

令和 2 年度 医学部 入学 試験 問題 冊子

物 理

化 学

生 物

1 月 2 1 日 (火) 9 : 3 0 ~ 1 1 : 1 0

注 意 事 項

1. 開始の指示があるまでは、この冊子を開いてはいけない。
2. この問題冊子は表紙 1 枚、草稿用紙 1 枚、物理問題用紙 3 枚、化学問題用紙 3 枚、生物問題用紙 7 枚の計 1 5 枚である。
3. 乱丁、落丁、印刷不鮮明の箇所があれば、直ちに申し出なさい。
4. 物理、化学、生物の 3 科目のうち、2 科目を選択して解答しなさい。
5. 解答はすべて答案用紙の所定の位置に記入しなさい。
6. この冊子の余白は草稿用に使用してもよい。
7. 試験室内で配付されたものは、一切持ち帰ってはいけない。
8. 終了時刻まで、退出してはいけない。

化

化学

【注意】化学 問題 I～IIIに解答するに当たって、必要があれば次の値を用いよ。

原子量：H=1.0, C=12, O=16, K=39, I=127

化学 問題 I

次の文章を読み、問1～問4に答えよ。なお、物質Xのモル濃度[mol/L]は[X]と表す。また、いずれの水溶液においても温度は25℃とし、水のイオン積(25℃)は、 $K_w = [H^+][OH^-] = 1.00 \times 10^{-14}$ [mol²/L²]とする。

アンモニア水は弱い塩基性を示す水溶液で、水溶液中では次の式①のような電離平衡が成立している。



式①におけるアンモニウムイオンNH₄⁺は、アンモニア分子NH₃の(ア)が、水素イオンに提供され共有されることによってできる。このような共有結合は、特に(イ)結合と呼ばれる。

いま、式①に対して、化学平衡の法則(質量作用の法則)を適用し、この平衡定数をKとしたとき、[H₂O]は事実上一定とみなすことができるため、 $K[H_2O]$ を K_b とおくと、次の式②が得られる。

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]} \quad \dots \textcircled{2}$$

この K_b をアンモニアの電離定数といい、温度が一定ならば、常に一定の値をとる。

また、アンモニア水中における水素イオンのモル濃度[H⁺]は、式③のように、 K_b , K_w , [NH₃], [NH₄⁺]を含む式で表すことができる。

$$[H^+] = \boxed{\text{あ}} \quad \dots \textcircled{3}$$

問1. (ア), (イ)に入る最も適切な用語をそれぞれ記せ。

問2. $\boxed{\text{あ}}$ を、 K_b , K_w , [NH₃], [NH₄⁺]を含む式で表せ。

問3. 6.62×10^{-4} mol/Lのアンモニア水のpHは10.00であった。この水溶液について、次の(1), (2)に答えよ。ただし、電離平衡が成立しているとき、水酸化物イオンとアンモニウムイオンのモル濃度は、近似的に等しいものとする。また、電離度 α が0.05を超える場合には、 $1 - \alpha \approx 1$ の近似は使えないものとする。

(1) アンモニアの電離度を有効数字2桁で答えよ。

(2) アンモニアの電離定数 K_b を有効数字2桁で答えよ。

問4. 1.00×10^{-1} mol/Lのアンモニア水500 mLと 1.00×10^{-1} mol/Lの塩酸250 mLを混合した。この混合液を水溶液Aとして、次の(1)～(3)に答えよ。ただし、混合した塩酸は完全に電離して塩化物イオンを生じ、それと同量のアンモニウムイオンが水溶液中で生じるものとする。また、水溶液Aおよび以下の(3)で調製する水溶液においては、アンモニウムイオンが多量に存在するため、式①で示すアンモニアの電離は無視できるものとする。さらに、アンモニウムイオンの加水分解の寄与は無視でき、異なる種類の水溶液の混合による体積変化はないものとする。アンモニアの電離定数 K_b は、問3の解答の値(有効数字2桁)を用いよ。

(1) 水溶液Aは、少量の酸や塩基を加えても、pHが大きくは変化しない。このようなはたらきをする水溶液は何と呼ばれるか。最も適切な用語を記せ。

(2) 水溶液Aの水素イオンのモル濃度は何mol/Lか。有効数字2桁で答えよ。

(3) 水溶液Aに、 1.00×10^{-1} mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液を50.0 mL加えて混合した。この水溶液中の水素イオンのモル濃度は何mol/Lか。有効数字2桁で答えよ。ただし、加えた水酸化ナトリウムは完全に電離して水酸化物イオンを生じ、それと同量のアンモニウムイオンと反応するものとする。

化

化 学

化学 問題 II

次の【1】，【2】の文章を読み，問1～問5に答えよ。

【1】油脂は，（あ）とさまざまな脂肪酸が（い）化により結合した（い）の混合物であり，常温で固体の油脂を（う），常温で液体の油脂を（え）という。油脂の融点は，油脂を構成する脂肪酸のC=C結合（炭素-炭素原子間の二重結合）の数によって変化し，一般的にC=C結合の数が少なくなると，油脂の融点は高くなる。そのため，不飽和脂肪酸を多く含む（え）に，（①）を触媒として高温で水素を付加させると，油脂の融点が上がり，常温で固体の油脂に変化する。このようにして作られた油脂を（お）という。

油脂に水酸化カリウム KOH 水溶液を加えて加熱すると，けん化されて，（あ）と脂肪酸のカリウム塩が生じる。油脂 1g をけん化するのに必要な水酸化カリウムの質量 [mg] の数値を，けん化価といい，これを測定することで混合物である油脂の平均分子量が推定できる。また油脂 100 g に付加するヨウ素 I₂ の質量 [g] の数値を，ヨウ素価といい，これを測定することで油脂 1 分子中に存在する C=C 結合の平均数が推定できる。

問1. （あ）～（お）に入る適当な語句を記せ。

問2. （①）に入る物質として最も適当なものはどれか。次の（ア）～（エ）から一つ選び，記号で記せ。

（ア）塩化鉄（Ⅲ） （イ）ニッケル （ウ）酸化マンガン（Ⅳ） （エ）リン酸

問3. 油脂 X は，2 種類の不飽和脂肪酸 A, B がさまざまな組み合わせで（あ）と結合してできた，複数種類の（い）の混合物である。この油脂 X について，次の（1）～（3）に答えよ。ただし，油脂 X を構成する（あ）のヒドロキシ基はすべて，脂肪酸のカルボキシ基と（い）結合を形成しているものとする。また，脂肪酸は鎖状の炭化水素基と 1 個のカルボキシ基のみで構成され，脂肪酸中に炭素-炭素原子間の三重結合は存在しないものとする。

（1）油脂 X のけん化価は，235 であった。油脂 X の平均分子量はいくらか。小数第 1 位を四捨五入して，整数で答えよ。

（2）油脂 X のヨウ素価は，124 であった。1 分子の油脂 X に存在する C=C 結合の平均数はいくらか。小数第 2 位を四捨五入して，小数第 1 位まで答えよ。ただし，油脂 X の平均分子量は問 3（1）の解答の値を用いよ。

（3）脂肪酸 A の C=C 結合の数は，脂肪酸 B の C=C 結合の数よりも 2 個多く，脂肪酸 A, B にそれぞれ水素を付加させると，どちらも飽和脂肪酸 C に変化する。油脂 X を水酸化カリウムで完全にけん化した後，塩酸を加えて酸性条件にしたときに生じる脂肪酸 A, B の生成割合を物質量の比（最も簡単な整数比）で記せ。また，脂肪酸 A, B の分子式をそれぞれ記せ。ただし，油脂 X の平均分子量，C=C 結合の平均数は，それぞれ問 3（1），（2）の解答の値を用いよ。

【2】以下の（i）～（iv）のような操作を行ったところ，有機化合物 A～D が生成した。

（i）アセチレンを赤熱した鉄に接触させたところ，アセチレン 3 分子から化合物 A が生成した。

（ii）化合物 A に濃硫酸と濃硝酸の混酸を 60℃ で反応させたところ，化合物 B が生成した。

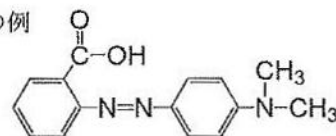
（iii）化合物 B をスズと濃塩酸で還元し，得られた塩に水酸化ナトリウム水溶液を加えたところ，化合物 C が生成した。

（iv）化合物 C に無水酢酸を作用させたところ，化合物 D と酢酸が生成した。

問4. 化合物 A～D の名称を記せ。

問5. 化合物 D の構造式を右の例にならって記せ。

構造式の例



化学 問題 III

次の文章を読み、問1～問9に答えよ。

合成高分子は医療分野でも広範囲に利用されており、たとえば、医薬品が充填されるプラスチック製の注射筒や輸液容器は、患者の安全性や感染防止、治療や看護の作業性向上に寄与してきた。また、最近の機能性高分子化学の発展により、生分解性高分子を利用した抜糸の必要がない縫合糸や、人工透析に用いる高機能半透膜などが開発されている。

ケイ素 Si を含む高分子には多様な形態や用途がある。たとえば、二酸化ケイ素 SiO_2 の結晶は、硬い (A) 結晶であり、融点が (あ) い。二酸化ケイ素から得られるゲル状のケイ酸 $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ は、加熱・脱水すると多孔質の (い) になり、乾燥剤などに使われる。また、電気炉中で二酸化ケイ素を融解し、炭素を用いて還元することによってつくられる高純度の (う) の単体の結晶は、灰色で光沢のある (B) 結晶であり、半導体の性質を示し、コンピュータの集積回路などに使われる。

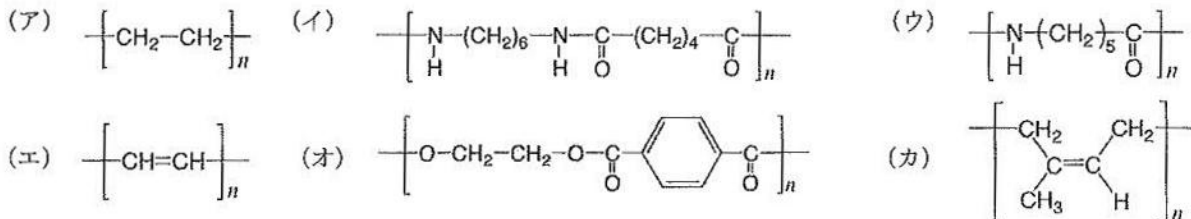
問1. 本文中の (あ) ～ (う) にあてはまる適当な語句あるいは物質の名称を記せ。

問2. 本文中の (A), (B) にあてはまる結晶の種類の名目として適当なものを、次の (ア) ～ (オ) から選び記号で記せ。ただし、同じ記号を用いてもよい。

(ア) 金属 (イ) イオン (ウ) 分子 (エ) 共有結合 (オ) ガラス

問3. 次の (1) ～ (4) の記述にあてはまる高分子化合物の構造式を、以下の (ア) ～ (カ) から選び記号で記せ。

- (1) 世界で最初の合成繊維であり、2種類の単量体を交互に縮合重合させることで得られる鎖状の高分子化合物である。
- (2) 二価アルコールと二価カルボン酸を交互に縮合重合させた鎖状の高分子化合物であり、飲料の容器によく使われる。
- (3) アセチレンの付加重合によって得られる高分子化合物であり、ヨウ素を加えることで金属に近い電気伝導性を示す。
- (4) 植物から採取される高分子化合物であり、乾留することでイソプレンを生じる。



問4. 問3 (1) の高分子化合物の名称、およびその原料である2種類の単量体の名称をそれぞれ記せ。

問5. 問3 (2) の高分子化合物の名称、およびその原料である2種類の単量体の名称をそれぞれ記せ。

問6. 問3 (2) の高分子化合物は、熱を加えるとやわらかくなり、冷却すると硬くなる合成樹脂である。このような性質を示す合成樹脂は何と呼ばれるか。最も適当な名称を記せ。

問7. 問3 (3) の導電性高分子化合物の発見と開発によりノーベル化学賞を受賞した日本の化学者はだれか。次の (ア) ～ (カ) から選び記号で記せ。

(ア) 福井謙一 (イ) 野依良治 (ウ) 白川英樹 (エ) 田中耕一 (オ) 下村脩 (カ) 吉野彰

問8. 問3 (4) の高分子化合物にイオウの粉末を加えて加熱すると、より弾性に富む化合物になる。この操作は何と呼ばれるか。最も適当な名称を記せ。

問9. 生分解性高分子であるポリ乳酸は乳酸 $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ を原料として合成されるが、単量体の乳酸から直接重合反応によって高分子量のポリ乳酸を合成することは困難である。そこで、乳酸2分子を脱水縮合させた環状二量体 (ジラクチド) を合成し、これを開環重合させると高分子量のポリ乳酸ができる。次の (1) ～ (3) に答えよ。

(1) ジラクチドの構造式を右の例にならって記せ。

構造式の例

(2) 重合度 n のポリ乳酸の構造式を記せ。なお、構造式は問3の構造式

(ア) ～ (カ) にならって記せ。

(3) 重合度 500 のポリ乳酸に含まれる炭素の質量百分率 [%] を求め、整数で記せ。

