化　学

◆本書の使い方◆

本書は，化学で学習する内容を５章 22 単元に分け，まとめのページ，基本確認，実戦問題演習の三部で構成されている。また，各章の最後には章末問題を設けている。

まとめのページ：まずは，このページを利用して基礎知識のインプットに努め，漏れがないか確認してもらいたい。重要な用語は［　　］で囲んだ。

基　本　確　認：まとめのページで基本知識を確認した後，それが身についているかを確かめ，定着をはかるために利用してほしい。また，計算問題を含む単元については，基本例題と類題を設けてあるので，もれなく解けるようにしておいてほしい。

実戦問題演習：過去に実施された大学入試問題の中から，重要と思われる問題を選んで掲載した。実際に問題に取り組みながら，知識のアウトプットに慣れていくこと。問題にはある程度パターンがあるので，問題を解くスピードを上げるためには，問題数をこなすことが不可欠である。

間違えた問題はチェックしておき，本書を一通り解き終えた後に見直しておくと，より効率よく学習を進めることができる。入試本番で合格点を勝ち取れるよう頑張って欲しい。

◆　も　く　じ　◆

第１章　物質の状態と平衡
1　状態変化　2
2　気体の性質　8
3　固体の構造　14
4　溶液の濃度・溶解度　20
5　溶液の性質・コロイド溶液　26
章末問題　32
第２章　化学変化と平衡
6　化学反応と熱・光　38
7　電池　44
8　電気分解　48
9　化学反応の速さとしくみ　54
10　化学平衡　60
章末問題　68
第３章　無機物質
11　非金属元素Ⅰ　74
12　非金属元素Ⅱ　78
13　金属元素Ⅰ－典型元素　86
14　金属元素Ⅱ－遷移元素　96
15　金属イオンの検出と分離　104
章末問題　108
第４章　有機化合物
16　有機化合物の分類と分析　114
17　脂肪族炭化水素Ⅰ　122
18　脂肪族炭化水素Ⅱ　128
19　芳香族化合物Ⅰ　138
20　芳香族化合物Ⅱ　146
章末問題　152
第５章　高分子化合物
21　合成高分子化合物　158
22　天然高分子化合物　164
章末問題　174

第１章　物質の状態と平衡

1　状態変化

❶ 物質の構造と融点・沸点

1　物質の三態

(1)　物質の三態…物質が温度や圧力によって変化する固体，液体，気体の３つの状態。

(2)　**状態変化**…物質の三態間の変化。物質を加熱すると，物質を構成する粒子(原子・分子・イオンなど)の熱運動が活発になり，物質の状態が変化する。

①　固体と液体間の変化…固体が融けて液体に変化する現象を**融解**といい，物質が融解する温度を**融点**という。また，液体が固体に変化する現象を**凝固**といい，物質が凝固する温度を**凝固点**という。純粋な物質では，融点と凝固点は同じである。

②　液体と気体間の変化…液体が気体に変化する現象を**蒸発**といい，気体が液体に変化する現象を**凝縮**という。

③　固体と気体間の変化…液体の状態を経ることなく，固体が気体に変化する現象，気体が固体に変化する現象をともに**昇華**という。

(3)　状態変化とエネルギー

①　**融解熱**…固体１mol が融解するときに，外部から吸収する熱量。

②　**凝固熱**…液体１mol が凝固するときに，外部に放出する熱量。大きさは融解熱と等しい。

③　**蒸発熱**…液体１mol が蒸発するときに，外部から吸収する熱量。

④　**凝縮熱**…気体１mol が凝縮するときに，外部に放出する熱量。大きさは蒸発熱と等しい。

2　分子間力

(1)　**分子間力**…分子間にはたらく弱い引力。分子間力には，ファンデルワールス力や水素結合など，いくつかの種類がある。分子間力が強い物質ほど，融点や沸点は高い。

(2)　**ファンデルワールス力**…極性分子間にはたらく静電気的な引力や，極性に関係なくはたらく弱い引力をまとめてファンデルワールス力という。分子構造が似た物質では，分子量が大きいほどファンデルワールス力は大きくなり，融点や沸点は高くなる。また，分子量が同程度の分子では，極性のある分子の方には静電気的引力が加わるためにファンデルワールス力は大きくなることがあり，融点や沸点は高くなる。

(3)　**水素結合**…水素をなかだちとした分子間の結合。F，O，N などの電気陰性度の大きい原子に結合した水素原子はわずかに正に帯電し，わずかに負に帯電した原子(F，O，N)との間で静電気的に引き合う。このため，アンモニア NH_3，水 H_2O，フッ化水素 HF の沸点は，他の同族元素の水素化合物の沸点に比べて非常に高い。

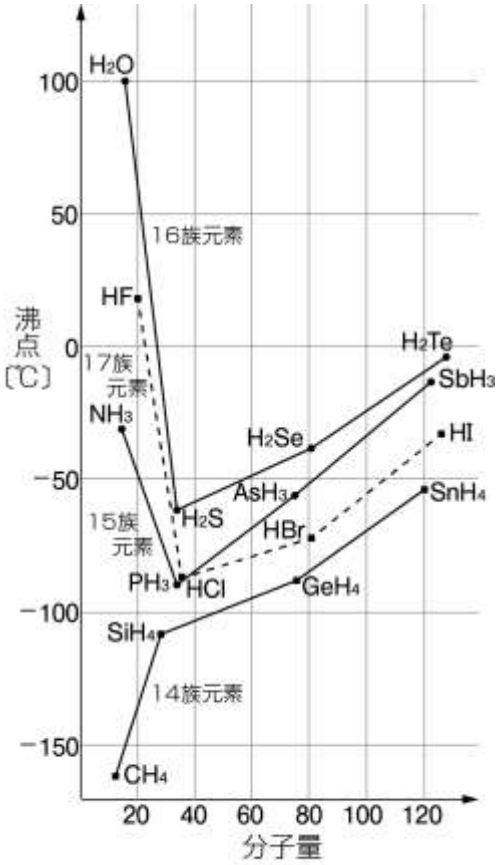


図１　水素化合物の沸点

(4)　化学結合の強さ

①　**化学結合**…粒子が結合して分子や化合物をつくるときにできる結合(共有結合，イオン結合，金属結合)。分子間力に比べ，結合の力は極めて大きく，融点や沸点は高い。

②　水素結合はファンデルワールス力より強いが，化学結合に比べるとはるかに弱い。

結合の強さ：共有結合＞(イオン結合・金属結合)≫水素結合＞ファンデルワールス力

2　蒸気圧

1　気体の圧力

(1)　圧力の単位…$1m^2$の面積に1Nの力がはたらくときの圧力($1N/m^2$)を1パスカル(Pa)という。

(2)　**大気圧**…大気による圧力(単に気圧ともいう)。海面上の大気圧の平均値は 1.013×10^5Pa(＝1013hPa)で，これを1気圧(1atm)という。また，1atm＝760mmHgである。

2　気液平衡と蒸気圧

(1)　**気液平衡**…密閉容器に液体を入れて放置したとき，最初は単位時間当たりの蒸発する分子の数(蒸発速度)が単位時間あたりに凝縮する分子の数(凝縮速度)よりも多いが，やがて蒸発速度と凝縮速度が等しくなり，見かけ上，蒸発も凝縮も起こっていないようになる状態。

(2)　**飽和蒸気圧**…気液平衡にあるとき，その温度における蒸気の最大の圧力。単に蒸気圧ともいう。飽和蒸気圧は，温度が高いほど大きくなる。液体の飽和蒸気圧と温度との関係を表わす曲線を蒸気圧曲線という。

(3)　**沸騰**…蒸気圧が外圧に等しくなり，液面だけでなく，液体内部からも激しく蒸発が起こる現象。液体が沸騰する温度を**沸点**という。

3　状態図

1　状態図

(1)　**状態図**…温度や圧力によって，物質が固体，液体，気体のうち，どの状態をとるかを示した図。物質の種類によって決まっている。状態図は3本の曲線で区切られ，固体と液体の境界線を**融解曲線**，液体と気体の境界線を**蒸気圧曲線**，固体と気体の境界線を**昇華圧曲線**といい，それぞれの境界線上では2つの状態が共存する。また，3本の曲線の交点を**三重点**という。

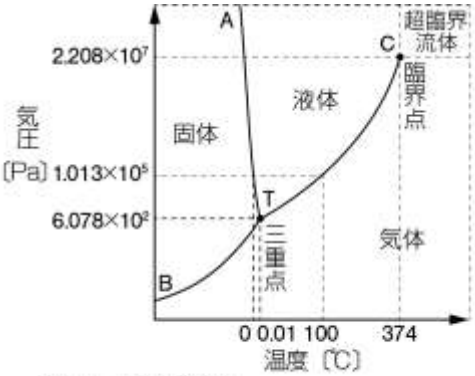


図2　水の状態図
水の融解曲線は例外的に左上がりとなる。

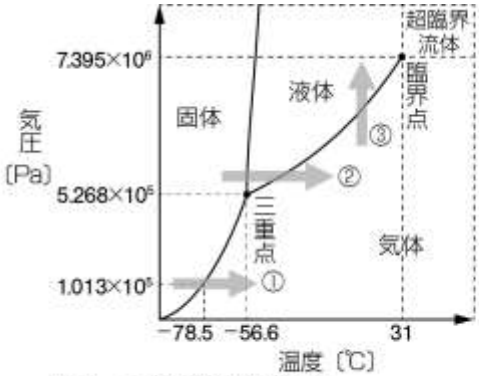


図3　二酸化炭素の状態図

①$1.013\times10^5$Paのまま温度を上げると，固体→気体と変化(昇華)。
②$5.268\times10^5$Paより高い圧力下で温度を上げると，固体→液体→気体と変化。
③常温でも圧力を上げると，気体→液体と変化。

(2)　**臨界点**…蒸気圧曲線が途切れるところ。臨界点以上の温度や圧力にある物質を**超臨界流体**といい，液体と気体の区別がつかない。

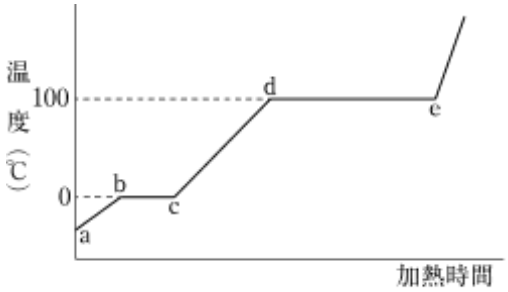
基本確認

① 固体が液体になる変化を（ **ア** ）という。
② 液体が固体になる変化を（ **イ** ）という。
③ 液体が気体になる変化を（ **ウ** ）という。
④ 気体が液体になる変化を（ **エ** ）という。
⑤ 固体が直接気体になる変化や，気体が直接固体になる変化を（ **オ** ）という。
⑥ 固体 1mol が融解するときに吸収する熱量を（ **カ** ）という。
⑦ 液体 1mol が凝固するときに放出する熱量を（ **キ** ）という。
⑧ 液体 1mol が蒸発するときに吸収する熱量を（ **ク** ）という。
⑨ 気体 1mol が凝縮するときに放出する熱量を（ **ケ** ）という。
⑩ すべての分子間にはたらく引力を（ **コ** ）という。(**コ**)が強い物質ほど，融点や沸点は（ **サ** ）。
⑪ 極性分子間にはたらく静電気的な引力や，極性の有無に関係なくはたらく弱い引力をまとめて（ **シ** ）という。一般に，分子量が（ **ス** ）物質ほど（**シ**）は大きくなり，分子量が同程度の物質では，（ **セ** ）のある分子の方がない分子に比べて（**シ**）は大きくなる。
⑫ 電気陰性度の大きい（ **ソ** ）原子，（ **タ** ）原子，（ **チ** ）原子と H 原子との間の結合は，結合の極性が特に大きいため，わずかに正の電荷を帯びた H 原子が，他の分子のわずかに負の電荷を帯びた（**ソ**）原子，（**タ**）原子，（**チ**）原子と引き合って結合をつくる。このような，H 原子をなかだちとしてできる結合を（ **ツ** ）結合という。
⑬ 粒子が結合して分子や化合物をつくるときにできる結合(共有結合，イオン結合，金属結合)を（ **テ** ）結合といい，分子間力に比べて結合力ははるかに（ **ト** ）。
⑭ 共有結合の結晶と分子結晶を比べると，（**ナ**：共有結合の結晶・分子結晶）の方が融点や沸点は高い。
⑮ 1 気圧(1atm)は（ **ニ** ）Pa に等しく，また，（ **ヌ** ）mmHg に等しい。
⑯ 密閉容器に液体を入れておくと，単位時間に蒸発して液体から気体になる分子の数と，凝縮して気体から液体になる分子の数がやがて等しくなり，見かけ上蒸発が止まっている状態になる。このような気体と液体の間の状態を（ **ネ** ）という。
⑰ （**ネ**）の状態にあるとき，その温度における蒸気の最大圧力を（ **ノ** ）という。
⑱ 蒸気圧が外圧に等しくなると，液面だけでなく，液体内部からも激しく蒸発が起こるようになる。この現象を（ **ハ** ）といい，このときの温度を（ **ヒ** ）という。
⑲ 蒸気圧と温度との関係を表わす曲線を（ **フ** ）という。
⑳ 圧力と温度によって，物質がどのような状態にあるかを示した図を状態図といい，状態図において，固体と液体の状態を分ける曲線を（ **ヘ** ），液体と気体の状態を分ける曲線を（**フ**），固体と気体の状態を分ける曲線を（ **ホ** ）という。また，これら 3 本の曲線が交わった点を（ **マ** ）という。
㉑ 状態図の（**フ**）は，ある温度，気圧以上になると途切れる。この途切れる点を（ **ミ** ）という。（**ミ**）を超えた物質は，液体と気体の区別がつかない（ **ム** ）となる。

実戦問題演習

1　佐賀大・改

1 気圧において，はじめに－30℃であった一定量の氷をゆっくりと加熱した。この物質の加熱時間と温度の関係を図に示したものである。次の問いに答えよ。

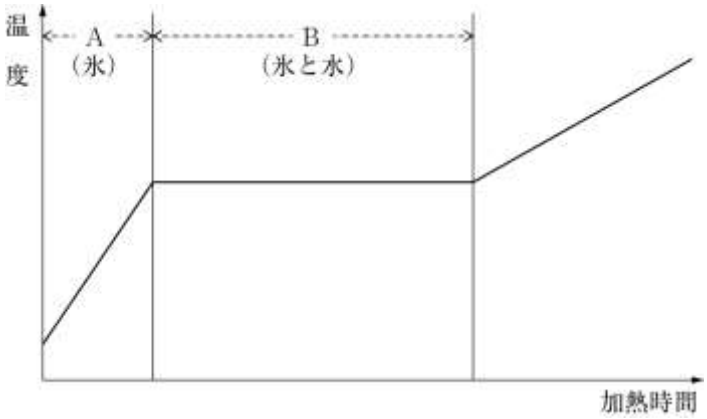


a，b，c，d，eは直線が折れ曲がる点を示す。

(1)　点 a から点 b までは物質の三態のどれか。
(2)　点 b の温度は何とよばれるか。
(3)　点 c から点 d までは物質の三態のどれか。
(4)　点 d の温度は何とよばれるか。
(5)　点 d から点 e までの温度が一定になっている理由を簡単にいえ。
(6)　点 e より高い温度では，この物質はどのような状態か。

2　センター試験

1×10^5Pa のもとで，ある量の氷に単位時間当たり一定の熱量を加えて，氷から水への状態変化を調べた。そのときの温度と加熱時間の関係を図に示す。この変化に関する記述として正しいものを，下の①～④のうちから一つ選べ。ただし，領域 A は氷だけの状態，領域 B は氷と水が共存している状態を示す。また，加熱はゆっくり行い，温度は均一であるとする。

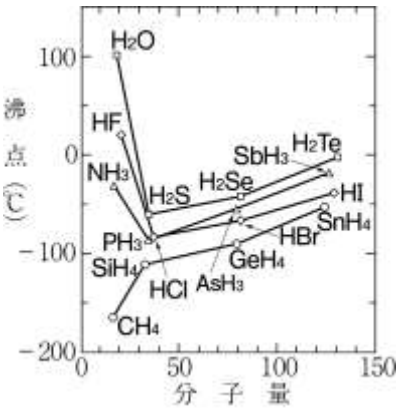


①　氷の質量を 2 倍にすると，領域 A において直線の傾きは 2 倍になる。
②　氷の質量を 2 倍にすると，領域 B の加熱時間は $\frac{1}{2}$ 倍になる。
③　単位時間に加える熱量を 2 倍にすると，領域 A において直線の傾きは 2 倍になる。
④　単位時間に加える熱量を 2 倍にすると，領域 B の加熱時間は 2 倍になる。

3　金沢大・改

以下の文章を読み，［　ア　］～［　エ　］に適当な語句を書け。

図は，14~17 族元素の水素化合物の分子量と沸点の関係を示している。第 3 周期から第 5 周期の水素化合物は，分子量が大きいほど大きくなっている。しかし，14 属を除いた第 2 周期の水素化合物は，分子量が小さいにもかかわらず沸点が異常に高い。それは，これらの分子間に［　ア　］が形成されているからである。これらの水素化合物では，水素原子とこれに結合する原子の［　イ　］の差が大きいほど，原子間の［　ウ　］のかたよりが大きくなる。その結果，分子の［　エ　］が増し，分子間に［　ア　］が形成される。



4　センター試験

次の A 群と B 群からそれぞれ沸点の最も高い化合物を選んだとき，その組み合わせとして最も適当なものを，下の①～⑥のうちから一つ選べ。

A群　ア：CH_4　イ：CCl_4　ウ：CBr_4

B群　a：H_2O　b：H_2S　c：H_2Se

	A群	B群
①	ア	b
②	イ	a
③	ウ	a
④	ア	c
⑤	イ	b
⑥	ウ	c

5　東京女子大

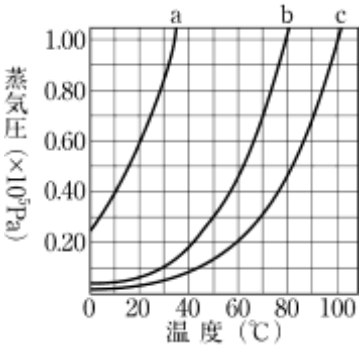
次の（　　）に適当な語句を書け。

物質は温度や（　a　）により気体，液体，固体に変化する。固体の水では分子は互いに（　b　）によって結晶を形成している。分子はその位置で振動などの分子運動をしているが，分子相互の（　c　）は変わらない。温度が上昇すると，分子の熱運動が活発になり，加えられた熱エネルギーが（b）に打ち勝って結晶がくずれて流動しはじめる。この現象が（　d　）であり，氷は液体の水になる。液体の水の温度が上昇するにつれて，熱運動をしている液体分子の中で，大きな運動エネルギーをもった分子は（b）を振り切って液面から飛び出す。この現象が（　e　）である。ある温度で，液体が同温度の気体になるとき吸収する熱量を（　f　）という。空間に飛び出した気体分子の中には，液面に衝突して液面に戻るものがある。この現象が（　g　）である。

密閉した容器内で液体の蒸発が起こるとき，単位時間に液面から飛び出す分子の数と，液体にもどる分子の数が等しくなった状態を（　h　）といい，このときの蒸気の圧力を，その温度におけるその液体の（　i　）という。

6　日本女子大

図に示す液体 a〜c の蒸気圧曲線を用いて，次の問いに答えよ。ただし，液体 a〜c は，水，エタノール，ジエチルエーテルのいずれかである。



(1)　液体 a〜c の中で，蒸発熱が最も小さいものはどれか。

(2)　液体 a〜c の中で，分子間力が最も大きなものはどれか。

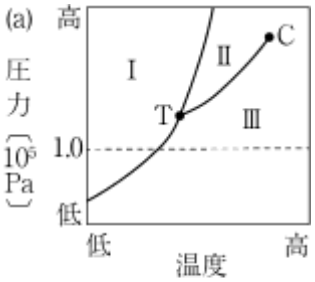
(3)　圧力が 7.0×10^4 Pa のとき，液体 c は何℃で沸騰するか。

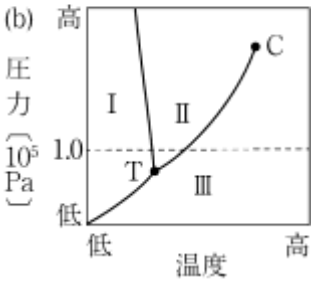
(4)　内容積 1.0L の真空容器中に，90℃の b の蒸気を 1.0×10^5 Pa になるまで入れて密閉し，冷却したところ，しばらくして凝縮が始まった。さらに冷却を続け，温度を 50℃にしたとき容器内の圧力は何 Pa になるか。

7　東京理科大

次の記述の（　　）に最も適当なものを語群から選べ

純物質は一般に温度や圧力が変化することにより状態が変化する。横軸に温度，縦軸に圧力を取ったグラフで物質の状態を示すと，図(a)，図(b)のようになる。図(a)は二酸化炭素，図(b)は水の場合である。ただし，グラフは正確ではなく特徴を少し誇張してある。どちらも，領域Ⅰは，（　ア　）状態，領域Ⅱは（　イ　）状態，領域Ⅲは（　ウ　）状態である。(イ)状態と(ウ)状態を区切る曲線は（　エ　）圧曲線という。三本の曲線の交点 T の温度と圧力は物質固有の値で，この点のことを三重点という。ここでは，(ア)，(イ)，(ウ)が共存する。(エ)圧曲線は温度あるいは圧力を上げていくと物質固有の温度，圧力の点 C で突然消失する。そのとき，それまで存在した(イ)，(ウ)の界面が消失する。この点を臨界点という。





1 気圧 (1.0×10^5) Pa の下で加熱すると，図(a)の(ア)は（　オ　）して(ウ)になるのに対して，図(b)の(ア)は，まず（　カ　）して(イ)になる。また，T 点から圧力を上げていくと（　キ　）は二酸化炭素も水も上昇するが，（　ク　）は二酸化炭素の場合上昇し，水の場合低下する。

語群

(1)　液体　(2)　気圧　(3)　気体　(4)　固体　(5)　凝固
(6)　凝縮　(7)　昇華　(8)　蒸気　(9)　蒸発　(10)　沸点
(11)　融解　(12)　融点　(13)　溶解

2　気体の性質

❶ ボイル・シャルルの法則

1　ボイル・シャルルの法則

(1)　**ボイルの法則**…温度が一定のとき，一定量の気体の体積 V〔L〕は，圧力 P〔Pa〕に反比例する。

$$P_1V_1 = P_2V_2 = k_1\text{(一定)}$$

(2)　**シャルルの法則**…圧力が一定のとき，一定量の気体の体積 V〔L〕は，絶対温度 T〔K〕に比例する。

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = k_2\text{(一定)}$$

【復習】
絶対温度〔K〕$= t$〔℃〕$+ 273$

(3)　**ボイル・シャルルの法則**…一定量の気体の体積 V〔L〕は，圧力 P〔Pa〕に反比例し，絶対温度 T〔K〕に比例する。

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = k\text{(一定)}$$

❷ 気体の状態方程式

1　気体の状態方程式

(1)　**標準状態**…0℃，1.013×10^5Pa の状態。このとき，気体 1mol の体積は，気体の種類によらず 22.4L である。

(2)　**気体定数**…標準状態のときの P, V, T の値をボイル・シャルルの式に代入したときの k の値。この値は気体の種類に関係なく一定で，記号 R で表す。

$$R = \frac{PV}{T} = \frac{(1.013 \times 10^5\,\text{Pa}) \times (22.4\,\text{L/mol})}{273\,\text{K}} = 8.31 \times 10^3\,\text{Pa・L/(K・mol)}$$

(3)　気体の状態方程式…物質量 n〔mol〕の気体が，圧力 P〔Pa〕，絶対温度 T〔K〕で体積 V〔L〕を占めるとき，

$$PV = nRT \qquad R = 8.31 \times 10^3\,\text{Pa・L/(K・mol)}$$

が成り立つ。この式を気体の**状態方程式**という。

(4)　気体の分子量…気体の質量を w〔g〕，モル質量（1mol あたりの気体の質量）を M〔g/mol〕とすると，$n = \dfrac{w}{M}$ なので，気体の状態方程式より，

$$PV = \frac{w}{M}RT \qquad M = \frac{wRT}{PV}$$

2　混合気体

(1)　**ドルトンの分圧の法則**…温度 T において，容積 V の容器に気体Aだけを入れたときの圧力を P_A，気体Bだけを入れたときの圧力を P_B とするとき，この容器に気体Aと気体Bを入れて混合したとき，混合気体が示す圧力を P とすると，

$$P = P_A + P_B$$

P を混合気体の**全圧**，P_A，P_B を混合気体の各成分の**分圧**といい，混合気体の全圧 P は，各成分気体の分圧の和に等しい。

(2)　分圧と物質量・体積の関係…温度が一定のとき，各成分気体の分圧の比は，各成分気体の物質量の比，体積比に等しい。

$$P_A : P_B = n_A : n_B = V_A : V_B$$

(3)　**モル分率**…混合気体の全物質量に対する各成分気体の物質量の割合。気体の分圧は，全圧にその気体のモル分率をかけたものである。

$$P_A = P \times \frac{n_A}{n_A + n_B}\ ,\ P_B = P \times \frac{n_B}{n_A + n_B}$$

(4)　**平均分子量**…混合気体を1種類の純物質からなると仮定したときの見かけの分子量。平均分子量を用いれば，混合気体に対しても気体の状態方程式を適用することができる。

例　空気を窒素と酸素のみからなる混合気体(物質量比＝4：1)とすると，空気の平均分子量 $\overline{M}$ は，

$$\overline{M} = 28 \times \frac{4}{4+1} + 32 \times \frac{1}{4+1} = 28.8$$

(5)　水上置換で捕集した気体の分圧…水に溶けにくい気体を水上置換法で捕集したとき，捕集した気体は水蒸気(飽和)との混合気体になっているので，捕集した気体の分圧は，大気圧 P からその温度の水の飽和蒸気圧 P_{H_2O} をひいたものとなる。よって，捕集した気体の分圧を $P_{捕集気体}$ とすると，

$$P_{捕集気体} = P - P_{H_2O}$$

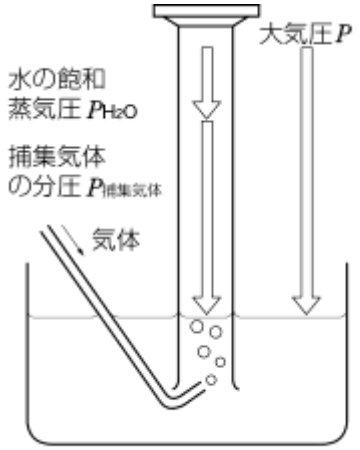


図1　水上置換による気体の捕集

3　理想気体と実在気体

(1)　**理想気体**…常に気体で存在し，分子自身の体積がなく，分子間力がはたらかない仮想的な気体。あらゆる条件下で気体の状態方程式が成り立つ。

(2)　**実在気体**…実際に存在する気体。温度や圧力によって状態が液体や固体に変化し，分子自身が体積をもち，分子間力がはたらくため，厳密には気体の状態方程式が成り立たない。

(3)　実在気体と理想気体のずれ…一般に，実在気体は低温・高圧のときに分子間力や分子自身の体積の影響により理想気体からのずれが大きくなる。逆に，高温・低圧のときは理想気体とみなしてよい。通常，常温・常圧では十分に高温・低圧であるとしてよいため，実在気体も理想気体とみなして気体の状態方程式を適用しても差し支えない。

基本確認

① ボイルの法則より，温度が一定のとき，一定量の気体の（ **ア** ）は，圧力に（ **イ** ）する。

② シャルルの法則より，圧力が一定のとき，一定量の気体の（ **ウ** ）は，絶対温度に（ **エ** ）する。

③ ボイル・シャルルの法則より，一定量の気体の体積は，圧力に（ **オ** ）し，絶対温度に（ **カ** ）する。

④ 物質量 n〔mol〕の気体が，圧力 P〔Pa〕，絶対温度 T〔K〕の条件下で体積 V〔L〕を占めるとき，気体定数を R として，（ **キ** ）という式が成り立つ。これを気体の（ **ク** ）といい，R＝（ **ケ** ）Pa·L/(K·mol)である。

⑤ 混合気体の全圧は，各成分気体の（ **コ** ）の（ **サ** ）に等しい。

⑥ 混合気体の全物質量に対する各成分気体の物質量の割合を（ **シ** ）といい，各成分気体の分圧は，（ **ス** ）にその気体の（**シ**）をかけたものである。

⑦ 水上置換で捕集した気体の分圧は，（ **セ** ）からその温度での水の（ **ソ** ）をひけば求められる。

⑧ 理想気体は，分子自身の（ **タ** ）が0で，（ **チ** ）がはたらかないと仮定した気体で，あらゆる条件下で気体の状態方程式に従う。

⑨ 実在気体を理想気体に近づけるためには，（ **ツ** ）温（ **テ** ）圧にすればよい。

例題1

温度一定で，300Pa，6.0L の気体の圧力を 200Pa にすると，体積は何 L になるか。

【解法】 ボイルの法則 $P_1V_1=P_2V_2$ より，

$300\times6.0=200\times V$ ，$V=9.0$〔L〕

【 答 】 9.0L

1 温度一定で，250Pa，12.0L の気体の圧力を 150Pa にすると，体積は何 L になるか。

2 0℃，2.0×10^5Pa，6.0L の気体の体積を 2.5L にすると，圧力は何 Pa になるか。

例題2

圧力一定で，0℃，4.0L の気体の温度を 273℃にすると，体積は何 L になるか。

【解法】 シャルルの法則 $\dfrac{V_1}{T_1}=\dfrac{V_2}{T_2}$ より，

$$\frac{4.0}{0+273}=\frac{V}{273+273}\ ,\ V=8.0\text{〔L〕}$$

【 答 】 8.0L

3 圧力一定で，127℃，4.0L の気体の温度を 377℃にすると，体積は何 L になるか。

4 圧力一定で，27℃，2.0L の気体の体積を 3.0L にするには，温度を何℃すればよいか。

例題3

27℃，2.0×10^5Pa，4.0L の気体がある。この気体を 177℃，4.0×10^5Pa にすると，体積は何 L になるか。

【解法】 ボイル・シャルルの法則 $\dfrac{P_1V_1}{T_1}=\dfrac{P_2V_2}{T_2}$ より，

$$\frac{2.0\times10^5\times4.0}{27+273}=\frac{4.0\times10^5\times V}{177+273},\quad V=3.0\text{〔L〕}$$

【 答 】 3.0L

5　12℃，3.0×10^5Pa，6.0L の気体がある。この気体を 69℃，4.0L にすると，圧力は何 Pa になるか。

6　7℃，1.2×10^5Pa，4.0L の気体を，体積一定で，147℃にすると，圧力は何 Pa になるか。

例題4

27℃，16.6L，2.0mol の気体の圧力は何 Pa になるか。ただし，気体定数 $R=8.3\times10^3$Pa・L/（K・mol）

【解法】 気体の状態方程式 $PV=nRT$ より，

$P\times16.6=2.0\times8.3\times10^3\times(27+273)$，$P=3.0\times10^5$〔Pa〕

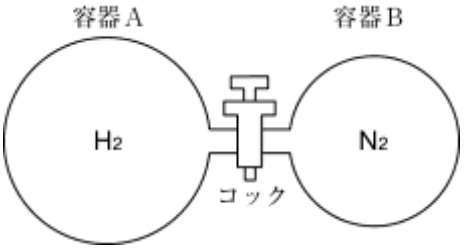
【 答 】 3.0×10^5Pa

7　127℃，1.2×10^5Pa，3.0mol の気体の体積は何 L になるか。ただし，気体定数 $R=8.3\times10^3$Pa・L/（K・mol）

8　27℃，1.0×10^5Pa，4.15L の気体の物質量は何 mol になるか。ただし，気体定数 $R=8.3\times10^3$Pa・L/（K・mol）

例題5

右図のように，容器 A と容器 B をつなぎ，コックを開いて一定温度で両気体を混合した。このとき，混合気体の全圧を求めよ。



【解法】 水素の分圧を P_{H_2}〔Pa〕，窒素の分圧を P_{N_2}〔Pa〕とおくと，ボイルの法則より，

水素について，$2.5\times10^5\times3.0=P_{H_2}\times(3.0+2.0)$，$P_{H_2}=1.5\times10^5$〔Pa〕

窒素について，$1.5\times10^5\times2.0=P_{N_2}\times(3.0+2.0)$，$P_{N_2}=6.0\times10^4$〔Pa〕

全圧は，水素の分圧と窒素の分圧の和なので，$1.5\times10^5+6.0\times10^4=2.1\times10^5$〔Pa〕

【 答 】 2.1×10^5Pa

9　温度一定で，気体 A（7.5×10^4Pa，200mL），気体 B（3.0×10^4Pa，100mL）を 600mL の容器に入れた。この混合気体の全圧を求めよ。

実戦問題演習

1　千葉工業大

次の問いに答えよ。ただし，気体は全て理想気体とし，気体定数は $R=8.3\times10^3$Pa・L/(K・mol)とする。

(1)　温度27℃，圧力 2.00×10^5Pa で体積30.0L の窒素がある。この窒素を，温度127℃，圧力 1.50×10^5Pa にすると，体積は何 L になるか。最も近い値を，次の(ア)～(オ)の中から一つ選べ。

（ア）　20.0　　（イ）　22.5　　（ウ）　40.0　　（エ）　53.3　　（オ）　188

(2)　室温で，3.0mol の窒素と 2.0mol の酸素を一定容積の容器に入れたところ，窒素の分圧は 6.0×10^4Pa になった。このとき，混合気体の全圧は何 Pa になるか。最も近い値を，次の(ア)～(オ)の中から一つ選べ。

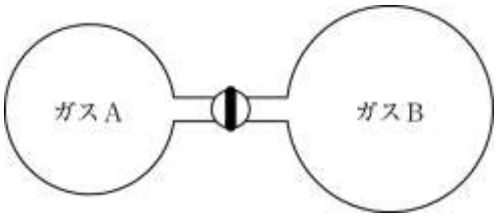
（ア）　1.0×10^4　　（イ）　4.0×10^4　　（ウ）　1.0×10^5　　（エ）　1.5×10^5　　（オ）　3.0×10^5

(3)　ある揮発性の液体 0.27g を完全に蒸発させると，その上記の体積は，47℃，1.0×10^5Pa で 0.10L であった。この物質の分子量はいくらか。最も近い値を，次の(ア)～(オ)の中から一つ選べ。

（ア）　34　　（イ）　44　　（ウ）　72　　（エ）　136　　（オ）　180

2　神戸学院大

次の図のように，0℃，1.0×10^6Pa のガス A が入った 0.50L の容器と，20℃，5.0×10^5Pa のガス B が入った 0.80L の容器を接続した。コックを開き，容器全体の温度を 15℃にしたときの混合気体の全圧に最も近い値を下の①～⑩の中から一つ選べ。

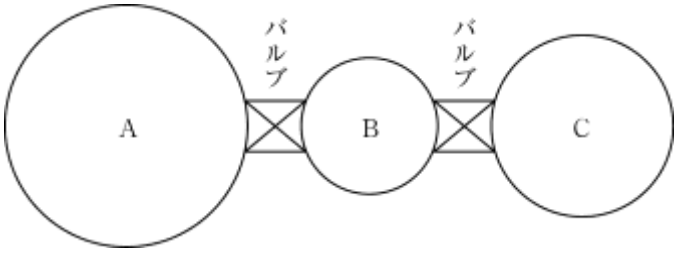


①　5.5×10^5Pa　　②　5.9×10^5Pa　　③　6.3×10^5Pa　　④　6.7×10^5Pa　　⑤　7.1×10^5Pa

⑥　7.5×10^5Pa　　⑦　7.9×10^5Pa　　⑧　8.1×10^5Pa　　⑨　8.5×10^5Pa　　⑩　8.9×10^5Pa

3　神奈川大・改

図のように 3 つの容器 A(体積 4L)，B(体積 1L)，C(体積 2L)が閉じたバルブによって連結されている。温度 27℃で容器 A には，1.0×10^5Pa の水素が，容器 B には 8.0×10^5Pa のヘリウムが，容器 C には 1.0×10^5Pa のアセチレンが入っている。以下の問いの答として，最も適切な数値を①～⑥の中からそれぞれ一つずつ選べ。なお，気体はすべて理想気体であるとし，バルブの体積は無視できるものとする。また，気体定数は，$R=8.3\times10^3$Pa・L/(mol・K)とする。



(1)　容器 A～C に入っている気体の物質量はそれぞれ何 mol か。

①　0.020　　②　0.040　　③　0.080　　④　0.16　　⑤　0.24　　⑥　0.32

(2)　2 つのバルブを開けて，3 種類の気体を十分に混合させたとき，容器内のヘリウムの分圧は何 Pa か。ただし，温度は 27℃で変わらないものとする。

①　1.4×10^3　　②　2.9×10^3　　③　5.7×10^4　　④　1.1×10^5　　⑤　2.3×10^5　　⑥　4.6×10^5

(3)　容器 B にヘリウムと一緒に触媒を入れておいたところ，バルブを開けたときアセチレンは水素と反応してすべてエタンに変化した(その化学反応式は次のとおりである。$C_2H_2 + 2H_2 \rightarrow C_2H_6$)。反応が完結した後の容器内の全圧は何 Pa か。ただし，触媒の体積は無視することができ，反応後の容器の温度は 27℃とする。

①　2.9×10^4　　②　5.7×10^4　　③　1.1×10^5　　④　1.4×10^5　　⑤　2.9×10^5　　⑥　5.7×10^5

4　群馬大

次の文章を読んで，以下の問いに答えよ。気体は理想気体として振る舞うものとする。また，数値は有効数字 2 桁で答えよ。なお，原子量は，H=1.0，O=16 とし，気体定数は，$R=8.31\times10^3$Pa・L/(mol・K)とする。

a 容積 10L の密閉容器に，エタン C_2H_6 および酸素 O_2 が，物質量比 1：4 で封入されている。このとき，容器内の混合気体の全圧は 1.0×10^5Pa で，温度は 27℃であった。

次に，b 容器内のエタンを完全燃焼させ，その後，再び 27℃まで冷却した。c 冷却後の容器内には水滴が確認された。

(1)　下線部 a で，容器内に封入されているエタンと酸素の物質量の合計を答えよ。

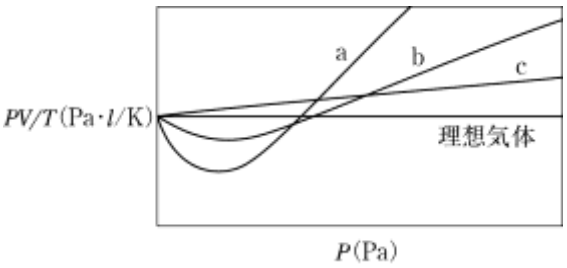
(2)　下線部 a における，容器内のエタンと酸素のそれぞれの分圧を答えよ。

(3)　下線部 b について，エタンの完全燃焼反応の化学反応式を記せ。

(4)　下線部 c で，容器内に生成していた水滴の質量は何 g か答えよ。ただし，燃焼の前後で容器の容積は変化しないものとし，27℃における水の飽和蒸気圧は 4.0×10^3Pa とする。また，生成した水滴の体積および水滴への気体の溶解は無視してよい。

5　甲南大・改

右図には，①～③という 3 種類の気体における T と圧力 P の関係が示してある。ここで，V は体積，T は絶対温度である。また，これら 3 種類の気体の物質量はすべて同じである。



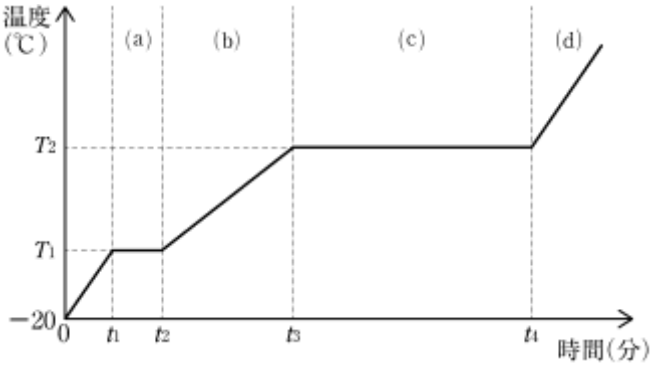
(1)　3 種類の気体がメタン，ヘリウム，二酸化炭素である場合，①～③はそれぞれどれに相当するか。ただし，すべて気体は同じ温度であるものとする。

(2)　①～③がすべて同じ物質であり，その温度だけが異なる場合，最も温度が高いのはどれか。

章　末　問　題

1　金沢大・改

図は，－20℃の氷 x〔g〕に大気圧 1.013×10^5Pa の下で毎分 y〔kJ〕の熱を加えたときの，加熱時間と温度の関係を示した概念図である。以下の問いに答えよ。



問１　図の(a)～(d)の時間では，水分子はどのような状態で存在しているか。水，氷，水蒸気を組み合わせて答えなさい。

問２　温度 T_1 および T_2 は何とよばれているか答えなさい。

問３　大気圧が下がると，T_2 はどのように変化するか。または変化しないかを答えなさい。

問４　氷の融解熱および水の蒸発熱はそれぞれ何 kJ/mol であるか。t_1，t_2，t_3，t_4，x，y を用いて答えなさい。

問５　0℃の氷 50g を 60℃の水 100g に入れたところ，氷は融けて水の温度は一定になった。他からの熱の出入りがないとき，水の温度は何℃になるか有効数字 3 桁で答えなさい。ただし，水の融解熱は 6.01kJ/mol，水 1g の温度を 1℃上げるのに必要な熱量は 4.18J とする。

2　広島大・改

次の文章を読み，以下の問いに答えよ。

試験管に入れた亜鉛と希硫酸を反応させたところ，気体 A が発生した。この A をあらかじめ試験管内で十分に発生させてから，水上置換によってメスシリンダーに捕集した。そのあと，メスシリンダーの中と外の水面の高さをそろえたところ，25℃，大気圧 P_{atm}＝1.010×10^5Pa において，メスシリンダーの中の気体の体積は 596mL であった。

問１　亜鉛と希硫酸の反応の化学反応式を書け。

問２　メスシリンダーの中の A の圧力を p_A，水蒸気圧を p_W とするとき，P_{atm}，p_A，p_W の間に成り立つ関係式を記せ。

問３　次の表は，純物質①～④の各温度における蒸気圧を示している。水は①～④のどれか。

純物質	蒸気圧(kPa)					
	0℃	25℃	50℃	75℃	100℃	125℃
①	1.590	7.889	29.45	88.69	226.2	505.7
②	0.6107	3.167	12.34	38.55	101.3	232.1
③	0.009777	0.08335	0.4629	1.822	6.059	16.29
④	24.68	71.22	170.2	353.0	655.6	1116

問４　表の値を用いて，メスシリンダーに捕集された A の物質量を有効数字 3 桁で求めよ。ただし，A は理想気体とする。気体定数は，8.31×10^3Pa・L/(mol・K)とする。

3　鳥取大

次の文を読み，以下の問いに答えよ。ただし，気体定数を 8.3×10^3Pa・L/(mol・K)とする。

2.0L の密閉容器に 27℃で，プロパンと酸素の混合気体が入っている。この混合気体の物質量の和は 0.080mol である。

この密閉容器内でプロパンを完全燃焼させたところ，容器内には水滴が生じ，27℃に温度を戻したときの容器内の圧力は 6.60×10^4Pa であった。燃焼前の容器内には，プロパンの完全燃焼に充分な酸素が存在していた。27℃の水の飽和蒸気圧は 3.6×10^3Pa とし，生じた水滴の体積は無視できるものとする。

問１　燃焼前におけるこの容器内の圧力を，有効数字 2 桁で答えよ。

問２　プロパンが完全燃焼するときの化学反応式を書け。

問３　燃焼前のプロパンおよび酸素それぞれの物質量を，有効数字 2 桁で答えよ。

4　千葉大

次の文章を読み，下の問い(問１～問３)に答えなさい。ただし，CO_2=44，N_2=28，気体定数を 8.3×10^3Pa・L/(mol・K)とする。

下の表は，分圧 1.0×10^5Pa，温度 0℃および 20℃において，水 1.00L に溶解する二酸化炭素と窒素の物質量を表している。

	二酸化炭素	窒素
0℃	7.7×10^{-2}mol	1.0×10^{-3}mol
20℃	3.9×10^{-2}mol	6.8×10^{-4}mol

温度，圧力，体積を変えられる容器を用意し，次の操作(1)～(3)を順に続けて行った。以下では，ヘンリーの法則が成り立つとし，水の体積変化および蒸気圧は無理できるとする。

操作(1)　この容器に水 1.00L を入れ，圧力 2.0×10^5Pa の二酸化炭素と 20℃において平衡状態に達した後，密閉した。このとき，容器中の気体の二酸化炭素の体積は，0.20L であった。

操作(2)　次に，密閉状態を保ち，体積一定のまま，全体の温度を 0℃に冷却し，平衡状態にした。

操作(3)　さらに，容器の体積を変えずに，温度を 0℃に保ちながら，二酸化炭素を逃がさないように容器に窒素を注入し，全圧 2.0×10^5Pa において，平衡状態にした。

問１　操作(1)の後，水に溶けている二酸化炭素の質量を有効数字 2 桁で求めなさい。

問２　操作(2)を行った後の，気体の圧力および水に溶けている二酸化炭素の質量を有効数字 2 桁で求めなさい。ただし，水は液体の状態を保っていたとする。

問３　操作(3)の後，水に溶けている二酸化炭素の質量を有効数字 2 桁で，水に溶けている窒素の質量を有効数字 1 桁で求めなさい

5　東京薬科大

アルゴンについて，(1)〜(3)に答えよ。

(1)　アルゴンの原子半径は，およそ 1.9×10^{-10}m である。1mol のアルゴン分子自身が占める体積は何 m^3 か。最も近い値をａ〜ｅから選べ。ただし，円周率は 3 とする。

ａ　1.6×10^{-7}　　ｂ　9.2×10^{-7}　　ｃ　1.6×10^{-6}　　ｄ　9.2×10^{-6}　　ｅ　1.6×10^{-5}

(2)　標準状態におけるアルゴンの気体 1mol の体積は 22.4L である。このうち，アルゴン分子自身が占める体積は何%か。最も近い値を a〜e から選べ。

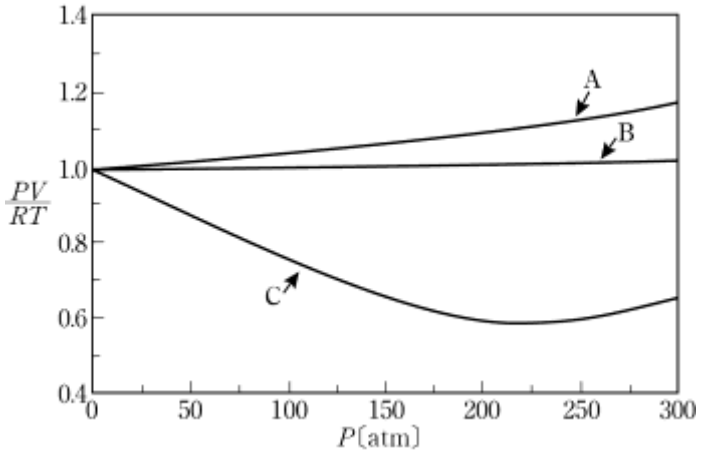
ａ　0.00071　　ｂ　0.0041　　ｃ　0.0071　　ｄ　0.041　　ｅ　0.071

(3)　標準状態におけるアルゴンの体積は，理想気体とほぼ同じである。この理由として，適切なものをａ〜ｅから 2 つ選べ。

ａ　分子運動のエネルギーが小さいから　　ｂ　非共有電子対をもつから
ｃ　分子自身の占める体積が大きいから　　ｄ　分子自身の占める体積が小さいから
ｅ　分子間力がほとんどないから

6　センター試験

図の曲線は，ヘリウム，窒素，二酸化炭素について，温度 T〔K〕を一定(373K)にして，圧力 P〔atm〕を変えながら，1mol 当たりの体積 V〔L/mol〕を測定し，RT の値を求めて描いたものである。曲線 A，B，C に対応する気体の組合せとして正しいものを，次の①〜⑥のうちから一つ選べ。ただし，R は，気体定数である。



	A	B	C
①	He	N_2	CO_2
②	He	CO_2	N_2
③	N_2	He	CO_2
④	N_2	CO_2	He
⑤	CO_2	He	N_2
⑥	CO_2	N_2	He

7　東京工業大

実在気体に関する次の記述のうち，誤っているものはどれか。

(1)　物質量，体積を一定にして温度を上げると圧力が上がるのは，分子の熱運動が激しくなるからである。

(2)　物質量，体積を一定にして体積を増やすと圧力が下がるのは，単位時間に単位面積あたりの容器の壁にぶつかる分子数が減るからである。

(3)　温度が一定の条件下では，個々の分子は速さを変えずに運動しつづける。

(4)　温度が等しくても気体分子の種類が異なれば，一般に分子の平均の速さは異なる。

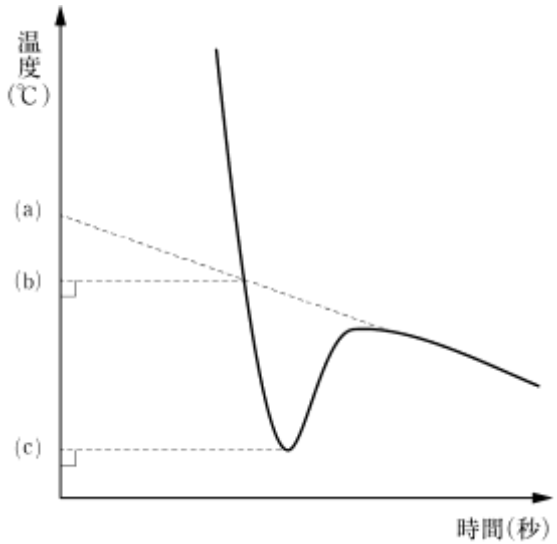
(5)　同じ温度，体積，物質量では，気体の圧力は気体分子の種類によらず一定である。

(6)　低圧条件下の実在気体が高温で理想気体に近づくのは，分子の熱運動が激しくなり，分子間力が無視できるようになるからである。

8　北海道大・改

純水 100g にスクロース(ショ糖) 0.010mol が溶解した水溶液(溶液 A)，純水 200g に 0.010mol のスクロースが溶解した水溶液(溶液 B)，および純水 100g に塩化ナトリウム 0.010mol が溶解した水溶液(溶液 C)を用意して，その沸点と浸透圧を比較した。

問１　溶液 A～C の凝固点を求めるために，溶液を氷と食塩水(寒剤)でゆっくり冷却しながら，溶液の温度を測定したところ下図の冷却曲線(実線)を得た。凝固点に最も近いものを(a)～(c)から選び，記号で答えよ。



問２　溶液 A，B，C および純水のうち，沸点の高いものから順に並べたものを①～④から選び，番号で答えよ。

①　C＞A＞B＞純水　　②　A＞B＞C＞純水

③　純水＞C＞B＞A　　④　A＝C＞B＞純水

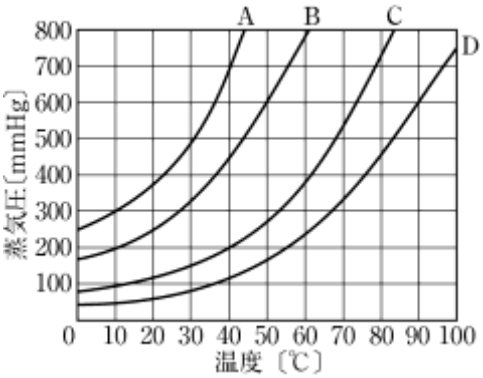
問３　溶液 B の凝固点は，－0.093℃であった。溶液 C を冷却して純粋な氷が 50g できるときの温度〔℃〕を求めよ。

問４　溶液 B の 27℃における浸透圧は，1.2×10^5Pa であった。溶液 A を 57℃にしたときの浸透圧〔Pa〕を求めよ。

9　弘前大

図１のように温度に対して蒸気圧が変化する化合物 A から D がある。これらの化合物について，以下の問いに答えよ。

図１



問１　化合物 A から D の中で，沸点が最も高いものはどれか。

問２　化合物 C を 40℃で沸騰させるためには，外部の圧力をいくら以下にしなければならないか。

問３　80℃，400mmHg の条件から，圧力一定のまま温度を 40℃まで下げていくと，化合物 A から D のうち状態変化が起こるものを答えよ。また，その状態変化の名称も答えよ。

問４　化合物 D の液体に砂糖を少量溶解させると，蒸気圧曲線は純粋な D に比べて，高圧側に移動する，低圧側に移動する，変化しない，のいずれになるか答えよ。

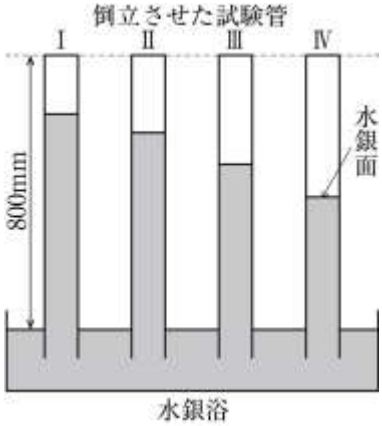
問５　化合物 D の液体に化合物 C の液体を少量溶解させると，その溶液の融点は純粋な D の場合に比べて，どうなるか答えよ。

問６　化合物 A から D の分子の大きさや形が同じであると仮定した場合，最も理想気体に近い気体になる化合物はどれか答えよ。また，そのように考える理由も説明せよ。

問７　化合物 A から D を用いて以下の実験を行った。

〔実験〕4 本の試験官に水銀を満たし，これを水銀浴表面から高さ 800mm だけ出るようにして倒立させると，試験管内上端に空洞ができた。先を曲げたスポイトで化合物 A から D の液体の少量を別々の試験管内に入れると，液体は試験管内の水銀表面に浮かび，ほとんどが蒸発し，飽和蒸気圧に達した。その結果，水銀面の高さは図２のようになった。なお，実験中の温度は 10℃，外部の圧力は 1.013×10^5Pa に保たれていた。

図２



(1)　図２の試験官ⅠからⅣのうち，化合物 B の液体を注入したものはどれか。

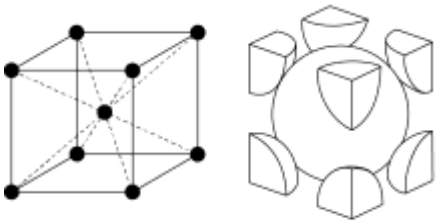
(2)　化合物 B の液体を注入した試験管の場合，水銀面は試験管の上端から何 mm 下がるか。

(3)　試験管ⅡからⅣに含まれる蒸気を 1 つの試験官にまとめた。いずれの化合物の蒸気も理想気体として振る舞うと仮定した場合，蒸気中に最も多く含まれる化合物のモル分率はいくらになるか。

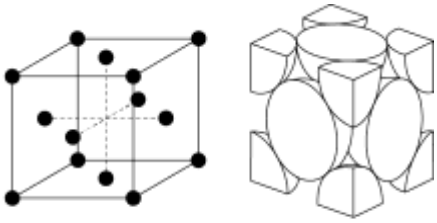
(4)　水銀を満たした試験管を上端の高さ 600mm に変えて水銀浴に倒立させ，化合物 B の液体を注入すると，水銀面は注入前に比べて何 mm 下がるか。

10　鹿児島大

一種類の元素からなる金属の結晶格子(1)および(2)について，次の問いに答えなさい。



(1)



(2)

問１　図の結晶格子(1)および(2)の名称を答えなさい。

問２　図の結晶格子(1)および(2)の単位格子中に含まれる原子の個数はいくらか，答えなさい。

問３　結晶格子(1)および(2)において，配位数(1 個の原子にもっと近接する原子の個数)はいくらか，答えなさい。

問４　次に示す金属のうち，結晶格子(1)および(2)をつくるものをすべて選び，元素記号で答えなさい。

ナトリウム，マグネシウム，アルミニウム，カリウム，銅，亜鉛

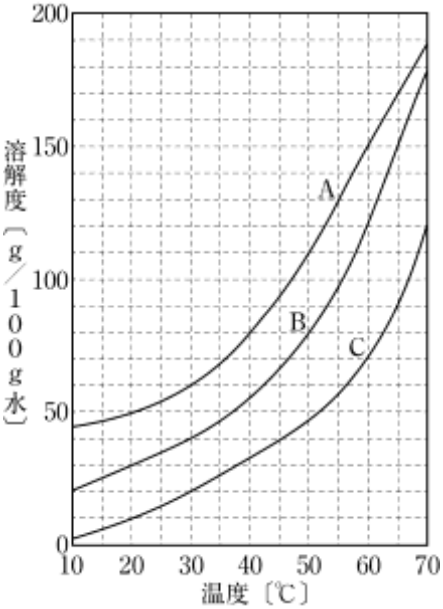
問５　鉄は常温では(1)の結晶格子をつくる。このとき，鉄の結晶 1cm^3 の中には何個の鉄原子が含まれているか。また，鉄原子 1 個の質量は何 g になるか。いずれも有効数字 2 桁で答えなさい。ただし，このときの結晶格子(1)の単位格子の体積を 2.4×10^{-23}cm^3，鉄の密度を 7.9g/cm^3 とする。

問６　鉄は温度上昇に伴って，900℃付近までは(1)の結晶格子をつくるが，900～1400℃の温度では結晶格子が(2)に変化する。鉄の結晶格子が(1)から(2)に変化したとき，鉄の密度は何倍になるか，有効数字 2 桁で答えなさい。ただし，鉄の原子の直径を 2.5×10^{-8}cm，鉄の結晶格子(1)および(2)における単位格子の体積をそれぞれ 2.4×10^{-23}cm，4.3×10^{-23}cm とする。

11 関西大

次の文の［　　］に入れる数値を，必要なら四捨五入して求め，記入しなさい。なお，原子量は H＝1，O＝16 とする。

一般に固体の溶解度は，ある温度で溶媒 100g に溶かすことのできる最大限の溶質の質量〔g〕であらわされる。ただし，結晶水を含む化合物が水に溶ける場合には，結晶水を含まない溶質の質量〔g〕であらわされる。図に化合物 A，B および C の無水塩の水への溶解度曲線を示す。なお，水溶液から析出するとき A および C は無水塩として析出し，B は五水和物（B・5H_2O）として析出する。また，B の式量は 180 である。



30℃の A の飽和溶液 240g がある。この飽和水溶液の質量パーセント濃度は［(1)］%である。この飽和水溶液を 20℃まで冷却すると［(2)］g の A が析出する。

B の五水和物 180g を溶かした 50℃の水溶液が 320g ある。この水溶液の B の質量パーセント濃度は［(3)］%である。この水溶液を 30℃まで冷却すると，B の五水和物［(4)］g が析出する。

A80g と C20g を溶かした 60℃の混合水溶液が 200g ある。この水溶液を 20℃まで徐々に冷却するとき，得られる析出物(A と C の混合物)に含まれる A の質量パーセントは［(5)］%である。この冷却過程で A は［(6)］℃で析出し始め，C は［(7)］℃で析出し始める。なお，溶解度は共存する他の溶質の影響を受けないものとする。

1　状態変化

P.4

基本確認

ア：融解　**イ**：凝固　**ウ**：蒸発　**エ**：凝縮
オ：昇華　**カ**：融解熱　**キ**：凝固熱
ク：蒸発熱　**ケ**：凝縮熱　**コ**：分子間力
サ：高い　**シ**：ファンデルワールス力
ス：大きい　**セ**：極性
ソ・タ・チ：窒素，酸素，フッ素(順不同)
ツ：水素　**テ**：化学　**ト**：大きい(強い)
ナ：共有結合の結晶　**ニ**：1.013×10^5
ヌ：760　**ネ**：気液平衡
ノ：飽和蒸気圧(蒸気圧)　**ハ**：沸騰　**ヒ**：沸点
フ：蒸気圧曲線　**ヘ**：融解曲線
ホ：昇華圧曲線　**マ**：三重点
ミ：臨界点　**ム**：超臨界流体

P.5

実戦問題演習

1　(1)　固体　(2)　融点
(3)　液体　(4)　沸点
(5)　分子間力を断ち切り，分子がバラバラになるために，加えられたエネルギーが使われるため。
(6)　気体

2　③

解説　①　氷の質量を２倍にすると，領域Ａで加熱時間は２倍になる。よって，直線の傾きはゆるやかになるので誤り。

②　氷の質量を２倍にすると，領域Ｂで加熱時間は２倍になるので誤り。

③　熱量を２倍にすると，領域Ａで加熱時間は$\frac{1}{2}$倍になる。よって，直線の傾きは２倍になるので正しい。

④　熱量を２倍にすると，領域Ａで加熱時間は$\frac{1}{2}$倍になるので誤り。

P.6

3　ア：水素結合　イ：電気陰性度　ウ：電荷
エ：極性

4　③

解説　Ａ：構造が似ている分子では，分子間力の大きさは分子量に比例して大きくなるので沸点も分子量に比例して高くなる。水素，塩素，臭素では周期表より，臭素が最も原子量が大きいことがわかるので，CBr_4が最も沸点が高いと考えられる。

Ｂ：Ａで考えたように構造が似ている分子では，分子量に比例して沸点が高くなるが，水素結合をする分子の場合例外的に沸点が分子量に比べて異常に高くなる。よって，沸点が最も高いのは水である。

5　ａ：圧力　ｂ：水素結合　ｃ：位置
ｄ：融解　ｅ：蒸発　ｆ：蒸発熱
ｇ：凝縮　ｈ：気液平衡　ｉ：飽和蒸気圧

P.7

6　(1)　ａ　(2)　ｃ　(3)　90℃
(4)　3.0×10^4Pa

7　ア：(4)　イ：(1)　ウ：(3)　エ：(8)
オ：(7)　カ：(11)　キ：(10)　ク：(12)

解説　一般的には，圧力を上げると融点も上がるが，水の場合は融解曲線の傾きが右下がりなので，例外的に圧力を上げると融点が低下する。

2　気体の性質

P.10

基本確認

ア：体積　**イ**：反比例　**ウ**：体積　**エ**：比例
オ：反比例　**カ**：比例　**キ**：$PV=nRT$
ク：状態方程式　**ケ**：8.31×10^3
コ：分圧　**サ**：和　**シ**：モル分率　**ス**：全圧
セ：大気圧　**ソ**：飽和蒸気圧　**タ**：体積
チ：分子間力　**ツ**：高　**テ**：低

1　20L

解説　求める体積を V_2〔L〕とすると，ボイルの法則 $P_1V_1=P_2V_2$ より，

$$250\times12.0=150\times V_2$$

これを解いて，$V_2=20$〔L〕

2　4.8×10^5Pa

解説　求める圧力を P_2〔Pa〕とすると，ボイルの法則 $P_1V_1=P_2V_2$ より，

$$2.0\times10^5\times6.0=P_2\times2.5$$

これを解いて，$P_2=4.8\times10^5$〔Pa〕

3　6.5L

解説　求める体積を V_2〔L〕とすると，シャルルの法則 $\dfrac{V_1}{T_1}=\dfrac{V_2}{T_2}$ より，

$$\frac{4.0}{127+273}=\frac{V_2}{377+273}$$

これを解いて，$V_2=6.5$〔L〕

4　177℃

解説　求める温度を T〔K〕とすると，シャルルの法則 $\dfrac{V_1}{T_1}=\dfrac{V_2}{T_2}$ より，

$$\frac{2.0}{27+273}=\frac{3.0}{T}$$

これを解いて，$T=450$〔K〕

よって，$450-273=177$〔℃〕

P.11

5　5.4×10^5Pa

解説　求める圧力を P_2〔Pa〕とすると，ボイル・シャルルの法則 $\dfrac{P_1V_1}{T_1}=\dfrac{P_2V_2}{T_2}$ より，

$$\frac{3.0\times10^5\times6.0}{12+273}=\frac{P_2\times4.0}{69+273}$$

これを解いて，$P_2=5.4\times10^5$〔Pa〕

6　1.8×10^5Pa

解説　求める圧力を P〔Pa〕とすると，ボイル・シャルルの法則 $\dfrac{P_1V_1}{T_1}=\dfrac{P_2V_2}{T_2}$ より，

$$\frac{1.2\times10^5\times V}{7+273}=\frac{P\times V}{147+273}$$

これを解いて，$P=1.8\times10^5$〔Pa〕

7　83L

解説　求める体積を V〔L〕とすると，気体の状態方程式 $PV=nRT$ より，

$$1.2\times10^5\times V=3.0\times8.3\times10^3\times(127+273)$$

これを解いて，$V=83$〔L〕

8　0.5mol

解説　求める体積を n〔mol〕とすると，気体の状態方程式 $PV=nRT$ より，

$$1.0\times10^5\times4.15=n\times8.3\times10^3\times(27+273)$$

これを解いて，$n=0.50$〔mol〕

9　3.0×10^4Pa

解説　気体Ａの分圧を P_A〔Pa〕，気体Ｂの分圧を P_B〔Pa〕とおくと，ボイルの法則より，気体Ａについて，

$$7.5\times10^4\times200=P_A\times600$$

これを解いて，$P_A=2.5\times10^4$〔Pa〕

また，気体Ｂについて，

$$3.0\times10^4\times100=P_B\times600$$

これを解いて，$P_B=0.50\times10^4$〔Pa〕

よって，全圧は，気体Ａの分圧と気体Ｂの分圧の和なので，

$$2.5\times10^4+0.50\times10^4=3.0\times10^4\text{〔Pa〕}$$

P.12

実戦問題演習

1　(1)　(エ)　(2)　(ウ)　(3)　(ウ)

解説　(1)　ボイル・シャルルの法則より，求める体積を V〔L〕とすると，

$$\frac{2.00\times10^5\times30.0}{27+273}=\frac{1.50\times10^5\times V}{127+273}$$

これを解いて，$V\fallingdotseq53.3$〔L〕

(2)　分圧＝全圧×モル分率より，求める全圧を P〔Pa〕とすると，

$$6.0\times10^4=P\times\frac{3.0}{3.0+2.0}$$

これを解いて，$P=1.0\times10^5$〔Pa〕

(3) $PV=\frac{w}{M}RT$ より，$M=\frac{wRT}{PV}$ となるから，

$$M=\frac{0.27\times8.3\times10^3\times(47+273)}{1.0\times10^5\times0.10}\fallingdotseq71.7$$

2 ⑤

解説 A，B の分圧をそれぞれ P_A〔Pa〕，P_B〔Pa〕とすると，ボイル・シャルルの法則より，

$$\frac{1.0\times10^6\times0.50}{273}=\frac{P_A\times(0.50+0.80)}{15+273}$$

これを解いて，$P_A\fallingdotseq4.1\times10^5$〔Pa〕

$$\frac{5.0\times10^5\times0.80}{20+273}=\frac{P_B\times(0.50+0.80)}{15+273}$$

これを解いて，$P_B\fallingdotseq3.0\times10^5$〔Pa〕

よって，$P_A+P_B\fallingdotseq7.1\times10^5$〔Pa〕

P.13

3 (1)A：④，B：⑥，C：③

(2) ④　(3) ④

解説 (1) A, B, C それぞれの容器に入っている気体の物質量を n_A〔mol〕，n_B〔mol〕，n_C〔mol〕とおくと，状態方程式より，

$1.0\times10^5\times4=n_A\times8.3\times10^3\times(27+273)$

これを解いて，$n_A\fallingdotseq0.16$〔mol〕

$8.0\times10^5\times1=n_B=8.3\times10^3\times(27+273)$

これを解いて，$n_B\fallingdotseq0.32$〔mol〕

$1.0\times10^5\times2=n_C\times8.3\times10^3\times(27+273)$

これを解いて，$n_C\fallingdotseq0.080$〔mol〕

(2) ボイルの法則より，求める圧力を V〔L〕とすると，

$8.0\times10^5\times1=V\times(4+1+2)$

これを解いて，$V\fallingdotseq1.14\times10^5$〔Pa〕

(3) 化学反応式より，0.080mol のエタンが生成することがわかる。よって，物質量は 0.32mol のヘリウムと合わせて 0.40mol となる。分圧＝全圧×モル分率より，求める全圧を P〔Pa〕とすると，

$$1.14\times10^5=P\times\frac{0.32}{0.40}$$

これを解いて，$P=1.4\times10^5$〔Pa〕

4 問１　0.40mol

問２　エタン：2.0×10^4Pa，酸素：8.0×10^4Pa

問３　$2C_2H_6+7O_2\rightarrow4CO_2+6H_2O$

問４　4.0g

解説 問１　状態方程式より，

$1.0\times10^5\times10=n\times8.31\times10^3\times(27+273)$

これを解いて，$n\fallingdotseq0.40$〔mol〕

問２　分圧比＝物質量比より，エタンの分圧は，

$$1.0\times10^5\times\frac{1}{1+4}=2.0\times10^4\text{〔Pa〕}$$

酸素の分圧は，

$$1.0\times10^5\times\frac{4}{1+4}=8.0\times10^4\text{〔Pa〕}$$

問４　化学反応式より，エタンから水は３倍量生成することがわかる。水の物質量は分圧に比例するから，液体で存在する水の物質量は，

$$0.4\times\frac{1}{1+4}\times3-0.4\times\frac{4.0\times10^3}{1.0\times10^5}$$

$=0.224$〔mol〕

5 (1)①：二酸化炭素，②：メタン，③：ヘリウム

(2) ③

解説 (1) ３種類の気体の中でヘリウムは分子量が最も小さいので，分子間力も小さく，理想気体とのずれが最も少なくなる。よって，③はヘリウムとなる。その逆で，二酸化炭素の分子量は最も大きいため理想気体とのずれが最も大きくなり，①が二酸化炭素となる。

(2) 温度が高い場合，分子の熱運動が激しくなるため分子間力の影響が小さくなり，理想気体に近づく。よって，③が理想気体に最も近いため，最も温度が高いと考えられる。

章末問題

P.32

1　問１　(a)　氷と水　　(b)　水

(c)　水と水蒸気　　(d)　水蒸気

問２　T_1：融点　　T_2：沸点

問３　低くなる。

問４　融解熱：$\dfrac{18y(t_2-t_1)}{x}$

蒸発熱：$\dfrac{18y(t_4-t_3)}{x}$

問５　13.4℃

解説　問４　(融解熱)毎分 ykJ の熱量を(t_2-t_1)分加えたので，全熱量は，$y(t_2-t_1)$kJ。また，氷の物質量は，$\dfrac{x}{18}$ mol だから，氷の融解熱は，

$$\frac{y(t_2-t_1)}{\frac{x}{18}}=\frac{18y(t_2-t_1)}{x}\ \text{〔kJ/mol〕}$$

(蒸発熱)毎分 ykJ の熱量を(t_4-t_3)分加えたので，全熱量は，$y(t_4-t_3)$kJ。また，水の物質量は，$\dfrac{x}{18}$ mol だから，水の蒸発熱は，

$$\frac{y(t_4-t_3)}{\frac{x}{18}}=\frac{18y(t_4-t_3)}{x}\ \text{〔kJ/mol〕}$$

問５　水の温度が t〔℃〕になったとすると，60℃の水が放出した熱量は，

$4.18\times100\times(60-t)$〔kJ〕

また，氷が融けるときに吸収した熱量は，

$6.01\times10^3\times\dfrac{50}{18}$〔kJ〕

であり，さらに，t℃まで温度を上げるために吸収した熱量は，

$4.18\times50\times t$〔kJ〕

したがって，

$$4.18\times100\times(60-t)=6.01\times10^3\times\frac{50}{18}+4.18\times50\times t$$

これを解いて，$t\fallingdotseq13.37$〔℃〕

2　問１　$Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2$

問２　$P_{atm}=p_A+p_W$

問３　②

問４　2.35×10^{-2}mol

解説　問２　メスシリンダー内の全圧は p_A+p_W であり，水面の高さをそろえているので，全圧は大気圧に一致する。よって，$P_{atm}=p_A+p_W$

問３　水の沸点である100℃の蒸気圧が1013hPa(＝101.3kPa)であることから，②とわかる。

問４　表より，25℃での水の蒸気圧は3.167kPa である。捕集された気体Ａの分圧は，$P_{atm}=p_A+p_W$ の関係より，$p_A=P_{atm}-p_W$ だから，

$p_A=1.010\times10^5-3.167\times10^3=9.783\times10^4$〔Pa〕

物質Ａの物質量を n〔mol〕とすると，状態方程式より，

$9.783\times10^4\times0.596=n\times8.31\times10^3\times(25+273)$

これを解いて，$n\fallingdotseq2.354\times10^{-2}$〔mol〕

P.33

3　問１　1.0×10^5Pa

問２　$C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$

問３　プロパン：1.0×10^{-2}mol

酸素：7.0×10^{-2}mol

解説　問１　容器内の圧力を P〔Pa〕とすると，状態方程式より，

$P\times2.0=0.080\times8.3\times10^3\times(27+273)$

これを解いて，$P\fallingdotseq9.96\times10^4$〔Pa〕

問３

	C_3H_8	+	$5O_2$	→	$3CO_2$	+	$4H_2O$
燃焼前	x		$0.080-x$		0		0
燃焼後	0		$0.080-6x$		$3x$		$4x$

燃焼後の酸素と二酸化炭素の混合気体について，状態方程式を利用すると，

$(6.60\times10^4-3.6\times10^3)\times2.0=$

$(0.080-6x+3x)\times8.3\times10^3\times(27+273)$

これを解いて，$x\fallingdotseq9.96\times10^{-3}$〔mol〕

よって，プロパンの物質量は 1.0×10^{-2}mol，酸素の物質量は，

$0.080-9.96\times10^{-3}=7.0\times10^{-2}$〔mol〕

4　問１　3.4g

問２　気体の圧力：1.1×10^5Pa

二酸化炭素の質量：3.7g

問３　二酸化炭素：3.7g

窒素：3×10^{-2}g

解説　問１　水に溶ける二酸化炭素の物質量は圧力に比例するので，

$$3.9\times10^{-2}\times\frac{2.0\times10^5}{1.0\times10^5}=7.8\times10^{-2}\ \text{〔mol〕}$$

$CO_2=44$ より，

$7.8\times10^{-2}\times44\fallingdotseq3.4$〔g〕

問２　操作(1)での気体の二酸化炭素の物質量を n_{CO_2} とすると，状態方程式より，

$2.0\times10^5\times0.20=n_{CO_2}\times8.3\times10^3\times(20+273)$

これを解いて，$n_{CO_2}\fallingdotseq1.64\times10^{-2}$〔mol〕

よって，容器内の二酸化炭素の全量は，問１より，

$7.8\times10^{-2}+1.64\times10^{-2}=9.44\times10^{-2}$〔mol〕

0℃での気体の圧力を P〔Pa〕，水に溶けている二酸化炭素の物質量を n〔mol〕とすると，ヘンリーの法則より，

$$7.7\times10^{-2}\times\frac{P}{1.0\times10^5}=n \quad \cdots①$$

また，容器内の二酸化炭素の全体の物質量は変わらないので，状態方程式より，

$$P\times0.20=(9.44\times10^{-2}-n)\times8.3\times10^3\times273 \quad \cdots②$$

①，②より，

$P\fallingdotseq1.1\times10^5$〔Pa〕，$n=8.47\times10^{-2}$〔mol〕

よって，二酸化炭素の質量は，

$8.47\times10^{-2}\times44\fallingdotseq3.7$〔g〕

問３　体積も圧力も一定なので，二酸化炭素の分圧は変化しない。よって，水に溶けている二酸化炭素の量も変わらない。

窒素の分圧は，

$2.0\times10^5-1.1\times10^5=9.0\times10^4$〔Pa〕

水に溶けている窒素の量は分圧に比例するので，

$$1.0\times10^{-3}\times\frac{9.0\times10^4}{1.0\times10^5}\times28\fallingdotseq3.0\times10^{-2}\text{〔g〕}$$

P.34

5　(1)　e　　(2)　e　　(3)　d，e

解説

(1)　$\frac{4}{3}\times3\times(1.9\times10^{-10})^3\times6.0\times10^{23}$

$\fallingdotseq1.64\times10^{-5}$〔$m^3$〕

(2)　$\frac{1.64\times10^{-5}\times1000}{22.4}\times100\fallingdotseq0.0732$〔%〕

6　③

解説　理想気体の場合，$PV=nRT$ が厳密に成り立つので，1mol の理想気体の場合，PV/RT の値は圧力に関係なく一定となる。B がそれに当たる。ヘリウムは，他の２つに比べて分子量も非常に小さく単原子分子であるため理想気体に近い振舞いをする。よって，B がヘリウムと考えられる。二酸化炭素は分子間力が大きいため，体積が減少していき，PV/RT の値は小さくなっていく。よって，C が二酸化炭素と考えられる。

P.35

7　(3)，(5)

解説　(3)　温度が一定のとき，気体の種類ごとに分子平均の速さは決まっているが，１つ１つの分子の速さは異なっているので，誤り。

(5)　実在気体では，分子間力がはたらくなどのため，状態方程式（$PV=nRT$）には従わない。よって，温度，体積，物質量が同じでも気体の圧力は異なる。

8　問１　(b)　　問２　①

問３　−0.74℃　　問４　2.6×10^5Pa

解説　問２　塩化ナトリウムが電解質で電離することを考慮すると，溶液A〜C の溶質粒子の質量モル濃度は，

溶液A：0.10mol/kg

溶液B：0.050mol/kg

溶液C：0.20mol/kg

沸点上昇度は，溶質の質量モル濃度に比例するので，C＞A＞B＞純水

問３　溶液B の凝固点降下度より，水のモル凝固点降下を K_f〔K・kg/mol〕とすると，

$0.093=K_f\times0.050$

$K_f=1.86$〔K・kg/mol〕

溶液C では，50g が氷になるので溶媒が 50g になる。よって，質量モル濃度は，

$$0.010\times\frac{1000}{50}\times2=0.40\text{〔mol/kg〕}$$

したがって，凝固点降下度は，

$1.86\times0.40=0.744$

よって，凝固点は，−0.74℃

問４　溶液が非常に薄いので，質量モル濃度＝モル濃度と考え，溶液B についての浸透圧より，

$1.2\times10^5=0.050\times R\times(27+273)$

これを解いて，$R=8.0\times10^3$

よって，57℃の溶液A の浸透圧は，

$\Pi=0.10\times8.0\times10^3\times(57+273)$

$\fallingdotseq2.6\times10^5$〔Pa〕

P.36

9　問１　D　　問２　200mmHg

問３　C，D　　変化の名称：凝縮

問４　低圧側に移動する。　　問５　下がる

問６　Ａ；最も沸点が低く，分子間力が弱いと考えられるため。

問７(1)　Ⅲ　　(2)　240mm

(3)　0.50　　(4)　40mm

解説　問１・２　蒸気圧が外圧(760mmHg)と等しくなると沸騰する。

問４　蒸気圧降下が起こるため，低圧側に移動する。

問７(1)　化合物Ｂは，10℃での蒸気圧が２番目に高いので，水銀液面を２番目に大きく押し下げることになる。

(2)　試験管内に760mmHgの水銀柱が生じるので，

$800-760+200=240$〔mm〕

(3)　分圧比＝物質量比より，モル分率は，

$$\frac{300}{300+200+100}=0.50$$

(4)　$(600-760)+200=40$〔mm〕

P.37

10　問１(1)　体心立方格子　　(2)　面心立方格子

問２(1)　２個　　(2)　４個

問３(1)　8　　(2)　12

問４(1)　Na，K　　(2)　Al，Cu

問５　8.3×10^{22}個，9.5×10^{-23}g

問６　1.1倍

解説　問５　鉄原子の個数は，

$$\frac{2}{2.4\times10^{-23}}\fallingdotseq8.33\times10^{22}\text{〔個〕}$$

鉄原子１個の質量は，

$$\frac{7.9}{8.33\times10^{22}}\fallingdotseq9.48\times10^{-23}\text{〔g〕}$$

問６　アボガドロ定数をN，Feの原子量をM，体心立方格子の密度をd_1，面心立方格子の密度をd_2とすると，

$$d_1=\frac{\frac{2}{N}\times M}{2.4\times10^{-23}},\quad d_2=\frac{\frac{4}{N}\times M}{4.3\times10^{-23}}$$

よって，密度の変化は，$\dfrac{d_2}{d_1}\fallingdotseq1.12$

11　(1)　38　　(2)　15　　(3)　38　　(4)　75

(5)　75　　(6)　40　　(7)　30

解説　(1)　Ａの30℃での溶解度は60gなので，

$$\frac{60}{100+60}\times100=37.5\text{〔\%〕}$$

(2)　析出量をx〔g〕とすると，

$$\frac{x}{240}=\frac{60-50}{100+60}$$

これを解いて，$x=15$〔g〕

(3)　$$\frac{180\times\dfrac{180}{180+18\times5}}{320}\times100\fallingdotseq38\text{〔\%〕}$$

(4)　Ｂ五水和物の析出量をy〔g〕とすると，

$$\frac{40}{100+40}=\frac{180\times\dfrac{180}{180+18\times5}-y\times\dfrac{180}{180+18\times5}}{320-y}$$

これを解いて，$y=75$〔g〕

(5)〜(7)　混合溶液中の水の質量は100gだから，それぞれの析出する温度は図のそれぞれの溶解度曲線から読む。20℃でＡは30g，Ｂは10g析出するので，析出物に含まれるＡの質量パーセント濃度は，

$$\frac{30}{30+10}\times100=75\text{〔\%〕}$$