

危険物取扱者受験講座 (乙種) 上

1-6	電気	20
1-6-1	オームの法則	20
1-6-2	ジュールの法則	20
1-6-3	着火源	20
1-6-4	防爆構造	21
1-6-5	静電気	21
1-6-6	帯電	22
	例題②	23
1-7	物質の構成・化学反応	26
1-7-1	元素・原子	26
1-7-2	分子	26
1-7-3	元素記号	26
1-7-4	イオン	27
1-7-5	原子量と分子量(式量)	27
1-7-6	モル	27
1-7-7	化学式	28
1-7-8	化学反応式	28
1-7-9	化学反応の一般法則	28
1-8	物質の種類・物質の変化	30
1-8-1	物質の種類	30
1-8-2	物理変化と化学変化	31
1-8-3	化学変化の種類	32
1-9	熱化学	34
1-9-1	反応熱	34
1-9-2	熱化学方程式	34
1-9-3	反応熱の種類	34
	例題③	36
1-10	溶液I(溶解・濃度)	39
1-10-1	溶解と溶液	39
1-10-2	溶解度	39
1-10-3	ヘンリーの法則	39
1-10-4	濃度	40
1-10-5	ラウールの法則	41
1-11	溶液II(中和反応)	42
1-11-1	酸	42

1-11-2	塩基（アルカリ）	42
1-11-3	塩	43
1-11-4	中和反応	43
1-11-5	酸と塩基の比較	43
1-11-6	pH（水素イオン濃度指数）	44
1-12	酸化と還元	45
1-12-1	酸化と還元	45
1-12-2	酸化剤と還元剤	45
1-13	有機化合物と無機化合物	46
1-13-1	有機化合物と無機化合物	46
1-13-2	有機化合物の分類	46
1-13-3	炭化水素	46
1-13-4	官能基	47
1-13-5	酸素や窒素を含む有機化合物	47
1-13-6	有機化合物の特性	48
1-13-7	一酸化炭素と二酸化炭素の比較	49
1-14	金属・ハロゲン元素	50
1-14-1	金属と非金属	50
1-14-2	金属の特性	50
1-14-3	鉄の腐食	51
1-14-4	ハロゲン元素	51
	例題④	52

第2章 燃焼および消火の基礎

2-1	燃焼理論	56
2-1-1	燃焼の定義	56
2-1-2	燃焼の三要素	56
2-1-3	完全燃焼と不完全燃焼	57
2-1-4	爆発	58
2-1-5	燃焼の難易	58
2-2	燃焼のしかた	59
2-2-1	気体の燃焼	59
2-2-2	液体の燃焼	59
2-2-3	固体の燃焼	60

2-3	燃焼に関する物質の物性	61
2-3-1	燃焼範囲（爆発範囲）	61
2-3-2	引火点	62
2-3-3	発火点	63
2-3-4	その他，物質の物性と危険性の関係	63
2-4	自然発火・禁水性	65
2-4-1	自然発火	65
2-4-2	自然発火の条件	66
2-4-3	自然発火の防止対策	66
2-4-4	水との反応による発熱	66
2-5	混合危険	67
2-5-1	混合危険	67
2-5-2	酸化性物質と還元性物質の混合	67
2-5-3	酸化性塩類と強酸の混合	67
2-5-4	爆発性物質をつくる混合	67
2-5-5	粉じん爆発	68
	例題①	69
2-6	消火理論	72
2-6-1	消火の基本	72
2-6-2	除去消火法	73
2-6-3	窒息消火法	73
2-6-4	冷却消火法	74
2-7	消火設備	75
2-7-1	危険物火災	75
2-7-2	消火設備	75
2-7-3	大型消火器と小型消火器との比較	77
2-7-4	消火剤の種類	77
2-7-5	消火器とその適応火災	80
2-7-6	消火設備の基準（令別表第5）	81
	例題②	83

3-5-2	第4類の代表例	133
3-5-3	第4類に共通する特性	134
3-5-4	第4類に共通する火災予防方法	134
3-5-5	第4類に共通する消火方法	135
3-5-6	第4類の品名ごとの各論	136
	例題⑤	138
3-6	第4類特殊引火物	141
3-6-1	特殊引火物とは	141
3-6-2	特殊引火物の例	141
	例題⑥	144
3-7	第4類第1石油類	145
3-7-1	第1石油類とは	145
3-7-2	第1石油類の例	145
	例題⑦	149
3-8	第4類アルコール類	152
3-8-1	アルコール類とは	152
3-8-2	アルコール類の代表例	152
3-8-3	アルコール類に共通する特性	153
3-8-4	アルコール類に共通する火災予防方法	153
3-8-5	アルコール類の品名ごとの各論	153
	例題⑧	155
3-9	第4類第2石油類	156
3-9-1	第2石油類とは	156
3-9-2	第2石油類の例	156
3-10	第4類第3石油類	159
3-10-1	第3石油類とは	159
3-10-2	第3石油類の例	159
3-11	第4類第4石油類	162
3-11-1	第4石油類とは	162
3-11-2	第4石油類の例	162
3-12	第4類動植物油類	164
3-12-1	動植物油類とは	164
3-12-2	動植物油類の例	164
	例題⑨	166

3-13	第5類危険物	168
3-13-1	自己反応性物質とは	168
3-13-2	第5類の代表例	168
3-13-3	第5類に共通する特性	169
3-13-4	第5類に共通する火災予防方法	170
3-13-5	第5類に共通する消火方法	170
3-13-6	第5類の品名ごとの各論	170
	例題⑩	176
3-14	第6類危険物	179
3-14-1	酸化性液体とは	179
3-14-2	第6類の代表例	179
3-14-3	第6類に共通する特性	179
3-14-4	第6類に共通する火災予防方法	179
3-14-5	第6類に共通する消火方法	180
3-14-6	第6類の品名ごとの各論	180
	例題⑪	183

付 表 186

さくいん 193

第 1 章

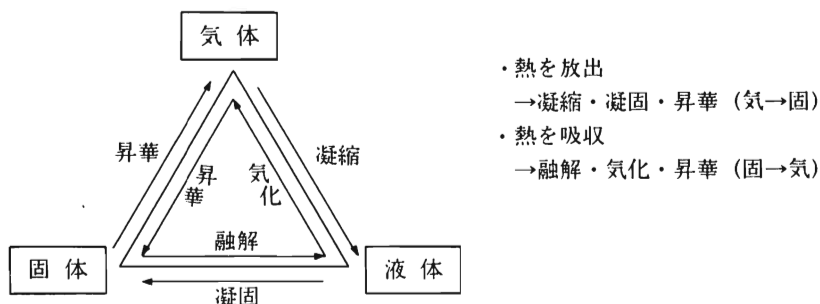
基礎物理・基礎化学

1-1 三態の変化

1-1-1 三態の変化 重要

物質は外界の条件（温度・圧力）によって固体・液体・気体の状態となる。固体・液体・気体を三態といい、この状態の移り変わりを三態の変化という。図示すると図1-1のようになる。

水の場合は、氷・水・水蒸気となる。これを水の三態の変化という。

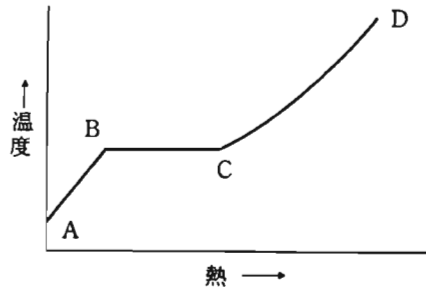


1-1-2 融解と凝固 重要

氷が水になるように固体が液体になることを融解といい、逆に液体が固体になることを凝固という。

融解には加熱が必要で、このときの熱を融解熱といい、融解するときの温度を融点という。物質を氷で冷却するのは、氷の融解熱を利用したものである。また、純物質の融点は、物質によって一定であるが、ガソリンなど混合物の融点は範囲をもつ。凝固には冷却が必要で、このときの熱を凝固熱といい、凝固するときの温度を凝固点という。同一圧力の下では、同じ物質の融点と凝固点は等しい。水の融点・凝固点は、1気圧(101.3kPa)の下では0℃である。また、水の融解熱・凝固熱は335 J/g (80cal/g)である(出入りは逆である)。

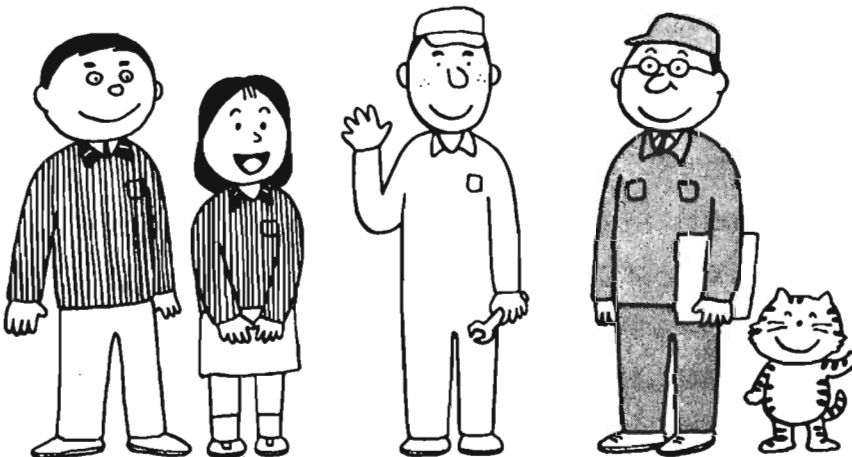
図1-2のA点の固体を加熱するとB点で溶けはじめ、それ以上に加熱しても温度は上がらず融解を続け、C点ですべて融解して液体となり、液体の温度がD点まで上がる。これが固体の融解現象である。



●図1-2 融解と凝固の状態

(例) 氷50gを20°Cの水にするために必要な熱量は
 $335\text{J/g} \times 50\text{g} + 4.19\text{J/g} \cdot \text{C} \times (20\text{C} - 0\text{C}) \times 50\text{g} = 20,940\text{J}$

SI単位の導入により、危険物取扱者試験でもカロリー [cal] や気圧 [atm] といった従来用いられていた単位が、ジュール [J] やパスカル [Pa] に移行している。SI単位については、p. 186を参照されたい。



第1章 基礎物理・基礎化学

1-1-3 気化と凝縮 特に重要

水が水蒸気になるように液体が気体になることを気化といい、逆に気体が液体になることを凝縮または液化という。

液体が1気圧の下で沸騰するときの温度を沸点という。沸点にある液体に熱を加えても、気化のために使われて温度の上昇はみられず、液体の全部が気化した後に気体の温度が上昇することになる。

このように気化するときは熱が必要で、これを気化熱という。凝縮するときには気化熱に等しい凝縮熱を放出する。水の沸点は1気圧の下では100°Cで、このときの気化熱は2260 J/gで他の液体に比べて著しく大きい。夏の暑いときに水をかぶると涼しく感じるのは、おもに蒸発するときには持ち去られる気化熱によるものである。なお、水は水蒸気(100°C)になると体積は1,700倍に膨張し、空気を排除することになるので、窒息作用も大きい。

気化熱や融解熱のように、温度変化に係わらない熱を潜熱という。これに対して、水を温めて温度を上げるときのように、温度変化に係わる熱のことを顕熱という。

1-1-4 蒸気圧と沸点の関係

液体が蒸発する場合、開放された空間だと蒸発は続いて行われるが、閉ざされた容器の中などでは、ある程度蒸発すると空間の蒸気の力と蒸発する力(圧力)が平衡状態になる。蒸発する圧力を蒸気圧という。これが大きいほど蒸発しやすいことを示す。外気の圧力が高いと、蒸気圧が高くならなければ沸騰しない。逆に圧力が低くなると、低い蒸気圧で沸騰する。

1-1-5 昇華

固体が直接気体になることを昇華といい、また逆に気体が直接固体になることもいう。昇華熱は融解熱に気化熱を加えたもの、逆に凝縮熱に凝固熱を加えたものにほぼ等しい。

(例) ドライアイス, ナフタリン, 硫黄, パラジクロロベンゼン

1-1-6 潮解と風解

重要

a. 潮解

固体物質が空気中の水分を吸収して、その水分に溶解する現象を潮解という。

(例) 塩化カルシウム, 塩化マグネシウム

b. 風解

結晶水を含んだ物質が、大気中に結晶水を失う現象を風解という。

(例) 結晶炭酸ナトリウム, 結晶硫酸ナトリウム

潮解性・風解性のある物質は、空気中の水分を吸収し、または空気中に水分を放出して変質するので、容器を密栓・密封して保存しなければならない。

学習の整理 (1-1 三態の変化)

- ① 三態の変化, 特に融解と凝固, 気化と凝縮, 蒸気圧と沸点の関係について学習した。変化に伴う熱の放出・吸収は重要。
- ② 昇華・潮解・風解の定義と, それぞれの現象を起こす代表例を学習した。

第1章 基礎物理・基礎化学

1-2 水と空気の性状

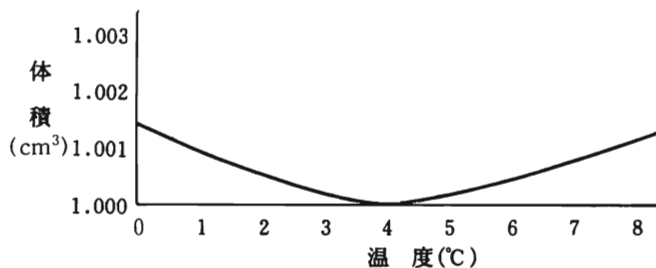
1-2-1 水の性状

重要

水は地球上に普遍的に存在し、多くの物理・化学上の基準になる。また、冷却作用と窒息作用による消火剤として広く使用されている。

水のおもな性状に示す。

- ① 三態の変化をとる。1気圧の下では0℃で凍結し、100℃で沸騰する。
- ② 4℃で体積は最小となり、密度は最大となる。そのとき1cm³が1gである。0℃では4℃のときより体積は増加する。



●図1-3 水の体積の変化

- ③ 比熱は15℃で4.19 J/g・℃である (p. 16)。
- ④ 融解熱は335 J/gで、気化熱は2260 J/gである。
- ⑤ 水が水蒸気 (100℃) になると、体積は1,700倍に膨張する。
- ⑥ 水素と酸素から構成される化合物である。水素原子と酸素原子の構成比は2:1である。
- ⑦ 水を電気分解すると、水素と酸素に分かれる。

1-2-2 空気の性状

空気は窒素78%、酸素20.9%が大部分を占める。その他、わずかの二酸化炭素・水蒸気・希ガス (ネオン・アルゴン・キセノン) を含む混合物である。

酸素，窒素についての説明を次に示す。

- ① 酸素：無色・無味・無臭の気体で，酸素自体は燃えないが，物質に燃焼を起こさせる作用（支燃性）がある。酸素ガスの中での燃焼は特に激しい。燃焼・酸化（p.45）により酸化物をつくる。
- ② 窒素：無色・無味・無臭の気体で，物質と反応しにくい（不活性）。人に対しては窒息性がある。

（参考）

空気の平均分子量の計算

窒素 80%，酸素 20%とし，原子量は窒素が 14，酸素が 16 とすると，次のようになる。

$$N_2 \times 0.8 + O_2 \times 0.2$$

$$(14 \times 2 \times 0.8) + (16 \times 2 \times 0.2) = 28.8 \approx 29$$

1-2-3 湿度

空気の乾湿の度合いを湿度という。

空気に最大限含むことのできる水分のうち，何%を実際に含んでいるかを示す値を相対湿度という。

$$\text{相対湿度} = \frac{\text{空気中に含まれる水蒸気量}}{\text{飽和水蒸気量}} \times 100 [\%] \dots\dots (1 \cdot 1)$$



第1章 基礎物理・基礎化学

乾きにくいもの、湿りやすいものなど過去の湿度の影響が長時間残るものは、過去の湿度を考慮に入れた**実効湿度**で表す。大気中の湿度が高くても、それに応じて変化しないで乾燥状態にあるもの（木材・衣類・積み重ねた紙類など）が存在する場合には、注意が必要である。

$$\text{実効湿度} = \text{本日の平均湿度} \times 0.3 + \text{昨日の実効湿度} \times 0.7 \quad (\text{重価率})$$

…………… (1・2)

また、乾燥空気 1 kg に含まれる水蒸気の量をキログラム単位で示したものを**絶対湿度**という。

温度が上昇すると、そのときの空気が含み得る水蒸気の量は増大する。最大量を含んだ状態を**飽和状態**といい、そのときの水蒸気量を**飽和水蒸気量**という。

○表 1-1 飽和水蒸気量

気温 [°C]	-10	0	10	20	30
飽和水蒸気量 [g/m ³]	1.95	4.8	9.4	17.3	30.3

相対湿度の値は、空気中の水蒸気量が変化しなくても、気温が変化すれば変わる。10°C で湿度100%の空気は、20°C では湿度は $(9.4/17.3) \times 100 = 54.3\%$ となる。

湿度は火災の発生、延焼の危険性に大きな関係がある。湿度の低いときは火災の危険性が大きく、湿度の高いときは危険性は小さい。

学習の整理 (1-2 水と空気の性状)

- ① 水と空気の性状について学習した。
- ② 湿度（相対湿度・実効湿度・絶対湿度）について学習した。湿度は火災の発生や延焼の危険性に大きな関係がある。

1-3 比重・密度

1-3-1 比重 重要

物質の重さを、標準物質である水または空気と比較した数値を比重という。

a. 固体・液体の比重

固体・液体の比重は、同体積の水の重さとの比で表す。水は4℃・1気圧の純粋なものを標準とする。

4℃・1気圧の純水は1gが1cm³であるのでこれを基準とする(1とする)。固体・液体の比重は(1・3)式で示される。

$$\text{固体・液体の比重} = \frac{\text{物質の質量}}{\text{物質と同体積の4℃・1気圧の水の質量}} \cdots (1 \cdot 3)$$

b. 気体の比重

気体・蒸気の比重は、0℃・1気圧の空気の重さ(1ℓならば約1.3g)を標準として(1として)、これとの比で表す。蒸気とは蒸発した気体で、液体と共存しているものをいうが、気体として考えてよい。

気体の比重を(1・4)式で示す。比重が1より大きい小さいかは、危険性に大きな関係がある。

$$\text{気体の比重} = \frac{\text{気体の質量}}{\text{気体と同体積の0℃・1気圧の空気の質量}} \cdots (1 \cdot 4)$$

○表1-2 おもな物質の比重

固体名	比重	液体名	比重	気体名	比重
金属カリウム	0.86	ガソリン	約0.85	水素	0.1
黄りん	1.8	エチルアルコール	0.79	一酸化炭素	0.97
ピクリン酸	1.8	水(4℃)	1.0	空気	1.0
赤りん	2.3	二硫化炭素	1.26	酸素	1.1
塩素酸ナトリウム	2.5	過酸化水素	1.46	二酸化炭素	1.53
過塩素酸カリウム	2.52	四塩化炭素	1.63	プロパンガス	1.55
過マンガン酸カリウム	2.7	一塩化一臭化メタン	1.94	亜硫酸ガス	2.26

第1章 基礎物理・基礎化学

1-3-2 密度

物質の単位体積の質量を密度という。cm³, g 単位では固体・液体の比重と同じ値になるので同一とみてよい。4℃の水の密度は1 g/cm³ であり, 比重は1である。

1-3-3 圧力

物体に加わる力を圧力といい, 一般に単位面積に加わる重さで表す。大気の圧力は底面積1 cm², 高さ760mmの水銀柱の重さにほぼ等しく, これを1気圧という。通常0℃・1気圧(水銀柱760mm)の状態を標準状態という。

$$\begin{aligned} 1 \text{ 気圧} &= \text{水銀柱}760\text{mm} = \text{水柱}10.33\text{m} = 1.033\text{kgf/cm}^2 \\ &= 0.1013\text{MPa} (\text{メガパスカル}) = 1.013 \times 10^5 \text{Pa} \quad \dots\dots (1 \cdot 5) \end{aligned}$$

学習の整理 (1-3 比重・密度)

- ① 比重・密度・圧力など, 物理の計算をする上で必須の事項を学習した。
- ② 0℃・1気圧の状態を標準状態という。

1-4 気体の性質

1-4-1 臨界温度と臨界圧力

気体を固有の温度以下に冷却し、圧力を高くするとやがて液体となる。このときの気体固有の温度を**臨界温度**という。臨界温度を超えた温度では、圧力を増加させても液化できない。

臨界温度で液化させるために必要な最小の圧力を**臨界圧力**という。温度が臨界温度よりも低いときは、臨界圧力より低い圧力で液化させることができる。

たとえば二酸化炭素では、31.1℃以上の温度では、液化させることはできない。31.1℃以下ならば7.39MPaより低い圧力で液化させることができる。

○表1-3 臨界温度・臨界圧力

	臨界温度[℃]	臨界圧力[MPa]
水	374.1	22.1
二酸化炭素	31.1	7.39
空気	-140.7	3.77
窒素	-147.1	3.39
酸素	-118.9	5.03

1-4-2 ボイル-シャルルの法則

a. ボイルの法則

一定温度の気体の圧力は、その体積に反比例する。これを**ボイルの法則**という。気体の体積を V 、圧力を P とすると、(1・6)式が得られる。

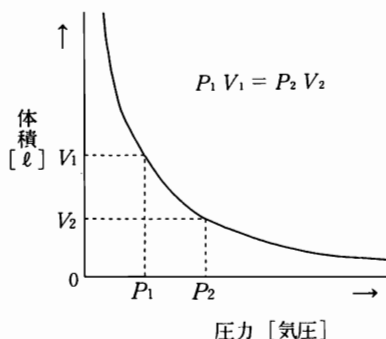
$$V = \frac{k}{P} \quad \text{または} \quad PV = k \quad \dots\dots (1 \cdot 6)$$

(k : 比例定数)

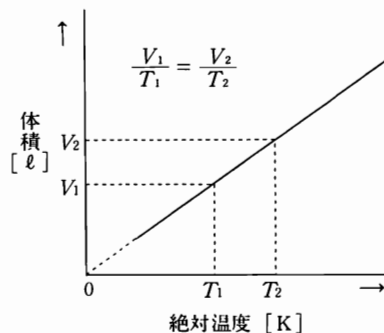
一定温度の気体では、体積と圧力の積が一定になる。定温下、圧力 P_1 、体積 V_1 の気体を、圧力 P_2 、体積 V_2 としたときの式は、次のようになる。

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad \dots\dots (1 \cdot 7)$$

第1章 基礎物理・基礎化学



● 図1-4 ボイルの法則



● 図1-5 シャルルの法則

b. シャルルの法則

一定質量の気体の体積は、圧力が一定のとき、温度を 1°C 上昇するまたは下降するごとに、 0°C のときの体積の $1/273$ ずつ膨張または収縮する。すなわち、一定圧力の下では気体の体積は、絶対温度に比例する。これをシャルルの法則という。絶対温度とは -273°C を 0 ケルビン [K] としたものである。これを式で表すと、次のようになる (T は絶対温度 [K], t はセ氏温度 [$^\circ\text{C}$])。

$$V = kT \quad \dots\dots (1 \cdot 8)$$

$$T = t + 273 \quad \dots\dots (1 \cdot 9)$$

一定圧力の気体では、体積と絶対温度の商が一定となり、定圧下、体積 V_1 、絶対温度 T_1 の気体を、体積 V_2 、絶対温度 T_2 としたときの式は、(1・10) 式のようになる。

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \dots\dots (1 \cdot 10)$$

c. ボイル-シャルルの法則

一定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。これをボイル-シャルルの法則という。式は次のようになる。

$$\frac{PV}{T} = R \quad \dots\dots (1 \cdot 11)$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad \dots\dots (1 \cdot 12)$$

R は気体定数といわれる定数で、 0.082 [$\ell \cdot \text{気圧} / \text{K} \cdot \text{モル}$] である。

1-4-3 ドルトンの法則

混合気体の全圧は、各成分気体の分圧の和に等しい。これをドルトンの法則（分圧の法則）という。

たとえば1気圧の空気の分圧は、空気中の窒素と酸素の体積比（モル比）が4:1なので、窒素 $\frac{4}{5} = 0.8$ 気圧、酸素 $\frac{1}{5} = 0.2$ 気圧となる。

1-4-4 実在気体と理想気体

ボイル-シャルルの法則では、気体の体積は絶対零度 ($0^{\text{ケルビン}} \text{K} = -273^{\circ}\text{C}$) で0となる。しかし実際には気体を冷却すると液体となり、温度と体積の比例関係が成り立たなくなる。実際に存在する気体を実在気体という。これに対して、法則が完全に成り立つよう想定された気体を理想気体という。

実在気体の多くは、常温以上、70気圧以下では、ほぼ理想気体として取り扱うことができる。

学習の整理 (1-4 気体の性質)

- ① 臨界温度・臨界圧力の意味と、その具体例を学習した。
- ② 気体の圧力・体積・温度についての法則である、ボイル-シャルルの法則を学習した。絶対温度 $T = t + 273$ [K] は、計算をする上で必須の事項である。
- ③ 混合気体の分圧についての法則である、ドルトンの法則を学習した。

第1章 基礎物理・基礎化学

例題①

【1】 次の三態の変化の説明で、誤っているものはどれか。

- 1) 大気中のアルコールを放置すると蒸発する。
- 2) 沸騰は液体の内部から気化がおこることである。
- 3) 二酸化炭素ガスがドライアイスになるのは昇華である。
- 4) 氷が水になることを融解という。
- 5) 気体が液体になることを凝固という。

【2】 液体が気体になるときに必要とする熱は、次のうちどれか。

- | | | |
|--------|--------|--------|
| 1) 膨張熱 | 2) 凝固熱 | 3) 昇華熱 |
| 4) 気化熱 | 5) 生成熱 | |

【3】 融点 -114°C 、沸点 78°C の物質がある。1気圧の下で、 -10°C および 80°C におけるこの物質の状態として、正しいものの組合せは次のうちどれか。

- | -10°C | 80°C | -10°C | 80°C |
|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| 1) 固体 | 液体 | 2) 液体 | 液体 |
| 3) 固体 | 気体 | 4) 液体 | 気体 |
| 5) 気体 | 気体 | | |

【4】 次の比重・密度・圧力についての説明のうち、誤っているものはどれか。

- 1) 液体の比重は、液体と同体積の 0°C ・1気圧の水の質量との比で表す。
- 2) 気体の比重は、気体と同体積の 0°C ・1気圧の空気の質量との比で表す。
- 3) 水の密度は 4°C で最大になる。
- 4) 大気の圧力は底面積 1 cm^2 、高さ 760 mm の水銀柱にほぼ等しい。
- 5) 1気圧をヘクトパスカル (hPa) で表すと、 1013 hPa となる。

【5】 次の湿度についての説明で、誤っているものはどれか。

- 1) 湿度が低いということは、空気中に含まれる水分が少ないことを示す。
- 2) 気温が高くなれば、飽和水蒸気量も多くなる。
- 3) 湿度 100% とは、空気中に水蒸気が飽和した状態をいう。
- 4) 相対湿度とは、当日とその前日の絶対湿度との比をいう。
- 5) 絶対湿度は 1 kg の乾燥空気の中に含まれる水蒸気量をキログラム数で表す。

第1章 例題①

- 【6】 0℃の気体の体積が2倍になるときの温度は何℃か。ただし、圧力は一定とし、気体は温度1℃について0℃のときの体積の $1/273$ (= 0.00366) ずつ膨張するものとする。
- 1) 136.5℃ 2) 273.0℃ 3) 409.5℃
 4) 546.0℃ 5) 682.5℃
- 【7】 2.4気圧の酸素が入っている1ℓの容器に、4.0気圧の窒素を400ml加えたとき、容器内の混合気体の圧力は何気圧になるか。ただし、気体の温度は変化しないものとする。
- 1) 3.6気圧 2) 4.0気圧 3) 4.2気圧
 4) 4.5気圧 5) 5.0気圧

例題①の解答

- 【1】は5)。気体が液体になる変化は凝縮である。
- 【2】は4)。
- 【3】は4)。この物質は1気圧の下で-10℃では液体、80℃では気体である（この物質はエチルアルコールである）。
- 【4】は1)。液体の比重は、液体と同体積の4℃・1気圧の水の質量との比で表す。
- 【5】は4)。相対湿度とは、空気に含まれる水蒸気量と飽和水蒸気量の比である。
- 【6】は2)。1℃につき $1/273$ ずつ膨張するので、はじめの体積を1とすると、

$$\begin{aligned} 0^\circ\text{C} &: 1 \\ 200^\circ\text{C} &: 1 + 200/273 \\ 273^\circ\text{C} &: 1 + 273/273 = 2 \end{aligned}$$

よって273℃で体積は2倍となる。

- 【7】は2)。まず、ボイルの法則より、体積が400ml (0.4ℓ) から1ℓに変化したときの窒素の圧力 (分圧) を求める。 $P_1V_1 = P_2V_2$ より

$$4 \times 0.4 = x \times 1 \quad \text{よって } x = 1.6 \text{気圧となる。}$$

次に、ドルトンの法則より、混合気体の全圧を求める。

$$2.4 + 1.6 = 4.0 \text{気圧}$$

1-5 熱

1-5-1 温度

物体の温冷の度合いを**温度**という。温度計には、水銀やアルコールが温度によって体積が変化する性質を利用したものを使用する。

温度の単位には、日常に用いる**セ氏温度** [°C]、気体の状態方程式に用いる**絶対温度** [K] のほかに、**カ氏温度** [°F] がある。カ氏温度は、水の凝固点を 32°F、沸点を 212°F とし、この間を 180 等分したものである。セ氏温度をカ氏温度に換算するときは、(1・13) 式が用いられる。

$$[°F] = \frac{9}{5} [°C] + 32 \quad \dots\dots\dots (1 \cdot 13)$$

1-5-2 熱量の単位

1 気圧の下で、水 1 g の温度を 1 °C 上昇させるのに要する熱量を 1 カロリー [cal] という。また、1 ボルト [V] の電圧下、1 アンペア [A] の電流が流れたときに発生する熱量を 1 ジュール [J] という。

1 cal は 4.2 J である。また、1 J は 0.24 cal である。

1-5-3 比熱 特に重要

物体 1 g の温度を 1 °C 上昇させるのに必要な熱量を、その物体の**比熱**という。比熱が大きいことは、1 °C 上昇させるのに多くの熱量が必要なことを示す。単位は [J/(g·°C)] を用いる。水は比熱が大きいので、熱しにくく冷めにくい。

○表 1-6 比熱の例 単位 [J/(g·°C)]

水 (15°C)	4.19	アルミニウム (20°C)	0.884
エチルアルコール (21°C)	2.39	銀 (20°C)	0.235
木材 (室温)	1.26	水銀 (20°C)	0.138

比熱の異なる液体Aと液体Bを混合するとき、混合後の温度を x [°C] とすると、 x は(1・14)式により求めることができる(ただし、液体Aのほうが温度は高いものとする)。

$$\begin{aligned} & A\text{比熱}[\text{J}/(\text{g}\cdot^{\circ}\text{C})] \times A\text{質量}[\text{g}] \times (A\text{温度}-x)[^{\circ}\text{C}] \\ & = B\text{比熱}[\text{J}/(\text{g}\cdot^{\circ}\text{C})] \times B\text{質量}[\text{g}] \times (x-B\text{温度})[^{\circ}\text{C}] \quad \cdots\cdots (1\cdot14) \end{aligned}$$

1-5-4 熱容量 特に重要

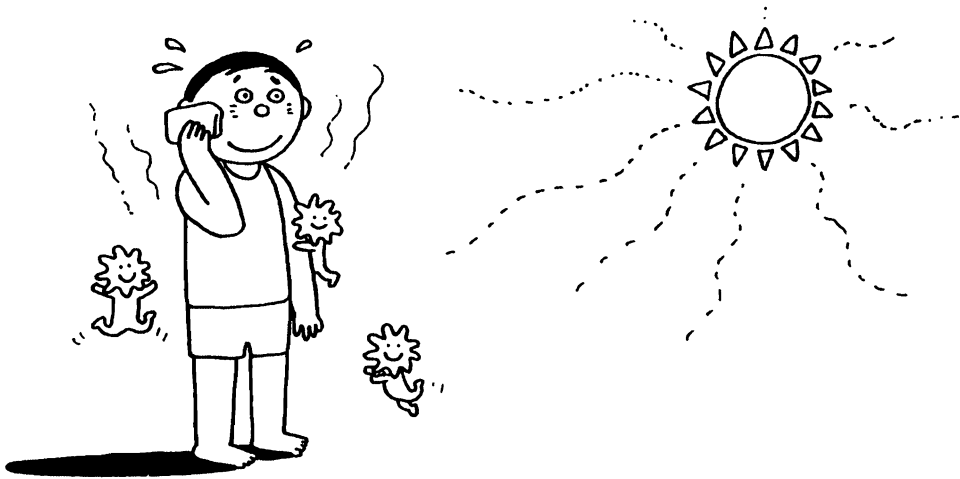
物体の温度を1°C上昇させるのに必要な熱量を、その物体の熱容量という。熱容量が大きいということは比熱も大きいですが、物体の量が多いことにもなり、温まりにくく、冷めにくいといえる。熱容量は(1・15)式で表される。

$$\text{熱容量}[\text{J}/^{\circ}\text{C}] = \text{比熱}[\text{J}/(\text{g}\cdot^{\circ}\text{C})] \times \text{質量}[\text{g}] \quad \cdots\cdots (1\cdot15)$$

質量が一定であれば、比熱が大きいほど熱容量も大きくなる。一定の比熱のものならば、質量が大きいほど熱容量も大きくなる。

ある物体を x [°C] だけ温度変化させるのに必要な熱量は、(1・16)式で表される。

$$\begin{aligned} \text{熱量}[\text{J}] & = \text{熱容量}[\text{J}/^{\circ}\text{C}] \times \text{温度変化}[^{\circ}\text{C}] \\ & = \text{比熱}[\text{J}/(\text{g}\cdot^{\circ}\text{C})] \times \text{質量}[\text{g}] \times \text{温度変化}x[^{\circ}\text{C}] \quad \cdots\cdots (1\cdot16) \end{aligned}$$



第1章 基礎物理・基礎化学

1-5-5 エネルギー保存の法則

ある物質系の中でエネルギーの変化が起こっているとき、この物質系の中のエネルギーの総和は一定不変である。これを**エネルギー保存の法則**という。

(注) エネルギー保存の法則は、外部との間に熱の出入りがないことを前提とする。

1-5-6 熱の移動 重要

a. 伝導

伝導とは、熱が物質中に伝わることで、一般に熱伝導率の大きさは、以下の通りである。

固体 > 液体 > 気体 金属 > 非金属

伝導の度合いを表すには**熱伝導率**を用いる。

○表1-7 熱伝導率の例 単位 [W/(m・℃)]

銅 (0℃)	403	水 (0℃)	0.561
アルミニウム (0℃)	237	空気 (0℃, 1気圧)	0.0241
コンクリート (常温)	1	水蒸気 (100℃, 1気圧)	0.0158

b. 対流

流体 (液体・気体) に温度差による密度差が生じて、これが移動することにより熱が移動する現象を**対流**という。

「湯が沸く」、「火事場風が起こる」などは、対流による現象である。

c. 放射 (ふく射)

熱せられた物体が放射線を出して、他の物体に熱を与えることを**放射**という。

「地球に太陽の熱が伝わる」、「ストーブに近づいて暖を取る」などは、放射による現象である。

1-5-7 熱膨張 特に重要

物体は熱によって膨張する。これを**熱膨張**という。温度1℃についての膨張の割合を**体膨張率**という。

a. 固体の膨張

長い物体の膨張は、ある2点を考えてその間の距離の変化で確認する（線膨張）。塊りは、温度変化による体積の増加で確認する（体膨張）。

b. 液体の膨張

液体の膨張は体膨張で考える。

c. 気体の膨張

気体の膨張の割合は、種類に係らずほぼ一定である（シャルルの法則，p.12）。温度1℃により、0℃の気体の体積の約 $\frac{1}{273}$ （ $=3.67 \times 10^{-3}$ ）膨張する。

d. 体膨張率と体積変化

体膨張率がわかった物質は、温度変化による体積変化を（1・17）式により求めることができる。

$$\text{体積変化}[\ell] = \text{温度変化}[\text{℃}] \times \text{体膨張率}[\text{℃}^{-1}] \times \text{体積}[\ell] \quad \dots\dots (1 \cdot 17)$$

○表1-8 体膨張率の例

		単位 [℃ ⁻¹]	
銀 (0～100℃)	5.67×10^{-5}	ガソリン (20℃)	1.35×10^{-3}
銅 (0～100℃)	4.98×10^{-5}	空気 (100℃)	3.67×10^{-3}
水 (20～40℃)	3.02×10^{-4}	水素 (100℃)	3.66×10^{-3}

学習の整理 (1-5 熱)

- ① セ氏温度とカ氏温度について学習した。
- ② 熱量の単位として、カロリー [cal] と [J] を学習した。
- ③ 熱量の計算上重要である、比熱と熱容量について学習した。
- ④ 熱の移動（伝導・対流・放射）と熱膨張（線膨張・体膨張）について学習した。これらに係わる数値として、熱伝導率と体膨張率がある。

1-6 電気

1-6-1 オームの法則

同じ導線に流れる電流も、電源の電圧によってその値が違い、電流は電圧に比例する。これをオームの法則という。

E ボルト[V]の電圧下、抵抗 R オーム[Ω]の導線に流れる電流 I アンペア[A]の値は、(1・18) 式により表される。

$$I = \frac{E}{R} \quad \dots\dots\dots (1 \cdot 18)$$

1-6-2 ジュールの法則

抵抗のある導線に電流が流れると、ジュール熱と呼ばれる熱が発生する。

E [V]の電圧下、 I [A]の電流が t 秒間流れたときに発生するジュール熱 Q [J]の値は、(1・19) 式により表される。

$$Q = E I t \quad \dots\dots\dots (1 \cdot 19)$$

(参 考)

ジュールの法則の展開

① オームの法則を代入すると、 $I = \frac{E}{R}$ (または $E = IR$) より

$$Q = E \cdot \frac{E}{R} \cdot t = \frac{E^2}{R} t$$

または $Q = IR \cdot I \cdot t = I^2 R t$ となる。

② 単位をカロリー [cal] とすると、 $1\text{J} = 0.24\text{cal}$ より

$$Q = 0.24 E I t = 0.24 \frac{E^2}{R} t = 0.24 I^2 R t \text{ となる。}$$

1-6-3 着火源

火災における着火源として、過熱と電気火花がある。

過熱は、非常に高い抵抗の物体に過電流が流れると発生する。この熱(ジュール熱)の値は、ジュールの法則により求められる。電気火花は、電気機器の接点の開閉・回路の開閉・短絡・漏電・断線・静電気などにより発生する。