

EXERCICE N° 5.

Le mur d'un bâtiment a 6 m de haut et 10 m de long. Sous l'échauffement dû au soleil, sa température extérieure atteint 40°C. La température ambiante extérieure étant de 20°C, **calculer la puissance thermique échangée par convection entre le mur et l'extérieur.**

On donne les propriétés physiques suivantes de l'air, à la température de 30°C:

Masse volumique ρ : 1,149 kg/m³

Conductivité thermique k : 0,0258 W/(m.K)

Viscosité dynamique μ : 18,4.10⁻⁶ kg/m.s

Capacité thermique massique C_p : 1006 J/(kg.K)

On donne aussi: le nombre de Nusselt moyen pour une plaque verticale

$Nu_L = 0,59 Ra^{1/4}$; Pour $10^4 < Ra < 10^9$ avec $Ra = Gr.Pr$

$Nu_L = 0,13 Ra^{1/3}$ Pour $10^9 < Ra < 10^{13}$

Solution

pour calculer la puissance, il faut calculer le nombre de Nusselt: $Nu = \frac{h \cdot L}{k}$ ①
pour déterminer le coefficient h tel que $\Phi = h \cdot S (T_p - T_{aa})$ ②
pour cela, il faut connaître le régime d'écoulement (Laminaire ou turbulent), alors
 $Ra = Gr \cdot Pr$, $Gr = g \beta \cdot \frac{(T_p - T_a) \cdot L^3}{\nu^2}$
 $\beta = \frac{1}{T} = \frac{1}{273 + \frac{(40+20)}{2}} = 0,0033 \text{ K}^{-1}$
 $\Rightarrow Gr = \frac{9,81 \times 0,0033 \cdot 20 \cdot (6)^3}{(18,4 \cdot 10^{-6})^2} = 5,45 \cdot 10^{11}$
 $\nu = \frac{\mu}{\rho}$
 $Pr = \frac{\mu \cdot c_p}{k} = 0,725 \Rightarrow Ra = 3,95 \cdot 10^{11} > 10^9$
 \Rightarrow le régime est turbulent.
Donc on utilise la formule donnée par $Nu = 0,13 Ra^{1/3} = 954$
 $\Rightarrow h = \frac{Nu \cdot k}{L} = 11,10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
 $\Rightarrow \Phi = h \cdot S \Delta T = 4922 \text{ W} \quad (S = 60 \text{ m}^2)$