

記述からの理解（化学編）

§0. はじめに

1) 本紙は記述問題対策ではなく、本質を理解するための記述問題です。一定量の問題を解いたあと、身につけた知識が有機的につながっているか/整理されているかをチェックすることを目的としています。

2) 使い方：まずは自分の手で記述できるかを確認し、できなかつたら解答を見ます。その後、もう一度自分の手で記述し、理解できたか確認しましょう。

3) 解説では<ざっくり言う>と<厳密な説明>の2パターンを載せているものがあります。<ざっくり言う>でまずはざっくりと捉え、その後<厳密な説明>を読んで深く理解することを狙いとしています。

§1. 原子について

・世界は原子からできている。原子の構造について、次の語群をすべて使って説明せよ。〔語群：原子, 原子核, 電子, 陽子, 中性子〕

<ざっくり言う> (図示すると) >

原子 - 電子

└ 原子核

└ 陽子

└ 中性子

<厳密な説明>

原子は原子核と電子からなり、原子核は陽子と中性子からなる。

・現在、原子は約3,000種類あることが知られているが、元素は118種類である。その理由を説明せよ。

約3,000種類ある原子のうち、陽子の数 (= 電子の数でもありますが) が同じものは同じものとして分類したのが、元素だから。

※つまり、中性子の数が違うものも同じ元素に分類されているということです。陽子の数 (= 電子の数) が変わると原子の性質も大きくかわりますが、中性子の数が変わっても性質はほとんど変わらないので、中性子の数が違ったとしても同じ元素に分類しても問題ないのです。

・同位体の定義を答えよ。

<ざっくり言う>

周期表の同じ位置にある元素どうしのこと、と覚えましょう。12Cと13Cはどちらも炭素元素Cなので、周期表の同じ位置に存在しています。

< 厳密な説明 >

同じ元素 (=同じ原子番号の原子) のうち、質量数 (中性子の数) が異なる原子のことを、互いに同位体という。

・ 質量数の定義を答えよ。

< ざっくり言うと >

原子の質量を表す指標のこと。何を指標にしているかということ、陽子の数 + 中性子の数です。

※原子は陽子と中性子と電子からできているが、電子はめちゃくちゃ小さくて質量を無視できるので、陽子と中性子の数を足し合わせたものを質量数とよぶことに科学者たちは決めたのです。

< 厳密な説明 >

陽子の数と中性子の数を足し合わせたもの (質量数 = 陽子の数 + 中性子の数)

”まとめ”

§1でつまずいている人はほとんどいないでしょう (記述できなかったものはあったと思いましたが)。用語の定義がモヤッとしているものもあると思ったので、それを整理することがここでの目的です。

§2. 原子の結合

原子のうち、それ単体で安定して存在しているものは希ガスと呼ばれるヘリウムHe、ネオンNe、アルゴンArなどの元素だけ。ほとんどの原子は他の原子と結合して分子や結晶として存在していません。原子の結合に関わる一連の用語を整理しましょう。

・ イオン化エネルギーと電子親和力について、それぞれ説明せよ。

< ざっくり言うと >

- ・ イオン化エネルギー・・・陽イオンにするのに必要なエネルギー
 - > イオン化エネルギーが大きい = 陽イオンにするのに大きなエネルギーが必要 = 陽イオンになりにくい
 - > イオン化エネルギーが小さい = 陽イオンにするのに小さなエネルギーでいい = 陽イオンになりやすい

- ・ 電気親和力・・・陰イオンにしたときに放出するエネルギー
 - > 電気親和力が大きい = 陰イオンにすると大きなエネルギーを放出する (= より安定する) = 陰イオンになりやすい

> 電気親和力が小さい = 陰イオンにすると小さなエネルギーを放出する (=そんなに安定するわけではない) = 陰イオンになりにくい

〔!〕 以上のように、
イオン化エネルギーというのは、「陽イオンにするために与えるエネルギー」のことで、「イオン化エネルギーが高い」 = 「陽イオンになりにくい」ということを意味しており、

電気親和力というのは、「陰イオンにしたときに放出するエネルギー」のことで、「電気親和力が高い」 = 「陰イオンになりやすい」ということを表しているため、頭がごちゃごちゃになりますよね。ここは丸暗記するのではなく、次のように比較して覚えておくとよいでしょう。

<補足>

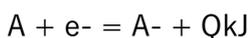
イオン化エネルギーは、原子から電子を1個取り去るのに必要なエネルギー。
 $A + Q_{kJ} = A^+ + e^-$ と表すことができます。

一方、電子親和力は、陰イオンから電子を1個取り去るのに必要なエネルギー。
 $A^- + Q_{kJ} = A + e^-$ と表される。

※『宇宙一わかりやすい高校化学（理論化学）』にも書きましたが、熱化学方程式はすべて、
左辺 + Q → 右辺
となるように移項して考えると、式の意味が明確になります。新しい熱化学方程式が出てきても、必ずこの形に直すようにしましょう。

<厳密な説明>

電子親和力については、左辺と右辺を入れ替えて、



としてみる。すると、この式が意味していることが「原子が電子1個を受け取って、1価の陰イオンになるときに放出するエネルギー」であることがわかります。

つまり、「陰イオンから電子を1つ取り去るのに必要なエネルギー」というのは「電子を1つ受け取って陰イオンになったときに放出するエネルギー」と同じ意味なのです。

・共有結合、イオン結合、金属結合の見分け方を簡単に説明せよ。

共有結合 = 非金属原子 + 非金属原子

イオン結合 = 非金属原子 + 金属原子

金属結合 = 金属原子 + 金属原子

・共有結合、イオン結合、配位結合の違いは何か？

<ざっくり言うと>

共有結合は「出し合って共有」、

イオン結合は「見せ合ってひきつけ」、
配位結合は「一方的に与える」ことで作られる結合のこと。

<厳密な説明>

共有結合は、原子が互いに不対電子を出し合い、電子対を共有して生じる結合のこと。
イオン結合は、陽イオンの正電荷と陰イオンの負電荷間の、静電的引力による結合のこと。
配位結合は、一方の原子の非共有電子対が、他の原子に与えられて生じる結合のこと。

・電気陰性度とは何か？ 説明せよ。

共有電子対が原子に引き寄せられる度合いの数値のこと。

※共有結合とは原子同士が不対電子を出し合って共有することで作られる結合ですが、そうしてできた電子対は原子と原子のちょうど中間に存在するわけではありません。より電子を引きつける力の強い電子の方に引っ張られて存在します。その電子の引っ張り強さを表すのが、電気陰性度なのです。

・極性とは何か？ 説明せよ。

原子の電気陰性度の違いにより、共有結合に電荷の偏りが生じること。

※極性について勉強するのは、分子または結晶が極性をもつことで、他の極性をもつ物質と結合したり、溶け合ったりすることができるからです。

・分子間力とファンデルワールス力の関係について、次の語群をすべて使って説明せよ。〔語群：引力, 極性, 静電気力, 水素結合〕

<ざっくり言うと>

分子間力 = ファンデルワールス力 + 水素結合

└ ファンデルワールス力 = 電荷0同士の引力 + 電荷がプラスとマイナスの原子間の引力

<厳密に言うと>

分子間力とは、分子間にはたらく弱い力のことである。詳しくは、ファンデルワールス力や水素結合などを足し合わせたものである。ファンデルワールス力は、全分子間にはたらく引力と極性による静電的引力を足し合わせたものである。

※分子間力とファンデルワールス力の違いがはっきりしない人がいるので整理するための出題です。

・水素結合とは何か？

電気陰性度の大きい原子 (F, O, N) に結合した水素原子と他の分子中の電気陰性度の大きい原子 (F, O, N) との結合のこと。

※電気陰性度の大きい原子Aと結合した原子Bの電子は、原子A側に思いっきり引っ張られます。特に、原子Bが水素Hだった場合、水素Hには電子が1つしかないので、分子内に存在する原子は極端に原子A側に偏り、プラスとマイナスがはっきりした分子となります。その結果、まるで磁石のように原子Aと水素Hが分子間で引き合うようになるのです。

A-H . . . A-H

多かれ少なかれ、極性のある分子間には電荷がプラスとマイナスの原子間の引力がはたらきます（分子間力にも、その力が含まれていますね）

A-B . . . A-B

しかし、その引き合いの力が極端に大きくなったものを、特別に水素結合と呼んでいるのです。「分子間にはたらく力（分子間力）」から「結合」に格上げされたんですね。

・分子式と組成式の違いを説明せよ

分子式は、分子を構成する元素の種類と数を表したもの。

組成式は、結晶を構成する陽イオンと陰イオンの種類を比で表したもの。

※例えば、NaClと表されるとNaClで1分子だと考えがちですが、それは間違い。NaClは結晶構造となっており、Na : Cl = 1 : 1の構成比になっているからNaClと表されているだけなのです。

※「分子式と組成式の違いを説明せよ」という問題はまず出ませんが、「結晶格子の勉強をする理由がよくわからない」という人が多いので。実は、私たちの周りに存在している物質は、分子よりも結晶のほうが多いのです。

・物質は純物質と混合物に分けられる。違いを説明せよ。

<ざっくり言うと>

純物質はNaClやH₂Oのように、純粋な化学式で表せるもの。

混合物は海水（=NaCl+H₂O+ . . .）のように、それが混じったもの。

※センター試験などで問われることもあり、気を抜くと間違えてしまうところ。

<厳密な説明>

純物質は他の物質が混じっていない単一の物質。

混合物は2種類以上の物質が混じった物質。

・純物質は単体と化合物に分けられる。違いを説明せよ。

<ざっくり言うと>

単体は、H₂やO₂のように、1種類の（単種類）元素からなる物質。

化合物は、NaClやH₂Oのように、2種類以上の元素が合わさってできている物質。

<厳密な説明>

単体は1種類の元素からできた物質。

化合物は2種類以上の元素からできた物質。

・同素体の定義を記せ。

<ざっくり言うと>

同じ素材からなる単体のこと。C（黒鉛）とC（ダイヤモンド）もそうだし、O₂（酸素）とO₃（オゾン）もそう。しかし、CO₂とCOは同素体ではない。あくまで同素体という概念は、単種類の元素からなる物質（＝単体）においてのみ適用されるもの。

<厳密な説明>

同じ元素の単体で、性質の異なる物質。

”まとめ”

§2では、原子から分子や結晶が作られるまでに関係する、結合や極性などについてまとめました。ここらへんは用語や概念が似ているため整理しておくといよいでしょう。同位体、同素体、単体、化合物、純物質、混合物などなど・・・正誤問題で出題されることがあるので、ここでバチッと理解してしまいましょう。

§3. 定量的に物質を扱う

§3では、物質を定量的に扱っていきます。数学や物理は昔から定量的で厳密な議論の上に成り立っていましたが、化学は長らく曖昧な学問のままでした。しかし18世紀になると、ラボアジェが物質を定量的に扱う礎を築き、化学は急速に科学的な学問として扱われるようになります。ここでは、定量的に考えていく際に必要な考え方、用語などを整理し、本質的に理解することを目指します。

・物質とは何か？ 次の語群をすべて使って説明せよ。〔語群；物質の粒子の数, アボカドロ数〕

物質とは、物質の粒子の数をアボカドロ数で割ったものである。

※物質がよくわからないまま入試をむかえてしまう人も多いですが、例えるなら「大さじ1杯」のこと。醤油の量を測るとき、醤油分子の量を数えて「醤油を 1.0×10^{25} 個の醤油を加えて・・・」なんて言わないですよ。同じように、炭素1molのようにして数えることにしました。

では、どれくらいの個数をひとまとまりとするのが良さそうでしょうか？ それ、 6.0×10^{23} 個です。なぜ 6.0×10^{23} 個だったかという、「だいたいの元素は、 6.0×10^{23} 個集めると重さが質量数(g)になって覚えやすいから」。例えば、酸素Oは多くが16Oとして存在していますが、 6.0×10^{23} 個を集めると16.00gになりますし、窒素Nも多くが14Nとして存在していますが、 6.0×10^{23} 個を集めると14.01gになります。

・アボカドロ数とは何か？ 次の語群をすべて使って説明せよ。

〔語群；¹²C, 12g〕

¹²Cが12gとなるとき、¹²C原子の個数。

※12Cを基準にして、 6.0×10^{23} という数字が決まったのですね。

・ **原子の相対質量と原子量の違いを説明せよ。**

<ざっくり言うと>

原子の相対質量は、12Cの重さを12としたとき、他の原子（13C, 16Oなど）がどれくらいの重さになるのかを表したものの。

原子量は、元素の相対質量のこと。といっても、元素というのは陽子の数が同じ原子をひとまとまりにしたものなので、実在しません。そこで、原子の存在比×原子の相対質量として決められたものです。

<厳密な説明>

原子の相対質量とは、12Cの質量を12とし、これを基準に各元素の質量を相対的に求めた値。原子量とは、原子の相対質量と同位体の存在比を元に算出した、元素の相対質量のこと。

・ **質量パーセント濃度の定義を記せ。**

<ざっくり言うと>

ココア（＝牛乳＋ココアパウダー）の重さに対する、ココアパウダーの重さ。

<厳密な説明>

$(\text{溶質の質量(g)}/\text{溶液の質量(g)}) \times 100$

・ **固体の溶解度の定義を答えよ。**

<ざっくり言うと>

牛乳100gに溶かすことができる、ココアパウダーの重さ

<厳密な説明>

溶媒100gに溶かすことができる溶質の質量(g)のこと

・ **水に対する硝酸カリウムの溶解度が、60°Cで85だったとき、この硝酸カリウム水溶液の質量パーセント濃度を答えよ。**

質量パーセント濃度（%）を求めるときには、分母と分子をそれぞれ求めることが鉄則。

分母＝溶液の質量(g)＝溶媒の質量(g)＋溶質の質量(g)なので、

$$100(\text{g}) + 85(\text{g}) = 185(\text{g})$$

分子＝溶質の質量(g)なので、

85(g)

よって、質量パーセント濃度 (%) = $85/185 \times 100 \approx 45.9$ (%)

※記述問題ではないのですが、重要なので念のため確認です。

・ **温度と溶解度の関係を答えよ。**

一般に、温度が上昇すると溶解度も上昇する。

※冷たい牛乳にはココアパウダーはほとんど溶けませんが、温かい牛乳にはたくさん溶けます。それと同じです。

・ **水に対する硝酸カリウムの溶解度が、80°Cで140だったとき、この硝酸カリウム水溶液の質量パーセント濃度を答えよ。**

$140/(140+100) \times 100 = 58.3$ (%)

※65°Cのときよりも水100gに対して溶ける量が増えたので、質量パーセント濃度 (%) も増えていることを確認してください。感覚と計算がちゃんと合ってくると、化学はバシッと理解できるようになります。

・ **モル濃度の定義を記せ。**

<ざっくり言うと>

牛乳1Lに溶けている、ココアパウダーの量(mol)

<厳密な説明>

溶質の物質質量 (mol) / 溶液の体積 (L)

・ **密度の定義を記せ。**

<ざっくり言うと>

ココア1cm³あたりの重さ

<厳密な説明>

物質1cm³あたりの質量(g)

※水は1cm³あたり1gですが、物質によって変わります。金などの重い物質は1cm³あたり2gとかになりますしね。

・ **1molの塩酸HClを中和するのに必要な水酸化ナトリウムNaOHの物質質量x(mol)を答えよ。**

1mol

・ 1molの酢酸CH₃COOHを中和するのに必要な水酸化ナトリウムNaOHの物質質量x(mol)を答えよ。ただし、酢酸CH₃COOHの電離度は0.2であるとする。

1mol

※中和滴定をするときは、どれだけH⁺を電離しているか(=電離度)は関係ありません。OH⁻は根こそぎH⁺と反応します。つまり、「酸がもっているH⁺の物質質量(mol)=中和に必要なOH⁻の物質質量(mol)」なのです。

※OH⁻を加えることなく、ただただその物質を水中に放置しておいたとき、どれだけの酸を電離しているかを表したのが電離度。H⁺の放出のしやすさ(=反応しやすさ。もっとイメージしやすくするとしたら”飲んだ時の喉の痛さ”とでもいいでしょう)を表すものです。しかし、繰り返しになりますが、中和滴定を考えるときには電離度について考える必要はまったくありません。

・ 先ほど、中和滴定をするために水酸化ナトリウムを滴定した。このように、塩基を滴定するときにはよく水酸化ナトリウムを用いる。どれだけの水酸化ナトリウム(=OH⁻)を加えたかを正確に測ることで、どれだけの酸(=H⁺)が水中に存在しているのかを知ることができるため、水酸化ナトリウムを正確に計り取れたらよいのだが、それができない。なぜか？

水酸化ナトリウムは、空気中の水分や二酸化炭素と反応してしまい、正確な質量を計り取ることができないから。

※水酸化ナトリウムは顆粒状の試薬として、プラスチック系の容器に入っています。保存する際にできるだけ空気に触れないよう蓋のまわりにテープを貼りますが、それでも容器の中はベタベタになっています。それくらい、水を吸いやすい物質なのです。また、質量を計っているときにも空気中の水分を吸収するため、みるみる質量が増えていきます。これでは、どう考えても正確な量の水酸化ナトリウムNaOHを測定することができませんね。

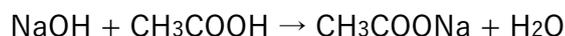
・ それでも、水酸化ナトリウムを滴定して実験を行うことが多い。では、どのようにして正確な量の水酸化ナトリウムの正確な濃度を測定するのか？ 以下の語源をすべて使って答えよ。〔語源；シュウ酸〕

正確に計り取ったシュウ酸でシュウ酸水溶液を作り、それを水酸化ナトリウム水溶液に滴定して水酸化ナトリウム水溶液の濃度を正確に測定する。

※こうして正確な濃度のわかった水酸化ナトリウム水溶液を、酢酸に滴定するのです。

※シュウ酸には潮解性がないので、正確に計り取ることができます。

・ 水酸化ナトリウムと酢酸の化学反応式を答えよ。



・ 酸と塩基が反応してできた物質を、まとめて塩という。一般に、塩を水に入れるとどうなるか？

電離する

・ **CH₃COONa**を水中に入れると、どのような反応を示すか？

次のように、完全に電離する。



・ では、**CH₃COOH**を水中に入れると、どのような反応を示すか？

次のように、一部が電離する。



※CH₃COONa は完全に電離してCH₃COO⁻とNa⁺となるのに、CH₃COOHは一部が電離してCH₃COO⁻とH⁺となる。この違いは、酢酸にはCH₃COO⁻として存在したいのではなく、CH₃COOHとして存在したい性質があるために見られるものです（そういうものだと考えてください）。

実際、CH₃COONaはCH₃COO⁻とNa⁺に完全に電離しますが、CH₃COO⁻はその状態で安定するのではなく、H₂OからH⁺を奪ってCH₃COOHになろうとします。



これが、「CH₃COONaが水中に溶けると弱塩基性を示す理由」です。要は「CH₃COOHでありたい」という気持ちが強いのということなのです。

・ **水酸化ナトリウムと酢酸を用いて中和滴定を行った際、中和点が塩基側にずれる。その理由を答えよ。**

中和点で生成するCH₃COONaは、完全に電離してCH₃COO⁻となるが、CH₃COO⁻は水と反応してCH₃COOHになりたがる。結果、OH⁻が生成するため。

・ では、**塩酸とアンモニアを用いて中和滴定を行った際、中和点が酸性側にずれる。その理由を答えよ。**

中和点で生成するNH₄Clは、完全に電離してNH₄⁺とCl⁻となるが、NH₄⁺は水と反応してNH₃になりたがる。結果、H₃O⁺が生成するため。

※水酸化ナトリウムと酢酸の中和反応の例から考えるとわかるはずですが。

・ **電離度の定義を説明せよ。**

水に溶かした酸（または塩基）のうち、電離しているものの割合

・ **強酸、弱塩基とは何か？ それぞれ答えよ。**

強酸とは、水溶液中で溶質のほとんどが電離している酸のこと（＝電離度の大きい酸のこと）。

弱酸とは、水溶液中で溶質の一部が電離している酸のこと（＝電離度の小さい酸のこと）。

・水も電離している。純水1molあたり、 H^+ と OH^- はそれぞれ何mol存在しているか？

$H^+ : 1.0 \times 10^{-7}(\text{mol})$

$OH^- : 1.0 \times 10^{-7}(\text{mol})$

・水のイオン積とは何か？

水中に存在することができる $[H^+]$ と $[OH^-]$ の総量。

$[H^+][OH^-]=10^{-14}(\text{mol/L})^2$ という関係がある。

※この式が意味してるのは、「 H^+ や OH^- として存在できる水分子には限りがある」ということです。

例えば、水1L中に、 H^+ が10(mol)、 OH^- が5(mol)存在している・・・なんてことはありません。 H^+ と OH^- が反応して H_2O となり、 H^+ と OH^- は $[H^+][OH^-]=1.0 \times 10^{-14}$ という状態に保たれます。

・ $[OH^-]=1.0 \times 10^{-2}$ の水溶液がある。この水溶液中に存在している水素イオンの濃度 $[H^+]$ を答えよ。

$1.0 \times 10^{-12}(\text{mol/L})$

※ $[H^+]$ はその液の反応性の強さ（=酸の強さ）を表す指標ですが、いちいち 1.0×10^{-12} とかくのは面倒くさいですよ。だから・・・次の問題を解いてみてください。

・pHの定義を答えよ。

$-\log_{10}[H^+]$

※いちいち 1.0×10^{-12} などを書くのは面倒くさいです。大事なのは何乗か（-12乗の部分）ですので、この部分だけ取り出すために \log_{10} にぶちこみます。さらにマイナスも不要なので、それをかけたもの（ $-\log_{10}$ ）をpHという指標として、科学者たちは定義したのです。

”まとめ”

定量的に化学を扱うときに大事なものは、まずは用語の定義。質量パーセント濃度、溶解度、モル濃度、密度、etc…。これらは何を表す物理量なのか？ 分母と分子には何が来るのか？ これらが理解できていないと、ただ単位の変換をするだけで問題を解くことになり、難しい問題では太刀打ちができなくなります。

§ 4. 気体

高校生にとって理解しにくいものというのは、昔の科学者たちにとっても受け入れがたいものでした。気体についてもその一つ。気体は目に見えないので、一体何なのかがわかっていませんでした。しかし、18世紀に、蒸気機関を使った産業革命が起きると、気体についての研究が盛んに行われるようになりました。気体は目に見えませんが、気体の正体は「飛び回る粒子」。いかにそれがイメージできるかが重要です。一つ一つ理解しながら、進めていきましょう。

・飽和蒸気圧とは何か？

<ざっくり言うと>

- ・とある温度で実現できる気体の圧力には限界がある。その限界のこと。
- ・液体として存在しているものがあるとき、気体の圧力は温度によって決まる。その圧力のこと（こっちのほうで覚えておくほうが大事）。

※雨の日に洗濯物を干しても乾きにくい、晴れの日には洗濯物が乾きやすい。これは、とある温度において、気体として存在できる粒子の数が決まっているからです。それに、温度が決まると、気体の運動の激しさも決まる。

このように、温度が決まると「気体として存在できる最大の数」と「その気体の運動の激しさ」が決まります。気体の圧力は、この2つによって決まるので、結局「温度が決まると、その温度で実現できる最大の圧力」が決まるのです。

・・・という理屈はどうでもいいので、とにかく「液体が存在していたら、飽和蒸気圧になっている！」ということのを頭に入れておきましょう。気体の状態方程式には従いません。

※これ以降については、すべて液体の分子が存在していない前提で考えてください。

<厳密な説明>

気液平衡のとき、蒸気の示す圧力。

・液体が存在していない場合、気体の圧力P、体積V、物質質量n、温度Tはある法則に従う。その法則を何というか？

気体の状態方程式 ($PV=nRT$)

- ・ボイルの法則と気体の状態方程式の関係を説明せよ。

<ざっくり言うと>

反応前の気体は気体の状態方程式を満たしているから、そのときの状態を $P_1V_1=nRT_1$ とする。

この気体を、温度が一定の状態に変化させると、

反応後の気体も気体の状態方程式を満たしているが、そのときの状態は $P_2V_2=nRT_1$ となる。

(温度が一定なので T_1 は T_1 のまま)

こうして2つの式が求まったが、この2つの式から $P_1V_1=nRT_1=P_2V_2$ 、つまり $P_1V_1=P_2V_2$ という関係があることがわかります。

このように、温度が一定の状態で気体を変化させると、圧力Pと体積Vを掛け合わせたものが変化しないことがわかります。

以上の話をすっ飛ばし、「温度が一定の条件下で、反応前と反応後の気体のPVは一定である」というものを法則として提唱されたのがボイルの法則。

<厳密な説明>

温度一定の条件下で気体の圧力 P と体積 V を変化させると、反応前と反応後でその積 PV は一定

・シャルルの法則と気体の状態方程式の関係を説明せよ。

<ざっくり言うと>

反応前の気体は気体の状態方程式を満たしているから、そのときの状態を $P_1V_1=nRT_1$ とする。
この気体を、圧力が一定の状態に変化させると、
反応後の気体も気体の状態方程式を満たしているが、そのときの状態は $P_1V_2=nRT_2$ となる。
(温度が一定なので P_1 は P_1 のまま)

こうして2つの式が求まったが、この2つの式から $V_1/T_1=nR/P_1=V_2/T_2$ 、つまり $V_1/T_1=V_2/T_2$ という関係があることがわかります。

このように、圧力が一定の状態では気体を変化させると、体積 V を温度 T で割ったものは変化しません。

以上の話をすっ飛ばし、「圧力が一定の条件下で、反応前と反応後の気体の V/T は一定である」というものを法則として提唱されたのがシャルルの法則。

<厳密な説明>

圧力一定の条件下で気体の体積 V と温度 T を変化させると、反応前と反応後でその商 V/T は一定

・ボイル・シャルルの法則と気体の状態方程式の関係を説明せよ。

反応前の気体は気体の状態方程式を満たしているから、そのときの状態を $P_1V_1=nRT_1$ とする。
この気体を変化させると、
反応後の気体も気体の状態方程式を満たしているが、そのときの状態は $P_2V_2=nRT_2$ となる。

こうして2つの式が求まったが、この2つの式から $P_1V_1/T_1=nR=P_2V_2/T_2$ 、つまり $P_1V_1/T_1=P_2V_2/T_2$ という関係があることがわかります。

このように、気体を変化させると圧力 P と体積 V の積を温度 T で割ったものは変化しません。

以上の話をすっ飛ばし、「反応前と反応後の気体の PV/T は一定である」というものを法則として提唱されたのがボイル・シャルルの法則。

※結局、ボイルの法則、シャルルの法則、ボイル・シャルルの法則など覚える必要は無いのです。変化前の状態に対して気体の状態方程式を立式し、変化後の状態に対しても気体の状態方程式を立式する。この2つの式を使えば、求めたい値が求まるからです。

ボイルの法則、シャルルの法則、ボイル・シャルルの法則は、気体の状態方程式が見つかる前に提唱されていた、いわば”未完成の法則”なので、必要などないのです。例えるなら、洗濯をする際に最新鋭の洗濯機があるのにあえて洗濯板で洗濯するようなもの。わざわざ原始的な方法を使うなんて馬鹿げてますよね。ボイルの法則、シャルルの法則、ボイル・シャルルの法則に触れるなら、それらの発見がいかにすごい発見だっ

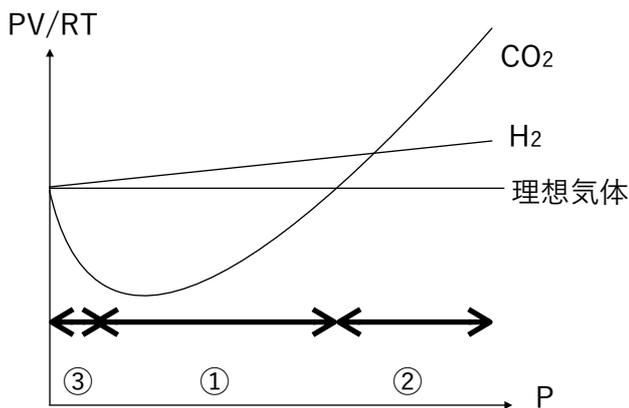
たかという歴史的背景を紹介しなければ意味ないのですが、どの教科書も参考書もその説明を省いています。

※ボイルの法則が画期的だったのは、当時（17世紀）化学者たちはみな錬金術師と呼ばれている時代で、自然を定量的に測定して扱うという習慣がない中、気体の圧力と体積に定量的な関係があることを発見したから。彼の発見から約1世紀後の18世紀、シャルルは水素気球を飛ばすべく気体について研究しているところ、気体を熱すると温度に比例して体積が大きくなることを発見。これがシャルルの法則となります。こういった彼らの気体に関する発見が、18世紀からはじまる蒸気機関を動力とした産業革命へとつながります。

・気体の状態方程式 $PV=nRT$ は、厳密には理想気体に対してのみ成り立つ法則である。横軸に圧力 P 、縦軸に PV/RT をとったとき、温度一定の条件下で、実在気体は理想気体と違った挙動を示す。そもそも、この挙動は何を意味しているか？

縦軸の値 PV/RT は、温度が一定の条件下なので $T=一定$ 。また、 R は定数なのでこれも一定。つまり、縦軸 PV/RT の挙動は、実質的に PV の挙動を表している。 P を変化させたときの PV の挙動を見ているので、結局、体積 V の挙動を見ていることになる。

・実在気体として NH_3 を例に挙げるとき、理想気体の挙動の違いを説明せよ。その際、次の語群をすべて使いなさい。〔語群；分子の大きさ, 分子間の引力〕



① 実在気体には分子間の引力によって互いに引き合うため、実在気体よりも V が小さくなる。つまり、 PV/RT は小さい。

② しかし、圧力をどんどん上げていくと、分子の大きさが無視できなくなるため V が大きくなり、 PV/RT も実在気体より大きくなる。

③ 逆に、圧力をどんどん小さくしていくと、分子同士が出会わなくなり分子間力が無視できるようになる & 気体の体積も無視できるようになる。その結果、 PV/nRT は理想気体に近づく。

・上記に関して、実在気体として H_2 を例に挙げるとき、理想気体との挙動の違いを説明せよ。

①③ H_2 は極性がないため、分子間力はほとんどない。そのため、実在気体よりも V が小さくなるということはほぼない。

② 一方、圧力を上げていくと、体積が無視できなくなるためVが大きくなり、PV/RTも実在気体より大きくなる。

・溶媒に対する固体の溶解度とは何か？ 説明せよ。

溶媒100gに対して溶ける溶質の質量(g)のこと。

※一般に、温度が上がると溶解度も上がります。冷たい牛乳よりも温かい牛乳の方が、ココアパウダーもたくさん溶けますよね。

・溶媒に対する気体の溶解度とは何か？ 説明せよ。

1.013×10⁵Paで、溶媒1Lに溶ける気体の量（体積、物質量などで表される）

※一般に、圧力が上がると溶ける量は増え、温度が上がると溶ける量は減ります。コーラは甘い汁に強い圧力をかけて二酸化炭素を入れていること、コーラを熱するとすぐに二酸化炭素が抜けてしまうことがイメーজできれば、当たり前現象ですね。

・ヘンリーの法則とは何か？ 説明せよ。

1Lの溶媒に溶ける気体の物質量(mol)は、気体の圧力に比例する

”まとめ”

このセクションでは、気体に関する知識の整理をしました。しかし、気体の問題は実際に解けるようにならないと意味がないので、説明できるだけでなく、問題演習を通した理解が重要です。

§ 5. 凝固点降下、沸点上昇、蒸気圧降下

・凝固点降下とはどのような現象のことか？ 説明せよ。

<ざっくり言うと>

不純物が溶けていると、温度を下げてでも固まりにくくなる現象のこと

<厳密な説明>

溶液の凝固点が準溶媒の凝固点よりも低くなる現象

・沸点上昇とはどのような現象のことか？ 説明せよ。

<ざっくり言うと>

不純物が溶けていると、より多くの熱を加えなければ沸騰しなくなる現象のこと

< 厳密な説明 >

溶液の沸点が純粋な溶媒の沸点よりも高くなる現象

- ・ 蒸気圧降下とはどのような現象のことか？ 説明せよ。

< ざっくり言うと >

不純物を溶かすと、不純物が邪魔して気体になりにくくなる現象のこと

< 厳密な説明 >

不揮発性物質を溶かした溶液の蒸気圧は、純溶媒の蒸気圧より低くなる現象

- ・ 沸点上昇度、凝固点降下度の式は同じ式で表される。その式と、各項の単位を書きなさい。

$$\Delta t = K \times m$$

Δt : 沸点上昇度、または、凝固点降下度のこと。単位は [K]

m : 質量モル濃度。単位は [mol/kg]

K : 定数。単位は [K · kg/mol]

※凝固点降下、沸点上昇はどちらも水溶液中に溶けている物質の物質質量(mol)に比例します。つまり、硝酸カリウム KNO_3 が水に溶けると K^+ と NO_3^- に電離するため、水溶液中に溶けている物質質量は、 KNO_3 の2倍となります。

※凝固点降下という現象は昔から知られていました。ただ、凝固点の降下度は長い間、溶かした物質の物質質量に比例すると考えられていたのです。しかし、硝酸カリウム KNO_3 のように溶かした物質質量以上に温度が凝固点が下がっていることもあり、どう説明したらよいかわからない状態が長く続きました。その後、塩は水中でイオン化していることがわかったのです。歴史的には「凝固点降下について研究した結果、分子のイオン化したことがわかった」のであって「分子がイオン化していることがわかっているときに、凝固点降下という現象をそれによって説明した」わけではないのですね。受験には関係ありませんが。

- ・ 質量モル濃度の定義を答えよ。

< ざっくり言うと >

牛乳1kg中に溶けている、ココアパウダーの量(mol)

< 厳密な説明 >

溶媒1kg中に溶けている溶質の物質質量

※質量パーセント濃度、モル濃度と比較し、違いを明確にしましょう。

> 質量パーセント濃度 (%) = 溶液1g中に含まれている溶質の量(g)

> モル濃度 (mol/L) = 溶液1L中に含まれている溶質の物質質量(mol)

”まとめ”

このセクションでつまづいている人はそれほどいないと思いますが、きちんと言葉で説明することで、きちんと理解できているかを確認しました。大丈夫でしたか？

* * *

§ 6. その他

・平均の反応速度とは何か？ 定義を2つ書きなさい。

－（反応物の濃度の減少量/反応時間）

生成物の濃度の増加量/反応時間

・氷をを加熱してすべて水蒸気にする。その過程で、与えた熱と物質の温度はどのような関係になっているか？ 次の①～⑤の過程についてそれぞれ答えよ。

① 氷のみの状態

② 氷と液体が混合している状態

③ 液体のみの状態

④ 液体と気体が混合している状態

⑤ 気体のみの状態

氷のみの状態では温度は上がり続ける。0°Cになって氷と液体が混合している状態となると温度は一定となる。液体のみの状態になると、温度は上がり続ける。100°Cになると液体と気体が混合している状態になるが、ここでは温度は一定。そして気体のみの状態となると、温度は上がり続ける。

※氷を熱すると0°Cまで上昇しますが、さらに熱を加えても温度は上がりません。なぜなら「氷と液体が混合している状態」では、加えた熱は「氷を液体にする」のに優先的に使われるからです。液体の水は「自分も温度が上がりたい」と考えているのに、その熱は氷に奪われるため、全体として温度は上がらないのです。同じく「液体と気体が混合している状態」では、加えた熱は「液体を気体にする」のに優先的に使われるため、物質自体の温度は変わりません。

※もしみんなが太陽だったとして、暑がっている人と寒がっている人がいたとき、どっちを温めてあげたいと思うだろうか？ 寒がっている人ですね。このように、与えた熱は寒がっている人をあたためるのに優先的に使われ、全体の温度はそれ以上上がらないのです。

文責：船登

（質問等あれば遠慮なくお願いします）