

理 科

15:00~17:30

解 答 上 の 注 意

1. 試験開始の合図があるまで、この問題紙を開いてはならない。
2. 問題紙は52ページある。このうち、「物理」は2～10ページ、「化学」は11～26ページ、「生物」は27～42ページ、「地学」は43～52ページである。
3. 「物理」、「化学」、「生物」、「地学」のうちから、あらかじめ届け出た2科目について解答せよ。各学部・系・群・学科・専攻の必須科目(◎印)と選択科目(○印)は下表のとおりである。

科 目	総 合 入 試					学 部 別 入 試					歯 学 部	獣 医 学 部	水 産 学 部	
	理 系					医 学 部								
	数学重点選抜群	物理重点選抜群	化学重点選抜群	生物重点選抜群	総合科学選抜群	医 学 科	保 健 学 科							
							看護学専攻	放射線技術科学専攻	検査技術科学専攻	理学療法学専攻				作業療法学専攻
物 理	○	◎	○	○	○	◎	○	◎	○	○	○	○	○	○
化 学	○	○	◎	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	○	○
生 物	○	○	○	◎	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○
地 学	○	○	○	○	○									○

4. 受験する科目のすべての解答用紙には、受験番号および座席番号(上下2箇所)を、監督者の指示に従って、指定された箇所に必ず記入せよ。
5. 解答はすべて解答用紙の指定された欄に記入せよ。
6. 必要以外のことを解答用紙に書いてはならない。
7. 問題紙の余白は下書きに使用してもさしつかえない。
8. 下書き用紙は回収しない。

化 学

解答はすべて各問題の指示にしたがって解答用紙の該当欄に記入せよ。必要があれば、次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Fe = 56

気体定数： $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

アボガドロ定数： $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$

$\sqrt{2} = 1.41, \sqrt{3} = 1.73, \sqrt{5} = 2.24$

1 I, IIに答えよ。

I 次の問1, 問2に答えよ。

問1 次の文章を読み、(1)~(4)に答えよ。

酸素と硫黄は、同じ16族元素であるため、似た性質をもっている。酸素原子では、最外殻電子は (ア) 殻にあり、価電子の数は (イ) 個である。一方、硫黄原子の最外殻電子は (ウ) 殻にあり、酸素原子と同じく価電子の数は (イ) 個である。

酸素などの第2周期までの元素の原子からなる分子は、多くの場合に、構成原子のまわりに8個の価電子(水素原子の場合は2個の価電子)をもつ電子配置をとる。これはオクテット則と呼ばれている。一方で、硫黄原子を中心にもつ分子には、オクテット則を満たさないものもある⁽ⁱ⁾。また、化合物中の酸素原子の酸化数はふつう-2とするが、硫黄原子は様々な酸化数をとる。例えば、硫酸 H_2SO_4 では硫黄原子の酸化数は (エ) となる。

電子は負の電荷をもつので、電子対どうしは互いに反発しあい、分子内で最も離れた位置関係になろうとする。したがって、 H_2O 、 CH_4 、 CO_2 といった様々な分子について、分子内の電子対の間に生じる反発を考えれば、分子の形を予想できる。硫酸イオン SO_4^{2-} についても、硫黄原子ま⁽ⁱⁱ⁾

わりの共有電子対が最も離れた位置関係になるような形をとる。

(1) 上の空欄 ア ~ エ にあてはまる適切な語句や数字を答えよ。

(2) 次の(あ)~(お)から、 H_2O と非共有電子対の組の数が同じ分子をすべて選択し、記号で答えよ。

- (あ) H_2S (い) CO_2 (う) O_2
(え) H_2 (お) N_2

(3) 下線部(i)に関して、 H_2SO_4 の電子式は、硫黄原子のまわりに 12 個の価電子があるとして書くこともできるが、オクテット則を満たすように書くこともできる。硫黄原子のまわりに(A)12 個の価電子がある場合と(B)オクテット則を満たす場合について、それぞれの電子式を記せ。ただし、硫黄原子以外の原子についても、まわりの価電子を省略せずに記すこと。また、(A)は酸素原子の原子価が 2 となるように描きなさい。

(4) 下線部(ii)に関して、硫酸イオン SO_4^{2-} の形は、オクテット則を満たす電子配置から予想できる。 SO_4^{2-} の形の説明として最も適切なものを次の(か)~(こ)から一つ選び、記号で答えよ。

- (か) 4つの酸素原子は正方形の頂点にあり、その正方形の中心に硫黄原子がある。
(き) 4つの酸素原子は正方形の頂点にあり、 SO_4^{2-} の分子の形は四角錐形になる。
(く) 4つの酸素原子はひし形の頂点にあり、そのひし形の中心に硫黄原子がある。
(け) 4つの酸素原子は正四面体の頂点にあり、その正四面体の中心に硫黄原子がある。
(こ) 4つの酸素原子と硫黄原子は一直線上に並び、硫黄原子の両側に酸素原子が二つずつある。

問 2 次の文章を読み、(1)～(3)に答えよ。

H₂Oの沸点は、ほかの同族元素の原子の水素化合物の沸点に比較すると著しく高い。これは、H₂Oでは分子間に強い水素結合が存在するためである。氷は水分子からなる結晶であり、 1.0×10^5 Paでは、一つの水分子に対してまわりの水分子は正四面体の頂点方向から水素結合で結合している。水素結合や などを総称して分子間力と呼ぶ。分子量が大きいほど、 は一般に強くなる。

(1) に入る適切な語句を答えよ。

(2) 第5周期までの14族、15族、16族の元素について、同族元素の原子の水素化合物の中で最も沸点が低い物質の分子式をそれぞれ答えよ。

(3) 下線部(iii)に関し、 1.0×10^5 Paにおいて氷 1.0 cm^3 の水素結合をすべて切るのに必要なエネルギー[kJ]を有効数字2桁で答えよ。ただし、氷の中の水分子一つがA個の他の水分子との間に水素結合を形成しているとき、水分子M個の中には合計 $M \times \frac{A}{2}$ 個の水素結合があるとす。また、水素結合一つを切るのに必要なエネルギーは $4.0 \times 10^{-20} \text{ J}$ として、氷の密度は 0.90 g/cm^3 とする。

II 次の問1～問3に答えよ。

問1 次の文章を読み、(1)～(3)に答えよ。ただし、気体は理想気体とし、水の蒸気圧は無視する。

容積700 mLの密閉容器に600 mLの水と0.013 molの窒素を入れ、20℃で充分な時間放置した。このとき、容器の上部には体積100 mLの空間が存在し、窒素の一部が水に溶けた状態で平衡に達している。この空間内の圧力 p [Pa]は、気体の窒素の物質質量 x [mol]および水に溶けた窒素の物質質量 y [mol]から求めることができる。

上記の物質質量 x [mol]は、容器の上部の圧力 p [Pa]を用いると、以下のように表すことができる。

$$x = \boxed{\text{(A)}} \times p \quad (1)$$

窒素の圧力が 1.01×10^5 Pa、20℃のときに、窒素は、水1 Lに対して 7.1×10^{-4} mol溶解する。溶解度の小さい気体の水に対する溶解度については、 $\boxed{\text{(カ)}}$ の法則が成り立つ。この法則を用いると、物質質量 y [mol]は

$$y = \boxed{\text{(B)}} \times p \quad (2)$$

となる。得られた(1)式と(2)式を用いると、圧力 p は $\boxed{\text{(C)}}$ [Pa]と求まる。

(1) $\boxed{\text{(カ)}}$ に適する語句を答えよ。

(2) $\boxed{\text{(A)}}$ ~ $\boxed{\text{(C)}}$ に入る数値をそれぞれ有効数字2桁で求めよ。

(3) $\boxed{\text{(カ)}}$ の法則が成り立たない気体を次の(さ)～(そ)の中から二つ選び、記号で答えよ。

- (さ) 水素 (し) 塩化水素 (す) メタン
(せ) ヘリウム (そ) アンモニア

問 2 内径が一定の左右対称であり、十分な長さをもつ細い U 字管の底を半透膜で仕切った(図 1)。この半透膜の右側に以下に示す水溶液 A を 100 mL 入れ、左側に水溶液 B を 100 mL 入れ、20 °C、大気圧下で一定時間放置することで平衡状態に達した。ただし、半透膜は、水分子以外は通さないものとする。

水溶液 A : 0.059 g の塩化ナトリウム(式量は 59)を水に溶かして 500 mL にした水溶液

水溶液 B : 以下の 4 種類の水溶液(a)~(d)のいずれか

(a) 0.111 g の塩化カルシウム(式量は 111)を水に溶かして 500 mL にした水溶液

(b) 0.150 g の塩化カリウム(式量は 75)を水に溶かして 500 mL にした水溶液

(c) 0.171 g のスクロース(分子量は 342)を水に溶かして 500 mL にした水溶液

(d) 0.180 g のグルコース(分子量は 180)を水に溶かして 500 mL にした水溶液

放置後に水溶液 A の液面が水溶液 B より高くなり、かつ左右の液面の差が最大になる水溶液 B を(a)~(d)から選び、記号で答えよ。ただし、電解質は完全に電離し、水の蒸発による液量の変化は無視できるものとする。

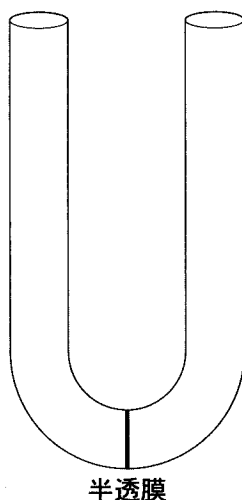


図 1 半透膜を付けた U 字管

問 3 次に示す溶解と溶液に関連する現象または事項に関する記述(た)～(な)の中で、誤りを含むものをすべて選び、記号で答えよ。

- (た) 不揮発性の物質を溶かした希薄溶液の蒸気圧は純粋な溶媒(純溶媒)の蒸気圧と等しいが、その沸点は純溶媒の沸点より高い。
- (ち) 弱電解質の希薄溶液の凝固点降下度は、存在する溶質粒子(分子、イオン)の質量モル濃度で決定される。
- (つ) 溶液を冷却すると、過冷却状態が生じ、その状態から凝固が始まる。温度は一時的に上昇し、それ以降の温度は、すべてが凝固するまで一定となる。
- (て) 塩化ナトリウムのようなイオン結晶が水に溶解する場合、イオンに水和が起こり、イオン間の結合は切断される。
- (と) 水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド粒子を含む溶液に少量の電解質を加えると沈殿が生じる。この現象を塩析という。
- (な) 溶質の固体を含む飽和溶液では、固体が溶液に溶け出す速さと溶液から固体が析出する速さが等しくなる。この状態を溶解平衡という。

2

I, IIに答えよ。

I 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

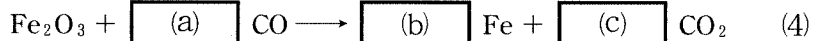
周期表の8族に属する鉄Feは、多くの岩石に酸化物や硫化物として含まれている。単体の鉄は光沢のある金属で、 Fe^{2+} や Fe^{3+} のイオンになる。 Fe^{2+} を含む水溶液に、 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 水溶液を加えると [ア] の沈殿が生成する。また Fe^{3+} を含む水溶液に KSCN 水溶液を加えると [イ] の水溶液になる。

鉄は湿った空气中で酸化され、酸化鉄(III) Fe_2O_3 を含む赤さびが生じる。
 (i) 一方、強く熱したときには、四酸化三鉄 Fe_3O_4 (黒さび)が生じる。またCrやNiなどを添加して腐食を抑制した合金は [ウ] 鋼と呼ばれ、台所用品などに利用されている。

単体の鉄は磁鉄鉱(主成分 Fe_3O_4)や赤鉄鉱(主成分 Fe_2O_3)などの酸化物を多く含む鉄鉱石を、コークスから生じた一酸化炭素で還元して得る。反応を段階的に示すと反応式(1)～(3)となる。



また反応式(1)～(3)をまとめると次の反応式になる。



溶鉄炉の底で融解した状態で得られる鉄を銑鉄と呼び、高温にした銑鉄を転炉に入れて酸素を吹き込み、炭素含有量を2～0.02%にしたものを鋼という。鋼は硬くて強いので、建築材料や鉄道のレールなどに利用される。レールの溶接にはAlの粉末と Fe_2O_3 の反応である [エ] 反応が利用される。

問1 [ア] , [イ] にあてはまる適切な色名を、次の(あ)～(く)から選び、記号で答えよ。また [ウ] , [エ] にあてはまる適切な語句を答えよ。

(あ) 淡緑色

(い) 緑白色

(う) 黒色

(え) 濃青色

(お) 黄褐色

(か) 淡黄色

(き) 血赤色

(く) 灰白色

問 2 下線部(i)について、 Fe_2O_3 は酸化物イオン O^{2-} が六方最密構造(図 2 (a))と同じ配置をとり、その一部の隙間に鉄イオンが存在する。また、 Fe_3O_4 , FeO では酸化物イオンは面心立方格子(図 2 (b))と同じ配置をとっている。六方最密構造および面心立方格子の単位格子に含まれる酸化物イオンの数をそれぞれ答えよ。なお図 2 (a)の単位格子は図の $1/3$ である。

問 3 Fe_3O_4 はスピネル構造と呼ばれる複雑な結晶構造をとる。そのなかで酸化物イオンは面心立方格子と同じ配置を取り、鉄イオンは酸化物イオンが正八面体を形成する隙間(図 2 (c)(オ)の●の場所)と、正四面体を形成する隙間(図 2 (c)(カ)の●の場所)を占有する。鉄イオンはそれぞれの隙間の中心に位置するとして、(オ)、(カ)の鉄イオンの中心と最も近い酸化物イオンの中心との間の距離をそれぞれ有効数字 2 桁で答えよ。図 2 (c)の酸化物イオンの面心立方格子の 1 辺の長さを 0.42 nm とする。

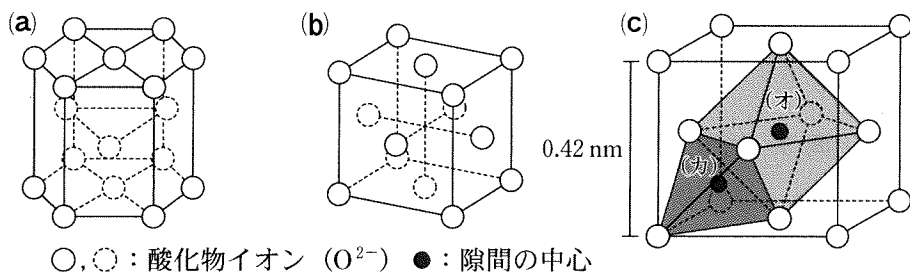


図 2 結晶構造の模式図

問 4 反応式(4)について次の(1), (2)に答えよ。

(1) 係数 ~ を答えよ。

(2) 100 kg の Fe_2O_3 から何 kg の Fe が得られ、何 kg の CO_2 が排出されるか、有効数字 2 桁で答えよ。

問 5 下線部(ii)について、この反応の熱化学方程式を記せ。ただし、 Al_2O_3 の生成熱は 1676 kJ/mol , Fe_2O_3 の生成熱は 824 kJ/mol とする。反応熱は整数で答えよ。

II 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

分子量71の塩素の単体は、工業的には塩化ナトリウム水溶液の電気分解で製造される。この製法において塩素は (キ) で生じる。 (キ) と (ク) 膜で仕切られた (ケ) では、単体Aが生じて化合物Bの水溶液が得られる。分子量160の臭素の単体は、工業的には臭化物イオンを含んだ水溶液を原料として製造される。原料から臭素を単体として取り出すために、他のハロゲンの単体などが酸化剤として用いられる。分子量254のヨウ素の単体⁽ⁱⁱⁱ⁾は、ヨウ素酸イオン IO_3^- を含む鉱石か、ヨウ化物イオンを含んだ水溶液から製造される。

過塩素酸は、七酸化二塩素と水の反応により生じる塩素のオキソ酸であり、その分子量は^(iv)100.5である。純粋な過塩素酸の固体が分子結晶であるのに対して、過塩素酸一水和物と通常呼ばれている物質は、陽イオンと陰イオンからなるイオン結晶であり、^(v)過塩素酸オキソニウムと呼ぶほうが実際の構造をよく表している。

問1 地球上で自然界に存在する臭素原子には平均して何個の中性子が含まれるか。周期表の臭素の位置と上の文章から推定し、原子1個あたりの平均値を整数で答えよ。

問2 空欄(キ)～(ケ)に当てはまる語として適切な組み合わせを(け)～(し)から選び、記号で答えよ。

	(キ)	(ク)	(ケ)
(け)	陽 極	陽イオン交換	陰 極
(こ)	陽 極	陰イオン交換	陰 極
(さ)	陰 極	陽イオン交換	陽 極
(し)	陰 極	陰イオン交換	陽 極

問 3 単体 A と化合物 B の化学式を答えよ。

問 4 臭素の工業的製法で用いられる、下線部(iii)のハロゲンの単体を分子式で答えよ。

問 5 下線部(iv)の化学反応式を答えよ。

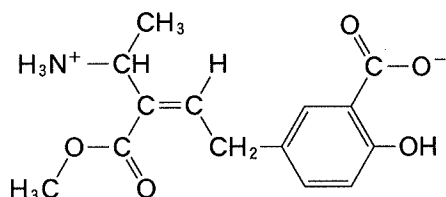
問 6 下線部(v)の各イオンのイオン式を答えよ。

問 7 硫酸酸性水溶液中でヨウ素酸イオン IO_3^- からヨウ化物イオン I^- が生成する反応を、電子 e^- を含むイオン反応式で示せ。

3

I, IIに答えよ。なお、構造式は記入例にならって記せ。
特に説明のない限り、反応は完全に進行するものとする。

(記入例)



I 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

なお、室温での密度は、ベンゼン 0.88 g/cm^3 、ニトロベンゼン 1.20 g/cm^3 とする。

(実験1) ベンゼンを試験管に入れ、濃硝酸と濃硫酸を適量加えて加熱し、中和と抽出の操作を経て、ニトロベンゼン 1.0 mL を得た。

(実験2) ニトロベンゼン 1.0 mL を入れた試験管に粒状スズ 3.0 g と濃塩酸 5.0 mL を加え、よくかき混ぜながらニトロベンゼンの油滴がなくなるまで約 60°C に加熱した。反応終了後の溶液 をビーカーに移し、適切な量と濃度の (ア) ⁽ⁱⁱ⁾ 水溶液を加えたのち、ジエチルエーテル 10 mL を加えて、よく混合した。静置すると二層に分かれたので、ピペットを用いて上層のみを2枚の時計皿(蒸発皿)に移して溶媒を蒸発させた。

(実験3) 実験2により得た1枚の時計皿に、無水酢酸を加えてしばらく放置したのち、水を加えて冷やしたところ、白色固体 A が生成した。

(実験4) 実験2により得たもう1枚の時計皿に、さらし粉水溶液を加えて変化を観察した。

(実験5) A を (イ) 中で加熱したところ、下線部(ii)に含まれる有機化合物と同じものが生成した。

問 1 空欄 , に当てはまる最も適切な物質名をそれぞれ記せ。

問 2 下線部(i)について、実験 1 でニトロベンゼン 1.0 mL を得るために必要なベンゼンの体積 (mL) を有効数字 2 桁で答えよ。いずれも室温での体積とする。

問 3 下線部(ii)について、この溶液に含まれる芳香族化合物の構造式を記せ。

問 4 A の構造式を記せ。

問 5 実験 4 の観察事項として最も適する記述を、次の(あ)～(お)から一つ選び、記号で答えよ。

- (あ) 白色の沈殿が生じた。
- (い) 気泡が発生した。
- (う) 黒色で水に溶けにくい物質に変化した。
- (え) 赤紫色を呈した。
- (お) 橙黄色の化合物が生成した。

問 6 次の文章を読み、空欄 ~ に当てはまる最も適切な語句、数字、または化合物名をそれぞれ答えよ。

実験 1 のベンゼンをフェノールに変更して同様の実験を行ったところ、おもに生成したのは、ニトロ基が -位および -位の計 ヶ所に導入された強酸性の化合物 B であった。この結果をふまえて、フェノールを希硝酸と短時間反応させたところ、ニトロ基を一つだけもつ化合物 C およびその異性体 D の二つがおもに得られた。

この D を、実験 2 と同様に粒状スズと濃塩酸と反応させたのち、 水溶液で中和し、生成した物質をジエチルエーテルで抽出した。さらに実験 3 と同様に無水酢酸と反応させたところ、A の -位に が結合した構造をもつ解熱鎮痛薬と同一の化合物となった。この結果より、C は -ニトロフェノールだとわかった。

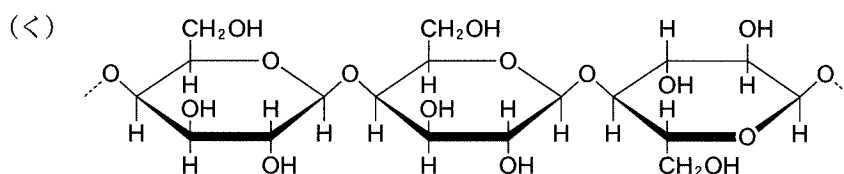
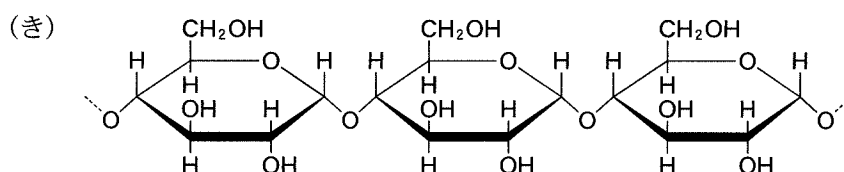
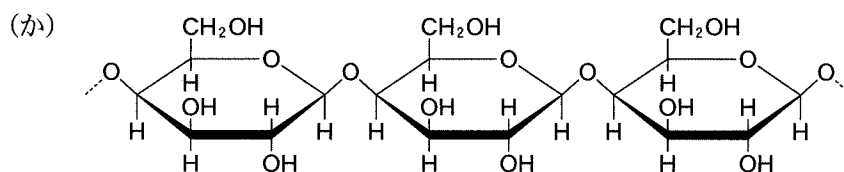
II 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

化合物E、F、GおよびHは、天然高分子化合物の多糖に分類される。E～Gは植物由来、Hは動物由来の多糖である。Eは、多数の α -グルコースが α -(ク)結合によって直鎖状に連結した分子であり、FとHはこの結合に加えて α -グルコースが α -(ケ)結合で縮合した枝分かれ構造をもつ。うるち米(通常の食用米)には、EとFが含まれる一方で、もち米にはほぼFのみが含まれる。

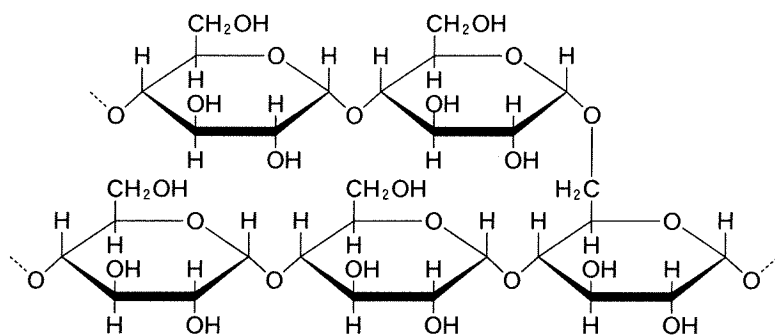
天然繊維である木綿や麻の主成分であるGは、 β -グルコースが β -(ク)結合によって直鎖状に連結した分子であり、直線状の構造をしている。この直線状の構造を保つのに、分子間での水素結合の形成が寄与している。

問1 空欄(ク)、(ケ)に当てはまる最も適切な結合の名称を、結合に関与する炭素の位置番号を含めて答えよ。

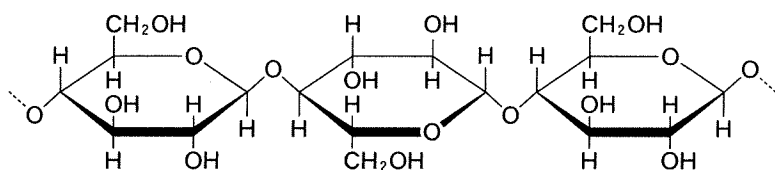
問2 下記の(か)～(こ)は、多糖の構造の一部を示している。EとGに当てはまるものを(か)～(こ)から一つずつ選び、記号で答えよ。



(け)



(こ)



問 3 α -グルコース 1 分子に含まれる不斉炭素の数はいくつか。数字で答えよ。

問 4 次の(実験 1)～(実験 5)のうち、誤りを含む文章を二つ選び、実験番号で答えよ。それらの文章は、下線部を適切な語句または文章に置き換えることで正しい文章にすることができる。以下の(さ)～(に)から適切な語句または文章を選び、記号で答えよ。

(実験 1) 温水に対して、化合物 E は溶けたが、G は不溶または難溶であった。

(実験 2) 冷水に対して、H は溶けたが、化合物 F は不溶または難溶であった。

(実験 3) ジャガイモを水と共に十分にすり潰して穏やかに加熱したのち室温にし、上澄みにヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を加えると青紫色に呈色し、加熱すると色が消失した。

(実験 4) もち米を水と共に十分にすり潰して穏やかに加熱したのち室温にし、上澄みにヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を加えると呈色し、加熱すると色が濃くなり、冷却すると色が消失した。

(実験 5) アサリを十分にすり潰して抽出した多糖を水に溶かし、ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を加えると赤紫色に呈色し、加熱すると色が消失した。

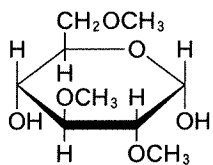
- (さ) 化合物 E
- (し) 化合物 F
- (す) 化合物 H
- (せ) 赤褐色に呈色し、加熱すると色が濃くなった。
- (そ) 赤褐色に呈色し、加熱すると色が消失した。
- (た) 青紫色に呈色し、加熱すると色が濃くなった。
- (ち) 青紫色に呈色し、加熱すると色が消失した。
- (つ) 赤紫色に呈色し、加熱すると色が濃くなった。
- (て) 赤紫色に呈色し、加熱すると色が消失した。
- (と) 加熱すると色が濃くなり、冷却しても色は変化しなかった。
- (な) 加熱すると色が消失し、冷却しても変化しなかった。
- (に) 加熱すると色が消失し、冷却すると再び呈色した。

問 5 次の文章を読み、空欄 にあてはまる適切な語句と実験結果の組合せとして、最も適切なものを(ぬ)～(ふ)から一つ選び、記号で答えよ。

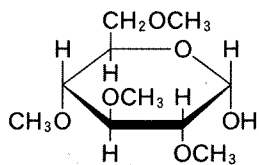
【実験】 少量の充分にすり潰したもち米と水を穏やかに加熱した後、1 mol/L の希硫酸を加えてさらに加熱した。冷却後、炭酸ナトリウムを加えて中和した。最後に、 水溶液と酒石酸ナトリウムカリウム四水和物と水酸化ナトリウムの水溶液を使用直前に混合した溶液を少量加えて穏やかに加熱し、変化を観察した。

	(コ)	実験結果
(ぬ)	酢酸鉛(Ⅱ)	黒色で水に溶けにくい物質に変化した。
(ね)	酢酸鉛(Ⅱ)	黄色の沈殿が生じた。
(の)	硫酸銅(Ⅱ)	青紫色を呈した。
(は)	硫酸銅(Ⅱ)	赤色の沈殿が生じた。
(ひ)	塩化鉄(Ⅲ)	青紫色を呈した。
(ふ)	塩化鉄(Ⅲ)	黄褐色を呈した。

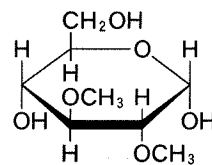
問 6 平均分子量 4.22×10^5 のデンプン 5.06 g のすべてのヒドロキシ基 (-OH) をメトキシ基 (-OCH₃) に変換したのちに、希硫酸で完全に加水分解したところ、化合物 **J** が 6.39 g、化合物 **K** が 0.28 g、化合物 **L** が 0.25 g 得られた。この際、メトキシ基は変化しなかった。このデンプンにおいて、平均してグルコース何分子ごとに 1 カ所の枝分かれ構造をもつか。有効数字 2 桁で答えよ。



J
分子量 222



K
分子量 236



L
分子量 208