

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΛΕΞΗΣ

- Ισοζύγια Μάζας
- Παραδείγματα

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 µg/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

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

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	$^{\circ}\text{C}$	$1,8(^{\circ}\text{C})+32$	$^{\circ}\text{F}$
Θερμοκρασία	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C} + 273,15$	$^{\circ}\text{K}$
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”

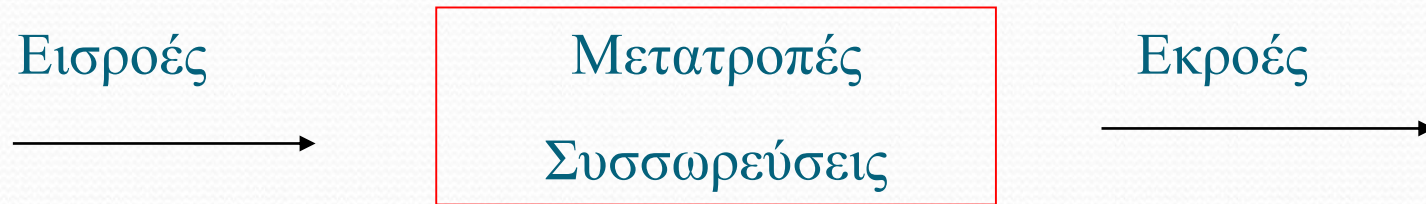
Α Βήμα: Καθορισμός Χωροχρόνου

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 Μετατρέψιμα Χημικά Είδη

Αν σε ένα σύστημα:

- Επικρατούν σταθερές συνθήκες (συσσώρευση μηδενική)
- Μετατρέψιμα 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 Α 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)

C₀: η αρχική συγκέντρωση της ουσίας (mg/l)

Ισοζύγια Μάζας σε Σταθερά Συστήματα με Μετατρέψιμα Χημικά Είδη

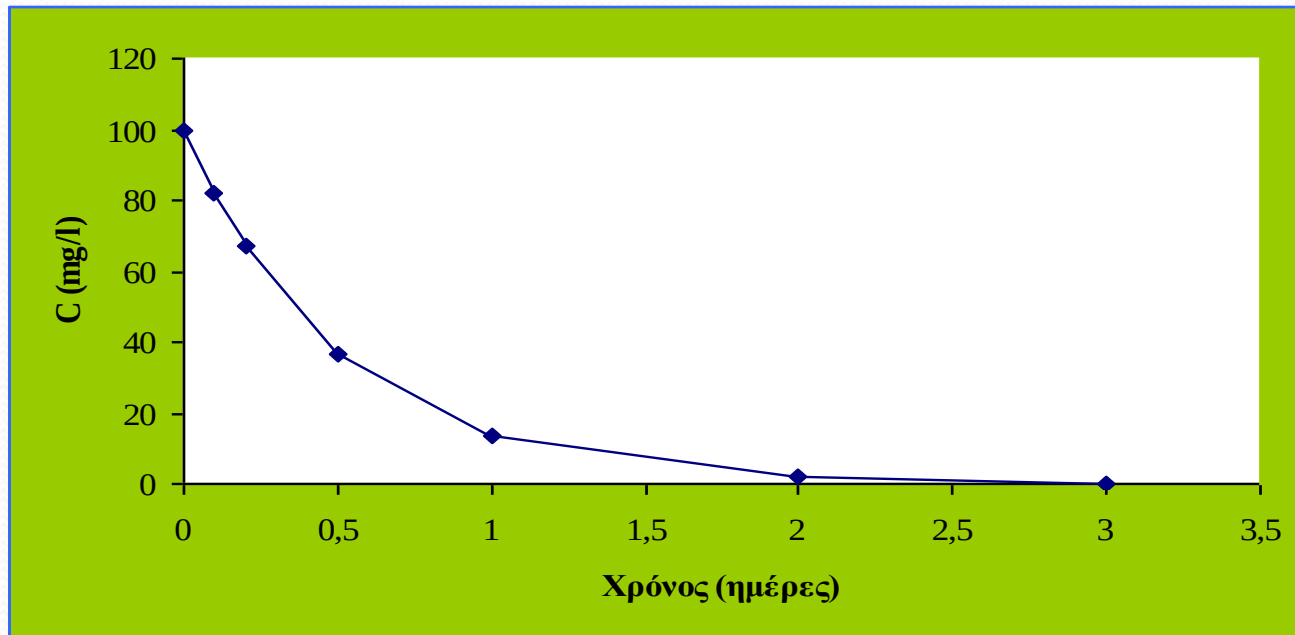
Παράδειγμα

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:

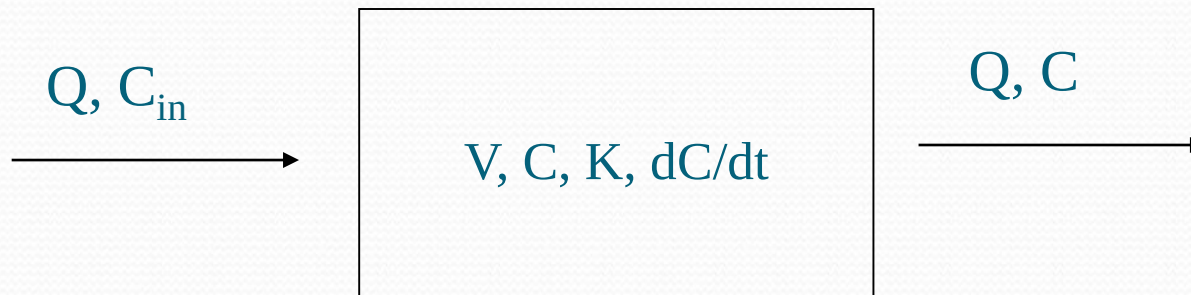
$$\text{Εισροές} = \text{Εκροές} + \text{Μετατροπές}$$

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

Παραδείγματα 1.3, 1.4

Ισοζύγια Μάζας σε Συστήματα που βρίσκονται σε μη Σταθερή Κατάσταση

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



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

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:

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

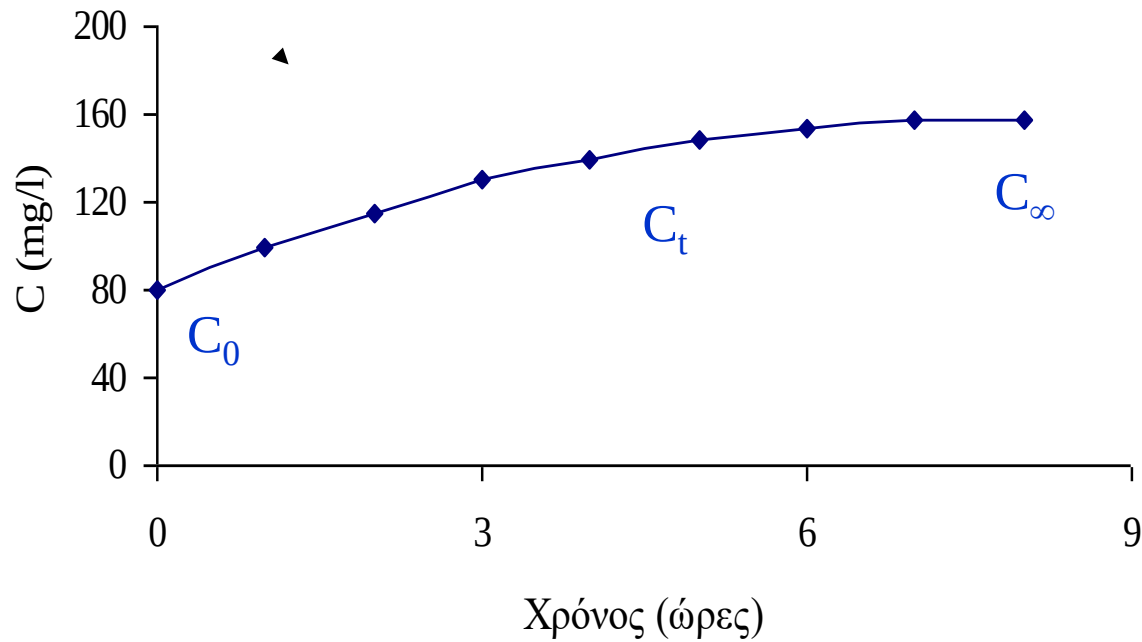
C_0 = συγκέντρωση στον αντιδραστήρα, $t=0$

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

Ισοζύγια Μάζας $\xrightarrow{\text{Αρχή διατήρησης μάζας}}$ **Ροές υλικών σε ένα σύστημα**

Ισοζύγια Ενέργειας $\xrightarrow{\text{Νόμοι θερμοδυναμικής}}$ **Ροές ενέργειας σε ένα σύστημα**

Ενέργεια = ικανότητα πραγματοποίησης έργου

[Joule (J), British thermal unit (Btu), Kcal]

1KJ = 0,9478 Btu (πίνακας 2.1 σελ 7)

Ισχύς = ρυθμός πραγματοποίησης έργου —————> ενέργεια/χρόνο

[J/sec, Btu/h, Watt (W)]

1 J/sec = 1 W = 3,412 Btu/h (πίνακας 2.1 σελ 7)

Ισοζύγια Ενέργειας

Α Θερμοδυναμικός Νόμος

“Η ενέργεια ούτε δημιουργείται ούτε καταστρέφεται, αλλά αλλάζει μορφή”

Παράδειγμα Ατμοηλεκτρικού Σταθμού

$E_{\text{χημική}} \text{ (καύσιμο)} \longrightarrow E_{\text{θερμική}} \longrightarrow E_{\text{ηλεκτρική}}$

Παράδειγμα Υδροηλεκτρικού Σταθμού

$E_{\text{δυναμική}} \text{ (νερού)} \longrightarrow E_{\text{μηχανική}} \longrightarrow E_{\text{ηλεκτρική}}$

Ορισμός Συστήματος (μηχανή, εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας, Γη...)

Ισοζύγια Ενέργειας

Α Θερμοδυναμικός Νόμος

“Η ενέργεια ούτε δημιουργείται ούτε καταστρέφεται, αλλά αλλάζει μορφή”

Ορισμός Συστήματος (μηχανή, εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας, Γη...)

Για κάθε σύστημα ισχύει:

$$\text{Εισρέουσα } E = \text{Εκρέουσα } E + \text{Μεταβολή } E_{\text{εσωτ}}$$

Όπου $E_{\text{εσωτ}}$: αποθηκευμένη ενέργεια στο σύστημα (άθροισμα ενεργειών μορίων)

Ισοζύγια Ενέργειας Α Θερμοδυναμικός Νόμος

Προσθήκη Ενέργειας => Αύξηση θ συστήματος

Ειδική θερμότητα, c : ποσό ενέργειας που προκαλεί αύξηση της θ μίας μονάδας μάζας ενός υλικού κατά 1°C ($\text{Kcal/Kg }^\circ\text{C}$)

1 Btu = ενέργεια που απαιτείται για αύξηση της θ 1 lb νερού κατά 1°F

1 Kcal = ενέργεια που απαιτείται για αύξηση της θ 1 Kg νερού κατά 1°C

$$1 \text{ Kcal/Kg }^\circ\text{C} = 1 \text{ Btu/lb }^\circ\text{F} = 4,184 \text{ KJ/Kg }^\circ\text{C}$$

Ισοζύγια Ενέργειας Α Θερμοδυναμικός Νόμος

Ειδική θερμότητα, c (KJ/Kg $^{\circ}\text{C}$)

Νερό	4,18
Χαλκός	0,39
Έδαφος	0,84
Πάγος	2,1
Ατμός (100 $^{\circ}\text{C}$)	2,0

Ρόλος ωκεανών στις παρατηρούμενες μικρές αλλαγές θερμοκρασίας παράκτιων περιοχών

Ισοζύγια Ενέργειας Α Θερμοδυναμικός Νόμος

Στα περιβαλλοντικά συστήματα ισχύει:

$$\Delta E_{\text{εσωτ.}} = m c \Delta T$$

$\Delta E_{\text{εσωτ.}}$: μεταβολή $E_{\text{εσωτ}}$

m : μάζα (Kg)

c : ειδική θερμότητα (Kcal/Kg $^{\circ}\text{C}$)

ΔT : μεταβολή θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$)

Ισοζύγια Ενέργειας Α Θερμοδυναμικός Νόμος

Ισχύει:

$$\text{Εισερχόμενη } E = \text{Εξερχόμενη } E + (m \cdot c \cdot \Delta T)$$

Παράδειγμα 1.7

Ισοζύγια Ενέργειας Α Θερμοδυναμικός Νόμος

Ισχύει:

$$\text{Εισερχόμενη } E = \text{Εξερχόμενη } E + (m \cdot c \cdot \Delta T)$$

- Η c παραμένει σταθερή για το δεδομένο θερμοκρασιακό εύρος (μικρή απόκλιση για διαφορετικές θ)
- Δεν έχουμε μεταβολή φάσης υλικού

Ισοζύγια Ενέργειας Α Θερμοδυναμικός Νόμος

Όταν ένα υλικό αλλάζει φάση:

Απορροφάται ή Απελευθερώνεται Ενέργεια χωρίς μεταβολή της θ

Λανθάνουσα Θερμότητα Τήξης:

ενέργεια για αλλαγή φάσης 1 μονάδας μάζας υλικού από τη στερεή στην υγρή φάση ($P_{\text{σταθ}}$)

Λανθάνουσα Θερμότητα Εξάτμισης:

ενέργεια για αλλαγή φάσης 1 μονάδας μάζας υλικού από την υγρή στην αέρια φάση ($P_{\text{σταθ}}$)

Ισοζύγια Ενέργειας

Α Θερμοδυναμικός Νόμος

Ιδιότητες Νερού	Μονάδες SI	Μονάδες USCS
Ειδική Θερμότητα (15 °C)	4,184 KJ/Kg °C	1,0 Btu/lb °F
Ειδική Θερμότητα (< 0 °C)	2,1 KJ/Kg °C	
Ειδική Θερμότητα (> 100 °C)	2,0 KJ/Kg °C	
Λανθάνουσα Θερμότητα Εξάτμισης	2257 KJ/Kg	972 Btu/lb
Λανθάνουσα Θερμότητα Τήξης	333 KJ/Kg	144 Btu/lb
Πυκνότητα (4 °C)	1000 Kg/m ³	62,4 lb/ft ³

Ισοζύγια Ενέργειας Α Θερμοδυναμικός Νόμος

Ενέργεια που απελευθερώνεται ή απορροφάται κατά τη μεταβολή φάσης:

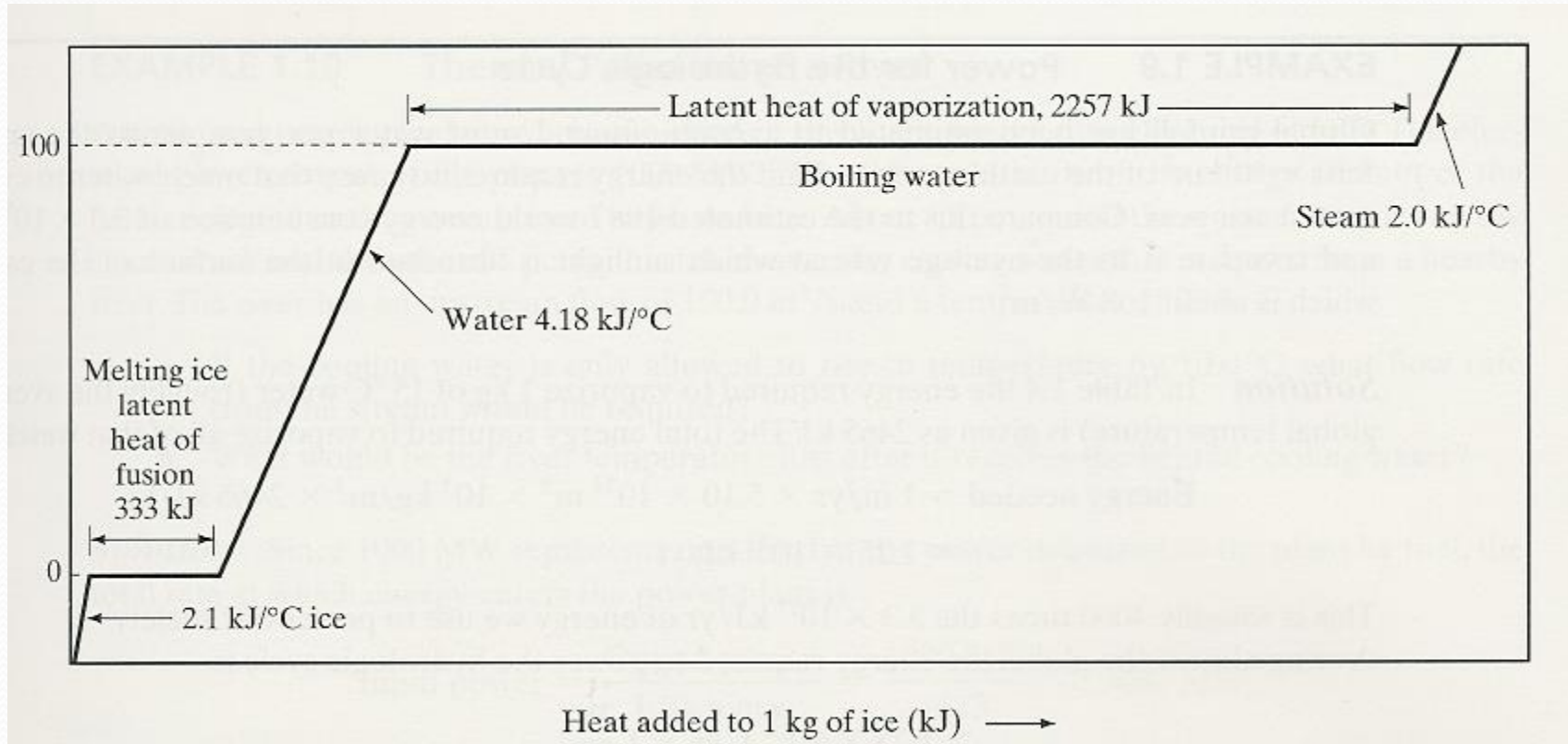
$$E = m L$$

m: μάζα υλικού

L: λανθάνουσα θερμότητα τήξης ή εξάτμισης

Ισοζύγια Ενέργειας

Α Θερμοδυναμικός Νόμος



Μετατροπή πάγου σε ατμό

Πως επηρεάζει τη θ ο σχηματισμός χιονιού ή βροχής;

Παράδειγμα 1.8

Ισοζύγια Ενέργειας Α Θερμοδυναμικός Νόμος

Σε περιπτώσεις ανοικτών συστημάτων (ροή μάζα και ενέργειας):

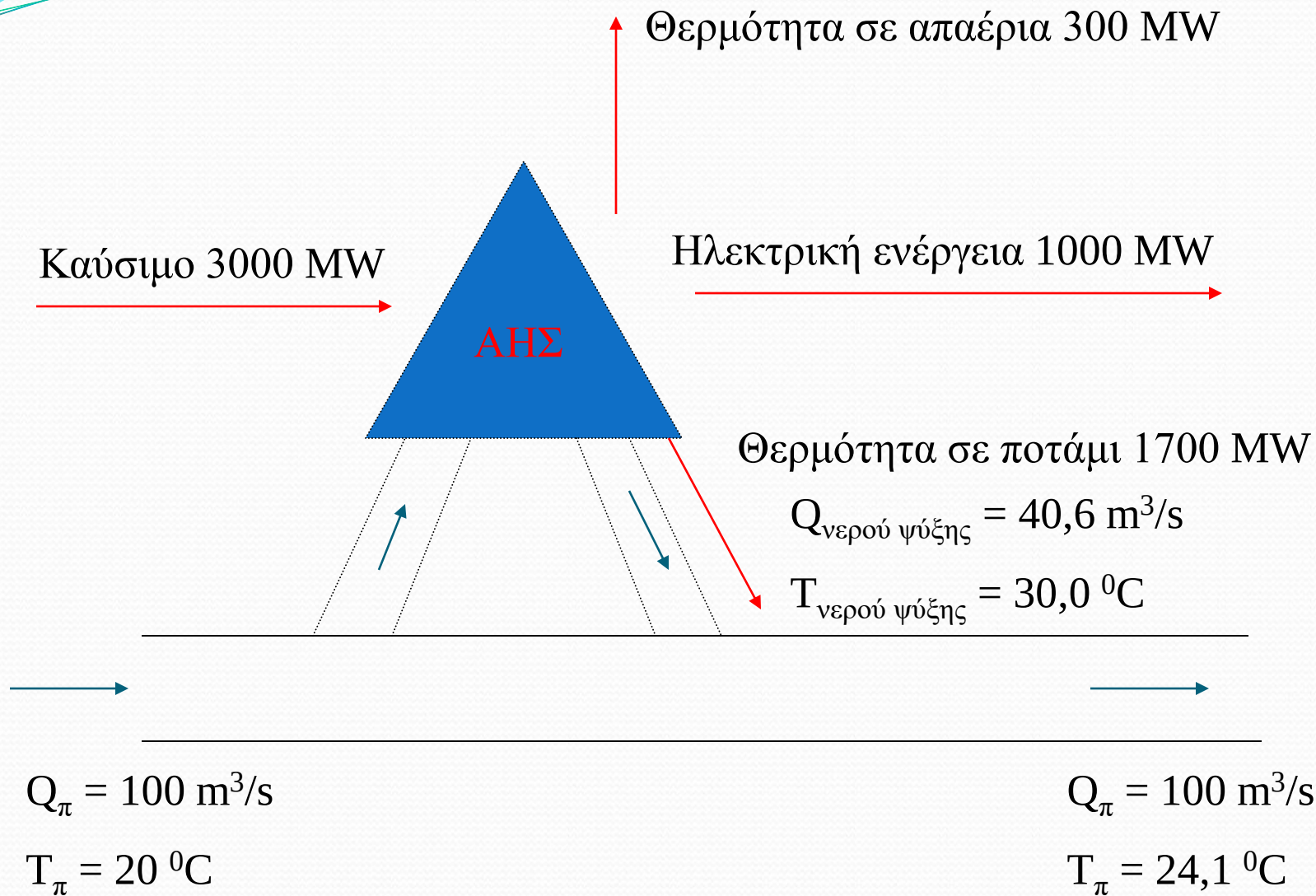
$$\text{Ρυθμός μεταφοράς ενέργειας} = \Delta E_{\text{εσωτ}} = m^0 c \Delta T$$

m^0 : ρυθμός μεταφοράς μάζας στο σύστημα ($\text{m}^3/\text{s} \times \text{Kg}/\text{m}^3$)

ΔT : αλλαγή θερμοκρασίας ρευστού που είναι φορέας της θερμοκρασίας

$\Delta^0 E_{\text{εσωτ}}$: ρυθμός μεταφοράς ενέργειας (J/s ή W)

Παράδειγμα 1.9

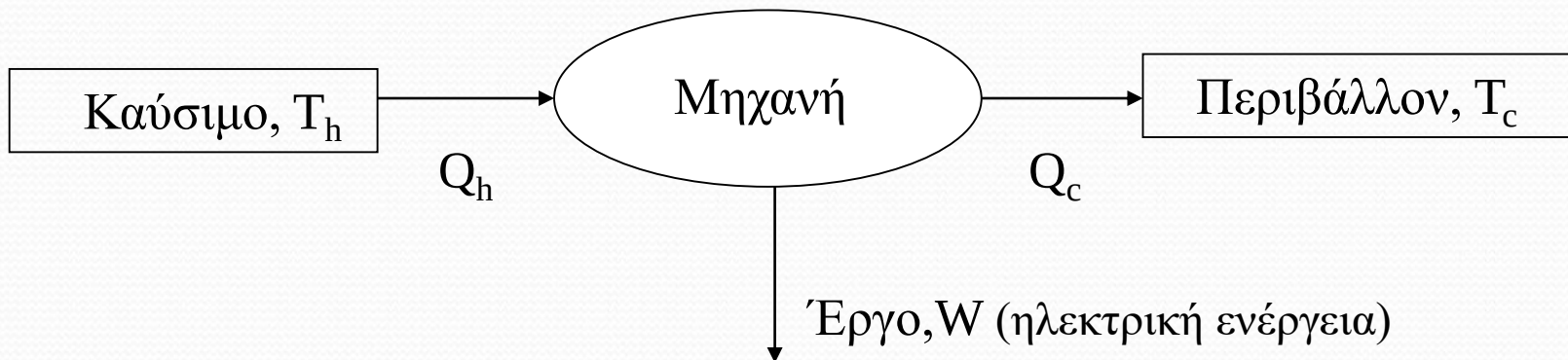


Ισοζύγια Ενέργειας

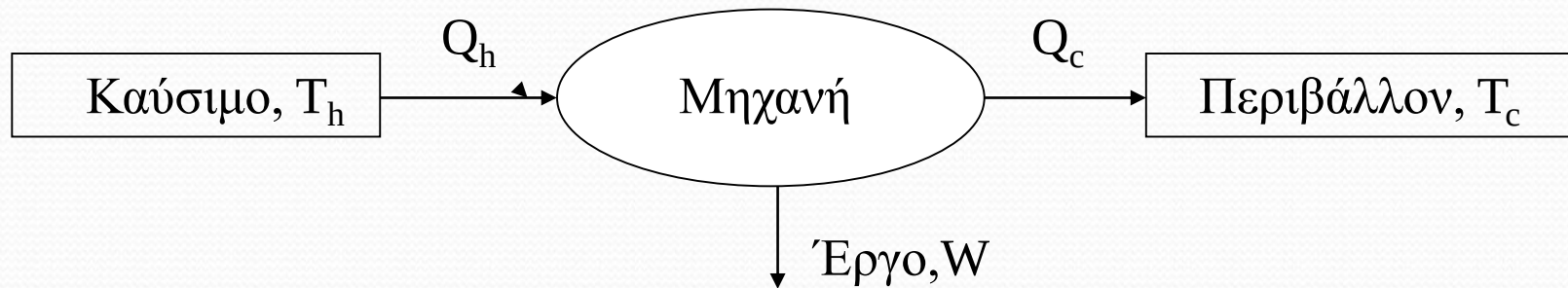
Β' Θερμοδυναμικός Νόμος

Β' Θερμοδυναμικός Νόμος

“Καμία μετατροπή ενέργειας δεν είναι απόλυτα αποδοτική, αλλά πάντα υπάρχουν απώλειες ενέργειας ”



Ισοζύγια Ενέργειας Β' Θερμοδυναμικός Νόμος



Απόδοση Μηχανής

$$n = \frac{W}{Q_h} = \frac{(Q_h - Q_c)}{Q_h} = 1 - \frac{Q_c}{Q_h}$$

Μηχανή Carnot

$$n_{\max} = 1 - \frac{T_c(K)}{T_h(K)}$$

Ισοζύγια Ενέργειας

Β' Θερμοδυναμικός Νόμος

Θερμοηλεκτρικός
σταθμός

$$n_{\max} = 1 - \frac{T_c}{T_h} = 1 - \frac{(20 + 273)}{(600 + 273)} = 0,66 \longrightarrow n = 0,33$$

Χρήση νερού
ωκεανών για
παραγωγή
ρεύματος

$$n_{\max} = 1 - \frac{T_c}{T_h} = 1 - \frac{(5 + 273)}{(30 + 273)} = 0,08 \longrightarrow n = 0,03$$

Παράδειγμα 1.10

Μεταφορά Θερμότητας

- Μέσω επαφής (στερεά σώματα)
- Καλοί αγωγοί θερμότητας, (μέταλλα)
- Κακοί αγωγοί θερμότητας ή μονωτές (μαλλί, ξύλο, πάγος) => δεν επιτρέπουν απώλεια θερμότητας
- Διαμέσου του υγρού ή αέριου μέσου που παρεμβάλλεται μεταξύ των δύο αντικειμένων
- Μέσω ακτινοβολίας (ηλεκτρομαγνητικά κύματα)

Μεταφορά Θερμότητας

$$q = \frac{A(T_i - T_o)}{R}$$

q = ρυθμός μεταφοράς θερμότητας (W ή Btu/ώρα)

A = επιφάνεια μεταφοράς (m^2)

T_i = θερμοκρασία στη μία πλευρά της επιφάνειας ($^{\circ}C$)

T_o = θερμοκρασία στην άλλη πλευρά της επιφάνειας ($^{\circ}C$)

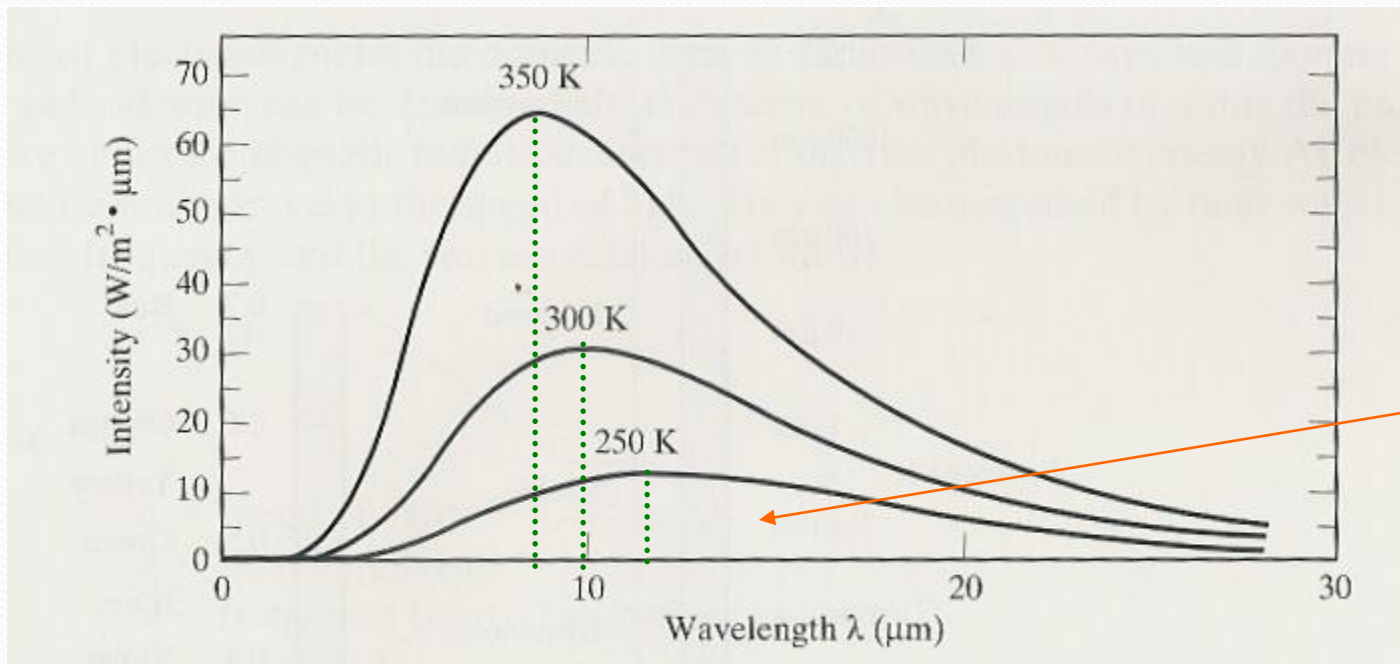
R = ολική θερμική αντίσταση ($m^2 \text{ }^{\circ}C/W$)

Παράδειγμα 1.11

Μεταφορά Θερμότητας Μέσω Ακτινοβολίας

- Κάθε σώμα εκπέμπει θερμική ακτινοβολία – Σύγκριση με μέλαν σώμα
- Μέλαν σώμα: τέλειος πομπός και δέκτης ενέργειας
- Ικανότητα εκπομπής, ε : ακτινοβολία που εκπέμπει ένα αντικείμενο / ακτινοβολία που εκπέμπει ένα μέλαν σώμα ίδιας θ
 - $\varepsilon = 0,9$ (έρημος)
 - $\varepsilon = 0,95$ (νερό)
 - $\varepsilon = 0,96$ (ανθρώπινο σώμα)

Μεταφορά Θερμότητας Μέσω Ακτινοβολίας



Συνολική
ενέργεια που
εκπέμπεται

- Αντικείμενα με υψηλότερη θερμοκρασία εκπέμπουν περισσότερη ενέργεια
- Η μέγιστη ενέργεια εκπέμπεται σε χαμηλότερα μήκη κύματος

Μεταφορά Θερμότητας Μέσω Ακτινοβολίας

$$E = \sigma A T^4$$

E = συνολικός ρυθμός εκπομπής μέλαν σώματος (W)

σ = σταθερά Stefan-Boltzmann = $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$

T = απόλυτη θερμοκρασία αντικειμένου (K)

A = επιφάνεια αντικειμένου (m^2)

Μεταφορά Θερμότητας Μέσω Ακτινοβολίας

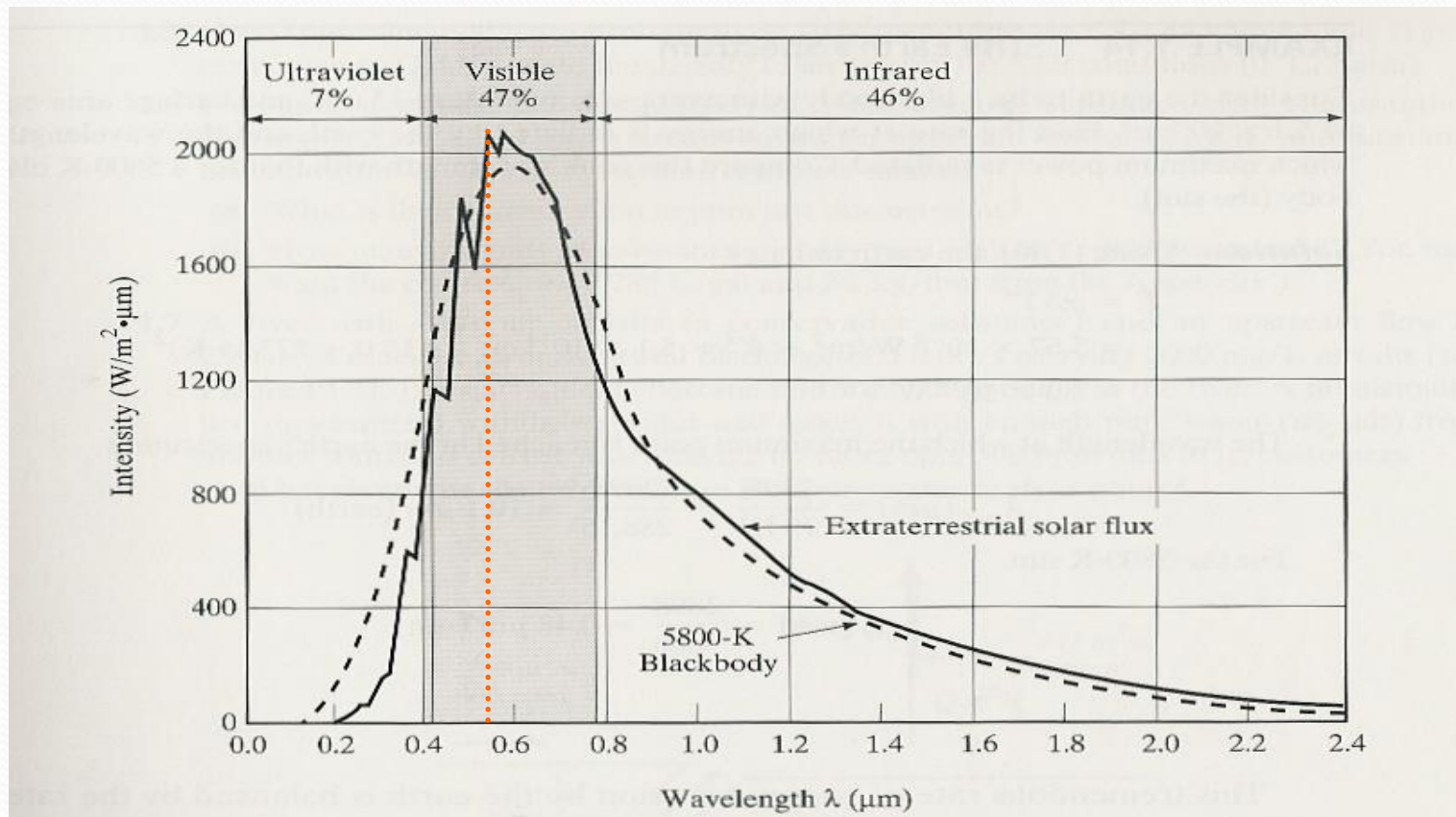
$$\lambda_{\max} = \frac{2898}{T}$$

$\lambda_{\max}$ = Μήκος κύματος που παρατηρείται η μέγιστη εκπομπή ακτινοβολίας

T = απόλυτη θερμοκρασία αντικειμένου (K)

Παράδειγμα 1.12

Μεταφορά Θερμότητας Μέσω Ακτινοβολίας



Ηλιακή Ακτινοβολία (συνεχής γραμμή)

Ακτινοβολία Μέλαν Σώματος με $T = 5800 \text{ } ^\circ\text{K}$ (διακεκομμένη γραμμή)