

化 学

注意

すべての気体は理想気体として扱うものとする。また、
必要があれば、原子量は次の値を使うこと。

$H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, $Ag = 108$, $Au = 197$

1 次の文章を読んで、問 1 ～問 5 に答えよ。

周期表において、縦の列を族、横の行を周期という。族は 1 族から (1) 族までである。同じ周期に属する典型元素の原子の最外殻電子は同じ電子殻に入っている。したがって、典型元素の原子の最外殻が N 殻である場合、その典型元素は第 (2) 周期に属する。第 (2) 周期の (1) 族元素の原子は、最外殻電子の数が (3) 個で、価電子の数は (4) とみなす。この元素の原子では N 殻より内側の電子殻がすべて閉殻となっているので、原子番号は (5) である。(1) 族に属する元素の単体は、常温・常圧では単原子分子の気体で、周期の増加とともに沸点が単調に高くなる。

第 (2) 周期の 11 族元素は銅(Cu)である。銅原子は 1 個の価電子をもち、最外殻の一つ内側の電子殻に入っている電子数は (6) 個である。同族元素には原子番号 (7) の銀(Ag)、原子番号 79 の金(Au)がある。金原子の最外殻の二つ内側の電子殻は閉殻となっており、その電子殻に入っている電子数は (8) 個である。銀および金の単体は面心立方格子の結晶構造をとり、^(b)密度はそれぞれ 10.5 g/cm^3 、 19.3 g/cm^3 である。

銀は窒素のオキソ酸 A の薄い水溶液に溶ける。このとき発生する気体 B は水^(c)上置換で捕集できる。気体 B は空気中ですみやかに酸化されて有色の気体 C になる。^(d)気体 C は温水に溶かすとオキソ酸 A と気体 B になる。^(e)気体 C をピストンのついたガラス製の密閉容器に入れ、温度一定の条件でピストンを動かし体積を変化させてそのまましばらく放置すると、体積を変化させる前と比べて気体の色の濃さが変化する。^(f)

問 1 空欄 (1) ～ (8) にあてはまる最も適切な数字を書け。

問 2 次のア～オは間違った記述であるが、それぞれ下線の語のうち一つを書き換えると正しい記述になる。誤っている語を選び下線の記号を書け。また、代わりに入る最も適切な語を書け。

ア 周期表とは、元素を原子量の順に並べて性質のよく似た元素が縦に並びように配置した表である。
(A) (B) (C)

イ 同じ元素の原子でも陽子数が異なるために質量数が異なる原子があり、それらを互いに同位体という。
(D) (E) (F)

ウ イオンからなる無機物質において、組成式に含まれる元素の原子量の総和を分子量という。
(G) (H) (I)

エ 電気陰性度とは、二つの異なる元素の原子どうしがイオン結合するとき、それぞれの原子が共有電子対を引き寄せる強さの程度を表した値である。
(J) (K) (L)

オ イオン化エネルギーとは、原子が1個の電子を受け取って、1価の陰イオンになるときに放出されるエネルギーである。
(M) (N) (O)

問 3 下線部(a)について、沸点が周期の増加とともに高くなる理由を、分子間にはたらく分子間力の名称を用いて説明せよ。

問 4 下線部(b)について、金の原子半径 r_{Au} に対する銀の原子半径 r_{Ag} の比の値を $x = \frac{r_{\text{Ag}}}{r_{\text{Au}}}$ としたとき、 x として次の(ア)～(カ)のうち最も適切なものの一つを選び、記号で書け。求める過程も示せ。

- (ア) $x < 0.90$ (イ) $0.90 \leq x < 0.99$ (ウ) $0.99 \leq x < 1.00$
(エ) $1.00 \leq x < 1.01$ (オ) $1.01 \leq x < 1.10$ (カ) $1.10 \leq x$

問 5 下線部(c)～(f)で起こる反応の化学反応式を書け。また、オキソ酸 A、気体 B、気体 C について、窒素の酸化数をそれぞれ書け。

2 次の文章を読んで、問 1 ～ 問 9 に答えよ。

天然高分子化合物である核酸、タンパク質、糖類は生命活動を支える重要な物質である。タンパク質は主にポリペプチドからなる。生体内の化学反応の触媒としてはたらくタンパク質は酵素とよばれ、酵素はある特定の物質にしか作用しない。^(a)例えば、マルターゼはマルトースを加水分解する酵素である。^(b)さまざまな酵素が生体内ではたらいっている。酵素反応において、反応速度が最大になる温度を最適温度という。それ以上の温度になると、反応速度は急激に小さくなる。^(c)これは熱によって酵素が失活するからである。

合成高分子化合物を紡糸した繊維は合成繊維とよばれ、さまざまな性質をもった合成繊維がこれまでに開発されている。アクリル繊維は、アクリロニトリルを (1) 重合させて得られるポリアクリロニトリルを主成分とし、柔軟で軽い。ビニロンは、適度な吸湿性をもち、耐摩耗性や耐薬品性に優れている。^(d) p-フェニレンジアミンとテレフタル酸ジクロリドを (2) 重合させて得られるアラミド繊維は、耐熱性に優れている。

ゴムは、弾性をもつ高分子化合物である。天然ゴムの主成分はポリイソプレンであり、乾留するとイソプレンが得られる。天然ゴムの場合、一般に (3) ので、分子全体が丸まった形をしている。天然ゴムを引っ張ると分子全体が伸びた形になるが、力を加えるのをやめると丸まった形にもどるため、ゴム弾性が生じる。

問 1 核酸の単量体の名称を書け。

問 2 グリシン 2 分子とセリン 1 分子が鎖状に結合したトリペプチドには構造異性体が何種類あるか書け。ただし、アミノ酸の鏡像異性体は考慮しないものとする。

問 3 下線部(a)について、このような酵素の性質を何というか。最も適切な語を書け。

問 4 下線部**(b)**について，マルトースにマルターゼを作用させたところ，75.0 % のマルトースが加水分解されて，10.8 g のグルコース($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)が得られた。加水分解反応前のマルトースの物質量を求めよ。有効数字は3桁とする。計算の過程も示せ。

問 5 グルコースは，アルコール発酵によりエタノールと二酸化炭素に分解される。24.5 g のグルコースがすべてアルコール発酵により分解された場合，得られるエタノールの質量を g 単位で求めよ。有効数字は3桁とする。計算の過程も示せ。

問 6 下線部**(c)**について，熱によって酵素が失活する理由を，少なくとも「タンパク質」，「水素結合」，「立体構造」の語を用いて説明せよ。

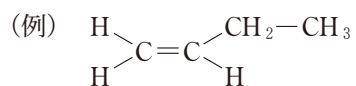
問 7 空欄 と に入る語として最も適切なものを以下の(ア)～(エ)からそれぞれ一つ選び，記号で書け。同じ記号を繰り返し選んでもよい。

(ア) 開環 (イ) 付加 (ウ) 縮合 (エ) 付加縮合

問 8 下線部**(d)**について，ビニロンが吸湿性をもつ理由を説明せよ。ただし，説明文中に吸湿性に関与する官能基の名称とその官能基がどのようにはたらくのかを明記すること。

問 9 次の(1)および(2)に答えよ。

(1) (例)にならい，イソプレンの構造式を書け。



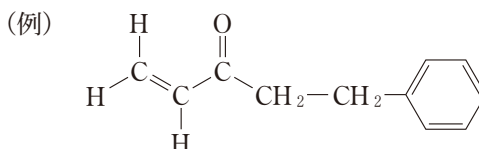
(2) 空欄 (3) に入る記述として最も適切なものを以下の(ア)～(オ)から一つ選び，記号で書け。

- (ア) ポリイソプレンは単結合のみを含む
- (イ) ポリイソプレンに含まれる二重結合はすべてシス形である
- (ウ) ポリイソプレンに含まれる二重結合はすべてトランス形である
- (エ) ポリイソプレンはシス形とトランス形の二重結合を交互に含む
- (オ) ポリイソプレンは三重結合を含む

3 は次ページ

3

【注意】 構造式は下の(例)にならって簡略に示せ。



I 次の文章を読んで、問1～問4に答えよ。

化合物A、BおよびCは分子式 $C_5H_8O_2$ で表されるエステルの構造異性体である。このうち、化合物AとBは炭素—酸素単結合を環状構造に含む5員環あるいは6員環の環式化合物である。また、化合物Aは不斉炭素原子をもつが、化合物Bは不斉炭素原子をもたない。

酸を触媒として化合物Aを加水分解すると化合物Dが生成し、化合物Dを酸化するとアセチル基をもつ化合物Eが生成する。一方、化合物Cは鎖式化合物であり、酸を触媒として加水分解すると化合物Fとアセトアルデヒドが生成する。化合物Fに炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると、二酸化炭素が発生する。化合物Gは化合物Fの水素原子の一つがヒドロキシ基に置換された化合物である。また、化合物Gには鏡像異性体が存在する。

問1 化合物DとEの分子式は、それぞれ $C_5H_mO_n$ と $C_5H_{m-2}O_n$ である。
整数 m と n の値を書け。

問2 化合物A～CおよびE～Gの構造式を書け。

問3 化合物Gの構造異性体のうち、ヒドロキシ基を二つもち、鏡像異性体が存在するカルボニル化合物の構造式を書け。また、不斉炭素原子の右上に*印を書け。

問 4 アセトアルデヒドにヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて温めると特異臭をもつ黄色沈殿が生じる。沈殿の名称とこの反応の化学反応式を書け。

Ⅱ 次の文章を読んで、問 5 ～問 8 に答えよ。

フェノールは、医薬品、染料、プラスチックの原料として用いられている。フェノールを製造する方法の一つに、ベンゼンの一置換体である化合物 H を経由する方法がある。化合物 H は触媒を用いてベンゼンとプロペンから合成される。化合物 H を酸素で酸化すると酸素—酸素単結合を含む化合物が生成する。この化合物に硫酸を作用させると分解が起こり、フェノールと化合物 I が得られる。フェノールは弱い酸性を示し、水酸化ナトリウムと反応して化合物 J を生じる。化合物 J に二酸化炭素を高温・高圧下で反応させた後、希硫酸で処理すると、鎮痛剤の原料となるサリチル酸が得られる。また、化合物 J に^(a)塩化ベンゼンジアゾニウムを反応させると橙赤色の化合物が生成する。酸や塩基を触媒として、フェノールを化合物 K と重合させてつくる合成樹脂は、フェノール樹脂あるいはバークライトとよばれ、熱硬化性をもつ。

問 5 化合物 H～K の構造式を書け。

問 6 次の(ア)～(エ)のうち、化合物 J の水溶液に加えるとフェノールが遊離する化合物をすべて選び、記号で書け。

(ア) 二酸化炭素 (イ) メタノール (ウ) 安息香酸 (エ) アンモニア

問 7 濃硫酸を触媒として(1)サリチル酸とメタノールを反応させると消炎鎮痛剤として知られる化合物が生成し、(2)サリチル酸と無水酢酸を反応させると解熱鎮痛剤として知られる化合物が生成する。反応(1)と(2)のうち、サリチル酸由来の生成物が塩化鉄(Ⅲ)水溶液によって赤紫に呈色するのはどちらの反応かを選び、番号で書け。また、選んだ反応の反応式を書け。ただし、有機化合物は構造式で書け。

問 8 下線部(a)の反応で生成する橙赤色の化合物 x (mg) を完全燃焼させると、 0°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ で 13.2 mL の二酸化炭素が発生した。 x の値を有効数字2桁で求めよ。計算の過程も示せ。ただし、 0°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ での気体のモル体積は 22.4 L/mol とする。

4

I 次の文章を読んで、問 1 ～問 3 に答えよ。なお、液体の水が存在しているときは水蒸気と液体の水が気液平衡の状態にあり、また、貴ガスの液体の水への溶解は無視できるものとする。容器内の温度は均一であるものとする。

図 1 に示すピストンが付いた容器に 1.00 mol の貴ガス Z と 1.00 mol の液体の水を室温で入れた。ピストンに力を加え、内部の気体の圧力を $1.00 \times 10^6 \text{ Pa}$ に保ったまま、この容器の温度を徐々に高くして容器内の液体の水を蒸発させ、すべて水蒸気になってからもさらに温度を高くした。

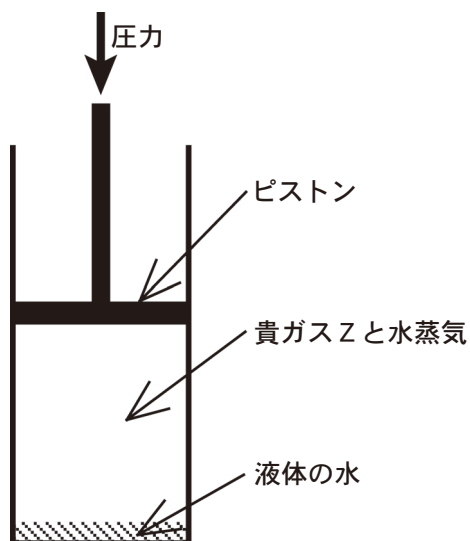


図 1

問 1 容器内の温度と貴ガス Z の分圧との関係を表すグラフとして最も適切なものを図 2 の(ア)～(カ)の中から一つ選び、記号で書け。ただし、図 2 の中の点 A は一部の水が蒸発したが液体の水がまだ存在している状態を、点 B は水がすべて蒸発した後にさらに温度を高くした状態を、それぞれ示すものとする。 P_A は点 A における貴ガス Z の分圧を示す。

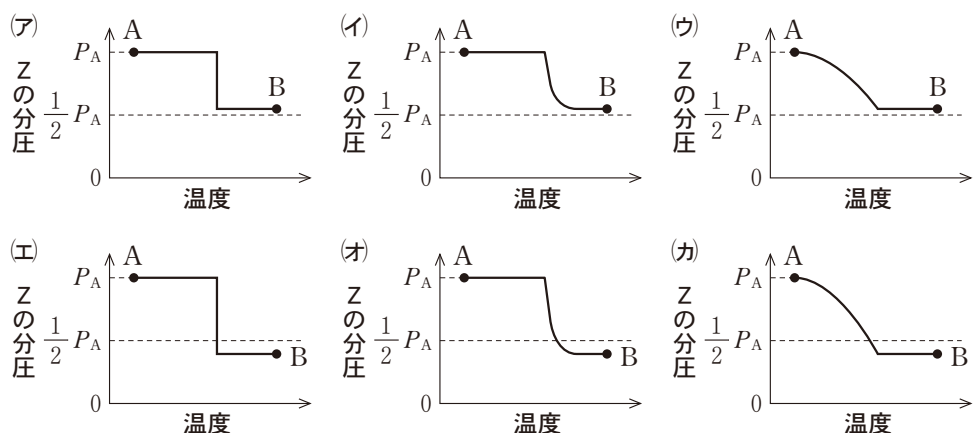
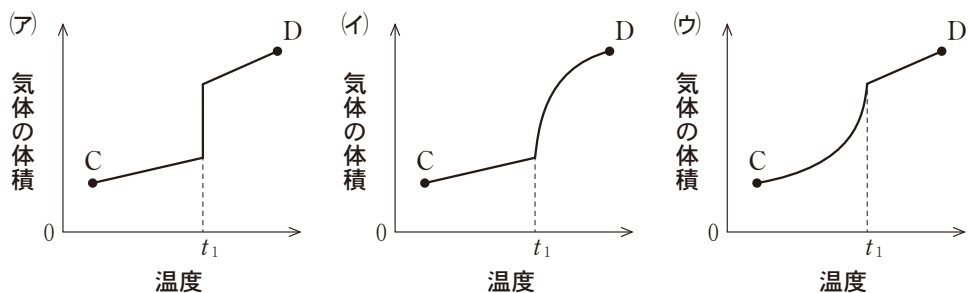


図 2

問 2 容器内の温度と気体の体積の関係を表すグラフとして最も適切なものを図 3 の(ア)～(ウ)の中から一つ選び、記号で書け。ただし、図 3 の中の点 C は一部の水が蒸発したが液体の水がまだ存在している状態を、点 D は水がすべて蒸発した後にさらに温度を高くした状態を、それぞれ示すものとする。



温度 t_1 では線の傾きが不連続になっている。

図 3

問 3 問 2 で選んだグラフ中の温度 t_1 に最も近い温度を次の(ア)~(コ)の中から一つ選び、記号で書け。温度と水の飽和蒸気圧の関係は図 4 に与えられている。

- (ア) 100 °C (イ) 120 °C (ウ) 132 °C (エ) 143 °C (オ) 152 °C
 (カ) 158 °C (キ) 164 °C (ク) 171 °C (ケ) 175 °C (コ) 180 °C

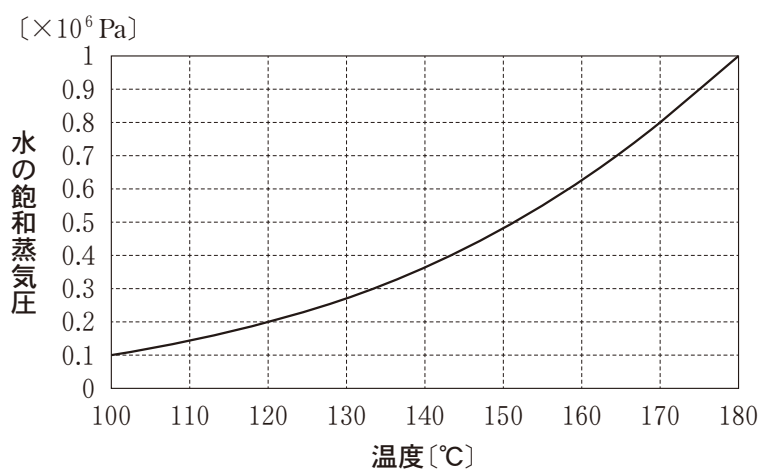
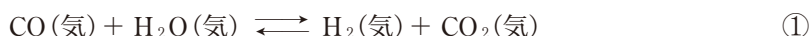


図 4

4 II は次ページ

Ⅱ 次の文章を読んで、問 4 および問 5 に答えよ。圧力の単位はすべて Pa とする。

一酸化炭素 CO (気) と水蒸気 H_2O (気) を反応させて水素 H_2 (気) と二酸化炭素 CO_2 (気) を生成する式①の反応は可逆反応であり、反応が進行すると CO , H_2O , H_2 , CO_2 の混合気体ができる。



この混合気体から H_2 だけを取り出すため、 H_2 だけは透過し他の成分は透過しない水素透過膜を反応器に組み合わせて使うことが考えられている。

図 5 に、ピストンで内容積を変えて内部の気体の圧力を一定にできる容器 X と、内容積が一定の容器 Y が水素透過膜を介して接続している装置を示す。容器 X 内で式①の反応が進行すると、混合気体のうち H_2 のみが水素透過膜を通って容器 Y に移動する。容器 X 内の温度と容器 Y 内の温度は常に等しく保たれている。

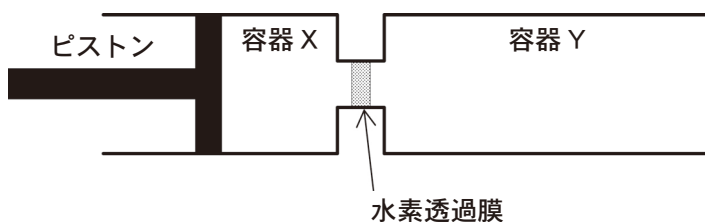


図 5

容器 X に 5.00 mol の H_2O (気) と 5.00 mol の CO (気) のみを入れ、容器 Y は真空にした。容器 X 内の全圧 P_X を一定に保ったまま、ある温度で式①の反応を行った。この温度における式①の圧平衡定数の値は 2.00 である。その結果、次の(i)~(iv)の状態になった。_(a)

- (i) 式①の反応で生成した H_2 の一部は膜を透過して容器 Y に移動し、容器 X 内の H_2 分圧と容器 Y 内の全圧が等しくなった。
- (ii) 容器 X 内の物質はすべて気体であった。
- (iii) 容器 X 内の気体の体積 V_X と容器 Y の内容積 V_Y の比が $V_X : V_Y = 1.00 : 7.00$ になった。
- (iv) 容器 X 内の気体が式①の平衡状態になり、 CO_2 の物質量が x [mol] になった。

問 4 下線部(a)について、容器 X 内の H_2 の物質量 n_X [mol] と容器 Y 内の H_2 の物質量 n_Y [mol] をそれぞれ x を用いて表せ。導出の過程も示せ。

問 5 下線部(a)について、次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) 式①の反応の圧平衡定数を x を用いた式で表せ。導出の過程も示せ。
- (2) x の値を有効数字 2 桁で求めよ。計算の過程も示せ。