

令和 2 (2020) 年度入学試験問題 (前期)

理 科

注 意

1. 合図があるまで表紙をあけないこと。
2. 化学、物理、生物のうちから 2 科目を選択し、別紙解答用紙に受験番号、氏名を記入すること。
(ただし受験票、入学願書に記入した 2 科目に限る。)
3. 選択した科目以外の科目 (例えば化学、物理を選択した場合は生物) の解答用紙にも受験番号、氏名を記入し、全体に大きく×印をすること。
4. 解答は解答用紙の枠内に記入すること。
5. 裏表紙は計算に使用する。
6. 選択した科目以外の解答用紙に解答を記入した場合、及び解答用紙に解答以外のことを書いた場合、その答案は無効とする。
7. 問題冊子は 1 冊、別紙解答用紙は各科目それぞれ 1 枚である。
8. 受験票は机に出しておくこと。

化学(前期)

(その1)

必要な場合には、次の値を用いよ。原子量 H: 1.0, C: 12.0, O: 16.0, N: 14.0, Cu: 63.6

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

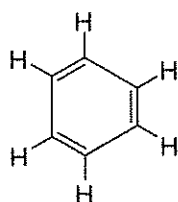
I 以下にいくつかの結合の結合エネルギーを示す。問いに答えよ。なお、エネルギーの値は数字を整数として答えよ。

H—H	434 kJ/mol
C—C	344 kJ/mol
C—H	413 kJ/mol

問 1 黒鉛の昇華熱は 715 kJ/mol である。気体のシクロヘキサン C_6H_{12} の生成熱を求めよ。

問 2 気体のシクロヘキセン C_6H_{10} が水素と反応して気体のシクロヘキサンになるときの反応熱は 120 kJ/mol である。このときシクロヘキセンにおいて切れた結合の結合エネルギーを求めよ。

問 3 シクロヘキサトリエン C_6H_6 は下図のように二重結合と単結合が交互に繰り返して環状になっている。この物質が実在すると仮定したとき、気体のシクロヘキサトリエンが水素と反応して気体のシクロヘキサンになるときの反応熱を求めよ。



問 4 液体のベンゼン C_6H_6 の生成熱は -49 kJ/mol であり、ベンゼンの蒸発熱は 31 kJ/mol である。気体のベンゼンが水素と反応して気体のシクロヘキサンになるときの反応熱を求めよ。

問 5 問 3 と問 4 の結果に基づいて、シクロヘキサトリエンが実在しない理由を説明せよ。

II 白金を電極として用いて、 0.200 mol/L の硫酸銅(II)水溶液 0.500 L を一定の電流で正確に 1 時間電気分解した。以下の問いに答えよ。数値で答える場合は、有効数字 3 桁で示せ。ただし、電気分解による硫酸銅(II)水溶液の体積の変化は無視できるものとする。

問 1 白金電極の陰極と陽極で起こった化学反応を、電子 e^- を含むイオン反応式を用いて示せ。

問 2 この電気分解の結果 3.18 g の銅が析出した。流した電流を A (アンペア) で表せ。

問 3 電気分解後の硫酸銅(II)水溶液の濃度を mol/L で表せ。

問 4 電気分解を行った結果、硫酸銅(II)水溶液の水素イオン濃度はどれだけ変化したか。水素イオン濃度の変化量を mol/L で表せ。ただし、水素イオン濃度が増加した場合は正の値で、減少した場合は負の値で表せ。

問 5 白金電極の代わりに銅を電極として、同じ条件で硫酸銅(II)水溶液を電気分解した。電気分解後の硫酸銅の濃度を mol/L で表せ。

Ⅲ スチレンに少量の *p*-ジビニルベンゼンを加えて共重合させると、架橋構造をもつポリスチレンができる。この中のベンゼン環の(ア)原子を酸性や塩基性の官能基で置換したものがイオン交換樹脂である。共重合体のポリスチレンを濃硫酸で処理すると、ベンゼン環に(イ)基が導入され、樹脂中の(イ)基の(ウ)と水溶液中の(エ)イオンが交換される(エ)イオン交換樹脂として用いられる。一方、架橋構造をもつポリスチレンにトリメチルアンモニウム基を導入したものは(オ)イオン交換樹脂として働く。

【実験1】 十分な量の下線部(1)の樹脂を、液体を流すことのできる筒状容器(カラム)に充填した。濃度不明の硫酸マグネシウム水溶液(pH = 7) 10 mL を流した後、純水で十分に洗浄してすべての流出液を集めた。これを 0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、過不足なく中和するのに 30 mL を要した。

下線部(1)の樹脂を用いて、等電点の異なるアミノ酸を分離することができる。化合物 A は分子式 $C_2H_5NO_2$ のアミノ酸(等電点: 6.0)、化合物 B は分子式 $C_5H_9NO_4$ のアミノ酸(等電点: 3.2)、化合物 C は分子式 $C_6H_{14}N_2O_2$ のアミノ酸(等電点: 9.7)であり、化合物 C に無水酢酸を完全に反応させたものが化合物 D である。

【実験2】 十分な量の下線部(1)の樹脂を充填したカラムに、化合物 A、B、C、D を含む塩酸酸性(pH = 2.5)溶液を流した。樹脂を pH = 2.5 の緩衝液で洗い、流出液を集めたところ、1つの化合物が含まれていた。引き続いてカラムに pH = 2.5 から pH = 11 まで順に pH を大きくしながら緩衝液を流していくと、樹脂に結合していた化合物が順次流出した。

問 1 (ア)~(オ)に適切な語句を書け。ただし、化学式は用いないこと。

問 2 【実験1】のカラム内で起こる樹脂の変化を反応式で示せ。ただし、ポリスチレン重合体の骨格は R で示せ。

問 3 【実験1】の硫酸マグネシウム水溶液のモル濃度を有効数字2桁で答えよ。

問 4 【実験2】の下線部(2)の流出液に含まれる化合物を A~D の記号で答えよ。

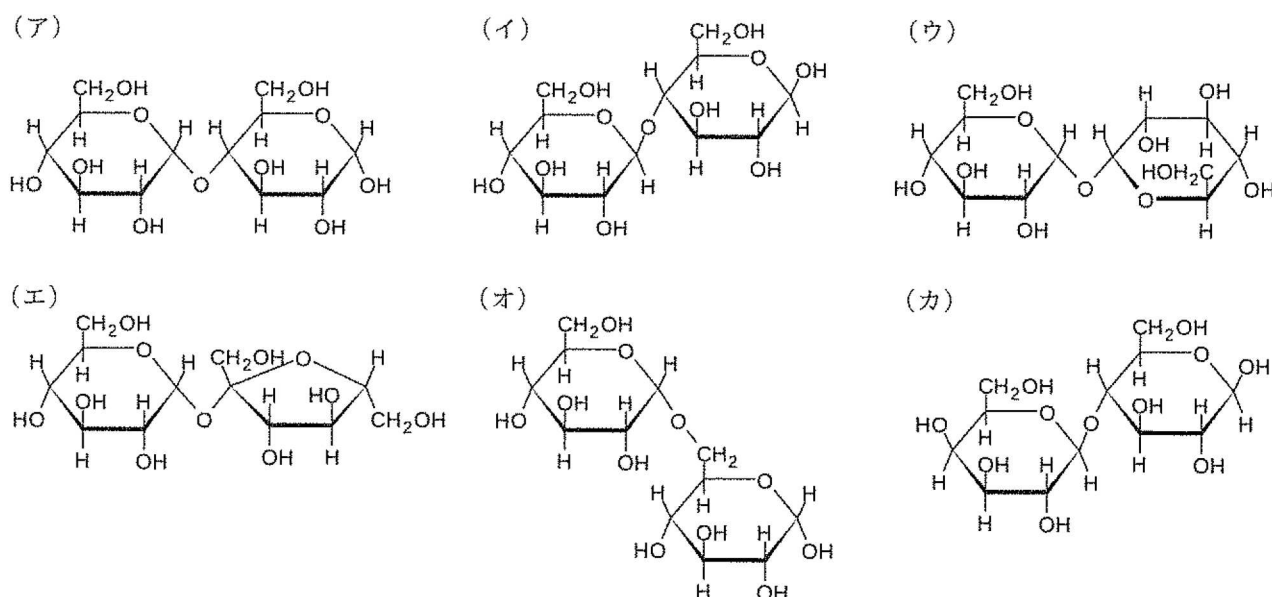
問 5 【実験2】の下線部(3)の操作によってカラムから流出する化合物を、流出した順に並べて A~D の記号で答えよ。

Ⅳ A と B はそれぞれ C の立体異性体と構造異性体であり、乳汁に多く含まれる D は A と C が縮合した化合物、砂糖の主成分である E は B と C の縮合した化合物である。これに対して F は C のみが縮合した化合物である。このような化合物中の単糖同士を結ぶ炭素—酸素—炭素の構造を特に(a)結合と呼ぶ。結晶中の C は(b)構造をもち、その構造において α 型と β 型の立体異性体が区別される。水溶液中においては C の一部は(b)構造の部分で環が開き、(c)基をもつ鎖状構造になるため還元性を示すようになる。なお、F は α 型 C で構成され、水分を強く保持する性質をもつことから化粧品などに用いられる。一方、食物繊維の主成分 G を酵素(d)で加水分解して得られる化合物 H は2分子の β 型 C から構成される。G に濃硫酸と濃硝酸を反応させるとヒドロキシ基の一部または全部がエステル化された(e)が得られる。

問 1 (a)~(e)に適切な語句を入れよ。

問 2 A~H の中で、銀鏡反応を示すものをすべて答えよ。

問 3 化合物 D, E, F, H に対応する構造式を下のア~カから選び記号で答えよ。なお、図では環を構成する炭素原子を省略している。



問 4 10 g の G を加水分解することによって得られた水溶液に酵母を加えアルコール発酵を行ったところ、発生した二酸化炭素の体積は 27 °C、 1.00×10^5 Pa において 0.54 L であった。すべての C がアルコール発酵に使われたものとした場合、C に分解されなかった G の質量は何 g か、有効数字2桁で答えよ。

問 5 下線部の反応について、G のヒドロキシ基の半分がエステル化されたとき、得られた(e)の窒素含有量(質量パーセント)はどうか。有効数字2桁で答えよ。ただし、末端の構造は無視するものとする。