

(平 18 前)

理 科

	ページ
物 理	1～ 6
化 学	7～14
生 物	15～23
地 学	24～28

- ・ ページ番号のついていない紙は下書き用紙である。

- 注意 1 解答はすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。
- 2 生物の問題Ⅳ，Ⅴは選択問題です。どちらか1つを選択して解答しなさい。

物 理	75 点
化 学	75 点
生 物	75 点
地 学	75 点

化 学

計算のために必要があれば、次の値を用いなさい。

原子量：H 1.00 C 12.0 N 14.0 O 16.0 Ca 40.1

絶対零度： -273°C

- I 以下の酸性雨に関する文章を読んで、問1～5に答えなさい。数値は有効数字2けたで答えなさい。(配点19点)

大気中には二酸化炭素が含まれるため、どんなにきれいな雨水でも決してpH 7にはならない。それでは、きれいな雨水のpHを求めてみよう。

雨水の中の水分子は、次のように電離している。



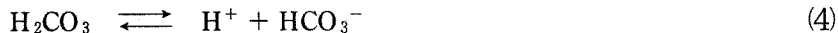
平衡状態では、 H^+ と OH^- のモル濃度(mol/l)の積は一定になる。

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = K_w \quad (2)$$

いま、きれいな雨水に大気中の二酸化炭素が溶解して平衡にあるとすれば、雨水中の炭酸のモル濃度は次の式で表される。

$$[\text{H}_2\text{CO}_3] = kP_{\text{CO}_2} \quad (3)$$

ただし、 P_{CO_2} (Pa)は大気中の二酸化炭素の分圧、 k (mol/(l·Pa))は比例定数である。炭酸は雨水中で次のように電離して H^+ を生じる(HCO_3^- の電離は無視する)。



この反応の平衡定数 K_a (mol/l)は次の式で定義される。

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} \quad (5)$$

ここで、雨水中のイオンの正電荷と負電荷のそれぞれの和は等しいと考えられるので、

$$[\text{H}^+] = [\text{HCO}_3^-] + [\text{OH}^-] \quad (6)$$

と書ける。したがって、雨水中の H^+ のモル濃度は次の式で表される。

$$[H^+] = \boxed{\text{ア}} \quad (7)$$

ここで、 K_w の値は小さいので、(7)式の $[H^+]$ は次の式で近似される。

$$[H^+] = \sqrt{K_a k P_{CO_2}} \quad (8)$$

この式を用いて計算すると $pH = \boxed{\text{a}}$ となり、きれいな雨水でもいくらか酸性であることがわかる。

しかし、石油の燃焼などによって生じる硫黄酸化物や窒素酸化物が大気中に放出され、光の作用などによりさらに酸化されて $\boxed{\text{イ}}$ や硝酸として雨水に溶け込むと、雨水の pH は $\boxed{\text{a}}$ よりもさらに低くなってしまふ。これが酸性雨であり、建造物の浸食、湖沼や森林の生態系への影響が懸念されている。

(A)

問 1 (2)式の K_w の値は、 25°C でいくらになるか答えなさい。

問 2 空欄 $\boxed{\text{ア}}$ 、 $\boxed{\text{イ}}$ に入る最も適切と思われる数式、語句をそれぞれ答えなさい。

問 3 空欄 $\boxed{\text{a}}$ の pH の値を求めなさい。ただし、 $\log_{10} P_{CO_2} = 1.55$ とし、雨水の温度を 10°C とし、 $\log_{10} k = -6.28$ 、 $\log_{10} K_a = -6.47$ の値を使いなさい。

問 4 下線部(A)の主な例として、大理石が酸性雨で溶ける反応がある。大理石の主要成分である物質が硝酸に溶ける化学反応式を書きなさい。

問 5 酸として主に硝酸を含む $pH 4.0$ の酸性雨 $2.0 \times 10^3 \text{ m}^3$ が、ある沼に降り注いだとする。この酸性雨から沼に入り込んだ硝酸をすべて中和するためには、消石灰 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) を何 kg 散布する必要があるかを答えなさい。ただし、酸性雨中の炭酸などの硝酸以外の成分の影響は無視してよい。

Ⅱ 以下の問1および問2に答えなさい。(配点19点)

問1 片側にピストンのついた円筒形の容器に理想気体を密閉した。気体の体積 V と圧力 P を図1の $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$ の順に変化させた。線分 AB , BC , CD はそれぞれ直線である。 D から E へ至る曲線は双曲線の一部である。容器の熱膨張を無視する。

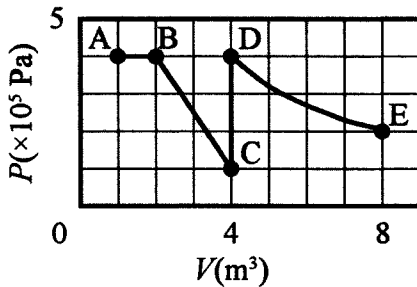


図1 気体の体積と圧力の関係

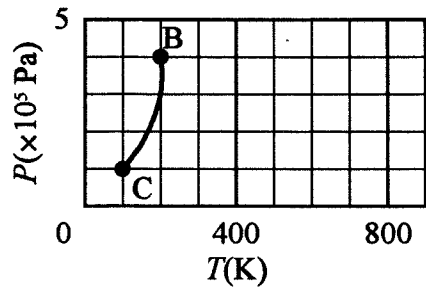


図2 気体の温度と圧力の関係

(1) 気体の温度 T と圧力 P の関係を示す図2を完成させて解答用紙に記入しなさい。

(2) B から C へ変化させる途中の気体の圧力を P , 体積を V とし, B の圧力を P_B , C の圧力を P_C , B の体積を V_B , C の体積を V_C とする。図1で線分 BC は直線だから

$$(V_C - V_B)P = \boxed{\text{ア}} V + \boxed{\text{イ}}$$

をみます。 $\boxed{\text{ア}}$ と $\boxed{\text{イ}}$ を P_B , P_C , V_B , V_C を用いて表しなさい。

(3) B から C へ変化させる途中の気体の温度を T とする。 T と P は

$$(V_C - V_B)P^2 + \boxed{\text{ウ}} P + \boxed{\text{エ}} nRT = 0$$

をみまし, 図2の曲線 BC は, P についての二次関数曲線の一部となる。ここで n は気体の物質量, R は気体定数である。 $\boxed{\text{ウ}}$ と $\boxed{\text{エ}}$ を P_B , P_C , V_B , V_C を用いて表しなさい。

問 2 チタンの酸化物にはいろいろな化合物がある。そのうちのひとつの結晶構造を図 3 に示す。結晶格子は直方体であり、小さな黒球がチタン原子、大きな白球が酸素原子を表す。Ti(1)、O(1)、O(2)、Ti(2)という文字で印をつけた 4 個の原子は一直線上にある。

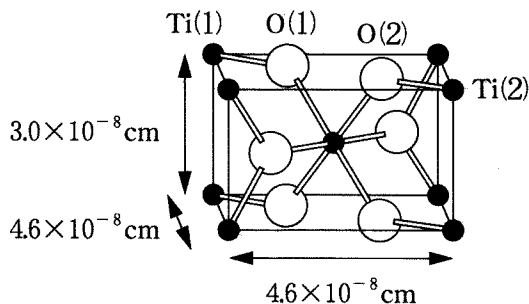


図 3 あるチタン酸化物の結晶構造

- (1) この化合物の化学式を Ti_xO_y としたとき、 y/x はいくらになるか答えなさい。
- (2) この化合物の 1 cm^3 あたりの質量 (g/cm^3) を有効数字 2 けたで答えなさい。この問においては、チタンと酸素の原子量を 48 と 16 とする。アボガドロ数は $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ である。
- (3) 直方体の中心にあるチタン原子は、6 個の酸素原子によって取り囲まれている。Ti(1) という文字で印をつけたチタン原子は、何個の酸素原子によって取り囲まれているかを答えなさい。

Ⅲ 以下の実験 1 および 2 に関する問 1～6 に答えなさい。(配点 18 点)

＜実験 1＞ 濃硫酸と 1-プロパノールから得られる反応生成物を塩素と反応させるために図のような装置を組み立てた。フラスコ A 中で 180℃ に加熱した濃硫酸に 1-プロパノールを滴下ろうと D から滴下した。フラスコ A からの連結管を、容器 B を経由して塩素水の入った容器 C に接続した。⁽¹⁾反応進行とともに容器 C の水中にオイルが分離してきた。⁽²⁾

問 1 実験 1 に関する図の反応装置には不都合な点がある。適当と考えられる改善点を以下の選択肢からすべて選び、解答欄に記号で答えなさい。

- a) 連結管 1 を短くして、連結管の先端をフラスコ A の液中から出す。
- b) 連結管 2 を短くして、連結管の先端を容器 C の液中から出す。
- c) 容器 C のゴム栓に穴を開け、両端が開いたガラス管を差し込む。
- d) 滴下ろうと D の上端の開放口にゴム栓をとりつけ密閉する。

問 2 下線部(1)で容器 B を設置しているのはどのような理由か、30 字以内で答えなさい。

問 3 下線部(2)の容器 C で起こっている反応の化学反応式を示しなさい。

＜実験 2＞ ベンゼンに少量の鉄粉を加えて塩素を吹き込みながら加熱した。冷却後、この反応フラスコに水とジエチルエーテルを加えてよく混合して静置した。⁽³⁾ジエチルエーテル層を水層から分離して加熱し、ジエチルエーテルを蒸発させた後、水酸化ナトリウムの濃い水溶液を加え、耐圧容器内において高圧のもと 340℃ で加熱した。⁽⁴⁾冷却後、反応溶液に注意深く酢酸を加えて酸性にした。この溶液にジエチルエーテルを加えてよく混合して静置するとジエチルエーテル層から有機化合物が得られた。⁽⁵⁾

問 4 下線部(3)の鉄粉はこの反応の真の触媒ではない。鉄粉が変化した化合物が真の触媒である。では、この反応混合物中で鉄粉はどのような物質に変化すると考えられるか、その変化の化学反応式を示しなさい。

問 5 下線部(4)のジエチルエーテル層と水層に含まれている主な反応生成物を一つずつ答えなさい。

問 6 下線部(5)の反応容器中で起こっている反応の化学反応式を示しなさい。

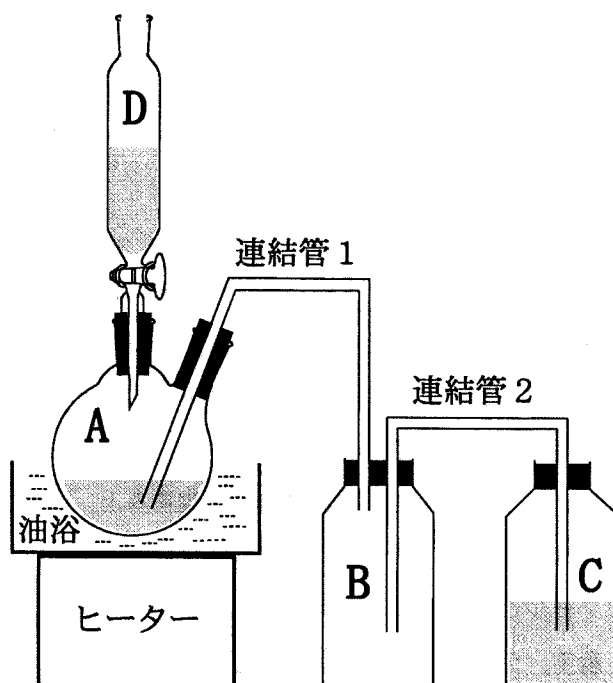


図 実験 1 の反応装置

IV 次の文章を読んで、問1～6に答えなさい。(配点19点)

タンパク質を加水分解すると、通常、20種類のアミノ酸が得られる。これらのアミノ酸は、同一の炭素原子に塩基性の 基と酸性の 基が結合しており、 α -アミノ酸とよばれる。グリシンを除く α -アミノ酸では、いずれも分子内に 炭素原子があるため、一对の 異性体が存在する。天然に存在する α -アミノ酸は、ほとんどがその一方である。

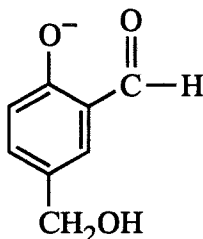
α -アミノ酸の分子間で 基と 基が脱水縮合してできた化合物を一般にペプチドといい、このとき生じた結合はペプチド結合とよばれる。タンパク質は多数の α -アミノ酸が一定の順序でペプチド結合によりつらなった高分子化合物である。タンパク質分子は大きいため、タンパク質の水溶液に横から強い光線をあてると、光の通路が明るく光って見える。この現象は とよばれる。

酵素は主としてタンパク質からなり、生体触媒ともよばれる。酵素を用いると、通常、無機触媒と同様に の小さい経路で反応が進むため、反応速度が大きくなる。酵素が触媒としてはたらく反応では、反応速度が最大となる最適温度よりも反応温度を高くすると、反応速度は大幅に減少する。これはタンパク質である酵素が熱により変性するからである。

一方、デンプンやセルロースを完全に加水分解すると、グルコースが得られる。微生物である酵母はデンプンやセルロースを直接分解することはできないが、グルコースをエタノールと二酸化炭素に変換することができる。この反応をアルコール発酵という。近年、デンプンやセルロースを原料としたエタノールの製造が検討されている。

問1 空欄 ～ にあてはまる適切な語句を記入しなさい。

問 2 pH が 6 付近の水溶液中におけるグリシンの構造式を、下の例を参考にして書きなさい。



構造式の例

問 3 グリシン 2 分子とアラニン 3 分子の計 5 分子の α -アミノ酸が鎖状につながってできるペプチドは何種類あるか答えなさい。ただし、

エ

 異性体は考えなくてよい。

問 4 下線部に記述されているタンパク質の変性とは、タンパク質分子がどうなることなのか、25 字以内で説明しなさい。

問 5 セルロース 243 g をグルコースにまで加水分解した後、アルコール発酵させた。いずれの反応も完全に進行したとすると、生成した二酸化炭素は標準状態において何 l になるか、有効数字 2 けたで答えなさい。

問 6 アルコール発酵の反応熱は、1 mol のグルコースを酸化して二酸化炭素と水にしたときに発生する熱量の何%になるか、有効数字 2 けたで答えなさい。ただし、グルコース、エタノール(液体)の燃焼熱を、それぞれ 2800 kJ/mol, 1368 kJ/mol とする。

