

Θερμότητα - Θερμότητα

$$C_p = C_{pd} (1 + 0,84r)$$

→ Ισογυρο Θερμότητας εκόρεσθαι αέρα κατά Lagrange

$$\left. \begin{aligned} \frac{\Delta Q_H}{m_{air}} &= C_p \cdot \Delta T - \frac{\Delta P}{\rho} \\ \frac{\Delta P}{\Delta z} &= -\rho \cdot |g| \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\frac{\Delta Q_H}{m_{air}} = C_p \cdot \Delta T + |g| \cdot \Delta z \Rightarrow$$

$$\Delta T = -\frac{|g|}{C_p} \cdot \Delta z + \frac{\Delta Q_H}{m_{air} \cdot C_p}$$

Θερμοβαθμίδα: μεταβολή T με Z

$$\Gamma = \frac{\Delta T}{\Delta z}$$

→ Περιβαλλοντική Θερμοβαθμίδα
→ Διερχαγίος

Av $\Delta Q_H = 0 \rightarrow$ Αδιαβατικός διερχαγίος

$$\frac{\Delta T}{\Delta z} = -\frac{|g|}{C_p} = -\frac{9,8 \text{ K (}^\circ\text{C)}}{\text{km}}$$

Αέρας ακόρεστος $\rightarrow$

$$\Gamma_d = \frac{\Delta T}{\Delta z} = - \frac{g}{c_p}$$

Ενρί αδιαβατική
Θερμοβαθμίδα

$$\frac{\Delta T}{T} = \left(\frac{\Delta P}{P} \right)^{R_d/c_p} \quad \eta \quad \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{R_d/c_p}$$

$$R_d/c_p = 0,2857$$

Ανίσχυση

$$\Delta Q = 0$$

$$\left. \begin{aligned} c_p \cdot \Delta T &= \frac{\Delta P}{\rho} \Rightarrow dP = \rho c_p dT \\ \rho &= \frac{P}{R_d \cdot T_v} \end{aligned} \right\} \rightarrow$$

$$dP = \frac{P}{R_d T_v} c_p \cdot dT$$

$$\int_{P_1}^{P_2} \frac{dP}{P} = \frac{c_p}{R_d} \int_{T_{v1}}^{T_{v2}} \frac{dT_v}{T_v}$$

$$\ln(P) \Big|_{P_1}^{P_2} = \frac{c_p}{R_d} \cdot \ln T_v \Big|_{T_{v1}}^{T_{v2}}$$

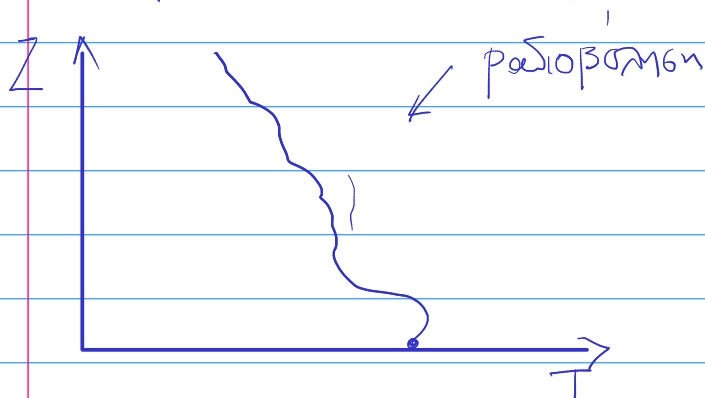
$$\ln \frac{P_2}{P_1} = \frac{c_p}{R_d} \ln \frac{T_{v2}}{T_{v1}}$$

$$\frac{R_d}{c_p} \ln \frac{P_2}{P_1} = \ln \frac{T_{v2}}{T_{v1}}$$

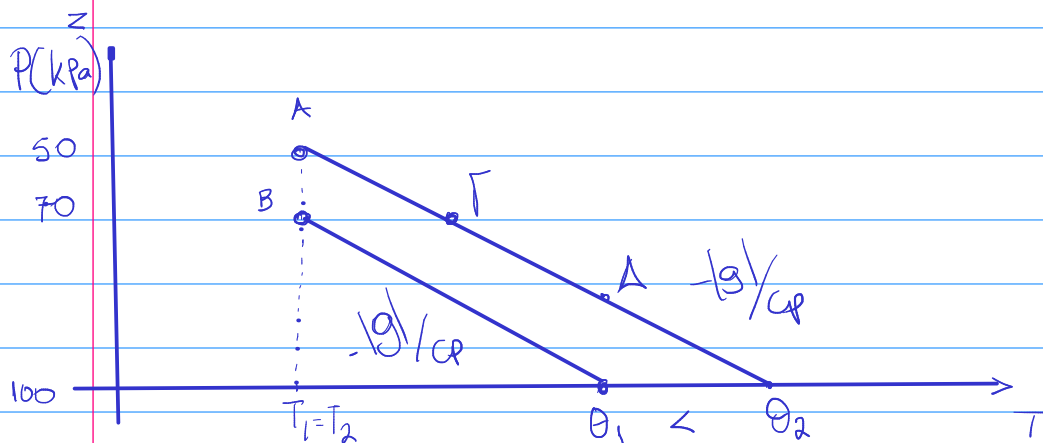
$$\ln \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{R_d/c_p} \right] = \ln \left(\frac{T_{v2}}{T_{v1}} \right)$$

$$\frac{T_{v2}}{T_{v1}} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{R_d/c_p}$$

Περβαλλοντική Θερμοκρασία



Δυναμική Θερμοκρασία



$$\theta(z) = T(z) + \Gamma_d \cdot z$$

$$\theta = T_1 + \Gamma_d \cdot z_1 < \theta_2 = T_2 + \Gamma_d \cdot z_2$$

$$\theta_A = \theta_\Gamma = \theta_\Delta$$

Δραστηρία ελαστική θερμοκρασία

$$\Theta_U = \Theta(1 + 0,61r)$$

Άσκηση 3.1

1°C 16°C

$$\rho = 1025 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$V = 354 \text{ ml}$$

$$1 \text{ l} = 1000 \text{ ml}$$

$$C_{\text{liq}} = 4200 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{kg}}$$

$$L_{\text{συμπύκνωσης}} = 2,5 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$$

$$\Delta T = 15^\circ\text{C} = 15 \text{ K}$$

$$\frac{\Delta Q_E}{m_{\text{water}}} \equiv L_{\text{συμψ}}^{\text{water}}$$

$$\Delta Q_E = \rho \cdot V \cdot L_{\text{συμπύκν.}} =$$

$$\Delta Q_E = \Delta Q_H$$

$$\cancel{\rho_{\text{ουχ}}} \cdot V \cdot L_{\text{ωθ}} = \cancel{\rho_{\text{ωθ}}} \cdot V_{\text{ωθ}} \cdot C_{\text{υγρ}} \cdot \Delta T$$

$$\frac{354 \text{ ml} \cdot 4200 \frac{\text{J}}{\text{kg K}} \cdot 15 \text{ K}}{2,5 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}}}$$

$$= V_{\text{συμπ.}} = 8,92 \text{ ml}$$

Άσκηση 3.2

10kg αέρα

100W : ποσό θερμότητας

10min

$$V = 0.01$$

$$\Delta T = ;$$

$AP = 0$ γάλακτος αέρας

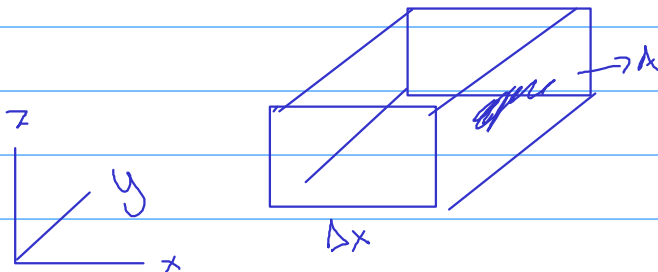
$$\frac{\Delta Q_H}{m_{air}} = C_p \cdot \Delta T$$

$$\Delta Q_H = 100W \cdot 10min = 6 \cdot 10^4 \text{ Joule}$$

$$C_p = C_{pd}(1 + 0,84 \cdot 0,01) = 1013,11 \frac{J}{K \cdot kg}$$

$$\Delta T = \frac{\Delta Q_H}{C_p \cdot m_{air}} = 5,92 K.$$

16ο ύψος κατά Euler



$$J_H : \text{ποσ θερμότητας} \frac{\text{Joule}}{m^2 \cdot s} = \left(\frac{W}{m^2} \right)$$

$$J : \text{ποσ μάζας} \frac{kg}{m^2 \cdot s}$$

$$F_H = \frac{J_H}{\rho C_p} \left(T \cdot \frac{m}{s} \right)$$

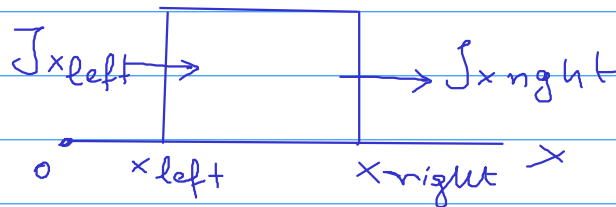
$$\text{Pair} \cdot C_p = 1231 W / \left(\frac{m^2}{kg/s} \right)$$

(A)
$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = - \frac{1}{\rho C_p} \left[\frac{\Delta J_x}{\Delta x} + \frac{\Delta J_y}{\Delta y} + \frac{\Delta J_z}{\Delta z} \right] + \frac{\Delta S_o}{C_p \cdot \Delta t}$$

μεταβολή ποσότητας θερμότητας
 σε κάθε άξονα

προσφύγιμη
 ή αφ. θερμ.
 (απόδοση)
 ή χημική
 αντίδραση

$$\frac{\Delta J_x}{\Delta x} = \frac{J_{x, \text{right}} - J_{x, \text{left}}}{x_{\text{right}} - x_{\text{left}}}$$



$$\bar{T} + \frac{1}{\rho_{air} C_p} J_H$$

(A)
$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = - \left[\frac{\Delta F_x}{\Delta x} + \frac{\Delta F_y}{\Delta y} + \frac{\Delta F_z}{\Delta z} \right] + \frac{\Delta S_o}{C_p \cdot \Delta t}$$

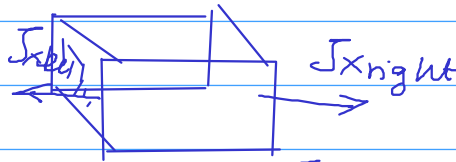
κυματική ποσ. θερμότητας

Μεταβολή θερμότητας στο ατμ. αέρα:

- αγωγή
- μεταφορά
- τήξη
- αλληλοβροχή



Άσκηση 3.4 10 μ



$$J_{xright} = 4 \frac{W}{m^2}$$

$$F_{xright} = \frac{J_{xright}}{\rho_{air} \cdot C_p}$$

$$J_{xleft} = -3 \frac{W}{m^2}$$

$$F_{xleft} = \frac{J_{xleft}}{\rho_{air} \cdot C_p}$$

$$F_{xright} = \frac{4 \frac{W}{m^2}}{1231 \left(\frac{W}{m^2} \right)} = 3,249 \cdot 10^{-3} \frac{K \cdot m}{s}$$

$$F_{xleft} = - \frac{3 \frac{W}{m^2}}{1231 \left(\frac{W}{m^2} \right)} = -2,437 \cdot 10^{-3} \frac{K \cdot m}{s}$$

$$\frac{\Delta F_x}{\Delta x} = \frac{F_{xright} - F_{xleft}}{x_{right} - x_{left}} = \frac{-3,249 \cdot 10^{-3} + 2,437 \cdot 10^{-3}}{20 - 0 \text{ m}} \frac{K \cdot m}{s}$$

$$= +2,843 \cdot 10^{-4} \frac{K}{s}$$

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = -2,843 \cdot 10^{-4} \frac{K}{s}$$

Μεθόδus Θερμότητας με μεταφορά

$$\frac{\Delta F_{xadv}}{\Delta x} = \frac{U (T_{right} - T_{left})}{x_{right} - x_{left}} = U \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

* υποθέτουμε ότι οι συν. πίεσης, πυκνότητας η ταχύτητα αέρα είναι σταθερά

$$\frac{\Delta F_y}{\Delta y} adv = V \frac{\Delta T}{\Delta y}$$

→ δευρογενής δα

$$\frac{\Delta F_z}{\Delta z} adv = W \left[\frac{\Delta T}{\Delta z} + \Gamma_d \right]$$

$$\Gamma_d = 9,8^\circ C / km$$

$$\frac{\Delta F_x}{\Delta x} = u \frac{\Delta \theta}{\Delta x}$$

$$\frac{\Delta F_y}{\Delta y} = v \cdot \frac{\Delta \theta}{\Delta y}$$

$$\frac{\Delta F_z}{\Delta z} = w \frac{\Delta \theta}{\Delta z}$$

Άσκηση 3.4 μέρος 2ο

$$u = 10 \text{ m/s} \quad v = 0 \quad w = 0$$

$$\Delta T = 18^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = -2^\circ\text{C}$$

$$\Delta x = 20 \text{ m}$$

$$\frac{\Delta F_x}{\Delta x} = u \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x} = \frac{10 \text{ m}}{\text{s}} \cdot \left(\frac{-2^\circ\text{C}}{20 \text{ m}} \right) = \frac{-1^\circ\text{C}}{\text{s}}$$

Μεθόδον Θερμότητας με αγωγή κ' τύπη

F_H : επιφανειακή κυματική τριβή που:

$$F_H = C_H M (T_{sfc} - T_{air})$$

M : ταχύτητα αέρα στο σημείο x, y

$$M = \sqrt{u^2 + v^2}$$

T_{sfc} : επιφ θερμότητα (θερμοκρασία επιφ)

T_{air} θερμ. αέρα

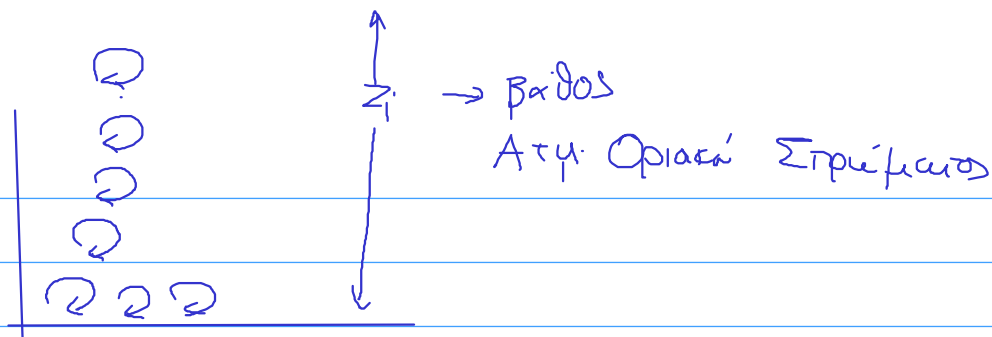
C_H : ολικός συντελεστής μεθόδου Θερμότητας

$$F_H = C_H M (\theta_{sfc} - \theta_{air})$$

$$\frac{\Delta F_x}{\Delta x} \text{ turb} = 0$$

$$\frac{\Delta F_y}{\Delta y} \text{ turb} = 0$$





$$\frac{\Delta F_z \text{ turb}}{\Delta z} = \begin{cases} 0 & z > z_i \\ -\frac{1.2 F_H}{z_i} & 0 < z < z_i \end{cases} \quad \begin{matrix} \text{για αέρα} \\ \text{καρπ} \end{matrix}$$

Μεταβολή Θερμότητας με ακτινοβολία

$$\frac{\Delta F_{x \text{ rad}}}{\Delta x} = \frac{\Delta F_{y \text{ rad}}}{\Delta y} = 0 \quad \frac{\Delta F_{z \text{ rad}}}{\Delta z} = 0,1 \text{ ως } -0,2$$

Άσκηση 3.5

Advection (οριζ. μεταφορά)

$$\Delta T_{\text{adv}} = - \left[u \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x} + v \cdot \frac{\Delta T}{\Delta y} \right] \cdot \Delta t =$$

$$= - \left[\frac{5 \text{ m}}{5} \cdot \frac{1^\circ \text{C}}{10 \text{ km}} + 0 \cdot \right] \cdot 1 \text{ h}$$

$$= - \frac{5 \text{ m}}{5} \cdot \frac{1^\circ \text{C}}{10^4 \text{ m}} \cdot 3600 \text{ s} = \boxed{-1.8^\circ \text{C}}$$

$$\frac{\Delta T_{\text{turb}}}{\Delta t} = - \frac{\Delta F_z \text{ turb}(\theta)}{\Delta z} = - \frac{-1.2 \cdot F_H}{z_i}$$

$$\Delta T_{\text{turb}} = \frac{1.2 F_H}{z_i} \cdot 1 \text{ h} = \frac{1.2 \cdot 0,2 \cdot \text{k} \cdot \text{m}}{800 \text{ m}} \cdot 3600 \text{ s} =$$

$$\boxed{+1.1^\circ \text{C}}$$

$$\Delta T_{\text{rad}} = -0,1 \frac{\text{K}}{\text{h}} \cdot 1 \text{ h} = \boxed{-0,1^\circ \text{C}}$$

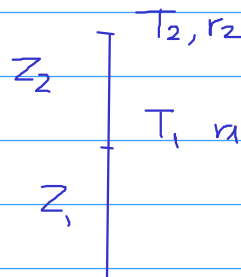
$$\Delta T_{\text{Latent}} = \frac{L_v}{c_p} \frac{m_{\text{cond}}}{m_{\text{air}}} \Delta T = 2,5 \frac{\text{K} \cdot \text{kg}_{\text{air}}}{\text{kg}_{\text{water}}} \cdot 2 \text{ g} =$$

$$\boxed{+5^\circ \text{C}}$$

$$\Delta T = -1,8 + 1,1 + 5 - 0,1 = 4,2^\circ\text{C}$$

Köges Bowen

$$B = \gamma \frac{\Delta \theta}{\Delta r}$$



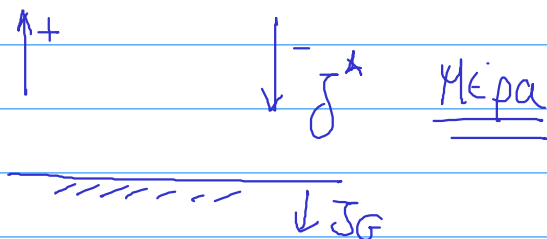
$$\gamma = \frac{C_p}{L} = 0,4 \frac{\text{g}_{\text{water vapor}}}{\text{kg}_{\text{air}}} \cdot \frac{1}{\text{K} (^\circ\text{C})}$$

$$\left. \begin{aligned} \theta_1 &= T_1 + \gamma \cdot z_1 \\ \theta_2 &= T_2 + \gamma \cdot z_2 \end{aligned} \right\} \Delta \theta = \theta_2 - \theta_1$$

$$\Delta r = r_2 - r_1$$

Ägung 3.6

$$J^* = -600 \text{ W/m}^2$$



$$B = 0,5$$

$$X = 0,1$$

$$J_G = 0,1 J^* = 0,1 \cdot (-600) = -60 \text{ W/m}^2$$

$$\left. \begin{aligned} J_H + J_E - J_G &= -J^* \\ B &= \frac{J_H}{J_E} \end{aligned} \right\}$$

$$J_H = \frac{B(J_G - J^*)}{1 + B}$$

$$J_E = \frac{J_G - J^*}{1 + B}$$

$$J_H = \frac{0,5(-60 - (-600))}{1 + 0,5} = 180 \text{ W/m}^2$$

$$\mathcal{J}_E = 360 \text{ W/m}^2$$

$$\beta = 0,5 = \frac{\mathcal{J}_H}{\mathcal{J}_E}$$
