



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ Ι

Ενότητα 3: Μηδενικός Νόμος - Έργο

Σογομών Μπογοσιάν
Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Χημικών Μηχανικών

Σκοποί ενότητας

- Σκοπός της ενότητας αυτής είναι η περιγραφή των ορισμών και των θεμελιωδών εννοιών της Θερμοδυναμικής:

α) του μηδενικού νόμου, ο οποίος εισάγει την έννοια της θερμοκρασίας και β) του Έργου.



Περιεχόμενα ενότητας

- Διάκριση τοιχωμάτων
- Θερμική ισορροπία
- Μηδενικός νόμος
- Θερμοκρασία
- Έργο – σύμβαση προσήμου
- Έργο εκτόνωσης/συμπίεσης



Ενδεικτική βιβλιογραφία

Χημική Θερμοδυναμική

Σ. Μπογοσιάν

Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα, 2008.



3

Μηδενικός Νόμος - Έργο

Η θερμοκρασία και ο Μηδενικός Νόμος της Θερμοδυναμικής - 1

Διαθερμικά και αδιαβατικά τοιχώματα:

- όταν δύο συστήματα έρχονται σε επαφή μέσω **διαθερμικού** τοιχώματος επιτρέπεται απορρόφηση ή έκλυση εκείνης της μορφής ενέργειας που θα ονομάσουμε **θερμότητα**.
- τα **αδιαβατικά** τοιχώματα δεν επιτρέπουν εξωτερικές επιδράσεις στις καταστάσεις ενός συστήματος. Για παράδειγμα, δεν επιτρέπουν την απορρόφηση ή την έκλυση θερμότητας.



Η Θερμοκρασία και ο Μηδενικός Νόμος της Θερμοδυναμικής - 2

Θερμική ισορροπία:

Όταν δύο (ή περισσότερα) συστήματα έρθουν σε επαφή μέσω διαθερμικών τοιχωμάτων, τότε μεταβάλλονται οι καταστάσεις τους και μετά την παρέλευση πεπερασμένου χρόνου δημιουργούνται νέες καταστάσεις ισορροπίας, που δε μεταβάλλονται πιά. Θα λέμε τότε ότι τα συστήματα βρίσκονται σε **θερμική ισορροπία**.



Μηδενικός Νόμος της Θερμοδυναμικής - 1

Εάν σύστημα A είναι σε θερμική ισορροπία με σύστημα C και σύστημα B είναι σε θερμική ισορροπία με το σύστημα C

↓ τότε

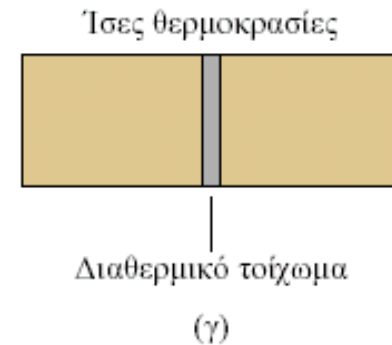
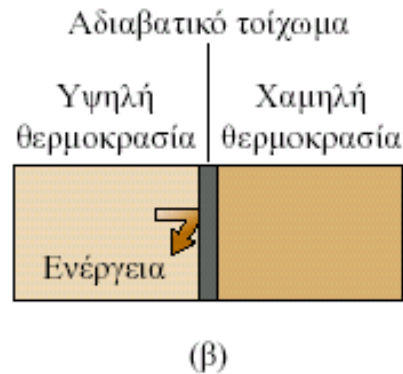
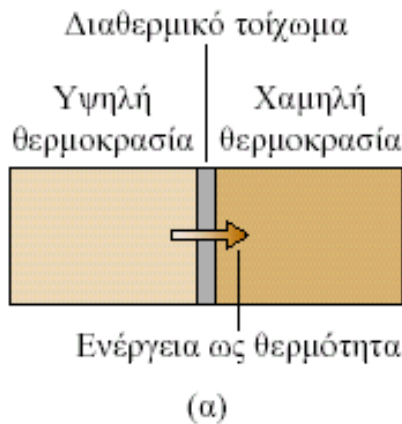
το σύστημα A είναι σε θερμική ισορροπία με σύστημα B

Αρα, οι καταστάσεις των συστημάτων αυτών χαρακτηρίζονται από μια κοινή ιδιότητα που λέγεται θερμοκρασία



Μηδενικός Νόμος της Θερμοδυναμικής - 2

Εάν **δεν** έχουμε θερμική ισορροπία τότε θα ρέει ενέργεια από την περιοχή υψηλής θερμοκρασίας προς την περιοχή χαμηλής θερμοκρασίας



Έργο - 1

Όταν θέλουμε να μετρήσουμε το έργο, w , χρησιμοποιούμε τον ορισμό:

$$\text{έργο} = (\text{αντιτιθέμενη δύναμη} \times \text{μετατόπιση})$$

Έργο μπορεί να γίνει **σε** ένα σύστημα **από** το περιβάλλον του ή μπορεί να γίνει **από** ένα σύστημα **στο** περιβάλλον του

Σύμβαση για το πρόσημο του έργου:

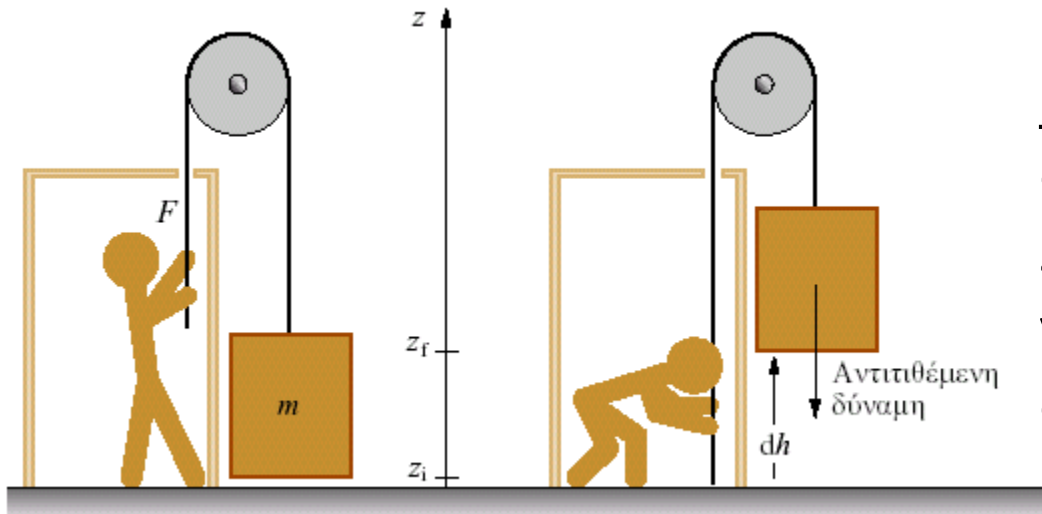
Θετικό είναι το έργο που γίνεται **από** το περιβάλλον **στο** σύστημα

Παράδειγμα 2: Εάν $w = 3 \text{ J}$, έργο γίνεται στο σύστημα.

Εάν $w = -5 \text{ J}$, έργο γίνεται από το σύστημα.



Έργο - 2



Παράδειγμα 3: Έργο ανύψωσης σώματος μάζας m .
Στην περίπτωση αυτή, έργο γίνεται από το περιβάλλον στο σύστημα/σώμα και είναι θετικό

Ανοδος βάρους στο περιβάλλον

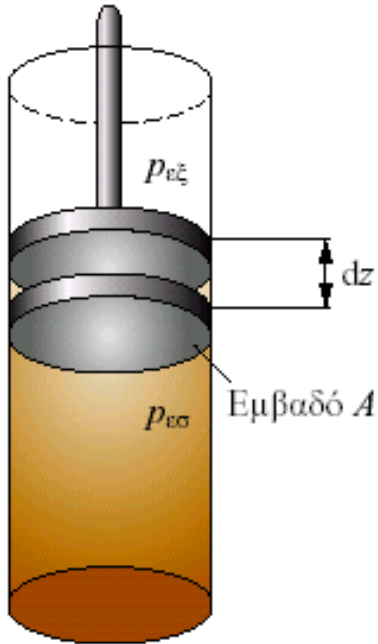
⇒ έργο γίνεται από σύστημα.

Κάθοδος βάρους στο περιβάλλον

⇒ έργο γίνεται στό σύστημα.



Εργο εκτόνωσης και συμπίεσης - 1



Στη θερμοδυναμική θα εξετάζουμε πολύ συχνά το έργο που γίνεται από ή σε ένα σύστημα όταν αυτό εκτονώνεται ή συμπιέζεται

Η δύναμη στην εξωτερική επιφάνεια του εμβόλου είναι:

$$F = p_{\varepsilon\xi} A$$

Το στοιχειώδες έργο για να μετατοπιστεί το έμβολο κατά dz προς τα πάνω, έναντι της αντιτιθέμενης F είναι:

$$dw = -Fdz$$

άρα
$$dw = -p_{\varepsilon\xi} Adz = -p_{\varepsilon\xi} dV$$

όπου dV είναι η μεταβολή του όγκου



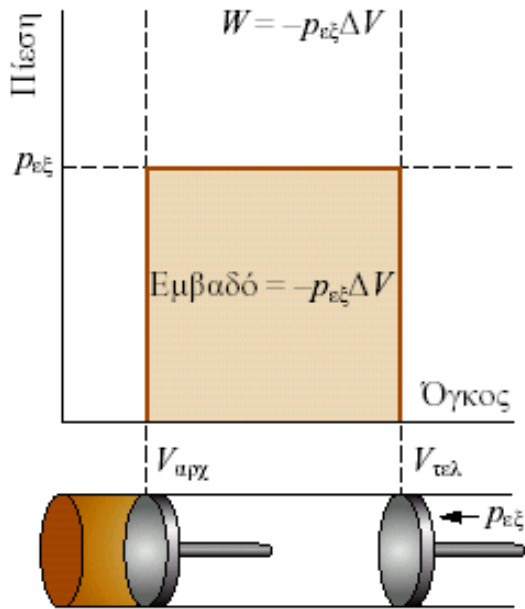
Εργο εκτόνωσης και συμπίεσης - 2

Στοιχειώδες έργο συμπίεσης/εκτόνωσης:

- εκτόνωση, $dV > 0 \Rightarrow dw < 0$. Εργο γίνεται από το σύστημα(κάποιο βάρος ανυψώνεται στο περιβάλλον)
- συμπίεση, $dV < 0 \Rightarrow dw > 0$. Εργο γίνεται στό σύστημα(κάποιο βάρος χάνει ύψος στο περιβάλλον)



Άσκηση 1



Ενα αέριο βρίσκεται μέσα σε κυλινδρικό δοχείο με έμβολο και καταλαμβάνει όγκο $V_{\alpha\rho\chi} = 0.15 \text{ m}^3$. Το αέριο εκτονώνεται με κίνηση του εμβόλου προς τα έξω, μέχρι ο όγκος του να γίνει $V_{\tau\epsilon\lambda} = 0.35 \text{ m}^3$. Η πίεση στην εξωτερική επιφάνεια, που αντιτίθεται στην κίνηση είναι σταθερή και ίση με $p_{\epsilon\xi} = 210 \text{ kPa}$. Να υπολογιστεί το έργο.

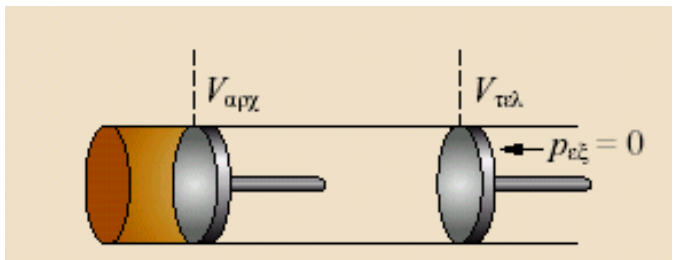
Λύση: Το έργο για εκτόνωση υπό σταθερή εξωτερική πίεση θα βρεθεί με ολοκλήρωση:

$$\begin{aligned} dw &= -p_{\epsilon\xi} dV \Rightarrow w = -\int p_{\epsilon\xi} dV = -p_{\epsilon\xi} \int dV \\ \Rightarrow w &= -p_{\epsilon\xi} \Delta V = -(210000 \text{ Pa}) \times (0.35 \text{ m}^3 - 0.15 \text{ m}^3) = -42000 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 \\ &= -42 \text{ kJ} \end{aligned}$$



Παρατήρηση: Το έργο στην περίπτωση αυτή είναι ίσο κατά απόλυτη τιμή με το εμβαδό του γραμμοσκιασμένου ορθογωνίου στο διάγραμμα (p, V)

Άσκηση 2



Αέριο εκτονώνεται μέσα σε θάλαμο έναντι εμβόλου, στην εξωτερική επιφάνεια του οποίου υπάρχει κενό, δηλ. η πίεση είναι μηδέν.

Να υπολογιστεί το έργο.

Λύση: Για το έργο εκτόνωσης/συμπίεσης έχουμε:

$$w = -\int p_{\text{εξ}} dV = -\int 0 dV = 0$$



Άσκηση 3

Αέριο μεθάνιο εκτονώνεται έναντι σταθερής εξωτερικής πίεσης 200 Torr μέχρι να αυξηθεί ο όγκος του κατά 3.3 lt.

Υπολογίστε το έργο, w .

Λύση:

$$w = -\int p_{\text{εξ}} dV \quad \text{και για σταθερή } p_{\text{εξ}}: \quad w = -p_{\text{εξ}} \Delta V$$

$$p_{\text{εξ}} = (200/760) \text{ atm} \times (101325 \text{ Pa/atm}) = 26664 \text{ Pa}$$

$$\Delta V = 3.3 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\text{Αρα, } w = -88 \text{ J}$$



Αναφορές

Οι εικόνες στις διαφάνειες 9, 11, 12, 14, 15 είναι από το βιβλίο Μπογοσιάν, Σ. (2008) Χημική Θερμοδυναμική, Πάτρα: ΕΑΠ, σ. 26, 27, 28 και 29.



Τέλος Ενότητας

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Πατρών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την 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.



Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.0.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών. Καθηγητής, Σογομών Μπογοσιάν.
«Θερμοδυναμική Ι». Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2015.

Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

<https://eclass.upatras.gr/courses/CMNG2180/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 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».



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

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

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