



Πανεπιστήμιο
Αιγαίου

Ανοικτά
Ακαδημαϊκά
Μαθήματα



ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

ΙΣΟΖΥΓΙΑ ΜΑΖΑΣ

Διδάσκων: Επίκουρος Καθηγητής Αθ. Στασινάκης



Άδειες Χρήσης

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. Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, διαγράμματα, κείμενα, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας 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 στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου**» 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.



ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Διεθνές σύστημα μονάδων (SI)

Μήκος \longrightarrow m

Πως θα εκφραστούν μήκη όπως:

- Πάχος ατμόσφαιρας
- Απόσταση Γης – Πλανητών
- Μεγέθη μικροοργανισμών
- Μήκη κύματος ακτινοβολιών

ΠΡΟΘΕΜΑΤΑ ΜΟΝΑΔΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Ποσότητα	Πρόθεμα	Σύμβολο
10^{-12}	pico	p
10^{-9}	nano	n
10^{-6}	micro	μ
10^{-3}	mili	m
10^3	Kilo	K
10^6	Mega	M
10^9	giga	G

ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Συγκεντρώσεις ουσιών στο νερό:

“μάζα ουσίας ανά μονάδα όγκου του διαλύματος”

1 mg/l

1 μ g/l

1 ng/l

1 ppm

1 ppb

1ppt

ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Σχέση mg/l με ppm = ?

1 mg/l \Rightarrow 10^{-3} g ουσίας σε 10^3 gr νερού \Rightarrow 1 ppm

1 μ g/l \Rightarrow 10^{-6} g ουσίας σε 10^3 gr νερού \Rightarrow 1 ppb

1 ng/l \Rightarrow 10^{-9} g ουσίας σε 10^3 gr νερού \Rightarrow 1 ppt

Σχέση ppm, ppb, ppt = ?

ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Συγκεντρώσεις ουσιών στο έδαφος ή άλλο ξηρό υλικό:
“μάζα ουσίας ανά μονάδα μάζας του ξηρού υλικού”

$1 \text{ mg/Kg} \Rightarrow 10^{-3} \text{ g ουσίας σε } 10^3 \text{ gr ξηρού υλικού} \Rightarrow 1 \text{ ppm}$

$1 \text{ } \mu\text{g/Kg} \Rightarrow 10^{-6} \text{ g ουσίας σε } 10^3 \text{ gr ξηρού υλικού} \Rightarrow 1 \text{ ppb}$

$1 \text{ ng/Kg} \Rightarrow 10^{-9} \text{ g ουσίας σε } 10^3 \text{ gr ξηρού υλικού} \Rightarrow 1 \text{ ppt}$

ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Συγκεντρώσεις ουσιών σε αέριο:

“μάζα ουσίας ανά μονάδα όγκου αέρα”

1 mg ουσίας / m³ αέρα

1 μg ουσίας / m³ αέρα

1 ng ουσίας / m³ αέρα

ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

$$\text{mg/m}^3 = \left(\frac{\text{ppm} \times MB}{22,414} \right) \times \left(\frac{273,15(K)}{T(K)} \right) \times \left(\frac{P(\text{atm})}{1(\text{atm})} \right)$$

P: ατμοσφαιρική πίεση (atm)

MB: μοριακό βάρος ουσίας

T: απόλυτη θερμοκρασία (K)

Παράδειγμα

ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Παράμετρος	Μονάδες	Συντελεστής Μετατροπής	Μονάδες
Μήκος	m	3,2808	ft
Μάζα	Kg	2,2046	lb
Θερμοκρασία	⁰ C	1,8(⁰ C)+32	⁰ F
Θερμοκρασία	⁰ C	⁰ C + 273,15	⁰ K
Εμβαδόν	m ²	10,7639	ft ²
Όγκος	m ³	35,3147	ft ³
Όγκος	l	0,2667	gal
Ενέργεια	KJ	0,9478	Btu
Ισχύς	W	3,4121	Btu/ώρα
Ισχύς	W	1	J/s
Ταχύτητα	m/s	2,2369	mi/ώρα
Παροχή	m ³ /s	35,3147	ft ³ /s
Πυκνότητα	Kg/m ³	0,06243	lb/ft ³



ΙΣΟΖΥΓΙΑ ΜΑΖΑΣ



Πως ένας ρύπος διαχέεται στο περιβάλλον

ΙΣΟΖΥΓΙΑ ΜΑΖΑΣ

Αρχή Διατήρησης Μάζας:

“Η ύλη ούτε δημιουργείται ούτε καταστρέφεται”

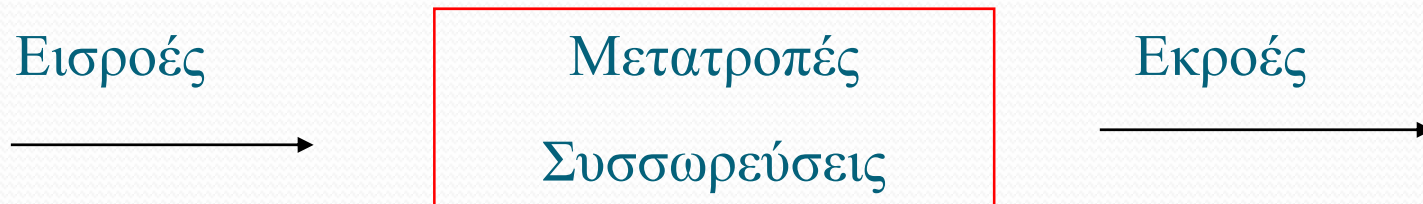
Α Βήμα: Καθορισμός Χωροχρόνου

Όρια συστήματος και χρονικό διάστημα που αναφερόμαστε
(λίμνη, $t = 24:00$)

Β Βήμα: Καθορισμός Χημικού Είδους – Ουσίας

(χρώμιο, νερό)

ΙΣΟΖΥΓΙΑ ΜΑΖΑΣ



$$\text{Εισροές} = \text{Εκροές} + \text{Συσσωρεύσεις} + \text{Μετατροπές}$$

- Εκροές : μέρος ουσίας που απομακρύνεται αμετάβλητο
- Συσσωρεύσεις: μέρος ουσίας που συσσωρεύεται (π.χ. σε λίμνη μέρος του εισερχόμενου φωσφόρου κατακρημνίζεται)
- Μετατροπές: μέρος της ουσίας μετατρέπεται σε μία άλλη ($\text{CO} \longrightarrow \text{CO}_2$)

Ισοζύγια Μάζας σε Σταθερά Συστήματα με Μη-Μετατρέψιμα Χημικά Είδη

Αν σε ένα σύστημα:

- Επικρατούν σταθερές συνθήκες (συσσώρευση μηδενική)
- Μη μετατρέψιμα χημικά είδη (μετατροπή μηδενική)

Τότε: $\text{Εισροές} = \text{Εκροές}$

Παραδείγματα 1.1, 1.2

Ισοζύγια Μάζας σε Σταθερά Συστήματα με Μετατρέσιμα Χημικά Είδη

Αν σε ένα σύστημα:

- Επικρατούν σταθερές συνθήκες (συσσώρευση μηδενική)
- Μετατρέσιμα χημικά είδη (οι ρύποι συμμετέχουν σε χημικές, βιολογικές, πυρηνικές αντιδράσεις)

Τότε: $\text{Εισροές} = \text{Εκροές} + \text{Μετατροπές}$

Ισοζύγια Μάζας σε Σταθερά Συστήματα με Μετατρέψιμα Χημικά Είδη

Η μετατροπή ενός χημικού είδους ακολουθεί κινητική Ά τάξης

$$\frac{dC}{dt} = \pm KC \Rightarrow \int \frac{dC}{C} = \int (\pm K) dt \Rightarrow$$

$$\ln C - \ln C_0 = \pm Kt \Rightarrow \ln \left(\frac{C}{C_0} \right) = \pm Kt \Rightarrow$$

$$C = C_0 e^{\pm Kt}$$

Όπου:

K: η σταθερά της αντίδρασης (t^{-1})

C: η συγκέντρωση της ουσίας τη χρονική στιγμή t (mg/l)

C_0 : η αρχική συγκέντρωση της ουσίας (mg/l)

Ισοζύγια Μάζας σε Σταθερά Συστήματα με Μετατρέψιμα Χημικά Είδη

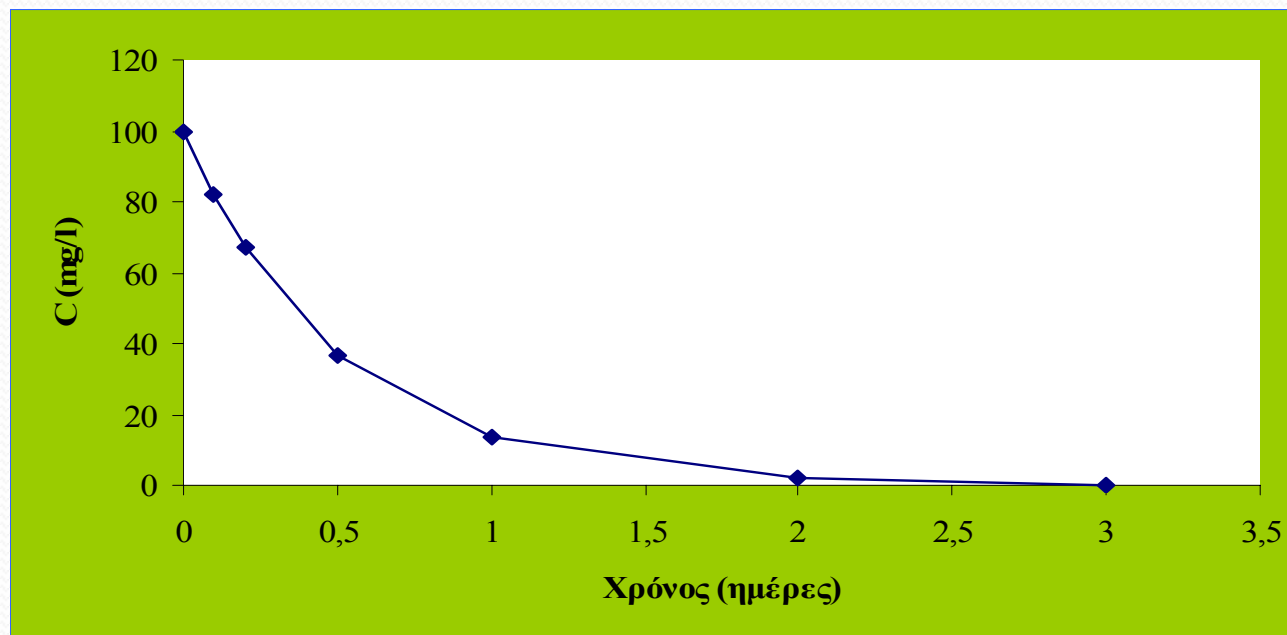
Παράδειγμα

C_0 : 100 mg/l

$K = 2 \text{ d}^{-1}$

$C_t = ?$ για $t = 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5$ days

$$C = C_0 e^{-Kt}$$



Ισοζύγια Μάζας σε Σταθερά Συστήματα με Μετατρέψιμα Χημικά Είδη

Η ταχύτητα μεταβολής μίας ουσίας που κατανέμεται ομοιόμορφα σε όγκο V (συνθήκες πλήρους μίξης) δίνεται από την εξίσωση:

$$\frac{d(CV)}{dt} = V \times \frac{dC}{dt}$$

Εφόσον ισχύει:

$$\frac{dC}{dt} = \pm KC$$

Τότε:

$$\text{Εισροές} = \text{Εκροές} + \text{Μετατροπές}$$

$$\text{Εισροές} = \text{Εκροές} \pm KCV$$

Παραδείγματα 1.3, 1.4

Ισοζύγια Μάζας σε Συστήματα που βρίσκονται σε μη Σταθερή Κατάσταση

Εισροές = Εκροές + Συσσωρεύσεις + Μετατροπές



$$(Q \times C_{in}) = (Q \times C) + \left(V \times \frac{dC}{dt} \right) + (K \times C \times V)$$

Ισοζύγια Μάζας σε Συστήματα που βρίσκονται σε μη Σταθερή Κατάσταση

$$(Q \times C_{in}) = (Q \times C) + \left(V \times \frac{dC}{dt} \right) + (K \times C \times V)$$

Q: παροχή (l/ώρα)

C_{in} : συγκέντρωση ρύπου στο εισερχόμενο ρεύμα αποβλήτων (mg/l)

C: συγκέντρωση ρύπου στον αντιδραστήρα/εξερχόμενο ρεύμα αποβλήτων

V: όγκος αντιδραστήρα (l)

K: σταθερά αντίδρασης (ώρα⁻¹)

Ισοζύγια Μάζας σε Συστήματα που βρίσκονται σε μη Σταθερή Κατάσταση

$$(Q \times C_{in}) = (Q \times C) + \left(V \times \frac{dC}{dt} \right) + (K \times C \times V) \quad \Rightarrow$$

$$V \times \frac{dC}{dt} = (Q \times C_{in}) - (Q \times C) - (K \times C \times V)$$

Σε σταθερές συνθήκες ($t \rightarrow \infty$), ισχύει ότι $dC/dt = 0$ και $C = C_{\infty}$ άρα

$$C_{\infty} = \frac{(Q \times C_{in})}{(Q + KV)}$$

Ισοζύγια Μάζας σε Συστήματα που βρίσκονται σε μη Σταθερή Κατάσταση

Πριν την επίτευξη σταθερών συνθηκών (t), προκύπτει:

$$C_t = C_\infty + (C_0 - C_\infty)e^{-(K+Q/V)t}$$

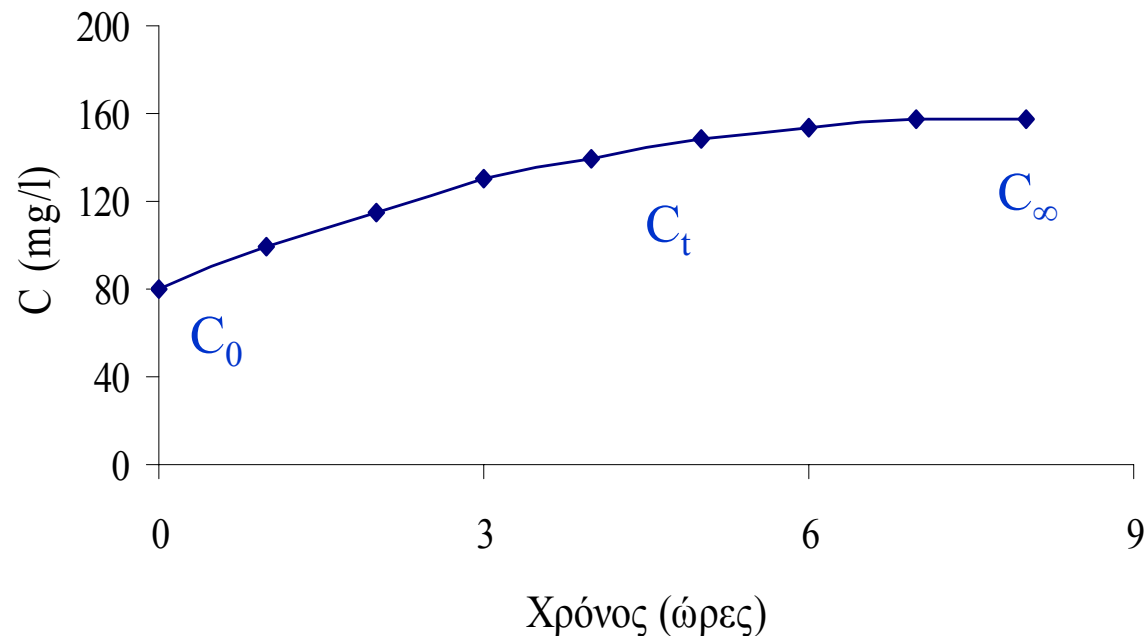
C_0 = συγκέντρωση στον αντιδραστήρα, $t=0$

C_t = συγκέντρωση στον αντιδραστήρα, t

Αν $t = 0$ τότε $C_t = C_0$

Αν $t = \infty$ τότε $C_t = C_\infty$

Ισοζύγια Μάζας σε Συστήματα που βρίσκονται σε μη Σταθερή Κατάσταση



Παραδείγματα 1.5, 1.6