

令和 5 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 12 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，の 5 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，の 5 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，の 5 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)～(6)の間に答えなさい。必要ならば、次の原子量および水のイオン積(K_w)、水の密度、水および水溶液の比熱を使うこと。

H 1.0 N 14.0 O 16.0 K 39.0

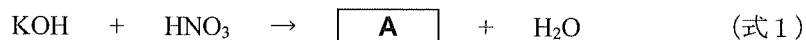
$K_w = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ (25 °C)

水の密度 1.00 g/cm³

水および水溶液の比熱 4.2 J/(g·K)

固体の溶解熱や中和熱を調べる目的で、図1に示す装置を用いて次の〔実験Ⅰ〕～〔実験Ⅲ〕をそれぞれ行い、水溶液の温度変化を調べた。

〔実験Ⅰ〕 固体の水酸化カリウム 6.16 g を 1.00 mol/L の希硝酸 100 mL に加えた。(式1)の反応に従い化合物 **A** が得られた。



〔実験Ⅱ〕 化合物 **A** 5.05 g を純水 100 mL に溶かした。

〔実験Ⅲ〕 固体の水酸化カリウム 2.80 g を純水 100 mL に溶かした。

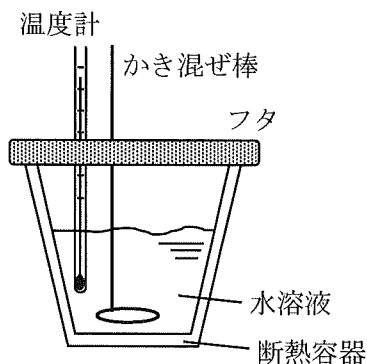


図1 装置図

- (1) [実験 I] において、(式 1) に示される反応で生じる化合物 **A** の名称を記しなさい。
- (2) [実験 I] において、希硝酸に水酸化カリウムを溶かしても水溶液の体積はほとんど変化しなかった。[実験 I] の反応後の水溶液の 25 °C における pH を整数値で記しなさい。
- (3) 図 2 に示す手順に従い、[実験 I] の反応後の水溶液より純物質として化合物 **A** の結晶を得た。図 2 の **ア** および **イ** に当てはまる操作を下の①～⑨の中からそれぞれ選び、番号を記しなさい。なお、化合物 **A** と水酸化カリウムの溶解度曲線を図 3 に示す。ただし、化合物 **A** と水酸化カリウムは互いの溶解度に影響しないものとする。

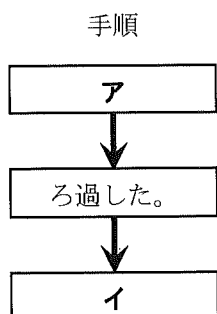


図 2 化合物 **A** の結晶の取り出し手順

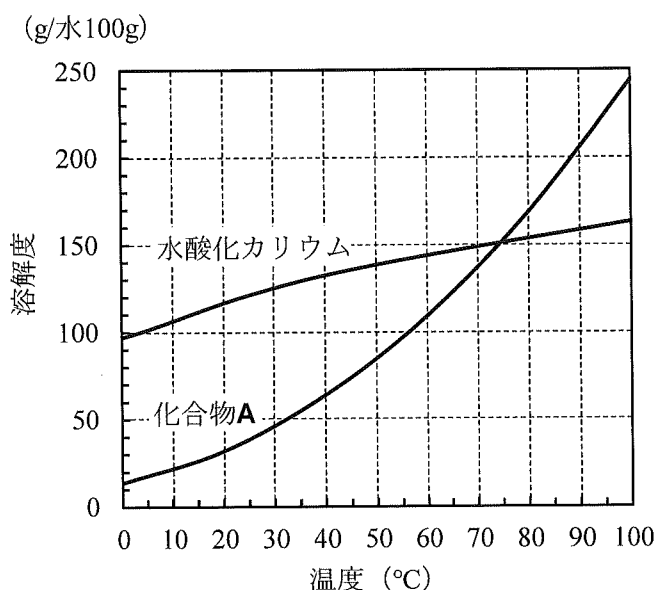


図 3 化合物 **A** と水酸化カリウムの溶解度曲線

操作：

- ① 水溶液を 10 °C まで冷却した。
- ② 100 mL の水を加えて水溶液を希釈した。
- ③ 結晶に少量の冷水をかけて洗浄し、乾燥した。
- ④ 結晶を取り出して木炭と混ぜて加熱した。
- ⑤ 水溶液を沸騰させ、発生した蒸気を分留し、残った水溶液を廃液として処理した。
- ⑥ 水溶液にヘキサンを加えてよく振り混ぜた後、静置した。
- ⑦ 水溶液の量が減らないように、ときどき少量の水を加えながら 90 °C に加熱し、室温 (25 °C) まで冷却した。
- ⑧ 90 °C に加熱して量が半分になるまで水溶液を濃縮した後、室温 (25 °C) まで冷却した。
- ⑨ 90 °C に加熱して量が十分の一になるまで水溶液を濃縮した後、室温 (25 °C) まで冷却した。

- (4) 図4は〔実験Ⅱ〕の結果で、時間が0秒のときに化合物 **A** を純水に加えた後の水溶液の温度変化である。次の(i)~(iv)の問いに答えなさい。
- (i) 〔実験Ⅱ〕で化合物 **A** が完全に溶け切ったと考えられる時間を整数の値で記しなさい。
- (ii) 化合物 **A** が純水に溶けたとき発熱するか吸熱するか、いずれか記しなさい。
- (iii) 化合物 **A** が純水に溶けたときに発生または吸収した熱量を有効数字2桁で記しなさい。計算過程も記しなさい。
- (iv) (iii)の結果を用いて、化合物 **A** の純水への溶解を熱化学方程式で記しなさい。なお、化合物 **A** を化学式で表すこと。

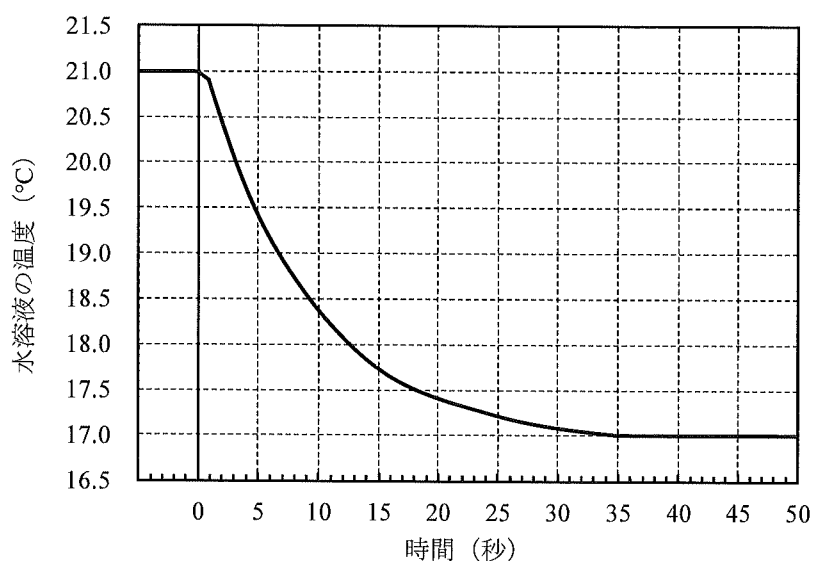


図4 〔実験Ⅱ〕における水溶液の温度変化

- (5) 「反応熱は、反応の経路によらず、反応の最初の状態と最後の状態で決まる」という法則を何と呼ぶか記しなさい。
- (6) 〔実験Ⅰ〕と〔実験Ⅲ〕で表1に示す熱量が発生した。このときの水酸化カリウム水溶液と希硝酸を反応させた際の中和熱を計算し、有効数字3桁で記しなさい。計算過程も記しなさい。

表1 〔実験Ⅰ〕と〔実験Ⅲ〕で発生した熱量

実験	発生した熱量 (J)
〔実験Ⅰ〕	12030
〔実験Ⅲ〕	2900

第2問

次の文章を読み、下の(1)～(10)の問いに答えなさい。必要ならば、次の原子量、気体定数(R)および27℃の水の蒸気圧を使うこと。

$$H\ 1.0 \quad C\ 12 \quad N\ 14 \quad O\ 16 \quad I\ 127$$

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

$$\text{水の蒸気圧} \quad 3.6 \times 10^3 \text{ Pa} \quad (27^\circ\text{C})$$

図1のように、温度によって容積が変化しない耐圧容器A, B, CがコックI, IIで連結されている。容器A, B, Cの容積はそれぞれ2.0 L, 5.0 L, 3.0 Lである。また、容器Bには点火装置がついている。次の〔操作1〕～〔操作6〕を順に行った。なお、図1の連結部分の容積は無視できるものとする。

〔操作1〕 温度27℃にて、コックI, IIを閉じた状態で、容器Aにエタン $3.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、容器Bに酸素 $5.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、容器Cに窒素 $3.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ になるようにそれぞれ封入した。

〔操作2〕 温度一定のまま、コックI, IIを開けてしばらく放置した。

〔操作3〕 点火装置を作動させて、エタンを完全燃焼させた後、容器A, B, Cの温度を27℃に戻した。

〔操作4〕 容器A, B, Cに含まれるすべての物質を取り除き、コックI, IIを閉じた後、一定温度で容器Aにヨウ素0.60 mol、容器BとCに水素をそれぞれ0.40 mol, 0.20 mol封入した。

〔操作5〕 容器の温度を上昇させた後、コックIを開けてしばらく放置した。

〔操作6〕 温度一定のままコックIIを開けてしばらく放置した。

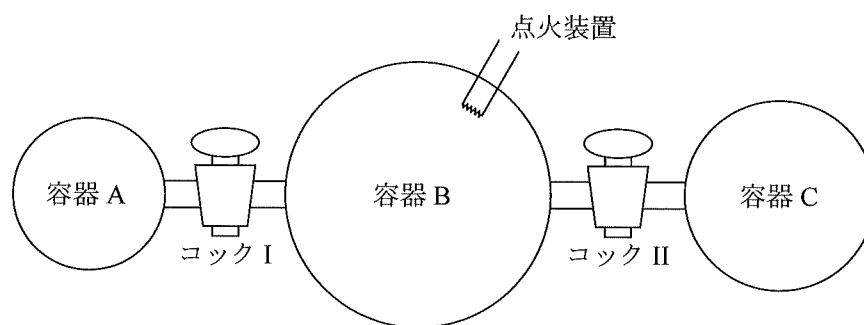


図1 連結容器

- (1) [操作1] で封入されたエタンの物質量を有効数字2桁で記しなさい。
- (2) [操作2] を行った後のエタン、酸素、窒素それぞれの分圧を有効数字2桁で記しなさい。
- (3) [操作2] を行った後の容器内に含まれる混合気体の平均分子量を有効数字2桁で記しなさい。
- (4) [操作3] で起こった反応の化学反応式を記しなさい。
- (5) [操作3] で生成したすべての物質の名称を記しなさい。また、生成した物質はすべて気体であると仮定し、それらの分圧を有効数字2桁で記しなさい。
- (6) (5) の計算結果から、「[操作3] で生成した物質はすべて気体である」という仮定は正しいか、正しくないか、いずれかを記しなさい。また、その理由を30字程度で記しなさい。ただし、句読点も字数に含めるものとする。
- (7) [操作3] を行った後の全圧を有効数字2桁で記しなさい。ただし、反応後に液体が生成した場合はその体積を無視できるものとする。
- (8) [操作5] により、平衡状態に達しヨウ化水素 0.72 mol が生成した。このときの濃度平衡定数 K を有効数字2桁で記しなさい。計算過程も記しなさい。
- (9) 気体が反応する可逆反応では、濃度平衡定数のほかに成分気体の分圧から求める圧平衡定数 K_p がある。(8) の平衡状態における圧平衡定数 K_p を有効数字2桁で記しなさい。計算過程も記しなさい。
- (10) [操作6] により、[操作5] で平衡に達している各成分の物質量と濃度はどのように変化するか。次の①～④から正しいものを選び番号を記しなさい。
 - ① 水素の濃度が増加し、ヨウ素とヨウ化水素の物質量が増加する。
 - ② 水素とヨウ素の濃度が減少し、ヨウ化水素の物質量が増加する。
 - ③ 水素とヨウ化水素の物質量が増加し、ヨウ素の濃度が減少する。
 - ④ 水素の物質量が減少し、ヨウ素とヨウ化水素の濃度が減少する。

第3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)～(5)の問いに答えなさい。

亜鉛、カリウム、カルシウム、クロム、鉄、銅、マンガンを保存していたガラス試薬びんのラベルがはがれていた。このうち4本の試薬びんに入ったA～Dはいずれも金属光沢を持ち、Dのみが他と異なる色をしていた。また、(a)Aは灯油の中で保存されていた。金属A～Dが何かを明らかにするために、次の実験を行った。まず、同じ質量の金属をそれぞれ水に加えた。このときAは灯油を取り除いた後に投入した。(b)AとBは水と激しく反応して溶解した。この反応で、Bから発生した気体の体積はAから発生した気体の体積の約2倍だった。(c)Cは単独で水に加えても溶解しなかったが、Aと同時に加えた場合、しばらく放置するとゆっくり発泡しながら溶解した。一方、Dは水に全く溶解しなかった。また、CとDを希塩酸に加えたところCは発泡しながら溶解したが、Dは溶解しなかった。Dの粉末を空气中で加熱すると黒色の化合物Eが得られた。さらに、Eを空气中で1000℃以上で加熱すると赤色の化合物Fが得られた。

- (1) 下線部(a)についてAを灯油中で保存する理由を20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) 下線部(b)についてAおよびBと水との反応を、それぞれ化学反応式で記しなさい。
- (3) 下線部(c)についてCが溶解した理由を記しなさい。
- (4) 下線部(c)で生じた水溶液に硫化水素を通したところ白色の沈殿が生じた。生じた沈殿の化学式を記しなさい。
- (5) 化合物EおよびFの化学式を記しなさい。

問2

次の文章を読み、下の(1)～(5)の問いに答えなさい。

窒素は周期表の15族に属する典型元素で原子は5個の価電子をもち、他の原子と共有結合を作る。窒素化合物の代表例として、一酸化窒素(NO)、二酸化窒素(NO₂)、硝酸(HNO₃)、アンモニア(NH₃)が挙げられるが、それらの窒素の酸化数は異なる。

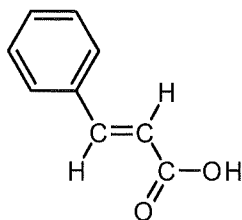
NOは空気中ですぐに酸化されてNO₂となる。NOが水に溶けにくいのに対してNO₂は水に溶けやすい。NO₂は水と反応してHNO₃を生じる。窒素酸化物NO_xは、酸性雨の原因物質の一つである。NH₃は、刺激臭を持つア色の気体で、硝酸塩など窒素化合物の合成原料に使用される。実験室においてNH₃を発生させるには、(a)イを水酸化カルシウムとともに加熱する方法が挙げられる。その生成はウをつけたガラス棒を捕集容器の口に近づけると、イの白煙を生じることで確認できる。工業的には、(b)ハーバー・ボッシュ法によりNH₃を製造している。

- (1) 空欄ア～ウそれぞれに当てはまる適切な語句、または物質名を記しなさい。
- (2) NO, NO₂, HNO₃, NH₃, それぞれの窒素の酸化数を記しなさい。
- (3) 銅と硝酸を反応させたとき、赤褐色の気体が発生した。この反応の化学反応式を記しなさい。
- (4) 下線部(a)の反応を化学反応式で記しなさい。また、発生したNH₃を捕集する際に最も適当な手法を記しなさい。
- (5) 下線部(b)の反応は平衡反応である。その化学反応式を記しなさい。全圧が増加したとき、NH₃の生成率はどのように変化するか、ルシャトリエの原理をもとに記しなさい。その理由も30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。

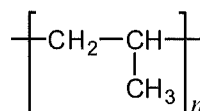
第4問

次の文章を読み、下の(1)～(10)の問いに答えなさい。必要ならば、次の原子量を使うこと。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 1.0 C 12.0 O 16.0



(例1)



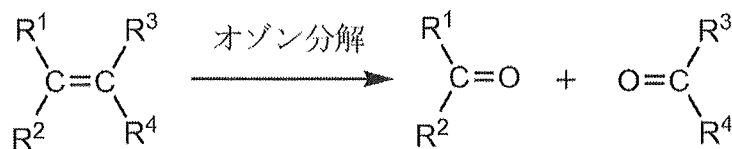
(例2)

炭素、水素、酸素からなり、分子量が100以下である化合物Aがある。化合物Aを試料皿に7.4 mgとり、それを燃焼管に入れ、元素分析を行った。燃焼管には乾燥した酸素を流し、その出口に塩化カルシウムが入っている管、ソーダ石灰が入っている管の順に連結した。(a)試料が完全に燃焼したのち、塩化カルシウム管は9.0 mg、ソーダ石灰管は17.6 mg質量が増加した。

(b)化合物Aを単体のナトリウムと反応させると、水素が発生した。また、化合物Aと濃硫酸の混合物を加熱すると、分子内の脱水反応によりアルケンBが生じた。続いて、触媒存在下でアルケンBに水素を付加させると枝分かれのあるアルカンCが得られた。また、(c)硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を用い化合物Aを酸化したところ、化合物Dが得られた。化合物Dを飽和炭酸水素ナトリウム水溶液に加えたところ、二酸化炭素が発生した。

アルケンBを用いて、(d)オゾン分解を行ったところ、化合物Eとホルムアルデヒドが得られた。(e)化合物Eは、酢酸カルシウムの乾留によっても生成する。また、化合物Eは(f)ベンゼンとプロペンからフェノールを合成する際の副生成物としても得られる。

なお、オゾン分解とは、次の反応式で示すように、アルケンにオゾン(O₃)を反応させたのち、亜鉛などの還元剤とともに加水分解すると、炭素原子間の二重結合が完全に開裂し、2つのカルボニル化合物を得る反応である。



(R¹~R⁴はアルキル基または水素原子)

- (1) 下線部(a)について、塩化カルシウム管およびソーダ石灰管に吸収された化合物の名称をそれぞれ記しなさい。
- (2) 化合物Aの分子式を記しなさい。
- (3) 化合物A~Eの構造式を記しなさい。

(4) 化合物 **A** の異性体のうち、次の記述(i)~(iii)に該当する化合物 **F**~**H** の構造式をそれぞれ記しなさい。該当する化合物が複数ある場合は、すべて記すこと。ただし、不斉炭素原子による異性体は考慮しないものとする。

(i) 最も沸点の高い化合物 **F**

(ii) ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて反応させると、黄色の沈殿物を生じる化合物 **G**

(iii) アルキル基の水素原子の1つを塩素原子に置き換えた場合、置換位置の違いにより3種類の異性体が考えられる化合物 **H**

(5) 下線部(b)の反応で、0.148 g の化合物 **A** を十分な量の単体のナトリウムと反応させたとき、発生した水素の物質量を有効数字2桁で記しなさい。

(6) 下線部(c)の反応で、二クロム酸イオンは酸化剤として働き、クロム(Ⅲ)イオンを生じた。二クロム酸イオン($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$)の酸化作用を、電子(e^-)を含むイオン反応式で記しなさい。また、硫酸で酸性にした二クロム酸イオンおよびクロム(Ⅲ)イオン水溶液の色について、最も適切な組み合わせを次の①~⑥の中から1つ選び番号を記しなさい。

	二クロム酸イオンの水溶液の色	クロム(Ⅲ)イオンの水溶液の色
①	黄	緑
②	黄	橙赤
③	橙赤	黄
④	橙赤	緑
⑤	緑	橙赤
⑥	緑	黄

(7) 下線部(c)の反応で、化合物 **A** を 44.4 mg 用いて酸化反応を行ったところ、化合物 **D** が 39.6 mg 得られた。化合物 **A** の全物質量のうち、得られた化合物 **D** の物質量の割合を有効数字2桁で記しなさい。

(8) 下線部(d)に関連し、アルケン **B** の異性体を用いてオゾン分解を行ったところ、カルボニル化合物 **I** のみが生成した。化合物 **I** の名称と構造式を記しなさい。

(9) 下線部(e)の反応を、示性式を用いた化学反応式で記しなさい。

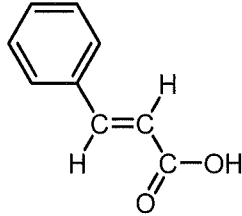
(10) 下線部(f)に記述されたフェノールの工業的合成法の名称を記しなさい。

第5問

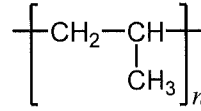
次の文章を読み、下の(1)～(9)の問いに答えなさい。必要ならば、次の原子量および気体定数(R)を使うこと。また、化合物の構造式は、次の例を参考にして記しなさい。

H 1.0 C 12 O 16 Na 23

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



(例1)



(例2)

グルコースは、水溶液中では図1のように、2種類の環状構造 **A**、**C** と1種類の鎖状構造 **B** が平衡状態で存在する。これらのうち **A** と **B** は互いに **ア** 異性体、**A** と **C** は互いに **イ** 異性体である。グルコース水溶液は銀鏡反応を示すが、これは **a** の構造に **ウ** 基が存在するためである。グルコースは天然高分子の構成単位にもなっている。

セルロースは、^(a)**A** の構造が1位と4位で縮合重合した構造を有している。その分子形状は直線状構造で互いに平行に並びやすく、また分子内、分子間には多くの水素結合が形成されるため、水に不溶性な繊維状物質となり、^(b)天然繊維として利用されている。セルロースを濃い水酸化ナトリウム水溶液に十分な時間浸した後に二硫化炭素と反応させ、薄い水酸化ナトリウム水溶液に溶かすと赤褐色の^(c)コロイド溶液が生成し、これを細孔から希硫酸中に押し出すと **エ** レーヨンが得られる。この製法によるレーヨンは、日本国内では山形県米沢市で初めて製造された。^(d)縮合重合によって得られる合成繊維としてはポリエステル系繊維、**オ** 系繊維などがある。

一方、^(e)**C** の構造が1位と4位で縮合重合した構造を有するアミロースは熱水に溶ける。^(f)アミロースの分子はらせん構造を取るため、その構造に起因する呈色反応を示す。アミロースをアミラーゼによって加水分解すると、より分子量が小さい **カ** を経て、二糖である **キ** が得られる。合成高分子にも水溶性のものがある。酢酸ビニルを **ク** 重合して得られる^(g)ポリ酢酸ビニルを水酸化ナトリウム水溶液で加水分解すると、水溶性のポリビニルアルコールが得られる。さらに、^(h)ポリビニルアルコールのヒドロキシ基をホルムアルデヒドで処理すると、適度な吸湿性、強度、耐薬品性を兼ね備えた **ケ** が得られる。**ケ** は日本で初めて開発された合成繊維である。

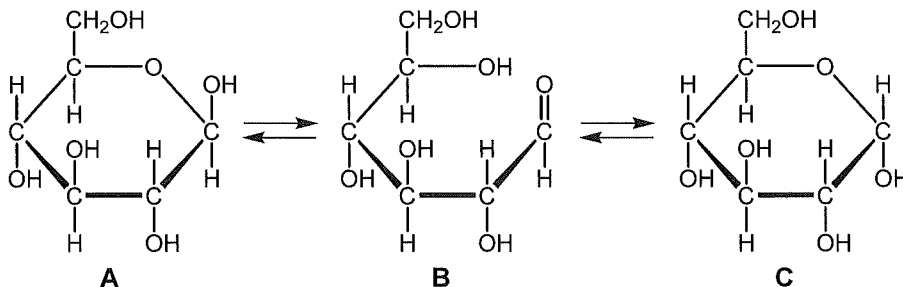


図1 グルコースの水溶液中の平衡

- (1) 空欄 **ア** ～ **ケ** それぞれに当てはまる適切な語句を記しなさい。また、**a** には構造 **A**～**C** から適切な記号を記しなさい。
- (2) 下線部(a)に関して、重合度が 200 のセルロースの分子量を有効数字 2 桁で記しなさい。
- (3) 下線部(b)に関して、セルロースが主成分である天然繊維の名称を 1 つ記しなさい。
- (4) 下線部(c)に関して、一般的にコロイド溶液中のコロイド粒子は電荷を帯びていることが多く、溶液に直流電圧をかけると粒子はどちらかの電極に移動する。この現象の名称を記しなさい。また、コロイド粒子が陰極に移動した場合、粒子が帯びている電荷が正か、負かを記しなさい。
- (5) 下線部(d)に関して、代表的なポリエステル系繊維としてポリエチレンテレフタレート (PET) がある。PET の合成において副生成物として水を生じる場合の反応式を、構造式を用いて記しなさい。
- (6) 下線部(e)に関して、アミロース **D** 500 mg を含む水溶液 100 mL の 27 °C における浸透圧を測定したところ、 2.5×10^2 Pa であった。**D** の平均分子量を有効数字 2 桁で記しなさい。
- ある質量のグルコースを水 100 g に溶解したとき、その溶液の凝固点は -0.19 °C であった。同質量の **D** を水 100 g に溶解したとき、その溶液の凝固点を小数第 2 位まで求めなさい。
- (7) 下線部(f)に関して、呈色反応の名称と呈色後の色を記しなさい。
- (8) 下線部(g)に関して、反応前のポリ酢酸ビニル、反応後のポリビニルアルコールの構造式を記しなさい。また、ポリ酢酸ビニル 4.3 g を完全に加水分解するのに必要な水酸化ナトリウムの質量を、有効数字 2 桁で記しなさい。
- (9) 下線部(h)の処理の名称を記しなさい。

