

(平 17 前)

理 科

	ページ
物 理	1～ 6
化 学	7～14
生 物	15～25
地 学	26～31

・ ページ番号のついていない紙は下書き用紙である。

注意 解答はすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。

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 Al 27.0

ファラデー定数： 9.65×10^4 C/mol

気体定数：0.082 atm·l/(K·mol)

絶対零度：- 273 °C

I 次の文章を読んで、問1～6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)

金属結晶の一つであるアルミニウムの結晶の単位格子は、図1に示したような立方体であり、その構造は と呼ばれる。

アルミニウムの単体を工業的に得るには、図2に示すように、原料を高温で融解状態にして電気分解を行う。この方法は と呼ばれる。この方法においては、 と呼ばれる鉱石を用いて、その主成分である酸化アルミニウムを水酸化ナトリウム水溶液に溶解し、つづいて、水酸化アルミニウムとして沈殿させた後、強熱することによって得られる酸化アルミニウムを原料として用いる。さらに酸化アルミニウムの融点を下げるために を加え、電極には炭素を用いて、約1000 °Cで電気分解を行う。

問1 空欄 ～ に適切な語句を入れなさい。

問2 図1に関する以下の問いに答えなさい。

- (1) この単位格子に含まれているアルミニウム原子の数を求めなさい。
- (2) アルミニウムの結晶の密度(g/cm³)を求めなさい。ただし、単位格子の一辺の長さaを 4.0×10^{-8} cm、アボガドロ定数を 6.0×10^{23} /molとして計算しなさい。

問 3 金属塩の電気分解に関する(1)および(2)の問いに答えなさい。

(1) アルミニウムの塩類の水溶液を電気分解しても、アルミニウムは析出しない。その理由を 25 字以内で説明しなさい。

(2) 白金電極を用いて硫酸銅(II)水溶液を電気分解するとき、陽極ではどのような反応が起こるか。化学反応式を用いて表しなさい。

問 4 下線部を化学反応式で表しなさい。

問 5 図 2 の陰極および陽極のそれぞれで起こっている反応を化学反応式で表しなさい。

問 6 ある清涼飲料水の缶は、高純度のアルミニウムからつくられており、そのアルミニウムの質量は 18.0 g であった。この量のアルミニウムを酸化アルミニウムからの電気分解で得るのに必要な電気量(C)を求めなさい。

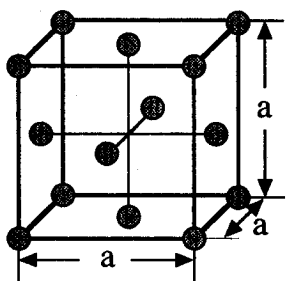


図 1

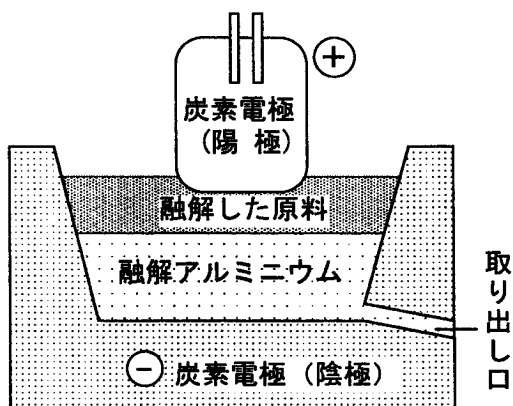


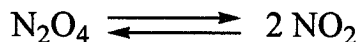
図 2

Ⅱ 次の文章を読んで、問1および問2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)

温度調節が可能で、ピストン付きの内部が見える円筒容器を用いて、2種類の実験AおよびBを行った。これらの実験ではピストンの重さ、摩擦、円筒容器内の液体の体積は無視できるものとし、ピストンにかかる外気圧は1.0 atmとする。また、気体はすべて理想気体としてふるまうものとする。必要に応じて図に示したエタノールの蒸気圧曲線を使用しなさい。

<実験A>

温度27℃においてピストンが自由に動ける状態で、円筒容器内に N_2O_4 を封入して体積を測定したところ49.2 lであった。温度を一定に保つと、しだいに体積が増大し、次の式で示される平衡状態となった。このときの混合ガスの体積を測定すると、 N_2O_4 を封入したときの1.2倍であった。



<実験B>

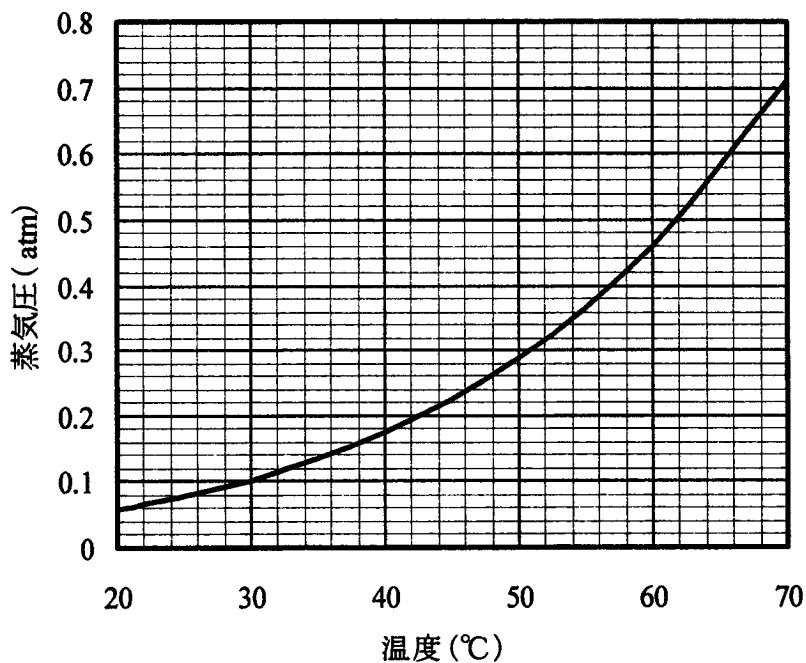
エタノール4.6 gと窒素を円筒容器内に封入した。ピストンが自由に動ける状態で温度を67℃としたとき、エタノールの分圧は0.2 atmであった。次に、ピストンを固定して容積を一定に保ったまま、^(a)ゆっくりと30℃まで冷却した。つづいて、ピストンを自由に動けるようにして、^(b)温度を30℃に保った。

問1 実験Aに関する(1)~(3)の問いに答えなさい。

- (1) はじめに封入した N_2O_4 の物質質量(mol)を求めなさい。
- (2) 平衡状態における混合ガスの総物質質量(mol)を求めなさい。
- (3) 平衡状態における N_2O_4 の分圧(atm)を求めなさい。

問 2 実験Bに関する(1)~(5)の問いに答えなさい。ただし、窒素のエタノールへの溶解は無視できる。

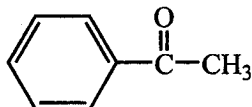
- (1) 容器内に封入した窒素の質量(g)を求めなさい。
- (2) 下線部(a)の過程において、エタノールがすべて気体として存在するときのエタノールの蒸気圧 P (atm) と温度 T (K) の関係を式で表しなさい。
- (3) 下線部(a)の操作後、平衡状態に達したときのエタノールの分圧(atm)を求めなさい。
- (4) 下線部(b)の操作後、平衡状態に達したときの容器の体積(l)を求めなさい。
- (5) 下線部(b)の操作後、平衡状態に達したときに気体として存在しているエタノールの質量(g)を求めなさい。



図：エタノールの蒸気圧曲線

Ⅲ 次の文章を読んで、問1～6に答えなさい。なお、問3および問4の解答には、例に示したような構造式を用いなさい。(配点20点)

構造式の例



化合物Aを赤熱した鉄にふれさせ、重合させるとベンゼンが得られる。

ベンゼンを濃硫酸とともに加熱すると化合物Bが得られる。化合物Bを固体の水酸化ナトリウムと融解した後、酸を加えると化合物Cが得られる。

ベンゼンに少量の鉄粉を加えた後、塩素を作用させると化合物Dが得られる。化合物Dを水酸化ナトリウム水溶液と加圧・加熱した後、酸を加えると化合物Cが得られる。

ベンゼンと化合物Eを反応させると化合物Fが得られる。化合物Fの空気酸化によって得た過酸化物に酸を作用させると、化合物Cとアセトンが得られる。この反応は化合物Cの工業的な製法として広く利用されている。

化合物Gは芳香族化合物であり、 C_7H_8 の分子式をもつ化合物Hを過マンガン酸カリウム水溶液で酸化することによって得られる。この化合物Gはフェーリング液を還元しない。アセトンを還元して得られるアルコールと化合物Gの混合物に、少量の濃硫酸を加えて加熱すると縮合反応が進む。

問1 12.2 mgの化合物Gを完全燃焼させたところ、二酸化炭素30.8 mgと水5.4 mgを生じた。この実験結果から、この化合物Gの組成式(実験式)を求めなさい。

問2 化合物A～Hの名称を答えなさい。

問3 下線部(a)～(e)で記述された反応の中から付加反応を一つ選び、それを化学反応式で表しなさい。

問 4 下線部(f)で記述された縮合反応を化学反応式で表しなさい。

問 5 次の(1)および(2)の問いに答えなさい。

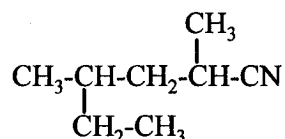
(1) 化合物 **B**, **C**, **D** および **G** のそれぞれ 0.01 mol とジエチルエーテル 50 ml を混ぜ合わせた溶液に、0.15 mol/l の炭酸水素ナトリウム水溶液 100 ml を加え、よく振り混ぜた後、しばらく放置すると、ジエチルエーテル層と水層に分かれた。このとき、ジエチルエーテル層から水層に抽出された物質量の最も多い化合物を記号で答えなさい。

(2) 次に、水層を取り除き、残ったジエチルエーテル層に、0.15 mol/l の水酸化ナトリウム水溶液 100 ml を加え、よく振り混ぜた後、しばらく放置すると、ジエチルエーテル層と水層に分かれた。このとき、ジエチルエーテル層から水層に抽出された物質量の最も多い化合物を記号で答えなさい。

問 6 化合物 **B** ~ **H** のそれぞれを適当な溶媒に溶かし、少量の臭素を加えたときに、臭素の色を速やかに脱色する化合物をすべて選び、記号で答えなさい。ただし、臭素と溶媒とは反応を起こさないものとする。

IV 次の文章を読んで、問1～7に答えなさい。なお、問1および問5の解答には、例に示したような構造式を用いなさい。また、問3～5では高分子の末端の影響を無視するものとする。数値は有効数字2けたで答えなさい。(配点17点)

構造式の例



人類は古来より穀物、絹、羊毛、麻、綿を食物、衣料などとして利用してきた。これらがデンプン、タンパク質、セルロースなどの高分子からなっていると認識されるようになったのは20世紀前半以降である。その後、石油・石炭を原料とし、絹を模倣することによって、アミド結合をもつ6,6-ナイロンが人工的に合成された。アミド結合をもつ合成高分子は一般にナイロンと呼ばれ、6,6-ナイロン以外に6-ナイロン、6,10-ナイロンや、アジピン酸と からは重縮合により4,6-ナイロンが合成された。また、多数のエステル結合をもつ高分子としてポリエステルが合成され、その代表的な例であるポリエチレンテレフタレートは繊維、フィルム、ボトルなどに用いられている。さらに、石油からはポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレン、ポリメタクリル酸メチルなどのように、分子が鎖状で熱を加えると軟らかくなる 樹脂や、尿素樹脂などのように、分子が網目状で熱を加えても軟らかくはならない 樹脂が合成され、これらも日常生活において広く利用されている。

これらの合成高分子は、一般的に自然環境では分解されにくいとため、地球環境保護の立場から、最近では 合成高分子のリサイクル や生分解性高分子の研究・開発が進められている。(a) 生分解性高分子とは微生物により生分解され、最終的には二酸化炭素や水などになる高分子のことである。たとえば、アジピン酸と から合成される ポリエステル は生分解性を示す。(b) また、限りある天然資源の有効利用の観点から、天然高分子が再認識され、その特長を生かした利用も進められている。

問1 空欄 として適当な化合物の構造式を書きなさい。

問 2 空欄 , にあてはまる適切な用語を書きなさい。また、
尿素樹脂以外の 樹脂の例を一つ書きなさい。

問 3 デンプンには一般にアミロース、アミロペクチンが含まれている。500 個の
グルコースが縮合することで得られるアミロースの分子量を求めなさい。

問 4 下線部(a)に関連して、960 kg のポリエチレンテレフタラートを適切に加水
分解することで得られるテレフタル酸の質量(kg)を求めなさい。

問 5 下線部(b)のポリエステル元素分析を行ったところ、質量百分率で、炭素
55.8 %、水素 7.00 % であり、それ以外は酸素であった。空欄 とし
て適当な化合物の構造式を書きなさい。ただし、 はヒドロキシル基
以外の官能基を持たない化合物である。

問 6 次の記述のうち、正しいものをすべて選び、記号で答えなさい。

イ) 天然ゴムの分子構造のうち、メチル基を水素で置換した構造の合成高分子
がクロロプレンゴムであり、耐熱性に優れている。

ロ) ポリエチレンの密度は 1 g/cm^3 よりも高く、室温で水に沈む。

ハ) セルロースを原料として、レーヨンやセルロイド、アセテートが得られ
る。

ニ) 酢酸ビニルを原料としてビニロン繊維が得られ、カプロラクタムを原料と
して 6,6-ナイロン繊維が得られる。

ホ) 絹、羊毛、麻、綿は生分解性を示す。

ヘ) ポリメタクリル酸メチルにはヒドロキシル基が存在する。

問 7 本文中に出てくる高分子のうち、構成元素が炭素と水素のみである高分子の
名称をすべて答えなさい。