

令和5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～6 ページ
化 学	7 ページ～12 ページ
生 物	13 ページ～22 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 22 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 (i) と (ii) を読み、以下の間に答えよ。なお、原子量は水素 1.0、酸素 16、ナトリウム 23、塩素 35 とする。また、ファラデー定数  $F$  を  $9.6 \times 10^4 \text{ C/mol}$ 、気体定数  $R$  を  $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$  とする。(配点 34)

(i) 滋賀県は古くから物流の拠点としても重要であった。近江塩津駅の駅名の由来になった塩津は、若狭湾で作った食塩を運ぶ港だったことからその名がある。日本において、食塩は主に海水から水を除去することにより得られるが、海水には NaCl 以外にもさまざまな化合物が含まれている。ここでは海水のモデル水溶液として、質量パーセント濃度が 3% の NaCl と、質量パーセント濃度がそれぞれ 0.3% 以下の  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  からなる中性の水溶液から、以下の手順で高純度の NaCl を得た。

- ① 水溶液に水酸化カルシウム水溶液を加えると 1 種類の弱塩基性の物質が沈殿した。
- ② 新たな沈殿が生じなくなるまで水酸化カルシウム水溶液を加えた後、塩化バリウム水溶液を加えると、新たに X 線造影剤として用いられる 1 種類の物質が沈殿した。新たな沈殿が生じなくなるまで塩化バリウム水溶液を加えた後、沈殿をろ別した。
- ③ ろ液に炭酸ナトリウム水溶液を加えると 2 種類の物質が沈殿した。新たな沈殿が生じなくなるまで炭酸ナトリウム水溶液を加えた後、沈殿をろ別した。
- ④ ろ液を希塩酸で完全に中和した後、煮沸した。さらに、体積が約 1/30 になるまで濃縮し、それをろ過すると、固体として高純度の NaCl 結晶が得られた。

問 1 上記の実験について、以下の間に答えよ。

- (1) 下線部 (ア)~(ウ) について、沈殿した物質の化学式を記せ。
- (2) 下線部 (エ) について、適切な中和指示薬の名称を記し、その指示薬を使用する理由を以下の語群から 3 つ選んで 20 字程度で述べよ。

炭酸イオン、炭酸水素イオン、変色域、等電点、中和点、緩衝作用

- (3) 下線部 (エ) について、煮沸後のろ液に含まれる陽イオンのイオン式を、濃度の高いものから順に 2 種類記せ。

問 2 塩化ナトリウムを約 800 °C で融解して 1.0 A の電流を 80 分間流すと、一方の電極からは気体が発生した。

- (1) (a) 陽極および (b) 陰極で起こる反応を、それぞれ電子を含むイオン反応式で答えよ。
- (2) 電気分解された塩化ナトリウムの質量を有効数字 2 桁で求めよ。
- (3) 下線部 (オ) の気体を電気分解以外で生成させる方法を 1 つあげ、化学反応式で答えよ。

(ii) 以下の手順で、アルミニウムと水酸化ナトリウム水溶液<sup>(カ)</sup>を反応させて気体を発生させる実験を行った。なお、実験は  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $1.0 \times 10^5\text{ Pa}$  の実験室で行い、気体の水への溶解および反応溶液からの水の蒸発、 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  における水蒸気分圧は無視できるものとする。

① アルミニウム片  $22.0\text{ mg}$  を切り取り、表面をサンド<sup>(キ)</sup>ペーパーで削った後、秤量したところ、 $19.8\text{ mg}$  であった。

② 削った後のアルミニウム片と  $8.0\text{ mol/L}$  水酸化ナトリウム水溶液  $10\text{ mL}$  を、それぞれ、ふ<sup>(ク)</sup>たまた試験管に入れた。

③ ふたまた試験管にゴム栓をし、ビニール管の先端を、水槽中に水を満たして倒立させたメスシリンダーに導いた。

④ ふたまた試験管を傾けて水酸化ナトリウム水溶液をアルミニウム片へと流し込み、試験管を  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  で加熱すると、気体が発生した。

⑤ 気体の発生が停止した<sup>(ケ)</sup>後、試験管を室温まで冷やし、メスシリンダー内の水面の高さを水槽<sup>(コ)</sup>の水面の位置に合わせ、捕集された気体の体積を読み取ると、 $24.9\text{ mL}$ <sup>(サ)</sup>であった。

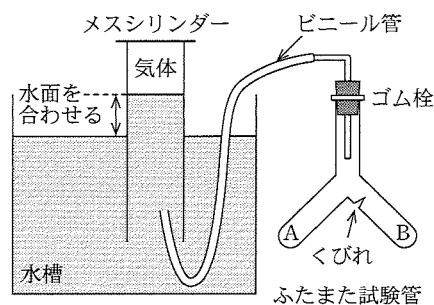


図 1

問 3 上記の実験について、以下の問に答えよ。

- (1) 下線部 (カ) の反応について、化学反応式で答えよ。
- (2) 下線部 (キ) について、サンドペーパーで削られた主な物質を物質名で 2 つ記せ。
- (3) 下線部 (ク) について、反応前におけるアルミニウム片の適切な位置は、図 1 に示す A、B のうちどちらか、記号で答えよ。また、その理由を答えよ。
- (4) 下線部 (ケ) について、使用したアルミニウム片が完全に反応したときに発生すると予想される気体の物質量を有効数字 2 桁で求めよ。ただし、アルミニウムの原子量を  $27$  とする。
- (5) 下線部 (コ) について、図 1 を参考にして本操作の理由を 20 字程度で答えよ。
- (6) 下線部 (サ) について、仮に手順 ①～⑤ の実験結果に誤差がまったく含まれず、完全に正しいとすると、アルミニウムの原子量は計算上いくつになるか。整数値で答えよ。

II 次の文章を読み、以下の問に答えよ。ただし、大気圧を  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  とし、 $20^\circ\text{C}$ 、 $70^\circ\text{C}$ 、 $100^\circ\text{C}$ 、 $120^\circ\text{C}$  における飽和水蒸気圧を、それぞれ  $2.3 \times 10^3 \text{ Pa}$ 、 $3.1 \times 10^4 \text{ Pa}$ 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  とする。また、必要ならば、 $\log_e 10 = 2.3$ 、気体定数  $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ 、原子量として水素 1.0、窒素 14、酸素 16 を用いよ。(配点 33)

消毒と滅菌は、感染症を予防する上で重要な基本的手段である。消毒は、感染や腐敗が起きない水準以下になるまで微生物を殺滅したり、毒素となるタンパク質を失活させることを指し、次亜塩素酸ナトリウムや過酸化水素水などの消毒薬による処理や、 $100^\circ\text{C}$ 、1気圧の水蒸気による加熱などの方法がある。滅菌は、より厳しい条件で、すべての微生物や毒素を殺滅または失活させることを指し、 $120^\circ\text{C}$ 、2気圧程度の水蒸気で20分間処理する高圧蒸気滅菌法、乾燥状態で $180^\circ\text{C}$ 、30分間加熱する乾熱滅菌法などがある。水の存在下では、乾燥状態よりも毒素や酵素などのタンパク質が壊れやすく、より低い温度で滅菌や消毒ができる。

問 1 以下の問に答えよ。

- (1) 下線部 (ア) について、(a) 化学式と (b) 塩素原子の酸化数を答えよ。
- (2) 下線部 (イ) について、過酸化水素の酸素原子の酸化数を答えよ。
- (3) 次亜塩素酸以外の塩素のオキシ酸を酸性の強い順に3つあげ、それぞれ物質名を答えよ。
- (4) 過酸化水素が塩基性条件で酸化剤としてはたらくときの反応を、電子を含むイオン反応式で答えよ。
- (5) 下線部 (ウ) の主な理由を、以下の語群から2つ選んで、20字程度で述べよ。

加水分解、脱水縮合、酸化、ペプチド結合、親水性

問 2 以下の文章および図1は、高圧蒸気滅菌の装置の概要を説明したものである。

開閉可能なバルブが付いた容器があり、バルブが閉まると内部は完全に密閉される。最初はバルブが開いた状態であり、容器の底に水を入れて加熱すると水蒸気が発生し、空気をバルブから追い出しながら、容器の内部が水蒸気で満たされていく。空気が完全に追い出された後、 $100^\circ\text{C}$  になった時点でバルブが自動的に閉まり、そのまま加熱を続けることで容器内の温度と圧力が上昇していく。温度が  $120^\circ\text{C}$  に到達したら、その温度が20分間維持されて、容器内が滅菌される。滅菌が完了したら温度が下がり、 $100^\circ\text{C}$  になった時点でバルブが自動的に開いて、その後、室温まで冷却されていく。

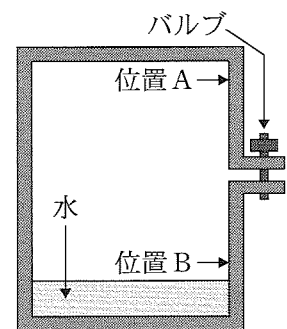


図 1

- (1) 下線部 (イ) について、空気を追い出しやすくするためには、バルブの位置は図1の位置Aと位置Bのどちらがよいかを答えよ。また、その理由を15字程度で述べよ。なお、位置Bは水面よりも十分上にあり、液体の水があたらない高さにあるものとする。
- (2) この容器に水5.0Lを入れて高压蒸気滅菌を行った。加熱を開始すると、容器内の温度は20℃から、1分間あたり5.0℃ずつ上昇して120℃まで到達した。このとき容器内の気体の体積は83Lであった。その後、120℃の状態を20分間維持して滅菌した後、容器内の温度は1分間あたり2.5℃ずつ低下しながら70℃になった。
- (a) 加熱を開始した時間を0として、縦軸を容器内の圧力[Pa]、横軸を時間[min]とするグラフの概要を示せ。ただし、バルブが開閉する時間を横軸に書き込むこと。
- (b) 120℃になったとき、容器内に存在する水蒸気の質量[g]を有効数字2桁で求めよ。ただし、容器内の空気は完全に追い出されているものとする。
- (c) 最初からバルブを閉めたまま、温度を20℃から120℃まで上昇させた場合、容器内の気体の圧力[Pa]はいくらになるか、有効数字2桁で求めよ。ただし、容器内の気体の体積は常に83Lであり、空気は理想気体としてふるまい、20℃における飽和水蒸気圧は十分小さく無視できるものとする。

問3 20℃の水90g(液体)が、すべて完全に120℃の水蒸気になるときに吸収する熱量[kJ]を有効数字2桁で求めよ。ただし、このときの水の比熱を4.2J/(g・K)、水蒸気の比熱を2.1J/(g・K)、100℃における水の蒸発熱を41kJ/molとする。

問4 黄色ブドウ球菌がつくるタンパク質Aは、食中毒を引き起こす毒素である。濃度 $[A]_0$  [mol/L]のタンパク質Aを含む水溶液を100℃または120℃の飽和水蒸気中で加熱すると、不可逆的に反応して失活した。このとき、タンパク質Aの濃度を $[A]$  [mol/L]とすると、加熱した時間 $t$  [min]と $\log_{10}([A]/[A]_0)$ の関係は図2のようになった。

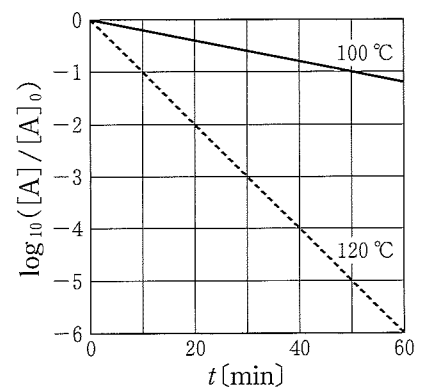


図2

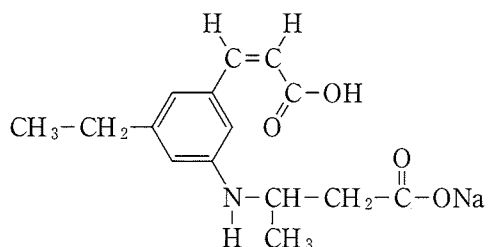
- (1) タンパク質Aを120℃で20分間処理したときと同じ程度に失活させるには、100℃で何分間の処理が必要か。整数値で答えよ。
- (2) この反応の速度定数を $k$  [1/min]とすると、以下の式が成り立つ。(a) 100℃および(b) 120℃における速度定数 $k$ を、それぞれ有効数字2桁で求めよ。

$$[A] = [A]_0 e^{-kt} \quad (\text{式})$$

Ⅲ 次の文章を読み、以下の問に答えよ。原子量として水素 1.0, 炭素 12, 酸素 16 を用いよ。

なお、構造式は例にならって記せ。(配点 33)

例)



- (a) 化合物 A~D は炭素, 水素, および酸素のみからなる有機化合物であり, さまざまな高分子材料の原料として用いられる。いずれも分子内に C=C 結合を 1 つとエステル結合を 1 つ有しており, 分子量は 150 以下である。
- (b) 化合物 A は分子式  $C_5H_8O_2$  をもち, 加水分解により化合物 E と化合物 F が生成する。
- (c) 化合物 E はメチル基をもち, 炭酸水素ナトリウムと反応して気体を発生する。<sup>(ア)</sup>
- (d) 化合物 E は臭素と反応し, 分子内に不斉炭素原子を 1 つもつ化合物が生成する。<sup>(イ)</sup>
- (e) 化合物 F を酸化して得られるカルボン酸は銀鏡反応を示す。<sup>(ウ)</sup>
- (f) 化合物 B を加水分解すると, 化合物 E と化合物 G が生成する。
- (g) 65.0 mg の化合物 B を完全燃焼させると, 132 mg の二酸化炭素と 45.0 mg の水が生じる。
- (h) 化合物 G は分子式  $C_2H_6O_2$  をもち, 酸化すると還元剤としてはたらくことが知られているジカルボン酸 Hが生成する。<sup>(エ)</sup>
- (i) 化合物 C は化合物 A の異性体であり, 加水分解により C=C 結合を 1 つもつカルボン酸と, ヨードホルム反応を示すアルコールが生成する。
- (j) 化合物 D は化合物 A の異性体であり, 加水分解によりカルボン酸 I と, 銀鏡反応を示す中性化合物 J が生成する。カルボン酸 I および化合物 J は臭素水を脱色しない。

- 問 1 下線部 (ア) について、ナトリウムフェノキシドをこの気体と高温高压で反応させたときの生成物の構造式を記せ。
- 問 2 下線部 (イ) について、不斉炭素原子とは何か。30 字以内で説明せよ。
- 問 3 下線部 (ウ) について、銀鏡反応のために加える薬品の名称を記せ。
- 問 4 化合物 B の分子式を求めよ。
- 問 5 化合物 A, B, C の構造式を記せ。
- 問 6 化合物 E について、ベンゼン溶液の凝固点降下を測定したところ、分子量から予想される値よりもかなり小さくなった。この理由を 20 字以内で述べよ。
- 問 7 下線部 (エ) について、ジカルボン酸 H が還元剤としてはたらくときの反応を、電子を含むイオン反応式で答えよ。
- 問 8 0.40 g の化合物 A の重合体(ポリマー)をトルエンに溶かして 0.10 L にした希薄溶液は、27 °C において  $6.0 \times 10^3$  Pa の浸透圧を示した。このポリマーの平均重合度はいくらか。有効数字 2 桁で求めよ。なお、ファントホッフの法則における定数  $R$  は  $8.3 \times 10^3$  Pa·L/(K·mol) とする。
- 問 9 化合物 J について、可能性のある構造式をすべて記せ。