

平成31年度 入学試験問題

医学部 (I期)

理科

注意事項

1. 試験時間 平成31年1月25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。

化 学 (その1)

注 意 事 項(その1, その2とも共通)

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。
3. 原子量 H : 1.00, C : 12.0, O : 16.0, S : 32.0, Cl : 35.5, K : 39.0, Ca : 40.0,
Cu : 64.0, I : 127.0

1 次の文を読み, 問に答えよ。

生体において脂肪酸は, アセチル CoA とアセチル CoA がカルボキシ化されたマロニル CoA を材料として合成される。ヒトでの合成は炭素数 16 または炭素数 18 で完了する。ヒトでは 9 位の炭素原子を超えて不飽和化する酵素がないため, リノール酸や α -リノレン酸は合成できない。しかし 12 位の炭素原子に二重結合をもつ不飽和脂肪酸が, 炎症伝達物質のプロスタグランジン合成に必須であるため, ヒトは食物からリノール酸や α -リノレン酸を摂取する必要がある。図 1 に代表的な脂肪酸 5 種を示す。脂肪酸を貯蔵するためには, グリセロール(1, 2, 3-プロパントリオール)の 1 位, 2 位, 3 位の炭素原子それぞれに脂肪酸がエステル結合し, トリアシルグリセロール(図 2 ア)となり, 脂肪組織に蓄えられる。

脂肪酸は生体膜の必須の成分である。生体膜は親水性の頭部と疎水性の尾部を持つ膜脂質の集合体であり, 主要な膜脂質としては, グリセロリン脂質(図 2 イ)やスフィンゴリン脂質(図 2 ウ)がある。グリセロリン脂質は, トリアシルグリセロールと同様にグリセロール骨格を持つ。1 位の炭素原子と 2 位の炭素原子に脂肪酸がエステル結合し, 3 位の炭素原子にコリン(図 3)がリン酸エステル結合すると, 親水性の頭部をもったホスファチジルコリンとなる。 3 位の炭素原子にエタノールアミンがリン酸エステル結合するとホスファチジルエタノールアミンとなり, 3 位の炭素原子にセリンがリン酸エステル結合するとホスファチジルセリンとなる。スフィンゴリン脂質はパルミチン酸とセリンを材料として合成されるスフィンゴイド類の一つのスフィンゴシン(IUPAC 名 2-アミノ-4-オクタデセン-1, 3-ジオール)を基本骨格としている。スフィンゴシンのアミノ基にアミド結合により脂肪酸を結合したものがセラミド, さらにコリンをリン酸エステル結合したものがスフィンゴミエリン^bであり, 神経細胞の軸索を覆うミエリン鞘^{しょう}を構成する。

図 1

- ① $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(=\text{O})\text{OH}$
- ② $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(=\text{O})\text{OH}$ (すべて *cis*)
- ③ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(=\text{O})\text{OH}$ (*cis*)
- ④ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(=\text{O})\text{OH}$
- ⑤ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{C}(=\text{O})\text{OH}$ (すべて *cis*)

図 2

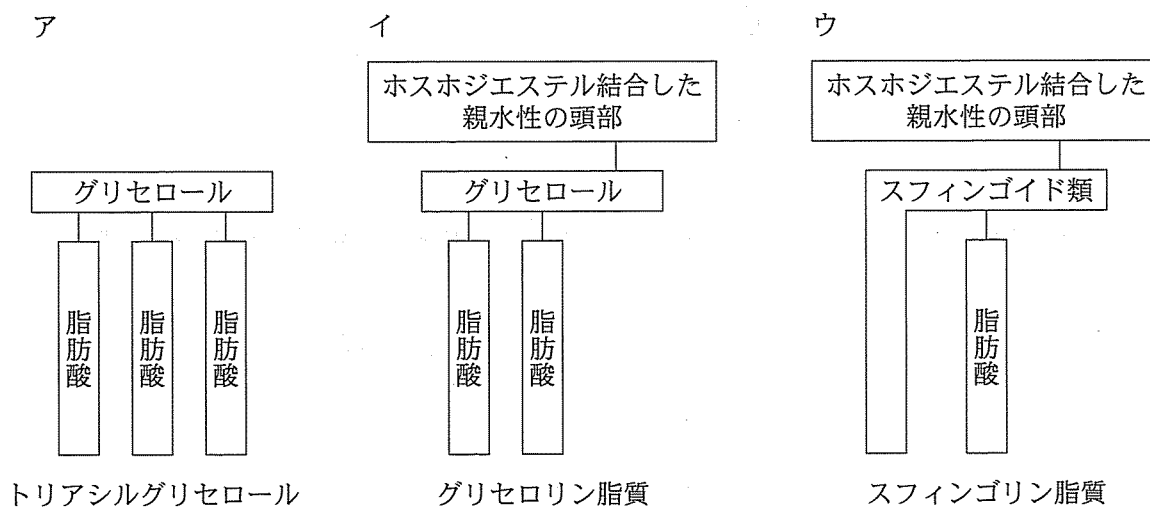
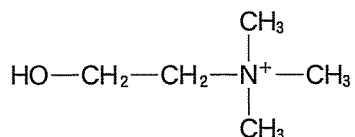


図 3

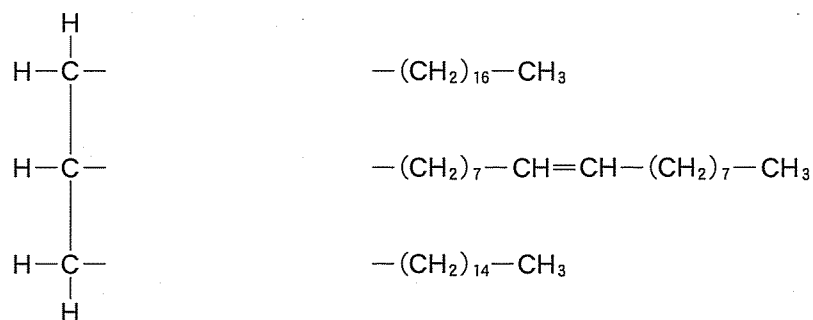


問 1 図 1 ①～⑤の脂肪酸の名称を記せ。

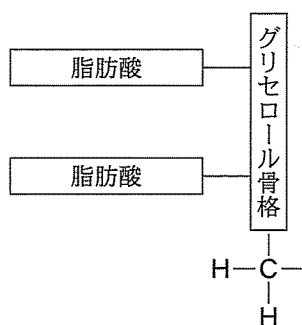
問 2 図 1 ①～⑤の 5 種の脂肪酸を融点の高いものから順に並べ番号を記せ。

問 3 図 1 ①～⑤の 5 種の脂肪酸のうち必須脂肪酸はどれか。①～⑤から 2 つ選び番号を記せ。

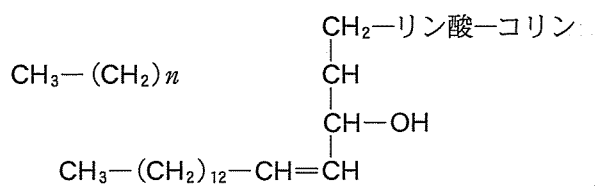
問 4 次の図のトリアシルグリセロールの構造を完成させよ。構造式は例にならって記せ。



問 5 下線部 a のホスファチジルコリンの構造を完成させよ。構造式は例にならって記せ。



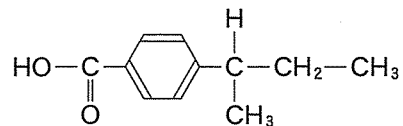
問 6 下線部 b のスフィンゴミエリンの構造を完成させよ。構造式は例にならって記せ。



問 7 コリンと酢酸がエステル結合したものが神経伝達物質アセチルコリンである。構造式を例にならって記せ。

問 8 問 4 で完成させたトリアシルグリセロールのけん化価とヨウ素価を求め、四捨五入して小数第 1 位まで記せ。

構造式の例



2 次の文を読み、問に答えよ。

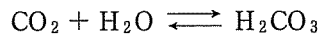
生体の pH の恒常性を保つための主要な緩衝液には、炭酸—炭酸水素イオン、リン酸二水素イオン—リン酸水素イオンによる緩衝液がある。

炭酸の電離は 2 段階あり、その第一段階は以下のごとくとなる。

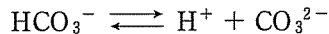
$\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$ の電離定数を K' とすると、

$$\text{pH} = \text{p}K' + \log_{10} \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

生体内では炭酸は炭酸脱水酵素の作用で CO_2 と H_2O から合成され、次の式の平衡関係がある。



なお、生体での炭酸—炭酸水素イオン緩衝系を考える際には、以下の炭酸の第二段階の電離は極めて小さいので考慮しない。



H_2CO_3 は少量解離して H^+ と HCO_3^- になる。しかし、解離していない H_2CO_3 の体液中の濃度測定は困難である。そこで、細胞外液中では、解離していない H_2CO_3 が急速に CO_2 と H_2O となり、その物質比が $\text{H}_2\text{CO}_3 : \text{CO}_2 = 1 : 400$ と一定であることを利用して、 $[\text{H}_2\text{CO}_3]$ は $[\text{CO}_2]$ の一次関数で表すと、次の式を導くことができる。

$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]}$$

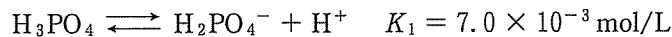
生理的条件の血しょう中で $-\log_{10} K = 6.10$ である。

ここで、溶解する CO_2 量は CO_2 分圧 (PCO_2) [kPa] に比例し、生理的条件下では PCO_2 1 kPa あたり 0.225 mmol/L 溶解する。

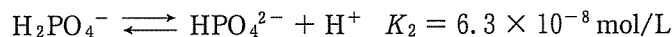
リン酸は細胞外液には約 4 mmol/L、細胞内液には約 75 mmol/L 含まれる。このため、リン酸二水素イオン—リン酸水素イオン緩衝液は細胞内液で強い緩衝能を発揮することができる。

リン酸水溶液の 37 °C での電離定数を以下とする。

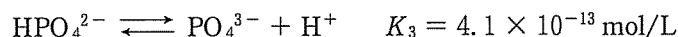
第 1 段階



第 2 段階



第 3 段階



問 1 体液の水素イオン濃度を求める以下の式を完成させよ。ただし空欄内に使用してよい文字は $[\text{HCO}_3^-]$ と PCO_2 (kPa) である。式だけで計算はしなくてよい。

$$[\text{H}^+] = K \times \boxed{\phantom{\text{[HCO}_3^-] \text{PCO}_2}}$$

問 2 体液 pH を求める以下の式を完成させよ。ただし空欄内に使用してよい文字は $[\text{HCO}_3^-]$ と PCO_2 (kPa) である。式だけで計算はしなくてよい。

$$\text{pH} = \boxed{} + \log_{10} \boxed{\phantom{\frac{[\text{HCO}_3^-]}{\text{PCO}_2}}}$$

問 3 患者血液で以下の測定値を得た。問 2 で完成させた式を利用し、患者 A, B それぞれの血液の pH を求め、四捨五入して小数第 2 位まで記せ。

必要なら、 $\log_{10} 2 = 0.301$, $\log_{10} 3 = 0.477$, $\log_{10} 5 = 0.699$, $\log_{10} 7 = 0.845$ を使用せよ。

患者 A) PCO_2 : 2.40 kPa, HCO_3^- : 8.10 mmol/L

患者 B) PCO_2 : 4.00 kPa, HCO_3^- : 32.4 mmol/L

問 4 リン酸水溶液で、水素イオン濃度 5.0×10^{-8} mol/L, $[\text{H}_3\text{PO}_4] + [\text{H}_2\text{PO}_4^-] + [\text{HPO}_4^{2-}] + [\text{PO}_4^{3-}] = 7.5 \times 10^{-2}$ mol/L, 37 °C の水溶液がある。この水溶液中で H_3PO_4 , H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} のうち 1 番多く存在するもの、2 番目に多く存在するものはどれか。またそれぞれの濃度を求め、四捨五入して有効数字 2 桁で記せ。

問 5 体液 pH の変動要因の一つとして、酸性の薬物など体外からの酸の負荷がある。ここに酸性の薬物 HA (分子量 180 : 酸として 1 価) がある。HA は 25 °C において $\text{HA} \rightleftharpoons \text{A}^- + \text{H}^+$ のように電離し、その電離定数 K は 3.0×10^{-4} mol/L である。

1) HA 64.8 mg を純水に溶かし 100 mL とした。25 °C での電離度 α と pH を求め、四捨五入して小数第 2 位まで記せ。なお $1 - \alpha = 1$ とは近似しない。

2) 1) で作成した溶液に HCl あるいは NaOH を加えて pH を 2.0 に調整した。このとき、物質量で比較すると、未電離の HA は A^- の何倍存在しているか。四捨五入して小数第 1 位まで記せ。pH 2.0 に調整後に水溶液の体積に変化はなく、温度も 25 °C のまま維持されたものとする。

化 学 (その2)

3 以下の問題に答えよ。

- 問 1 無水硫酸銅(II) CuSO_4 の水 100 g に対する溶解度は 60°C で 40、 20°C で 20 とする。いま、 60°C の硫酸銅(II)の飽和水溶液 250 g を 20°C まで冷却すると、何 g の硫酸銅(II)五水和物の結晶 ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) が析出するか。四捨五入のうえ小数点以下第 1 位まで求めよ。
- 問 2 0.20 mol/L の炭酸ナトリウム (Na_2CO_3) と、0.30 mol/L の水酸化ナトリウム (NaOH) の混合液 30 mL に対して、0.30 mol/L の希塩酸 (HCl) を用いて滴定をおこなったところ、(a) mL を要したところで第 1 中和点となった。そのまま滴定を続けると HCl を合計 (b) mL 要したところで第 2 中和点に達した。
- 上記の文章の a、b に入る値を整数で答えよ。小数点以下の数値が出た場合は四捨五入せよ。
- 問 3 メタノールとエタノールの混合物がある。これを完全燃焼させたところ、二酸化炭素 9.24 g と水(液体) 7.02 g を得た。このときに必要な酸素の最小の体積は標準状態で何 L か。四捨五入のうえ小数点以下第 2 位まで求めよ。なお、標準状態における酸素 1 mol の体積は 22.4 L とする。
- 問 4 0.40 mol/L の酢酸水溶液 0.30 L と 0.20 mol/L の酢酸ナトリウム水溶液 0.60 L を混合した。この混合溶液の pH の値を四捨五入のうえ小数点以下第 2 位まで求めよ。ただし $\log_{10} 2 = 0.30$ 、 $\log_{10} 3 = 0.48$ とし、酢酸の電離定数 $K_a = 1.80 \times 10^{-5}$ mol/L とする。
- 問 5 両極に白金板を用いた 1 槽の電解槽にて塩化銅(II)水溶液を 1.30 A の一定の電流で電気分解したところ、陰極の白金板上に 157 mg の銅が析出した。電流が流れた時間(秒)を四捨五入のうえ整数で答えよ。なお、ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4$ C/mol とする。
- 問 6 容積 2.8 L の密閉真空容器にドライアイス 13.2 g を入れて密栓し 27°C に保つと、ドライアイスがすべて気体になった。このときの容器内の圧力は何 Pa か。四捨五入のうえ有効数字 2 桁で答えよ。なお、気体定数 $R = 8.31 \times 10^3$ Pa·L/(K·mol) とする。
- 問 7 1.20 mol/L の塩酸 600 mL に 14.8 g の水酸化カルシウムを入れてすべてを溶かした。この溶液を過不足なく中和するのに、0.40 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液は何 mL 必要か整数で答えよ。小数点以下の数値が出た場合には四捨五入せよ。
- 問 8 水 100 g にある非電解質の化合物 1.0 g を溶かした水溶液の凝固点は -0.31°C であった。この化合物の分子量はいくらか。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。ただし、水のモル凝固点降下は $1.85 \text{ K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$ とする。

問 9 0.20 mol/L の塩酸 300 mL と 0.15 mol/L の水酸化カリウム水溶液 300 mL を反応させた。この反応で放出される熱量は何 kJ か四捨五入のうえ小数点以下第 2 位まで求めよ。ただし、塩化水素および水酸化カリウムは、水溶液中では完全に電離しており、強酸と強塩基の中和熱は 56.5 kJ/mol とする。

問10 0.30 mol/L の酢酸水溶液と 0.27 mol/L の酢酸ナトリウム水溶液を用いて、pH 4.0 の緩衝液を調製するには、酢酸水溶液と酢酸ナトリウム水溶液を体積比(X) : 1 の割合で混合すればよい。(X)の値を整数で答えよ。小数点以下の数値が出た場合には四捨五入せよ。ただし酢酸の電離定数 $K_a = 1.80 \times 10^{-5}$ mol/L とする。

- 4 構成粒子が規則正しく配列した構造である固体を結晶という。結晶中の粒子の規則正しい立体的な配列を結晶格子というが、金属の結晶格子は図1～3のような構造を示すものがある。

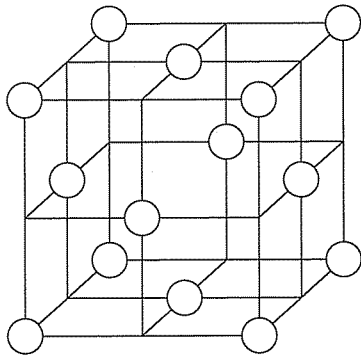


図1

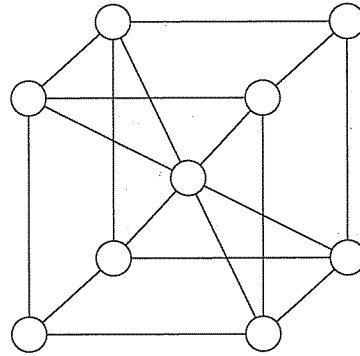


図2

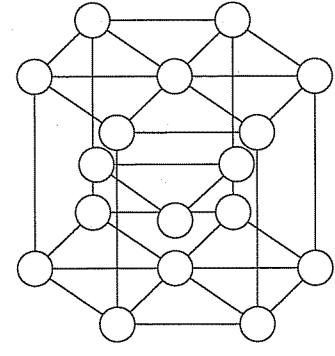


図3

A. 図1の結晶格子構造をとる金属結晶に関する以下の問に答えよ。

- 問1 この結晶格子構造をとる金属結晶の単位格子中に含まれる原子数はいくつか。
- 問2 この金属の単位格子の1辺の長さが 4.0×10^{-8} cm であるとき、結晶の密度 [g/cm^3] を四捨五入のうえ有効数字2桁で記せ。なおこの金属の原子量は27であり、アボガドロ定数 $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ とする。
- 問3 金属原子を最も接近している原子どうしが互いに接する剛体球としたとき、その半径を金属結合半径という。この金属の金属結合半径はいくらになるか。
必要であれば $\sqrt{2} = 1.41$ を用いて計算し、四捨五入のうえ有効数字2桁で答えよ。
- 問4 以下に挙げる原子のなかで、常温常圧下で図1の金属と同じ結晶格子であるものをすべて選び、元素記号で答えよ。
銅, ナトリウム, 銀, 亜鉛, アルミニウム, カリウム, マンガン, コバルト

B. 図2の結晶格子構造をとる金属結晶に関する以下の問に答えよ。

問1 この結晶格子構造のある金属では、格子の中心から一つの頂点までの距離が 4.50×10^{-8} cmであった。この格子の一辺の長さは何 cm になるか。

必要であれば $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$ を用いて計算し、四捨五入のうえ有効数字2桁で答えよ。

問2 単位格子内の一つの原子に接している他の原子の数を (a) と言い、この結晶格子の場合にはその数は (b) になる。括弧の a, b に入る語句または数字を答えよ。

問3 原子が結晶中の空間に占める割合を (c) と言い、この結晶格子の場合にはその値は (d) % になる。括弧の c, d に入る語句または数字を答えよ。

dの値は必要であれば $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\pi = 3.14$ を用いて計算し、四捨五入により小数点以下第1位まで求めよ。

C. 図3の結晶格子構造をとる金属結晶に関する以下の問に答えよ。

問1 この結晶格子構造の名称を答えよ。