

標問 18 理想気体と実在気体

解答・解説

p.46

扱う
テーマ 理想気体, 実在気体

化学

自然界には高圧下で起こるさまざまな化学変化や物理現象がある。例えば、地球内部での化学変化は数百万気圧に及ぶ圧力下で起こっている。近年、図1に示したダイヤモンドアンビルセルという簡便な装置を用いることにより、実験室においても百万気圧を超える超高压を発生させることが可能となった。この装置では、図1のように金属板にあけた小さな穴の中に試料を充填し、これを上下から、最も硬い物質であるダイヤモンドで圧縮することにより超高压を得る。

ダイヤモンドアンビルセルを用いて酸素を圧縮する実験を行った。これについて下の問いに答えよ。ただし、答えは有効数字2桁で記すこと。また、気体定数 $R=8.31 \times 10^3$ [Pa·L/mol·K]、アボガドロ定数 $N_A=6.0 \times 10^{23}$ [mol⁻¹] とする。

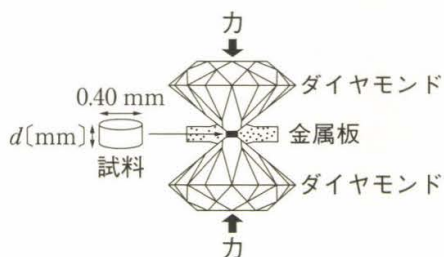


図1 ダイヤモンドアンビルセル

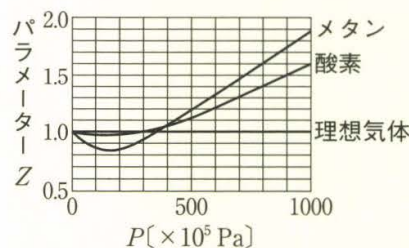


図2 ZとPの関係

★ 問1 実在気体は、理想気体の状態方程式

$$PV = nRT \quad \dots(1)$$

を完全には満たさない。ここで、 P 、 V および n は気体の圧力、体積および物質量を表し、 T は温度である。理想気体からのずれを表すパラメーター Z は、

$$Z = \frac{PV}{nRT} \quad \dots(2)$$

で与えられ、理想気体では Z は常に1である。図2は、メタン、酸素について、温度300 Kにおける P と Z の関係を示したものである。低圧において、 $Z < 1$ となる原因を50字程度で述べよ。

★ 問2 高圧では $Z > 1$ となる原因を50字程度で述べよ。

★ 問3 温度300 Kにおいて、装置の試料空間に 1.0×10^6 Paの酸素を封入した。このとき、対向する2つのダイヤモンド面間の距離 d は0.40 mmであった。これを圧縮し、内部の圧力が 8.0×10^7 Paに達したときの距離 d を求めよ。ただし、試料空間は常に直径0.40 mmの円柱であり、加圧による温度の変化はなく、酸素の漏れはないものとする。また、酸素は 1.0×10^6 Paでは理想気体とみなす。

標問 26 ヘンリーの法則

解答・解説
p.62

題
テーマ 気体の溶解度、ヘンリーの法則

化学

次の文章を読み、下の問いに答えよ。気体定数 $R=8.3\times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/\text{mol}\cdot\text{K}$ とし、解答の数値は有効数字2桁で求めよ。

気体の溶解度は、溶媒に接している気体の圧力が $1.01\times 10^5 \text{ Pa}$ のとき、溶媒 (1 L あるいは 1 mL) に溶解する気体の体積を標準状態に換算して表すことが多い。いま、二酸化炭素の水 1 mL への溶解度を 17°C で 0.95 mL、 37°C で 0.57 mL であるとして、ヘンリーの法則が成り立つとする。ただし、気体は理想気体とし、密閉容器内での水蒸気の分圧は無視できるものとし、容器および水の膨張はないものとする。

問1 二酸化炭素の分圧が $1.01\times 10^5 \text{ Pa}$ のとき、水 1 L に溶解することができる二酸化炭素の物質量は 17°C 、 37°C でそれぞれいくらか。

- ★ 問2 17°C 、 $2.02\times 10^5 \text{ Pa}$ の条件で二酸化炭素を水と溶解平衡になるように密閉した。そのとき、容器内での液体の体積は 1 L であり、気体の体積は 0.1 L であった。この容器内の液体中に存在する二酸化炭素の物質量および気体中に存在する二酸化炭素の物質量はそれぞれいくらか。
- ★★ 問3 次に、この密閉容器を 37°C に保って再び平衡状態にした。 37°C において溶解平衡にある容器内の圧力 [Pa] はいくらか。

| 名城大(薬) |

次の文章を読み，下線部について下の問いに答えよ。

W君は課題研究として，セラミックスや半導体の主成分であるケイ素について調べることにした。調べてみるとケイ素はいろいろなところに使われていることがわかった。例えば太陽電池には^{問1}ケイ素の結晶や非晶質ケイ素が用いられる。ケイ素単体は，天然には存在しないので，^{問2}二酸化ケイ素を炭素と混ぜて加熱してつくることがわかった。二酸化ケイ素を高温で融解した後，急激に冷却すると^{問3}石英ガラスになり，これを繊維状にすると光ファイバーになる。また二酸化ケイ素は，乾燥剤（シリカゲル）としても用いられる。そこでW君はシリカゲルをつくることにした。まず水ガラスを次のようにしてつくった。

^{問4}二酸化ケイ素と炭酸ナトリウムを混ぜて融解すると，ケイ酸ナトリウムが生成した。これに水を加えて熱すると液体の水ガラスができた。^{問5}水ガラスに を作用させるとゼリー状半透明の物質が得られ，これを乾燥するとシリカゲルができた。また，シリカゲルにフッ化水素酸を加えると が生成することがわかった。

問1 次の①～⑧の物質から，ケイ素と同様に共有結合の結晶をつくるものをすべて選択し，記号を記せ。

- | | | |
|----------|-----------|-----------|
| ① ダイヤモンド | ④ 塩化カルシウム | ⑦ ヨウ素 |
| ② アルミニウム | ⑤ マグネシウム | ⑧ 炭化ケイ素 |
| ③ 黄リン | ⑥ ナトリウム | ⑨ 塩化ナトリウム |
| ⑧ ドライアイス | | |

問2 下線部の反応を化学反応式で示せ。

★★ 問3 石英ガラスと石英の相違を25字以内で書け。

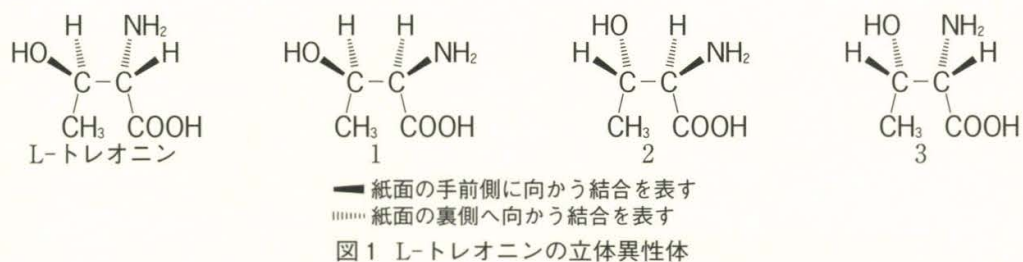
★ 問4 下線部の反応を化学反応式で示せ。

問5 には最も適合する試薬を次の①～⑥から選び記号で， には最も適合する化合物を化学式で，それぞれ記せ。

- | | | | |
|------------|-----|----------|------|
| ① 水酸化ナトリウム | ④ 氷 | ⑦ クロロホルム | ② 塩酸 |
| ⑥ 炭酸ナトリウム | | | |

次の文章を読み、下の問いに答えよ。

立体異性体とは、原子の結合順序が同じであるにもかかわらず、原子や原子団の立体的な配置が異なる異性体のことで、幾何異性体の他に光学異性体や後述のジアステレオ異性体も含まれる。分子内に1つの不斉炭素原子を有する化合物には互いに鏡像の関係にある異性体、すなわち光学異性体が存在する。一方、分子内に不斉炭素原子が2つ以上存在する場合は、互いに鏡像の関係にはない立体異性体も存在する。これをジアステレオ異性体とよぶ。2つの不斉炭素原子を有する化合物の例としてアミノ酸のL-トレオニン^①を挙げることができ、図1の通りL-トレオニンを含めて4種類の立体異性体が存在する。しかしながら、不斉炭素原子が2つあっても、3種類の立体異性体しか存在しない場合もある。また、数多くの不斉炭素原子を含む化合物である α -グルコースと α -ガラクトースも、ジアステレオ異性体の関係である。



- ★ 問1 下線部①に関して、L-トレオニンの立体異性体1, 2, 3のうち、L-トレオニンの光学異性体はどれか。番号で答えよ。
- ★★ 問2 下線部①に関して、L-トレオニンの立体異性体1, 2, 3のうち、L-トレオニンとジアステレオ異性体の関係にあるものはどれか。番号で答えよ。
- ★ 問3 下線部②に相当する化合物としてD-酒石酸が挙げられる。図1にならって構造式を描くと、図2の4つの構造式を描けるが、このうち2つは同一化合物を表しているため、全体として立体異性体は3種類となる。同一化合物を表している構造式を4~7の番号で答えよ。

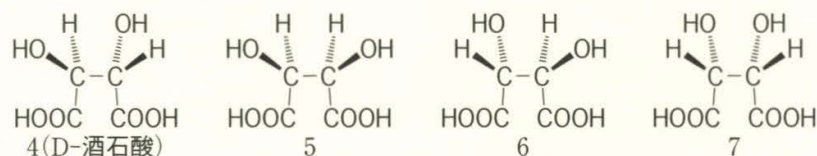
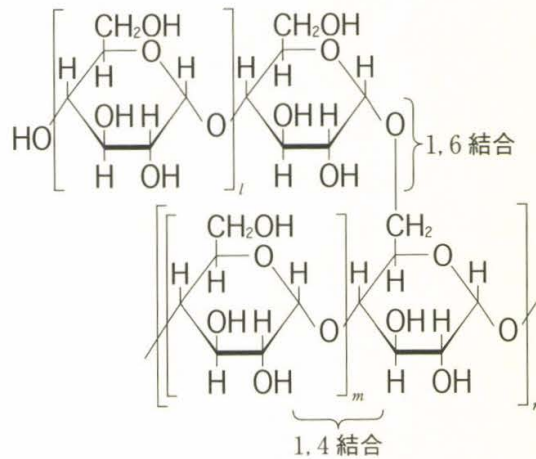


図2

次の文章を読んで、文中の□に適した整数をそれぞれ記入せよ。ただし、 $C=12$, $H=1$, $O=16$ とする。

デンプンは図に示すように、グルコースが1,4結合した主鎖の何箇所かでさらに1,6結合による枝分かれをもっている。



分子量 4.05×10^5 のデンプンがある。このデンプンは□イ個のグルコースが縮合したものである。このデンプンのヒドロキシ基をすべて CH_3O 基にした後、希硫酸で加水分解した。主生成物Aは★★□個の CH_3O 基をもっていた。また、副生成物として、 CH_3O 基を★★ハ個もつBと、★★ニ個もつCとがほぼ等モル生じた。BはCよりも多くのヒドロキシ基をもっていた。なお、この加水分解では CH_3O 基は反応しなかった。

このデンプン 2.431 g を用いたとき、Aは 3.064 g, Bは 0.125 g, Cは 0.142 g 生じた。この結果から、A, B, C の分子数比は★★ホ:1:1となる。したがって、このデンプンではグルコース★★へ分子あたり1個の枝分かれがあり、このデンプン1分子あたり★★ト個の枝分かれがあることがわかった。