

1

問 1～問 5 に答えよ。

問 1 次の物質のうちから化合物を一つ選び、記号を記せ。

ア 塩酸

イ アルゴン

ウ 石油

エ オゾン

オ プロパン

問 2 次の(1)～(3)の記述は、いずれも分離操作である。適切な分離操作の名称を例にならって記せ。(例：不純物を含んだ飽和ミョウバン水溶液を冷却して純粋なミョウバンの結晶を得る。解答：再結晶)

- (1) 海水を加熱して、発生した水蒸気を冷却して、純粋な水を得る。
- (2) 河川水から、ろ紙を用いて不溶物をこしとって、透明な水を得る。
- (3) 熱湯で、カツオ節のうま味成分を溶かし出す。

問 3 元素と分子の性質について、次の(1)～(3)に答えよ。

- (1) Be, C, O, P を、最外殻電子数の多いほうから順に並べよ。
- (2) Be, C, Li, O を、陽イオンになりやすいほうから順に並べよ。
- (3) Br₂, Cl₂, F₂, I₂ を、酸化力の強いほうから順に並べよ。

問 4 次の物質のうちから金属を一つ選び、記号を記せ。

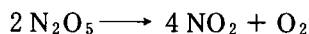
- ア 炭酸ナトリウム イ 塩化カリウム ウ カルシウム
エ ヨウ素 オ ホウ素

問 5 次の物質のうちから液体のとき分子間で水素結合を形成しているものを一つ選び、記号を記せ。

- ア 窒素 イ フッ化水素 ウ 水素
エ メタン オ 酸素

2 次の文章を読み、問 1～問 4 に答えよ。

五酸化二窒素 2.00 mol を 1.00 l の四塩化炭素に溶解し、一定温度で分解反応させ、時間 t 秒後に発生した酸素の体積を測定した。五酸化二窒素は次式のように分解する。



得られた酸素の体積から五酸化二窒素の濃度 c [mol/l] を計算したところ以下のようになった。ただし、生成した二酸化窒素はすべて四塩化炭素に溶解しているものとする。また、酸素は四塩化炭素に溶けず、溶液の体積変化はないものとする。

時間[s]	五酸化二窒素の濃度[mol/l]
0	2.00
100	1.88
200	(a)
400	1.56
800	1.21
1200	0.955
1800	0.654

問 1 反応開始 200 秒後までに捕集した酸素の体積を 17℃、1.00 atm で測定したところ、3.10 l であった。四塩化炭素の蒸気圧が 0.120 atm であったとすると、生成した酸素は標準状態では何 l になるか。なお、解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 3 桁で示せ。

問 2 問 1 の結果から、反応開始 200 秒後の五酸化二窒素の濃度(a)を求めよ。なお、解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 3 桁で示せ。

問 3 反応開始 t_1 , t_2 秒後の五酸化二窒素の濃度をそれぞれ c_1 , c_2 であるとする
と, 五酸化二窒素の分解反応速度 v を求める式を記せ。

問 4 反応開始 200~400 秒後の平均の反応速度 v および反応速度定数 k を求め
よ。なお, 解答欄には計算の過程を含めて記入し, 有効数字 3 桁で示せ。

3 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

半径の等しい球が無数にある。これらを最も密に詰め込むやり方には立方最密充填と **ア** 最密充填の2つがある。このうち立方最密充填における球の配置は図1の単位格子で表される。すなわち、球は立方体の単位格子の各頂点と各面の中心を占めている。この格子を **イ** 格子という。図1では頂点と面の中心に完全な球が画いてある。しかし、これらの球は隣接する単位格子に共有されている。頂点の球(原子)は **ウ** つの、また、面の中心の球は **エ** つの単位格子に共有される。したがって、1つの単位格子に属する球の個数は **オ** 個とみなすことができる。ネオンなどヘリウム以外の希ガスの固体はこの構造をとる。球形の原子(単原子分子)が最密充填されているものと見ることができる。また、金や銀など多くの金属もこれと同じ結晶構造である。

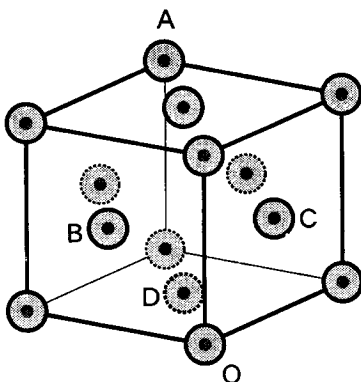


図1

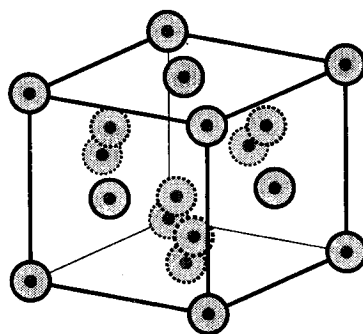


図2

図2の単位格子で示されるダイヤモンドの構造は炭素原子のつくる2組の **イ** 格子が組み合わさったものである。まず2組の格子を重ねておき、ついで、そのうちの1組を立方体の対角線OA方向に動かす。はじめOにあった炭素原子が、留まっている格子の4つの炭素原子(図1中のO, B, C, D; Dは底面の中心)がつくる正四面体の中心にきたときに止めるとダイヤモンドの格子ができあがる。この構造では、すべての炭素原子は炭素原子を頂点とする正四面体

の中心に位置する。ダイヤモンドの炭素原子は **カ** 結合で結ばれている。黒鉛も炭素の単体であるが、ダイヤモンドとは異なる構造をもち、したがって性質も異なる。ダイヤモンドが絶縁体であるのに対し黒鉛は電気の導体である。このように構造や性質が異なる単体を互いに **キ** という。

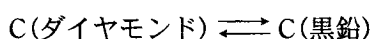
問 1 **ア** ~ **キ** に適当な語句または数字を記せ。

問 2 金(Au)の格子定数、すなわち図1の立方体単位格子における一辺の長さは 0.40 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) である。Auの密度 $[\text{g/cm}^3]$ を求めよ。なお、解答欄に計算の過程を含めて記入し、有効数字2桁で示せ。

問 3 ダイヤモンドにおける炭素間結合距離は 0.15 nm である。ダイヤモンドの格子定数(図2の立方体単位格子における一辺の長さ)を求めよ。なお、解答欄に計算の過程も含めて記入し、有効数字2桁で示せ。ただし、正四面体の稜の長さ L と中心と頂点の距離 d の間には次の関係がある。

$$\frac{L}{d} = \sqrt{\frac{8}{3}} \doteq 1.6$$

問 4 ダイヤモンドと黒鉛の間の変化を反応に見立てて、その平衡を



のように書けば、平衡定数 K は $25 \text{ }^\circ\text{C}$ で 3.2 である。 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ において上式が平衡に達したときのダイヤモンドの質量パーセントはいくらになるか。解答欄に計算の過程も記入し、有効数字2桁で示せ。

問 5 問4の結果から、黒鉛を室温に置いておくとかなりの量のダイヤモンドが生じることになる。しかし、そのような変化は実際には起こらない。その理由を20字以内で記せ。

4 問1～問3に答えよ。

問1 次のそれぞれの文に相当する物質の名称を記せ。

- (1) 赤褐色の粉末で、発火性があり、マッチの摩擦面に用いられている。
- (2) 赤色の金属光沢をもち、電気伝導性がよく、電線に用いられている。
- (3) 石英、水晶などとして天然に存在する酸性酸化物で、ダイヤモンドに似た正四面体構造をもつ。
- (4) 水に溶けにくい白色粉末で、顔料やX線造影剤などに利用されている。
- (5) 常温で黄緑色の気体で、水道水の消毒・殺菌用に使われている。

問2 水溶液A～Dは、それぞれ種類の化合物を含んでいる。次の記述(1)～(5)を読んで、水溶液A～Dに含まれている化合物を、下の化合物群からそれぞれ一つ選べ。

- (1) 水溶液Aに塩酸を加えると、白色沈殿を生じた。
- (2) 水溶液Bに水酸化ナトリウム水溶液を加えると、赤褐色沈殿を生じた。さらに水酸化ナトリウム水溶液を加えても、沈殿は変化しなかった。
- (3) 水溶液Cに水酸化ナトリウム水溶液を加えると、コロイド状の白色沈殿を生じた。さらに水酸化ナトリウム水溶液を加えると、沈殿は溶解した。
- (4) 水溶液Bおよび水溶液Cにそれぞれ水溶液Aを加えると、どちらも白色沈殿を生じた。
- (5) 水溶液Dの炎色反応は黄色を呈した。

化合物群：AgNO₃、AlCl₃、Al(NO₃)₃、CaCl₂、FeCl₃、KNO₃、NaNO₃、
Zn(NO₃)₂

問3 以下の文章を読み、下線(1)～(6)の反応を反応式で記せ。

炭酸ナトリウムは白色の固体で、水によく溶け、水溶液は加水分解のため
アルカリ性を示す。炭酸ナトリウムはソルベー法で塩化ナトリウムから工業

的に製造されている。すなわち、塩化ナトリウムの飽和水溶液に、アンモニアと二酸化炭素を吹き込むと、比較的溶解度の小さい炭酸水素ナトリウムが沈殿するので、これを集めて焼くと、炭酸ナトリウムが得られる。原料の二酸化炭素は石灰石を焼いてつくられている。アンモニアはハーバー・ボッシュ法(またはハーバー法)で製造されていて、ソルバー法の原料として使われている。なお、アンモニアを実験室でつくるには、塩化アンモニウムに水酸化カルシウムを混ぜて加熱する方法が用いられる。

5 実験 a～f についての記述を読み、問 1～問 8 に答えよ。解答で構造式を示す場合は下記の構造式ア～カにならって記せ。

〔実験 a〕 ビーカーに化合物 A を入れ希塩酸に溶かした後、0℃に冷やしてかき混ぜながら、10% 亜硝酸ナトリウム水溶液を加えた。その溶液に、フェノールを溶かした水酸化ナトリウム水溶液を加えると、⁽¹⁾橙赤色の色素が生成した。

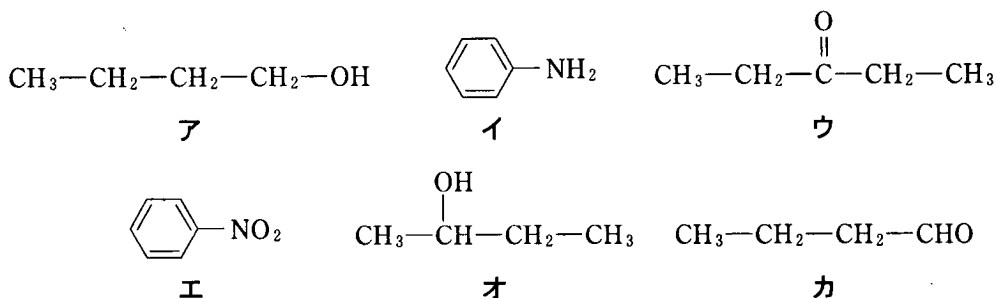
〔実験 b〕 化合物 B を水酸化ナトリウム水溶液に溶かし、ヨウ素を加えておだやかに加熱すると、ヨードホルムの黄色沈殿が生じた。

〔実験 c〕 炭素、水素、酸素からなるモノ(一価)カルボン酸 C は、不斉炭素原子を一つと、炭素と炭素の間の二重結合を一つもち、カルボキシル基の酸素以外に酸素をもたないことがわかっている。このカルボン酸 C を、脱水剤とともに加熱すると酸無水物 D が生成した。

〔実験 d〕 同じモル数の酸無水物 D と化合物 B を混合して加熱すると、カルボン酸 C と化合物 E が生成した。C と E を分離するために、両者の混合物をジエチルエーテルに溶かし、分液漏斗に入れ、⁽²⁾炭酸水素ナトリウム水溶液と振り混ぜ、上層と下層に分けた。

〔実験 e〕 化合物 E の元素分析を行ったところ、質量パーセントで炭素 69.2%、水素 10.3% という結果が得られた。

〔実験 f〕 化合物 F のエタノール溶液を、試験管中でアンモニア性硝酸銀溶液と加熱しても変化がないが、F の異性体 G は、同様の操作をするとガラス壁に銀が析出した。



問 1 化合物Aの構造式として適当なものを、ア～カから一つ選び記号で記せ。

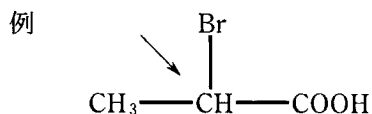
問 2 [実験 a]の下線(1)で起こった反応の反応式を、構造式を示して記せ。

問 3 化合物Bの構造式として適当なものを、ア～カから一つ選び記号で記せ。

問 4 [実験 d]で、ジエチルエーテル層に溶けているのはCとEのどちらか。

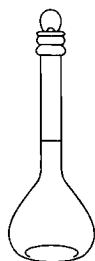
問 5 [実験 d]で、ジエチルエーテル溶液を、水とではなく、炭酸水素ナトリウム水溶液と振り混ぜた理由を40字以内で記せ。

問 6 化合物Eの構造を記し、例にならって不斉炭素原子に矢印で印をつけよ。

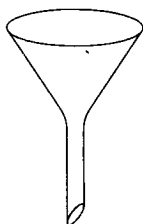


問 7 化合物Fの構造式として適当なものを、ア～カから一つ選び記号で記せ。
また、その異性体Gとして考えられる構造式をすべて記せ。

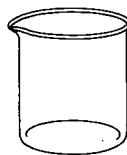
問 8 下線部(2)で使用する器具を、下記キ～コから一つ選び記号で記せ。



キ



ク



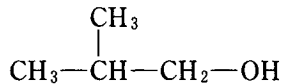
ケ



コ

6 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。なお、解答で構造式を示す場合は例にならって記せ。

(構造式の例)



高分子化合物を構成する分子単位を **ア** と呼び、**ア** が次々と結合する反応を **イ** という。生成する高分子を **ウ** と呼び、**ウ** 1分子を構成する繰り返し単位の数を **エ** という。**ア** が次々と結合する反応には、主に不飽和結合をもつ **ア** が結合する **オ** と、次々と脱水して結合する **カ** がある。例えば、6,6-ナイロンはアジピン酸とヘキサメチレンジアミンが **カ** したものであり、ポリスチレンはスチレンが **オ** したものである。ポリスチレン樹脂に **キ** を作用させると、スルホ基をもつ陽イオン交換樹脂が生成する。

スルホ基を導入した陽イオン交換樹脂を図3に示すようにカラムに詰めた。このカラムの上部から、A(アミノ酸、分子式 $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2$)、B(水酸基をもつカルボン酸、分子式 $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$)とC(二糖類、分子式 $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)の3種類の有機化合物を含む混合水溶液を通した後、流出液中に有機化合物が含まれなくなるまで蒸留水で水洗した。このときの流出液を **a** とする。続いてこのカラムの上部から、希塩酸を流すと、有機化合物を含む流出液 **b** が得られた。

次に、流出液 **a** を陰イオン交換樹脂を詰めたカラムの上部から流した後、流出液中に有機化合物が含まれなくなるまで蒸留水を流した。このときの流出液を **c** とする。続いてこのカラムの上部から水酸化ナトリウム水溶液を流すと、有機化合物を含む流出液 **d** が得られた。

問1 **ア** ~ **キ** に入れる適切な語句を、次の1～12の中から一つずつ選び、その番号を記せ。

- | | | | |
|---------|---------|----------|----------|
| 1. ポリマー | 2. モノマー | 3. 縮合重合 | 4. 重合度 |
| 5. 付加重合 | 6. 重合 | 7. 開環重合 | 8. 濃硫酸 |
| 9. 架橋 | 10. 濃塩酸 | 11. 重合速度 | 12. 酸化還元 |

問 2 流出液 **b** に含まれる有機化合物の構造式を記せ。なお、この有機化合物は不斉炭素原子を一つもっている。

問 3 流出液 **c** はフェーリング液を還元しなかったが、この溶液に酵素インペルターゼを加えるとフェーリング液を還元する物質が得られた。流出液 **c** に含まれる有機化合物の名称を記せ。

問 4 流出液 **d** に含まれる有機化合物の名称および構造式を記せ。なお、この有機化合物は不斉炭素原子を一つもっている。

問 5 流出液 **b** に含まれる有機化合物を検出する方法を 20 字以内で記せ。

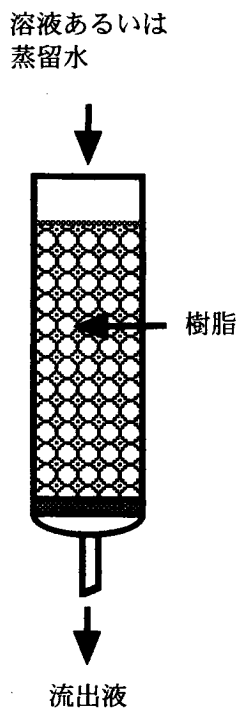


図 3