



# [119] Θερμοδυναμική Ι

## 1<sup>ο</sup> Θέμα

*καθηγητής Γ. Σκόδρας*

# Περιεχόμενο...

Σε ένα πείραμα απαιτείται τροφοδοσία ενός αντιδραστήρα με αμμωνία. Μια από τις προτεινόμενες λύσεις είναι η παροχή αμμωνίας από δοχεία που γεμίζονται από τις δεξαμενές του εργοστασίου. Ο όγκος των δοχείων είναι  $100 \text{ ft}^3$ . Ο πλήρης κύκλος εκκενώσεως και πληρώσεως των δοχείων είναι ως ακολούθως:

1. Αρχικά το δοχείο βρίσκεται σε αποθήκη A θερμοκρασίας  $T_A$  ( $^{\circ}\text{F}$ ), όπου παραμένει για πάρα πολύ χρόνο. Το ποσοστό της αμμωνίας στην αέρια φάση είναι  $Y$ .
2. Το δοχείο που θα χρησιμοποιηθεί μεταφέρεται από την αποθήκη A και συνδέεται αμέσως με τον αντιδραστήρα. Κατά την μεταφορά δεν γίνεται καμιά μεταφορά θερμότητας. Η αμμωνία εξέρχεται από την κορυφή του δοχείου και η ροή διακόπτεται όταν η πίεση στο δοχείο γίνει  $P_1$ , (psi-a). Λόγω της μικρής διάρκειας του πειράματος μπορεί να θεωρηθεί ότι γίνεται αδιάθερμα.
3. Το κενό δοχείο τοποθετείται σε αποθήκη B θερμοκρασίας  $T_B$  ( $^{\circ}\text{F}$ ), όπου παραμένει επί μακρό χρόνο
4. Το δοχείο που πρόκειται να γεμίσει μεταφέρεται από την αποθήκη B στον χώρο του συμπιεστή, χωρίς να μεσολαβεί σημαντική ροή θερμότητας. Η πλήρωση γίνεται με σύνδεση του δοχείου σε συμπιεστή αμμωνίας. Η αμμωνία εισρέει αδιάθερμα, με πίεση  $P_2$  (psi-a) και θερμοκρασία  $T_2$  ( $^{\circ}\text{F}$ ), μέχρις ότου η πίεση μέσα στο δοχείο να γίνει ίση προς  $P_2$  (psi-a). Ακολούθως, το δοχείο μεταφέρεται στην αποθήκη A και ο κύκλος επαναλαμβάνεται

Να βρεθεί το ποσοστό της αμμωνίας που παραμένει μέσα στο δοχείο μετά την Τρίτη εκκένωση.

$T_A = 110$	$P_1 = 125$	$P_2 = 240$
$Y = 0,96$	$T_B = 60$	$T_2 = 120$



# Παραδοχές...

- ❑ Σε όλες τις μεταβολές, τι ισχύει για το έργο ;
- ❑ Η αμμωνία εξέρχεται από την κορυφή του δοχείου, τι μπορεί να θεωρηθεί ότι ισχύει για την κατάσταση της ;
- ❑ Στο τέλος του 1<sup>ου</sup> κύκλου το μίγμα θα βρίσκεται σε  $P_2 = 240 \text{ psia}$ , τι μπορεί να θεωρηθεί ότι ισχύει για την κατάσταση της ;



# Περιεχόμενο...

- ❑ 1<sup>ο</sup> Θερμοδυναμικό αξίωμα
- ❑ Σύστημα: ανοιχτό ή κλειστό ;
- ❑ Μηχανικό έργο: παράγεται/καταναλώνεται ή όχι ;
- ❑ Θερμότητα: ανταλλάσσεται ή όχι ; Αν ναι, σε ποιες καταστάσεις ;
- ❑ Σχέση μάζας ειδικού όγκου ;
- ❑ Ορισμός εσωτερικής ενέργειας ;
- ❑ Σχέσεις για μίγματα δύο φάσεων ;



# ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ...

- Σε όλες τις μεταβολές, ισχύει το 1<sup>ο</sup> Θερμοδυναμικό Αξίωμα:

$$m_{2g} u_{2g} - m_{1g} u_{1g} = Q - W_s + \sum m_i h_i - \sum m_e h_e$$

- Όλες οι μεταβολές είναι αδιάθερμες, συνεπώς:  $Q = 0$
- Όλες οι μεταβολές δεν παράγεται έργο, συνεπώς:  $W_s = 0$
- Επομένως:  $m_{2g} u_{2g} - m_{1g} u_{1g} = -m_{i,e} h_{i,e}$

όπου:  $h_{i,e}$  είναι η ενθαλπία είτε των εισερχομένων  $h_i$  είτε η ενθαλπία των εξερχομένων συστατικών  $h_e$

όπου:  $m_{i,e} = m_{1g} - m_{2g}$  και  $m = \frac{V}{v_{spec}}$

- Για την εσωτερική ενέργεια ισχύει:  $h_g = u_g + p v_g \Rightarrow u_g = h_g - p v_g$
- Για τα μίγματα δύο φάσεων ισχύει:

$$u_g = u_f + Y u_{fg} \text{ or}$$

$$u_g = Y u_g - u_f (1 - Y)$$

$$v_g = v_f + Y v_{fg} \Rightarrow$$

$$v_g = Y v_g - v_f (1 - Y)$$



# Απαντήσεις σε ερωτήσεις...

- ❑ Εφόσον το μίγμα είναι κορεσμένο, και γνωρίζετε την θερμοκρασία, η πίεση είναι η πίεση κορεσμού (από τον πίνακα ιδιοτήτων)
- ❑ Δεν ενδιαφέρει ο αντιδραστήρας στον οποίο συνδέεται το δοχείο (όγκος ελέγχου το δοχείο)
- ❑ Η ποιότητα του διφασικού μίγματος ( $Y$ ) δεν προκύπτει ως μέσος όρος, αλλά από το ισοζύγιο ενέργειας
- ❑ Επειδή η αμμωνία εξέρχεται από την κορυφή του δοχείου στην αέρια φάση (και προς αποφυγή ολοκληρώσεων) μπορεί να ληφθεί (με αποδεκτό σφάλμα) ο μέσος όρος της ενθαλπίας της αρχικής και τελικής κατάστασης της αμμωνίας στην κατάσταση του ατμού
- ❑ “Αδιάθερμα” σημαίνει χωρίς ανταλλαγή θερμότητας
- ❑ Ξεκινώντας από το πρώτο στάδιο προχωρά η επίλυση ανά στάδιο, με στόχο να συμπληρωθεί ο πίνακας της επόμενης σελίδας



# Διαδοχικές καταστάσεις...

		Όνομασία	Συνθήκες		Μορφή
			T (°F)	P (psia)	
Κύκλος	A	Κατάσταση I	110	?	Κορεσμένο μίγμα ( $Y = 0.96$ )
		Κατάσταση II	?	125	?
		Κατάσταση III	60	?	?
		Κατάσταση IV	?	240	?
	B	Κατάσταση V	110	?	?
		Κατάσταση VI	?	125	?
		Κατάσταση VII	60	?	?
		Κατάσταση VIII	?	240	?
	Γ	Κατάσταση IX	110	?	?
		Κατάσταση X	?	125	?



# Θερμοδυναμική Ι

ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ!

