令和３年度入学者選抜試験問題

理学部 理学科
医学部 医学科
工学部 高分子・有機材料工学科，化学・バイオ工学科，
情報・エレクトロニクス学科，機械システム工学科，
システム創成工学科
農学部 食料生命環境学科

理　　科

（化　　学）

前　期　日　程

注　意　事　項

1　試験開始の合図があるまで，この問題冊子の中を見てはいけません。

2　この問題冊子の本文は１ページから15ページまでです。

3　試験中に問題冊子の印刷不鮮明・落丁・乱丁，解答用紙の汚れなどに気が付いた場合は，手を挙げて監督者に知らせてください。

4　監督者の指示にしたがって，解答用紙に**大学受験番号**を正しく記入してください。
大学受験番号が正しく記入されていない場合は，採点されないことがあります。

5　**理学部受験者**は**第１問，第２問，第３問，第４問，第５問，第６問**の**６問**を解答してください。
医学部受験者は**第１問，第３問，第４問，第５問**の**４問**を解答してください。
工学部受験者は**第１問，第２問，第３問，第４問，第５問，第６問**の**６問**を解答してください。
農学部受験者は**第１問，第２問，第３問，第４問，第５問，第６問**の**６問**を解答してください。

6　解答用紙の注意事項をよく読み，指示にしたがって解答してください。

7　試験終了後，問題冊子と下書き用紙は持ち帰ってください。

第１問　次の問い（問１，問２）に答えなさい。

問１　次の文章を読み，下の（１）～（４）の問いに答えなさい。

固体の結晶は，(a)原子や分子，イオンの結合の仕方によって４つの種類に分けられる。［ア］結晶は，一般にきわめて硬く，融点が非常に高い。また，水に溶けにくく，電気を導かないものが多い。この結晶には，原子が(b)三次元的に結合していて，個々の分子としては存在していないものや，原子が(c)網目状に結合して平面構造をつくり，その平面同士が弱い分子間力で結びつけられているものがある。［イ］結晶は，一般に融点が高く，硬い。しかし，外部からの力にはもろい。固体では電気を導かないが，水溶液では電気を導くようになる。［ウ］結晶は，一般に展性や延性をもち，電気を導くが，水には溶けない。分子結晶は(d)分子間力によって分子が集まっているので，一般に(e)電気を導かず，軟らかく，融点が低かったり，昇華性を示したりする。

（１）　空欄［ア］～［ウ］にあてはまる最も適切な語句をそれぞれ記しなさい。

（２）　下線部(a)について，固体状態にある次の５つの物質を，下の (i) ～ (iii) に分類してそれぞれ組成式で記しなさい。

炭酸カルシウム　　酸化カルシウム
塩化カリウム　　斜方硫黄
水酸化ナトリウム

(i)　イオン結合のみからなる物質
(ii)　イオン結合と共有結合からなる物質
(iii)　共有結合と分子間力からなる物質

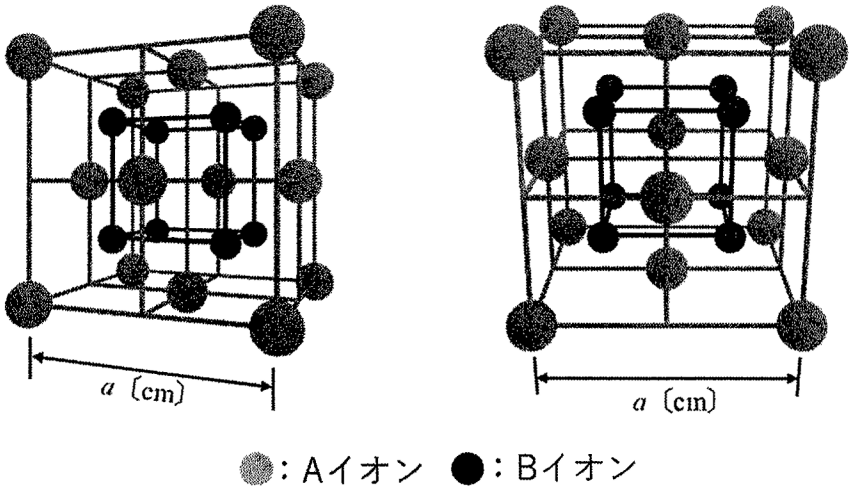
（3）　下線部(b)にあてはまる単体および化合物と，下線部(c)にあてはまる単体，および下線部(e)にあてはまる化合物を，次の①～⑨の物質の中からそれぞれ一つずつ選び，番号で記しなさい。

①ナトリウム	②黒鉛	③ケイ素
④斜方硫黄	⑤黄リン	⑥石灰石
⑦ドライアイス	⑧石英	⑨ヨウ素

（4）　下線部(d)に含まれる力や結合などの相互作用の名称を２つ記しなさい。

問２　次の文章を読み，下の（１）～（４）の問いに答えなさい。ただし，アボガドロ定数は N_A〔/mol〕，円周率は π とする。

２種のイオンＡとＢからなるイオン結合性物質Ｘがある。Ｘの結晶を調べたところ，図１のような一辺の長さ a〔cm〕の立方体からなる単位格子が，三次元的に規則正しく配列していることがわかった。



斜めから見た図　　正面から見た図

図１　Ｘの結晶における原子核の位置関係

（１）　この結晶中のＡイオンだけについての結晶格子の名称を記しなさい。

（２）　Ｘの組成式をＡとＢを用いて記しなさい。

（３）　この結晶中で，ＡイオンとＢイオンは互いに接している。Ａイオンの半径を r〔cm〕とする。Ｂイオンの半径 R〔cm〕を，a，r，N_A，π のうち必要なものを用いて文字式で記しなさい。分数は既約分数で表し，平方根は開かずにそのまま用いなさい。

（4）　Aの原子量はBの原子量の2倍であり，Xの結晶の密度はd〔g/cm^3〕である。Bの原子量Mを，a，d，r，N_A，πのうち必要なものを用いて文字式で記しなさい。分数は既約分数で表し，平方根は開かずにそのまま用いなさい。

第２問

次の文章を読み，下の（１）～（５）の問いに答えなさい。ただし，すべての成分は気体状態にあるものとする。必要ならば，メタン，二酸化炭素，一酸化炭素および水蒸気の生成熱は，それぞれ 75 kJ/mol，394 kJ/mol，111 kJ/mol，242 kJ/mol を使うこと。

次の可逆反応を考える。

$$CO_2 + H_2 \rightleftharpoons CO + H_2O \qquad (式 1)$$

580°C において，容積一定の真空容器内に二酸化炭素 1.00 mol と水素 2.00 mol を入れて平衡状態にさせたのち，容器内の二酸化炭素の物質量を調べたところ，0.50 mol に減少していた。

（１）　580°C における（式 1）の反応の平衡定数を求め，有効数字２桁で記しなさい。計算過程も記しなさい。

（２）　同じ容積の真空容器に二酸化炭素と水素を合計 3.00 mol 入れて 580°C に保ち，平衡状態での水蒸気の濃度を最大にしたい。はじめに入れるべき二酸化炭素の物質量を求め，有効数字２桁で記しなさい。計算過程も記しなさい。

同じ容積の真空容器にメタンと酸素を 1.00 mol ずつ入れ，容器の温度を 580°C に保ったまま反応させた。(a)長時間経過して平衡状態に達したとき，容器内には二酸化炭素，一酸化炭素，水蒸気，水素のみが存在した。このときの反応式は，生成した二酸化炭素の物質量 x〔mol〕を用いて次のように表される。

$$CH_4 + O_2 \longrightarrow x\,CO_2 + \boxed{\text{ア}}\,CO + \boxed{\text{イ}}\,H_2O + \boxed{\text{ウ}}\,H_2 \qquad (式 2)$$

（３）　空欄 ア ～ ウ にあてはまる適切な式を，x を用いて記しなさい。

（４）　x の値を求め，有効数字２桁で記しなさい。

（5）　下線部(a)の状態から容器の温度をあげて，600°C に保ったところ，新たな平衡状態に達した。580°C のときと比べて，二酸化炭素，一酸化炭素，水蒸気，水素の物質量はそれぞれどのように変化するか，解答用紙の該当する語句を丸で囲みなさい。

第３問

次の文章を読み，下の（１）～（８）の問いに答えなさい。必要ならば，原子量，水のイオン積（K_w）ならびに常用対数の値は次の値を使うこと。

H 1.0　C 12.0　O 16.0　Na 23.0

$K_w = 1.0 \times 10^{-14}\ (\mathrm{mol/L})^2$

$\log_{10}2 = 0.30$　$\log_{10}3 = 0.48$

濃度 0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を用いて，濃度が未知の酢酸水溶液の中和滴定を行った。酢酸水溶液 10 mL に指示薬を加え，滴定を行ったところ，水酸化ナトリウム水溶液 20 mL を加えたところで中和点に達した。さらに 10 mL の水酸化ナトリウム水溶液を中和点に達した溶液に加えた。

（１）　この中和反応のイオン反応式を記しなさい。

（２）　0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 1.0×10^2 mL を調製するのに必要な水酸化ナトリウムの質量を求め，有効数字２桁で記しなさい。

（３）　0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液の pH を求め，有効数字２桁で記しなさい。計算過程も記しなさい。

（４）　滴定実験を行うために必要な，最も適切な器具を次の①～⑥から３つ選び，番号を記しなさい。

①ビュレット　②ホールピペット　③試験管
④メスシリンダー　⑤コニカルビーカー　⑥丸底フラスコ

（５）　この中和滴定の指示薬として適切なものを次の①～③から１つ選び，番号を記しなさい。

①メチルオレンジ　②フェノールフタレイン
③ブロモチモールブルー

（6）　酢酸水溶液の濃度を求め，有効数字２桁で記しなさい。

（7）　中和点に達した溶液から回収できる塩の質量を求め，有効数字２桁で記しなさい。計算過程も記しなさい。

（8）　最終的な溶液の pH を求め，有効数字２桁で記しなさい。計算過程も記しなさい。ただし，指示薬の体積は無視できるものとする。

第４問

次の問い（問１～問５）に答えなさい。必要ならば，原子量ならびにファラデー定数（F）は次の値を使うこと。

H 1.01　C 12.0　O 16.0　F 19.0　Cl 35.5

Cu 63.5　Br 79.9　Ag 108

$F = 9.65 \times 10^4$ C/mol

問１　次の金属イオン（A 群）と操作（B 群）について，下の（１），（２）の問いに答えなさい。

（A 群）Ag^+　Al^{3+}　Cu^{2+}　Zn^{2+}

（B 群）①塩酸を加える　②H_2S を通じる　③希硫酸を加える
④NaOH 水溶液を少量加える　⑤NaOH 水溶液を過剰に加える
⑥アンモニア水を少量加える　⑦アンモニア水を過剰に加える

（１）　A 群の４種類の金属イオンをすべて含む水溶液から Ag^+イオンだけを沈殿させたい。最も有効な操作を B 群から選び，番号を記すとともに，沈殿生成反応をイオン反応式で記しなさい。また，沈殿の色と沈殿が生成したときの溶液の色もそれぞれ記しなさい。

（２）　A 群の４種類の金属イオンをすべて含む水溶液から Al^{3+}イオンだけを沈殿させたい。最も有効な操作を B 群から選び，番号を記すとともに，沈殿生成反応をイオン反応式で記しなさい。また，沈殿の色と沈殿が生成したときの溶液の色もそれぞれ記しなさい。

問２　金属板の片面（面積 20.0 cm^2）に銀をめっきしたい。0.965 A の電流を 7.00 分間流したときのめっきの厚さを求め，有効数字２桁で記しなさい。計算過程も記しなさい。ただし，銀の密度は 10.5 g/cm^3 であり，めっきの厚さは均一であるとする。

問３　次の気体発生法①～③の化学反応式をそれぞれ記しなさい。

① 大理石($CaCO_3$)に希塩酸を加え，二酸化炭素を発生させる。

② ホタル石(CaF_2)と濃硫酸を加熱し，フッ化水素を発生させる。

③ 銅と濃硫酸を加熱し，二酸化硫黄を発生させる。

問４　二つの実験計画(A，B)を読み，下の（１），（２）の問いに答えなさい。

A　過マンガン酸カリウム水溶液の濃度を求めるための実験計画
（操作）シュウ酸二水和物の結晶をはかりとり，水溶液を調製する。調製した溶液の一部をとり，炭酸ナトリウム水溶液で塩基性にしたのち加熱し，過マンガン酸カリウム水溶液で滴定する。

B　アンモニアを発生させ捕集するための実験計画
（操作）NH_4Cl と $Ca(OH)_2$ の混合物を加熱し，アンモニアを発生させる。発生した気体を濃硫酸に通じて乾燥させ，上方置換で気体を捕集する。

（１）　実験計画 A の操作には，不適切な点が一つある。不適切な点を 15 字以内で記しなさい。ただし，句読点も字数に含めるものとする。

（２）　実験計画 B の操作には，不適切な点が一つある。不適切な点を 15 字以内で記しなさい。ただし，句読点も字数に含めるものとする。

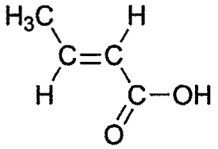
問５　ある化合物に含まれる Cu^{2+}イオンの割合（質量パーセント）を調べたところ，31.8%であった。この化合物として最も適切なものを次の①～⑤から選び，番号を記しなさい。考えた過程も記しなさい。

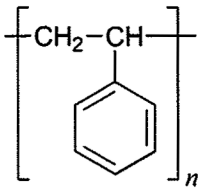
① CuO　② CuF_2　③ $CuBr_2$
④ $CuCl_2$　⑤ $Cu(CH_3COO)_2 \cdot H_2O$

第５問

次の問い（問１，問２）に答えなさい。必要ならば，原子量は次の値を使うこと。また，化合物の構造式は，下の例を参考にして記しなさい。

H 1.0　C 12.0　N 14.0　O 16.0　Cl 35.5　Sn 118.7

（例１） 

（例２） 

問１　次の文章を読み，下の（１）～（３）の問いに答えなさい。

化合物 **A**～**E** は，安息香酸，フタル酸，サリチル酸，*o*-クレゾール，ベンジルアルコールのいずれかである。化合物 **B** と **C** は，塩化鉄(III)水溶液で呈色したが，化合物 **A**，**D**，**E** は呈色しなかった。化合物 **E** は，加熱すると分子内の脱水反応により化合物 **F** に変換した。化合物 **F** は，化合物 **G**（分子式 C_8H_{10}）や化合物 **H**（分子式 $C_{10}H_8$）を酸化バナジウム触媒で空気酸化しても得られた。また，(a)化合物 **A**～**E** を含むジエチルエーテル溶液と炭酸水素ナトリウム水溶液を分液ろうとに入れ，よく振ったのち，静置すると水層とエーテル層に分離した。水層には化合物 **A**，**C**，**E** が，エーテル層には化合物 **B** と **D** が溶解していた。

（１）　化合物 **A**～**H** の構造式を記しなさい。

（２）　下線部(a)で分液ろうとを振る際，コックを開く操作を頻繁に行い，分液ろうとの内圧があがるのを防ぐ必要がある。分液ろうとの内圧をあげる２つの物質の構造式を記しなさい。

（３）　安息香酸とサリチル酸の混合物をメタノールに溶かし，少量の濃硫酸を加えて加熱し，完全に反応させた。次に，この反応溶液が塩基性になるまで水酸化ナトリウム水溶液を加え，よくかき混ぜたのち，さらにエーテルを加え，分液ろうと内でよく振り混ぜてから静置した。

このとき，水層とエーテル層に含まれる芳香族化合物の構造式を記しなさい。

問２　次の文章を読み，下の（１）～（５）の問いに答えなさい。

(a)試験管にニトロベンゼン 1.23 g，粒状スズ 4.00 g をとり，振り混ぜながら濃塩酸 5.00 mL を少しずつ加えたのち，70°C の温水で加熱した。油滴がなくなったのを確認して加熱をやめ，試験管内容物の溶液のみをフラスコに移した。(b)この溶液に 6.00 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を塩基性になるまで少しずつ加えて振り混ぜた。得られた混合物を分液ろうとに入れ，エーテルを加えて振り混ぜた。エーテル層を取り出し，エーテルを蒸発させると特有の臭気をもつ油状の液体としてアニリンが得られた。

（１）　下線部(b)で起こる有機化合物の化学変化の反応式を，構造式を用いて記しなさい。

（２）　下線部(a)と(b)で起こる反応が完全に進行したときに生成するアニリンの質量を求め，有効数字２桁で記しなさい。計算過程も記しなさい。

（３）　アニリンに無水酢酸を作用させると，無色無臭の融点 115°C を示す板状結晶が生じた。このときの化学変化の反応式を，構造式を用いて記しなさい。また，生成する芳香族化合物の名称も記しなさい。

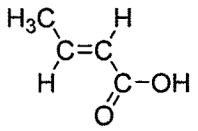
（４）　氷冷しながらアニリンの希塩酸溶液に亜硝酸ナトリウム水溶液を加えたところ，低温の水溶液中で安定に存在する塩が得られた。このときの化学変化の反応式を，構造式を用いて記しなさい。

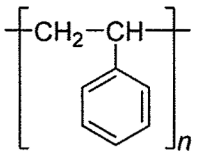
（５）　（４）で生じた生成物にナトリウムフェノキシドの水溶液を加えると橙赤色の物質が生成した。生成した物質の構造式を記しなさい。また，この反応の名称も記しなさい。

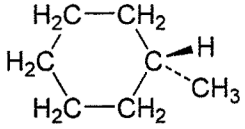
第6問

次の文章を読み，下の（1）～（7）の問いに答えなさい。必要ならば，気体定数（R）は次の値を使うこと。また，化合物の構造式は，下の例を参考にして記しなさい。

$$R = 8.31 \times 10^3\ \mathrm{Pa \cdot L/(mol \cdot K)}$$

（例1） 

（例2） 

（例3） 

合成高分子の多くは石油からつくられるが，最近では植物由来の炭素資源からもつくられるようになってきた。その一つであるポリ乳酸は次のようにしてつくられる。まず，トウモロコシなどから抽出したデンプンを加水分解して［ア］とする。［ア］は，多数の［イ］基をもつ単糖類である。［ア］が乳酸菌によって乳酸発酵すると乳酸ができる。乳酸は，［イ］基と［ウ］基をもつためこれらが縮合して［エ］結合を生じる。乳酸が［オ］重合して，多数の［エ］結合によってつながればポリ乳酸となるが，この方法では高分子量のポリ乳酸は得られない。そこで，2分子の乳酸を縮合して，環化二量体である(a)ラクチドとし，ラクチドの［カ］重合によってポリ乳酸が合成される。［カ］重合は，ε-カプロラクタムからナイロン6を合成する際にも用いられる反応である。ポリ乳酸は土中の微生物によって二酸化炭素と水に分解される。このような性質をもつ高分子を［キ］性高分子という。

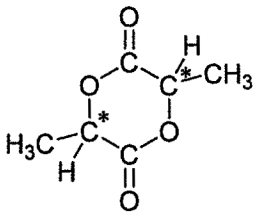
一方，［ア］を酵母菌によってアルコール発酵させると(b)エタノールが生じる。エタノールを脱水するとエチレンとなり，これを［ク］重合させると(c)ポリエチレンができる。また，エタノールやエチレンはさまざまな化合物の原料となるため，これらを経由することで無数の化合物が植物から合成できる。たとえば，エタノールを［ケ］すると**A**となり，さらに［ケ］すると**B**となる。**A**はヨードホルム反応で陽性を示す物質である。一方，エチレンを塩素と反応させて**C**としたのち，水酸化ナトリウムを用いて加水分解すると**D**が生成する。**D**は自動

車エンジン冷却用の不凍液や溶剤として用いられるほか，(d)合成繊維やプラスチックの原料としても用いられる。

（1）　空欄 ア ～ ケ にあてはまる最も適切な語句を記しなさい。

（2）　化合物 **A**～**D** の構造式と名称を記しなさい。

（3）　下線部(a)のラクチドは下のような構造をもち，＊で示した不斉炭素に起因する立体異性体がいくつか存在する。そのうち，鏡像異性体をもたないものの構造式を一つ，立体構造がわかるように記しなさい。立体構造を図示する際は，炭素がもつ４本の結合のうち，環に含まれる２本の結合を紙面上において実線（—）で描き，それ以外の結合のうち紙面より手前に出ている結合をくさび（━）で，奥に出ている結合を破線（---）でそれぞれ示しなさい。構造式についての例３も参考にしなさい。ただし，環は平面であるとして考えること。



ラクチドの構造式

（4）　次の文は下線部(b)のエタノールについての記述であるが，①～⑨の下線を引いた部分のうち３か所に誤りを含む。該当部分の番号と正しい語句をそれぞれ記しなさい。

エタノール①C_2H_5OHは②メチルアルコールとも呼ばれ，単にアルコールといえばエタノールをさすことが多い。③無色の④液体で，水に⑤わずかに溶ける。工業的には⑥アセチレンに⑦水を付加させてつくる。エタノールは，重要な化学工業の原料であるほか，⑧酒類の成分や⑨消毒薬などとして日常生活に広く利用されている。

（5）　下線部(c)のポリエチレンは，製法によって性質が異なり，低密度ポリエチレンと高密度ポリエチレンとに分けられる。低密度ポリエチレンは高温，高圧で合成されるのに対し，高密度ポリエチレンは触媒を用いて低温，低圧で合成される。

次の表は，ポリエチレンの構造と性質の違いについてまとめたものである。空欄**コ**～**チ**に当てはまる語句を，対応する選択肢から選び，記しなさい。

		低密度ポリエチレン	高密度ポリエチレン	選択肢
構造	枝分かれ	**コ**	**サ**	多い　少ない
	結晶部分	**シ**	**ス**	
性質	外見	**セ**	**ソ**	透明　半透明
	硬さ	**タ**	**チ**	硬い　軟らかい

（6）　下線部(d)の記述のような，**D** から合成される高分子化合物の例を一つあげ，その構造式を記しなさい。

（7）　ポリ乳酸 0.300 g をある溶媒に完全に溶かして 0.100 L の溶液を調製した。この溶液の 27°C における浸透圧は 2.77×10^2 Pa であった。ポリ乳酸の平均分子量を求め，有効数字２桁で記しなさい。計算過程も記しなさい。ただし，ポリ乳酸の電離は無視できるものとする。