

令和6年度入学試験問題

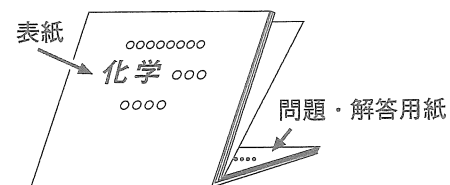
化学 402

(前期日程)

表紙も問題・解答用紙もすべて
表面のみに印刷している。

(注意事項)

- 1 問題・解答用紙は、解答開始の指示があるまで開かないこと。
- 2 この表紙を除いて、問題用紙は6枚(その1～6)、解答用紙は4枚(その1～4)である。
用紙の折り方は図のようになっているので注意すること。
計算が必要な場合は、表紙、問題・解答用紙の裏面を利用すること。
- 3 解答は、解答用紙の指定された解答箇所に書くこと。指定された解答箇所以外に書いたものは採点しない。また、裏面に解答したものも採点しない。
- 4 解答開始後、各解答用紙の「受験番号」欄に受験番号をはっきりと記入すること。
- 5 配付した用紙はすべて回収する。



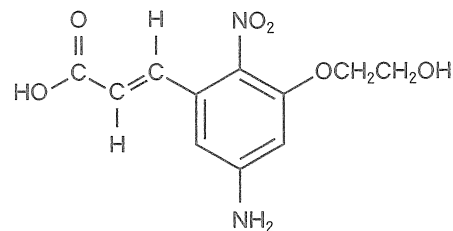
化 学 402 問題用紙 (その1)

(注意) 第1問から第4問の解答にあたっては、以下の注意事項に従うこと。

1. 有機化合物の構造式は、特に指示のない限り右図に示す例にならって表すこと。

2. 原子量は、次の値を用いること。

H : 1.0, C : 12.0, N : 14.0, O : 16.0



構造式の例

第1問 次の文章を読み、下の問い(問1~3)に答えよ。

元素の性質を失わずに分割できる最小単位の粒子を「原子」という。原子は、中心にあり正電荷をもつ **ア** と、そのまわりに存在し負電荷をもつ **イ** で成り立っている。通常 **ア** は、正電荷をもつ **ウ** と電荷をもたない **エ** から構成されている。1個の **イ** がもつ負電荷と1個の **ウ** がもつ正電荷の絶対値は等しい。**ウ** と **エ** の質量はほぼ等しいが、**イ** の質量はそれらの約 $\frac{1}{1840}$ にすぎない。そのため各原子の相対的な質量は原子中の **ウ** と **エ** の総数で比較でき、この値を **オ** という。**ウ** の個数は元素ごとの固有値であり、その値を **カ** という。一方、同じ元素であっても **エ** の個数が異なる場合があり、それらを **キ** という。

水素は **カ** が1の元素であり、天然には ^1H , ^2H (重水素, ジュウテリウム), ^3H (三重水素, トリチウム) の3種類の **キ** が存在する。 ^1H は例外的に **エ** をもたず、その天然存在比は約 99.988%である。 ^2H の天然存在比は約 0.012%, 放射性的 ^3H は宇宙線の影響などにより生じ、天然にはごく微量のみ存在する。

問1 文章中の **ア** ~ **キ** にあてはまる適切な語句をそれぞれ記せ。

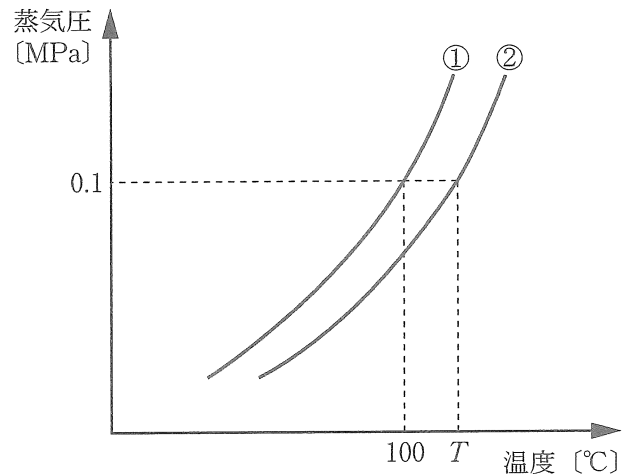
問2 水 180 g が入ったコップがある。水分子中に ^1H と ^2H が天然存在比で分布するとして、このコップの中に存在する $(^1\text{H})(^2\text{H})\text{O}$ および $(^2\text{H})_2\text{O}$ の物質量を、有効数字を2桁としてそれぞれ求めよ。計算の過程も示せ。

問3 ケイ素には天然に3種類の **キ** が存在し、その天然存在比は $^{28}\text{Si} : ^{29}\text{Si} : ^{30}\text{Si} = 92.23\% : 4.67\% : 3.10\%$ である。それぞれの相対質量を 28.0, 29.0, 30.0 とし、ケイ素の原子量を小数第1位まで求めよ。計算の過程も示せ。

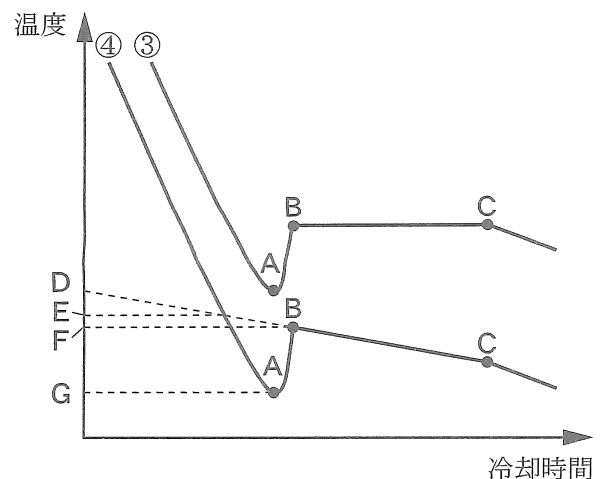
化 学 402 問題用紙 (その2)

第2問 次の文章を読み、下の問い(問1～7)に答えよ。

＜Ⅰ＞ 不揮発性の溶質が溶解している希薄溶液の沸点は、純粋な溶媒の沸点よりも高くなる。このような現象を沸点上昇といい、溶質を溶かすことにより溶媒の蒸気圧が低くなることに由来する。^(a) 非電解質の沸点上昇度は溶質の種類には無関係で、溶質の **ア** 濃度に比例する。右上図は水(①)と0.1 mol/kgのスクロース水溶液(②)の蒸気圧曲線を示している。蒸気圧曲線とは液体の蒸気圧と温度との関係を示した曲線であり、この曲線上では **イ** 平衡の状態、水蒸気と液体が共存している。蒸気圧が大気圧と等しくなると、液体の内部からも気化が起こり、この現象を **ウ** とよぶ。



＜Ⅱ＞ 凝固点降下とは、溶媒の凝固点よりも溶質が溶解している溶液の凝固点が低くなる現象である。右下図は水(③)および不揮発性の溶質が溶解している希薄溶液(④)の冷却曲線を示している。液体を冷却していくと温度は時間とともに下がり、凝固点以下になっても **エ** 現象によって凝固せず温度は下がり続ける。温度がA点まで下がると溶媒が凝固し始め、**オ** 熱によって温度が急に上昇する。B点からC点の変化は水と希薄溶液で異なる。^(b) 水では温度が一定となるが希薄溶液では温度が低下する。C点にて凝固が完了し、時間とともに温度は降下する。



問1 文章中の **ア** ～ **オ** にあてはまる適切な語句をそれぞれ記せ。

問2 下線部(a)の理由を50字以内で説明せよ。

問3 蒸気圧曲線の図より、0.2 mol/kgのスクロース水溶液および塩化ナトリウム水溶液の沸点上昇度を、 T を用いてそれぞれ記せ。なお、大気圧は0.1 MPaとし、強電解質は水溶液中で完全に電離しているものとする。

問4 冷却曲線の図より希薄溶液の凝固点を示しているのはD～Gのうちどれか。

問5 下線部(b)について、希薄溶液で温度が低下する理由を40字以内で説明せよ。

問6 塩化カリウム0.05 molを水250 gに溶解させた水溶液と、非電解質12.0 gを水500 gに溶解させた水溶液がある。両水溶液の凝固点降下度は等しいとしたときの非電解質の分子量を、整数値で求めよ。なお、強電解質は水溶液中で完全に電離しているものとする。

問7 0.1 mol/kgの酢酸水溶液の凝固点は -0.19°C であった。この酢酸水溶液における酢酸の電離度を、有効数字を2桁として求めよ。ただし、水のモル凝固点降下は $1.85 \text{ K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$ とし、酢酸は二量体を形成しないものとする。

化学 402 問題用紙 (その3)

第3問 次の文章を読み、下の問い(問1～9)に答えよ。

アンモニアは、特有の刺激臭をもち、常温・常圧において無色の気体である。工業的には、高温・高圧の下、触媒を用いて窒素と水素を直接反応させて合成する。^(a) この方法を **ア** 法という。実験室では、塩化アンモニウムを水酸化カルシウムとともに加熱すること^(b) で得られ、発生したアンモニアは **イ** 置換で捕集する。アンモニアは水に溶けやすく、その水溶液はアンモニア水とよばれ、弱塩基性を示す。アンモニア水に塩化アンモニウムを加えた水溶液は、^(c) **ウ** 作用を示すため、少量の酸や塩基を加えても pH の変化は小さい。金属イオンを含む水溶液には、アンモニア水的作用により、沈殿を生じたり、色が変化したりするものがある。例えば、無色の硝酸銀水溶液に少量のアンモニア水を加えると、**エ** 色の沈殿が生じる。こ^(d)へさらにアンモニア水を加えると、沈殿は溶けて無色の水溶液になる。

食品中のタンパク質の定量法として、ケルダール法がある。この方法では、窒素がタンパク質に一定の割合で含まれていることを前提として、タンパク質の質量が算出される。ここで、ある食品に含まれるタンパク質の質量を調べるため、次のような実験を行った。

【操作1】 1.00 g の食品 A を濃硫酸とともに加熱し、食品 A 中のタンパク質に含まれる窒素をすべて硫酸アンモニウムに変換した。

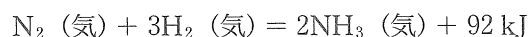
【操作2】 操作1で得られた溶液に過剰量の水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱し、発生したアンモニアのすべてを 0.500 mol/L の希硫酸 20.0 mL に吸収させた。

【操作3】 操作2で得られた溶液を純水で 100 mL に希釈し、その 20.0 mL に指示薬を適量加え、0.200 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、終点までに 18.0 mL を要した。

問1 文章中の **ア** ～ **エ** にあてはまる適切な語句をそれぞれ記せ。

問2 アンモニアの電子式を記せ。

問3 下線部(a)で起こる反応の熱化学方程式は次式で表される。



水素分子の H-H 結合の結合エネルギーを 436 kJ/mol、アンモニア分子中の N-H 結合の結合エネルギーを 390 kJ/mol としたとき、窒素分子の N≡N 結合の結合エネルギー [kJ/mol] を整数値で求めよ。

問4 下線部(b)で起こる反応を化学反応式で記せ。

化学 402 問題用紙 (その4)

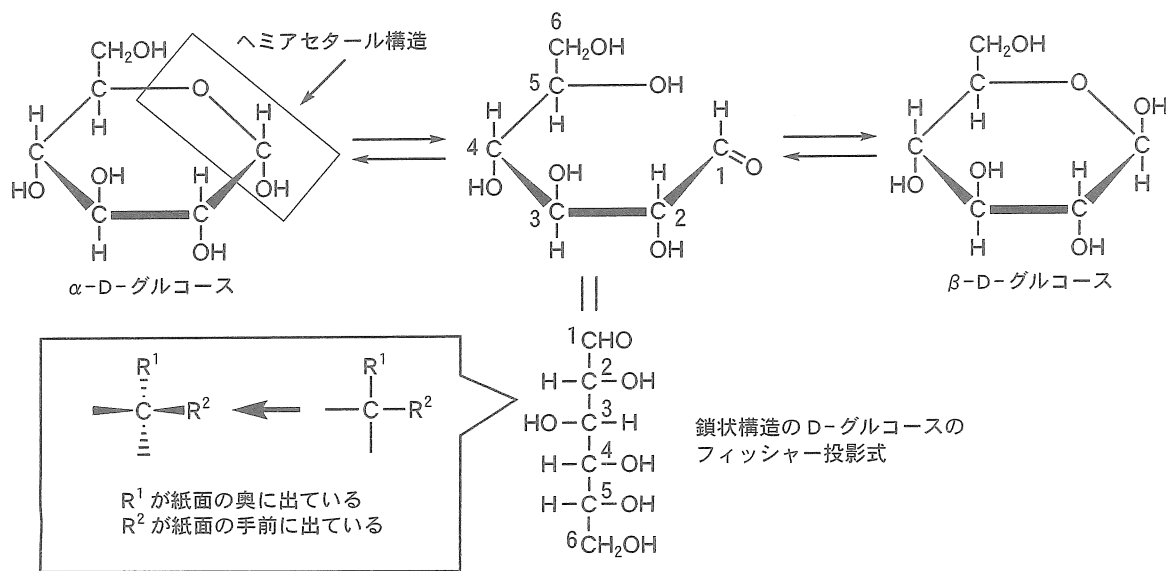
(その3より続く)

- 問5 下線部(c)について、0.100 mol/L のアンモニア水 500 mL に 0.100 mol/L の塩化アンモニウム水溶液 500 mL を加えた水溶液の 25 °C における pH を小数第1位まで求めよ。ただし、25 °C におけるアンモニアの電離定数を 2.30×10^{-5} mol/L、水のイオン積を 1.00×10^{-14} (mol/L)²、 $\log_{10} 2.3 = 0.36$ とする。
- 問6 下線部(d)において、沈殿が溶けた反応を化学反応式で記せ。
- 問7 操作2で発生したアンモニアの標準状態における体積 [L] を、有効数字を3桁として求めよ。
- 問8 食品Aに含まれるタンパク質の質量の割合 (%) を、有効数字を3桁として求めよ。ただし、このタンパク質に含まれる窒素の質量の割合は16.0%であり、窒素はタンパク質以外には含まれないものとする。
- 問9 操作3で用いる指示薬として適切なものを一つ記せ。

化学 402 問題用紙 (その5)

第4問 次の文章を読み、下の問い(問1～6)に答えよ。

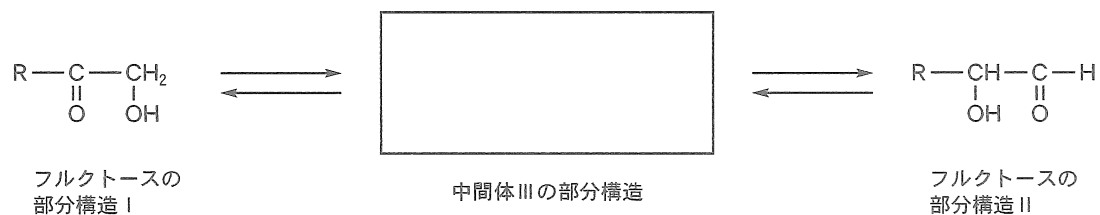
グルコースは6個の炭素原子をもち、水溶液中では、下図に示すヘミアセタール構造をもつ2種類の環状構造と少量の鎖状構造の3種類の異性体の平衡混合物として存在する。また、鏡像異性の関係にあるD型とL型が存在する。天然から得られるグルコースはD型(D-グルコース)であり、その鎖状構造のフィッシャー投影式を図中に示した。フィッシャー投影式は鎖状構造の単糖類の立体構造を簡便に表示する方法として広く用いられ、酸化度の最も高い官能基(ホルミル基)を上におき、最も離れた不斉炭素原子に結合したヒドロキシ基が右側に出ているものをD型、反対の左側にあるものをL型という。



問1 D-グルコースのフィッシャー投影式を参考にして、鎖状構造のL-グルコースの構造をフィッシャー投影式で記せ。

問2 鎖状構造のD-グルコースのように、ホルミル基を含め炭素原子を6個有するD型の単糖をD-アルドヘキソース($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)とよび、2位、3位、および4位の炭素原子(C2, C3, およびC4)に結合したヒドロキシ基の相対的な配置が異なる立体異性体がある。このようなD-アルドヘキソースには何種類の立体異性体が存在するか、その数を記せ。

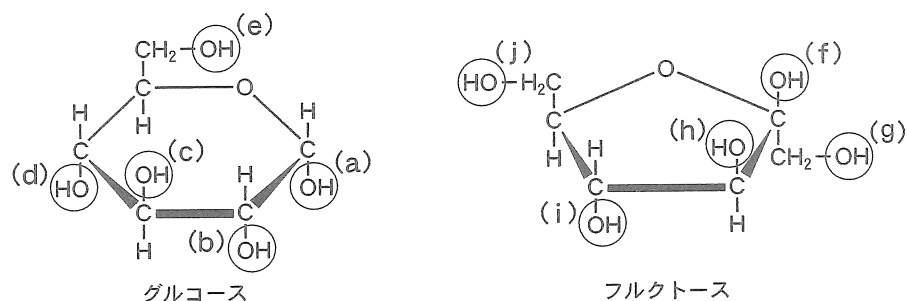
問3 D-フルクトースはD-グルコースの構造異性体であり、その鎖状構造の異性体はホルミル基をもたない。一般に糖類の還元性はホルミル基に起因するが、フルクトースは還元性を示す。これは下図に示すように、フルクトースのカルボニル基を含む部分構造Iが、中間体IIIを介して、ホルミル基をもつ部分構造IIと平衡状態にあるためである。アセトアルデヒドがケト形とエノール形の平衡混合物として存在することを参考にして、中間体IIIの部分構造を記せ。なお、解答は部分構造IやIIにあるRを用いて記せ。



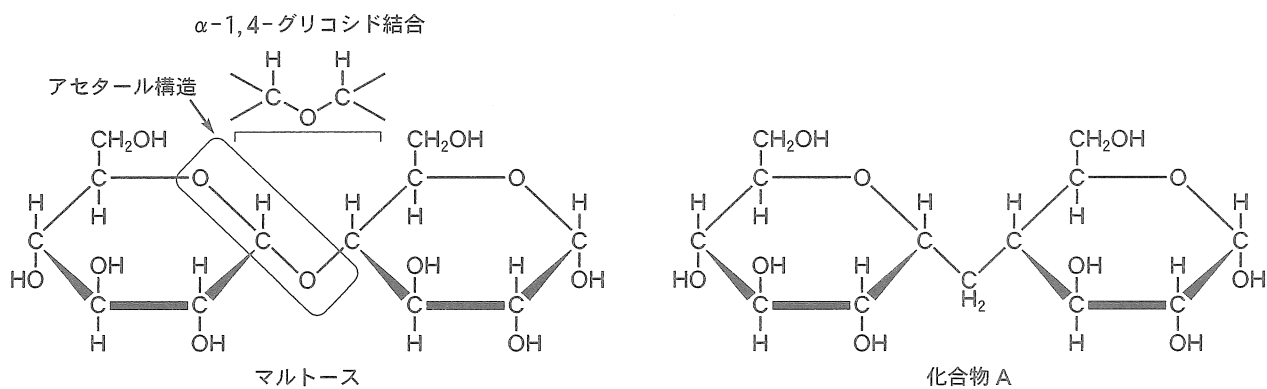
化学 402 問題用紙 (その6)

(その5より続く)

問4 還元性を示す下図のグルコースとフルクトースがグリコシド結合を形成することで、還元性を示さないスクロースが生成する。このグリコシド結合形成に関与するグルコースおよびフルクトースのヒドロキシ基として適切な組合せを、下図のヒドロキシ基 (a) ~ (j) から選べ。



問5 2分子のグルコースが α -1,4-グリコシド結合で縮合したマルトースを下図に示した。図中の囲まれた部分は、2つのアルコールのヒドロキシ基とホルミル基から形成されており、アセタール構造という。酵素マルターゼはマルトースのアセタール構造の一部を含む α -1,4-グリコシド結合を選択的に加水分解し、2分子のグルコースを与える。さて、マルトースのグリコシド結合の酸素原子をメチレン基 (CH_2) に置き換えた下図に示す化合物 A は、マルターゼによるマルトースの加水分解反応を妨げると予想した。このように予想できる理由を150字以内で説明せよ。



問6 グルコース 1.0 mol を塩化水素含有メタノールと反応させ、グルコース中のヘミアセタール構造のアセタールへの変換を試みた。その結果、原料の一部が反応し、未反応のグルコースと目的物のみからなる混合物が得られた。得られた混合物の10%を十分な量のフェーリング試薬と反応させたところ、2.9 gの赤褐色沈殿が生成した。原料グルコースがアセタール体に変換された割合 (%) を整数値で求めよ。計算の過程も示せ。なお、Cuの原子量は63.5とする。

化学 402 解答用紙 (その1)

第1問

問1	ア		イ	
	ウ		エ	
	オ		カ	
	キ			
問2	$(^1\text{H})(^2\text{H})\text{O}$ の物質質量 (計算の過程)			答え mol
	$(^2\text{H})_2\text{O}$ の物質質量 (計算の過程)			答え mol
問3	(計算の過程)			答え

化 学 402 解答用紙（その2）

第2問

問1	ア		イ		ウ		エ		オ		
問2											
						50					
問3	スクロース水溶液								塩化ナトリウム水溶液		
問4											
問5											
										40	
問6											
問7											

化学 402 解答用紙 (その3)

第3問

問1	ア		イ		ウ	
	エ					
問2						
問3	kJ/mol					
問4						
問5						
問6						
問7			L			
問8			%			
問9						

化学 402 解答用紙 (その4)

第4問

問1																				
問2																				
問3																				
問4																				
問5																				
問6	(計算の過程)																			
																			答え	
																				%