

# 1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΜΕΓΕΘΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ

## 1.1 Ειδική θερμοχωρητικότητα αερίων

Μπορεί να προσεγγισθεί από τη σχέση:

$$c_p = b_0 + b_1 \cdot \theta + b_2 \cdot \theta^2 + b_3 \cdot \theta^3 + b_4 \cdot \theta^4 \quad (1)$$

Όπου:

$c_p$  ειδική θερμοχωρητικότητα (kJ/kg · K)

$\theta$  θερμοκρασία του αερίου ( $^{\circ}\text{C}$ )

Η εξίσωση ισχύει για  $0 \leq \theta \leq 2000^{\circ}\text{C}$  και 1 bar, μπορεί όμως, να χρησιμοποιηθεί και μέχρι την πίεση των 10 bar. Για πιέσεις πάνω από 10 bar, πρέπει να υπολογίσει κανείς, με αυξανόμενες αποκλίσεις, ιδίως σε μικρές θερμοκρασιακές περιοχές. Οι συντελεστές  $b_0, \dots, b_4$ , μπορούν να ληφθούν από τον παρακάτω πίνακα, για τα αντίστοιχα αέρια:

	Αέρας	$\text{N}_2$	$\text{O}_2$	$\text{CO}_2$
$b_0$	$0,100\ 186 \cdot 10^1$	$0,103\ 693 \cdot 10^1$	0,902 430	0,828 204
$b_1$	$0,722\ 153 \cdot 10^{-4}$	$0,278\ 472 \cdot 10^{-4}$	$0,361\ 332 \cdot 10^{-3}$	$0,981\ 404 \cdot 10^{-3}$
$b_2$	$0,348\ 066 \cdot 10^{-6}$	$0,392\ 958 \cdot 10^{-6}$	$-0,164\ 362 \cdot 10^{-6}$	$-0,790\ 052 \cdot 10^{-6}$
$b_3$	$-0,321\ 086 \cdot 10^{-9}$	$-0,313\ 739 \cdot 10^{-9}$	$0,216\ 244 \cdot 10^{-10}$	$0,328\ 413 \cdot 10^{-9}$
$b_4$	$0,930\ 682 \cdot 10^{-13}$	$0,720\ 044 \cdot 10^{-13}$	$0,354\ 211 \cdot 10^{-14}$	$-0,546\ 602 \cdot 10^{-13}$

	Ar	$\text{H}_2\text{O}$	$\text{SO}_2$	
$b_0$	0,5192	$0,185\ 042 \cdot 10$	0,592 914	
$b_1$	-	$0,288\ 423 \cdot 10^{-3}$	$0,638\ 217 \cdot 10^{-3}$	
$b_2$	-	$0,714\ 063 \cdot 10^{-6}$	$-0,618\ 659 \cdot 10^{-6}$	
$b_3$	-	$-0,478\ 786 \cdot 10^{-9}$	$0,283\ 124 \cdot 10^{-9}$	
$b_4$	-	$0,943\ 951 \cdot 10^{-13}$	$-0,491\ 597 \cdot 10^{-13}$	

## 1.2 Μέση ειδική θερμοχωρητικότητα αερίων μεταξύ $\theta$ °C και $\theta$

Δίδεται από την σχέση:

$$\bar{c}_p = \frac{1}{\theta} \int_0^{\theta} c_p \cdot d\theta = b_0 + \frac{b_1}{2} \cdot \theta + \frac{b_2}{3} \cdot \theta^2 + \frac{b_3}{4} \cdot \theta^3 + \frac{b_4}{5} \cdot \theta^4 \quad (2)$$

Όπου:

$b_0 \dots b_4$  συντελεστές από τον παραπάνω πίνακα.

## 1.3 Μέση ειδική θερμοχωρητικότητα αερίων μεταξύ $\theta_1$ και $\theta_2$

Δίδεται από την σχέση:

$$\bar{c}_p \Big|_{\theta_1}^{\theta_2} = \frac{\bar{c}_p \Big|_{\theta_2} \cdot \theta_2 - \bar{c}_p \Big|_{\theta_1} \cdot \theta_1}{\theta_2 - \theta_1} \quad (3)$$

Όπου:

$\theta_1$  η κατώτερη θερμοκρασία

$\theta_2$  η ανώτερη θερμοκρασία

## 1.4 Συντελεστής αγωγιμότητας διαφόρων αερίων

Δίδεται από την σχέση:

$$\lambda = b_5 + b_6 \cdot \theta + b_7 \cdot \theta^2 + b_8 \cdot \theta^3 + b_9 \cdot \theta^4 \quad (4)$$

Όπου:

$\lambda$  συντελεστής αγωγιμότητας (W/m · K)

$\theta$  θερμοκρασία αερίου (°C)

Η εξίσωση, δίνει αποτελέσματα που έχουν ελεγχθεί για CO<sub>2</sub>, μέχρι την θερμοκρασία των 1200<sup>0</sup> C και για SO<sub>2</sub>, μέχρι 1000<sup>0</sup> C και ισχύει για πίεση 1 bar. Με σχετική ακρίβεια, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μέχρι 10 bar (όχι για υδρατμό σε θερμοκρασία κορεσμού). Οι συντελεστές  $b_5 \dots b_9$ , δίδονται στον παρακάτω πίνακα, για τα αντίστοιχα αέρια.

## 1.5 Δυναμικό ιξώδες

Δίδεται από την εξίσωση:

$$\eta = b_{10} + b_{11} \cdot \theta + b_{12} \cdot \theta^2 + b_{13} \cdot \theta^3 + b_{14} \cdot \theta^4 \quad (5)$$

Όπου:

$\eta$  δυναμικό ιξώδες ( $\text{kg/m} \cdot \text{s}$ ) ή ( $\text{Pa} \cdot \text{s}$ )

$\theta$  θερμοκρασία αερίου ( $^{\circ}\text{C}$ )

Οι τιμές για αέρα, αργό και υδρατμό, έχουν μετρηθεί, μέχρι την θερμοκρασία των  $1600^{\circ}\text{C}$ , για το  $\text{N}_2$  και  $\text{CO}_2$  μέχρι  $1400^{\circ}\text{C}$ , για τα  $\text{O}_2$  και  $\text{SO}_2$  μέχρι  $900^{\circ}\text{C}$ . Η επίδραση της πίεσης είναι ελάχιστη και κατά συνέπεια, μπορεί η εξίσωση να χρησιμοποιηθεί για πιέσεις, μέχρι 10 bar.

Οι τιμές των συντελεστών  $b_{10} \dots b_{14}$ , δίδονται στον παρακάτω πίνακα:

	Αέρας	$\text{N}_2$	$\text{O}_2$	$\text{CO}_2$
$b_5$	$0,240\ 954 \cdot 10^{-1}$	$0,242\ 362 \cdot 10^{-1}$	$0,245\ 662 \cdot 10^{-1}$	$0,144\ 153 \cdot 10^{-1}$
$b_6$	$0,779\ 734 \cdot 10^{-4}$	$0,675\ 179 \cdot 10^{-4}$	$0,735\ 218 \cdot 10^{-4}$	$0,799\ 242 \cdot 10^{-4}$
$b_7$	$-0,394\ 144 \cdot 10^{-7}$	$-0,301\ 456 \cdot 10^{-7}$	$-0,173\ 951 \cdot 10^{-7}$	$-0,595\ 206 \cdot 10^{-8}$
$b_8$	$0,241\ 407 \cdot 10^{-10}$	$0,168\ 347 \cdot 10^{-10}$	$0,821\ 291 \cdot 10^{-11}$	$0,754\ 376 \cdot 10^{-11}$
$b_9$	$-0,693\ 180 \cdot 10^{-14}$	$-0,475\ 435 \cdot 10^{-14}$	$-0,261\ 576 \cdot 10^{-14}$	$0,189\ 975 \cdot 10^{-14}$

	Ar	$\text{H}_2\text{O}$	$\text{SO}_2$	
$b_5$	$0,163\ 607 \cdot 10^{-1}$	$0,151\ 270 \cdot 10^{-1}$	$0,870\ 293 \cdot 10^{-2}$	
$b_6$	$0,511\ 038 \cdot 10^{-4}$	$0,893\ 329 \cdot 10^{-4}$	$0,492\ 717 \cdot 10^{-4}$	
$b_7$	$-0,279\ 306 \cdot 10^{-7}$	$0,258\ 382 \cdot 10^{-7}$	$0,170\ 773 \cdot 10^{-7}$	
$b_8$	$0,127\ 885 \cdot 10^{-10}$	$-0,176\ 029 \cdot 10^{-10}$	$-0,278\ 989 \cdot 10^{-10}$	
$b_9$	$-0,260\ 257 \cdot 10^{-14}$	$0,530\ 991 \cdot 10^{-14}$	$0,778\ 854 \cdot 10^{-14}$	

## 1.6 Μείγματα αερίων υδρατμών

Σταθερά αερίου

Δίδεται από την σχέση:

$$R_g = \sum_{(k)} X_k \cdot R_k \quad (6)$$

Όπου:

$R_g$  ειδική σταθερά του αερίου μείγματος ( $\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$ )

$X_k$  μάζα κάθε συστατικού  $k$  του μείγματος σε ( $\text{kg/kg}$ )  
(περιεκτικότητα μείγματος στο  $k$  συστατικό)

$R_k$  σταθερά του αερίου συστατικού  $k$  του μείγματος σε ( $\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$ )

Μοριακή μάζα του μείγματος

Δίδεται από την σχέση:

$$\frac{1}{M_g} = \sum_{(k)} \frac{X_k}{M_k} \quad (7)$$

Όπου:

$M_g$  μοριακή μάζα του μείγματος (kg/K mol).

$M_k$  μοριακή μάζα του συστατικού k μείγματος (kg/K mol).

	Αέρας	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
b <sub>10</sub>	0,172 115 · 10 <sup>-4</sup>	0,166 491 · 10 <sup>-4</sup>	0,194 950 · 10 <sup>-4</sup>	0,136 329 · 10 <sup>-4</sup>
b <sub>11</sub>	0,471 071 · 10 <sup>-7</sup>	0,438 522 · 10 <sup>-7</sup>	0,494 604 · 10 <sup>-7</sup>	0,494 988 · 10 <sup>-7</sup>
b <sub>12</sub>	-0,233 271 · 10 <sup>-10</sup>	-0,217 973 · 10 <sup>-10</sup>	-0,175 948 · 10 <sup>-10</sup>	-0,273 651 · 10 <sup>-10</sup>
b <sub>13</sub>	0,851 696 · 10 <sup>-14</sup>	0,906 502 · 10 <sup>-14</sup>	0,604 725 · 10 <sup>-14</sup>	0,134 596 · 10 <sup>-13</sup>
b <sub>14</sub>	-0,123 091 · 10 <sup>-17</sup>	-0,162 384 · 10 <sup>-17</sup>	-0,110 837 · 10 <sup>-17</sup>	-0,289 031 · 10 <sup>-17</sup>

	Ar	H <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	
b <sub>10</sub>	0,211 685 · 10 <sup>-4</sup>	0,859 010 · 10 <sup>-5</sup>	0,116 205 · 10 <sup>-4</sup>	
b <sub>11</sub>	0,602 035 · 10 <sup>-7</sup>	0,358 189 · 10 <sup>-7</sup>	0,501 855 · 10 <sup>-7</sup>	
b <sub>12</sub>	-0,304 153 · 10 <sup>-10</sup>	0,157 541 · 10 <sup>-10</sup>	-0,279 278 · 10 <sup>-10</sup>	
b <sub>13</sub>	0,130 055 · 10 <sup>-13</sup>	-0,192 169 · 10 <sup>-13</sup>	0,148 020 · 10 <sup>-13</sup>	
b <sub>14</sub>	-0,244 202 · 10 <sup>-17</sup>	0,505 944 · 10 <sup>-17</sup>	-0,299 759 · 10 <sup>-17</sup>	

Ειδική θερμοχωρητικότητα μείγματος αερίων

Δίδεται από την σχέση:

$$c_{p_g} = \sum_{(k)} X_k \cdot c_{p_k} \quad (8)$$

Όπου:

$c_{p_g}$  ειδική θερμοχωρητικότητα του αερίου (kJ/kg · K)

$c_{p_k}$  ειδική θερμοχωρητικότητα του συστατικού k του μείγματος (kJ/kg·K)

$X_k$  η περιεκτικότητα του μείγματος στο k συστατικό (kg/kg).

Μέση ειδική θερμοχωρητικότητα

Δίδεται από την σχέση:

$$\bar{c}_{p_g} = \sum_{(k)} X_k \cdot \bar{c}_{p_k} \quad (9)$$

και

$$\bar{c}_{p_g} \Big|_{\theta_1}^{\theta_2} = \frac{\bar{c}_{p_g} \Big|_0^{\theta_2} \cdot \theta_2 - \bar{c}_{p_g} \Big|_0^{\theta_1} \cdot \theta_1}{\theta_2 - \theta_1} \quad (10)$$

Όπου:

$\bar{c}_{p_g}$  μέση ειδική θερμοχωρητικότητα του μείγματος (kJ/kg · K)

$\bar{c}_{p_k}$  μέση ειδική θερμοχωρητικότητα του συστατικού k του μείγματος (kJ/kg · K).