

平成 31 年度入学者選抜学力検査問題

(後期日程)

化 学

〔 理 工 学 域
物質化学類
理系後期一括入試 〕

(注 意)

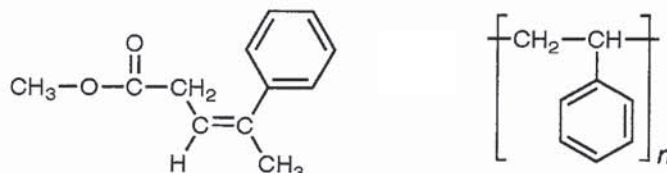
- 1 問題紙は指示があるまで開いてはいけません。
- 2 問題紙は本文 10 ページです。答案用紙は 5 枚あります。
- 3 答えはすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。
- 4 問題紙と下書き用紙は持ち帰ってください。

- ・解答にあたり、必要があれば以下の数値を用いなさい。

原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, S = 32, Cl = 35.5

アボガドロ定数： $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$, ファラデー定数： $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

- ・字数制限のある解答で、化学式を用いる場合は、例えば Ca は 2 文字、 Ca^{2+} は 4 文字とする。
- ・構造式は、下図の例にならって記入しなさい。



I 次の文章を読んで、下の問 1 ～問 5 に答えなさい。

(a) 陰極に鉄棒、陽極に炭素棒を使い、両極間は水溶液が混合しないように陽イオン交換膜で仕切って、塩化ナトリウム水溶液の電気分解を行った。このとき、陰極では ア と イ が生成し、陽極では ウ が生成した。

(b) 塩化ナトリウムを加熱・融解し、陰極に鉄棒、陽極に炭素棒を使って電気分解すると、陰極では エ が生成し、陽極では ウ が生成した。

問 1 ア ～ エ に適切な物質名またはイオン名を記入しなさい。

問 2 下線部(a)について、次の(1)～(3)に答えなさい。

- (1) 両極間に 2.0 アンペアの電流を流した後、陰極側の水溶液を濃縮乾固したところ、塩化ナトリウムに加えて A の固体 4.0 g を得た。
A に適切な物質名を記入しなさい。また、電流を流した時間は何分間か、有効数字 2 桁で求めなさい。ただし、流れた電流はすべて ア と イ の生成に使われたものとする。
- (2) 隔膜として陽イオン交換膜と陰イオン交換膜を 2 枚重ねて用いた場合、ウ の生成が止まった。その理由を 25 字以内で説明しなさい。

(3) 塩化ナトリウム水溶液の代わりに、ヨウ化カリウム水溶液および硫酸ナトリウム水溶液の電気分解を行った。このとき、それぞれの陽極で起こる反応を、電子 e^- を含むイオン反応式で示しなさい。

問 3 下線部(b)における陽極および陰極で起こる反応を、電子 e^- を含むイオン反応式で示しなさい。

問 4 は水や酸素と速やかに反応する。それぞれの反応を化学反応式で示しなさい。また、 の適切な保存方法を 10 字以内で述べなさい。

問 5 湿った に を通じると、さらし粉ができる。これを水に溶かすと、強い酸化力のある を生じる。また、さらし粉に塩酸を加
えると が生成する。これらについて、次の(1)~(4)に答えなさい。

- (1) と に適切な物質名またはイオン名を記入しなさい。
- (2) 下線部(c)の反応を化学反応式で示しなさい。
- (3) 下線部(d)で生じた が水中で酸化剤として働くときの反応を、電子 e^- を含むイオン反応式で示しなさい。
- (4) 下線部(e)の反応を化学反応式で示しなさい。

Ⅱ 次の文章を読んで、下の問 1 ～問 5 に答えなさい。

ベンゼンとトルエンの混合溶液は、混合割合に比例して蒸気圧が変化する。この現象は、液体表面において、単位時間当たりの気相から液相へ入る分子の個数と、液相から気相へ出る個数が等しいと考えると理解できる。ここで、気相から液相へ入る個数、つまり凝縮速度はその物質の分圧 p に比例するので、凝縮速度 $= kp$ と表せる。 k は比例定数である。また、液相から気相へ出る分子は、液体表面付近の混合している分子に阻害される。そのため、蒸発速度は対象とする液体のモル分率 x に比例して遅くなり、比例定数 k' を用いて蒸発速度 $= k'x$ と表せる。平衡においては 2 つの速度が等しいので、

ア

である。蒸気圧 p_0 である純物質の場合は、 $x = 1$ となるので、

$$p_0 = \text{イ}$$

が成り立つ。よって、式 ア から k と k' を除去すると、

$$p = xp_0$$

という関係が成り立つ。この関係は ウ の法則といわれている。

すべての物質においてベンゼンとトルエンのような理想的な関係は成り立たないが、不揮発性の溶質を溶かした希薄溶液では、溶質の種類によらず濃度に比例して溶媒の蒸気圧は変化する。つまり、不揮発性の溶質の蒸気圧は無視できるので、溶質の濃度上昇にしたがって溶媒の蒸気圧は エ し、沸点が オ する現象が生じる。

問 1 と に適切な式を記入しなさい。

問 2 ～ に適切な語句を記入しなさい。

問 3 293 K における純粋なベンゼンとトルエンの蒸気圧は、それぞれ 126 hPa および 38 hPa である。ベンゼンとトルエンを物質量の比 1 : 3 で混合した溶液の全蒸気圧は何 hPa か、有効数字 2 桁で求めなさい。また、この蒸気中におけるベンゼンのモル分率も有効数字 2 桁で求めなさい。それぞれ、計算過程も示しなさい。

問 4 ある溶媒 1 kg に不揮発性の非電解質 A を n_A [mol] 完全に溶解すると、 Δt_A [K] の沸点上昇が生じた。また、同じ溶媒 1 kg に分子量がわからない不揮発性の非電解質 B を w_B [g] 完全に溶解したとき、 Δt_B [K] の沸点上昇が観測された。B の分子量を、 n_A 、 Δt_A 、 w_B 、 Δt_B によって示しなさい。

問 5 質量パーセント濃度が 11.7 % の塩化ナトリウム水溶液は、純水に比べて何 K の沸点上昇を示すか、有効数字 2 桁で求めなさい。ただし、水のモル沸点上昇は $0.52 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ である。また、計算過程も示しなさい。

Ⅲ 次の文章を読んで、下の問 1 ～問 5 に答えなさい。

水溶液 A と B があり、それぞれ 3 種類の金属の硝酸塩が 0.10 mol/L ずつ溶けている。金属イオンとして、 Ag^+ 、 Al^{3+} 、 Ca^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Fe^{3+} 、 K^+ 、 Na^+ 、 Ni^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Zn^{2+} のいずれかが含まれている。水溶液 A と B を用いて、次の実験 1 ～ 4 を行なった。

実験 1：試験管に入った水溶液 A と B にそれぞれ希塩酸を加えると、A では白色沈殿が生じたが、B では変化がなかった。A に生じた沈殿をろ過し、沈殿と溶液(ア)に分離した。沈殿を集めて試験管に移し、水を加えて熱水浴で加熱すると、沈殿の一部が溶けた。熱いうちに溶け残った沈殿(イ)と溶液を分離し、溶液を中和した。この溶液にクロム酸カリウム水溶液を滴下すると、沈殿(ウ)が生成した。

実験 2：実験 1 で水溶液 A から得られた溶液(ア)にアンモニア水を滴下すると、赤褐色沈殿(エ)が生じた。

実験 3：水溶液 A と B にそれぞれ硫化水素を通じたところ、A では黒色沈殿が、B では黄色沈殿が生じた。B の黄色沈殿をろ過し、分離した溶液を煮沸した後、アンモニア水を加えると、白色沈殿(オ)が生じた。そこに、さらにアンモニア水を過剰に加えても、白色沈殿は溶けなかった。この沈殿をろ過し、残った溶液に炭酸アンモニウム水溶液を加えると、白色沈殿(カ)が生じた。

実験 4：実験 3 で水溶液 B から得られた沈殿(オ)を試験管に移し、過剰量の水酸化ナトリウム水溶液を加えると、沈殿が溶けた。

問 1 水溶液 A と B に含まれる金属イオンを、それぞれすべて答えなさい。

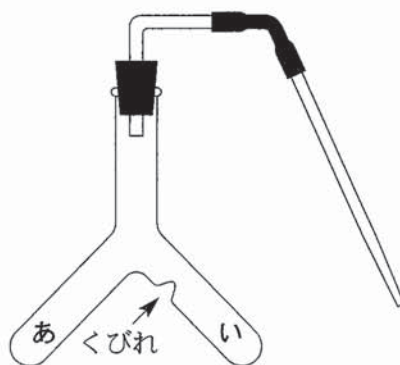
問 2 実験 1 で得られた沈殿(イ)は過剰のアンモニア水と反応して溶ける。この反応を化学反応式で示しなさい。

問 3 実験 1 で得られた沈殿(ウ)の物質名と色を答えなさい。

問 4 実験 2 で得られた沈殿(エ), 実験 3 で得られた沈殿(オ)と(カ)を, それぞれ化学式で示しなさい。

問 5 下線部(a)の硫化水素について, 次の(1)~(4)に答えなさい。

- (1) 下図に示すような実験装置を用いて硫化水素を発生させるとき, 「あ」および「い」に入れる適切な試薬を答えなさい。



- (2) 硫化水素は水中で次の式に示すように電離する。硫化水素の飽和水溶液中の硫化水素濃度が 0.10 mol/L とすると, pH が 2.0 のときの硫化物イオン濃度を有効数字 2 桁で求めなさい。また, 計算過程も示しなさい。



- (3) pH を 2.0 に保った 0.10 mol/L の硝酸銅(II)水溶液に硫化水素を通じた場合, 溶液中の銅(II)イオン濃度を有効数字 2 桁で求めなさい。また, 計算過程も示しなさい。ただし, 硫化銅(II)の溶解度積は $6.0 \times 10^{-38} (\text{mol/L})^2$ とする。
- (4) 実験 1 で得られた溶液(ア)を蒸発皿に移して加熱乾固し, 0.30 mol/L の希塩酸を加えて沈殿を溶かした。この溶液に硫化水素を通じた場合, どのような変化が見られるか, 10 字以内で述べなさい。

IV 次の文章を読んで、下の問1～問4に答えなさい。

化合物Aは、トリペプチドのアミノ基側(N末端)にアミド結合、カルボキシ基側(C末端)にエステル結合を有し、その分子式は $C_{25}H_{31}N_3O_5S$ で表される。

1 mol の化合物Aを完全に加水分解すると、5種類の化合物B, C, D, E, Fがそれぞれ1 mol ずつ得られ、副生成物は得られなかった。化合物C, D, Eは、それぞれタンパク質を構成する主要な α -アミノ酸であり、N末端側が化合物Cに由来し、C末端側が化合物Eに由来する。

問1 5種類の化合物B～Fについて、次の(1)～(5)に答えなさい。

- (1) Bはトルエンを酸化することによっても得られる。Bの構造式を示しなさい。
- (2) Cは不斉炭素原子を持たない α -アミノ酸である。Cの構造式を示しなさい。
- (3) Dはメルカプト基(-SH)を有する α -アミノ酸である。Dの構造式を示しなさい。
- (4) Eはベンゼン環を有し、分子式 $C_9H_{11}NO_2$ の α -アミノ酸である。Eの構造式を示しなさい。
- (5) Fはヨードホルム反応を示す分子式 $C_4H_{10}O$ の光学活性な第二級アルコールである。Fの構造式を示しなさい。

問2 分子式 $C_4H_{10}O$ の化合物には、Fのほかに6種類の構造異性体G～Lが存在する。これらについて、次の(1)～(3)に答えなさい。

- (1) GとHはともに第一級アルコールであり、Hは分枝状構造である。また、Iは第三級アルコールである。G～Iの構造式を示しなさい。
- (2) J, K, Lはエーテルである。JとKは直鎖状の構造であり、Lは分枝状構造である。また、Jはエタノールの分子間における脱水反応によっても得られる。J～Lの構造式を示しなさい。
- (3) Gを穏やかに酸化すると、銀鏡反応を示すMが得られた。Mの構造式を示しなさい。

問 3 N 末端と C 末端がともに修飾されたトリペプチド化合物 A の構造式を示しなさい。ただし，N 末端側が左側，C 末端側が右側になるように示しなさい。

問 4 D を臭素酸カリウムで穏やかに酸化すると，N が得られた。N の構造式を示しなさい。

V 次の文章を読んで、下の問1～問5に答えなさい。

高分子化合物は、自然界に存在する天然高分子化合物と、人工的につくられる合成高分子化合物に大別される。合成高分子化合物を得るための反応として、ア，イ，ウ，エがある。ポリアミド系合成繊維であるナイロン6は、カプロラクタムのアにより合成でき、ナイロン66はオとアジピン酸のイにより得られる。多価アルコールと多価カルボン酸のイにより生成する高分子化合物はポリエステルとよばれ、分子内に多数のエステル結合をもつ。食器や化粧板などの成形品として利用されるメラミン樹脂は、AとBをウすることにより合成できる。また、塗料や接着剤の成分に含まれるポリ酢酸ビニルは、酢酸ビニルをエすることで合成でき、得られる鎖状の重合体を水酸化ナトリウム水溶液中で加水分解すると、水溶性の高分子であるポリビニルアルコールが得られる。このポリビニルアルコールの水溶液を細孔から飽和硫酸ナトリウム水溶液中に押し出すことで、繊維状に成形することができる。この繊維を乾燥後、B水溶液で処理すると、アセタール化がおり、水に不溶の繊維であるカが得られる。

高分子化合物の中で特別な機能を備えたものは、機能性高分子化合物と呼ばれる。例えば、樹脂の数百倍の質量の水を吸収して保持することができる吸水性高分子や、光を当てた部分が化学反応を起こして溶解性が変化するキなどがある。

問1 ア～エに適切な化学反応名を記入しなさい。また、オ～キに適切な語句または物質名を記入しなさい。

問2 下線部(a)について、イにより、フマル酸とエチレングリコールからポリエステルを合成する化学反応式を示しなさい。

問3 AとBに適切な物質の構造式を示しなさい。

問 4 下線部(b)について，ポリ酢酸ビニル 43 g から平均分子量が 2.29×10^4 の カ を得た。このポリ酢酸ビニルの平均重合度と，アセタール化に必要な B の物質量を，それぞれ有効数字 2 桁で求めなさい。また，計算過程も示しなさい。ただし，ポリ酢酸ビニルの加水分解は完全に進行し，引き続くアセタール化については，ポリビニルアルコールに含まれるヒドロキシ基の 30 % が反応し，分子間でアセタール化は起こらないものとする。

問 5 吸水性高分子は，アクリル酸ナトリウムに少量の適切な物質を加えて共重合し，三次元網目構造をもたせることで得られる。この吸水性高分子に水を吸収させた後，樹脂の上に食塩を振りかけた場合，吸水性高分子にどのような変化が起こるか，25 字以内で述べなさい。