

前期

理系

2021年度入学試験学力検査問題

理 科・地理歴史・数 学 ※数学は、数理科学科志望者のみ

理学部，都市環境学部：地理環境学科—150分
都市環境学部(都市政策科学科 文系区分を除く)，
システムデザイン学部(インダストリアルアート学科を除く) 75分

答案用紙

- ・物 理 3 枚 ・化 学 3 枚 ・生 物 3 枚
- ・地 学 3 枚 ・地 理 3 枚 ・数 学 3 枚

注 意

1. 監督員の合図があるまで，問題の内容を見てはいけません。
2. 数学は，筆記用具のほか定規，コンパスの使用を認めます。
ただし，分度器の使用は認めません。
3. 受験番号及び氏名は，答案用紙の所定欄に必ず記入してください。

(例) 受験番号 1234567X の場合 →

	1	2	3
4	5	6	7 X

4. 解答には黒鉛筆またはシャープペンシルを使用し，必ず配付された答案用紙に記入してください。
答案用紙には，解答に関係のないことを記入してはいけません。
5. 字数指定の設問で解答欄にマス目が用意されている場合，アルファベット及び数字は，1マスに2字記入しても構いません。
6. 問題は次に示したページにあります。
 - ・物 理 1 ページ～9 ページ ・化 学 10ページ～17ページ
 - ・生 物 18ページ～33ページ ・地 学 34ページ～42ページ
 - ・地 理 43ページ～50ページ ・数 学 51ページ～52ページ
7. 試験中に不鮮明な印刷等に気付いた時は，手をあげて監督員に申し出てください。
8. 答案用紙を切り取ったり，持ち帰ったりしてはいけません。
9. 問題冊子の余白は利用可能ですが，どのページも切り離してはいけません。
10. 問題冊子は，持ち帰ってください。また，試験終了時刻まで退室できません。

化 学

- 1 水への酸素の溶解に関する以下の問いに答えなさい。ただし、原子量は $O = 16.0$ とする。

問 1 次の文章を読んで、以下の(1)、(2)に答えなさい。

一般に、一定量の液体に溶け込む気体の質量は、一定温度では、その気体の分圧に[ア]することが知られている。表1は、水1Lに対する酸素の溶解度を示した。表1の酸素の溶解度は、 0°C 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ のときの体積に換算した値である(単位:L)。この表によれば、温度が低くなると酸素の水への溶解度は大きくなる。

表1 酸素の水への溶解度(標準状態での体積(L/水1L))

温度($^{\circ}\text{C}$)	0	20	40	60
酸素の溶解度(L)	0.049	0.031	0.023	0.019

- (1) [ア]に入る適切な語句を、以下の選択肢 a と b から選び記号で答えなさい。

a 比例 b 反比例

- (2) 20°C の空気の圧力が $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ であり、酸素の分圧が $2.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ であるとき、1Lの水に溶けている酸素の質量を有効数字2桁で求めなさい。計算過程も示しなさい。ただし、1molの気体の体積は、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ のとき、 0°C で22.4Lである。

問 2 次の文章を読んで、以下の(1)～(6)に答えなさい。

自然環境の水に溶けている酸素の量は、水中に生息する生物の影響を受けるため、問 1 (2)で求めた値とは異なる。水中の酸素濃度は、ヨウ素とチオ硫酸ナトリウムを用いた酸化還元滴定法によって測定することが出来る。この方法を用いて行った池の水の酸素濃度測定の実験操作の概要は、次の通りである。

[実験操作]

池の水をろ紙を用いてろ過し、ごみ等を取り除いた。ろ液 50 mL を試料水とし、過剰量の塩化マンガン(II)水溶液と水酸化ナトリウム水溶液を加えると白濁した。白濁を与えた物質は試料水中の酸素と速やかに反応して灰褐色の $\text{MnO}(\text{OH})_2$ へと変化して沈殿した。この沈殿に塩酸と、還元剤としてはたらく過剰量のヨウ化カリウムを加えると、塩化マンガン(II)とヨウ素が生じた。遊離したヨウ素を $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ のチオ硫酸ナトリウム水溶液で滴定したところ、8.8 mL 加えたところで試料溶液の色が変化した。

*チオ硫酸ナトリウム ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) は還元剤として作用する化合物であり、ヨウ素とチオ硫酸イオンは、物質量の比 1 : 2 で反応することが知られている。

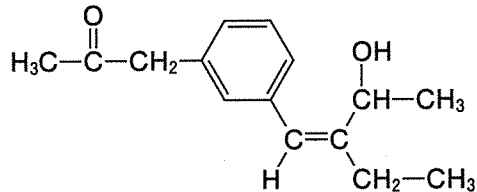
*下線部②の酸化反応は、試料水中の酸素とだけ反応すると仮定する。

- (1) 下線部①の白濁した物質を化学式で答えなさい。
- (2) 下線部②への変化を表す化学反応式を書きなさい。
- (3) 下線部③の化学反応式を書きなさい。

- (4) 下線部④の滴定操作で、遊離したヨウ素分子はチオ硫酸ナトリウムによって何に変化するのか、化学式で答えなさい。
- (5) 下線部④に記した滴定では、指示薬を加える。指示薬として適切な物質の物質名を答えなさい。また、滴定の終点前後の試料溶液の色の変化を答えなさい。なお、試料として用いた池の水は、無色透明であった。
- (6) この試料水 1 L に含まれる酸素の質量を有効数字 2 桁で求めなさい。計算過程も示しなさい。

- 2 以下の問いに答えなさい。構造式は例にならって示しなさい。ただし、原子量は $H = 1.00$, $C = 12.0$, $O = 16.0$ とする。

例



- 問 1 次の文章を読んで、以下の(1)~(4)に答えなさい。

炭素、水素、酸素で構成される試料の組成式を求めるため、図1のような装置を組み立てた。この装置では充分な量の物質1と物質2をガラス管に詰め、乾燥した酸素を左から右へ流す。試料と酸化銅(II)を加熱することで試料を完全に燃焼させ、生成した二酸化炭素と水の質量を知ることができる。試料として、分子量88の化合物Aを正確に176mgはかりとり、これを完全燃焼させたところ、440mgの二酸化炭素と216mgの水が生成した。

次に、化合物Aと、化合物Aの異性体である化合物B~Hの性質を調べたところ(ア)~(カ)の通りであった。

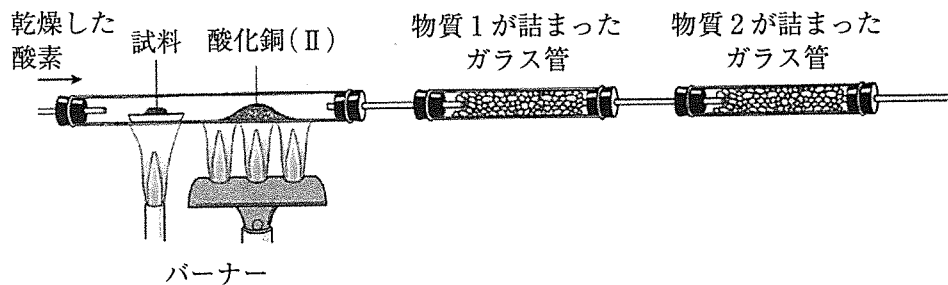


図1

- (ア) 化合物 A~H は、いずれも金属ナトリウムと反応して水素を発生した。
- (イ) 化合物 A~H を硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化すると、化合物 A~D からはカルボン酸が得られ、化合物 E~G からはケトンが得られたが、化合物 H はこの条件では酸化されなかった。
- (ウ) 化合物 A~H に濃硫酸を加え 170℃ で加熱したところ、化合物 D 以外では分子内脱水反応が起こったが、化合物 D では分子内脱水反応が起こらなかった。
- (エ) 化合物 A~H のうち、化合物 A、化合物 F、化合物 G には光学異性体が存在していることがわかった。
- (オ) 化合物 A~H のうち、化合物 F と化合物 G はヨウ素と水酸化ナトリウムを加えて加熱すると、黄色沈殿を生じた。
- (カ) 化合物 C に濃硫酸を加え 170℃ で加熱して得られた物質を、硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液で酸化したところ、生成物の 1 つとして、図 2 に示す 2-メチルプロピオン酸を生じた。また、化合物 G に濃硫酸を加え 170℃ で加熱して得られた物質を、硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液で酸化したところ、生成物の 1 つとしてアセトンが得られた。なお、硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液によるアルケンの二重結合の酸化反応を図 3 に示す。

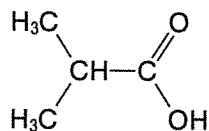
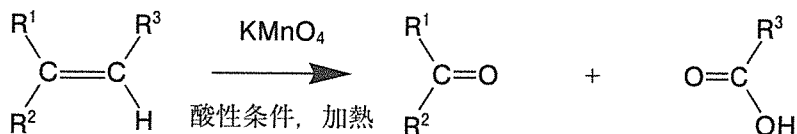


図 2



(R¹~R³ は、水素またはアルキル基を示す。)

図 3

- (1) 図1の装置で用いる物質1, 物質2として適切なものを語群から選びなさい。

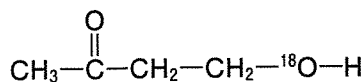
語群：塩化鉄(III), ソーダ石灰, 塩化カルシウム, ナフタレン,
グラファイト, 白金

- (2) 化合物Aの分子式を求めなさい。
- (3) 化合物A~Hのそれぞれの構造式を書きなさい。不斉炭素原子には*をつけること。
- (4) 化合物Eに濃硫酸を加え170℃で加熱して得られた物質に, 水を付加させた。得られる2種類の化合物の構造式を書きなさい。不斉炭素原子には*をつけること。

問2 次の文章を読んで, 以下の(1), (2)に答えなさい。

酸素の安定同位体 ^{18}O は天然には0.2%ほどしか含まれず, 通常その存在は無視できるが, ここでは, 特別な操作により十分に高い濃度で ^{18}O を取り込んだ化合物を考える。十分に高い濃度で ^{18}O を取り込ませることを, 「 ^{18}O で標識する」と呼ぶことにする。構造式は, 以下の例のように, ^{18}O で標識された部分の酸素を ^{18}O と書き, ^{18}O を天然存在比でしか含まない酸素は, 単にOと書く。

例



- (1) ^{18}O で標識されていないサリチル酸と、 ^{18}O で標識されたメタノールとを酸性条件下で加熱して反応させた。生成物を与える反応の化学反応式を、構造式を用いて書きなさい。ただし、酸は触媒としてはたらくものとする。
- (2) ^{18}O で標識されていないサリチル酸と、図 4 に示す 3 つの酸素が ^{18}O で標識された無水酢酸とを酸性条件下で反応させた。生成物を与える反応の化学反応式を、構造式を用いて書きなさい。ただし、酸は触媒としてはたらくものとする。

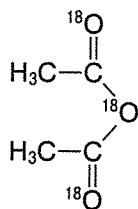


図 4

3 次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。有効数字は2桁で答えなさい。
ただし、気体は理想気体の状態方程式に従うものとし、液体の水への水素と酸素の溶解は無視できるものとする。また、127℃における水の飽和蒸気圧を $2.50 \times 10^5 \text{ Pa}$ とし、気体定数は $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ とする。密閉容器内の着火装置の体積は無視できるものとする。

温度、体積、圧力を変えることができる、ピストンの付いた密閉容器内に、1.00 molの水蒸気を入れて、温度を127℃、ピストンにかける圧力を $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ とした。このときの状態を状態Aとする。

状態Aの密閉容器内に水素 H_2 を0.400 mol、酸素 O_2 を0.200 mol加え、温度を127℃、ピストンにかける圧力を $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ とした。このときの状態を状態Bとする。

状態Bから、温度を127℃に保ったまま、ピストンにかける圧力を $5.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ に上げた。このときの状態を状態Cとする。

状態Cから、温度を127℃に保ったまま、体積を2倍にし、ピストンを固定した。このときの状態を状態Dとする。

状態Dから、体積を固定したまま、密閉容器内の着火装置で着火して水素を完全燃焼させた。反応終了後、温度を127℃とした。このときの状態を状態Eとする。

問1 状態Aにおける気体の体積を答えなさい。

問2 状態Bにおける気体の体積を答えなさい。

問3 状態Cにおける気体の体積を答えなさい。導出過程も示しなさい。

問4 状態Dにおける気体の全圧を答えなさい。導出過程も示しなさい。

問5 状態Eにおける気体の圧力を答えなさい。導出過程も示しなさい。