

高2東大化学

高2京大・阪大化学



目次

はじめに	2
14章 気体の法則	4
15章 混合気体, 気液平衡	14
16章 状態変化をともなう混合気体	26
17章 蒸気圧降下, 沸点上昇, 凝固点降下	32
18章 浸透圧, コロイド	40
19章 反応速度	52
20章 化学平衡	64
21章 無機物質① 元素の周期表, ハロゲン	74
22章 無機物質② 酸素, 硫黄	88
23章 無機物質③ 窒素, リン, 炭素, ケイ素	96
24章 無機物質④ 気体の発生と捕集	108
25章 無機物質⑤ アルカリ金属・アルカリ土類金属	118
26章 無機物質⑥ アルミニウム, 亜鉛, 鉛	130
付録 元素の周期表	138

はじめに

1. Z会の教室 理科の指導方針

基本法則・基本知識を確実に理解し、法則の運用方法を身につけること、知識を体系化することを目標とします。また、選び抜かれた入試問題やオリジナル問題を通して、法則・知識の運用能力を高度に養成することを目指します。さらに、高校教育課程にとらわれず、各科目を学ぶのに適したカリキュラム・指導法を用い、公式や解法の暗記に頼らない問題解決能力を養成します。

2. 授業について

予習

その日に学習するテキストの「要点」に目を通してください。「要点」の中に「確認問題」がある場合は、できるだけ自分の手を動かして答を導いておいてください。ただし、学校で習っていない内容など、よく理解できない点がある場合は、解答を見ながら「確認問題」を読んでも構いません。大切なのは、どのような項目を学習するのかを頭に入れた上で、授業に臨むことです。

※原則として、「確認問題」は授業では扱いません。

授業内

授業は「要点」の講義から始まります。予習の時に不明だった点や、理解があやふやであった点に注意して、板書をノートにまとめていきましょう。次にテキストの「問題（演習）」を授業内で演習し、それについて講師が解説を行います。授業前半で登場した法則や知識を、問題にどのように用いていけばよいかを学びましょう。

※授業内ですべての問題を扱うとは限りません。

復習

復習は、テキストの「問題（演習）」を中心に行いましょう。授業で扱った問題について、ノートや解答を見ずに、自分の力で解答を書くことができるかどうか確認します。この際、授業ノートとは別に、復習用ノートを用意すると、答え合わせもしやすく、また、間違えた点を授業ノートに追記することなどができて便利です。1回目の復習は、授業後か、または授業翌日に行うようにしましょう。2回目の復習は、1週間後を目安に行うとよいでしょう。復習を繰り返すことで、法則・知識の運用の仕方が身につきます。

添削課題

高2理科講座では、各タームに1回、添削課題を提出してもらいます。理科の入試は、用語の穴埋めや計算結果を書く問題だけではありません。論述問題や解答の過程を書く問題、グラフや図を書く問題も課されます。自分の考えを整理して答案に書く練習を行い、かつ、自分の答案を第三者に見てもらうことで理解不足を補い、さらなる実力アップをはかりましょう。

3. テキストの構成

本科2期テキスト全体の構成です

●要点

重要ポイント：その回に扱う内容を整理してあります。

確認問題：重要ポイントの内容を確認できるような予習用問題です。原則として授業では扱いません。

●問題（演習）

授業で扱う演習用問題です。

●添削課題

添削課題の取り組み方については、スタッフ・講師からの指示もしくは受講マニュアルに従ってください。

●付録 周期表

授業や予習・復習の際に随時参照しましょう。

●問題のレベルについて

Z会の教室のテキストでは、問題のレベルを★の個数によって3段階で表します。

★：基礎

★★：標準

★★★：応用（発展）

※映像授業をご受講の皆様

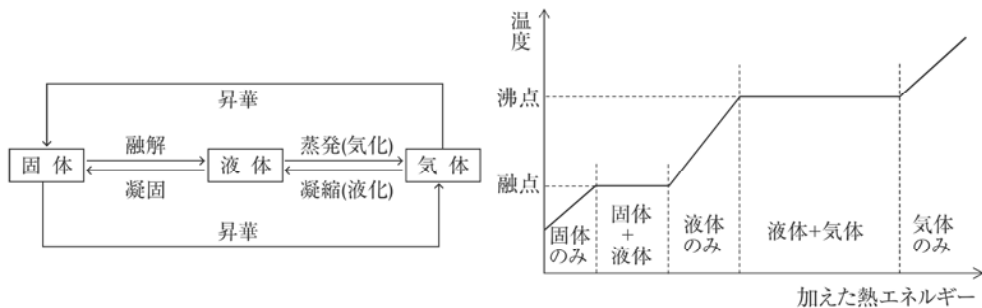
- ・ 映像で問題演習の指示が出たら、映像を停止して問題に取り組みましょう。
- ・ 授業をご受講いただく前に、各講座のオリエンテーション映像をご覧ください。

14章 気体の法則

要点

重要ポイント0 物質の三態

物質のもつエネルギーの大小関係は、気体>液体>固体 で示される。したがって、熱エネルギーを加えたり奪ったりすることによって、左下図のように状態変化が起こる。このとき、融解、蒸発、昇華に要するエネルギーを、それぞれ融解熱、蒸発熱、昇華熱という。純物質を加熱する場合、融解や蒸発に際して、熱エネルギーが状態変化のために使われるので、温度は一定に保たれる。このため、加熱にともなう温度変化は、一般に右下図のようになる。



このような状態の変化は、温度だけでなく圧力変化によっても起こる。圧力や温度によって、物質の状態がどうなるかを表したものを**状態図**という。例として、「二酸化炭素の状態図」について説明する。

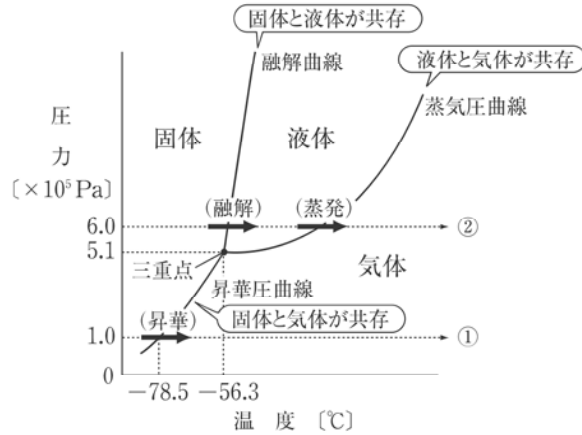
二酸化炭素の状態図において、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の圧力下で、ドライアイス（二酸化炭素の固体）の温度を上げていくと（図の破線①）、 -78.5°C のときにドライアイスが昇華して気体の二酸化炭素になることがわかる。このように、昇華が起こる温度と圧力の関係を表した曲線を昇華圧曲線という。

$1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 -78.5°C で昇華が起こるので、この点では、固体と気体が共存している。

また、 $6.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の圧力下でドライアイスの温度を上げていくと（図の破線②）、ある温度（融点）で状態変化が起こって液体になる（融解する）ことがわかる。このように融解が起こる温度と圧力の関係、つまり圧力変化による融点の変化を表した曲線を融解曲線といい、融解曲線上の各点では固体と液体が共存している。

同様に飽和蒸気圧と温度の関係（圧力変化による沸点の変化）を表した曲線を蒸気圧曲線という。蒸気圧曲線上の各点では液体と気体が共存している。

なお、三重点では、固体、液体、気体が存在する。



■ 確認問題 状態変化

上に示した二酸化炭素の状態図を用いて、次の問いに答えよ。答は「液体→固体」のように示せ。

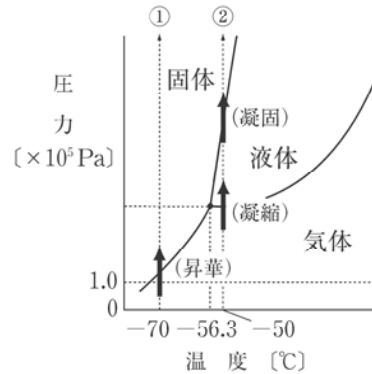
- (1) 温度を -70°C に保ちながら、気体の二酸化炭素に対して $1.0 \times 10^5 \text{Pa}$ から徐々に圧力を上げていくと、二酸化炭素の状態はどのように変化するか。
- (2) 温度を -50°C に保ちながら、気体の二酸化炭素に対して $1.0 \times 10^5 \text{Pa}$ から徐々に圧力を上げていくと、二酸化炭素の状態はどのように変化するか。

■ 解答

- (1) 気体→固体
- (2) 気体→液体→固体

■ 解説

- (1) 右図の破線①を参照。
- (2) 右図の破線②を参照。

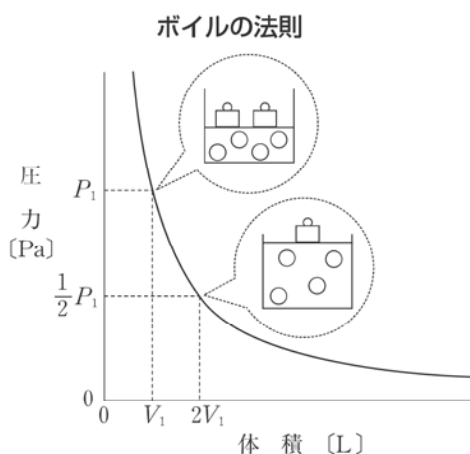


重要ポイント 1 気体の法則

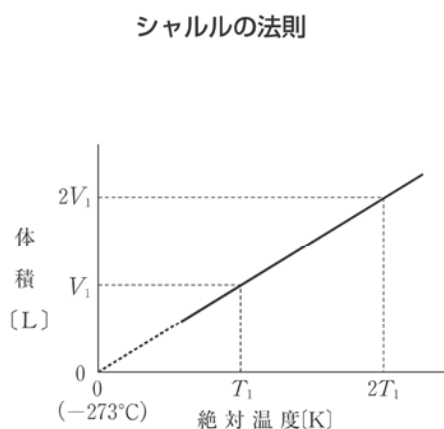
気体の特徴は、圧力や温度によって体積が大きく変化する点にある。気体の体積の圧力・温度依存性については古くから研究され、その実験結果にもとづいて次のような事実が解明されている。

- ① **ボイルの法則** 一定温度では、一定物質量の気体の体積は圧力に反比例する。
- ② **シャルルの法則** 一定圧力では、一定物質量の気体の体積は絶対温度に正比例する。

これらの各関係をグラフおよび式で表すと、下図のようになる。



$$P_1V_1 = P_2V_2$$



$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

②の文中の絶対温度とは、分子の熱運動理論にもとづいて導入されたもので絶対零度 (-273°C) を基準にして摂氏温度と同じ目盛りで示した温度である。ケルビン温度ともいい、単位に K を用いる。絶対温度 T [K] と摂氏温度 t [$^\circ\text{C}$] の間には、次式が成立している。

$$T = 273 + t$$

①、②をまとめると、一定物質量の気体の体積は、圧力に反比例し、絶対温度に比例することになる。この関係を**ボイル・シャルルの法則**という。

$$\text{③ ボイル・シャルルの法則} \quad \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = k(\text{一定})$$

■確認問題 P, V, T の関係

27℃, $1.0 \times 10^5 \text{Pa}$ において 10L の酸素がある。これについて、以下の問いに有効数字 2 桁で答えよ。

- (1) 温度を 27℃ に保ちながら、圧力を $4.0 \times 10^5 \text{Pa}$ とした。このときの酸素の体積 [L] を示せ。
- (2) 圧力を $1.0 \times 10^5 \text{Pa}$ に保ちながら、温度を 127℃ とした。このときの酸素の体積 [L] を示せ。
- (3) 圧力を $4.0 \times 10^5 \text{Pa}$ に保ちながら、温度を 127℃ とした。このときの酸素の体積 [L] を示せ。

■解答

- (1) 2.5L
- (2) 13L
- (3) 3.3L

■解説

- (1) 温度を一定に保っているなので、ボイルの法則が成り立つ。求める体積を V [L] とすると

$$1.0 \times 10^5 \times 10 = 4.0 \times 10^5 \times V$$

$$\therefore V = 2.5 \text{ [L]}$$

- (2) 圧力を一定に保っているなので、シャルルの法則が成り立つ。求める体積を V [L] とすると

$$\frac{10}{273+27} = \frac{V}{273+127}$$

$$\therefore V = 13.3 \text{ [L]}$$

- (3) 温度、圧力ともに変化させているので、ボイル・シャルルの法則を適用する。求める体積を V [L] とすると

$$\frac{1.0 \times 10^5 \times 10}{273+27} = \frac{4.0 \times 10^5 \times V}{273+127}$$

$$\therefore V = 3.33 \text{ [L]}$$

重要ポイント2 気体の状態方程式

ボイル・シャルルの法則を次のようにおくと、①式中の比例定数 k の値を求めてみよう。

$$\frac{PV}{T} = k \quad (k: \text{比例定数}) \dots\dots\dots \text{①}$$

気体の種類に関わらず、標準状態 (0°C , $1.013 \times 10^5 \text{Pa}$) における気体 1 mol の体積は 22.4L であるから k は次のように求めることができる。

$$k = \frac{PV}{T} = \frac{1.013 \times 10^5 \times 22.4}{273} \doteq 8.31 \times 10^3 [\text{Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})]$$

この比例定数を**気体定数**といい、通常、文字 R で表す。 R の値は、圧力や体積の単位のと
り方によって変わる。たとえば、圧力に hPa、体積に L を用いると、 $R=83.1$ [hPa·L/(K·mol)]
に、圧力に Pa、体積に m^3 を用いると、 $R=8.31$ [Pa· m^3 /(K·mol)] になる。

$k=R$ として上式を変形すると、1 mol の気体については $PV=RT$ となる。したがって、
一般に n [mol] の気体については次式が成立し、この式を**気体の状態方程式**という。

$$PV=nRT$$

気体の圧力を表す単位には次のような関係がある。頭に入れておこう。

$$\begin{array}{ccccccc} 1.00\text{atm} & = & 1.01 \times 10^5 \text{Pa} & = & 1.01 \times 10^3 \text{hPa} & = & 760\text{mmHg} \\ \text{アトム} & & \text{パスカル} & & \text{ヘクトパスカル} & & \text{ミリメートル水銀} \end{array}$$

■確認問題 気体の状態方程式

次の問いに答えよ。ただし、原子量は $\text{O}=16$ 、気体定数は $R=8.3 \times 10^3$ [Pa·L/(K·mol)] とし、答の数値は有効数字 2 桁とせよ。

- (1) 5.0L の真空の容器に酸素 2.0mol を入れ、温度を -23°C に保った。容器内の圧力は
何 Pa か。
- (2) 400K, $2.0 \times 10^5 \text{Pa}$ において 83L の窒素がある。この窒素の物質質量は何 mol か。
- (3) 27°C で、20L の真空の容器に酸素 32g を詰めた。このとき、容器内の圧力は何 Pa
になるか。

■解答

- (1) $8.3 \times 10^5 \text{Pa}$ (2) 5.0mol (3) $1.2 \times 10^5 \text{Pa}$

■解説

(1) 気体の状態方程式に代入すると、求める圧力を P [Pa] として

$$P \times 5.0 = 2.0 \times 8.3 \times 10^3 \times 250 \quad \therefore P = 8.3 \times 10^5 \text{ [Pa]}$$

(2) 求める物質質量を n [mol] とすると

$$2.0 \times 10^5 \times 83 = n \times 8.3 \times 10^3 \times 400 \quad \therefore n = 5.0 \text{ [mol]}$$

(3) 酸素の分子量は 32 であり、酸素 32g = 1.0mol である。求める圧力を P [Pa] とすると

$$P \times 20 = 1.0 \times 8.3 \times 10^3 \times 300 \quad \therefore P = 1.24 \times 10^5 \text{ [Pa]}$$

MEMO

問題

■ 演習

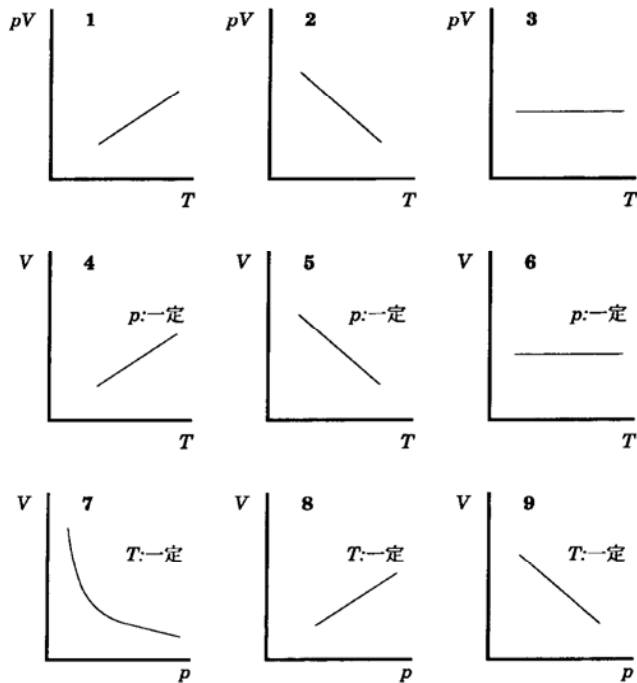
★

【1】

この問題は著作権の関係で、WEBサイトには掲載されておりません。
窓口でのお渡しが可能ですので、窓口でお受け取りください。

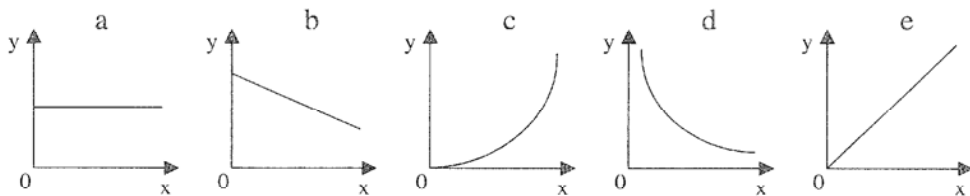
問2 次の(a)~(c)はいずれも理想気体に関する法則である。これらの法則に対応する図を、下の1~9から選び、番号で答えよ。ただし、理想気体の物質量は一定とする。図では、 p は気体の圧力、 V は気体の体積、 T は絶対温度を表す。

- (a) ボイルの法則
- (b) シャルルの法則
- (c) ボイル・シャルルの法則



問3 気体について、 x と y の関係を最も適切に表しているグラフはどれか。(1)~(3)について、a~eから一つずつ選べ。同じものを繰り返し選んでもよい。

- (1) 温度と物質量が一定のとき、圧力 x と体積 y の関係
- (2) 圧力と物質量が一定のとき、温度 x と体積 y の関係
- (3) 圧力と物質量が一定のとき、温度 x と密度 y の関係



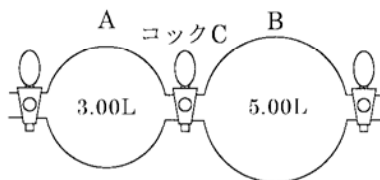
★

【2】 次の問いに有効数字2桁で答えよ。気体定数は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$ ，原子量は $\text{H}=1.0$ ， $\text{C}=12.0$ ， $\text{N}=14.0$ ， $\text{O}=16.0$ ， $\text{S}=32.0$ とする。

- (1) $2.5 \times 10^4 \text{ Pa}$ で 8.0 L を占める気体がある。この気体を温度を変えずに $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ とするには、体積を何 L にしたらよいか。
- (2) プロパン 0.10 mol を 27°C で 0.50 L の容器に入れると、圧力は何 Pa になるか。
- (3) $7.5 \times 10^4 \text{ Pa}$ ， 4.1 L ， 27°C の窒素は何 g か。
- (4) 40°C ， $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ における二酸化硫黄 SO_2 の密度は何 g/L か。

★★

- 【3】 下図のように、容積 3.00L の容器 A と、容積 5.00L の容器 B を連結させた容器がある。いま、容器 A には窒素が満たされており、その圧力は 27℃ において 800mmHg である。また、容器 B は真空である。これについて、次の問いに答えよ。必要があれば次の数値を用いて計算せよ。気体定数 $R=8.31 \times 10^3$ [Pa·L/(K·mol)], $1.0 \times 10^5 \text{Pa}=760 \text{mmHg}$



- 問1 温度を 27℃ に保ちながらコック C をあけると、容器内の圧力は何 mmHg になるか。有効数字 3 桁で答えよ。
- 問2 問1のようにコックを開けたまま、容器全体の温度を 127℃ にすると、容器内の圧力は何 mmHg になるか。有効数字 3 桁で答えよ。
- 問3 問2の状態ですべてコック C を閉じた後、容器 A 内の窒素をすべて取り除き、A を真空とした。この後、温度を 127℃ に保ちながらコック C を開くと、容器内の圧力は何 mmHg になるか。有効数字 3 桁で答えよ。
- 問4 問3の状態において、容器内に存在する窒素は何 mol か。有効数字 2 桁で答えよ。

体験授業をご受講いただく皆さんへ

体験授業をお申し込みいただきありがとうございます。

Z会の教室の授業は、学力を効果的に上げていくためのカリキュラム・内容となっております。次回以降もぜひ継続して受講することをおすすめします。

《体験授業後の流れ》

お申し込み方法

引き続き継続して受講される場合は、各教室窓口・お電話でお申し込みが可能です。
※体験授業終了直後に窓口で申し込んでお帰りになることもできます。
※認定が必要な講座をご希望の方はテストを受験していただく場合があります。
※予習が必要な講座は次回までの予習がありますので、余裕を持ってお申し込みください。
※本科授業は、「クラス授業」「映像授業」が選べます。
※映像授業の体験も承ります。一部の講座では映像授業のご用意がありません。予めご了承ください。

通話料
無料

0120-2828-76

月曜日～土曜日 12:00～20:00
(休室日を除く)

各教室電話番号

御茶ノ水教室	03-5296-2828	池袋教室	03-5985-2828
渋谷教室	03-5774-2828	横浜教室	045-313-2828
新宿教室	03-5304-2828	葛西教室	03-5878-0844

お申し込みから1週間以内に手続書類（入会書類、お支払いについて、会員証など）をお送りします。

※受講料のお支払い期日が次回授業よりも後の場合でも、次回授業へのご参加が可能です。
※体験授業後にご受講いただく場合、「Z会の教室」では「月度」単位で受講料を請求させていただいているため、体験授業分も受講料をご請求する場合があります。くわしくは教室スタッフまでお問い合わせください。

お申し込み後、テキストを各教室窓口にてお受け取りください。

お申し込み後の流れ

※葛西教室にて高1・高2講座・受験講座、Z会進学教室大学受験部立川教室にて高1・高2・受験生講座を開講しております。

講座選択に迷ったら…

学習相談は随時承っています。お電話でのご相談も可能です。

受講に際して不明点、不安な点がある方は、各教室の窓口、または上記番号までお気軽にお問い合わせください。

Z会の教室の受講サポート — 万全のシステムで効果的な学習をサポートします —

1. 講師への質問

授業前後の時間や休み時間を利用して、担当講師に直接質問をすることができます。疑問点をそのままにすることなく、その場で解消することができます。

2. 振替受講

本科のクラス授業で欠席する回の授業を、同一週・同一講座の他のクラスで振替受講することができます。他教室への振替、映像授業（教室・自宅での受講）への振替も可能です。前日までに各教室窓口、お電話にてお申し出下さい。

※振替手続は一週前の月曜から可能です。

3. 進路・学習・入試相談

各教室の学習アドバイザーが皆さんのご相談を随時承っています。

4. 自習室

本科生の方は休室日を除いて、全教室の自習室をいつでもご利用いただけます。