

2017 年度入学試験問題(前期)

理 科 (問 題)

注 意

- 1) 理科の問題冊子は全部で 30 ページあり、問題数は、物理 4 問、化学 4 問、生物 5 問である。白紙・余白の部分は計算・下書きに使用してよい。
- 2) 別に解答用紙が 3 枚ある。解答はすべてこの解答用紙の指定欄に記入すること。指定欄以外への記入はすべて無効である。
- 3) 3 枚の解答用紙のすべての所定欄に、それぞれ受験番号を記入すること。氏名を記入してはならない。なお、記入した受験番号が誤っている場合や無記入の場合は、当該科目の試験が無効となる。また、※印の欄には何も記入してはならない。
- 4) 理科は物理・化学・生物のうち 2 科目を選択して解答すること。選択しない科目の解答用紙には(受験番号は忘れず記入の上)用紙全体に大きく×印をつけて、選択しなかったことがはっきりと分かるようにすること。
- 5) 3 科目全部にわたって解答したもの、および解答用紙 3 枚のうち 1 枚に×印のないものは、理科の試験全部が無効となる。
- 6) 問題冊子、解答用紙はともに持ち出してはならない。
- 7) 試験終了時には、問題冊子の上に、解答用紙を裏返して、下から順に物理、化学、生物の解答用紙を重ねて置くこと。解答用紙、問題冊子の回収後、監督者の指示に従い退出すること。

化 学

[注意] 問題を解く際に、必要ならば、次の値を用いなさい。

原子量 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$,

$Na = 23.0$, $Cl = 35.5$, $K = 39.1$

気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

I 次の文章を読み、問1～問4に答えなさい。

式量がそれぞれ 331.2 と 166.0 の二つの化合物 A, B がある。この両者の水溶液を混合すると、沈殿を生じた。そこで、この化合物 A, B が反応するときの量的関係を調べるために、次のような実験を行った。化合物 A (あ) g を 250 mL のメスフラスコに量り取り、水を加えて溶解し、0.500 mol/L の水溶液 A を調製した。もう一つ用意した 250 mL のメスフラスコには、化合物 B (い) g を量り取り、1.00 mol/L の水溶液 B を調製した。これらの水溶液を下の表に示したように、混合割合を変化させて三角フラスコに加えた。どれも全量は 50.0 mL であった。これらの混合溶液をよく混ぜ合わせると、どの溶液にも沈殿が生じた。この沈殿をそれぞれ、すべて回収し、乾燥させてその質量を量った。その結果を下の表にまとめた。

なお、沈殿はすべて同じ化合物で、結晶水を含んでいない。

| | | | | | | | |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 加えた水溶液 A の量 (mL) | 10.0 | 15.0 | 20.0 | 25.0 | 30.0 | 35.0 | 40.0 |
| 加えた水溶液 B の量 (mL) | 40.0 | 35.0 | 30.0 | 25.0 | 20.0 | 15.0 | 10.0 |
| 沈殿の質量 (g) | 2.28 | 3.43 | 4.57 | 5.75 | 4.60 | 3.44 | 2.30 |

問1 (あ), (い)に入る数値を、解答欄(あ), (い)にそれぞれ有効数字3桁で答えなさい。

問 2 この実験結果をグラフに表しなさい。ただし、グラフは水溶液 A の液量を横軸、生成した沈殿の質量を縦軸とする。

問 3 この実験結果から、反応する化合物 A と B の量的関係を答えなさい。

問 4 化合物 X と Y は、 $X + nY \rightarrow P$ の反応式に従って化合物 P を定量的に生成する。それぞれ C_X , C_Y mol/L の濃度に調製した化合物 X と Y の溶液 X, Y がある。この溶液 X, Y をそれぞれ x mL と y mL 加えて、全量が一定の t mL になるよう混合した(溶液の混合や反応による液量の変化は無視できるものとする)。この混合によって生成する化合物 P の物質量は、 p mol であった。生成した化合物 P の物質量(p)を n , x , t , C_X , C_Y を用いた式で表わすと、 x が (i) 以下のときは (ii) となり、 x が (i) を超えた場合は (iii) となる。

(i) ~ (iii) に入る適切な文字式を解答欄(i)~(iii)に答えなさい。

II 次の二つの文章に関する問1～問6に答えなさい。

エチレンと塩化水素を混合すると、付加反応が起きた。しばらく反応させた後、この混合気体を水酸化ナトリウム水溶液に通して未反応の塩化水素を取り除いたところ、27℃、1000 hPaで、2.00 g/Lの混合気体を得た。ただし、エチレンや生成物は水酸化ナトリウム水溶液に溶解しないものとする。

問1 下線部の混合気体でのエチレンの分圧は何Paになるか、有効数字3桁で答えなさい。

問2 反応したエチレンの割合は何%か、小数点以下1桁で答えなさい。

2価アルコールのエチレングリコール(1,2-エタンジオール)を硫酸酸性のもとで二クロム酸カリウムと反応させると化合物Aが生成する。この化合物Aを、過マンガン酸カリウムを溶解した硫酸水溶液に加えていくと、過マンガン酸イオンの赤紫色はほとんど消えた。

また、二酸化硫黄は化合物Bを酸化し、化合物Cを還元することが知られている。

[化合物B, Cの候補]

二酸化炭素, 二硫化炭素, 四塩化炭素, メタン, 過酸化水素, 硫化水素

問3 化合物Aの化合物名を答えなさい。

問4 下線部の反応をイオン反応式で書きなさい。

問5 化合物Bを[化合物B, Cの候補]の中から選び、二酸化硫黄との反応を化学反応式で書きなさい。

問6 化合物Cを[化合物B, Cの候補]の中から選び、二酸化硫黄との反応を化学反応式で書きなさい。

Ⅲ 次の文章を読み、問 1～問 4 に答えなさい。

第二次世界大戦後、日本人の食生活は大きく様変わりしている。食卓には西洋風の料理が多く取り入れられ、脂質の摂取量が増加している。肉や乳製品などの摂取が増えるとともに、唐揚げなどの揚げ物へと嗜好も変化している。揚げ物などの調理には多量の油脂を必要とし、高温での調理に利用すると、油脂が(あ)されて(い)を生成し、油脂の劣化が起こる。そのため、油脂の交換の目安の一つとして、油脂 1g 中に存在する遊離の(い)を中和するのに必要な水酸化カリウムの mg 数で表す酸価を測定し、例えば「弁当及びそうざいの衛生規範」においては、酸価 2.5 を超える油脂で調理してはいけないとされている。これらの結果、生じる使用済み油は国内で年間 45 万トンを超え、廃棄物の削減や環境保護の観点でセッケンやディーゼル燃料へと再利用が試みられている。

これらの油脂の劣化に関して、以下の問に含まれる実験を行った。ただし、実験に用いた油脂は、すべてオレイン酸(炭素数が 18 で、二重結合を 1 つ含む)のみからなる中性脂肪(トリオレイン)であるとする。

問 1 (あ)、(い)に入る適切な語句を、解答欄(あ)、(い)にそれぞれ漢字四文字および漢字三文字で答えなさい。

問 2 トリオレインを材料にセッケンを合成する反応を化学反応式で答えなさい。ただし、オレイン酸は $R-COOH$ として表しなさい。

問 3 44.2 g のトリオレインからセッケンを作った。生成したセッケンの質量を有効数字 3 桁で答えなさい。ただし、トリオレイン以外の原料は十分にあるものとする。

問 4 トリオレインからディーゼル燃料の作成を試みた。水酸化カリウムを溶かしたメタノール溶液をトリオレインに作用させると、エステル交換反応が起こり、トリオレインを構成するアルコール成分がメタノールに置き換えられる。この反応が終了した後、水溶性成分を除くと、ディーゼル燃料として利用できる化合物が得られた。

下線部のアルコールの名称を解答欄(i)に、そして得られた化合物の名称とその分子式をそれぞれ解答欄(ii), (iii)に答えなさい。

IV 次の文章を読み、問1～問3に答えなさい。

小腸から吸収されたグルコースは血流に乗り肝臓に運ばれ、その後エネルギー源として筋肉や脳などで利用される。肝臓では、余剰のグルコースは主にグリコーゲン【分子式(X)_nの多糖類】に変換されて貯蔵される。蓄えられたグリコーゲンは、必要に応じてグルコースへと分解され、血糖値の維持などに利用される。また、運動時には、筋肉の収縮に伴いATP(アデノシン三リン酸)が消費される。このATPは、おもに筋肉に貯蔵されているグリコーゲンから生成したグルコースの分解反応(グルコース代謝)により産生される。

グルコース代謝によるATP生成について考えると、まず解糖系において、1 molのグルコースが分解されて2 molのピルビン酸が生じるとともに、2 molのATPと2 molのNADH(還元型ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド)が産生される。つづいて、好気呼吸(細胞呼吸)におけるグルコース代謝で、解糖系の反応で生成された2 molのピルビン酸からTCA回路を含む反応過程によって、2 molのGTP(グアノシン三リン酸)、8 molのNADHと2 molのFADH₂(還元型フラビンアデニンジヌクレオチド)が産生される。これらの反応と先の解糖系の反応により、グルコースは完全に分解され、ATPとGTP以外にグルコース1 molから合計10 molのNADHと2 molのFADH₂が産生されることになる。これらのNADHとFADH₂および呼吸により取り入れた6 molの酸素分子を用いた電子伝達系での酸化リン酸化反応によって、さらに最大34 molのATPが産生される。

問1 (ア)～(ウ)の記述で、誤っている箇所を解答欄の(誤)の欄に書き、適切な記述になるように(正)の欄に改めなさい。ただし、(ア)～(ウ)の二重下線部は変化させず、訂正箇所がもっとも短くなるように訂正しなさい。なお、記述が正しい場合は、(誤)の欄に○を記入しなさい。

- (ア) トレハロースは、β-グルコース2分子がグリコシド結合した二糖類で、還元性を示さない。
- (イ) スクロースは、加水分解されるとグルコースとフルクトースになり、その生成物の水溶液は還元性を示す。
- (ウ) フルクトースは、アルドースの一つで、環状構造では4個の不斉炭素原子を含む。

問 2 下線部①の X に入る適切な化学式を答えなさい。

問 3 安静時に、ヒトが 1 回の呼吸により取り込む空気の量は、体重 1 kg あたり $8 \sim 10 \text{ cm}^3$ であり、呼吸数は 1 分間あたり 14~20 回といわれている。なお、空気は窒素と酸素のみで構成されており、その内訳は窒素 80 %、酸素 20 % であるとして、次の(i)~(v)について、解答欄(i)~(v)に答えなさい。

- (i) 空気の平均分子量を小数点以下 1 桁で求めなさい。
- (ii) 1 回の呼吸による空気の取り込み量を体重 1 kg あたり 8.31 cm^3 、1 分間の呼吸数を 20 回としたとき、体重 60.0 kg の A 君が、安静の状態で一日に取り込む酸素の物質量はいくらになるか、有効数字 3 桁で答えなさい。ただし、空気は 27°C 、 1000 hPa であるとする。
- (iii) A 君の骨格筋を通過する血液量は 1 分間あたり 800 mL であり、血液量 1 mL あたり $3.00 \times 10^{-6} \text{ mol}$ の酸素が骨格筋で消費されている。骨格筋で 1 日に消費される酸素の物質量はいくらになるか、有効数字 3 桁で答えなさい。
- (iv) 骨格筋で消費された酸素は、全て好気呼吸を含めたグルコース代謝のために使用されたとする。このとき、骨格筋で 1 日に分解されるグルコースの物質量はいくらになるか、有効数字 3 桁で答えなさい。ただし、グルコース代謝において、一連の反応が途中で止まることはなく、グルコースは完全に分解されるものとする。
- (v) (iv)のグルコース代謝により、骨格筋で 1 日に生成される ATP の物質量は最大いくらになるか、有効数字 3 桁で答えなさい。ただし、下線部②で生産された 2 mol の GTP は同量の ATP に変換されるものとする。