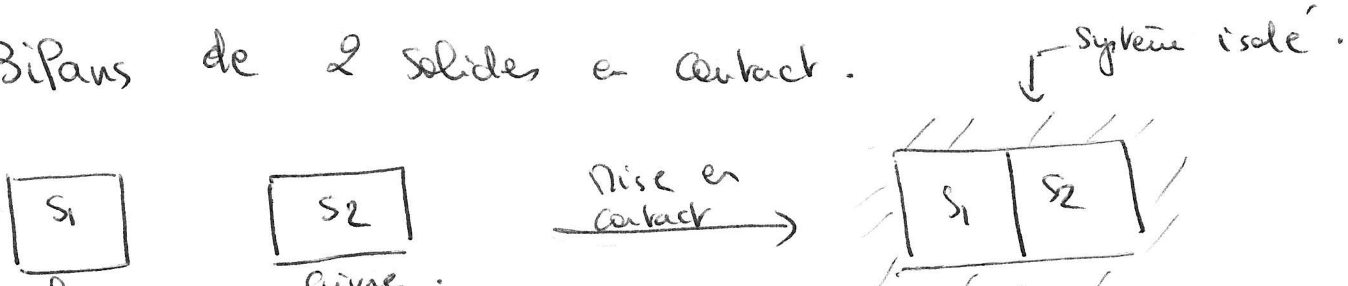
Correction TD second principe :

1] Bilans de 2 solides en contact.



fer.	Cuivre.
$m_1 = 0{,}4\,kg$	$m_2 = 0{,}2\,kg$.
$T_1 = 494\,K$	$T_2 = 300\,K$.
$c_1 = 447\,J\,K^{-1}kg^{-1}$	$c_2 = 393\,J\,K^{-1}kg^{-1}$

équilibre thermique T_f ?.

$\Sigma = S_1 + S_2$ $\qquad \Delta H_\Sigma = \Delta H_1 + \Delta H_2 \underset{\uparrow}{=} 0$ avec $\Delta H_1 = m_1 c_1 [T_f - T_1]$

Système isolé. $\qquad \Delta H_2 = m_2 c_2 [T_f - T_2]$

d'où $m_1 c_1 [T_f - T_1] + m_2 c_2 [T_f - T_2] = 0 \rightarrow \boxed{T_f = \dfrac{m_1 c_1 T_1 + m_2 c_2 T_2}{m_1 c_1 + m_2 c_2}}$.

<u>AN</u> $\boxed{T_F = 453\,K.}$

Rq $\Delta H_1 < 0$ et $\Delta H_1 = Q_1 < 0$. avec $Q_1 = -Q_2$. Le transfert

$\Delta H_2 > 0$ et $\Delta H_2 = Q_2 > 0$

thermique se fait bien du corps le + chaud (1) vers le + froid (2).

<u>Bilan entropique</u> $\Delta S_\Sigma = \Delta S_1 + \Delta S_2 = S_{créé} + S_{ech}$.

avec $S_{ech} = 0$ puisque le transfert thermique de Σ vers l'extérieur est nul (Σ système isolé).

$S_{créé} = \Delta S_1 + \Delta S_2$ avec pour un solide $dU = mc\,dT = T\,dS - \underset{0}{\underset{\shortparallel}{p\,dV}}$

$\rightarrow \Delta S_{sol} = mc \ln \dfrac{T_f}{T_i}$

d'où $\boxed{S_{créé} = m_1 c_1 \ln \dfrac{T_f}{T_1} + m_2 c_2 \ln \dfrac{T_F}{T_2} = 6{,}33\,J\,K^{-1}.}$

La transformation est bien irréversible.

Do 2

1] Solide, m, c T_1 $\xrightarrow[\text{avec un thermostat } T_2]{\text{Contact}}$ Solide $T_S = T_2$.

2] Bilan énergétique $\boxed{\Delta U_{solide} = mc\,[T_2 - T_1] = Q/_{solide}}$.

et Solide + thermostat = système isolé $\rightarrow$ $\Delta U_{solide} + \Delta U_{thermostat} = 0$.

et $\Delta U_{thermostat} = Q/_{thermostat} = -\Delta U_{solide} = \boxed{-mc\,(T_2 - T_1) = Q/_{thermostat}}$

Pour un solide $dU = TdS - \underset{0}{\underset{\parallel}{pdV}} \Rightarrow dS = \dfrac{dU}{T} = \dfrac{mc\,dT}{T}$

$$\boxed{\Delta S_{solide} = mc \ln \frac{T_2}{T_1}.}$$

3] Pour un thermostat $dU_{ther} = \underset{\text{cte}}{\underset{\parallel}{T_2}}\, dS_{ther} - \underset{0}{\underset{\parallel}{p\,dv}} \Rightarrow \Delta S_{ther} = \dfrac{\Delta U_{ther}}{T_2}$.

$$\boxed{\Delta S_{thermostat} = -\frac{mc\,(T_2 - T_1)}{T_2}.}$$

4] $\Delta S_{\Sigma} = \Delta S_{sol} + \Delta S_{ther} = S_{créée} + \underset{0}{\underset{\parallel}{S_{ech}}}.$

car Q échangée par $\Sigma = \begin{pmatrix} \text{Solide} \\ +\text{thermostat} \end{pmatrix}$ est nulle.

$$\boxed{S_{créée} = mc\left[\ln\frac{T_2}{T_1} - \left(1 - \frac{T_1}{T_2}\right)\right].}$$

AN Solide $m = 1\,kg$. $T_1 = 273\,K$ $T_2 = 373\,K$

$$\ln\frac{T_2}{T_1} - \left(1 - \frac{T_1}{T_2}\right) = \underbrace{\ln\frac{373}{273}}_{0{,}31} \underbrace{- \left(1 - \frac{273}{373}\right)}_{+(-0{,}27)} = 0{,}04 > 0\,!$$

5] Mise en contact d'un corps à la temperature $T = T_i$ avec un thermostat à la temperature $T + \Delta T = T_g$. D'après la question 4 $S_{créée} = mc\left[\ln \frac{T_f}{T_i} - \frac{(T_g - T_i)}{T_g}\right]$.

$$S_{créée} = mc\left[\ln \frac{T+\Delta T}{T} - \frac{\Delta T}{T+\Delta T}\right] \quad \text{avec } \frac{\Delta T}{T} \ll 1.$$

d'où $S_{créée} = mc\left[\frac{\Delta T}{T} - \frac{1}{2}\left(\frac{\Delta T}{T}\right)^2 - \frac{\Delta T/T}{1 + \frac{\Delta T}{T}}\right]$.

$$= mc\left[\frac{\Delta T}{T} - \frac{1}{2}\left(\frac{\Delta T}{T}\right)^2 - \frac{\Delta T}{T}\left(1 - \frac{\Delta T}{T}\right)\right] = \frac{mc}{2}\left(\frac{\Delta T}{T}\right)^2 \to 0$$

Echange thermique entre 2 corps à des temperatures très voisines tend à etre reversible.

6] Corps à la temperature T_1 mis en contact avec une succession de thermostats à des temperatures très proches jusqu'à T_2.

$$T_1 \xrightarrow[\text{1}^{\text{er}}\text{ thermostat}]{\text{contact avec}} T_1 + \Delta T \xrightarrow{2^{\text{ème}}\text{ thermostat}} T_1 + 2\Delta T \cdots \xrightarrow{k\text{ième}} T_1 + k\Delta T \cdots \xrightarrow{n\text{ième}} T_1 + n\Delta T = T_2.$$

$$S_{créée} = \sum_{k=1}^{n} \frac{mc}{2}\left(\frac{\Delta T}{T_1 + (k-1)\Delta T}\right)^2 \quad \text{avec } \begin{cases} T_1 + (k-1)\Delta T > T_1 \text{ rechauffement} \\ \text{et } \frac{1}{T_1 + (k-1)\Delta T} < \frac{1}{T_1}. \end{cases}$$

$$\text{ou } \begin{cases} T_1 + (k-1)\Delta T > T_2 \\ \frac{1}{T_1 + (k-1)\Delta T} < \frac{1}{T_2} \end{cases} \text{ refroidissement} \qquad \text{d'où } S_{créée} < \sum_{k=1}^{n} \frac{mc}{2}\frac{\Delta T^2}{\underset{\text{ou } 2}{T_1^2}} = n \cdot \frac{mc}{2}\frac{\Delta T^2}{T_1^2}$$

$$\text{et } n = \frac{T_1 - T_2}{\Delta T} \to \boxed{S_{créée} < \frac{mc}{2}\frac{(T_1 - T_2)^2}{T_1^2} \times \frac{1}{n} \to 0 \text{ si } n \to \infty}.$$

e63 Détente isotherme d'air sous pression.

$p_i = 5\,bar$ $\quad$ $P_F = 1\,bar$

$V_i = 1\ell$ $\quad$ V_f

$P_iV_i = P_FV_F \rightarrow V_F = 5\ell$. $\qquad \underset{\uparrow \text{ isotherme}}{\Delta U_{gaz} = 0} = W + Q$. avec $W = -nRT_0 \int_{V_i}^{V_f} \frac{dV}{V}$

$$W = -P_iV_i \ln \frac{V_f}{V_i} = P_iV_i \ln \frac{V_i}{V_f} = P_iV_i \ln \frac{P_f}{P_i} < 0 \quad \text{et } Q = -W > 0$$

Le thermostat fournit un transfert thermique au gaz.
Le gaz fournit un travail à l'extérieur.

AN $\boxed{W = -1804\,J}$

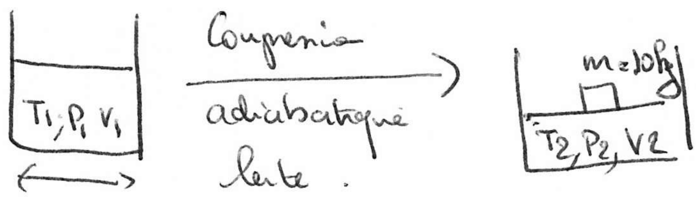
Bilan entropie $\quad \Delta S_{gaz} = S_{ech} + S_{créé} \qquad S_{ech} = \frac{Q}{T_0} = \frac{P_iV_i}{T_0} \ln \frac{P_i}{P_f} > 0$

$$dU = TdS - pdV \Rightarrow dS = \frac{dU}{T} + \frac{P}{T}dV = \frac{P}{T}dV = nR\frac{dV}{V}$$

$$\Delta S_{gaz} = nR \ln \frac{V_f}{V_i} = nR \ln \frac{P_i}{P_f} = \boxed{\frac{P_iV_i}{T_0} \ln \frac{P_i}{P_f} = \Delta S_{gaz}}$$

d'où $S_{créé} = \Delta S_{gaz} - S_{ech} = 0$ Transformation réversible.

e64.



$S = 10\,cm^2$

$T_1 = 293K$

$V_1 = 5\ell$

$P_1 = 1\,bar$

1) $n = \frac{P_1V_1}{RT_1} = \frac{10^5 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{8{,}31 \cdot 293} = 0{,}2$ mole.

$C_V = \frac{5}{2}R = 20{,}8\ J\,K^{-1}\,mol^{-1}$

$c_V = \frac{5R}{2M} = \frac{20{,}8}{29 \cdot 10^{-3}} = 718\ J\,K^{-1}\,kg^{-1}$.

$p_2 = p_1 + \frac{mg}{S} \Rightarrow \boxed{\frac{p_2}{p_1} = 1 + \frac{mg}{S \cdot p_1}}$ AN $\frac{p_2}{p_1} = 1 + \frac{10 \cdot 9{,}8}{10 \cdot 10^{-4} \cdot 10^5} = 1{,}98\ell$.

$W = \Delta U = n c_v (T_2 - T_1) = \frac{nR}{\gamma - 1}(T_2 - T_1) = \boxed{\frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{\gamma - 1} = W}$ $Q = 0$.

Loi de Laplace $PV^\gamma = cste \rightarrow P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma \rightarrow \boxed{V_2 = V_1 \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{1/\gamma}}$

$\boxed{V_2 = 0{,}614\ell.}$

$\boxed{\frac{T_2}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} = 1{,}27}$

On pouvait aussi applique $PV^\gamma = cste$
$PVT^{-1} = cste$.

d'où $P^{1-\gamma} T^\gamma = cste \rightarrow \boxed{\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}}$

b] Bilan entropique

$\Delta S = S_{ech} + S_{crée}$
$S_{ech} = 0$

$dU = TdS - pdV \Rightarrow dS = \frac{nR}{\gamma - 1}\frac{dT}{T} + nR\frac{dV}{V}$

$S(T, V) = \frac{nR}{\gamma - 1}\ln T + nR \ln V = \frac{nR}{\gamma - 1}\left[\ln T + (\gamma - 1)\ln V\right] = \frac{nR}{\gamma - 1}\ln\left[T \cdot V^{\gamma - 1}\right]$.

or $PV^\gamma = cste \Rightarrow TV^{\gamma - 1} = cste \Rightarrow \Delta S = \frac{nR}{\gamma - 1}\ln\frac{T_2 V_2^{\gamma - 1}}{T_1 V_1^{\gamma - 1}} = 0$.

$\boxed{S_{crée} = 0.}$

2] Compression brutale $p_{ext} = p_1 + \frac{mg}{S}$. et $p_2' = p_2 = p_{ext}$.

p_{ext} ds l'état initial (piston à l'eq)

$W = -p_{ext}(V_2' - V_1) = -p_2(V_2' - V_1) = \Delta U = \frac{nR}{\gamma - 1}(T_2' - T_1)$.

donc V_2' et T_2' vérifient les équations

$$\begin{cases} -p_2(V_2' - V_1) = \frac{nR}{\gamma - 1}(T_2' - T_1) & (1) \\ p_2 V_2' = nRT_2'. & (2) \end{cases}$$

On élimine V_2'.

donc (1) devient : $-nRT_2' + \frac{p_2}{p_1} nRT_1 = \frac{nR}{\gamma-1}(T_2' - T_1)$.

$\left(\frac{p_2}{p_1} T_1 - T_2'\right)(\gamma-1) = T_2' - T_1 \Rightarrow T_2'\left[1+\gamma-1\right] = \left[(\gamma-1)\frac{p_2}{p_1} + 1\right] T_1$.

$\Rightarrow \boxed{\frac{T_2'}{T_1} = \frac{\gamma-1}{\gamma}\frac{p_2}{p_1} + \frac{1}{\gamma}} \Rightarrow \gamma = \frac{7}{5}$ $\quad \frac{T_2'}{T_1} = \frac{1+(1,4-1)\cdot 1,98}{1,4} = 1,28$

Conclusion $\boxed{\frac{T_2'}{T_1} = 1,28}$ $\quad \boxed{\frac{p_2'}{p_1} = 1,98}$

Bilan entropique $\quad dU = TdS - pdV$

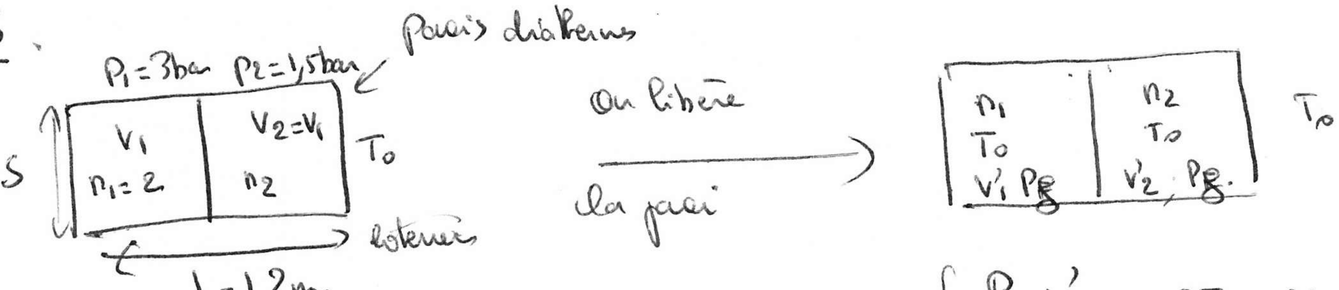
$d(H-pV) = TdS - pdV \Rightarrow dH - pdV - Vdp = TdS - pdV$

$\Rightarrow \quad dS = \frac{dH}{T} - \frac{V\,dP}{T} = \frac{nR\gamma}{\gamma-1}\frac{dT}{T} - nR\frac{dP}{P}$

$\boxed{\Delta S = \frac{nR\gamma}{\gamma-1}\ln\frac{T_2'}{T_1} - nR\ln\frac{p_2'}{p_1} = S_{créée}}$ car $S_{éch} = 0$

AN $\quad \Delta S = 0,3\ \mathrm{J\,K^{-1}}$.

Ex 5.



$L \cdot S = V_0$

EI :

Parois et piston diathermes $\Rightarrow$

éq. thermique $\quad T_1 = T_2 = T_0$. et $V_1 = V_2 = \frac{V_0}{2}$

$p_1 V_1 = n_1 R T_0$

$p_2 V_2 = n_2 R T_0$ $\quad \Rightarrow \quad \frac{n_1}{n_2} = \frac{p_1}{p_2} \Rightarrow \boxed{n_2 = \frac{n_1}{2} = 1\,\text{mole}}$

$$\begin{cases} P_g \cdot V_1' = n_1 R T_0 & (1) \\ P_g V_2' = n_2 R T_0 & (2) \\ V_1' + V_2' = V_0. & (3) \end{cases}$$

(1)+(2) $\Rightarrow$

$P_g \cdot V_0 = (n_1 + n_2) R T_0$. (4)

$$P_g \cdot \cancel{V_0} = (n_1+n_2)\frac{P_1 V_1}{n_1} = \frac{n_1+n_2}{n_1} P_1 \cdot \frac{\cancel{V_0}}{2} \Rightarrow$$

$$P_g = \frac{n_1+n_2}{n_1} \cdot P_1 = \frac{n_1+n_2}{n_2} \cdot P_2 \rightarrow \boxed{P_g = \frac{3}{2} P_1}$$

$$(1)/(4) \Rightarrow \frac{V_1'}{V_0} = \frac{n_1 R T_0}{(n_1+n_2) R T_0} \rightarrow V_1' = \frac{n_1}{n_1+n_2} V_0 = \boxed{\frac{2}{3} V_0 = V_1'} \Rightarrow \boxed{V_2' = \frac{V_0}{3}}$$

<u>Système Σ</u> (Gaz 1 + Gaz 2) → système isolé | parois rigides ⇒ W = 0

$$\Delta U_\Sigma = \Delta U_1 + \Delta U_2 = n_1 C_{v_1} \underset{0}{\underset{\parallel}{\Delta T_1}} + n_2 C_{v_2} \underset{0}{\underset{\parallel}{\Delta T_2}} = 0.$$

$\Delta U_\Sigma = W + Q$ avec W et Q : travail et transfert thermique échangé avec l'extérieur.

$W = 0$ car parois rigides ⇒ $Q = 0$.

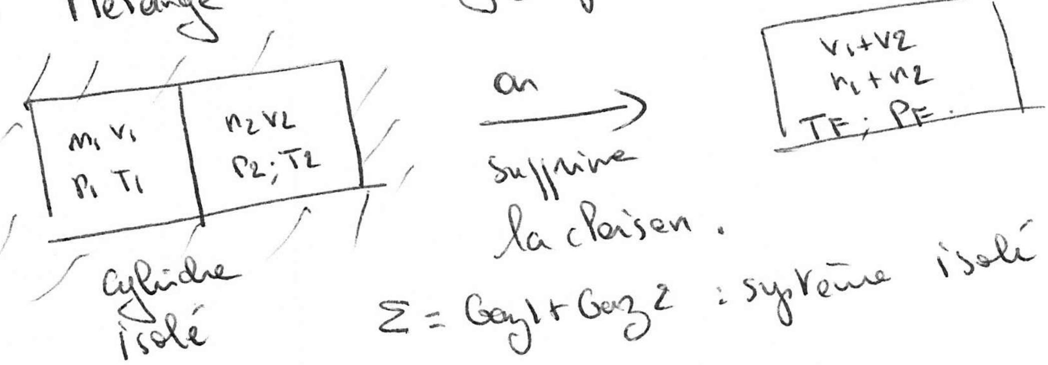
$$\Delta S_\Sigma = S_{ech} + S_{créée} \qquad S_{ech} = 0 \text{ car } Q = 0.$$

$$\Delta S_\Sigma = \Delta S_1 + \Delta S_2 \quad \text{or} \quad \underset{0}{\underset{\parallel}{dU}} = TdS - pdV \rightarrow dS = nR\frac{dV}{V}$$

$$\Delta S_1 = n_1 R \ln\frac{V_1'}{V_1} \quad \text{et} \quad \Delta S_2 = n_2 R \ln \frac{V_2'}{V_2}$$

$$= n_1 R \ln\frac{4}{3} \quad \text{et} \quad \Delta S_2 = n_2 R \ln\frac{2}{3} \Rightarrow \boxed{\Delta S_\Sigma = S_{créée} = 1{,}61\ JK^{-1}}$$

<u>ex 6</u> Mélange de 2 gaz parfaits.



Σ = Gaz 1 + Gaz 2 : système isolé –

$$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 = \frac{n_1 R}{\gamma - 1}(T_g - T_1) + \frac{n_2 R}{\gamma - 1}(T_g - T_2) = 0$$

Système isolé.

$$\boxed{T_g = \frac{n_1 T_1 + n_2 T_2}{n_1 + n_2}}$$

$$P_g = \frac{(n_1+n_2) R T_F}{V_1 + V_2} =$$

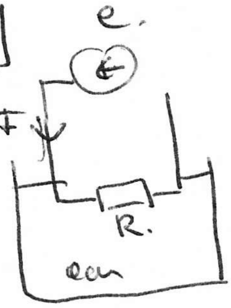
$$\boxed{P_g = \frac{R\,[n_1 T_1 + n_2 T_2]}{V_1 + V_2}}$$

$S_{ech} = 0$ (pas de transfert thermique vers l'extérieur).

$$S_{créé} = \Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2$$

$$= \frac{n_1 R}{\gamma - 1} \ln \frac{T_g}{T_1} + n_1 R \ln \frac{V_g}{V_1} + \frac{n_2 R}{\gamma - 1} \ln \frac{T_g}{T_2} + n_2 R \ln \frac{V_g}{V_2}.$$

Ex7



1°) <u>Résistance</u> $R = 20\,\Omega$ $I = 10\,A$ pendant $\Delta t = 30{,}0\,s$.

$m_c = 200\,g$ $c_c = 0{,}385\,\mathrm{J\,K^{-1}g^{-1}}$.

<u>Eau</u> $m_e = 500\,g$

$c_e = 4{,}18\,\mathrm{J\,K^{-1}kg^{-1}}$.

Σ = eau + résistance en contact avec un thermostat T_0.

$$\Delta U_\Sigma = W_{el} + Q = m_c c_c \Delta T + m_e c_{eau} \Delta T \quad \text{et} \quad \Delta T = 0.$$

W_{el} : fourni par le générateur. Q : contact avec le thermostat.

$\Rightarrow Q = -W_{el} = -R I^2 \Delta t$. $\Delta S_\Sigma = \Delta S_{eau} + \Delta S_{résistance}$.

avec $\Delta S_{liq/solide} = mc \ln \frac{T_F}{T_I}$ $\Rightarrow$ $\Delta S_{eau} = 0$ et $\Delta S_{résistance} = 0$ $\Rightarrow \Delta S_\Sigma = 0$

et $\Delta S_\Sigma = S_{créé} + S_{ech}$ $\Rightarrow$ $S_{créé} = -S_{ech} = -\left[\frac{Q}{T_0}\right] = \frac{R I^2 \Delta t}{T_0} = \boxed{1{,}13\,\mathrm{J\,K^{-1}} = S_{créé}}$

Cause d'irréversibilité = effet Joule.

2°] Système = (eau + résistance) = Σ. n'échange pas de transfert thermique ds le calorimètre, échange du travail électrique avec le générateur. 9

$\Rightarrow \quad \Delta S\Sigma = m_e c_e (T_f - T_0) + m_e c_e (T_f - T_0) = W_{el} = RI^2 \Delta t.$

$$\Rightarrow \boxed{T_f = \frac{RI^2 \Delta t}{m_c c_c + m_e c_e} + T_0.}$$

AN $T_f = 318K$

$Q = 0 \Rightarrow S_{ech} = 0 \rightarrow S_{créée} = \Delta S_\Sigma = \Delta S_{eau} + \Delta S_{resistance}.$

$= m_e c_e \ln \frac{T_f}{T_0} + m_c c_c \ln \frac{T_f}{T_0} = 198 JK^{-1} > 0.$

—