



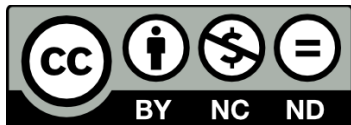
Εφαρμοσμένη Θερμοδυναμική

Ενότητα 3: Ιδανικά Αέρια, συντελεστής συμπίεστικότητας, ειδικές θερμότητες

Χατζηαθανασίου Βασίλειος

Καδή Στυλιανή

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Η/Υ



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

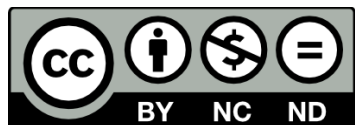




Ιδανικά Αέρια

Συντελεστής συμπίεσότητας

Ειδικές θερμότητες



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
πρόγραμμα για την ανάπτυξη

Περιεχόμενα ενότητας

1. Ιδανικά Αέρια
2. Συντελεστής συμπίεστικότητας
3. Ειδικές θερμότητες



Καταστατική εξίσωση (ΚΕ) (1/2)

- Κάθε εξίσωση που συνδέει τη θερμοκρασία, την πίεση και τον ειδικό όγκο μιας καθαρής ουσίας.
 - Συνήθως της μορφής $P = f(T, v)$.



Καταστατική εξίσωση (ΚΕ) (2/2)

- Γιατί χρειαζόμαστε τις ΚΕ;
 - Οι πίνακες ιδιοτήτων δίνουν ακριβείς πληροφορίες, αλλά πρέπει να γίνουν μετρήσεις με βάση κάποια κατάσταση αναφοράς. Πολλές φορές οι τιμές των ιδιοτήτων υπολογίζονται από σύνθετες ΚΕ.
 - Η χρήση απλών ΚΕ (όπως αυτή των ιδανικών αερίων) είναι επιθυμητή για την ποιοτική κατανόηση της φυσικής συμπεριφοράς του ρευστού.
 - Επιτρέπουν την χρήση αριθμητικών κωδίκων για τον υπολογισμό των θερμοδυναμικών ιδιοτήτων.



Ιδανικά Αέρια

- Ιδανικό αέριο είναι ένα φανταστικό υλικό με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:
 - Μηδενικός όγκος μορίων: τα μόρια είναι απλά σημεία στο χώρο.
 - Μηδενικές μοριακές δυνάμεις: τα μόρια είναι πολύ μακριά το ένα από τα άλλα.
- Είναι αυτό δυνατό; Στη πραγματικότητα όχι. Όμως είμαστε πολύ κοντά σε μια τέτοια συμπεριφορά σε πολύ χαμηλή πυκνότητα.
- Όλες οι ουσίες θεωρούνται ιδανικά αέρια σε πολύ χαμηλή πίεση και υψηλές θερμοκρασίες.



Καταστατική εξίσωση ιδανικών αερίων (ΚΕΙΑ) (1/6)

- Από πειραματικά δεδομένα προκύπτει:

$$Pv = RT$$

- P, v, T = πίεση, ειδικός όγκος, θερμοκρασία (απόλυτη)
 - R = σταθερά αερίου = R_u/M
 - R_u = παγκόσμια σταθερά αερίων (8,314 kJ/kmol K)
 - M = μοριακό βάρος (μοριακή μάζα)
-
- Μοριακή μάζα: Μάζα ενός γραμμομορίου μιας ουσίας (ίδια ανεξάρτητα από ο σύστημα των μονάδων)
 - 1 kmol N_2 = 28 kg ή 1 lbmol N_2 = 28 lbm



Καταστατική εξίσωση ιδανικών αερίων (ΚΕΙΑ) (2/6)

- Η εξίσωση $Pu = RT$ μπορεί να γραφεί και σε διαφορετικές μορφές:
 - $PV = mRT = nR_u T$
 - $P\bar{v} = R_u T$
- Είναι:
 - $u = V/m$ (u = ειδικός όγκος; V = συνολικός όγκος)
 - $n = M/m$ (n = αριθμός γραμμομορίων; M = μοριακή μάζα)
- Για σταθερή μάζα ιδανικού αερίου, $P_1V_1/T_1 = P_2V_2/T_2$



Καταστατική εξίσωση ιδανικών αερίων (ΚΕΙΑ) (3/6)

- Η καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων ισχύει για:
 - αμελητέες μοριακές δυνάμεις.
 - αμελητέο όγκο μορίων σε σχέση με τον όγκο του δοχείου.
- Λογικές προσεγγίσεις για να ισχύει η ΚΕΙΑ:
 - χαμηλές πιέσεις.
 - υψηλές θερμοκρασίες.

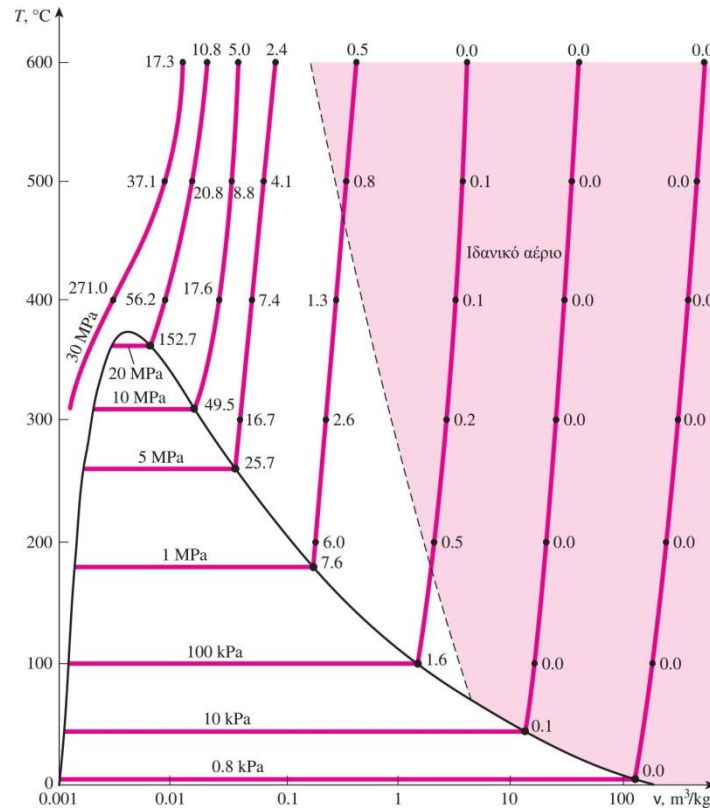


Καταστατική εξίσωση ιδανικών αερίων (ΚΕΙΑ) (4/6)

- Όρια εφαρμογής της ΚΕΙΑ:
 - Σε συνθήκες που έχουν πρακτικό ενδιαφέρον τα αέρια: αέρας, άζωτο, οξυγόνο, υδρογόνο, ήλιο, αργό, νέο, κρυπτό, διοξείδιο άνθρακα είναι: ιδανικά αέρια (σφάλμα <1%).
 - Καλή είναι η προσέγγιση (σφάλμα μικρότερο από 0.1%) για υδρατμό πίεσης μικρότερης από 10 kPa, ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία.



Καταστατική εξίσωση ιδανικών αερίων (ΚΕΙΑ) (5/6)



Εικόνα 1: Ποσοστιαίο σφάλμα κατά τη θεώρηση του υδρατμού ως ιδανικό αέριο και η περιοχή όπου ο υδρατμός μπορεί να θεωρηθεί ως ιδανικό αέριο με σφάλμα μικρότερο του 1%



Καταστατική εξίσωση ιδανικών αερίων (ΚΕΙΑ) (6/6)

- Όρια εφαρμογής της ΚΕΙΑ:
 - Στον αέρα ο υδρατμός είναι ιδανικό αέριο.
 - Δεν ισχύει κοντά στο κρίσιμο σημείο και κοντά στη καμπύλη κορεσμένου ατμού.
 - Σίγουρα δεν ισχύει για τον ατμό των ΑΗΣ λόγω των υψηλών πιέσεων.



Συντελεστής συμπίεστος (1/2)

- Ο συντελεστής συμπίεστος δίνει την απόκλιση καθαρής ουσίας από την ιδανική συμπεριφορά σε συγκεκριμένη P και T (καθορίζει με άλλα λόγια τα όρια εφαρμογής της έκφρασης χαμηλές πιέσεις υψηλές θερμοκρασίες).

$$Z = \frac{pυ}{RT}$$

- $Z = 1$ (ιδανικό αέριο).
- Για πραγματικό αέριο, $Z > 1$ ή $Z < 1$.
- Για Z πολύ κοντά στη μονάδα, μπορούμε να υποθέσουμε συμπεριφορά ιδανικού αερίου.



Συντελεστής συμπιεστότητας (2/2)

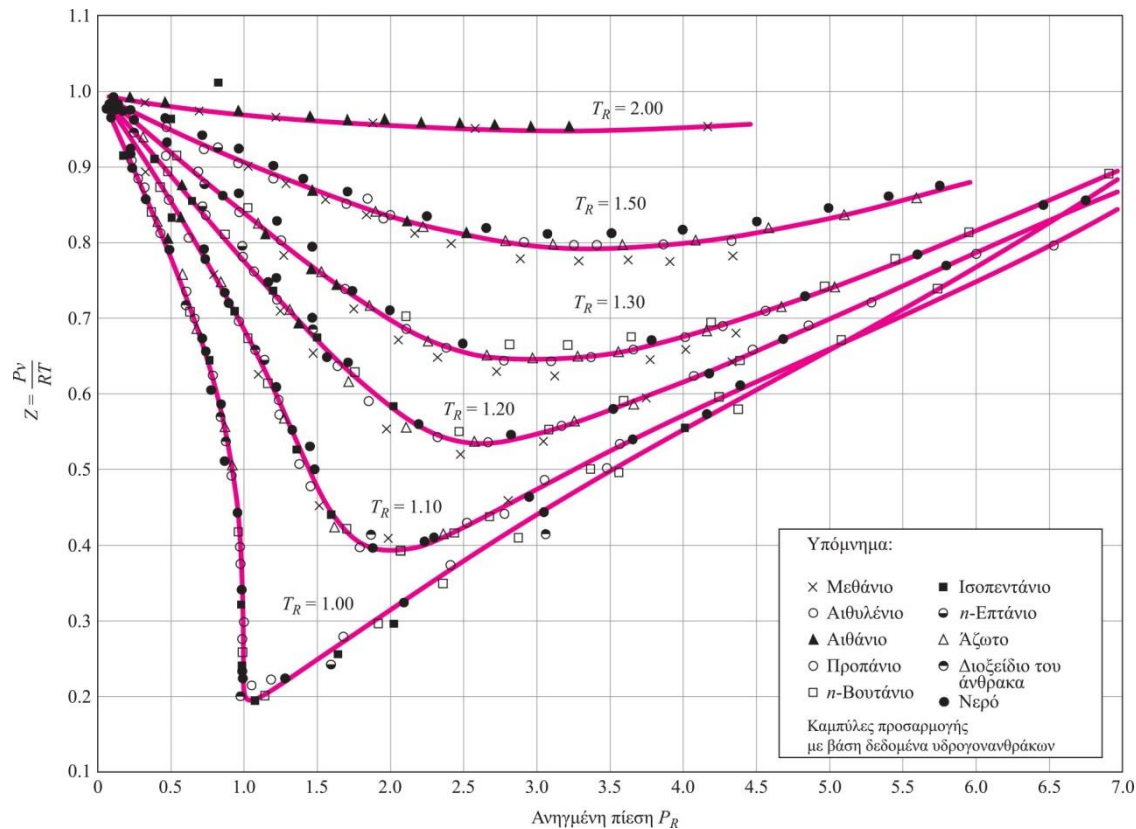
- Διαφορετικά αέρια συμπεριφέρονται διαφορετικά σε δοσμένη πίεση και θερμοκρασία αλλά συμπεριφέρονται παρόμοια στην ίδια ανηγμένη (ως προς τη πίεση και τη θερμοκρασία του κρίσιμου σημείου) πίεση και θερμοκρασία. Δηλαδή η συνάρτηση $z = z(P_r, T_r)$ είναι ίδια για όλα τα αέρια.
 - P_r, T_r : ανηγμένη πίεση και θερμοκρασία.

- Η ανηγμένη πίεση και θερμοκρασία ορίζονται από τις σχέσεις:

$$P_r = \frac{P}{P_{cr}} \quad T_r = \frac{T}{T_{cr}}$$



Γενικευμένος χάρτης συμπιεστότητας (1/2)



Εικόνα 2: Σύγκριση παραγόντων συμπιεστότητας Z διαφόρων αερίων



Γενικευμένος χάρτης συμπιεστότητας (2/2)

- $P_r \ll 1$: τα αέρια ιδανικά, ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία.
- Υψηλές T , ($T_r \gg 2$) ιδανική συμπεριφορά με πολύ καλή ακρίβεια ανεξάρτητα από την πίεση (εκτός αν $P_r \gg 1$).
- Η απόκλιση ενός αερίου από την ιδανική συμπεριφορά είναι μεγαλύτερη στην περιοχή του κρίσιμου σημείου.



Πραγματικό αέριο

- Προσεγγίζει το ιδανικό σε χαμηλές πιέσεις και υψηλές θερμοκρασίες.

$$\frac{T}{T_{cr}} > 2 \qquad \frac{P}{P_{cr}} < 0.1$$



Παράδειγμα 1

- Αέρας θερμοκρασίας 27 °C και πίεσης 1 bar

$$P_r = \frac{P}{P_{cr}} = \frac{1\text{bar}}{37.7\text{bar}} = 0.027 \quad T_r = \frac{T}{T_{cr}} = \frac{300\text{K}}{133\text{K}} = 2.3$$

- Άρα στις συνθήκες αυτές ο αέρας θεωρείται ιδανικό αέριο.

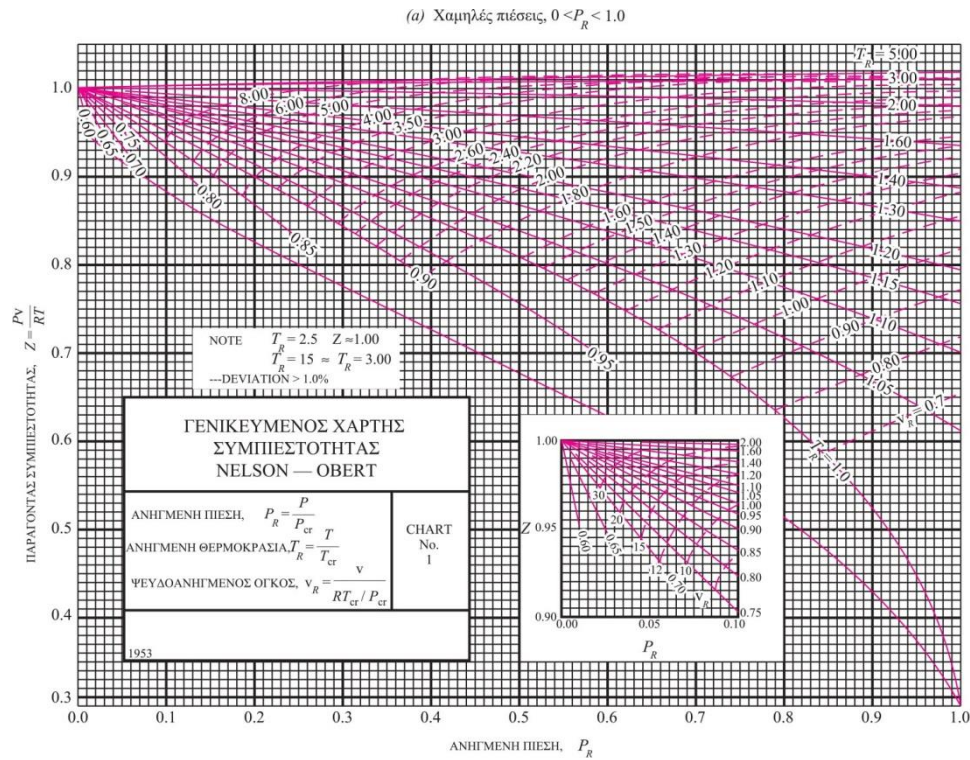


Παράδειγμα 2

- Ποσότητα υδρατμών με αρχική πίεση 20 MPa και θερμοκρασία 500°C ψύχεται υπό σταθερό όγκο μέχρι να πέσει η θερμοκρασία του στους 400°C. Χρησιμοποιώντας το γενικευμένο χάρτη συμπιεστότητας υπολογίστε:
 - Τον ειδικό όγκο (m^3/kg) του νερού στην αρχική κατάσταση (Απ: 0.0145 m^3/kg).
 - Την πίεση (MPa) του νερού στην τελική κατάσταση (Απ: 15.9 MPa).
 - Συγκρίνετε τα παραπάνω αποτελέσματα με τις τιμές που προκύπτουν από τους πίνακες ιδιοτήτων (0.014768 m^3/kg , 15.7 MPa).



Γενικευμένος χάρτης συμπιεστότητας



Εικόνα 3: Γενικευμένος χάρτης συμπιεστότητας Nelson-Oberst



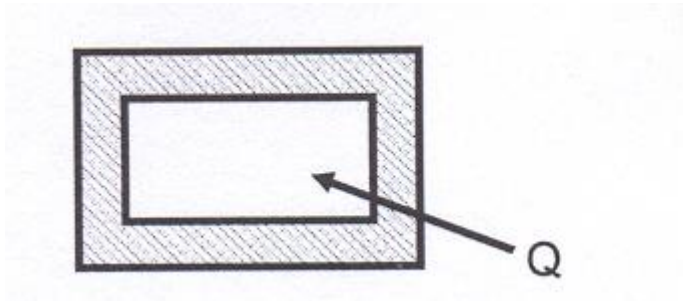
Ειδικές Θερμότητες (1/4)

- Ειδική θερμότητα είναι η ενέργεια που απαιτείται για την ανύψωση της θερμοκρασίας της μονάδας μάζας κάποιας ουσίας κατά ένα βαθμό.
- Στη θερμοδυναμική διακρίνουμε δύο ειδικές θερμότητες, αντίστοιχες με τις παρακάτω δύο διεργασίες:
 - Αύξηση της θερμοκρασίας υπό σταθερό όγκο: χωρίς Pdv έργο.
 - Αύξηση της θερμοκρασίας υπό σταθερή πίεση: πρόσθετο Pdv έργο εκτόνωσης.



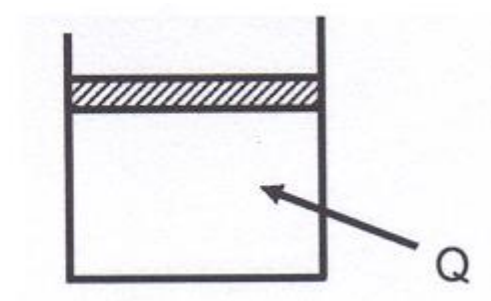
Ειδικές θερμότητες (2/4)

Ειδική θερμότητα
υπό σταθερό όγκο (c_v)



$$c_v = \left(\frac{\partial u}{\partial T} \right)_v$$

Ειδική θερμότητα
υπό σταθερή πίεση (c_p)



$$c_p = \left(\frac{\partial h}{\partial T} \right)_p$$



Ειδικές Θερμότητες (3/4)

- c_v : μέτρο μεταβολής της εσωτερικής ενέργειας σε συνάρτηση της θερμοκρασίας.
- c_p : μέτρο μεταβολής της ενθαλπίας σε συνάρτηση της θερμοκρασίας.



Ειδικές Θερμότητες (4/4)

- Μονάδες SI: kJ/kg-K ή $\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$
 - Ισοδύναμες γιατί $\Delta T(^{\circ}\text{C}) = \Delta T(\text{K})$.
- Ειδική μοριακή θερμότητα: kJ/kmol-K ή $\text{kJ/kmol}^\circ\text{C}$.
- Οι ειδικές θερμότητες εξαρτώνται από τη πίεση και τη θερμοκρασία. Η εξάρτηση από τη πίεση είναι συνήθως μικρή αλλά από τη θερμοκρασία μπορεί να είναι μεγάλη.
- $c_p > c_v$ (η c_p περιλαμβάνει πρόσθετο έργο).



Εσωτερική ενέργεια, ενθαλπία, ειδικές θερμοότητες ιδανικών αερίων (1/10)

- Έστω $u=u(T,v)$. Τότε:

$$du = \left(\frac{\partial u}{\partial T} \right)_v dT + \left(\frac{\partial u}{\partial v} \right)_T dv$$

ή

$$du = c_v dT + \left(\frac{\partial u}{\partial v} \right)_T dv$$



Εσωτερική ενέργεια, ενθαλπία, ειδικές θερμότητες ιδανικών αερίων (2/10)

- Η εσωτερική ενέργεια των *ιδανικών αερίων* είναι συνάρτηση μόνο της θερμοκρασίας.
- Οπότε για ιδανικό αέριο:

$$du = c_v dT$$



Εσωτερική ενέργεια, ενθαλπία, ειδικές θερμοότητες ιδανικών αερίων (3/10)

- Ενθαλπία ιδανικών αερίων:
- Ισχύει: $h=u+pv$ και $pv=RT$
- Άρα: $h=u+RT$ δηλαδή $h=h(T)$
- Και η ενθαλπία είναι συνάρτηση μόνο της θερμοκρασίας, οπότε από την

$$c_p = \left(\frac{\partial h}{\partial T} \right)_p$$

προκύπτει: $dh = c_p dT$



Εσωτερική ενέργεια, ενθαλπία, ειδικές θερμοότητες ιδανικών αερίων (4/10)

- Για μικρό εύρος μεταβολής, οι μεταβολές στην εσωτερική ενέργεια και την ενθαλπία μπορούν να καθορισθούν από την ολοκλήρωση των παραπάνω σχέσεων.
- Η ολοκλήρωση είναι εύκολη αν οι c_v και c_p είναι σταθερές συναρτήσεις της θερμοκρασίας.

$$\Delta u = \int c_v dT = c_v (T_2 - T_1)$$

$$\Delta h = \int c_p dT = c_p (T_2 - T_1)$$



Εσωτερική ενέργεια, ενθαλπία, ειδικές θερμοότητες ιδανικών αερίων (5/10)

- Αν οι c_v και c_p δεν είναι σταθερές χρειαζόμαστε τις συναρτήσεις $c_v = f(T)$ και $c_p = g(T)$ για να κάνουμε τις ολοκληρώσεις.
- Αν χρειαζόμαστε συχνά τις ιδιότητες αυτές, είναι προτιμότερο να κάνουμε την ολοκλήρωση μια φορά και να τοποθετήσουμε τα αποτελέσματα σε πίνακες.



Εσωτερική ενέργεια, ενθαλπία, ειδικές θερμοότητες ιδανικών αερίων (6/10)

- Σε ποιες θερμοκρασίες υπολογίζονται οι c_v, c_p ;
 - Το βέλτιστο είναι η μέση θερμοκρασία των T_1 και T_2 .
 - Στην T_1 αν είναι μικρό το θερμοκρασιακό εύρος.



Εσωτερική ενέργεια, ενθαλπία, ειδικές θερμοότητες ιδανικών αερίων (7/10)

$$u(T) = \int_{T_{\text{ref}}}^T c_v dT$$

- όπου T_{ref} είναι η θερμοκρασία αναφοράς, συνήθως το απόλυτο μηδέν. Οπότε:

$$\Delta u = \int_{T_{\text{ref}}}^{T_2} c_v dT - \int_{T_{\text{ref}}}^{T_1} c_v dT = u(T_2) - u(T_1)$$



Εσωτερική ενέργεια, ενθαλπία, ειδικές θερμοότητες ιδανικών αερίων (8/10)

- Σχέση ειδικών θερμοτήτων:

$$c_p = c_u + R$$



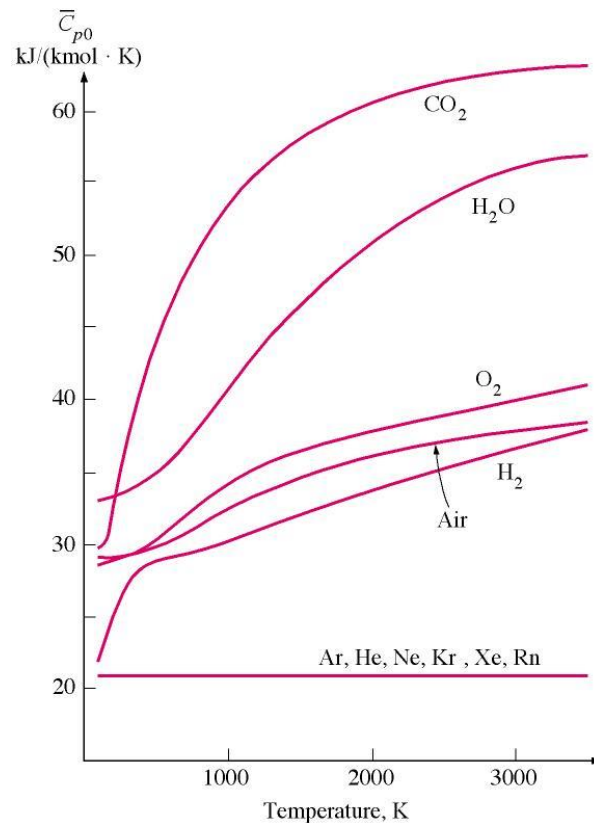
Εσωτερική ενέργεια, ενθαλπία, ειδικές θερμοότητες ιδανικών αερίων (9/10)

- Η παράμετρος: $\frac{c_p}{c_v} \equiv k$
- ονομάζεται λόγος ειδικών θερμοτήτων.
- Χρησιμοποιώντας τη σχέση $k = c_p/c_v$ και τη στατιστική θερμοδυναμική βρίσκουμε ότι κοντά στη θερμοκρασία δωματίου για τα περισσότερα ιδανικά αέρια ισχύει:
- Μονοατομικά αέρια, $k = 5/3 = 1.67$.
- Διατομικά αέρια (π.χ αέρας), $k = 7/5 = 1.4$.
- Πολυατομικά αέρια, $k = 4/3 = 1.33$.
- Οι ειδικές θερμοότητες c_v και c_p μπορούν να εκφραστούν συναρτήσει των k και R :

$$c_v = \frac{R}{k-1} \quad c_p = \frac{k}{k-1} R$$



Εσωτερική ενέργεια, ενθαλπία, ειδικές θερμοότητες ιδανικών αερίων (10/10)



Εικόνα 4: Μεταβολή της ειδικής θερμότητας σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία για ιδανικά αέρια



Εσωτερική ενέργεια, ενθαλπία, ειδικές θερμότητες υγρών και στερεών (1/3)

- Ασυμπίεστο υλικό:
 - Υλικό του οποίου ο ειδικός όγκος παραμένει σταθερός.
 - Τα στερεά και τα υγρά είναι σχεδόν ασυμπίεστα (η μεταβολή του όγκου στις περισσότερες διαδικασίες είναι αμελητέα).
 - Η ενέργεια που συνδέεται με τη μεταβολή του όγκου π.χ έργο ογκομεταβολής είναι αμελητέα συγκρινόμενη με άλλες μορφές ενέργειας.



Εσωτερική ενέργεια, ενθαλπία, ειδικές θερμότητες υγρών και στερεών (2/3)

- Στερεά, υγρά (ασυμπίεστα): $c_p = c_v = c$
- Η ειδική θερμότητα ασυμπίεστης ουσίας είναι βασικά συνάρτηση της θερμοκρασίας, δηλ. $c = c(T)$
- Μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας:

$$du = c(T)dt \Rightarrow \Delta u = u_2 - u_1 = \int_1^2 c(T)dT$$

- Για μικρές θερμοκρασιακές μεταβολές:

$$\Delta u = c_{av} (T_2 - T_1)$$



Εσωτερική ενέργεια, ενθαλπία, ειδικές θερμότητες υγρών και στερεών (3/3)

- Ισχύει: $h = u + Pv$
- Μεταβολή ενθαλπίας: $dh = du + Pdv + vdP$
- Για ασυμπίεστες ουσίες (υγρά και στερεά), οι μεταβολές στον όγκο είναι μικρές δηλ. $dv \cong 0$, οπότε:

$$dh=du+vdP \quad \text{ή} \quad \Delta h=\Delta u+v\Delta P$$

- Για διαδικασία υπό σταθερή πίεση: $\Delta h = \Delta u=c\Delta T$
- Για διαδικασία υπό σταθερή θερμοκρασία: $\Delta h = v\Delta P$



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

- Εικόνα 1:

Ποσοστιαίο σφάλμα κατά τη θεώρηση του υδρατμού ως ιδανικό αέριο και η περιοχή όπου ο υδρατμός μπορεί να θεωρηθεί ως ιδανικό αέριο με σφάλμα μικρότερο του 1%: Σελίδα 155, Θερμοδυναμική για Μηχανικούς, 7^η έκδοση, Yunus A. Cengel, Afshin J. Ghajar, εκδόσεις Τζιόλα

- Εικόνα 2:

Σύγκριση παραγόντων συμπιεστότητας Z διαφόρων αερίων: Σελίδα 156, Θερμοδυναμική για Μηχανικούς, 7^η έκδοση, Yunus A. Cengel, Afshin J. Ghajar, εκδόσεις Τζιόλα

- Εικόνα 3:

Γενικευμένος χάρτης συμπιεστότητας Nelson-Obert : Σελίδα 972, Θερμοδυναμική για Μηχανικούς, 7^η έκδοση, Yunus A. Cengel, Afshin J. Ghajar, εκδόσεις Τζιόλα

- Εικόνα 4:

Μεταβολή της ειδικής θερμότητας σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία για ιδανικά αέρια:
<http://www.mhhe.com/engcs/mech/cengel/notes/IdealGases.html>



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Χατζηαθανασίου Βασίλειος, Καδή Στυλιανή. «ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ. Ιδανικά Αέρια, συντελεστής συμπίεσότητας, ειδικές θερμότητες». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://eclass.auth.gr/courses/OCRS423/>.



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Μη Εμπορική Χρήση - Όχι Παράγωγα Έργα 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

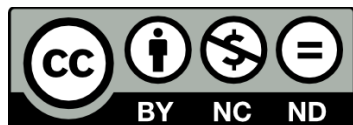
[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Σβάρνα Κωνσταντίνα
Θεσσαλονίκη, Εαρινό εξάμηνο 2015



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σημειώματα

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

