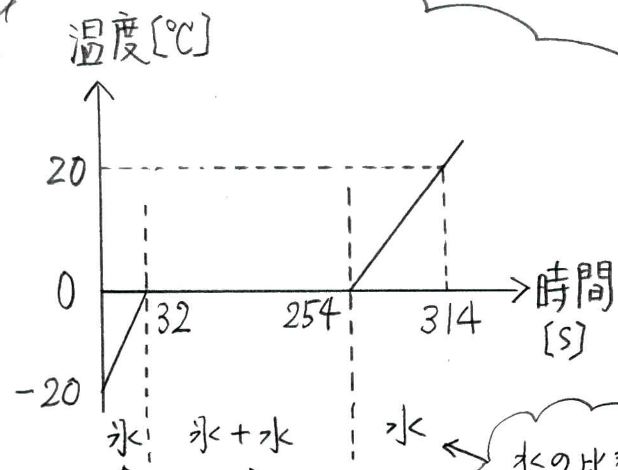
発例 11



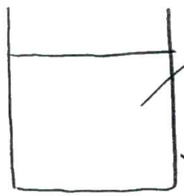
全体の見通し

容器の中身が氷でも水でも，容器の熱容量は同じ変わりません。
容器の温度は中身の氷や水くと同じと考えます。

(1) 熱量が計算できる区間をさがすことから始めます。

0～32s，32～254s，254～314s さあどこでしょう。

(下準備です，次ページで解答を……)



水 400g
比熱 4.2 J/(g·K)

容器
熱容量 120 J/K

全体の熱容量
400×4.2＋120 J/K

ヒーターが供給する熱量を毎秒 q [J] とする。

q の筆記体です

計算できるのは，254〜314 s の間なので，
『$Q = C\Delta T$』の式にあてはめると，

慣れてくれば，
ここから始めます。

$$q \times (314-254) = (400 \times 4.2 + 120) \times (20-0)$$

$$q \times \cancel{60} = \cancel{(1680+120)}^{30} \times 20$$

$$q = 6.0 \times 10^2$$

<u>6.0×10^2 J</u>

(2) 32〜254 s の間で考える。
氷の融解熱を x [J/g] とする。
この間，容器の温度は 0℃で変わらない。

$$400 \times x = 6.0 \times 10^2 \times (254-32)$$

$$x = 1.5 \times 222 = 333$$

<u>3.3×10^2 J/g</u>

(3) 0〜32 s の間で考える。この間，容器の温度も氷と同じように変化する。
『$Q = C\Delta T$』から，氷の比熱を c [J/(g·K)] とすると，

$$6.0 \times 10^2 \times 32 = (400 \times c + 120) \times \{0-(-20)\}$$

$$30 \times \cancel{32}_{8} = \cancel{400}_{100}\,c + \cancel{120}_{30}$$

$$100c = 240 - 30$$

$$c = 2.1$$

<u>2.1 J/(g·K)</u>

発172

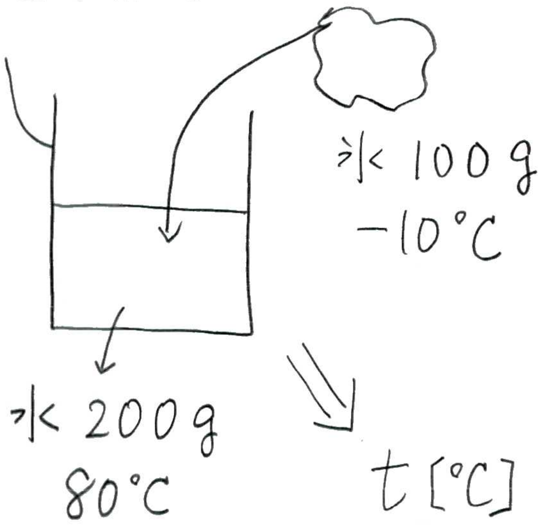
$-10°C$ の氷 → $0°C$ の氷 → $0°C$ の水 → t[°C] の水

氷の比熱 $2.1\,J/(g\cdot K)$

氷の融解熱 $3.3\times10^2\,J/g$

水の比熱 $4.2\,J/(g\cdot K)$

容器の熱容量は無視



熱量の保存より，

$$200\times4.2\times(80-t)$$
$$=100\times2.1\times\{0-(-10)\}+100\times3.3\times10^2+100\times4.2\times(t-0)$$

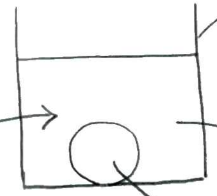
↓この式から t を求めます。

まず，100で割って，

$$2\times4.2\times(80-t)=21+3.3\times10^2+4.2t$$
$$672-21-330=2\times4.2t+4.2t$$
$$\cancel{321}=\cancel{3}\times4.2t$$
$$107$$
$$t=\frac{107}{4.2}=25.4\cdots$$

25°C

発171



比熱 c [J/(g·K)]とする.

銅製容器・水・金属球は，同じように温度が変化していくものと考えます。

$T_1 \to T_2$ [°C]

「$Q = C\Delta T = mc\Delta T$」の関係から

$$qt = (M_0 \times 0.39 + M_1 \times 4.2 + M_2 c)(T_2 - T_1)$$

cを求めると，

$$M_2 c = \frac{qt}{T_2 - T_1} - 0.39M_0 - 4.2M_1$$

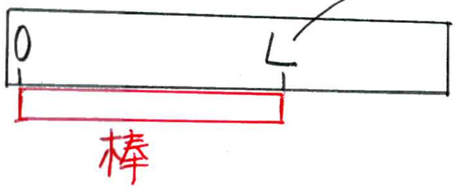
単位を忘れないように！

$$\underline{c = \frac{1}{M_2}\left(\frac{qt}{T_2 - T_1} - 0.39M_0 - 4.2M_1\right) \text{ [J/(g·K)]}}$$

発173

いろいろな考え方ができると思います。
あれこれ考えることが大切です。解答通りである必要はありません。

(1) t[℃]のとき



0℃のときL[m]であったので,
t[℃]のときの長さ,L_tは,線膨張の式より,

$$L_t = L(1+\alpha_1 t)$$

$\underline{L(1+\alpha_1 t)\,[\mathrm{m}]}$

(2) 0℃のときの棒の長さをl_0[m]とすると,
t[℃]でL_t[m]になるので,線膨張の式より,

$$L_t = l_0(1+\alpha_2 t)$$

$$L(1+\alpha_1 t) = l_0(1+\alpha_2 t)$$

$$l_0 = \frac{1+\alpha_1 t}{1+\alpha_2 t}\cdot L$$

$\underline{\dfrac{1+\alpha_1 t}{1+\alpha_2 t}\cdot L\ [\mathrm{m}]}$

発174

(1) 体膨張の式『$V=V_0(1+\beta t)$』にあてはめる。
求める体積を V [cm³] とすると,

$$V = 200.0\times(1+1.82\times10^{-4}\times60)$$
$$= 200.0\times(1+0.01092)$$
$$= 200.0\times 1.0109\cancel{2}$$

切り捨て

有4桁なので, 5桁までとる.
(途中計算)

$$= 200.0\times1.0109$$
$$= 202.\cancel{18}\ \ 2$$

$\underline{202.2\,\mathrm{cm^3}}$

0℃の体積と比較すると,

途中計算なので1桁多く5桁までとる.

$$\frac{202.18}{\underbrace{200.0}_{4桁}} = 1.010\cancel{9}\ \ 1$$

$\underline{1.011倍}$

(2) 密度 $= \dfrac{\text{質量}}{\text{体積}}$ から考える。

温度が60℃になっても，質量は変わらない。
体積は，1.0109倍になるので，密度は $\dfrac{1}{1.0109}$ 倍になる。

$$13.60 \times \frac{1}{1.0109} = 13.45\cancel{3}$$

4桁なので ⟹ 5桁にする

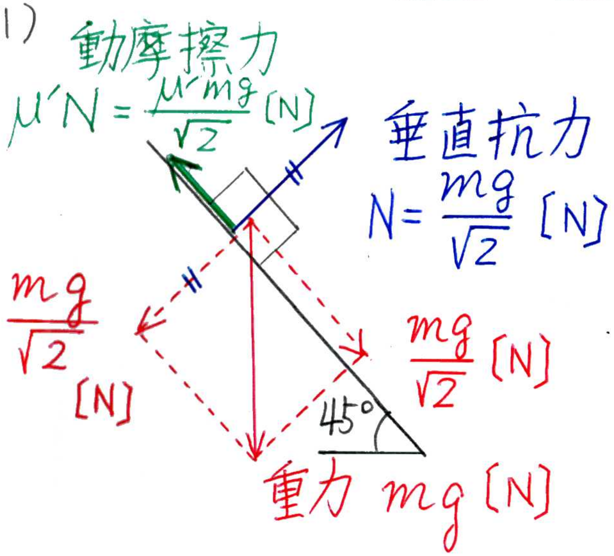
四捨五入　切り捨て

$13.45 \, g/cm^3$

発175

主に力学の仕事・力学的エネルギーの話になりますが，熱の発展としてはよく出てきます。

(1)



重力 mg [N]

垂直抗力 $\dfrac{mg}{\sqrt{2}}$ [N]

$\dfrac{1}{\sqrt{2}}$ は文字式のときは，このままでかまわない。
数値計算するときは，有理化して，$\dfrac{\sqrt{2}}{2}$ として計算する方が簡単です。

(2) 重力：斜面に平行な成分 $\dfrac{mg}{\sqrt{2}}$ を使って，$\dfrac{mgs}{\sqrt{2}}$ [J]

動摩擦力：運動する向きと逆向きにはたらくので，$-\dfrac{\mu' mgs}{\sqrt{2}}$ [J]

垂直抗力：運動する向きと垂直にはたらくので，0 J

(3) 仕事と運動エネルギーの関係から，求める速さを v [m/s] とすると。

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{mgs}{\sqrt{2}} - \frac{\mu' mgs}{\sqrt{2}}$$

$$v^2 = \sqrt{2}\,gs(1-\mu')$$

$$v = \underline{\sqrt{\sqrt{2}\,gs(1-\mu')}\ [\mathrm{m/s}]}$$

(4) 摩擦によって失われたエネルギーは，$\dfrac{\mu' mgs}{\sqrt{2}}$ [J] で，

これが熱になって，物体の温度上昇に使われたとすると，

グラム単位で

『$Q = mc\Delta T$』の式から，

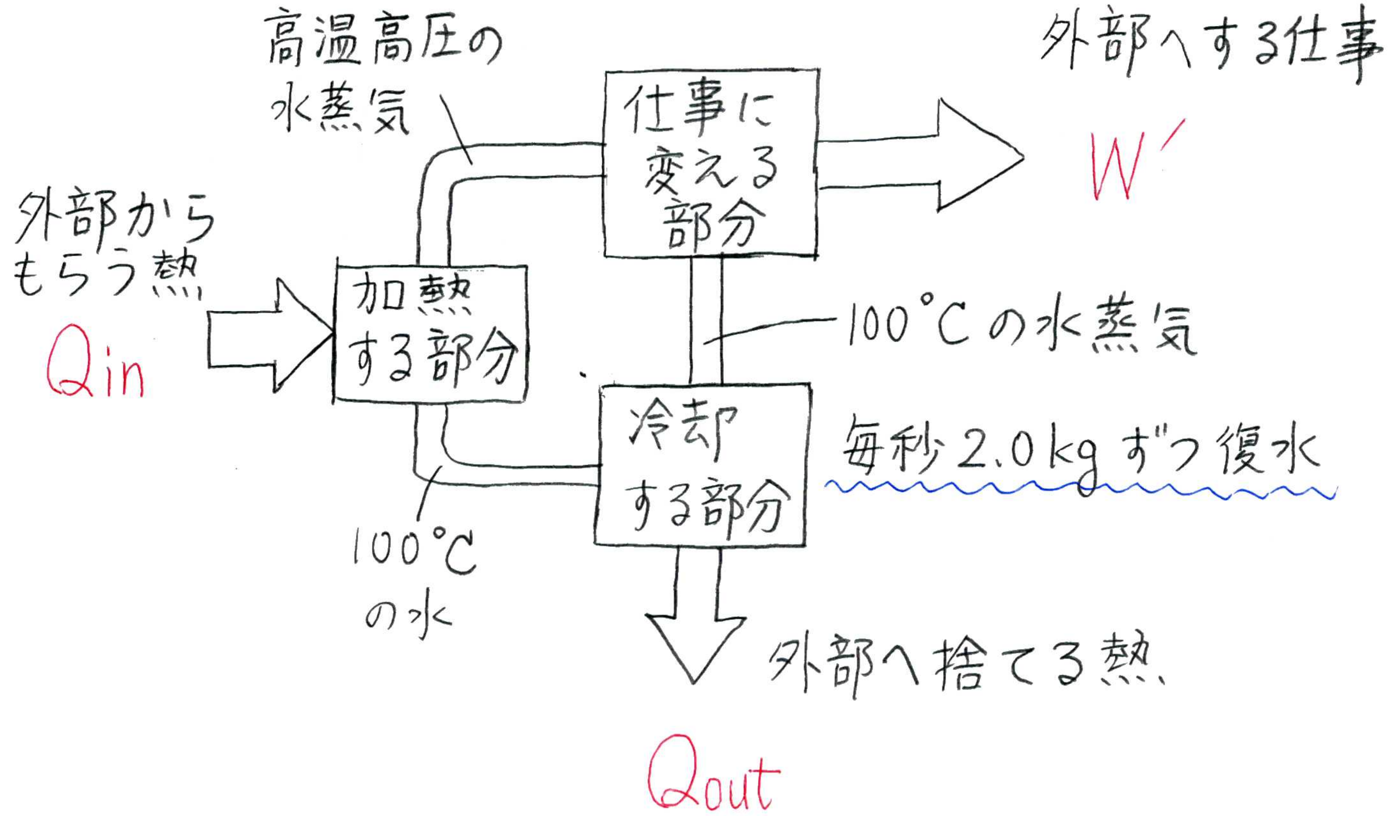
$$\frac{\mu' mgs}{\sqrt{2}} = \underbrace{m \times 10^3}_{\text{こちらは g 単位}} \times c\Delta T$$

こちらはkg単位　　こちらは g 単位 ⇐ 要注意

$$\Delta T = \frac{\mu' gs}{\sqrt{2} \times 10^3 \times c} \qquad \underline{\frac{\mu' gs}{\sqrt{2} \times 10^3 \times c}\ [\mathrm{K}]}$$

発176 読んだけではわからなーい！

iKeTは何度も読み返し，図も何度も描き直しました。
汗と涙の結晶を大公開！



(1) 100°Cの水蒸気1gを100°Cの水にするには、
蒸発熱と同じだけの熱を捨てればよい。

毎秒 $\underbrace{2.0\times10^3}_{\text{グラム単位}}\times\underbrace{2.3\times10^3}_{\text{蒸発熱}}=4.6\times10^6$ 　　 $\underline{4.6\times10^6\,\mathrm{J}}$

(2) 熱効率が15%なので、熱効率 $e=\dfrac{Q_{in}-Q_{out}}{Q_{in}}$ の関係から、

$$0.15=\frac{Q_{in}-4.6\times10^6}{Q_{in}}$$

これより、 $0.15Q_{in}=Q_{in}-4.6\times10^6$

$0.85Q_{in}=4.6\times10^6$

$Q_{in}=\dfrac{4.6\times10^6}{0.85}=5.41\times10^6$ 　　 $\underline{5.4\times10^6\,\mathrm{J}}$

(3) $e=\dfrac{W'}{Q_{in}}$ ともかけるので、

$W'=eQ_{in}$ ←これは1秒あたりの仕事

10分では $eQ_{in}\times10\times60=0.15\times5.41\times10^6\times10\times60$

$=4.86\times10^8$ 　　 $\underline{4.9\times10^8\,\mathrm{J}}$

基169，170は範囲外