



# ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ Ι

## Ενότητα 3<sup>η</sup> - Β' ΜΕΡΟΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ

Όνομα καθηγητή: **ΕΥΑΓΓΕΛΙΟΥ ΒΑΣΙΛΙΚΗ**

Τμήμα: **Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου**



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ





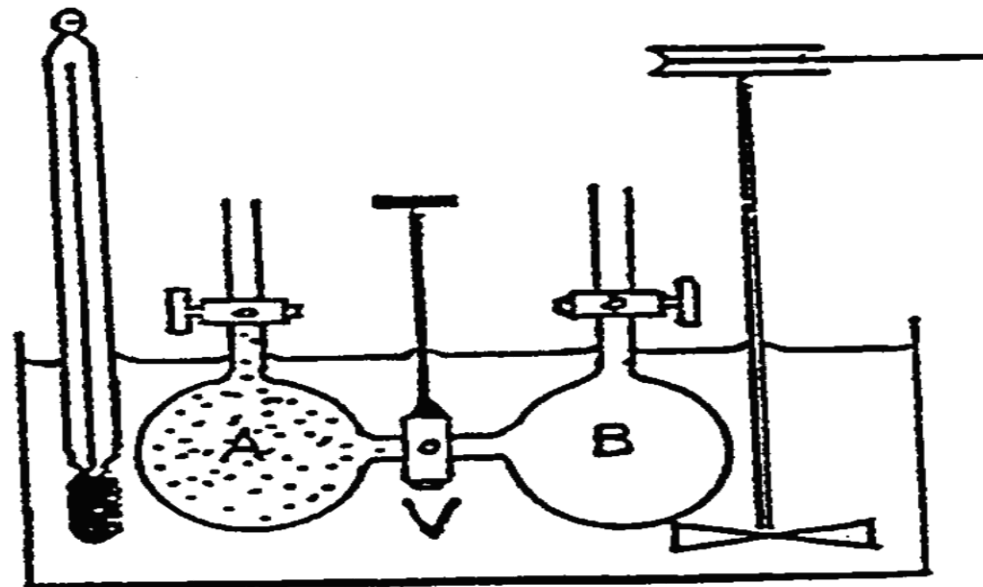
# ΣΤΟΧΟΙ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

- Στόχος (1) Κατανόηση των εννοιών: ενθαλπία, εντροπία, συντελεστής Joule- Thompson, κλίμακα Kelvin.



# ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ JOULE-THOMPSON

## 1<sup>ο</sup> πείραμα Joule



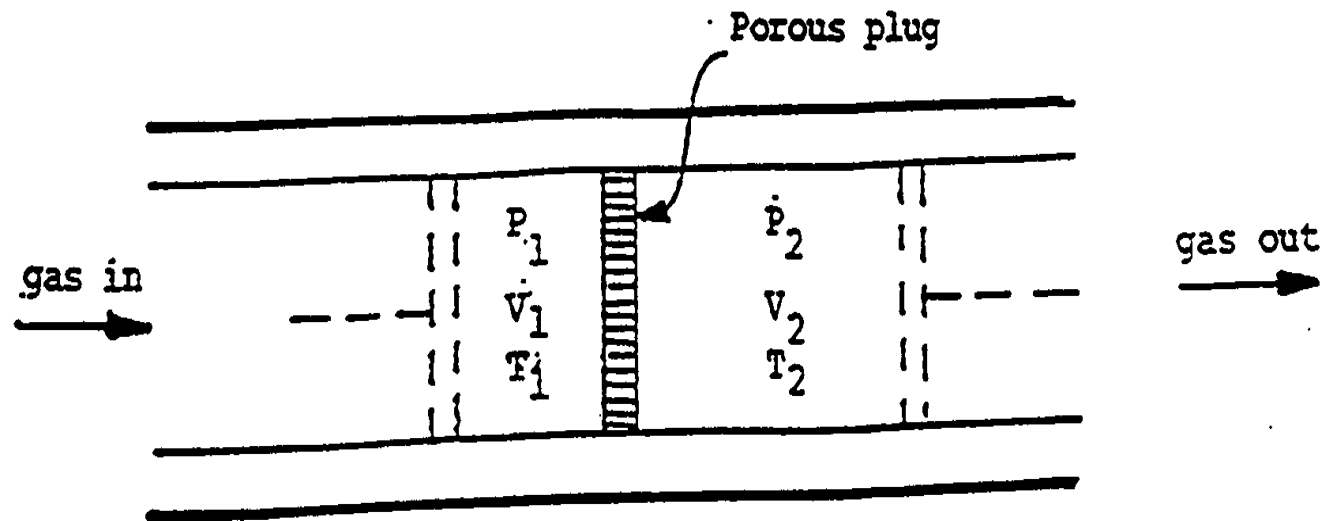
$$\mu_J = \left( \frac{\theta T}{\theta V} \right)_U$$

- Ο συντελεστής Joule για ιδανικά αέρια ο συντελεστής ισούται με το μηδέν



# ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ JOULE-THOMPSON(2)

## 2<sup>ο</sup> πείραμα Joule-Thompson



$$\mu_{JT} = \left( \frac{\theta T}{\theta P} \right)_H$$

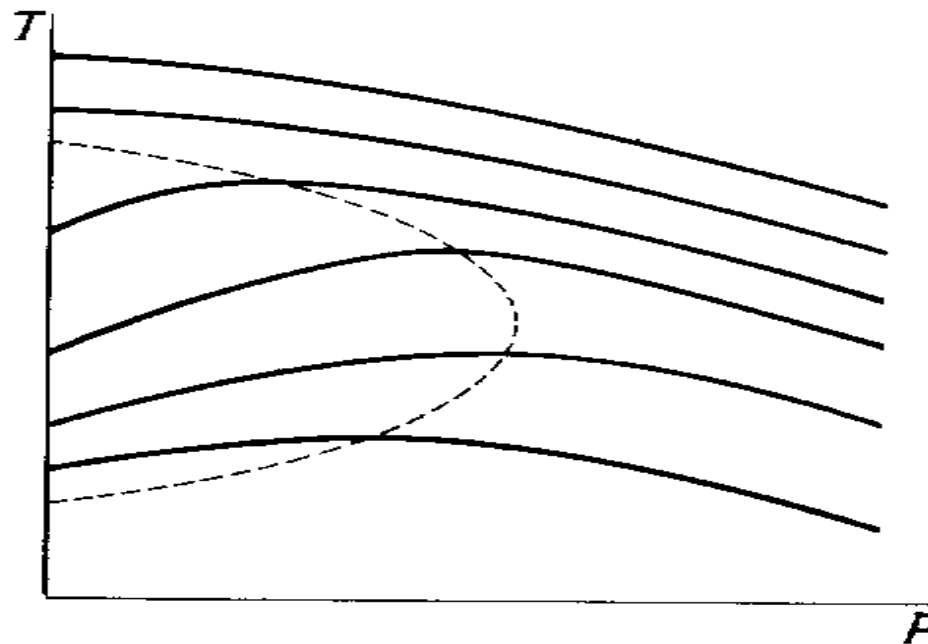
- πείραμα σταθερής ενθαλπίας



# ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ JOULE-THOMPSON(3)

## 2<sup>ο</sup> πείραμα Joule-Thompson (συνέχεια)

Ισοενθαλπικές καμπύλες πειράματος Joule- Thompson



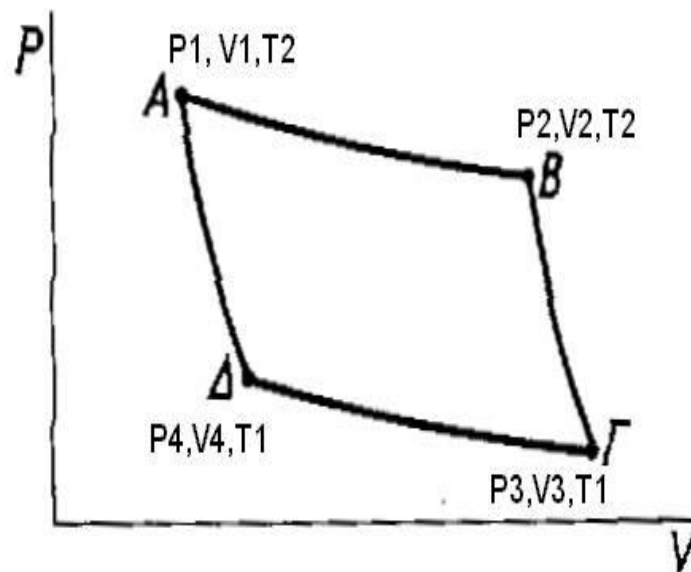
- τα αέρια (εκτός του υδρογόνου, του ηλίου και του νέου) κατά την εκτόνωση ψύχονται



# ΚΥΚΛΟΣ CARNOT

Κυκλική πορεία που αποτελείται από:

- ισόθερμη εκτόνωση ( $P_1, V_1, T_2$  σε  $P_2, V_2, T_2$ )  $Q_1$
- αδιαβατική εκτόνωση ( $P_2, V_2, T_2$  σε  $P_3, V_3, T_1$ )  $0$
- ισόθερμη συμπίεση ( $P_3, V_3, T_1$  σε  $P_4, V_4, T_1$ )  $-Q_2$
- αδιαβατική συμπίεση ( $P_4, V_4, T_1$  σε  $P_1, V_1, T_2$ )  $0$





# ΚΥΚΛΟΣ CARNOT - ΚΛΙΜΑΚΑ KELVIN

## ➤ ΚΥΚΛΟΣ Carnot

$$\eta = \frac{W_{\max}}{Q_1} = \frac{T_2 - T_1}{T_2} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$$

## ➤ ΚΛΙΜΑΚΑ KELVIN

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{Q_1}{Q_2}$$

- Ανεξάρτητη από τη φύση της θερμομετρούμενης ουσίας
- Ως μηδενική θερμοκρασία της κλίμακας ορίζεται η θερμοκρασία της ψυχρής δεξαμενής για την οποία  $\eta = 1$
- Ταυτίζεται με την κλίμακα ιδανικού αερίου, για την περιοχή θερμοκρασιών που το θερμόμετρο αερίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί



# ΕΝΤΡΟΠΙΑ

- Είναι μία καταστατική συνάρτηση. Για ισόθερμη και αντιστρεπτή διεργασία δίνεται από τον τύπο:

$$\Delta S = \frac{Q_{\text{αντ}}}{T} \quad \text{ή} \quad dS = \frac{Q_{\text{αντ}}}{T}$$

- Για αντιστρεπτή πορεία σε απομονωμένο σύστημα  $\Delta S=0$ .
- Για μη αντιστρεπτές πορείες το  $\Delta S>0$ . Οι αντιδράσεις αυτές είναι αυθόρμητες (=τείνουν στην ισορροπία)





# ΕΝΤΡΟΠΙΑ(2)

- Μέτρο της αταξίας ενός συστήματος
- Κατά Boltzmann η εντροπία δίνεται από τον τύπο:

$$S=k \ln P$$

Όπου : **P** η πιθανότητα να βρίσκεται το σύστημα σε  
          μια κατάσταση  
**k** σταθερά



# ΔΕΥΤΕΡΟΣ ΝΟΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

Απαντά στα παρακάτω ερωτήματα:

- Είναι όλες οι αντιδράσεις αυθόρμητες;
- Είναι όλη η ποσότητα της ενέργειας διαθέσιμη;



# ΔΕΥΤΕΡΟΣ ΝΟΜΟΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ(2)

➤ Ο 2<sup>ος</sup> ΝΟΜΟΣ ΕΧΕΙ ΠΟΛΛΕΣ ΕΚΦΡΑΣΕΙΣ:

□ **Αρχή Thompson:** Είναι αδύνατον σε μια κυκλική πορεία να ληφθεί θερμότητα από μια πηγή και να μετατραπεί σε έργο χωρίς ταυτόχρονα να μεταφερθεί τμήμα της θερμότητας που απορροφήθηκε από μια ψυχρή δεξαμενή.

□ **Αρχή Clausius:** Είναι αδύνατον σε μια κυκλική πορεία να μεταφερθεί θερμότητα από μια ψυχρή σε μια θερμή δεξαμενή χωρίς κατανάλωση έργου.

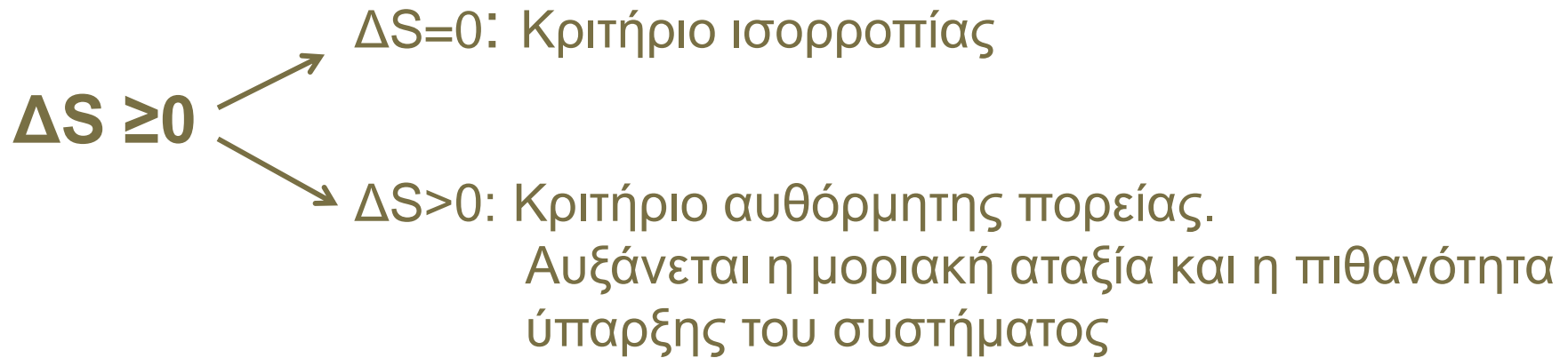


# ΔΕΥΤΕΡΟΣ ΝΟΜΟΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ (3)

- **Διατύπωση Kelvin – Plank:** Είναι αδύνατον να πάρουμε θερμότητα από μια θερμή δεξαμενή σε μια κυκλική πορεία και να παράγουμε έργο χωρίς να μεταφέρουμε ένα τμήμα της απορροφηθείσας θερμότητας στο περιβάλλον.
- **Διατύπωση Carnot:** Μόνο ένα τμήμα της θερμότητας που απορροφάται από τη μηχανή μπορεί εν τέλει να μετατραπεί σε μηχανικό έργο.
- **Άλλη διατύπωση:** Αυθόρμητη ροή θερμότητας γίνεται πάντοτε από ένα θερμό σε ένα ψυχρό σώμα και όχι το αντίστροφο



# ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΕΚΦΡΑΣΗ ΤΟΥ ΔΕΥΤΕΡΟΥ ΝΟΜΟΥ





# ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΕΚΦΡΑΣΗ ΤΟΥ ΔΕΥΤΕΡΟΥ ΝΟΜΟΥ(2)

## ➤ ΔS ΓΙΑ ΙΔΑΝΙΚΑ ΑΕΡΙΑ

□ (πίεση και θερμοκρασία)

$$\Delta S = nC_p \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) + nR \ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$$

□ (όγκος και θερμοκρασία)

$$\Delta S = nC_v \ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) + nR \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$



# ΤΡΙΤΟΣ ΝΟΜΟΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

- «Η εντροπία κάθε καθαρής ουσίας που βρίσκεται σε τέλεια κρυσταλλική κατάσταση τείνει για  $T \rightarrow 0$  σε μια σταθερή τιμή, η οποία μπορεί να ληφθεί ίση με το μηδέν».
- Χρήση για εύρεση «απόλυτων τιμών εντροπίας»
- Στατιστικές τιμές που είναι μέτρο της σχετικής αταξίας των στοιχειωδών σωματιδίων διαφόρων ουσιών



# ΕΠΙΛΥΣΗ ΑΠΟΡΙΩΝ ΚΑΙ ΑΣΚΗΣΕΩΝ





# ΛΕΞΕΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ

- δεύτερος Νόμος Θερμοδυναμικής
- τρίτος Νόμος Θερμοδυναμικής
- ενθαλπία
- εντροπία
- κύκλος Carnot



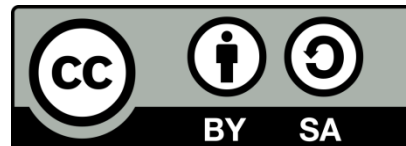
# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ❑ Γιαννακουδάκης, Δ.Α. & Γιαννακουδάκης, Π.Δ. (1996) Επίτομη Φυσικοχημεία, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- ❑ Κατσάνος, Ν.Α. (1999) Φυσικοχημεία: Βασική θεώρηση, Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα.
- ❑ Καραϊσκάκης, Γ. (1995) Φυσικοχημεία, Εκδόσεις Τραυλός-Κωσταράκη, Αθήνα.
- ❑ Atkins, P.W. (1986) Physical Chemistry, Oxford University Press.
- ❑ Zemansky, M.W. & Dittman, R.H. (1987) Heat and thermodynamics, McGraw-Hill International Editions.



# Άδειες Χρήσης

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





# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών**» 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.



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



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



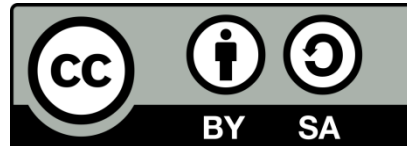
# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών 2014. Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου, Ευαγγελίου Βασιλική. «Φυσικοχημεία Τροφίμων Ι». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:  
<https://mediasrv.aua.gr/eclass/courses/OCDFSHN101/>



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, 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».



Η άδεια αυτή ανήκει στις άδειες που ακολουθούν τις προδιαγραφές του Ορισμού Ανοικτής Γνώσης [2], είναι ανοικτό πολιτιστικό έργο [3] και για το λόγο αυτό αποτελεί ανοικτό περιεχόμενο [4].

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

[2] <http://opendefinition.org/okd/ellinika/>

[3] <http://freedomdefined.org/Definition/EI>

[4] <http://opendefinition.org/buttons/>



# 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.