際、グルコースは解糖系と呼ばれる細胞内経路で代謝を受け、ピルビン酸を介してアセチル CoA に変換される。一方、細胞内で過剰となったグルコースは多糖類の一種であるグリコーゲンに変換され、肝臓や筋肉に一時的に貯蔵される。グリコーゲンはグルコースの重合体である点でデンプンと類似しているが、より複雑な構造を有することが知られている。

問 1 ①～⑤に該当する適切な語句を次の選択肢から選び、記号で解答せよ。

- | | | | |
|------------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|
| (ア) メチル基 | (イ) ヒドロキシ基 | (ウ) アルデヒド基 | (エ) カルボキシ基 |
| (オ) カルボニル基 | (カ) アミノ基 | (キ) α -1,1- | (ク) α -1,4- |
| (ケ) α -1,6- | (コ) β -1,1- | (サ) β -1,4- | (シ) β -1,6- |
| (ス) α -1, β -2- | (セ) α -2, β -1- | (ソ) 1 | (タ) 2 |
| (チ) 3 | (ツ) 4 | (テ) 5 | (ト) 6 |

問 2 二糖類に関する次の問いに答えよ。

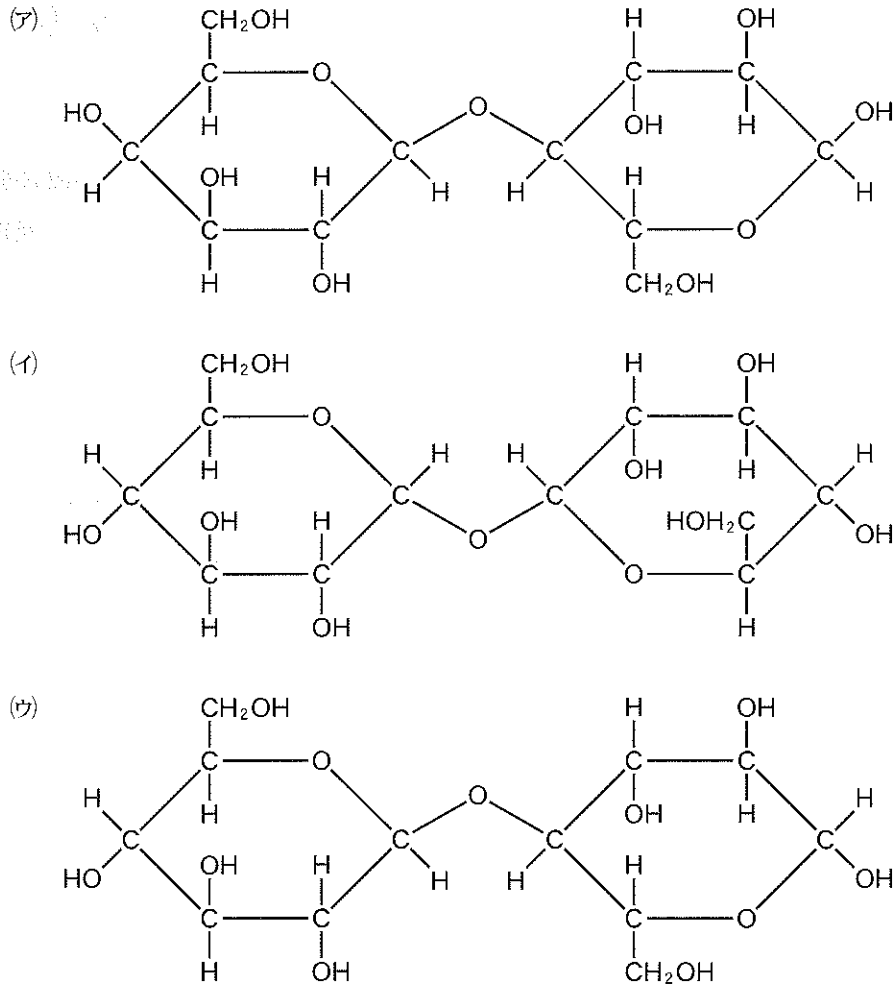
- 1) 硫酸銅(Ⅱ)と酒石酸ナトリウムカリウムおよび水酸化ナトリウムの混合水溶液にマルトースを溶解し、加熱すると赤色沈殿が認められる。例を参考にしてこの反応の化学反応式を書け。



- 2) 下線部と同一条件でセロビオースにマルターゼを作用させてもグルコースは生じない。このようなマルターゼの性質は何と呼ばれるか。

3) 図1で示した(ア)―(ウ)の二糖類について、名称と還元性の有無を答えよ。なお、名称に関しては α および β 型の区別はしなくてよいものとし、還元性がある場合は「有」、ない場合は「無」と解答欄に書きなさい。

図1



問 3 グリコーゲンのような高分子化合物の分子量は一様ではなく、平均分子量として表す。高分子化合物はその物性から粘度や浸透圧を測定することで平均分子量を求める場合が多い。これを踏まえて次の問いに答えよ。

- 1) 質量 32.4 g のグリコーゲンを溶解させて 100 mL とした水溶液の浸透圧を気温 27 °C の条件で測定したところ 249 Pa であった。グリコーゲンの平均分子量および平均重合度を求めよ。なお、気体定数 R は $8.30 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ とし、四捨五入のうえ有効数字は 3 桁で解答せよ。
- 2) 1) で使用したものと同一グリコーゲンを一定量測りとり、ヨウ化メチルを作用させて構造中に含まれるすべての $-\text{OH}$ 基を $-\text{OCH}_3$ 基に変え、続いて希硫酸を加えてグリコシド結合を完全に加水分解したところ、3 種の単糖 A, B および C がそれぞれ 13.8 g, 1.29 g および 1.47 g 生じた。グリコーゲン 1 分子が有する分岐の数を計算し、四捨五入のうえ有効数字 3 桁で解答せよ。さらに、計算した分岐の数を用いてはじめに測りとったグリコーゲンの質量 [g] を計算し、四捨五入のうえ有効数字 3 桁で解答せよ。なお、B および C の物質量は等しく、加水分解の際に 1 位に $-\text{OCH}_3$ 基がある場合 $-\text{OH}$ 基に変換されるものとする。平均分子量は 1) で計算した値を用いなさい。

2

次の問に答えよ。

問 1 氷酢酸とエタノールからエステル化合物を合成し、これを精製したい。丸底フラスコにエタノールを 0.5 mol と氷酢酸 0.4 mol を加え、冷却しながら濃硫酸 5 mL を少しずつ加える。フラスコ上部に冷却管を取り付け、突沸しないように注意しながら約 20 分間加熱還流する。反応終了後、フラスコを十分に冷却したのちに冷水を加えたところ、二層に分離した。上層を図 1 の器具に入れ、ジエチルエーテルと適量の飽和炭酸水素ナトリウム水溶液を加え、ときおりガスを抜きながらよく振り混ぜた後、静置し、水層を除去する。さらに、エーテル層に 50% 塩化カルシウム水溶液を加えて振り混ぜ、水層を除去する。残ったエーテル層に無水塩化カルシウムの結晶を適量添加し、一晩静置する。溶液中の残留物をろ過で取り除き、ジエチルエーテルを蒸留により除去し、さらに温度が 75—78 °C の留分を集めると、高純度のエステル化合物が得られる。

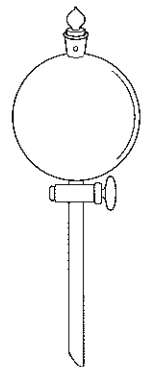
1) 下線部①の反応式を書け。

2) 下線部②および③では異なる目的で塩化カルシウムを加える。それぞれ適切な目的を次の選択肢から選び、記号で解答せよ。

- | | |
|-----------|-----------------|
| (ア) 付加反応 | (イ) 加水分解反応 |
| (ウ) 縮合反応 | (エ) 酸化反応 |
| (オ) 還元反応 | (カ) ハロゲン(塩素)化反応 |
| (キ) 水分の除去 | (ク) アルコールの除去 |
| (ケ) 酢酸の除去 | |

3) 一般にエステル化の反応速度は、第一級、第二級、第三級アルコールでどのような関係にあるか等号または不等号を用いて示せ。

図 1

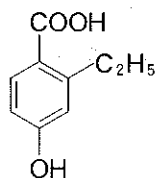


問 2 ここに炭素、水素および酸素のみから構成される同じ分子式を持つ芳香族エステル X, Y, Z がある。この化合物の構造式を推定するために次の実験を行った。

- 1) X を 28.7 mg とり、完全に燃焼したところ、水が 18.9 mg, 二酸化炭素が 77.0 mg 発生した。X の組成式を答えよ。
- 2) ショウノウ(融点 180 °C, モル凝固点降下 40 K·kg/mol) 10.0 g に X を 0.246 g 加えて融解し、均一化した。これを冷却固化し、融点を測定したところ 174 °C であった。X の分子式を答えよ。
- 3) X はベンゼンの水素原子が 1 か所のみ置換された芳香族エステルである。X に少量の硫酸を加えて温めたところ、ベンゼン環を持つ生成物 X' とアルコールである X'' が生成した。X' は白い結晶性の物質で、炭酸水素ナトリウムに加えたところ、CO₂ を発生しながら溶解した。一方、X'' を酸化して得られる生成物にフェーリング液を加えても反応しなかった。図 2 の中から X の構造式として最も適切なものを選んで記号で答えよ。
- 4) Y はベンゼンの水素原子が 1 か所のみ置換された芳香族エステルである。Y に少量の硫酸を加えて温めたところ、ベンゼン環を持つ生成物 Y' とカルボン酸 Y'' が生成した。Y' は金属ナトリウムと反応して気体を発生したが、塩化鉄(III)とは反応しなかった。一方、Y'' は酢酸よりやや弱い酸である。図 2 の中から Y の構造式として最も適切なものを選んで記号で答えよ。

5) Z に少量の硫酸を加えて温めたところ、4)と同様のカルボン酸である Y' と、ベンゼン環を持つが 4)とは異なる生成物 Z' が生成した。Z' の溶液に塩化鉄(III)を加えたところ青紫色を呈した。また、Z' のベンゼン環の水素原子 1 個を塩素原子で置換した場合、2 種類の異性体が生じた。例に従って Z' の構造式と化合物名を答えよ。

(例)



化 学 (その2)

3 次の設問A～Cの間に答えよ。

なお、設問の油脂中の不飽和結合は二重結合のみとする。

設問A.

問 1 油脂 A は $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4(\text{CH}=\text{CHCH}_2)_2(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$ の構造式で表される脂肪酸のみで構成されるグリセリンエステルである。油脂 A の 150 g に付加するヨウ素 I_2 の質量を整数で答えよ。小数点以下の数値が出た場合には四捨五入せよ。

設問B.

油脂 B は脂肪酸 X と脂肪酸 Y が物質質量比 1 : 2 で含まれたグリセリンエステルである。11.94 g の油脂 B には標準状態で 1.68 L の水素が付加されることにより油脂 C に変化した。油脂 C は 1 種類の脂肪酸 Z のみで構成されていた。以下の間に答えよ。

なお、標準状態における水素 1 mol の体積は 22.4 L とする。

問 1 3.98 g の油脂 B をけん化するのに 1.50 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を 10.0 mL 要した。油脂 B の平均分子量を整数で答えよ。小数点以下の数値が出た場合には四捨五入せよ。

問 2 油脂 B の 1 分子中に含まれる炭素原子間の二重結合 ($\text{C}=\text{C}$) の平均の数を答えよ。

問 3 脂肪酸 Z の示性式と名前を答えよ。なお示性式は例にならって書くこと。

<例>

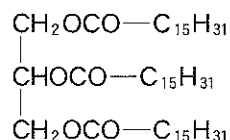
示性式	名前
$\text{C}_{13}\text{H}_{27}\text{COOH}$	ミリスチン酸

設問C.

油脂 D は炭素数が同じである飽和脂肪酸と不飽和脂肪酸を 1 種類ずつ含むグリセリンエステルであり、その分子量は 886 である。この油脂 221.5 g に水素を完全に付加させるには標準状態の水素が 11.2 L 必要であった。なお、標準状態における水素 1 mol の体積は 22.4 L とする。

問 1 油脂 D が不斉炭素原子を持つ場合、構造式として 2 つのものが考えられる。その 2 つの構造式を例にならってかけ。

<例>



問 2 油脂 D を構成する脂肪酸として 3 種類の脂肪酸が考えられる。それらの示性式と脂肪酸の名前をかけ。なお示性式は例にならって書くこと。

<例>

示性式	名前
$C_{13}H_{27}COOH$	ミリスチン酸

4 以下の問に答えよ。

問 1 NaCl は、 Na^+ イオンと Cl^- イオンがともに面心立方格子の構造をとっており、単位格子には Cl^- イオンが (a) 個と Na^+ イオンが (b) 個含まれる。

Cl^- イオン半径が 0.186 nm で Na^+ イオン半径が 0.095 nm であり、それぞれのイオンは格子構造の 1 辺上では接しているとした場合、この NaCl の結晶格子の 1 辺の長さは (c) nm となり、この結晶の密度は (d) g/cm^3 となる。

NaCl の式量は 58、アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ として問題文内の a ~ d の値を答えよ。なお a と b は整数で、c と d は有効数字 3 桁で答えよ。解答の際、指定の桁数以上の数値が出た場合には四捨五入せよ。

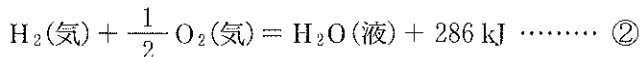
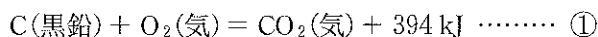
問 2 両極に白金板を用いた 1 槽の電解槽にて水酸化ナトリウム水溶液 (NaOHaq) を 1.50 A の一定の電流を 2 時間 8 分 40 秒流して電気分解したところ、両極の電極からそれぞれ異なる気体が発生した。陽極・陰極から発生した気体の分子式と標準状態での体積 (L) を小数点以下第 2 位まで求めよ。小数点第 3 位以下の数値が出た場合には四捨五入せよ。なお発生した気体は電解槽内の水溶液には不溶とし、ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする

問 3 炭酸ナトリウム (Na_2CO_3) と炭酸水素ナトリウム (NaHCO_3) の混合物 41.1 g に十分量の希塩酸を作用させると、標準状態で 10.08 L の二酸化炭素が発生した。混合物中の Na_2CO_3 と NaHCO_3 はそれぞれ何 g ずつであったか。小数点以下第 1 位まで求めよ。小数点第 2 位以下の数値が出た場合には四捨五入せよ。

問 4 血液と同じ浸透圧をもつ生理食塩水は、0.90 % 塩化ナトリウム水溶液からできており、点滴治療などに用いられている。医療現場では血液と浸透圧が同じグルコース水溶液からできている点滴液も治療で用いられている。生理食塩水とおなじ浸透圧を示すグルコース水溶液 100 mL をつくるのに必要なグルコース ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) は何 g 必要か。小数点以下第 1 位まで求めよ。小数点第 2 位以下の数値が出た場合には四捨五入せよ。

なお生理食塩水の密度は $1.0 \text{ g}/\text{cm}^3$ とする。

問 5 次の熱化学方程式を利用して、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (液) の生成熱 (kJ/mol) を求めよ。



問 6 質量パーセント濃度 20.0 % の硫酸水溶液 2.0 kg を用いて作成された鉛蓄電池から、1.5 A の電流が 2 時間放電されると、硫酸水溶液の質量パーセント濃度は何 % となるか。小数点以下第 1 位まで求めよ。小数点第 2 位以下の数値が出た場合には四捨五入せよ。なお、ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。