

## 1

- (1) 物質 1[g] を 1[°C] (または 1[K]) 温度上昇させるのに必要な熱量
- (2) 物体を 1[°C] (または 1[K]) 温度上昇させるのに必要な熱量
- (3) 物質 1[mol] を 1[K] 温度上昇させるのに必要な熱量

### □ ■ 物理的思考 ■ □

公式を覚える前に **1** で確認したような物理量の定義をしっかりと覚えて欲しい。定義をしっかりと理解していれば、公式暗記に頼ることが無くなる。比熱の定義から考えると、比熱を  $c$  とすれば、物質 1[g] を 1[K] 温度上昇させるのに必要な熱量は  $c$  となる。また、これより、物質  $m$  [g] を 1[K] 温度上昇させるのに必要な熱量は  $mc$  となる。そして、物質  $m$  [g] を  $\Delta T$  [K] 温度上昇させるのに必要な熱量は  $mc\Delta T$  となる。これを熱量  $Q$  とおけば、

$$Q = mc\Delta T \quad \cdots \textcircled{1}$$

の完成となる。公式だけを覚えようとするか、定義も含めて覚えるか、記憶力の持続性の違いは試すまでもありません。

さて、熱量量  $C$  の場合は、1[K] 温度上昇させるのに必要な熱量が  $C$  なので、 $\Delta T$  [K] 温度上昇させるのに必要な熱量は  $C\Delta T$  となり、モル比熱  $C$  の場合は、物質 1[g] が物質  $n$  [mol] に変わるだけなので、物質  $n$  [mol] を  $\Delta T$  [K] 温度上昇させるのに必要な熱量は  $nC\Delta T$  となる。以上より、次の公式が導ける。

$$Q = C\Delta T \quad \cdots \textcircled{2}$$

$$Q = nC\Delta T \quad \cdots \textcircled{3}$$

物理では物理量の定義をしっかりと把握することも大切ですが、単位がしっかりと書けることも重要な要素のうちの1つです。だからといって丸暗記はいけません。例えば、①式を変形して、単位に注目すると、

$$c = \frac{Q}{m\Delta T} = \frac{[\text{J}]}{[\text{g}][\text{K}]} = [\text{J/g}\cdot\text{K}]$$

となり、覚えるまでもなくすぐに導出できる。他の2つの式も同様に、

$$C = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{[\text{J}]}{[\text{K}]} = [\text{J/K}]$$

$$C = \frac{Q}{n\Delta T} = \frac{[\text{J}]}{[\text{mol}][\text{K}]} = [\text{J/mol}\cdot\text{K}]$$

となる。このようにして、物理量の定義から始めて、公式や単位の導出など、有機的なつながりを意識すると、覚えやすくなる。

## 2

絶対温度は絶対零度 ( $-273$ [°C]) を  $0$  [K] とした温度である。

- (1) **0** [K]
- (2) **300** [K]
- (3) **273** [K]

## 3

- (4) 比熱  $c$  [J/g·K] の物質  $m$  [g] を  $\Delta t$  [°C] 上昇させる。
- (5) 熱容量  $C$  [J/K] の物質を  $\Delta t$  [°C] 上昇させる。
- (6) モル比熱  $C$  [J/mol·K] の気体  $n$  [mol] を  $\Delta t$  [K] 上昇させる。
- (1) 比熱の定義から、 $5.0 \times 10 \times 10 = 5.0 \times 10^2$  [J] となる。  
※比熱の公式 ( $Q = mc\Delta T$ ) から求めることができる。

- (2) 熱量量の定義から、 $3.0 \times 10$  [J] となる。  
※熱容量の公式 ( $Q = C\Delta T$ ) から求めることができる。

(3) モル比熱の定義から、 $7.0 \times 2.0 \times 10 = 1.4 \times 10^2$  [J]となる。

※モル比熱の公式 ( $Q = nC\Delta T$ ) から求めることができる。

(4)  $Q = mc\Delta T$

(5)  $Q = C\Delta T$

(6)  $Q = nC\Delta T$

## 4

(1) 物体を加熱していくと、固体、液体、そして、気体と状態を変化させる。これを状態変化という。状態変化では、物質の結びつきの状態が変わるため、これにエネルギーつまり熱が使われるために温度が上昇しない。したがって、区間BCと区間DEは状態変化をしている最中だと考えられる。これより、区間ABが固体から液体への、区間CDが気体から液体への状態変化だと考えられる。

区間AB：固体と液体 (イ)、区間BC：液体 (ウ)、区間CD：液体と気体 (エ)、区間DE：気体 (オ)

(2) 状態変化に熱 (エネルギー) が使われているから

(3) 区間ABで物体は融解し、融解し終わるまでに  $at$  [J]の熱を得ている。融解熱は物質 1 [g]が融解するのに必要な熱なので、

$$\frac{at}{100} \text{ [J/g]}$$

(4) 区間CDで物体は蒸発し、蒸発し終わるまでに  $2at$  [J]の熱を得ている。蒸発熱は物質 1 [g]が蒸発するのに必要な熱なので、

$$\frac{2at}{100} = \frac{at}{50} \text{ [J/g]}$$

(5) 区間BCから、液体が  $at$  [J]の熱を得て、 $T$  [K]温度上昇あったことが分かるので、比熱の定義から、

$$\frac{at}{100T} \text{ [J/g}\cdot\text{K]}$$

(6) 区間DEから、液体が  $at$  [J]の熱を得て、 $2T$  [K]温度上昇あったことが分かるので、比熱の定義から、

$$\frac{at}{200T} \text{ [J/g}\cdot\text{K]}$$

## 5

(1) 熱量計の得た熱量は熱容量の定義から、

$$90 \times (20.0 - 16.0) = 3.6 \times 10^2 \text{ [J]}$$

水が得た熱量は比熱の定義から、

$$4.20 \times 150 \times (20.0 - 16.0) = 2.52 \times 10^3 \text{ [J]}$$

したがって、熱量計と水が得た熱量の合計は、

$$2.88 \times 10^3 \text{ [J]}$$

※これが得た熱量となっている。

(2) 金属球が失った熱量は、金属球の比熱を  $c$  [J/g·K]とすると、

$$c \times 300 \times (100 - 20.0) = 24000c$$

熱量保存則より、得た熱量と失った熱量が等しくなるので、

$$24000c = 2.88 \times 10^3 \Leftrightarrow c = 0.12 \text{ [J/g}\cdot\text{K]}$$

### □ ■ 物理的思考 ■ □

物体の温度が上がる時は、他の物体から熱量をもらっている。このとき、熱量を上げた物体は温度を下げている。熱量はこのようにしてやりとりをしているだけなので、物体が得た熱量と他の物体が失った熱量は等しくなる。これを熱量保存則という。

## 6

- (1) 水と容器が得た熱量は、比熱の定義から、

$$c \times 1000 \times (30.0 - 27.2) + 4.2 \times 150 \times (30.0 - 27.2) = 2800c + 1764 \text{ [J]} \dots \textcircled{1}$$

※[g]と[kg]に注意したい。

熱量保存則から、水と容器が得た熱量は金属球が失った熱量に等しいので、比熱の定義から、

$$c \times 100 \times (100 - 30) = 7000c \text{ [J]} \dots \textcircled{2}$$

- (2) ①と②が等しいことから、

$$7000c = 2800c + 1764 \Leftrightarrow c = 0.42 \text{ [J/g}\cdot\text{K]}$$

## 7

- (1) 熱もエネルギーであり、ここでは運動エネルギーも温度を上げる熱（エネルギー）となっていると考える。失った熱量は物体弾丸の運動エネルギーの変化と温度変化から考えて、

$$\frac{1}{2}mv^2 + c \times 1000m \times t \dots \textcircled{1}$$

※ここで、運動エネルギーの公式では  $m$  が[kg]で、比熱ではその単位から考えて[g]が使われているので、同じ質量  $m$  であっても、どの単位で扱うかが変わるので注意したい。

得た熱量は氷が溶けるのに使われているので、氷の溶けた質量を  $x$  [g]として、

$$L \times x \dots \textcircled{2}$$

熱量保存則より、①と②が等しくなるので、

$$Lx = \frac{1}{2}mv^2 + 1000mct \Leftrightarrow x = \frac{mv^2 + 2000mct}{2L}$$

## 8

- (1) 水平方向に生じる加速度を  $a$  として、水平方向について運動方程式 ( $ma=f$ ) より、

$$ma = -\mu mg \Leftrightarrow a = -\mu g \text{ [m/s}^2\text{]}$$

したがって、加速度の大きさは  $\mu g$  となる。

- (2) 進んだ距離を  $x$  とおくと、( $v^2 - v_0^2 = 2aS$ ) より、

$$(0)^2 - v^2 = 2(-\mu g)x \Leftrightarrow x = \frac{v^2}{2\mu g}$$

- (3) 運動エネルギーが全て失われたので、

$$\frac{1}{2}mv^2 \text{ [J]}$$

※摩擦力が仕事をした分だけ、力学的エネルギーが減少していることから、

$$\mu mg \times x = \frac{1}{2}mv^2$$

- (4) 金属板が得た熱量は、金属板の温度変化を  $\Delta T$  として、比熱の定義から、

$$c \times 1000m \times \Delta T \dots \textcircled{1}$$

また、(3)で求めた力学的エネルギーの減少分が摩擦熱へと変わり、この半分が温度上昇に使われていることから、失った熱量は、

$$\frac{1}{4}mv^2 \dots \textcircled{2}$$

熱量保存則より、①と②が等しくなるので、

$$1000mc\Delta T = \frac{1}{4}mv^2 \Leftrightarrow \Delta T = \frac{v^2}{4000c}$$

## 9

(1) ジュール熱の公式 ( $Q=IVt=I^2Rt=\frac{V^2}{R}t$ ) より,

$$(1.0)^2 \times 2.0 \times 2.0 = 4.0 \text{ [J]}$$

(2) 同様に,

$$1.0 \times 2.0 \times 2.0 = 4.0 \text{ [J]}$$

(3) 同様に,

$$\frac{(1.0)^2}{2.0} \times 2.0 = 1.0 \text{ [J]}$$

(4) 同様に,

$$I^2 R \Delta t$$

(5) 同様に,

$$IV \Delta t \text{ [J]}$$

(6) 同様に,

$$\frac{V^2}{R} \Delta t$$

## 10

(1) 熱量保存則から水よ容器が得た熱量はヒーターから得ているので、ヒーターのジュール熱に等しい。したがって、ジュール熱の公式 ( $Q=IVt=I^2Rt=\frac{V^2}{R}t$ ) より,

$$I^2 r t \text{ [J]}$$

(2) 容器の熱容量を  $C$  とすると、容器と水が得た熱量は,

$$C(T_2 - T_1) + cm(T_2 - T_1)$$

これが(1)で求めた式と等しくなることから,

$$(C+mc)(T_2 - T_1) = I^2 r t \Leftrightarrow C = \frac{I^2 r t}{T_2 - T_1} - mc$$

## 11

(1) 容器と水が得た熱量は、熱量量と比熱の定義から,

$$C(T_2 - T_1) + cm(T_2 - T_1) \dots \textcircled{1}$$

(2) ヒーターに電流を流していた時間を  $t$  とおくと、ヒーターで発生した熱量はジュール熱の公式

$$(Q=IVt=I^2Rt=\frac{V^2}{R}t) \text{ より,}$$

$$IVt \dots \textcircled{2}$$

熱量保存則より、①と②が等しくなるので,

$$IVt = (C+mc)(T_2 - T_1) \Leftrightarrow t = \frac{(C+mc)(T_2 - T_1)}{IV}$$

※問題によっては、「ヒーターで発した熱の半分が水と容器の温度上昇に使われるものとする」等の設定があるので注意したい。そもそも、この問題のように、ヒーターの熱全てが水と容器の温度上昇に使われるという設定自体に無理があるが…。