

山形大学

平成 30 年度入学者選抜試験問題

理学部 理学科 (化学分野受験)

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 16 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

次の文章を読み、下の(1)～(8)の問いに答えなさい。必要ならば、気体定数は次の値を使うこと。

$$R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$$

理想気体1 molの温度が T [K]、圧力が P [Pa]、体積が V [L]、気体定数が R であるとき、

$$\boxed{\text{ア}} = RT \quad (\text{式1})$$

が成り立つ。(式1)では、分子自身には大きさがなく、分子間力が働かないと仮定されているが、実在する気体の多くにはこの仮定は成り立たない。これに対して、ファンデルワールスは分子自身の体積と分子間に働く引力を考慮して(式1)を補正し、実在気体によくあてはまる状態方程式を導き出した。

今、1 molの実在気体について考えてみる。実在気体の分子には体積があるので、分子が自由に動ける空間の体積を等しくすると、実在気体は理想気体に比べて体積が大きくなる。したがって、実在気体の体積 V_r は、理想気体の体積 V と分子自身の体積を表す正の定数 b を用いることで、

$$V_r = \boxed{\text{イ}}$$

と表すことができる。

また、実在気体には分子間に引力が働くので、圧力は理想気体に比べて $\boxed{\text{ウ}}$ くなる。分子間に働く引力は、気体の体積が小さくなるほど大きくなり、この効果は V_r の2乗に反比例することが知られている。したがって、実在気体の圧力 P_r は、理想気体の圧力 P と分子間に働く引力の効果を表す正の定数 a を用いることで、

$$P_r = \boxed{\text{エ}}$$

と表すことができる。

以上より、1 molあたりの実在気体について P_r 、 V_r 、 a 、 b を用いることで、

$$\boxed{\text{オ}} = RT \quad (\text{式2})$$

が導き出される。この(式2)はファンデルワールスの状態方程式とよばれ、 a 、 b はファンデルワールスの定数とよばれている。

理想気体1 molでは、(式1)の右辺と左辺との比は、常に1になる。この比は圧縮因子と呼ばれ、 Z で表される。

$$Z = \frac{\boxed{\text{ア}}}{RT} = 1$$

しかし、実在気体については、(式1)の仮定が成り立たないため、 Z は1からずれる。図1は、ある実在気体の温度 T_1 [K]および T_2 [K]、 T_3 [K]における、圧力と Z との関係を表したグラフである。ただし、図1の温度および圧力範囲では気体状態であることは確認されている。

また、図2は、実在気体Gの蒸気圧曲線(曲線XY)を表したグラフである。今、図2の点Aの状態(温度 T_4 、圧力 P_1)にある実在気体Gを、体積一定で冷却したとき、圧力は絶対温度に比例して下がり、点Bの状態(温度 T_5 、圧力 P_2)になった。

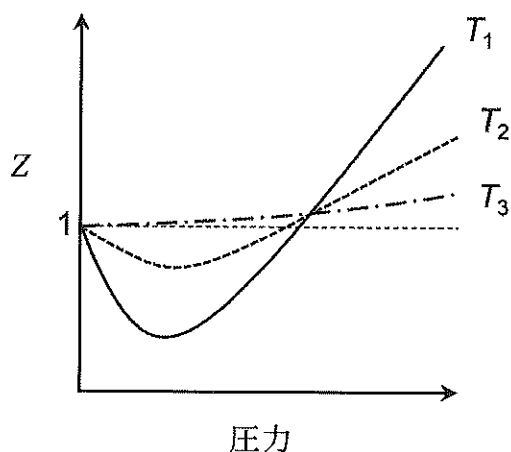


図 1

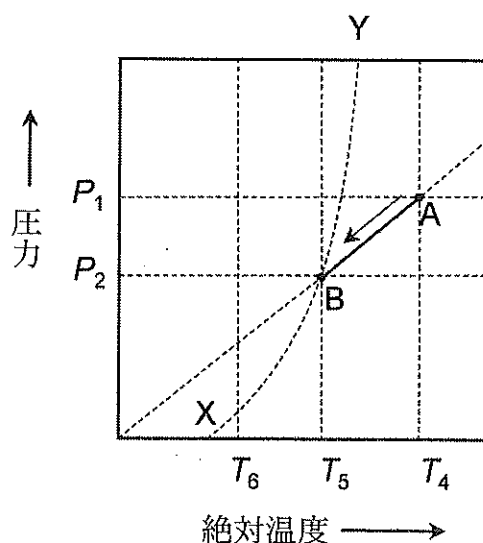


図 2

- (1) 空欄 $\boxed{\text{ア}}$ にあてはまる適切な式を記しなさい。
- (2) ある理想気体の 0.97 g は、 27°C 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ で、1.5 L を占める。この気体の分子量を有効数字 2 桁で求めなさい。

(3) 空欄 ～ にあてはまる適切な語句または式を次の(a)～(l)の中から選び、記号を記しなさい。ただし、同じものを何度使ってもよい。

- (a) 大きい (b) 小さい (c) $V+b$ (d) $V-b$
 (e) bV (f) $\frac{V}{b}$ (g) $\frac{b}{V}$ (h) $P+\frac{a}{V_r^2}$
 (i) $P-\frac{a}{V_r^2}$ (j) aPV_r^2 (k) $P+aV_r^2$ (l) $P-aV_r^2$

(4) 空欄 にあてはまる適切な式を記しなさい。

(5) 図1の温度 T_1 , T_2 , T_3 の関係を表す最も適切なものを次の(a)～(f)の中から選び、記号を記しなさい。

- (a) $T_1 < T_2 < T_3$ (b) $T_1 > T_2 > T_3$ (c) $T_2 < T_3 < T_1$
 (d) $T_2 > T_3 > T_1$ (e) $T_3 < T_1 < T_2$ (f) $T_3 > T_1 > T_2$

(6) (5)の解答の理由を、次の3つの語句をすべて使用して、句読点を含めて40字以内で記しなさい。

分子間力 熱運動 高温

(7) 図2の点A, Bを通る直線の傾きを表す式を、 P , V , T , P_r , V_r , R , a , b の中から適切なものを用いて記しなさい。

(8) 図2の点Bの状態にある実在気体Gを、体積を一定にしたまま、さらに温度を T_6 まで冷却したときの圧力の変化を、解答用紙の図中に実線で示しなさい。

第2問

次の文章を読み、下の(1)～(5)の問いに答えなさい。必要ならば、原子量は次の値を使うこと。

H 1.00 C 12.0 O 16.0

純粋な溶媒を冷却していくと、冷却曲線は図1中の曲線Aのようになる。図1中の温度 t_f が溶媒の凝固点である。一方で、溶媒に少量の不揮発性非電解質を溶かした溶液を冷却していくと、その冷却曲線は曲線Bのようになり、その凝固点は純粋な溶媒よりも低くなる。一般に溶液の凝固点が溶媒の凝固点より低くなることを凝固点降下といい、両者の凝固点の差を凝固点降下度という。また、曲線Aにおける点aから点bのように、一時的に凝固点よりも温度が低下する現象が観察される。この現象を **ア** という。溶媒の凝固は曲線A上の点 **イ** から始まる。同様の現象は溶液においても観察される。凝固点降下度は、一般に溶質の種類には無関係で、溶質の **ウ** だけに比例する。その比例定数をモル凝固点降下という。凝固点降下と同じ原理にもとづいて希薄溶液で観察される現象に **エ** と浸透がある。

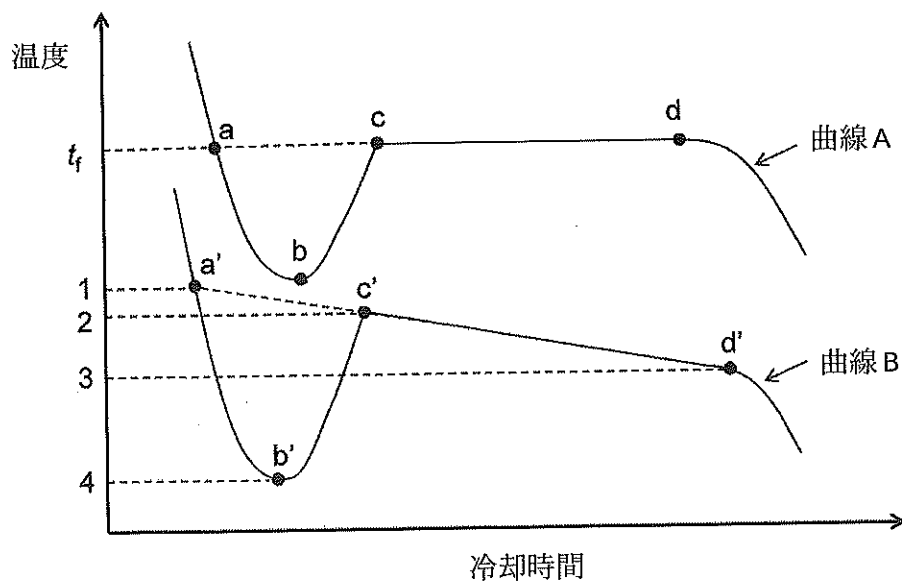


図1

- (1) 空欄 **ア** ~ **エ** にあてはまる適切な語句または記号を記しなさい。
- (2) 溶液の凝固点は図 1 中の 1~4 のどの温度にあたるか、数字を記しなさい。
- (3) 曲線 A において、点 b から点 c の区間で温度上昇が起こる理由を簡潔に記しなさい。
- (4) 曲線 B の点 c' から点 d' の区間で、時間の経過とともに温度が低下する理由を、句読点を含めて 50 字以内で記しなさい。
- (5) ベンゼン 50.0 g に、ある非電解質 0.60 g を溶かした溶液の凝固点降下度は 0.51 K になった。ベンゼンのモル凝固点降下は 5.1 K·kg/mol である。溶質のモル質量を有効数字 2 桁で求めなさい。

第3問

次の文章を読み、下の(1)～(5)の問いに答えなさい。
必要ならば、原子量ならびに気体定数は次の値を使うこと。
なお、気体はすべて理想気体とする。

H 1.0 O 16 S 32 Cl 35 Ca 40 Mn 55

$$R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$$

図1の装置を用いて酸化マンガン(IV)と濃塩酸から塩素を発生させる。このときの化学反応式は次のように表される。

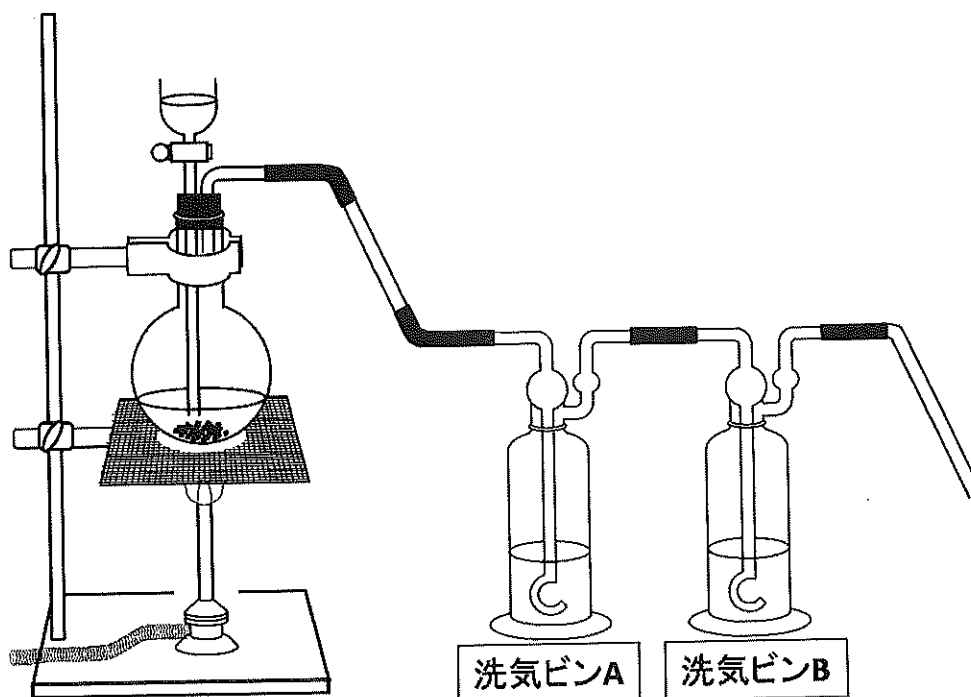
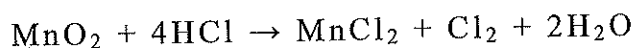


図1

(1) このとき洗気ビンAと洗気ビンBに加える液体として最適なものを次の①～⑤の中から選び、記号を記しなさい。また、洗気ビンAと洗気ビンBの役割を簡潔に説明しなさい。

- | | | |
|---------------|-------|-------|
| ① 濃塩酸 | ② 濃硫酸 | ③ 濃硝酸 |
| ④ 水酸化ナトリウム水溶液 | ⑤ 水 | |

- (2) 9.96×10^4 Pa, 27°C において, 1.0 Lの塩素(気体)を発生させるために必要な12 mol/Lの塩酸の体積を有効数字2桁で求めなさい。計算過程も記しなさい。ただし, 酸化マンガン(IV)は十分な量があるものとする。また, 加えた塩酸はすべて塩素の生成反応に使われるものとし, 洗気ビンでの塩素の損失はないものとする。
- (3) 水酸化カルシウムは塩素(気体)を吸収してさらし粉になる。このときにさらし粉の主成分 $\text{CaCl}(\text{ClO}) \cdot \text{H}_2\text{O}$ が生成する化学反応式を記しなさい。
- (4) 9.96×10^4 Pa, 27°C において, 1.0 Lの塩素(気体)を(3)の反応で過不足なく吸収させるために必要な水酸化カルシウムの質量を有効数字2桁で求めなさい。計算過程も記しなさい。
- (5) 単体の塩素に関する記述として正しいものを, 次の①～⑤のうちからすべて選び記号を記しなさい。
- ① 塩素は水に少し溶け, その一部は水と反応し塩化水素と次亜塩素酸を生じる。
 - ② 塩素の酸化力はフッ素より強い。
 - ③ 塩素はアルカリ金属と反応し, 共有結合を形成する。
 - ④ 炭素(黒鉛)電極を用いて塩化銅(II)水溶液を電気分解すると陰極から塩素が発生する。
 - ⑤ 臭化カリウム水溶液に塩素を通じると化学反応が起こり, 臭素が生じる。

第4問

次の文章を読み、下の(1)～(6)の問いに答えなさい。必要ならば、原子量ならびに気体定数は次の値を使うこと。

H 1.00 N 14.0 O 16.0 Na 23.0 Cl 35.5

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

金属は酸や塩基とさまざまな反応をする。今、5種類の金属**A**、**B**、**C**、**D**、**E**があり、これらは次の〔 〕内に示された金属のいずれかであることがわかっている。それぞれの金属を決定するために、以下のような実験Ⅰ～Ⅴを行った。また、これらの金属の応用として応用Ⅰ、Ⅱがあげられる。

〔金、銀、銅、白金、アルミニウム、鉄、ニッケル、亜鉛〕

実験Ⅰ 金属**A**～**E**をそれぞれ別の試験管に入れ、ここに濃^(a)硝酸を加えたところ、**A**、**B**は気体を発生しながら溶解した。一方で**C**、**D**、**E**は溶解しなかった。

実験Ⅱ 実験Ⅰにより得られた金属**A**、**B**が溶解した水溶液に、それぞれ塩酸を加えたところ**A**の水溶液は白濁したが、**B**の水溶液は白濁しなかった。そこで**B**の水溶液に硫化水素を通じたところ黒色固体が沈殿した。

実験Ⅲ 金属**C**、**D**、**E**をそれぞれ別の試験管に入れ、ここに塩酸を加えたところ、**C**、**D**は気体を発生しながら溶解した。一方で**E**は溶解しなかった。

実験Ⅳ 実験Ⅲにより得られた金属**C**が溶解した水溶液に塩素を通じた。続いてこの水溶液を沸騰した蒸留水に加えたところ、赤褐色のコロイド溶液になった。また^(b)コロイド溶液にレーザー光を当てたところ、光の通路が輝いて見えた。

実験Ⅴ 金属**C**、**D**、**E**をそれぞれ別の試験管に入れ、ここに水酸化ナトリウム水溶液を加えたところ、**D**は気体を発生しながら溶解した。一方で**C**、**E**は溶解しなかった。

応用Ⅰ 金属**E**はオストワルト法やエチレンからエタンへの反応における触媒として用いられる。

応用Ⅱ 金属**D**はその高い還元力を利用して鉄道のレールを溶接する際に使用される。

- (1) 実験Ⅰ～Ⅴの結果と、応用Ⅰ、Ⅱの情報をもとに金属**A**～**E**を決定し、それぞれの元素記号を記しなさい。
- (2) 酸および強塩基の水溶液のいずれにも溶解し水素を発生する金属を〔 〕内からすべて選び元素記号を記しなさい。
- (3) 下線部(a)の硝酸は工業的には以下に示すオストワルト法により製造される。下線部①～③の化学反応式を記しなさい。
- ① 空気とアンモニアの混合気体を触媒存在下で加熱すると一酸化窒素が得られる。次にこれを② 空気中の酸素を用いて二酸化窒素にする。そして③ これを水に吸収させ硝酸に変換する。

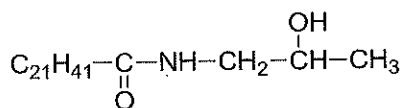
- (4) (3) のオストワルト法を用いて標準状態で112 Lのアンモニアをすべて硝酸に変換した。その際に生成する硝酸の質量を有効数字3桁で求めなさい。計算過程も記しなさい。なお、気体はすべて理想気体とする。
- (5) 下線部(b)の現象を何というか。また、コロイド溶液にレーザー光を当てると光の通路が明るく見える理由を、句読点を含めて20字以内で記しなさい。
- (6) デンプンやタンパク質などの高分子化合物は、分子が大きいため、その水溶液もコロイド溶液となる。このような高分子化合物の分子量を測定する手法として、その水溶液の浸透圧から求める手法がある。質量パーセント濃度が0.10 %のデンプン水溶液と 5.0×10^{-6} mol/Lの塩化ナトリウム水溶液は、27 °C、 1.0×10^5 Paの条件のもとで同じ浸透圧を示した。このデンプン水溶液に含まれているデンプンの平均分子量を有効数字2桁で求めなさい。計算過程も記しなさい。ただし、0.10 %のデンプン水溶液の密度は 1.0 g/cm^3 とし、塩化ナトリウムの電離度は1.0とする。

第5問

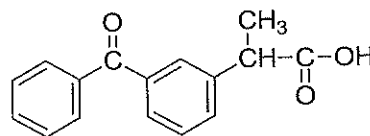
次の文章を読み、下の(1)～(7)の問いに答えなさい。必要ならば、原子量は次の値を使うこと。また、化合物の構造式は、次の例を参考にして記しなさい。

H 1.00 C 12.0 N 14.0 O 16.0 Na 23.0 S 32.0 I 127

(例1)



(例2)



油脂は、動物の体内や植物の種子に広く分布する脂質であり、(a)グリセリンと高級脂肪酸が **ア** 結合した構造をしており、油脂の性質は構成している脂肪酸の種類によって異なる。天然の油脂は、常温で固体の **イ** と常温で液体の **ウ** に大別される。**イ** は炭素原子鎖の中に二重結合を含んでいないパルミチン酸やステアリン酸などの **エ** を **ウ** に比べて多く含み、豚脂や牛脂に多く見られる。一方、**ウ** は、二重結合をもつオレイン酸、リノール酸、リノレン酸などの **オ** を **イ** に比べて多く含み、大豆油やコーン油などの植物性油脂はその代表的な例である。植物性油脂にニッケルを触媒として水素を付加させると **カ** と呼ばれる固体の油脂となり、バターの代用品として開発された **キ** の原料として用いられる。一方、牛脂などの動物性油脂は、**ク** することで、グリセリンとセッケンが得られ、日用品として使用されている。セッケンは水溶液中では、一定濃度以上で疎水基の部分を中心にして多数集まり、コロイド粒子を作る。この粒子を **ケ** という。油を (b)セッケン水に入れて振り混ぜるとセッケンは油のまわりをとり囲み水中に分散する。これをセッケンの **コ** 作用という。また、セッケンは水の表面張力を小さくする働きをもつため、セッケン水は繊維の隙間にしみこみやすい。これらの作用により、(c)セッケンは洗淨作用を示す。

(1) 空欄 **ア** ～ **コ** にあてはまる最適な語句を記しなさい。

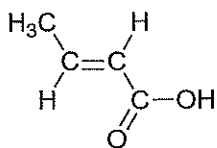
- (2) 下線部(a)に関して、グリセリンに濃硝酸と濃硫酸の混酸を作用させると火薬や心臓病の薬として用いられる化合物が生成する。生成した化合物の構造式と名称を記しなさい。
- (3) 下線部(b)のセッケン水に関する記述として誤りを含むものを、次の①～④のうちからすべて選び記号を記しなさい。
- ① フェノールフタレイン溶液を加えると赤色を示す。
 - ② 塩化マグネシウム水溶液を加えると白色沈殿を生じる。
 - ③ 綿や麻だけでなく、羊毛や絹の洗濯に使うことができる。
 - ④ 酸性水溶液で使うと、洗浄力を失う。
- (4) 下線部(c)のような洗浄作用を示す化合物として、アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウムが知られている。アルキルベンゼンからアルキルベンゼンスルホン酸ナトリウムを合成する反応について、解答用紙に構造式と試薬の化学式を示し化学反応式を完成させなさい。
- (5) 110 g の油脂 **A** を完全に加水分解するために、水酸化ナトリウムが 15 g 必要であった。油脂 **A** の分子量を有効数字 2 桁で求めなさい。
- (6) (5) の油脂 **A** 3 mol に対して 15 mol のヨウ素分子が過不足なく付加した。油脂 **A** 1 分子中の二重結合の数を記しなさい。
- (7) (5) の油脂 **A** は不斉炭素原子を持ち、パルミチン酸 ($C_{15}H_{31}COOH$)、ステアリン酸 ($C_{17}H_{35}COOH$)、オレイン酸 ($C_{17}H_{33}COOH$)、リノール酸 ($C_{17}H_{31}COOH$) のいずれかで構成されていることが分かった。油脂 **A** の構造を記し、不斉炭素原子に (*) をつけなさい。

第 6 問

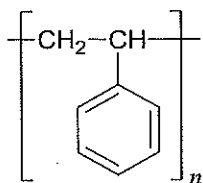
次の文章を読み、下の (1) ~ (7) の問いに答えなさい。必要ならば、原子量は次の値を使うこと。また、化合物の構造式は、次の例を参考にして記しなさい。

H 1.00 C 12.0 O 16.0

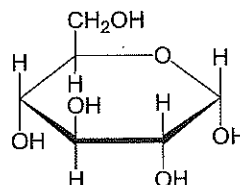
(例 1)



(例 2)



(例 3)



デンプンは多数の α -グルコースが脱水縮合で **ア** 結合した構造をしており、直鎖状に連なった **イ** と、枝分かれをした **ウ** から構成されている。一方、セルロースは α -グルコースの **エ** 異性体である β -グルコースが脱水縮合で **ア** 結合したもので、直鎖状の分子のみからなる。グルコースは水溶液中では、 α -グルコースと (a) β -グルコース、および (b) 鎖状グルコース の 3 種類が混在した平衡状態にある。(c) グルコース水溶液にフェーリング液を加えて加熱すると、**オ** が生成して赤色の沈殿を生じる。また、グルコース水溶液に硝酸銀とアンモニア水を加え加熱すると、**カ** が析出する。

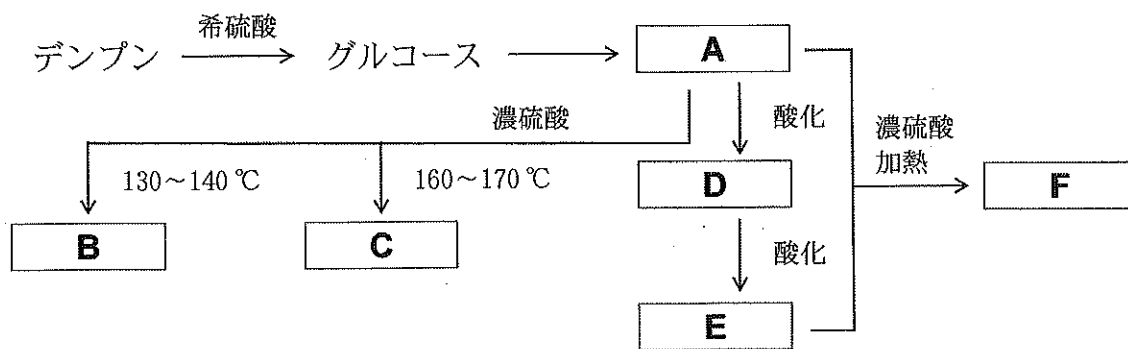


図 1

図 1 のように、(d) デンプンを希硫酸中で加熱し、完全に加水分解すると、グルコースが得られる。 この得られたグルコースの水溶液に、(e) 酵素を加えてアルコール発酵させると、化合物 A と二酸化炭素が得られる。 得られた化合物 A を図中に示した異なる温度に加熱した濃硫酸に加えると、水と化合物 B または C が得られる。また、化合物 A を酸化するとアルデヒド D が、さらに酸化するとカルボン酸 E が得られる。また、化合物 A と E の混合物に触媒として濃硫酸を加えて加熱すると化合物 F が得られる。

- (1) 空欄 **ア** ~ **カ** それぞれにあてはまる最適な語句を記しなさい。
- (2) 化合物 A ~ F の構造式を記しなさい。
- (3) 下線部 (a) と (b) のそれぞれの構造式を、(例 3) に示す α -グルコースの構造式を参考にして記しなさい。
- (4) 下線部 (c) について、**オ** が析出した理由を反応に関わる官能基名を用いて記しなさい。
- (5) 下線部 (d) の反応で 324 g のデンプンを用いた場合、得られるグルコースの質量を有効数字 2 桁で求めなさい。また、計算過程も記しなさい。
- (6) 下線部 (e) のアルコール発酵の化学反応式を記しなさい。
- (7) 下線部 (e) の反応により、グルコース 180 g から化合物 A が 73.6 g 得られた。アルコール発酵に使用されたグルコースは全体の何%であるか、有効数字 2 桁で求めなさい。また、計算過程も記しなさい。