

化 学

- 必要であれば，次の値を用いなさい。

原子量：H = 1.0, N = 14.0, O = 16.0

$\sqrt{3} = 1.73$, $\pi = 3.14$

1 次の問いに答えなさい。(配点 20)

問 1 原子の位置関係が図 1 の構造 A, B で表される金属結晶として正しいものを次の中から 2 つずつ選び，記号で答えなさい。

- (a) Na (b) Mg (c) Al (d) K (e) Cu (f) Zn

問 2 原子を球と仮定すると，結晶中の原子は互いに接した構造となる。図 1 の構造 A における配位数を整数で答えなさい。また，構造 A と同じ配位数のイオン結晶として正しいものを次の中から 1 つ選び，記号で答えなさい。

- (a) NaCl (b) CuCl (c) AgCl (d) CsCl

問 3 図 1 の構造 B の正六角柱は単位格子 3 つを合わせたものである。構造 B における配位数を整数で答えなさい。また，構造 B の正六角柱で囲まれた部分に含まれる原子数を，整数で答えなさい。

問 4 図 1 の構造 B 中の原子半径を r とすると，底面の正六角形の一辺の長さは $2r$ ，正六角柱の高さは $3.26r$ となる。これより，構造 B の充填率は何 % となるか整数で答えなさい。計算過程も示しなさい。

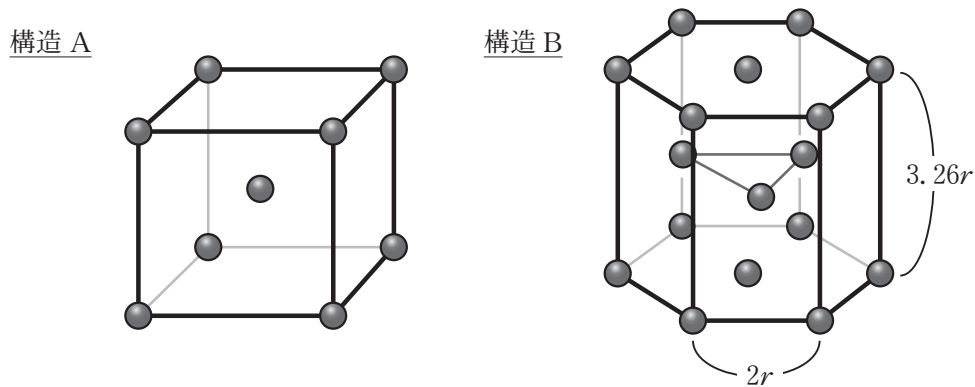


図 1

2 次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。(配点 20)

家畜の排せつ物などを原料として生産する堆肥は、窒素 (N) をはじめとする作物の生育に必要な養分を含んでおり、有機農業を行う上で重要な肥料である。堆肥を利用する上では、窒素 (N) 含有量を把握することが重要である。

ある乾燥した堆肥の窒素 (N) 含有量を調べるために、以下のような実験を行った。まず、堆肥 0.25 g をとり、濃硫酸と加熱し、窒素分を完全に硫酸アンモニウムに変化させた。次に、これに^①10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を加えて強アルカリ性にした後、水蒸気を吹き込みながら蒸留し、発生したアンモニアをすべて捕集液である 0.10 mol/L の硫酸 20 mL に吸収させた。吸収後の捕集液を 0.20 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、中和するのに 15 mL を要した。

- 問 1 下線部①における硫酸アンモニウムと水酸化ナトリウムから、硫酸ナトリウムとアンモニア、水が生成する反応の化学反応式を答えなさい。
- 問 2 捕集液に用いた 0.10 mol/L の硫酸 20 mL を、過不足なく中和するのに必要な 0.20 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液は何 mL か、有効数字 2 桁で答えなさい。計算過程も示しなさい。
- 問 3 実験結果から、この堆肥中の窒素 (N) の割合 (質量パーセント) は何 % か、有効数字 2 桁で答えなさい。計算過程も示しなさい。
- 問 4 この堆肥を用いて、3.0 ha の畑に 1.0 ha あたり 50 kg の窒素 (N) を与えたい。必要な堆肥の重量は何 kg か、有効数字 2 桁で答えなさい。計算過程も示しなさい。

3 次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。(配点 20)

図 1 に 1.013×10^5 Pa で 0°C の水 180 g を 1 時間あたり 600 kJ の割合で加熱したときの温度変化を示した。加熱開始から点 a までは温度は 0°C で一定であったが、点 a ですべて水となり点 a から点 b では時間とともに温度は上昇した。さらに点 b から点 c までは温度は 100°C で一定となり、点 c ではすべて水蒸気となった。このように、水は、固体、液体、気体に状態変化を起こし、状態変化の間は温度が一定に保たれる。また、水分子の間には強い分子間力が働くため、水は高い沸点をもつ。

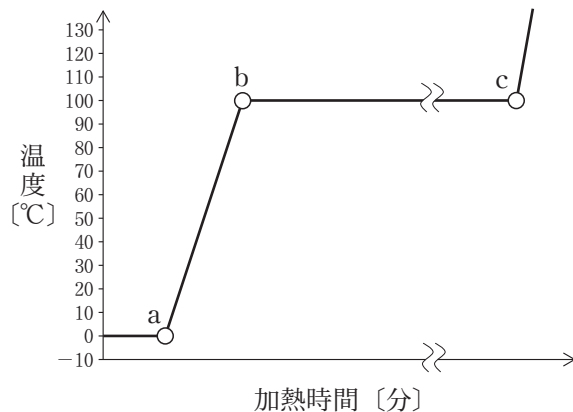


図 1

問 1 加熱開始から点 a までの加熱時間は 6.0 分であった。加えられた熱量はすべて氷の融解に用いられたとして、氷 1.0 mol あたりの融解熱は何 kJ/mol か、有効数字 2 桁で答えなさい。計算過程も示しなさい。

問 2 点 a から点 b まで温度が変化している間の加熱時間は 7.5 分であった。加えられた熱量はすべて水の温度変化に用いられたとして、水の比熱容量は何 J/(g·K) か、有効数字 2 桁で答えなさい。計算過程も示しなさい。

問 3 点 b から点 c までの間で加えられた熱量はすべて水の状態変化に用いられたとして、この間の加熱時間は何分か、有効数字 2 桁で答えなさい。計算過程も示しなさい。ただし、水の蒸発熱は 41 kJ/mol とする。

問 4 下線部①の水の状態変化について、以下の問いに答えなさい。

- (1) 温度と圧力に応じて、物質が固体、液体、気体の、どの状態をとるかを示す図を状態図という。水の状態図として、適切なものを図2の(ア)~(ウ)から選択し、記号で答えなさい。

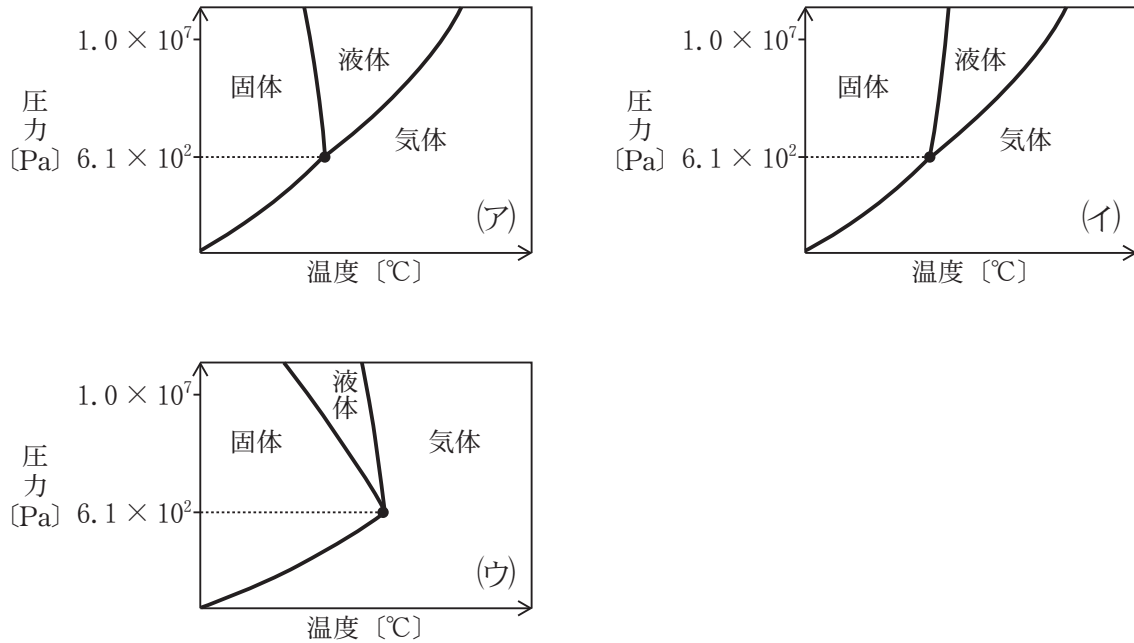


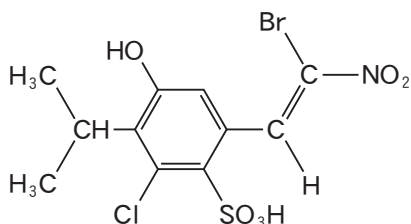
図 2

- (2) 7.0×10^4 Pa における融点と沸点は図1のそれぞれの温度より上昇あるいは低下するか、それぞれ答えなさい。

問 5 下線部②について、最も寄与が大きい分子間力を答えなさい。また、この分子間力により、ハロゲン化水素の中で最も沸点が高い化合物の名称を答えなさい。

4 次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。なお、化合物の構造式については以下の例にならって書きなさい。(配点 20)

構造式の書き方の例



ベンゼンは芳香族化合物である。芳香族化合物には、ベンゼン環にメチル基が1個結合したトルエンや2個結合した ア、ヒドロキシ基が1個結合した イ、分子式 $C_{10}H_8$ の ウ のように2個のベンゼン環が一边を共有した構造をもつものなどがある。ア には3種類の構造異性体が存在する。^①

エチレンの二重結合は容易に エ 反応を行うが、ベンゼンでは主に置換反応が起こる。例えば、ベンゼンに濃硝酸と濃硫酸の混合物(混酸)を反応させると、置換反応によりニトロベンゼンが生成する。ニトロベンゼンを金属スズと濃塩酸で還元し、反応が完全に進行した後、強い塩基を加えるとアニリンが生成する。^②

ベンゼンの一置換体にさらに置換反応を行う場合、*o*- (オルト)、*m*- (メタ)、*p*- (パラ) のどの位置で次の置換反応が起こりやすいかは、置換基の種類によって決まる。例えば、ヒドロキシ基やアミノ基、メチル基といった官能基が結合した一置換体では *o*-位と *p*-位が次に置換されやすく、ニトロ基やカルボキシ基、スルホ基といった官能基が結合した一置換体では *m*-位が次に置換されやすい。これを置換基の配向性という。

トルエンを混酸と常温で反応させると、芳香族化合物 A とその構造異性体 B を含む混合物が主に得られた。化合物 A と B は、いずれもベンゼン環に2個の置換基をもち、これらの分子式はともに $C_7H_7NO_2$ であった。化合物 A と B のそれぞれを混酸とさらに反応させると、ベンゼン環に4個の置換基をもつ化合物 C が生成した。化合物 C は、黄褐色の結晶で爆薬の原料として用いられる。また、化合物 A のベンゼン環の水素原子1個を臭素原子で置換すると、2種類の化合物が主に生成すると考えられるのに対し、化合物 B の場合では化合物 D が主に生成すると考えられる。

問 1 空欄 ～ に入る語句を答えなさい。

問 2 下線部①について、3種類の構造異性体のうち、過マンガン酸カリウムで酸化するとフタル酸が生成する化合物の構造式を書きなさい。

問 3 下線部②の反応は、次の反応式で表される。空欄 に入る化合物の構造式と空欄 と に入る整数をそれぞれ書きなさい。



問 4 置換基の配向性を考慮して、化合物 A ～ D の構造式をそれぞれ書きなさい。

5 次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。(配点 20)

酵素は主に有機高分子化合物の一つであるタンパク質でできており、比較的穏やかな条件での化学反応の促進を可能にする。図1は酵素がある場合とない場合での反応の進行度とエネルギーの関係を示したものである。図中の実線は酵素が 場合、破線は酵素が 場合である。酵素のように自身は変化せず化学反応の反応速度を大きくすることができる物質のことを という。酵素の一つであるマルターゼは消化管に存在しておりマルトースをグルコースへと 分解する。

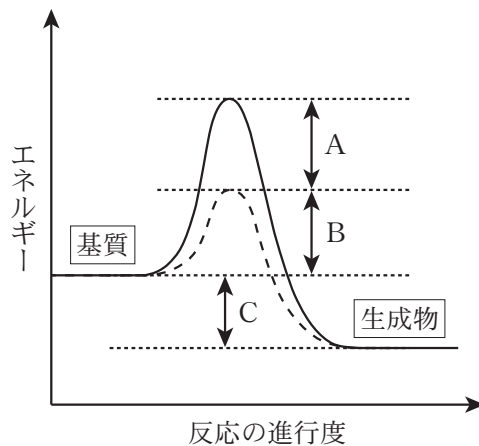


図1

問1 空欄 ~ に入る最も適切な語句を答えなさい。

問2 図1における活性化エネルギー及び反応熱は図中の A, B, C によって表すことができる。表1の空欄 I ~ IV に入る適切なものをく選択肢>より1つ選び記入しなさい。ただし、複数回選択してもかまわない。

<選択肢> A, B, C, A + B, B + C, A + C, A + B + C

表1

	酵素あり	酵素なし
活性化エネルギー	I	II
反応熱	III	IV

問3 酵素マルターゼを 2.8×10^{-3} mol/L のマルトース水溶液に加えて15分間反応させたところ、マルトース濃度が 1.0×10^{-3} mol/L となった。この間の平均グルコース生成速度 [mol/(L・min)] を有効数字2桁で答えなさい。計算過程も示しなさい。

問4 酵素マルターゼによる反応に対する温度の影響について、以下の問いに答えなさい。

- (1) 0℃から40℃まで徐々に温度を上昇させた場合に反応速度はどのようになるか答えなさい。
- (2) 40℃から100℃にした場合に反応速度はどのようになるか答えなさい。また、その理由も答えなさい。