

# 令和 3 年度入学試験問題

## 理 科

### (注 意 事 項)

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 届け出た選択科目以外は解答してはならない。
3. 問題冊子のページ及び解答紙は次のとおりである。「始め」の合図があったら届け出た選択科目についてそれぞれを確認すること。

科 目	問 題 冊 子	解 答 紙	
	ペ ー ジ	解答紙番号	枚 数
物理基礎・物理	1 ～ 14	32 ～ 34	3
化学基礎・化学	15 ～ 32	35 ～ 38	4
生物基礎・生物	33 ～ 52	39 ～ 43	5
地学基礎・地学	53 ～ 63	44 ～ 47	4

4. 各解答紙の 2 箇所に受験番号を記入すること。
5. 解答はすべて解答紙の所定の欄に記入すること。
6. 計算その他を試みる場合は、解答紙の裏又は問題冊子の余白を利用すること。
7. この教科は、2 科目 250 点満点(1 科目 125 点満点)です。なお、医学部保健学科(看護学専攻)については、2 科目 100 点満点に換算します。



# 化学基礎・化学

必要な場合は、次の値を用いよ。

原子量：C = 12.0, Cl = 35.5, H = 1.00, I = 127, Li = 6.94,

N = 14.0, O = 16.0, Si = 28.1

気体定数  $R$  :  $8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

理想気体のモル体積 :  $22.4 \text{ L/mol}$  ( $0^\circ\text{C}$ ,  $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ )

[ 1 ] 次の文章(1)と(2)を読み、問1から問6に答えよ。なお、気体は理想気体として扱うものとする。(30点)

(1) 以下の式①は窒素と水素からアンモニアを合成する反応の熱化学方程式である。



この反応は可逆反応であり、アンモニアを生成する反応は〔ア〕反応で、総物質量が〔イ〕反応である。したがって、平衡時におけるアンモニアの生成量を多くするには、反応容器内の圧力を〔ウ〕する、あるいは温度を〔エ〕するとよい。

問 1. 〔ア〕から〔エ〕に入る適切な語句を以下から一つずつ選び、答えよ。同じ語句を何度選んでも良い。

発熱, 断熱, 吸熱, 減少する, 変化しない, 増加する, 低く, 一定に, 高く
---

問 2. 図1の太い実線Xは、ある一定の温度と圧力において得られたアンモニアの生成量の時間変化を表したものである。次の(i)から(iii)のように反応条件を変えたとき、予想される曲線を図1のAからEより一つずつ選び、記号で答えよ。

- (i) 圧力は同じまま、温度を高くする。
- (ii) 圧力は同じまま、温度を低くする。
- (iii) 圧力と温度は同じまま、触媒を加える。

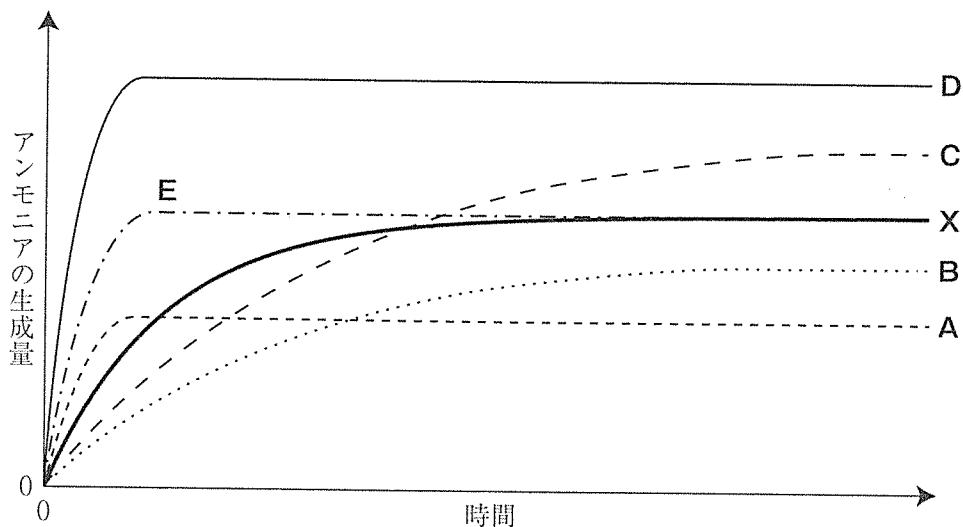


図1

問 3. 窒素ガスと水素ガスの物質量の比が25 : 75の混合気体を、全圧が  $3.0 \times 10^7$  Pa となるよう体積一定の密閉容器に入れた。その後、式①の反応を開始してある温度に保つと、全圧が  $1.8 \times 10^7$  Pa に減少して平衡状態に達した。この時、反応前の窒素ガスのうちの何%がアンモニアに変換されたか、有効数字2桁で答えよ。

- (2) 常温において、 $\text{N}_2\text{O}_4$ は $\text{NO}_2$ に解離し、両者は平衡状態に達する。この可逆反応の熱化学方程式は式②で表される。



ここで、 $\text{N}_2\text{O}_4$ と $\text{NO}_2$ の分圧を、それぞれ $p_{\text{N}_2\text{O}_4}$ と $p_{\text{NO}_2}$ とすると、圧平衡定数 $K_p$ は以下の式③で与えられる。

$$K_p = \frac{(p_{\text{NO}_2})^2}{p_{\text{N}_2\text{O}_4}} \quad \dots\text{③}$$

問 4. 大気圧下で、ピストン付きの密閉容器を二つ用意し、一方に $\text{N}_2\text{O}_4$ と $\text{NO}_2$ の混合気体を、もう一方に混合気体と同じ体積の空気を封入した。この二つの容器を同じ温度まで温めた時に起こる変化として正しいものを、以下の(A)から(E)より一つ選び記号で答えよ。ただし、温度変化の前後で $\text{N}_2\text{O}_4$ と $\text{NO}_2$ の混合気体は平衡状態にあるとする。

- (A)  $\text{N}_2\text{O}_4$ と $\text{NO}_2$ の混合気体の体積は変わらず、空気の体積は増加した。
- (B) 体積はどちらも増加し、同じ体積となった。
- (C) 体積はどちらも増加し、 $\text{N}_2\text{O}_4$ と $\text{NO}_2$ の混合気体の体積は空気の体積よりも大きかった。
- (D) 体積はどちらも増加し、 $\text{N}_2\text{O}_4$ と $\text{NO}_2$ の混合気体の体積は空気の体積よりも小さかった。
- (E)  $\text{N}_2\text{O}_4$ と $\text{NO}_2$ の混合気体の体積は減少し、空気の体積は増加した。

問 5. 体積一定の密閉容器に $\text{N}_2\text{O}_4$ を1.0 mol 入れ、 $\text{NO}_2$ との平衡状態になるまで待ったところ、 $\text{N}_2\text{O}_4$ の解離度(加えた $\text{N}_2\text{O}_4$ のうち $\text{NO}_2$ に解離した割合)が0.20で、全圧が $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ となった。この時の圧平衡定数 $K_p[\text{Pa}]$ を、有効数字2桁で答えよ。

問 6. ピストン付きの密閉容器に  $\text{N}_2\text{O}_4$  を  $n$  [mol] 入れ、 $\text{NO}_2$  との平衡状態になるまで待ったところ、 $\text{N}_2\text{O}_4$  の解離度は  $\alpha$  で、混合気体の体積は  $V$  [L] となった。温度と全圧が一定のもと、容器内にアルゴンガスを加え、新たな平衡状態になるまで待ったところ、体積が  $V'$  [L] まで増加した。体積比を  $\beta = \frac{V'}{V}$  と表すと、新たな平衡状態における  $\text{N}_2\text{O}_4$  の解離度  $x$  は、以下の式④で求められる。

$$x = \boxed{\text{オ}} \times \left\{ \alpha \times \sqrt{\boxed{\text{カ}} + \boxed{\text{キ}} - \boxed{\text{カ}}} \right\} \quad \dots \text{④}$$

$\boxed{\text{オ}}$  から  $\boxed{\text{キ}}$  にあてはまる式を以下の A から F より一つずつ選び、記号で答えよ。ただし、アルゴンは反応に関与しないものとする。

A :  $n^2$

B :  $\alpha^2$

C :  $\beta^2$

D :  $\frac{\beta}{2 \times (1 - \alpha)}$

E :  $\frac{\beta}{n + 1}$

F :  $\frac{4 \times (1 - \alpha)}{\beta}$

〔2〕 次の文章を読み、問1から問7に答えよ。(30点)

炭素の同素体の一つである黒鉛では、隣接する炭素原子どうしが共有結合しており、正六角形を基本単位とする層状の平面構造を形成している。この平面構造どうしは比較的弱い分子間力である〔ア〕力により結合しているため、黒鉛はこの層に沿って薄くはがれやすく、軟らかい。また黒鉛の層状構造の一層だけの同素体を〔イ〕という。黒鉛はリチウムイオン電池の負極活物質として用いられている。リチウムイオンが黒鉛に取り込まれる充電反応は、以下のように表される。<sup>a)</sup>



ケイ素の単体は酸化物を還元してつくる。例えば、二酸化ケイ素を電気炉中で融解し、炭素を用いて還元する。このとき、無色無臭の有毒な気体が発生する。<sup>b)</sup>ケイ素の単体はダイヤモンドと同じ結晶構造をもつ。二酸化ケイ素の結晶構造の一つでは、単体のケイ素の結晶構造中の隣接するケイ素原子間の中間に酸素原子が入り込んだ構造をしている。<sup>c)</sup>

二酸化ケイ素を約2000℃で融解したのち凝固させると石英ガラスと呼ばれる非晶質になる。この固体はフッ化水素酸に溶ける。また、水酸化ナトリウムと反応し、ケイ酸ナトリウムを生じる。<sup>d)</sup>無色透明で粘性の大きな液体である〔ウ〕はケイ酸ナトリウムに水を加えて加熱すると生じる。〔ウ〕の水溶液に塩酸を加えると、ケイ酸の白色ゲル状沈殿が生成する。さらにケイ酸を加熱し脱水すると、〔エ〕になる。

問1. 〔ア〕から〔エ〕に入る適切な語句を答えよ。

問2. 下線部 a) の充電反応のあと、リチウムイオンを取り込んだ負極活物質の質量が、充電前と比べて3.82 g 増加していた。この充電反応において流れた電子の物質量は何 mol か、有効数字2桁で答えよ。



問 3. 下線部 b)において起こっている反応の化学反応式を答えよ。その反応によりケイ素の単体が2.81 g生成したとき、同時に発生する無色無臭の有毒な気体の体積は標準状態(0℃,  $1.01 \times 10^5$  Pa)で何Lか、有効数字2桁で答えよ。ただし、この気体は理想気体として扱えるものとする。

問 4. 下線部 c)について、この二酸化ケイ素の結晶構造の単位格子に含まれるすべての原子の数を答えよ。なお、図1はケイ素の単体の単位格子の模式図である。ただし、図1内の薄い色の球(●)は完全に単位格子中に含まれたケイ素原子を示しており、単位格子を八分割した立方体の互い違いの位置に存在する。

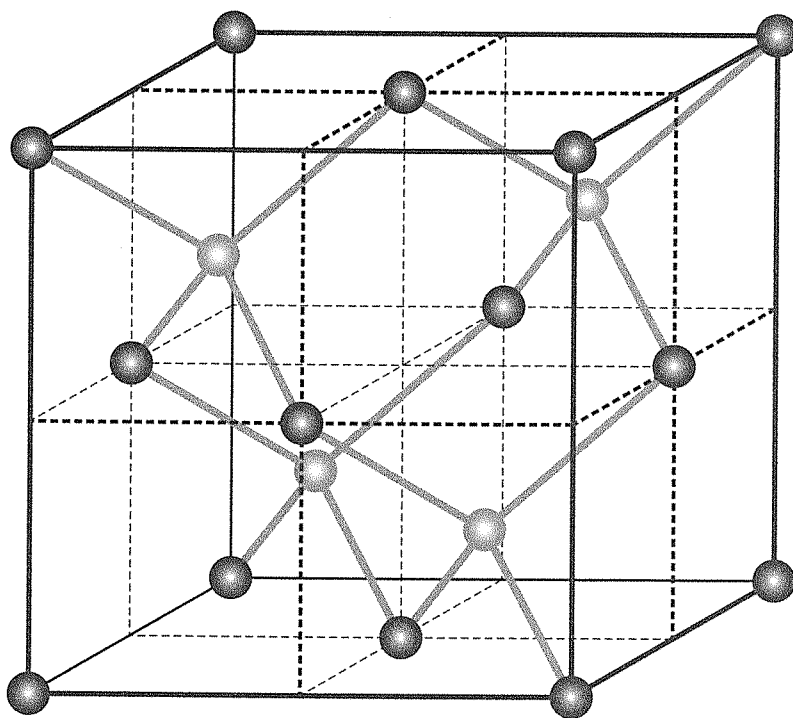


図1. ケイ素の単体の単位格子の模式図

問 5. 下線部 d)の「非晶質」に関する次の(A)から(D)の文章について、それぞれ正しいものには○、誤ったものには×を記せ。

- (A) すべてのガラスは無色透明である。
- (B) 非晶質では常に、原子やイオンなどの粒子が規則的に配列している。
- (C) すべてのガラスは一定の融点を示さず、ある温度の幅で軟化する。
- (D) すべての非晶質は電気を流さない。

問 6. 下線部 e)について、石英ガラスがフッ化水素酸に溶ける反応の化学反応式を答えよ。

問 7. 炭素やケイ素と同じ 14 族元素であるスズと鉛に関する次の(A)から(D)の文章について正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

- (A) 塩化スズ(II)は強い酸化剤である。
- (B) ブリキの表面はスズで覆われている。
- (C) 鉛(II)イオンを含む水溶液は、硫化物イオンと反応し白色沈殿を生成する。
- (D) スズと鉛はいずれも両性金属である。



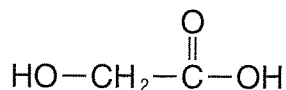
〔3〕 次の文章を読み、問1から問5に答えよ。(30点)

合成繊維には、ポリエチレンテレフタレートに代表されるポリエステル、ならびにナイロン66に代表される〔ア〕などがあり、これらは〔イ〕重合で合成される。また、ポリエチレンテレフタレートの主原料となる2価カルボン酸と*p*-フェニレンジアミンの〔イ〕重合によって得られる〔ア〕は、特に、〔ウ〕繊維と呼ばれている。一方、ポリエチレンやポリ塩化ビニルなどは、〔エ〕重合で合成される高分子であり、これらは加熱により軟化・流動する性質のため、〔オ〕樹脂と呼ばれている。

合成樹脂は自然界では分解されにくい。そこで、自然界の微生物によって比較的容易に分解される合成樹脂が開発され、実用化されている。このような樹脂を〔カ〕樹脂という。たとえば、トウモロコシなどのデンプンから得られる乳酸を原料としてポリ乳酸が合成され、食品トレイや包装用フィルムなどに用いられている。ポリ乳酸は、土壌微生物によって分解され、二酸化炭素と水になるが、われわれの生体内でも代謝され、数ヶ月で加水分解されて生体外へと排出される。

乳酸の〔イ〕重合では低分子量のポリ乳酸しか得ることができない。そこで、低分子量のポリ乳酸から、乳酸2分子が脱水縮合した環状ジエステルである化合物Aをつくり、これを〔キ〕重合させて高分子量のポリ乳酸を合成している。また、乳酸と同様に次ページの構造式で表されるグリコール酸の環状ジエステルである化合物Bを〔キ〕重合させることで高分子量のポリグリコール酸が作られる。乳酸とグリコール酸を〔イ〕重合させて得られる高分子素材は、外科手術用の吸収性縫合糸として用いられている。このように、2種類以上の単量体を混合して行う重合を〔ク〕重合という。

グリコール酸の構造式

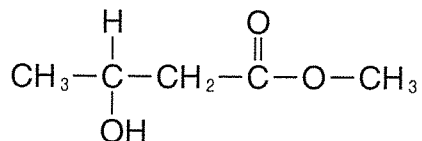


問 1. [ ア ]から[ ク ]に入る適切な語句を答えよ。

問 2. 化合物 A および B の構造式を答えよ。構造式は記入例にならって答えよ。

なお、光学異性体は区別しなくて良い。

構造式の記入例



問 3. 2価アルコールである化合物 C は、ポリエチレンテレフタラートの主原料である。化合物 C を酸化すると、炭素数が同じで還元性を示す2価カルボン酸である化合物 D が生じた。化合物 D の記述について、最も適切なものを下記の(A)から(D)より一つ選んで記号で答えよ。

- (A) 無色で刺激臭をもち、アセテート繊維の原料となる。
- (B) 白色の固体で、その水和物は中和滴定の標準試薬として用いられている。
- (C) 水によく溶け、融点が低いため、自動車用不凍液に用いられている。
- (D) ヘキサメチレンジアミンと反応させると、ナイロン 66 が得られる。

問 4. 問 3 で述べた化合物 C と 2,6-ナフタレンジカルボン酸(分子式  $C_{12}H_8O_4$ ) を反応させたところ, 平均分子量  $8.47 \times 10^4$  のポリエステル E が得られた。このポリエステルには 1 分子あたり平均何個のエステル結合が含まれるか, 有効数字 2 桁で答えよ。

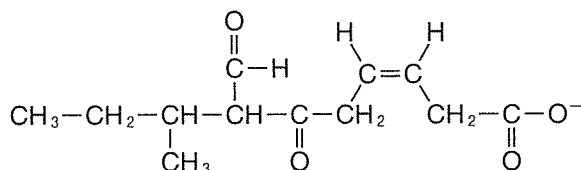
問 5. 下記の(A)から(E)の記述の中から, ポリエチレンテレフタレート, ポリエチレン, ポリ塩化ビニルについて, 最も適切なものをそれぞれ一つ選んで記号で答えよ。

- (A) 無触媒の高圧下で合成されたものは, 非結晶部分が多く, 比較的軟らかくて透明度が高い。
- (B) 難燃性であり, 黒くなるまで焼いた銅線の先につけて熱すると, 炎の色が青緑色になった。
- (C) ソーダ石灰と混合して加熱すると気体が発生した。この気体に濃塩酸を反応させると白煙が生じた。
- (D) 希硫酸中で十分に煮沸すると溶解した。この溶液を炭酸ナトリウムで中和したのち, フェーリング液と熱すると赤色沈殿を生じた。
- (E) 紫外線を通しにくく, 空気中で燃やすと多量の煤(すす)が発生した。



- [ 4 ] 次の文章(1)から(6)を読み、問 1 から問 6 に答えよ。なお、反応はすべて完全に進行し、副反応は起こらないものとする。オゾン分解で図 1 に示した反応以外は起こらないものとする。構造式を答える際には記入例にならって答えよ。(35 点)

構造式の記入例



- (1) 化合物 A, B, C はいずれも同じ分子式をもち、CH<sub>2</sub>の組成式をもつ炭化水素化合物である。
- (2) 化合物 A および B それぞれに対して白金を触媒として水素を付加させると、いずれの化合物からも C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>の組成式をもつ同一の化合物 D が生成した。
- (3) アルケンを低温でオゾンと反応させた後、亜鉛などの還元剤で処理すると、二重結合が開裂してカルボニル化合物が生成する(図 1)。この一連の反応はオゾン分解とよばれる。化合物 A に対してオゾン分解を行うと、反応生成物として得られたカルボニル化合物は 1 種類(化合物 E)であった。

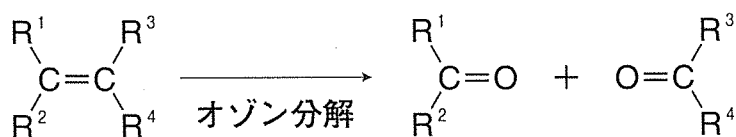


図 1. R<sup>1</sup> から R<sup>4</sup> はアルキル基または水素原子

- (4) 化合物 A に適切な条件下で塩化水素を付加させたとき、互いに鏡像異性体<sup>a)</sup>の関係にある 2 種類の化合物が生成した。

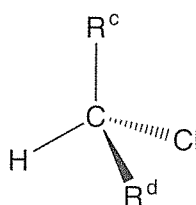
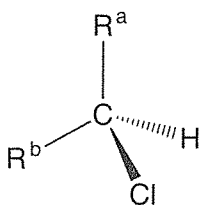


- (5) 化合物 **B** に対してオゾン分解を行うと、2種類のカルボニル化合物(化合物 **F** および **G**)が生成した。化合物 **F** および **G** にそれぞれフェーリング液を加えて加熱すると、いずれの反応液にも赤色の沈殿が観察された。また、化合物 **F** および **G** をそれぞれ塩基性条件下でヨウ素と反応させたところ、化合物 **F** の反応液でのみヨードホルムの沈殿が観察された。
- (6) 化合物 **C** に対してオゾン分解を行うと、反応生成物として得られたカルボニル化合物は1種類(化合物 **H**)であった。化合物 **H** を塩基性条件下でヨウ素と反応させたところ、ヨードホルムの沈殿が観察された。

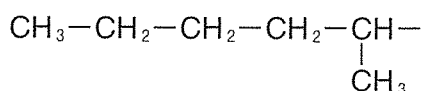
問 1. 化合物 **A**, **B**, **C** の構造式を答えよ。なお、幾何異性体を含む複数の化合物の構造式が考えられる場合には、すべての構造式を答えよ。幾何異性体の構造式を答える際には、置換基の配置の違いがわかるように答えよ。

問 2. 化合物 **D**, **F**, **H** の名称を答えよ。

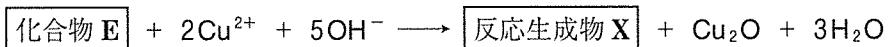
問 3. 下線部 a) で示した2種類の化合物の立体構造を下の式で表したとき、 $R^a$  から  $R^e$  に当てはまるアルキル基の構造を記入例にならって答えよ。なお、 $R^d$  に当てはまるアルキル基は解答しなくてよい。 $R^a$  の炭素数は  $R^b$  の炭素数よりも少ないものとする。太線で示す結合は紙面の手前側にあり、破線で示す結合は紙面の向こう側にあることを意味する。



アルキル基の構造の記入例



- 問 4. 化合物 E について下線部 b) の反応を行った場合の反応式を下に示した。  
化合物 E および反応生成物 X の構造式を答えよ。



- 問 5. 同じ質量の化合物 E, F, G, H を完全燃焼したときに生成する二酸化炭素の質量が最も少ないのはどの化合物か, E, F, G, H から一つ選び記号で答えよ。またその化合物 10 mg を完全燃焼したときに生成する二酸化炭素の質量は何 mg か, 有効数字 2 桁で答えよ。

- 問 6. 21.0 mg の化合物 C をオゾン分解した後, 生成した化合物 H を反応液から損失なく分離した。分離した化合物 H に十分な量の水酸化ナトリウム溶液とヨウ素を加えた後, ヨードホルム反応が完全に進行するまで温めたとき, 何 mg のヨードホルムが生成するか, 有効数字 3 桁で答えよ。



