$a+b=c+d+e$ $a=b+c$ $P = P_{übrig} + P_{1,a}$

Aufgabe 10: Wärmeschild

10 Punkte

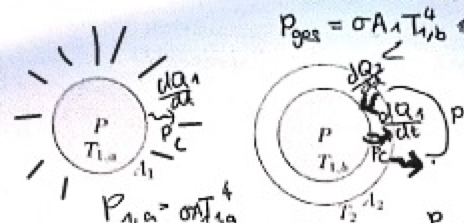
Ein schwarzer Körper mit Oberfläche A_1 befindet sich im Vakuum. Eine eigene Energieversorgung heizt den Körper mit der Leistung P. Im Gleichgewicht stellt sich die Temperatur $T_{1,a}$ ein.

Power loss/Emission

$P_{1,a} = \sigma A_1 T_{1,a}^4$ $P_{ges} = \sigma A_1 T_{1,b}^4 + 2\sigma A_2 T_{2,b}^4$

$P + P_{1,a} =$ $>$ $<$

$P =$



$P_{1,a} = \sigma A T_{1,a}^4$

$\sigma A_1 T_{1,a}^4 = \sigma A_1 T_{2,b}^4 + 2\sigma A_2 T_{2,b}^2$ $P_{a} + P_{2,b}$ $= \sigma A_1 T_{1,b}^4 + 2\sigma A_2 T_{2,b}^2$

Um die Temperatur zu erhöhen, wird um den Körper aus dem gleichen Material eine Hohlkugel mit Oberfläche A_2 gebaut, die als Hitzeschild fungiert. Im Gleichgewicht erreicht der Schild die Temperatur T_2. Für den inneren Körper stellt sich dabei die Temperatur $T_{1,b}$ ein.

Geben Sie einen numerischen Wert für das Verhältnis $\frac{T_{1,b}}{T_{1,a}}$ an.

$P = 3 \cdot A_1 \cdot T_{1,a}^4$

$\mathrm{I})\quad P = 3 \cdot A_1 \cdot T_{1,a}^4$

Wärmeschild 2 ist im Gleichgewicht:

$\mathrm{II})\quad \cancel{3} \cdot 2 \cdot A_2 \cdot T_2^4 = \cancel{3} \cdot A_1 \cdot T_{1,b}^4$

Leistung, die Wärmeschild 2 an die Umgebung abgibt

Leistung, die Wärmeschild 2 aus der Umgebung aufnimmt

$$T_2^4 = \frac{T_{1,b}^4 \cdot A_1}{2 \cdot A_2}$$

Körper ist im Gleichgewicht:

$\mathrm{III})\quad 3 \cdot A_1 \cdot T_{1,b}^4 = P + 3 \cdot A_2 \cdot T_2^4$

Leistung, die der Körper abgibt

Leistung, die der Körper aufnimmt

I in $\mathrm{III})\quad 3 \cdot A_1 \cdot T_{1,b}^4 = 3 \cdot A_1 T_{1,a}^4 + 3 \cdot A_2 \cdot T_2^4 \quad | :3$

$$A_1 T_{1,b}^4 = A_1 T_{1,a}^4 + A_2 \cdot T_2^4$$

$$A_1 T_{1,b}^4 = A_1 T_{1,a}^4 + \cancel{A_2} \cdot \frac{T_{1,b}^4 \cdot A_1}{2 \cdot \cancel{A_2}} \quad | : A_1$$

$$T_{1,b}^4 = T_{1,a}^4 + T_{1,b}^4 \cdot \frac{1}{2} \quad \left| - \frac{1}{2} T_{1,b}^4 \right.$$

$$\left(1 - \frac{1}{2}\right) T_{1,b}^4 = T_{1,a}^4 \quad | : T_{1,a}^4$$

$$a : a = \frac{a}{a} = 1$$

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{T_{1,b}^4}{T_{1,a}^4} = 1 \quad |$$

$$\left(\frac{T_{1,b}}{T_{1,a}}\right)^4 = 2 \quad |$$

$$\frac{T_{1,b}}{T_{1,a}} = 2^{\frac{1}{4}} = \sqrt[4]{2} \approx \underline{\underline{1{,}189}}$$

10 Punkte

Aufgabe 11: Entropie

Ein Eiswürfel mit der Temperatur $T_E = -10°C$ und der Masse $m = 10$ g wird in einen See geworfen. Die Temperatur des Sees beträgt $T_S = 15°C$.

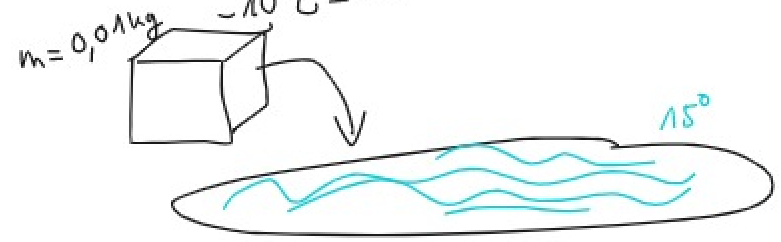
Bestimmen Sie die Entropieänderung des Gesamtsystems Eiswürfel/See. Handelt es sich um einen irreversiblen oder reversiblen Vorgang? irreversibel

(Hinweis: Der See ist im Vergleich zum Eiswürfel sehr groß, daher wird angenommen das sich seine Temperatur nicht ändert. $c_{Eis} = 2.22\frac{kJ}{kg}$, $c_{H_2O} = 4,19\frac{kJ}{kg}$, Schmelzwärme $L_s = 333\frac{kJ}{kg}$)

$1°C = 274K$

$0°C = 273K$

$-10°C = 263K$



Ice cube temp =−10°C M=10g thrown in sea with T=15°C
what is the change in Entropy?
irreversible Process

$$\Delta S = \int_{T_1}^{T_2} \frac{mC_v}{T} dT = mC_v \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) \checkmark$$

Intervals:

ice: • −10°C → 0°C $\quad \Delta S_1 = \underset{0{,}01kg}{m} \cdot \underset{2{,}22\frac{kJ}{kg}}{c_{Eis}} \ln\left(\frac{273K}{263K}\right) =$

• melting : mL_s ($\Delta S=0$) $\quad \Delta S_2 = \frac{\Delta Q}{T} = \frac{m \cdot L_s}{273K} = \frac{0{,}01kg \cdot 333\frac{kJ}{kg}}{273K}$

• 0°C → 15°C

sea: • 15°C → 15°C ($\Delta S = 0$)

$$\Delta S = m_{ice} C_{v_{ice}} \ln\left(\frac{273{,}15}{263{,}15}\right) + m_{ice} \underset{2{,}22\frac{kJ}{kg}}{C_{v_{ice}}} \ln\left(\frac{288{,}15}{273{,}15}\right) + \cancel{L_s\, m_{ice}}$$

$\approx$ 24,2 J

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T} = \frac{m \cdot c \cdot \Delta T}{T}$$

$$\Delta S_3 = \underset{0{,}01kg}{m} \cdot \underset{4{,}19\frac{kJ}{kg}}{c_{Wasser}} \cdot \ln\left(\frac{T_2 = 288K}{T_1 = 273}\right) =$$

$$\Delta S_{see} = \frac{\Delta Q}{T} = \frac{-m \cdot L - m \cdot c_{Eis} \cdot \underset{10K}{\Delta T} - \underset{0{,}01kg}{m} \cdot c_{H_2O} \cdot \underset{15K}{\Delta T}}{288K}$$

$$\Delta S_{gesamt} = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_{see}$$

$$= 8{,}28 \cdot 10^{-4} kJ + 0{,}012 kJ + 2{,}24 \cdot 10^{-3} kJ + (-0{,}0145 kJ)$$

$$= \underline{\underline{5{,}68 \cdot 10^{-4} kJ}} > 0 \Rightarrow \text{irreversibel}$$

$\boxed{\Delta S_{ges} \geq 0}$

2.Hauptsatz der Thermodynamik

$\boxed{\Delta S_{ges} > 0 \Updownarrow}$

irreversibel

miro

Gewicht Eis

Volumen Eis

$998\,kg \mathrel{\hat{=}} 1\,m^3$ $\quad :998$

$:998$

$1\,kg \mathrel{\hat{=}} \frac{1}{998}\,m^3$

$917\,kg \mathrel{\hat{=}} 1\,m^3$

$1\,kg \mathrel{\hat{=}} \frac{1}{917}\,m^3$

$\Delta V = V_2 - V_1$

1013 hPa

Aufgabe 10: Schmelzendes Eis — 10 Punkte

Die spezifische Schmelzwärme von Wasser unter Normaldruck ist etwa $\lambda_s = 333{,}5$ kJ/kg. Bei $T = 0\,°C$ ist die Dichte von Wasser $\rho_W = 999{,}8\ kg/m^3$ und die von Eis ist $\rho_E = 917{,}0\ kg/m^3$.

Sie schmelzen bei $T = 0\,°C$ eine Masse Eis $m = 1$ kg.

a) Wie groß ist die dabei von außen geleistete Arbeit?

b) Wie groß ist die Änderung der inneren Energie der Masse?

c) Wie groß ist die Änderung der Entropie in der Masse?

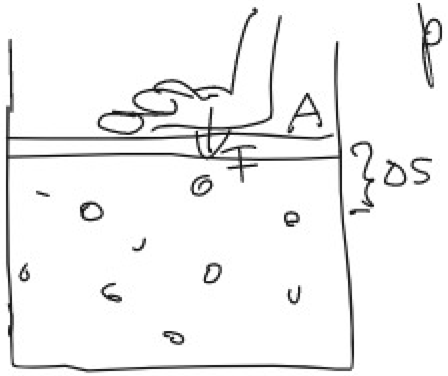
$\Delta U = \Delta U$

$\Delta W = \Delta Q$

V_{Wasser}

$\wedge$

$= V_{ice}$



$p =$

a)

$$\Delta W = -p \cdot \Delta V =$$

$$= -1013\,hPa \cdot (V_{Wasser} - V_{ice})$$

$$= -\underset{100}{1013\,hPa} \cdot \left(\frac{1}{917}\,m^3 - \frac{1}{998}\,m^3\right)$$

$$= -8{,}96\,J$$

specific Schmelzwärme of ice ist $\lambda = 333{,}5\,kJ/kg$ (Normal pressure)

$\rho_{water} = 999{,}8\,kg/m^3$ at $T = 0\,°C$ $\quad \rho_{ice} = 917{,}0\,kg/m^3$

$m_{ice} = 1\,kg$

a) how much is the work done from outside? to melt the ice at $T = 0\,°C$

$\Delta W =$ taken to melt ice

$= \lambda m = 333{,}500\,J$

b) how much is the change of the internal energy of the mass?

$$\Delta U = \Delta Q + \Delta W = \Delta Q - p\,dV = \lambda m - 10^5\,pa \left(\frac{1}{998} - \frac{1}{917}\right)$$

$$= 333509\,J$$

c) what is ΔS (change in Entropy) in the mass?

dm

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T} = \frac{\cancel{333500}}{273{,}15\,K} = 1220\,J/K$$

miro