

前期

理系

2020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。なお，化学は裏面にも解答欄があるので注意してください。
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～8ページ ・化 学 9ページ～15ページ
 - ・生 物 16ページ～31ページ ・地 学 32ページ～39ページ
 - ・地 理 40ページ～49ページ ・数 学 50ページ～51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 以下の問いに答えなさい。

問 1 次の文章を読んで、以下の(1)~(3)に答えなさい。

地殻中に多く含まれる元素として(ア)がある。(ア)の単体はガラスの主成分である(イ)を強熱し、炭素で還元することで得られる。共有結合からなる(ア)の単体の結晶構造は①ダイヤモンドと同じ構造である。(ア)の単体の結晶は半導体や太陽電池に利用されている。一方、(イ)は高い透明性をもつため、それを繊維状にしたものは光通信に利用されている。(イ)は塩酸などには溶けないが、(ウ)の水溶液には溶ける。また、(イ)を水酸化ナトリウムとともに融解すると(エ)を生じる。(エ)に水を加えて加熱した後、塩酸を加えるとケイ酸を生じる。ケイ酸を加熱して乾燥させるとシリカゲルが得られる。②シリカゲルは吸着剤として利用される。

- (1) (ア)~(エ)にあてはまる元素または物質を化学式で答えなさい。
- (2) 下線部①のダイヤモンドは炭素原子からなる結晶である。ダイヤモンドの単位格子に含まれる原子の数を答えなさい。また、ダイヤモンドの結晶の密度を求めなさい。ただし、ダイヤモンドの単位格子の一辺の長さは0.35 nm、炭素原子のモル質量を12 g/mol、アボガドロ定数を $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ とする。計算過程も示しなさい。有効数字は2桁とする。
- (3) 下線部②でシリカゲルが吸着剤として利用される理由を40字以内で答えなさい。

問 2 次の文章を読んで、以下の(1), (2)に答えなさい。

酸化還元反応によって発生する化学エネルギーを、電気エネルギーとして取り出す装置を電池と呼ぶ。電池には、ボルタ電池、①ダニエル電池、燃料電池などがある。2つの白金電極と、電解質としてリン酸を用いた燃料電池を②リン酸型燃料電池と呼ぶ。これら電池の起電力について考える。

水溶液中での物質からの電子の放出しやすさを表す指標として、標準電極電位が用いられる。標準電極電位は、水素が電子を放出するときの値を基準(0V)とした相対値であり、酸素が H^+ および電子と反応して水ができる際の標準電極電位は1.23Vとなる。金属の場合、標準電極電位は以下のようになる。

亜鉛：-0.76V, 鉄：-0.44V, スズ：-0.14V, 鉛：-0.13V,
銅：0.34V, 銀：0.80V, 白金：1.19V

起電力は正極と負極で起こる反応の標準電極電位の差として求めることができる。

- (1) 下線部①, ②の電池の正極, 負極で起こるイオン反応式をそれぞれ答えなさい。
- (2) 下線部①, ②の電池の起電力をそれぞれ答えなさい。

問 3 次の文章を読んで、以下の(1)~(4)に答えなさい。ただし、水のイオン積 (K_w)を $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ 、酢酸の電離定数 (K_a)を $2.5 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ とする。また、酢酸の電離度は 1 より十分小さく、溶解や混合による体積の変化は無視する。必要であれば $\log_{10} 2 = 0.30$ 、 $\log_{10} 3 = 0.48$ を使用しなさい。小数第 2 位まで答えなさい。

実験 1 濃度 0.20 mol/L の酢酸水溶液 500 mL を水酸化ナトリウムで中和した。

実験 2 実験 1 で中和した水溶液に 0.40 mol/L の酢酸水溶液 300 mL を混合して緩衝液 800 mL を調製した。

実験 3 濃度 0.20 mol/L の塩酸水溶液 200 mL を、水 800 mL で希釈した。

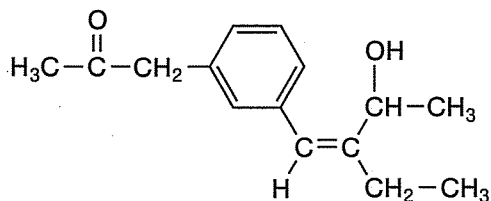
実験 4 濃度 0.20 mol/L の塩酸水溶液 200 mL を、実験 2 で調製した緩衝液 800 mL と混合した。

- (1) 実験 1 で中和に用いた水酸化ナトリウムの物質量を答えなさい。
- (2) 実験 2 で調製した緩衝液の pH を求めなさい。計算過程も示しなさい。
- (3) 実験 3 で得られた水溶液の pH を求めなさい。計算過程も示しなさい。
- (4) 実験 4 で得られた水溶液の pH を求めなさい。計算過程も示しなさい。



- 2 次の文章を読んで、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



① 分子式が $C_8H_8O_2$ で表され、炭素原子と酸素原子の間に二重結合のある原子団と、ベンゼン環を含む化合物群のうち、化合物 A は、ベンゼン環に 1 つの置換基をもち、化合物 B と化合物 C は、ベンゼン環に 2 つの置換基をもつ化合物である。化合物 B の 2 つの置換基は互いにメタ位に、化合物 C の 2 つの置換基は互いにパラ位に、それぞれ位置している。

化合物 A を水酸化ナトリウム水溶液中で加熱して加水分解し、塩酸で酸性にしたところ、化合物 D と化合物 E が得られた。化合物 D の水溶液は酸性を示し、アンモニア性硝酸銀水溶液を加えて加熱すると銀鏡反応が起こった。

塩基性条件下で化合物 B をヨウ素と反応させると、特異臭をもつ黄色の沈殿が生成した。また、② 化合物 B を無水酢酸と反応させると化合物 F が生成した。

化合物 C を酸化して 2 価カルボン酸(ジカルボン酸)とし、エチレングリコールと重合させると衣料品などに広く用いられている高分子 G が生成した。一方、化合物 C を炭酸水素ナトリウム水溶液と混合しても二酸化炭素は生成しなかった。

問 1 下線部①にあてはまる分子で、ベンゼン環に 2 つの置換基をもつ化合物のうち、その 1 つの置換基がヒドロキシ基、アルデヒド基、カルボキシ基である化合物は、それぞれ全部で何種類の異性体が考えられるか答えなさい。

問 2 下線部①にあてはまる分子で、ベンゼン環に1つの置換基をもつ化合物の構造式をすべて示しなさい。また化合物 A にあてはまる構造式を□で囲みなさい。

問 3 次の説明文(ア)~(オ)のうち、化合物 E にあてはまるものをすべて選び、記号で答えなさい。

- (ア) 水溶液は弱酸性を示す。
- (イ) ナトリウムと反応して水素を発生する。
- (ウ) 水溶液に臭素水を加えると白色沈殿を生じる。
- (エ) 酸化されるとカルボン酸になる。
- (オ) 塩化鉄(Ⅲ)を加えると紫色に呈色する。

問 4 下線部②の反応式を、構造式を用いて示しなさい。

問 5 高分子 G の名称を答えなさい。

問 6 高分子 G 100 g 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。

問 7 高分子 G はどの方法により重合されるか、(ア)~(エ)から選び、記号で答えなさい。また、高分子 G と同じ重合様式で合成されるものを(オ)~(ク)から 1 つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) 開環重合
- (イ) 縮合重合
- (ウ) 付加重合
- (エ) 付加縮合
- (オ) スチレン-ブタジエンゴム
- (カ) ナイロン 66
- (キ) ビニロン
- (ク) ポリアクリロニトリル
- (ケ) ポリ塩化ビニル

問 8 化合物 C の構造式を示しなさい。

3 次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。

温度、体積、圧力を変えることができる密閉容器に窒素と酸素の混合気体を満たした。混合気体の温度、体積、圧力を測定したところ、それぞれ T_0 、 V_0 、 P_0 であった(状態Ⅰ)。圧力と温度を一定に保ったまま、物質質量 n の液体エタノールを密閉容器に加えたところ、エタノールはすべて蒸発し、容器内の気体の体積は V_1 に変化した(状態Ⅱ)。次に密閉容器内の着火装置で着火してエタノールを完全燃焼させた後、温度と圧力を T_0 、 P_0 に戻したところ、液体は存在せず、容器内の気体の体積は V_2 となった(状態Ⅲ)。

気体定数は R とする。気体は理想気体の状態方程式に従い、液体に対する溶解や、液体の体積は無視できるものとする。窒素、酸素、二酸化炭素は凝縮して液体にならないものとし、水は固体にならないものとする。

問 1 V_1 を求めなさい。

問 2 エタノール(液)の完全燃焼で、二酸化炭素(気)と水(液)が生成する反応の熱化学方程式を答えなさい。ただし、生成熱は次の表に示す。

物質	エタノール(液)	酸素(気)	二酸化炭素(気)	水(液)
生成熱[kJ/mol]	280	0	395	290

問 3 エタノールを完全燃焼させるために必要な、状態Ⅰにおける混合気体中の酸素のモル分率の下限を答えなさい。

問 4 V_2 を求めなさい。ただし、 V_0 を使わないで答えること。

問 5 状態Ⅲから温度を T_0 に保ちながら容器内の気体の体積を減少させると、体積 V_3 で水の凝縮が観測された。状態Ⅲから容器内の気体の体積 V を減少させたとき、気体状態にある水の物質質量 $n_w(V)$ は V の関数としてどのように表せるか、 $V \geq V_3$ の場合と $V < V_3$ の場合、それぞれについて答えなさい。

問 6 問 5 の操作において、容器内の気体の体積が V のときの気体の圧力を $P(V)$ とする。 $P(V)$ は V の関数としてどのように表せるか、 $V \geq V_3$ の場合と $V < V_3$ の場合、それぞれについて V_0 , V_1 , n_w を使わないで答えなさい。導出過程も示しなさい。

問 7 問 6 の圧力の体積依存性を表すグラフを解答欄の図に実線で書きなさい。ただし、グラフ中の破線は、水が凝縮しないと仮定した場合の容器内の気体の圧力の体積依存性を表した曲線である。なお、 $P_3 = P(V_3)$ とする。