

令和4年度入学者選抜学力検査問題(前期日程)

理 科

化学基礎・化学

(注 意)

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 問題冊子は14ページ、解答用紙は5枚である。
指示があってから確認すること。
3. 解答はすべて解答用紙の指定のところに記入すること。
4. 計算その他を試みる場合は、解答用紙の裏または問題冊子の余白を利用してもよい。
5. 解答用紙は持ち帰ってはならないが、問題冊子は必ず持ち帰ること。

〔注意〕 必要があれば次の値を用いよ。

原子量 $H = 1.0$, $C = 12$, $N = 14$, $O = 16$, $Na = 23$,

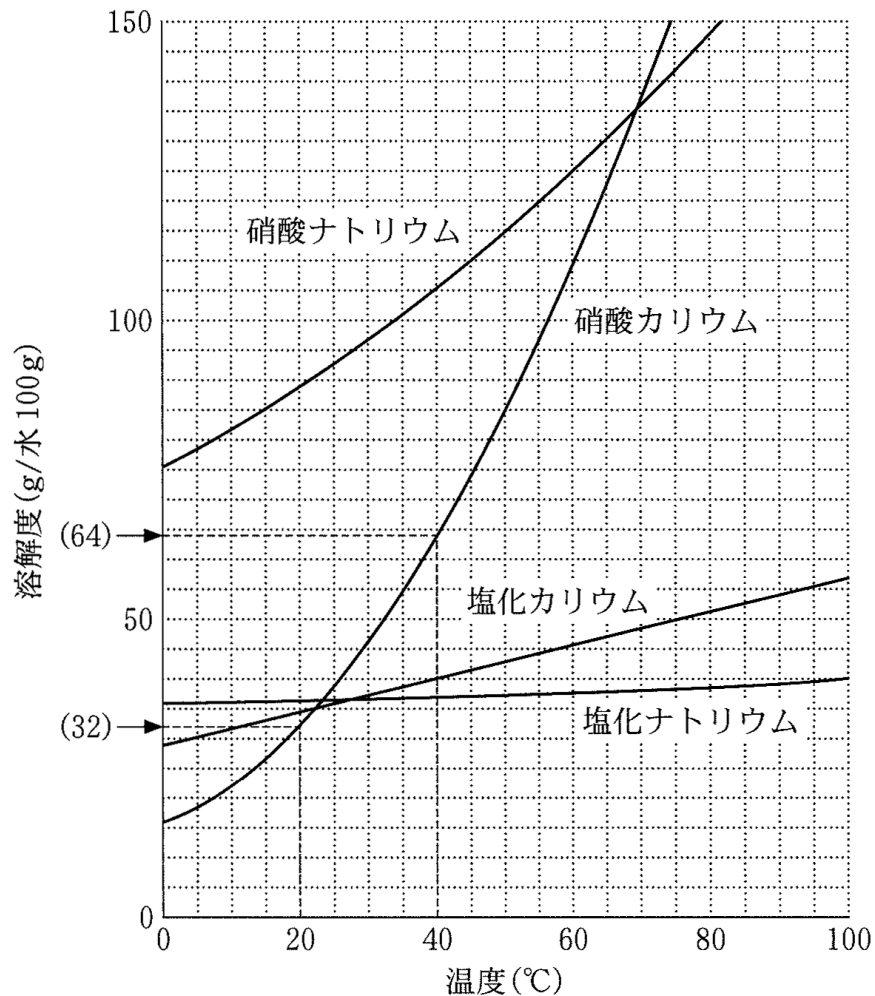
$Al = 27$, $S = 32$, $Cl = 35.5$, $K = 39$, $I = 127$

ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$, $\log_{10} 2 = 0.3$,

$\log_{10} 3 = 0.5$, $\log_{10} 5 = 0.7$, $\log_{10} 7 = 0.8$

〔I〕 次の文を読み、以下の問いに答えよ。

塩化ナトリウム、塩化カリウム、硝酸ナトリウム、硝酸カリウムの溶解度曲線は下図の通りである。なお、縦軸の(32)および(64)はそれぞれ 20°C 、 40°C における硝酸カリウムの溶解度を示している。溶解度は混合物の場合でも変化しないものとする。



塩化ナトリウムのような固体のイオン結晶を水に入れると、固体の表面からイオンが水中に拡散していく。これはイオンが極性分子である水に囲まれ、互いに電氣的な引力で引き合って安定化するためである。

一定量の溶媒に溶質を溶かしていくと、ある量以上になると溶けなくなり、この限界の量をその溶媒に対する溶質の溶解度と呼び、溶解度まで溶質を溶かした溶液を飽和溶液という。

これらの特性を踏まえ、イオン結晶を用いて以下の実験操作を行った。

【実験1】 40℃の硝酸カリウム飽和溶液を作成した。この硝酸カリウム飽和溶液 200 g を用意し、水 25 g を蒸発させた後、20℃まで冷却すると、やや透き通った白色の針状物質が析出した。

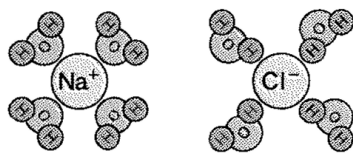
【実験2】 100℃の水 100 g に塩化ナトリウム 35 g を完全に溶かし、さらに硝酸カリウム 60 g を完全に溶かした。この溶液を 40℃まで冷却した。

【実験3】 100℃の水 100 g に塩化カリウム 20 g を完全に溶かし、さらに硝酸ナトリウム 30 g を完全に溶かした。この溶液を固体が析出するまで徐々に冷却した。

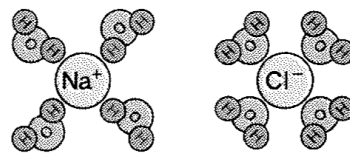
問 1 下線部①について、電解質が水に溶解したとき、水分子が溶質のイオンと引きつけ合う現象の名称を記せ。

問 2 下線部①について、塩化ナトリウムを水に溶解させたとき、溶液中でイオンと水が結びついている様子を表す図の組み合わせとして最も適切なものを(ア)~(エ)から1つ選び記号で答えよ。

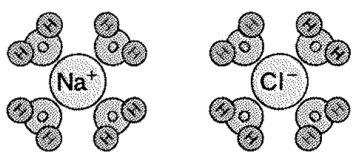
(ア)



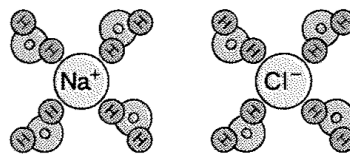
(イ)



(ウ)



(エ)



- 問 3 塩化ナトリウム，塩化カリウム，硝酸ナトリウム，硝酸カリウムのうち，
50 °C で 100 g の水に 50 g が完全に溶解するものをすべて選び，化学式で記
せ。
- 問 4 下線部②について，40 °C における硝酸カリウム飽和溶液の質量パーセン
ト濃度を求め，有効数字 2 桁で記せ。
- 問 5 下線部③のように，溶液の温度を徐々に低下させることで固体を析出さ
せ，精製する操作の名称を記せ。また【実験 1】の操作により得られる結晶の
質量を求め，計算過程とともに有効数字 2 桁で記せ。
- 問 6 【実験 2】の操作により，水は蒸発しないものとして，析出するすべての物
質の化学式を記せ。析出する物質がなければ「なし」と記せ。
- 問 7 【実験 3】の操作により，水は蒸発しないものとして，最初に析出する物質
の化学式を記せ。また，析出する温度(°C)として最も適切な数値を以下の選
択肢から 1 つ選び，計算過程とともに記せ。

選択肢：

0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40

〔Ⅱ〕 次の文を読み、以下の問いに答えよ。ただし、反応によって発生したり吸収されたりする熱量はすべて、 CH_4 、 O_2 、 CO_2 、 H_2 、 N_2 、 NH_3 が気体、 H_2O が液体、 C が固体の黒鉛であるときの値である。

1.00 mol のメタン CH_4 を反応(i)のように燃焼させると 891 kJ の熱が発生し、利用できる。ただし、環境の悪化を招くとされる二酸化炭素 CO_2 も発生する。



CH_4 から CO_2 を発生することなく熱を得る方法として、反応(ii)と反応(iii)を続けて行うことが提案されている。



反応(ii)によって 1.00 mol の CH_4 が反応すると 75 kJ の熱が吸収されるが、反応(iii)によって 2.00 mol の H_2 が反応すると 572 kJ の熱が発生する。

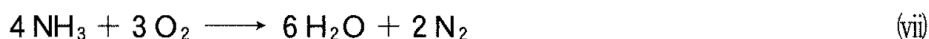
この方法の問題点は、生成した C (黒鉛) を保管しなければならないことである。 C (黒鉛) は地中などに長い間保管することができる。しかし燃焼させると CO_2 が発生する。1.00 mol の C (黒鉛) を反応(iv)のように燃焼させると ア kJ の熱が発生するが、 CO_2 が発生してしまう。



一方、反応(ii)によって発生した H_2 を輸送するためには、極めて高い圧力に耐える容器などが必要となる。そこで反応(v)によって H_2 を液化が容易なアンモニア NH_3 に変え、輸送したのち、反応(vi)によって H_2 に戻すことが提案されている。反応(v)によって 1.00 mol の H_2 が反応すると 30.6 kJ の熱が発生する。反応(vi)によって 1.00 mol の NH_3 が反応すると イ kJ の熱が吸収される。



反応(vi)ではなく反応(vii)によって熱を得ることもできる。反応(vii)によって 1.00 mol の NH_3 が反応すると ウ kJ の熱が発生する。

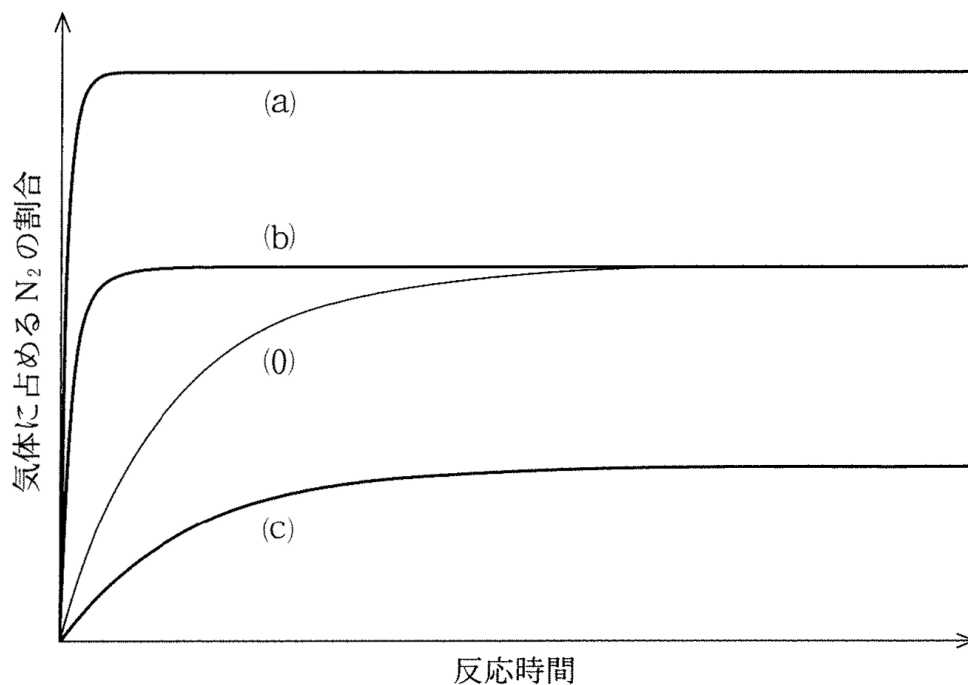


ただし NH₃ はさまざまな物質と反応しやすい。安全に輸送するための技術が必要とされ、開発されつつある。

問 1 文中の ア ~ ウ に当てはまる数値を求め、有効数字 3 桁で記せ。

問 2 容器に NH₃ を入れ、反応させる実験を行ったところ、反応(vi)が進行した。最初の実験条件(0)では、反応時間と生成した N₂ 濃度の下図の(0)のような関係が見られた。つぎに実験条件を変えたとき、下図の(a)~(c)のような関係が見られた。以下の実験条件(1)~(3)で観察された反応時間と N₂ 濃度の関係として最もふさわしいものを、下図の(a)~(c)からそれぞれ一つずつ選び、(a)~(c)の記号で答えよ。

- (1) 反応温度を上げた。反応温度以外の条件は(0)と同じとした。
- (2) 圧力を上げた。圧力以外の条件は(0)と同じとした。
- (3) 触媒を加えた。触媒以外の条件は(0)と同じとした。



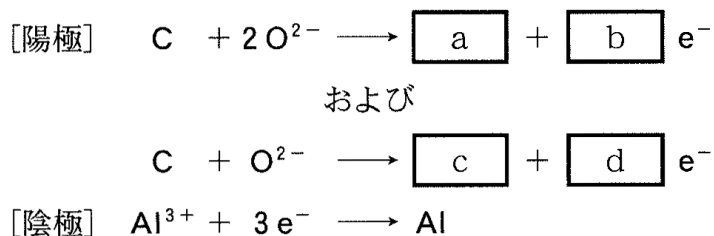
問 3 下線部に関して、硝酸銅(Ⅱ)水溶液とアンモニア水を反応させたところ、以下の(1)、(2)のような現象が観察された。(1)で生じた沈殿の化学式を記せ。また(2)の変化を示す化学反応式を記せ。

- (1) 硝酸銅(Ⅱ)水溶液にアンモニア水を少量滴下したところ、青白色の沈殿が生じた。
- (2) (1)のちにさらにアンモニア水を加えたところ、沈殿は溶けて深青色の溶液となった。

問 4 25℃においてアンモニアの電離定数が 1.8×10^{-5} mol/L、水のイオン積 $[H^+][OH^-]$ が $1.0 \times 10^{-14}(\text{mol/L})^2$ 、アンモニアの電離度は1よりも非常に小さいものであるとして、0.056 mol/Lのアンモニア水溶液のpHを小数第1位まで求めよ。

〔Ⅲ〕 次の文を読み、以下の問いに答えよ。

周期表の13族に属するアルミニウムAlは岩石や土壌などに化合物として含まれており、地殻中には、酸素O、Aに次いで多く存在する元素である。アルミニウムは、水素よりアが大きいため、アルミニウムイオンを含む水溶液を電気分解しても単体は得られない。そのため、アルミニウムの単体は、原料である鉱石のイを精製して得られる酸化アルミニウムにウを加えて、高温処理をし、両極に炭素電極を用いてエによって製造される。それぞれの電極における反応は次のとおりである。



アルミニウムはオ元素であり、塩酸にも溶解し、水酸化ナトリウム水溶液にも溶解するが、^①濃硝酸にはほとんど溶解しない。^②これは、濃硝酸にアルミニウムを入れると、金属表面に緻密な酸化被膜が生じ、金属内部を保護するためである。このように、酸化被膜を生成して安定した状態をBという。さらに、人工的にアルミニウム表面に厚い酸化被膜を作ることによって耐食性や耐摩耗性を向上させるカ処理をすることができる。

また、アルミニウムイオンを含む水溶液にアンモニア水を加えると、ゲル状の白色の沈殿を生じる。^③この沈殿は、過剰量のアンモニア水を加えても溶解しないが、強塩基の水溶液には溶解する。

硫酸アルミニウムと硫酸カリウムとの混合水溶液を濃縮すると、キが得られる。キを水に溶かすと、加水分解し、その水溶液はクを示す。キのように、二種類以上の塩から作られ、水に溶かすとそれぞれの成分イオンに電離する化合物をケという。

問 1 文中の A に当てはまる元素を元素記号で記せ。また、文中の B に当てはまる最適な語句を記せ。

問 2 文中の ア ~ ケ に当てはまる最適な語句を以下の語群から選んで記せ。

語群：

アマルガム，アルマイト，イオン化エネルギー，イオン化傾向，
塩基性，コークス，酸性，ジュラルミン，正塩，石灰石，中性，
テルミット法，電気陰性度，氷晶石，複塩，ボーキサイト，
ミョウバン，融解塩電解，両性

問 3 文中の a と c には化学式，b と d には係数をそれぞれ入れ，イオン反応式を完成させよ。なお，係数が1の場合には1と解答すること。

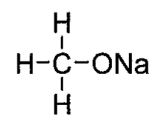
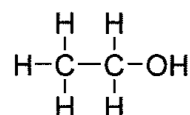
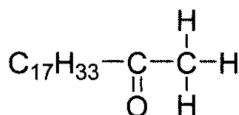
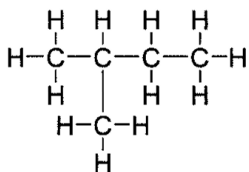
問 4 下線部①と下線部②の反応の化学反応式を記せ。

問 5 下線部③において生じる沈殿の化学式を記せ。

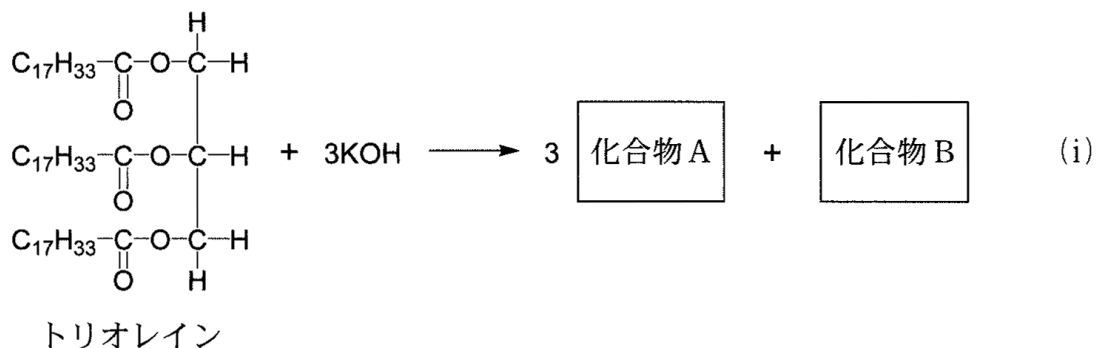
問 6 酸化アルミニウムから エ の方法によって，1500 kg のアルミニウムの単体を製造するのに必要な電気量を求め，計算過程とともに有効数字2桁で記せ。

〔Ⅳ〕 次の油脂に関する文を読み、以下の問いに答えよ。ただし、構造式は下の例にならって記せ。

(例)



高級脂肪酸とグリセリンのエステルを油脂という。油脂を構成する脂肪酸には、ステアリン酸のような飽和脂肪酸とオレイン酸のような不飽和脂肪酸がある。1分子のトリオレインを、水酸化カリウムを用いてけん化すると、反応(i)のように、3分子の化合物Aと1分子の化合物Bが生成する。化合物Aには、長い炭化水素基からなる ア 性の部分と、水溶液中で電荷を帯び イ 性を示す部分がある。このような化合物は、水溶液中で一定濃度以上になると、集まって、イ 部分を外側に、ア 部分を内側に向けた ウ と呼ばれる集団を形成する。



問 1 化合物 A と化合物 B の構造式を記せ。ただし、炭化水素基 ($C_{17}H_{33}-$) は、 $C_{17}H_{33}-$ と省略して記すこと。

問 2 油脂 1 g をけん化するために必要な水酸化カリウムの質量 (mg) の数値をけん化価、油脂 100 g に付加するヨウ素の質量 (g) の数値をヨウ素価という。トリオレインのけん化価とヨウ素価を途中の計算過程とともに有効数字 3 桁で記せ。

問 3 文中の ア ~ ウ に当てはまる最適な語句を以下の語群から選んで記せ。

語群：

接着, 親水, 潮解, ゲル, ミセル, 疎水

問 4 炭素, 水素, 酸素のみからなるアルコール X とステアリン酸 ($C_{17}H_{35}COOH$) を混合し, 触媒として酸を加えて加熱すると, 分子量 326 のエステルが得られた。アルコール X の元素分析から得られた組成式は, C_3H_8O であった。以上の条件を満たすアルコール X の全ての異性体の構造式を記せ。

〔V〕 次の文を読み、以下の問いに答えよ。

水素結合とは、の大きな原子に共有結合で結合した水素原子が、別のの大きな原子と静電的に引き合うため生じる結合である。水 H_2O の沸点が、分子量から予想される値より高いのは、 H_2O 分子間で水素結合が生じ、分子どうしが引きつけあっているためである。

水素結合は生体内でも大きな役割を果たしている。

生物の遺伝情報は DNA の塩基配列として蓄えられている。DNA を構成する 2 本のポリヌクレオチド鎖は、核酸塩基のとチミン、グアニンとシトシンの部分で水素結合をつくる。このため、構造が形成される。^①

タンパク質のポリペプチド鎖は、ペプチド結合の部分で水素結合が形成されることにより安定化する。その結果、ポリペプチド鎖がらせん状に巻いた α -ヘリックス構造や、平行に並んだポリペプチドが折れ曲がった構造が形成される。

セルロースは、が縮合重合してできた高分子化合物で、植物の細胞壁^②の主成分である。分子全体ではの構造をしているため平行に並びやすく、分子どうしが水素結合で結びつき、部分的な結晶構造をつくっている。一方、デンプンは分子内水素結合のため、らせん状の構造をしている。デンプンには、グルコースが結合によって連なったアミロースと、結合の他に結合をもち枝分かれした構造のアミロペクチンがある。一般に、分子量はの方が大きく、温水にはの方が溶けやすい。

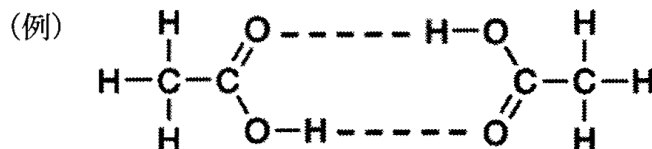
合成高分子の中にも、分子間で水素結合を形成しているものがある。ナイロン 6^③やナイロン 66 が高い強度を示すのは、分子間の水素結合のためである。ナイロン 6 やナイロン 66 は、その構造上の特徴からと呼ばれる。

問 1 ア ~ カ に当てはまる最適な語句を以下の語群から選んで記せ。

語群：

原子量，電気陰性度，電子の数，アデノシン，ウラシル，アデニン，
ウリジン，直鎖状，格子状，二重らせん，正四面体，球状，
 β -シート， α -グルコース，マルトース， β -グルコース，スクロース

問 2 下線部①について，グアニンとシトシンの間で形成されるすべての水素結合を，下の例にならって，結合に関与する原子を結ぶ点線で記入せよ。ただし，解答には，解答欄に記載されているグアニンとシトシンの構造を用いること。



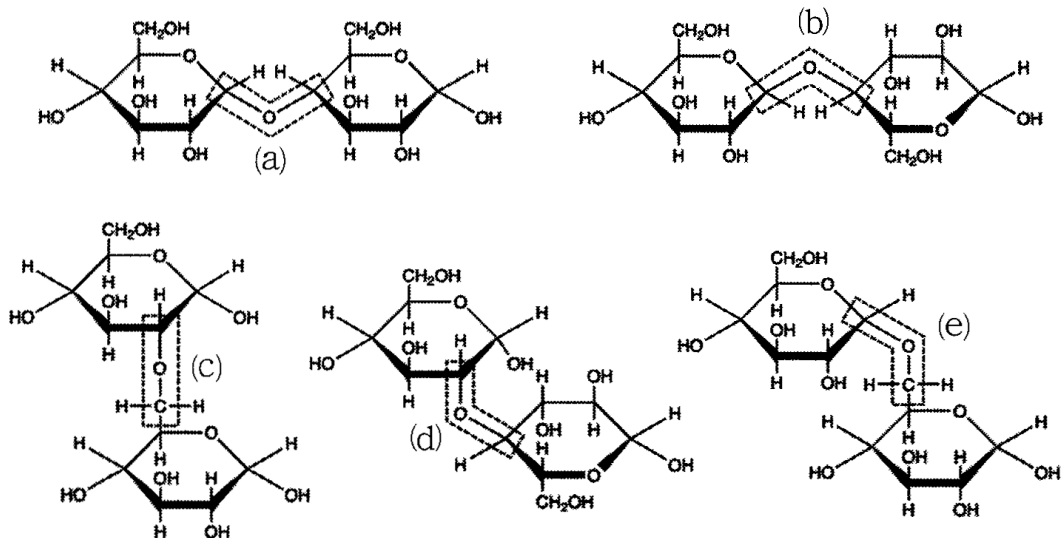
問 3 下線部②に示すセルロースの説明として正しいものを以下の選択肢の中から全て選び，(a)~(f)の記号で答えよ。

- (a) セルロースは有機溶媒には溶けにくい，温水にはよく溶ける。
- (b) セルロースは還元性を示す。
- (c) セルロースはヨウ素デンプン反応を示す。
- (d) セルロースはデンプンと比べ酸で加水分解されにくい。
- (e) セルロースにセルラーゼを作用させると二糖のマルトースが生成する。
- (f) レーヨンセルロースを原料として得られる再生繊維である。

問 4 および に当てはまる最も適切な語句の組み合わせを以下の選択肢の中から一つ選び、(あ)~(お)の記号で答えよ。

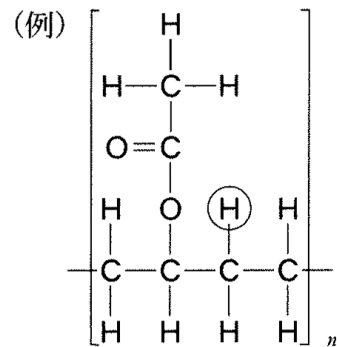
- (あ) A : α -1,6-グリコシド B : β -1,2-グリコシド
 (い) A : β -1,4-グリコシド B : β -1,3-グリコシド
 (う) A : α -1,4-グリコシド B : α -1,6-グリコシド
 (え) A : α -1,2-グリコシド B : β -1,6-グリコシド
 (お) A : β -1,2-グリコシド B : α -1,3-グリコシド

問 5 下図に示す(a)~(e)の で囲まれた結合の中から 結合および 結合を一つずつ選び、(a)~(e)の記号で答えよ。



問 6 と には、アミロースもしくはアミロペクチンのいずれかの語句が当てはまる。適切な語句を選び解答欄に記せ。

問 7 下線部③に示すナイロン 6 の化学構造を下の例にならって記せ。その際、水素結合に関与する水素原子を丸で囲むこと。



問 8 E に当てはまる最適な語句を以下の選択肢から一つ選び、(a)~(d)の記号で答えよ。

- (a) アクリル系繊維
- (b) ポリアミド系繊維
- (c) ポリエステル系繊維
- (d) PET