

理 科

<監督者の指示があるまで開いてはいけない>

1. 受験票に指定した2科目について、解答を別紙の解答用紙に記入しなさい。
2. 下書きや計算は問題用紙の白紙部分を利用しなさい。
3. 記入中でない解答用紙は必ず裏がえしにしておきなさい。
4. 問題用紙は各科目の試験終了後持ち帰ってもよい。
ただし、試験途中では持ち出してはいけない。

問 題 目 次

物 理	1 ~ 3	ページ
化 学	4 ~ 8	ページ
生 物	9 ~ 15	ページ

化 学

問題を解くにあたって必要があれば次の数値を使用せよ。

原子量 $H = 1.00$ $C = 12.0$ $N = 14.0$ $O = 16.0$ $Cu = 63.5$ $I = 127$

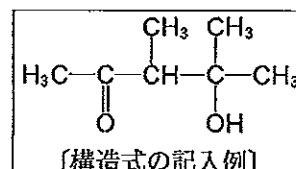
気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{l}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ (C/mol)}$

$\sqrt{2.00} = 1.41$ $\log_{10} 2.00 = 0.300$

計算では、気体は理想気体とみなせ。理想気体のモル体積は標準状態で 22.4 l とする。

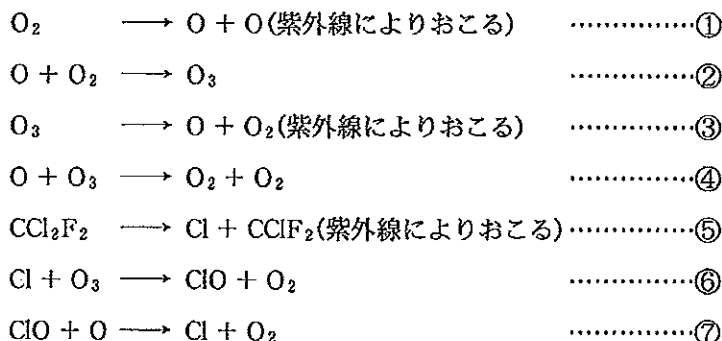
化合物の構造式は右記の記入例にならって記せ。

計算値はすべて四捨五入し、指定された桁数で答えよ。



1. 次の文(I)~(Ⅲ)を読み、下記の問い(問1~問8)に答えよ。

(I) フロンは炭素、塩素、フッ素等からなるクロロフルオロカーボン類の通称である。現在では特定のフロンの製造および使用は禁止され、大気中のフロンの濃度は減少している。しかし、過去に大気中に放出されたフロンの、なおオゾン層を緩やかに破壊しているのも事実である。クロロフルオロカーボンの1つである CCl_2F_2 はオゾン層上部で、紫外線により式⑤に示すように分解を受ける。また、オゾン層では①~④の反応も次々とおこっており、オゾン層は式③の反応により有害な紫外線を吸収して分解する。しかし、オゾン層は式②によって供給されるため一定量に保たれている。オゾン層がフロンにより破壊されると、このバランスが崩れオゾン層にオゾンの濃度が低い部分(オゾンホール)ができる。フロンによるオゾン層の破壊には式⑥、⑦が関与しているといわれている。式⑦の酸素原子は式①、③の反応から供与される。このようにオゾン層が破壊されると地表にとどく有害な紫外線の量が増加して、皮膚ガンをはじめ生物に有害な影響が懸念されている。



問 1. 紫外線によるフロンの分解(式⑤)で生成した1個の塩素原子は、10万個ものオゾン分子を破壊するといわれている。その理由を50字以内で記せ。解答にあたって反応式は使用せず、必要なときは、代わりに式番号を用いよ。また、原子や分子は化学式で示し1字として数えよ。

問 2. 一定の温度、圧力下において、酸素原子3 molからオゾン分子1 molが生成するときに、600 kJ/molの熱を放出した。また、酸素原子2 molから酸素分子1 molが生成するときに、498 kJ/molの熱を放出した。式④の熱化学方程式を記せ。ただし、熱化学方程式に物質の状態を示す必要はない。

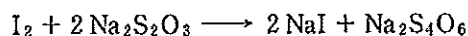
(II) オゾンは酸素の同素体であり、乾いた酸素中で放電(無声放電)をおこなうことにより生成する。オゾンは分解して酸素に変わり、このとき強い酸化作用を示すので、飲料水の殺菌や脱臭に使用されている。

問 3. 標準状態において、2.00 lの酸素中で放電(無声放電)をおこなうと体積が10.0%減少した。生成したオゾンの体積は、何 lになるか。小数点以下第2位まで記せ。

問 4. 標準状態で酸素とオゾンの混合気体の密度を測定したら2.00 g/lであった。混合気体中のオゾンの質量パーセントを整数値で記せ。

問 5. 酸素とオゾンの混合気体を1.00 lの容器に入れて、一定温度にしたところ圧力が 8.08×10^4 Paであった。容器中のオゾンが同じ温度で完全に酸素に分解して容器が酸素だけで満たされたときの圧力は 8.69×10^4 Paであった。もとの 8.08×10^4 Paの混合気体中のオゾンの分圧は何 Paかを計算し、有効数字2桁まで記せ。

(III) オゾン層を形成しているオゾンも、大気下層では大気汚染物質でもある。汚染大気中のオゾンの濃度を測定するために、 27.0°C 、 1.00×10^5 Paの汚染された空気 1.500×10^3 lを中性のヨウ化カリウム水溶液に通してヨウ素を遊離させた。この遊離したヨウ素を0.0100 mol/lのチオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定したところ6.12 mlを要した。ただし、汚染空気中のオゾンのみが、ヨウ素を遊離させるものとする。また、ヨウ素とチオ硫酸ナトリウムの反応は次式のようになる。



問 6. 下線部の反応を化学反応式で記せ。

問 7. 下線部の反応で遊離したヨウ素は何 gかを有効数字2桁まで記せ。

問 8. 汚染空気中のオゾンの濃度は 27.0°C 、 1.00×10^5 Paにおいて、体積で何 ppmか。小数点以下第2位まで記せ。

2. 次の文(I)と(II)を読み、下記の問い(問1～問5)に答えよ。

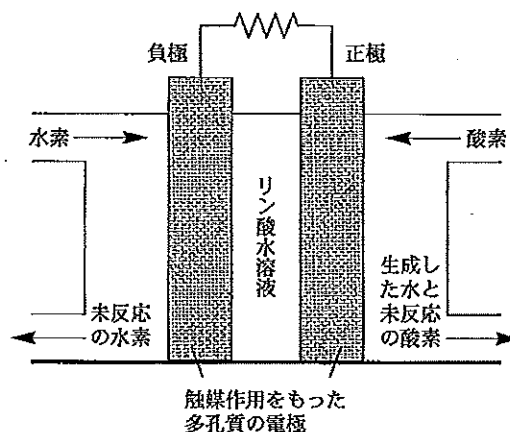
(I) 強酸である硫酸は水溶液中で下記の式1と式2のように2段階で電離する。硫酸は強酸なので第1段階目の電離(式1)は完全におこるが、第2段階目の電離(式2)は、希硫酸の濃度が極めて低い場合を除けば、完全に電離がおこるわけではない。濃度が $1.00 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$ の硫酸水溶液に関して、式1の電離は完全におこり電離度は1であり、式2では電離平衡が成り立ち、その電離定数は $1.00 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$ とする。



問1. HSO_4^- の電離度 α を小数点以下第2位まで記せ。

問2. この硫酸水溶液の pH を小数点以下第2位まで記せ。

(II) 水素などの燃料に酸素を供給して、負極では酸化、正極では還元をおこし酸化還元反応のエネルギーを電気エネルギーとして取り出す装置を燃料電池という。燃料電池はとくに自動車の動力源として、近年開発が進められている。図は水素-酸素燃料電池の概略図である。触媒作用のある2枚の多孔質電極に仕切られた容器に電解液(リン酸水溶液)を入れてある。そして、負極、正極にはそれぞれ気体の水素と酸素を供給した。



問3. この燃料電池の負極でおこる反応を、電子 e^- を含む反応式で記せ。

問4. この燃料電池をある時間運転したところ、 $1.93 \times 10^8 \text{ C}$ の電気量が得られた。このときの化学エネルギーが全て電気エネルギーに変換されたとすれば、何 kg の水が生じたかを整数値で記せ。

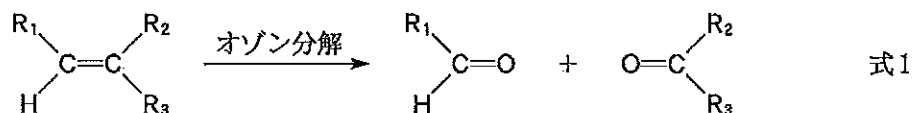
問5. この燃料電池に供給する酸素源として空気を使用し、取り出した電流で硫酸銅(II)水溶液を電気分解したところ銅が 12.7 g 析出した。この燃料電池に必要な空気の体積は標準状態で何 l か。ただし、空気の体積の 20.0 % が酸素とする。解答は小数点以下第1位まで記せ。

3. 次の文を読み、下記の問い(問1～問7)に答えよ。

分子式が C_nH_{2n} で示されるアルケン A がある。アルケン A の 0.20 mol を完全燃焼させると、標準状態で 26.9 l の二酸化炭素を生成した。アルケン A および A の異性体であるアルケンに関して答えよ。

問 1. 一般式 C_nH_{2n} をもつアルケンが完全に燃焼したときの化学反応式を、 n を使用して記せ。

問 2. アルケン A をオゾン分解すると式 1 で示す反応が進行して 2 種類の化合物を生成した。生成物の 1 つは、クメン法で工業的に合成されている。アルケン A の構造式を記入例にならって記せ。オゾン分解は、式 1 に示すように炭素—炭素二重結合を酸化的に開裂させ、カルボニル化合物を生成する反応である。式 1 において R_1 、 R_2 、 R_3 はアルキル基である。



問 3. アルケン B と C は臭素と付加反応して不斉炭素原子を持たない化合物を与える。また、B はオゾン分解で 1 種類の化合物を与えた。アルケン B と C の構造式を記入例にならって記せ。

問 4. アルケン D は不斉炭素原子を持っている。D の構造式を記入例にならって記せ。

問 5. アルケン A も含めて、A の異性体の中に何組(互いに幾何異性体である 2 種類のアルケンを 1 組とする)の幾何異性体が存在するか。

問 6. アルケン A も含めて、A のすべての異性体を別々に白金触媒存在下で水素を作用させ、アルカンに変換した。このとき生成したアルカンは何種類の異性体となるか記せ。

問 7. 枝分かれのない直鎖状アルケン E には、3 個の水素原子と 3 個の炭素原子が同一平面上に存在し、固定されている部分構造がある。アルケン E の名称を記せ。

4. 次の文を読み、下記の問い(問1～問7)に答えよ。

オリゴペプチド(構成アミノ酸数が10個程度以下のもの)の構造を決定するために、ある酵素を使用してオリゴペプチドを加水分解した。その結果、何種類かのより小さなペプチドが得られた。その中に鎖状トリペプチドのAとEが含まれていた。鎖状トリペプチドAの分子量を測定したら293であった。また、このAの成分元素の質量組成は、炭素57.3%、水素6.50%、窒素14.3%、酸素21.9%であった。鎖状トリペプチドAを完全に加水分解したら、3種類の α -アミノ酸B、C、Dが得られた。そのうちの1つBは、分子式 $C_9H_{11}O_2N$ をもつアミノ酸であった。一方、鎖状トリペプチドEの0.800gを、加水分解したら、2種類の α -アミノ酸CおよびDがそれぞれ0.276gと0.656g得られた。この反応は完全に進行して、またC、Dの単離も完全におこなわれたものとする。

α -アミノ酸Dの陽イオンを D^+ 、双性イオンを D^{+-} 、陰イオンを D^- で略記して、アミノ酸Dの電離平衡を示すと、式1、式2となる。また、 α -アミノ酸Dの水溶液中での総濃度を $[D]_{\text{全}}$ とすると、 $[D]_{\text{全}} = [D^+] + [D^{+-}] + [D^-]$ で示される。ただし、記号[]はモル濃度を示す。



式1、式2の電離定数はそれぞれ $K_1 = 5.0 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ 、 $K_2 = 2.0 \times 10^{-10} \text{ mol/l}$ とする。

- 問1. 鎖状トリペプチドAの分子式を記せ。ただし、分子式はC、H、O、Nの順に元素記号を並べて記せ。
- 問2. α -アミノ酸C、Dの分子量を比較するとDの方がより大きい分子量をもっている。Dの構造式を記せ。構造式は記入例にならって記せ。
- 問3. α -アミノ酸C、Dからなる鎖状トリペプチドEの異性体はEも含めていくつあるか。ただし、光学異性体を考慮するものとする。
- 問4. α -アミノ酸Dの等電点を小数点以下第1位まで記せ。
- 問5. D^+ (α -アミノ酸Dの塩酸塩)の0.10 mol/l水溶液10 mlに0.10 mol/lのNaOH水溶液を15 ml加えたとき、つまり、物質で1.5倍の水酸化ナトリウムが加わったときの水溶液のpHはいくらになるか。小数点以下第1位まで記せ。
- 問6. アミノ酸Dの水溶液をpH = 3.0に調節したとき、 $[D]_{\text{全}}$ に占める $[D^{+-}]$ の濃度比率は何パーセントになっているか。整数値で記せ。
- 問7. 問5の下線部の水溶液に少量の強塩基(OH^-)の水溶液を加えたときにおこる反応を、(i)構造式を使用したイオン反応式で記し、(ii)この反応が意味する下線部の水溶液の性質を50字程度で述べよ。解答にあたって(i)の構造式は記入例にならって記せ。また、(ii)では化学式を使用しないこと。必要があれば化学式の代わりに記号 D^+ 、 D^{+-} 、 D^- 等を使用し1字として数えよ。