

化 学

注 意 事 項

1. 「解答始め」の合図があるまでこの冊子は開かないこと。
2. この冊子は表紙を除き 18 ページである。
3. 「解答始め」の合図があったら、まず、黒板等に掲示又は板書してある問題冊子
ページ数・解答用紙枚数・下書き用紙枚数が、自分に配付された数と合っている
か確認し、もし数が合わない場合は手を高く挙げ申し出ること。次に、受験番号・
氏名を必ずすべての解答用紙の指定された箇所に記入してから、解答を始めること。
4. 解答は、必ず解答用紙の指定された箇所に、問題に指示してある方法で、横書き
で記入すること。
5. 気体は全て理想気体と考えること。1 ページに原子量が記載してあるので、必要が
あれば使用しなさい。
6. 文字、記号、数字などは誤読されないように正確に書くこと。

必要に応じて，次の原子量を使用しなさい。

〔原子量〕

H = 1.00 C = 12.0 O = 16.0 Na = 23.0 Cl = 35.5

1

問 1 ～ 5 に答えなさい。

問 1 次の(ア)～(オ)の中から単体でないものを 1 つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) 黒鉛
- (イ) 液体酸素
- (ウ) 黄銅(しんちゅう)
- (エ) 単斜硫黄
- (オ) 黄リン

問 2 次の(ア)～(カ)の中から化合物を沸点の高い順に並べたものとして正しいものを 1 つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) エタノール > メタン > メタノール
- (イ) エタノール > メタノール > メタン
- (ウ) メタン > メタノール > エタノール
- (エ) メタン > エタノール > メタノール
- (オ) メタノール > メタン > エタノール
- (カ) メタノール > エタノール > メタン

問 3 以下の(1)～(3)の反応において、還元剤としてはたらいっている物質を化学式で、その物質を構成する原子のうち、酸化数が変化するものを元素記号で答えなさい。また、その原子の反応前と反応後の酸化数をそれぞれ答えなさい。

例 $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{S} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{S}$

還元剤	酸化数が変化する原子	反応前の酸化数	反応後の酸化数
H_2S	S	-2	0

- (1) $4\text{NO}_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{HNO}_3$
- (2) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} \rightarrow 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$
- (3) $2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 8\text{H}_2\text{O} + 5\text{O}_2$

問 4 以下の(1)~(4)は代表的な酸の説明である。それぞれどのような酸か、①~⑩に当てはまる適切な語句を、(1)~(4)の各選択肢の中から選び答えなさい。

- (1) 塩酸 (①)に(②)を加えて加熱し、発生した
(③)を水に溶解させたもの。

【(1)の選択肢】 塩素，塩化水素，塩化ナトリウム，濃硫酸，濃硝酸

- (2) 発煙硫酸 (④)に過剰の(⑤)を吸収させたもの。

【(2)の選択肢】 一酸化窒素，二酸化窒素，二酸化硫黄，三酸化硫黄
濃硫酸，濃硝酸

- (3) フッ化水素酸 (⑥)に(⑦)を加えて加熱し、生じた気
体を水に溶解させたもの。水溶液は(⑧)酸であ
る。

【(3)の選択肢】 生石灰，消石灰，ホタル石，濃硫酸，濃硝酸，濃塩酸，
強，弱

- (4) 王水 (⑨)と(⑩)を3：1の体積比で混合し
たもの。

【(4)の選択肢】 フッ素，塩素，次亜塩素酸，濃硫酸，濃硝酸，濃塩酸

問 5 以下の(1)～(3)のタンパク質やアミノ酸の検出反応に関する文章を読み，文中の①～③に最も適する色を選択肢 1 の(a)～(e)の中から選び，記号で答えなさい。

また，各反応は何を検出しているか，選択肢 2 の(ア)～(オ)の中から選び，記号で答えなさい。

(1) キサントプロテイン反応

タンパク質の水溶液に濃硝酸を加えて加熱し，冷却後，さらにアンモニア水を加えると，(①)になる。

(2) ビウレット反応

タンパク質の水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加え，さらに少量の硫酸銅(Ⅱ)水溶液を加えると，(②)になる。

(3) 酢酸鉛(Ⅱ)との反応

タンパク質の水溶液に濃い水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱した後，酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えると，(③)の沈殿を生じる。

【選択肢 1】

(a) 銀色 (b) 黒色 (c) 橙黄色 (d) 赤紫色 (e) 白色

【選択肢 2】

(ア) 硫黄元素 (イ) 窒素元素 (ウ) ベンゼン環 (エ) エステル結合
(オ) 2 個以上のペプチド結合

試験問題は次に続く。

2

気体 A と気体 B が反応し、気体 C が発生する以下の可逆反応を考える。



この反応の熱化学方程式は、以下のように表される。



ここで、 a 、 b 、 c は係数であり、 Q は反応熱[kJ]である。

問 1 以下の(1)と(2)に答えなさい。

(1) 体積が一定の密閉容器内で、上記の反応が平衡状態になった。以下の(ア)～(エ)の文のうち、平衡状態において常に成り立つものを2つ選び、記号で答えなさい。

(ア) A と B の物質量の和と C の物質量が等しくなる。

(イ) 各成分の物質量の変化がない。

(ウ) A と B と C の物質量の比が $a : b : c$ となる。

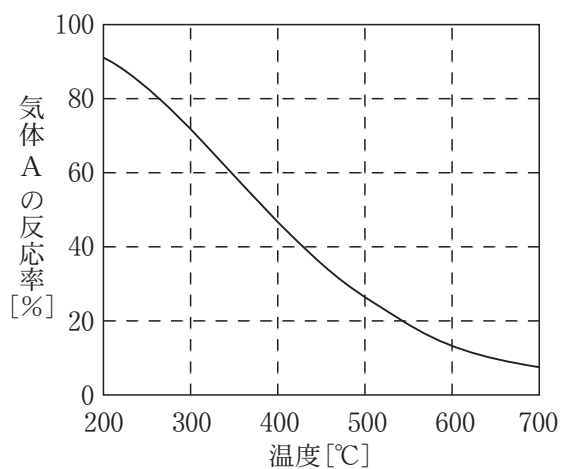
(エ) 正反応と逆反応の反応速度が等しい。

(2) ある圧力における平衡時の気体 A の反応率(はじめの A の量に対する, 反応により消費される A の量の割合)と温度の関係を下図に示す。反応熱 Q について, 正しいものを(ア)~(ウ)の中から選び, 記号で答えなさい。また, それを選択した理由を説明しなさい。

(ア) $Q > 0$

(イ) $Q = 0$

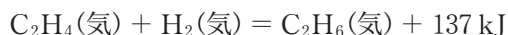
(ウ) $Q < 0$



問 2 反応物と生成物のすべてが気体である以下の可逆反応を考える。



この反応の熱化学方程式は、以下のように表される。



10 L の容器に、エチレン 3.0 mol と水素 4.0 mol とエタン 1.0 mol を充てんし、温度と体積を一定に保ったところ、平衡状態に達した。このとき、容器内部には 1.5 mol のエタンが存在した。次の(1)～(5)に答えなさい。ただし、 $\sqrt{649} = 25.5$ とする。

- (1) 平衡時の気体の水素の物質量を答えなさい。解答は有効数字 2 桁で答えなさい。
- (2) この反応の濃度平衡定数を求めなさい。解答は有効数字 2 桁で答え、計算過程も必ず示すこと。
- (3) 容器の体積を変えずに、別の温度で一定に保ったところ、平衡状態に達した。その平衡状態での濃度平衡定数 $K_c = 3.0 \text{ [L/mol]}$ のとき、容器内に存在するエタンの物質量を求めなさい。解答は有効数字 2 桁で答え、計算過程も必ず示すこと。なお、各気体のはじめの量はエチレン 3.0 mol、水素 4.0 mol およびエタン 1.0 mol とする。

(4) (3)の状態から容器の体積を変え、温度を一定に保ちながら気体の体積が半分になるまで圧縮した。このとき、平衡定数はどうなるか。次の(ア)～(ウ)の中から最も適切なものを選び、記号で答えなさい。また、エタンの濃度はどのように変化するか、平衡定数を表す式をふまえて説明しなさい。

(ア) 大きくなる

(イ) 小さくなる

(ウ) 変わらない

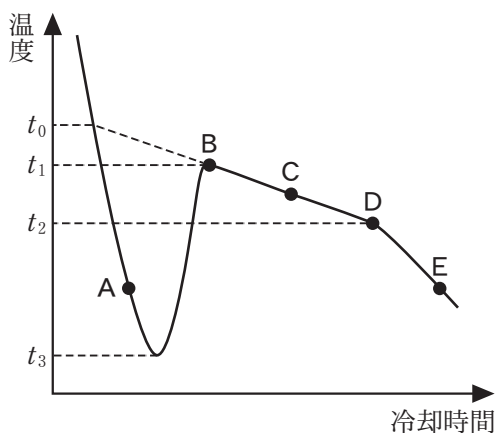
(5) (3)と同じ容器体積と温度において、反応に関与しないアルゴンガスを容器内に加えた。その平衡の状態を表した以下の(ア)～(ウ)の文のうち、最も適切なものを選び、記号で答えなさい。

(ア) 平衡は生成物側に移動した。

(イ) 平衡は反応物側に移動した。

(ウ) 平衡は移動しなかった。

- 3 グルコース水溶液を冷却していくと、冷却時間に伴って温度は図のように変化した。以下の問 1 ～ 6 に答えなさい。ただし、水の凝固点は 0.00°C 、水のモル凝固点降下は $1.85\text{ K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$ とする。また、電解質は水溶液中で完全に電離するものとする。



問 1 図の A, C, E の状態として最も適切なものを次の(ア)～(カ)の中から選び、記号で答えなさい。

- (ア) 全て液体である。
- (イ) 全て固体である。
- (ウ) グルコース水溶液中にグルコースの結晶が析出している。
- (エ) グルコース水溶液中に氷が析出している。
- (オ) グルコース水溶液中に氷とグルコースの結晶が析出している。
- (カ) 水の中にグルコースの結晶が析出している。

問 2 グルコース水溶液の凝固点を、図の $t_0 \sim t_3$ から選びなさい。

問 3 図の B から D の間で温度が下がる理由を説明しなさい。

問 4 グルコース 0.36 g を水 10 g に溶解させた水溶液の凝固点を求めなさい。

解答は有効数字 2 桁で答え、計算過程も必ず示すこと。

問 5 グルコースと塩化ナトリウムが混ざった粉末 0.36 g を水 10 g に溶解させた水溶液の凝固点は -1.11°C であった。この粉末 0.36 g に含まれていたグルコースの質量を求めなさい。解答は有効数字 2 桁で答え、計算過程も必ず示すこと。

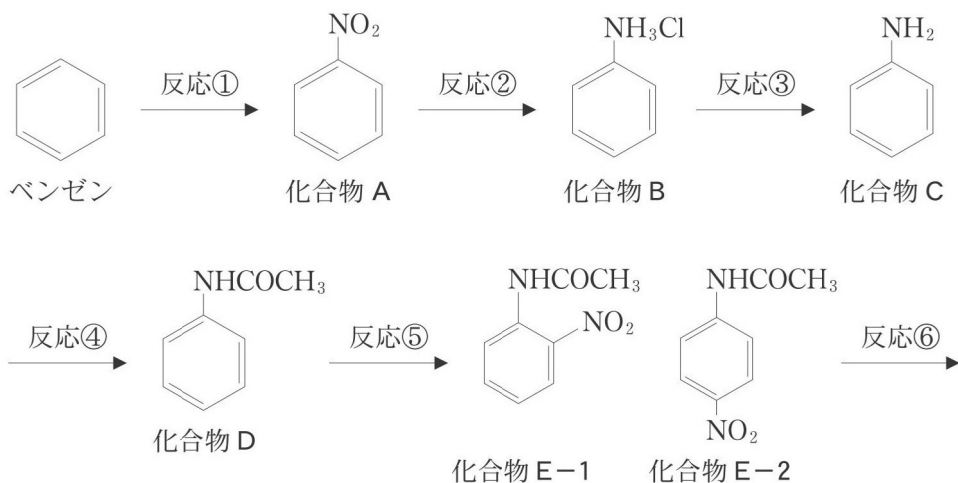
問 6 グルコースと塩化ナトリウムの結晶の種類を次の(ア)～(エ)の中から選び、記号で答えなさい。

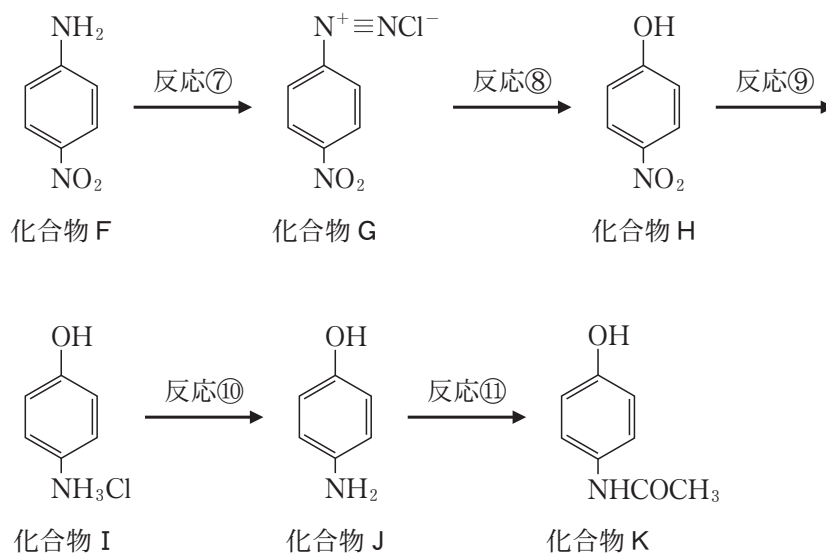
- (ア) イオン結晶
- (イ) 共有結合の結晶(共有結合結晶)
- (ウ) 金属結晶
- (エ) 分子結晶

- 4 ベンゼンを原料とし、以下の方法で下線部の化合物を経て、化合物 K を合成した。後の問 1 ～ 10 に答えなさい。

【合成方法】

- 反応① ベンゼンに、混酸(濃硝酸と濃硫酸の混合物)を加え、加熱して化合物 A を得た。
- 反応② 化合物 A に Sn と濃塩酸を加えて化合物 B を得た。
- 反応③ 化合物 B に水酸化ナトリウム水溶液を加えて化合物 C を得た。
- 反応④ 化合物 C に無水酢酸を加えて化合物 D を得た。
- 反応⑤ 化合物 D に混酸を加えて加熱し、化合物 E-1(オルト置換体)と化合物 E-2(パラ置換体)を得た。化合物 E-1 は水に可溶、化合物 E-2 は水に難溶であるので、沈殿物として化合物 E-2 を分離した。
- 反応⑥ 化合物 E-2 に水酸化ナトリウム水溶液を加え、加熱して化合物 F を得た。
- 反応⑦ 化合物 F に塩酸酸性のもと、氷冷下で亜硝酸ナトリウム水溶液を加えて化合物 G を得た。「塩酸酸性」とは「塩酸を加えて酸性にすること」である。
- 反応⑧ 化合物 G の水溶液を 5℃ 以上に保って化合物 H を得た。
- 反応⑨ 化合物 H に Sn と濃塩酸を加えて化合物 I を得た。
- 反応⑩ 化合物 I にアンモニア水溶液を加えて化合物 J を得た。
- 反応⑪ 化合物 J に無水酢酸を加えて化合物 K を得た。





問 1 反応①について、化合物 A ができる反応を何というか。「～化」の「～」の部分に当てはまる適切な語句を答えなさい。

問 2 反応②の化学反応式を書きなさい。なお、反応の前後で原子の数が合うように係数を記入すること。

問 3 化合物 C の水溶液にさらし粉の水溶液を加えると、溶液は何色に変化するか。次の(ア)～(エ)の中から最も適切なものを選び、記号で答えなさい。

- (ア) 橙黄色
- (イ) 赤紫色
- (ウ) 黒色
- (エ) 白色

問 4 化合物 B と化合物 C は、どちらが水に溶けやすいか。また、溶けやすい理由について説明しなさい。

問 5 反応④では、化合物 C の -NH_2 の H が化合物 D では -COCH_3 に置き換わっている。この -COCH_3 を何というか。「～基」と答えなさい。

問 6 化合物 G のような $\text{-N}^+\equiv\text{NCl}^-$ の構造を生じる反応を何というか。「～化」の「～」の部分に当てはまる適切な語句を答えなさい。

問 7 反応⑧において、化合物 H と同時に生じる 2 つの物質を化学式で答えなさい。但し、副反応は起こらないものとする。

問 8 反応⑩においては、反応③とは異なりアンモニア水溶液を用いている。この反応に強塩基を用いない理由を説明しなさい。

問 9 化合物 D と化合物 K には、医薬品として共通の薬理作用がある。次の(1)～(3)に答えなさい。

(1) 化合物 D と化合物 K がもつ医薬品としての共通の薬理作用は何か。「～作用」の「～」の部分に当てはまる適切な語句を答えなさい。

(2) 実際の医薬品には、化合物 D ではなく化合物 K が含まれていることが多い。その理由を簡潔に説明しなさい。

(3) 病気の原因を根本的に取り除くことを目的とする化学療法薬に対して、化合物 D や化合物 K のように、病気の症状を緩和し、自然治癒力により回復に向かわせる医薬品を何というか。「～療法薬」の「～」の部分に当てはまる適切な語句を答えなさい。

問10 化合物 A, C, D および K について、化合物の名称を答えなさい。

試験問題は次に続く。

5

問 1, 2 に答えなさい。

問 1 次の文章を読み、後の(1), (2)に答えなさい。

天然に存在する α -アミノ酸は、一般式 $R-CH(NH_2)-COOH$ で表され、側鎖 R の違いによって固有の名称がつけられている。あるアミノ酸の(①)基と別のアミノ酸の(②)基との間で脱水縮合が生じ、これが繰り返されて多数のペプチド結合をもつポリペプチドを生じる。

タンパク質はポリペプチドの構造が基本となっており、さらに原子間でさまざまな結合を形成することで、複雑な高次構造をつくっている。

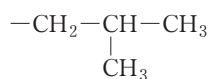
タンパク質を構成するアミノ酸の配列順序をタンパク質の一次構造という。ポリペプチド鎖は自由勝手な形をとっているのではなく、通常、離れたペプチド結合の間で(③)結合が形成されることで安定化している。その結果、らせん状の(④)構造やひだ状の(⑤)構造などがつくられる。このような基本構造を、タンパク質の二次構造という。実際のタンパク質では、さらに側鎖 R どうしの相互作用や、システインの側鎖の間につくられる(⑥)結合などによって折りたたまれて、特有の構造をとっていることが多い。このような立体構造を、タンパク質の三次構造という。また、タンパク質は、三次構造をとるポリペプチドが集まり、特定の機能をもつ場合がある。このような構造を、タンパク質の四次構造という。

生体内で起こるさまざまな化学反応は、常温付近という温和な条件下でもすみやかに進行する。これは触媒としてはたらくタンパク質が存在するからで、このようなタンパク質を酵素という。現在では、3000 種以上の酵素が知られている。

(1) 文章中の①～⑥に当てはまる適切な語句を答えなさい。

(2) 下線部に関して、以下の(a)～(e)は、選択肢(ア)～(キ)にあるアミノ酸についての説明である。(a)～(e)の説明に当てはまるアミノ酸を選択肢の(ア)～(キ)の中から選び、その側鎖 R の構造を例にならって示しなさい。

例 側鎖 R



- (a) 硫黄を含み、毛や爪に多い。
- (b) 等電点が 3.2 で、そのナトリウム塩はうま味調味料として利用されている。
- (c) 塩基性アミノ酸で、ヒトでは必須アミノ酸である。
- (d) 不斉炭素原子をもつアミノ酸の中で、分子量が最も小さいアミノ酸である。
- (e) フェノールの構造をもち、カゼインや絹のタンパク質に多い。

【選択肢】

- | | | | |
|----------|------------|--------------|-----------|
| (ア) アラニン | (イ) グルタミン酸 | (ウ) セリン | (エ) システイン |
| (オ) チロシン | (カ) リシン | (キ) フェニルアラニン | |

問 2 酵素と糖類に関する実験に関して、以下の(1)～(4)に答えなさい。

- (1) マルターゼは、マルトースを加水分解する酵素である。マルターゼが切断する化学結合の名称を答えなさい。また、マルターゼは、スクロースやラクトースを加水分解しなかった。このような酵素の特性を何というか答えなさい。
- (2) マルトース 68.4 g をマルターゼにより完全に加水分解した後、生成した物質を酵母菌に含まれるチマーゼ(アルコール生成酵素混合物)に作用させると、最終的にすべてがエタノールと二酸化炭素に変化した。生成したエタノールの質量[g]を求めなさい。解答は有効数字 3 桁で答え、計算過程も必ず示すこと。なお、この反応の逆反応は起こらないものとする。
- (3) マルトース、スクロース、ラクトースの混合水溶液を、それぞれの加水分解酵素を用いて完全に分解したところ、その混合液中のグルコース、フルクトース、ガラクトースの物質量の割合は 12 : 3 : 5 であった。混合液中のスクロースの物質量の割合[%]を求めなさい。計算過程も必ず示し、この反応の逆反応は起こらないものとする。
- (4) 実験中に、スクロース水溶液とラクトース水溶液を入れた容器がどちらかわからなくなった。スクロース水溶液とラクトース水溶液を区別する方法について、以下の①～④の空欄に当てはまる語句や化学式を記入しなさい。

2 つの水溶液のそれぞれにフェーリング液を加えて加熱したとき、銅(Ⅱ)イオン(Cu^{2+})が(①)されて(②)の(③)色沈殿を生じる方が(④)水溶液である。

