

令和4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4年2月4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)を一番上にのせ、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)と下書き用紙は持ち帰って下さい。
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，N：14.0，O：16.0，Na：23.0，S：32.0，Ar：40.0，

Cu：64.0

1 以下の文を読み、問いに答えよ。

分子内にアミノ基とカルボキシ基の両方を持つ化合物をアミノ酸とよぶ。生体のタンパク質を構成する主要なアミノ酸は20種類存在し、塩基性のアミノ基および酸性のカルボキシ基が共存するため、水溶液中ではpHの条件によっては同一分子内に正の電荷と負の電荷が同時に存在することになる。このように分子内に正負両方の電荷を持ちながら全体としては電氣的に中性となるイオンを(①)とよぶ。ヒトのタンパク質の大部分を占める α -アミノ酸の多くは鏡像異性体を有するが、例外的にグリシンは鏡像異性体を持たない。また、一部のアミノ酸はヒトの体内において合成できないため、食物から摂取する必要がある。このようなアミノ酸を必須アミノ酸とよぶ。

アミノ酸が数個から数十個程度結合したものをペプチドとよぶ。単にアミノ基とカルボキシ基が結合した場合は(②)結合とよばれるが、 α -アミノ酸同士の結合は(③)結合と呼ばれ、両者は区別される。ペプチドは多種多様であり、中にはさまざまな生理活性を有するものも存在する。

100個程度を超えるアミノ酸が連結してできた高分子化合物をタンパク質とよぶ。この際アミノ酸の配列順序をタンパク質の一次構造という。タンパク質は複雑な立体構造を有することが知られ、二次構造の代表例としては α -ヘリックスや β -シートがよく知られている。また、タンパク質の三次構造を形成するうえで重要なものの一つは2組のチオール基を介する(④)結合であり、このチオール基(—SH)はアミノ酸である(⑤)に由来している。

問 1 ①~⑤に適切な語句を記入せよ。いずれも略称は不可とする。

問 2 ここで未知のアミノ酸 AA₁, AA₂, AA₃ について考える。各アミノ酸の電離定数は表 1 に示した。

1) AA₁ は側鎖に 1 つのカルボキシ基を有する酸性アミノ酸である。AA₁ 溶液の等電点における水素イオン濃度 [H⁺] を電離定数 K₁~K₃ (各アミノ酸の塩酸塩を多価の酸とみなしたときの多段階の電離定数) を用いて示せ。また、AA₁ の等電点を求めよ。この際常用対数 log₁₀ 2 は 0.30, log₁₀ 3 は 0.48 で計算することとし、四捨五入のうえ小数第二位まで求めよ。

2) AA₂ は側鎖に 1 つのアミノ基を有する塩基性アミノ酸である。AA₂ 溶液の等電点における水素イオン濃度 [H⁺] を電離定数 K₁~K₃ (各アミノ酸の塩酸塩を多価の酸とみなしたときの多段階の電離定数) を用いて示せ。また、AA₂ の等電点を求めよ。この際常用対数 log₁₀ 2 は 0.30, log₁₀ 3 は 0.48 で計算することとし、四捨五入のうえ小数第二位まで求めよ。

3) AA₃ は中性アミノ酸である。AA₃ の水溶液を pH 7 に調整した場合の陽イオン AA₃⁺ と陰イオン AA₃⁻ の存在比 [AA₃⁺]/[AA₃⁻] を求めよ。なお、電離定数 K₁ および K₂ は各アミノ酸の塩酸塩を多価の酸とみなしたときの多段階の電離定数とし、四捨五入のうえ有効数字 2 桁で解答せよ。

4) AA₁, AA₂, AA₃ が 1 つずつ含まれる鎖状ペプチドとして考えられる構造は何種類あるか。ただし、鏡像異性体は考慮しないものとする。

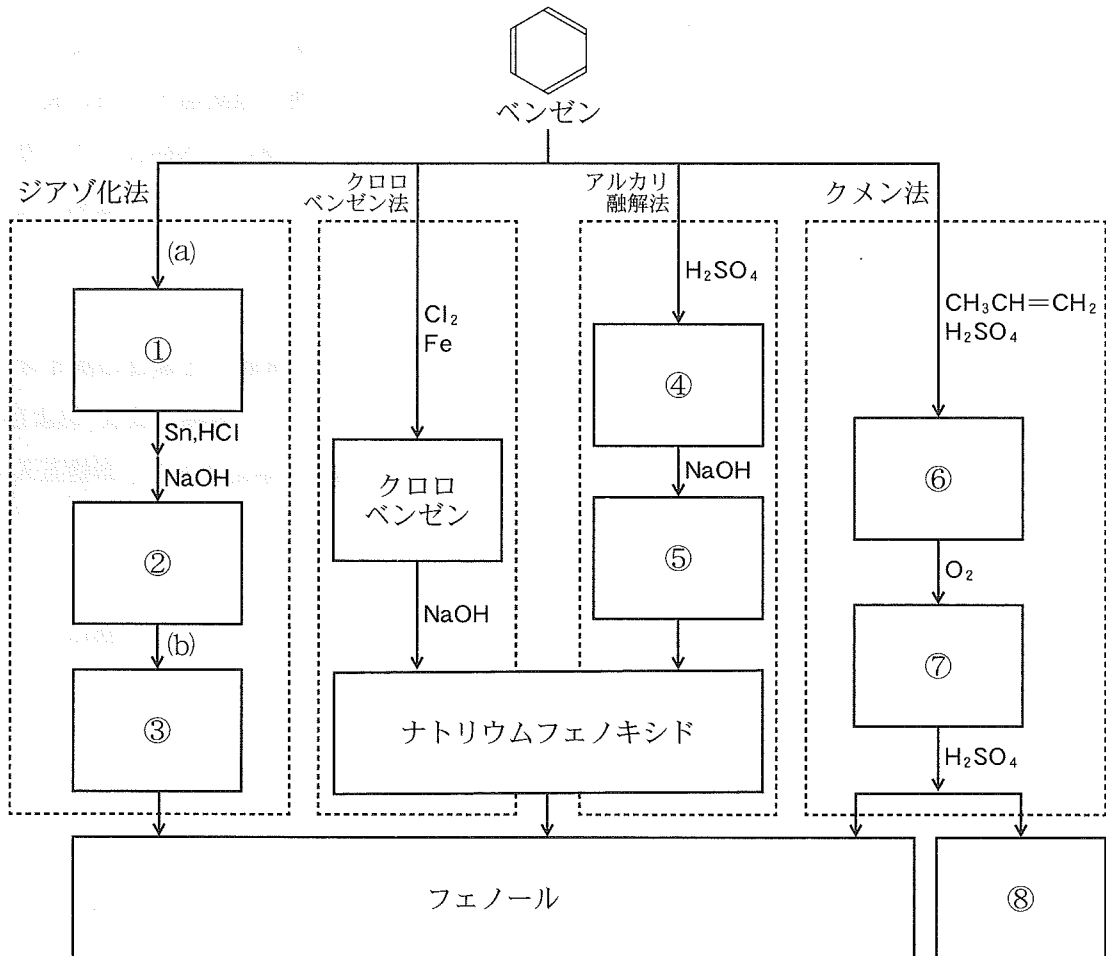
表 1 アミノ酸の電離定数

	K ₁ (α 炭素に結合する COOH)	K ₂ (α 炭素に結合する NH ₃ ⁺)	K ₃ (側鎖)
AA ₁	3.0 × 10 ⁻² mol/L	2.0 × 10 ⁻¹⁰ mol/L	2.0 × 10 ⁻⁴ mol/L
AA ₂	6.0 × 10 ⁻³ mol/L	1.0 × 10 ⁻⁹ mol/L	1.5 × 10 ⁻¹¹ mol/L
AA ₃	4.0 × 10 ⁻³ mol/L	4.0 × 10 ⁻¹⁰ mol/L	—

2 以下の文を読み、問いに答えよ。

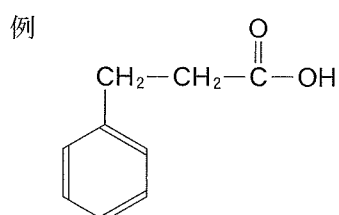
ベンゼン環にヒドロキシ基が直接結合した化合物をフェノール類とよぶ。この中で、単一のヒドロキシ基以外の官能基を持たないものがフェノールであり、合成樹脂や医薬品の原料などとして広く利用されている。

問 1 ベンゼンを原料とした代表的なフェノールの合成法を示す。



1) 図中の①～⑧に入る正しい化合物の名称を答えよ。

2) 次の例を参照し、③および⑦の構造式を書け。



- 3) (a)および(b)について、次の選択肢から加える試薬と手順の組み合わせとして最も適切なものを選び。なお、試薬に関しては1種類とは限らない。

試薬

- (ア) 酸素
- (イ) 窒素
- (ウ) 希塩酸
- (エ) 濃塩酸
- (オ) 濃硫酸
- (カ) 濃硝酸
- (キ) スズ
- (ク) 塩化鉄(Ⅲ)
- (ケ) 水酸化ナトリウム
- (コ) 亜硫酸ナトリウム
- (サ) 亜硝酸ナトリウム
- (シ) 硫酸アンモニウム

手順

- (ア) 290—300℃に加熱する。
- (イ) 加圧条件で100℃に加熱する。
- (ウ) 約60℃で加熱する。
- (エ) 室温で反応させる。
- (オ) 0—5℃で反応させる。

問 2 フェノールに水酸化ナトリウム水溶液を加えると溶解する。さらにこの溶液に二酸化炭素を十分に通じると白濁する。下線部の反応式を書け。また、5.00 g のフェノールから得られたナトリウム塩と過不足なく反応する標準状態の二酸化炭素の体積(L)を計算し、四捨五入のうえ小数第二位まで求めよ。なお、理想気体の標準状態におけるモル体積を22.4 L/mol とする。

問 3. フェノールはさまざまな医薬品の原料となる。フェノールを(①)と反応させ、生じた結晶を(②)条件下で(③)と反応させ、さらに反応液に(④)を作用させるとサリチル酸が生じる。(⑤)溶液にサリチル酸を加え、さらに少量の濃硫酸を加えて加温すると医薬品 X が生じる。

1) 次の語群から、①～④に該当する適切な語句を選べ。

[語群]

- | | | |
|---------------|--------------|--------------|
| (ア) 氷 冷 | (イ) 常 温 | (ウ) 高温・高圧 |
| (エ) 煮 沸 | (オ) 酸 素 | (カ) 窒 素 |
| (キ) 二酸化炭素 | (ク) 塩 素 | (ケ) 希硫酸 |
| (コ) 濃硫酸 | (サ) 水酸化ナトリウム | (シ) 硝酸アンモニウム |
| (ス) 炭酸水素ナトリウム | (セ) 塩化鉄(Ⅲ) | (ソ) ・ス ズ |

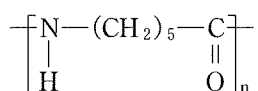
2) 医薬品 X の可能性として、サリチル酸メチルとアセチルサリチル酸が挙げられる。それぞれの化合物を合成するのに適する⑤の名称を答えよ。

化 学 (その2)

3 合成繊維に関する以下の問に答えよ。

重合体の構造式を記す場合は、次の例にならい、高分子鎖の末端部の構造は省略して記すこと。

(例) ナイロン6



A. ポリエステルはジカルボン酸と2価のアルコールが縮合重合することにより生成される。代表的なポリエステルであるポリエチレンテレフタレートは、(a)をジカルボン酸として、(b)を2価のアルコールとして原料に用いている。

問1 上記の文章中の(a)と(b)に入る物質の名前を答えよ。

問2 ポリエチレンテレフタレートの重合度をnとして、上記の(a)と(b)からポリエチレンテレフタレートが生成される反応式を書け。

問3 直鎖状のポリエチレンテレフタレートを85.1g生成したところ、分子鎖の両端がヒドロキシ基となった。このポリエチレンテレフタレートを完全にけん化するのに必要な水酸化ナトリウムは理論量で35.2gであった。このポリエチレンテレフタレートの平均分子量とけん化によって生じる物質(b)の質量[g]をそれぞれ四捨五入の上、有効数字3桁で答えよ。

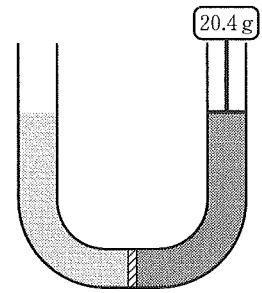
B. 紡糸したポリビニルアルコール100gをアセタール化してビニロンを生成した。ビニロンの生成においては、元のポリビニルアルコールのx%のヒドロキシ基がアセタール化されたものとする。以下の問に答えよ。

問1 ポリビニルアルコールの重合度をnとして、元のポリビニルアルコールのx%のヒドロキシ基がアセタール化されてビニロンを生成する反応式を書け。

問2 生成されたビニロンは、元のポリビニルアルコールよりも6.00g質量が増加していた。元のポリビニルアルコールの持つヒドロキシ基のうち何%がアセタール化されたか整数で答えよ。小数点以下の値が出た場合には四捨五入せよ。

4 以下の問に答えよ。

問 1 U字管の中央部を半透膜で左右対称に仕切り、右側には液面から受ける力(重さ)を計測できる重量計を設置した。この重量計自体の質量は無視でき、液面には重量計の重さがかからないものとする。U字管の半透膜の両側に純水を入れて重量を計測すると、重量計は 0.0 g の値を示した。



U字管の左側には上部を開放したまま 50.0 mL の純水を入れ、右側には電離も会合も起こすことのない物質を 0.50 g 溶かした水溶液 50.0 mL を入れて全体を $27.0\text{ }^\circ\text{C}$ に保ち、しばらく放置したところ、右側の重量計は 20.4 g の値を示して値が安定した。その際、U字管内の液面の高さに変化は生じていないものとする。この物質の分子量を四捨五入のうえ有効数字3桁で答えよ。U字管の断面積は 3.00 cm^2 、この水溶液および純水の密度はいずれも 1.00 g/cm^3 とする。

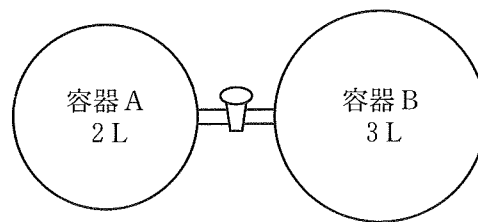
また、必要があれば次の数値を用いよ。

水銀の密度は 13.6 g/cm^3 、大気圧は $1.0 \times 10^5\text{ Pa}$ ($= 76.0\text{ cmHg}$)、気体定数 $R = 8.30 \times 10^3\text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ とする。

問 2 一定の温度と圧力のもとで窒素と酸素とアルゴンを混合して空気に近い混合気体を作った。酸素原子の数はアルゴン原子の数の44倍であり、混合気体の見かけの分子量は 28.95 だった。混合気体中の窒素の体積パーセントが 78.15% であるとき、アルゴンの体積パーセントはいくつか。四捨五入のうえ小数点以下第2位まで求めよ。

問 3 スキューバダイビングで使用するボンベには、減圧症の予防のため通常の空気に酸素を加えることで、減圧症の原因となる窒素の分圧を変えているものがある。ボンベ内の気体が窒素と酸素の2種類のみで構成されているとし、その混合気体の密度が標準状態で 1.309 g/L である場合、混合気体中の酸素の体積パーセントを四捨五入のうえ小数点以下第1位まで求めよ。なお、標準状態における気体 1 mol の体積を 22.4 L とする。

問 4 内容積が 2 L の容器 A と 3 L の容器 B は図のようにコックの部分で接続されている。容器 A には 27 °C において圧力 2.0×10^5 Pa の窒素が詰められている。一方容器 B は真空中で、現在コックは閉じられている。コックを開けた



後、容器 A を 27 °C に、容器 B を 77 °C にそれぞれ保つと、両容器内の圧力が等しくなり平衡に達した。このときの容器全体の圧力は何 Pa となるか。四捨五入のうえ有効数字 2 桁で答えよ。

なお、コックや接続管の容積は無視でき、気体は理想気体として扱うことができ、気体定数 $R = 8.3 \times 10^3$ Pa·L/(K·mol) とする。

問 5 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 140 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。