



Πανεπιστήμιο
Αιγαίου

Ανοικτά
Ακαδημαϊκά
Μαθήματα



ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

ΙΣΟΖΥΓΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

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.



ΙΣΟΖΥΓΙΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Ενέργεια = ικανότητα πραγματοποίησης έργου

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

1KJ = 0,9478 Btu (πίνακας 2.1 σελ 7)

Ισχύς = ρυθμός πραγματοποίησης έργου \longrightarrow **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

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

Παράδειγμα Υδροηλεκτρικού Σταθμού

$E_{\text{δυναμική}}$ (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 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\text{Kcal/Kg }^{\circ}\text{C}$)

1 Btu = ενέργεια που απαιτείται για αύξηση της θ 1 lb νερού κατά $1\text{ }^{\circ}\text{F}$

1 Kcal = ενέργεια που απαιτείται για αύξηση της θ 1 Kg νερού κατά $1\text{ }^{\circ}\text{C}$

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

Ισοζύγια Ενέργειας Α Θερμοδυναμικός Νόμος

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

Νερό 4,18

Χαλκός 0,39

Έδαφος 0,84

Πάγος 2,1

Ατμός (100 $^{\circ}$ 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 $^{\circ}$ C)

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

Ισοζύγια Ενέργειας Ή Θερμοδυναμικός Νόμος

Ισχύει:

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

Παράδειγμα 1.7

Ισοζύγια Ενέργειας Ά Θερμοδυναμικός Νόμος

Ισχύει:

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

- 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 Ά Θερμοδυναμικός Νόμος

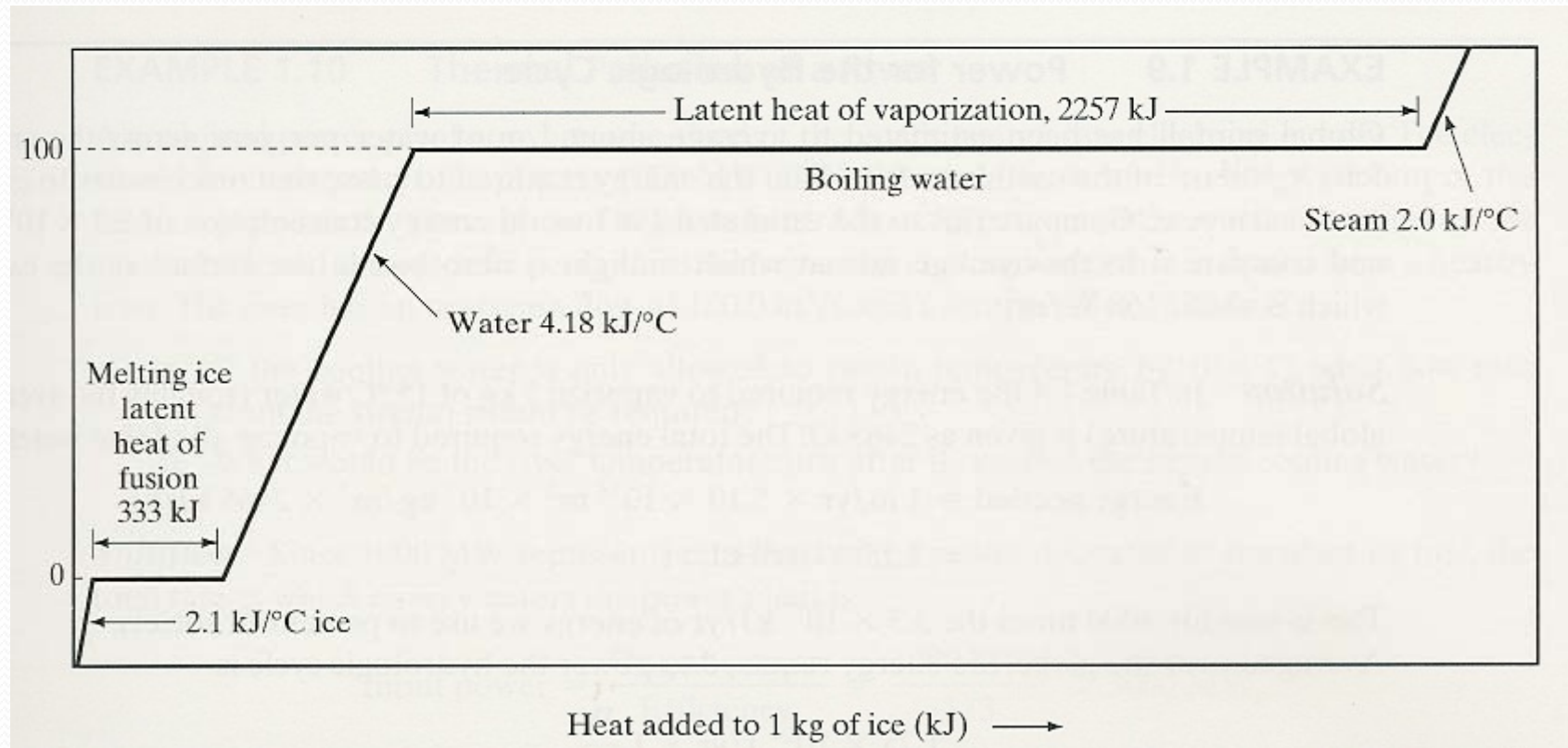
Ενέργεια που απελευθερώνεται ή απορροφάται κατά τη μεταβολή φάσης:

$$E = m L$$

m: μάζα υλικού

L: λανθάνουσα θερμότητα τήξης ή εξάτμισης

Ισοζύγια Ενέργειας Α Θερμοδυναμικός Νόμος



Μετατροπή πάγου σε ατμό

Παράδειγμα 1.8

Πως επηρεάζει τη θ ο σχηματισμός χιονιού ή βροχής;

Ισοζύγια Ενέργειας Ά Θερμοδυναμικός Νόμος

Σε περιπτώσεις ανοικτών συστημάτων (ροή μάζα και ενέργειας):

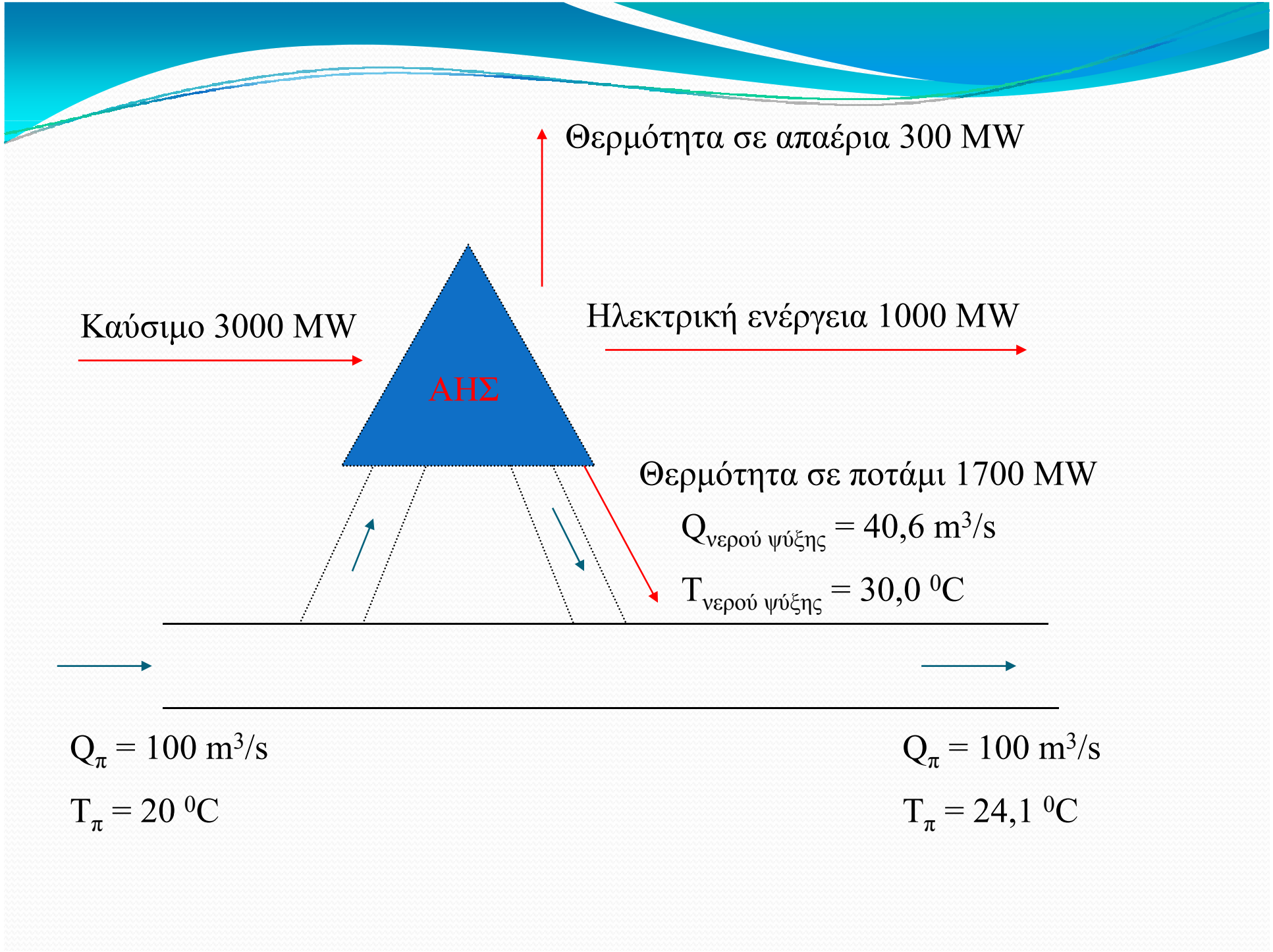
$$\text{Ρυθμός μεταφοράς ενέργειας} = \Delta E_{\varepsilon\sigma\omega\tau} = m^0 c \Delta T$$

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

$\Delta^0 E_{\varepsilon\sigma\omega\tau}$: ρυθμός μεταφοράς ενέργειας (J/s ή W)

Παράδειγμα 1.9



Θερμότητα σε απαέρια 300 MW

Καύσιμο 3000 MW

Ηλεκτρική ενέργεια 1000 MW

ΑΗΣ

Θερμότητα σε ποτάμι 1700 MW

$$Q_{\text{νερού ψύξης}} = 40,6 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$T_{\text{νερού ψύξης}} = 30,0 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{\pi} = 100 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$T_{\pi} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

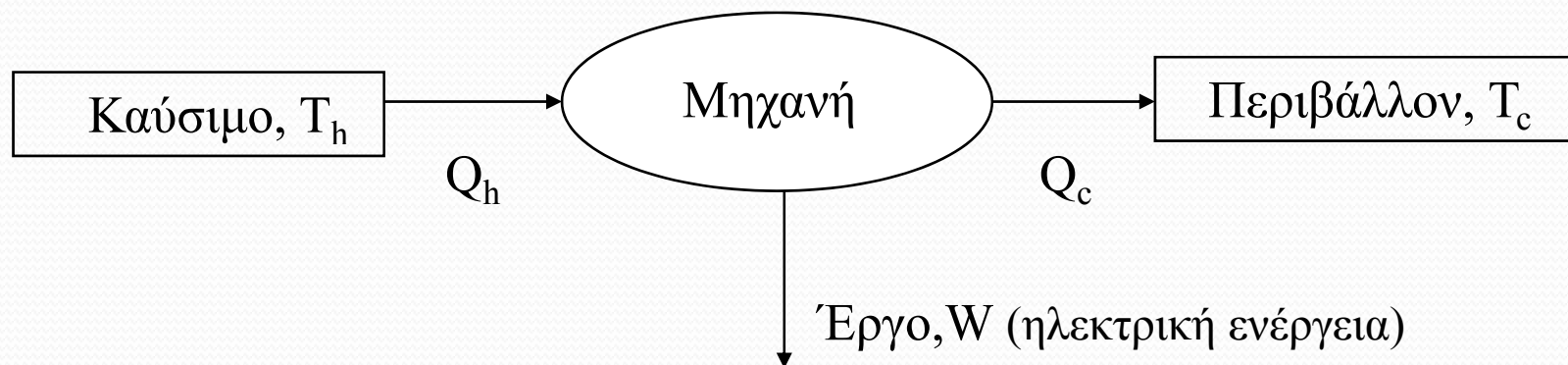
$$Q_{\pi} = 100 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$T_{\pi} = 24,1 \text{ }^\circ\text{C}$$

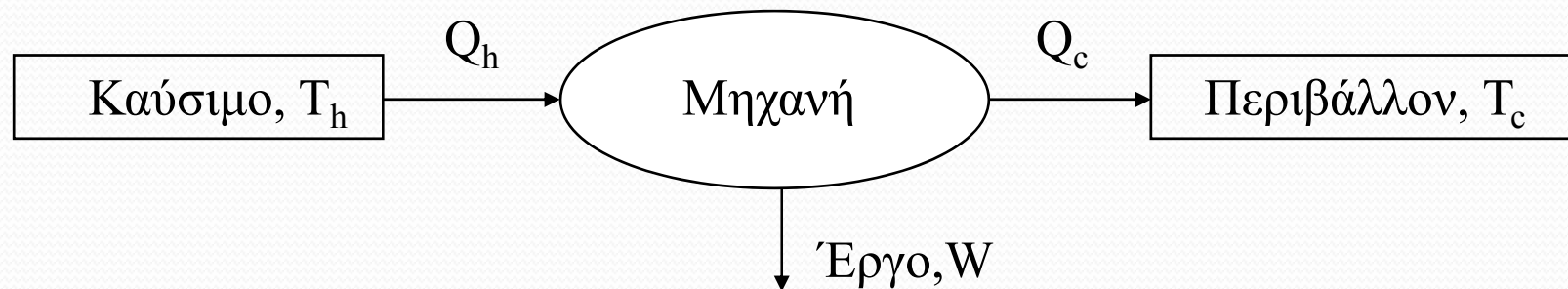
Ισοζύγια Ενέργειας Β' Θερμοδυναμικός Νόμος

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

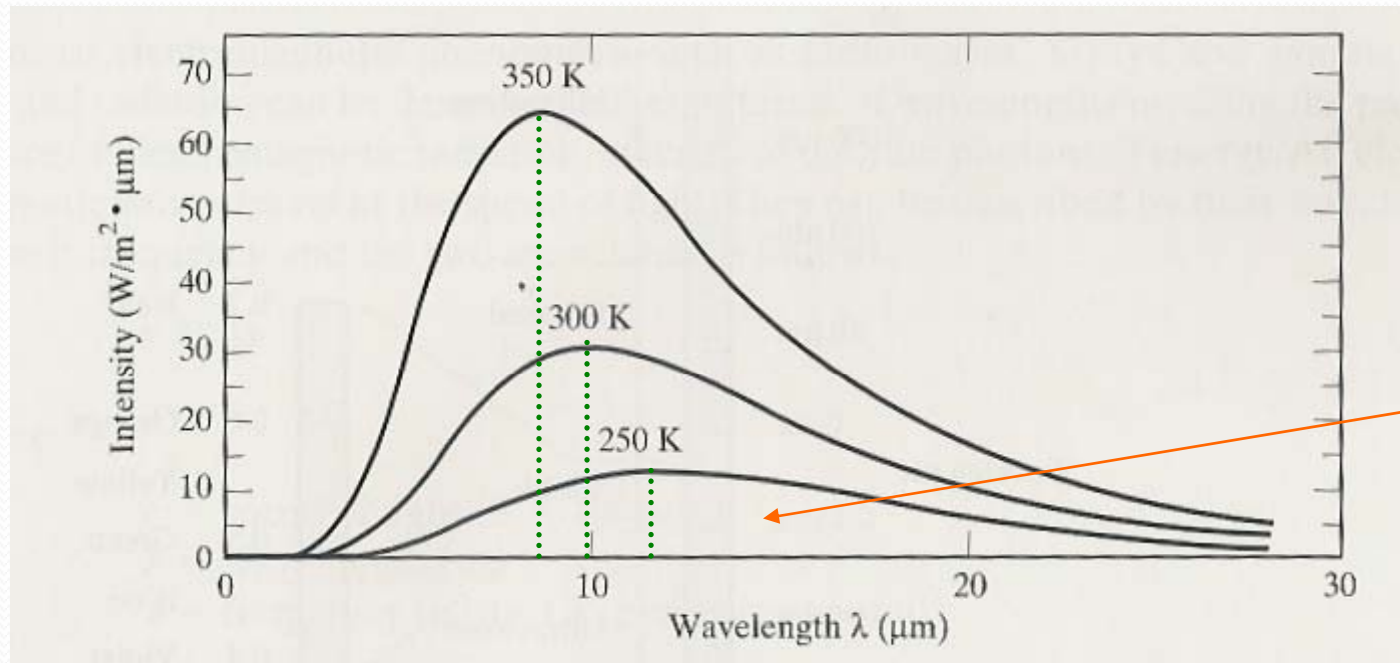
➤ Ικανότητα εκπομπής, ϵ : ακτινοβολία που εκπέμπει ένα αντικείμενο / ακτινοβολία που εκπέμπει ένα μέλαν σώμα ίδιας θ

$\epsilon = 0,9$ (έρημος)

$\epsilon = 0,95$ (νερό)

$\epsilon = 0,96$ (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

$$E = \sigma AT^4$$

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

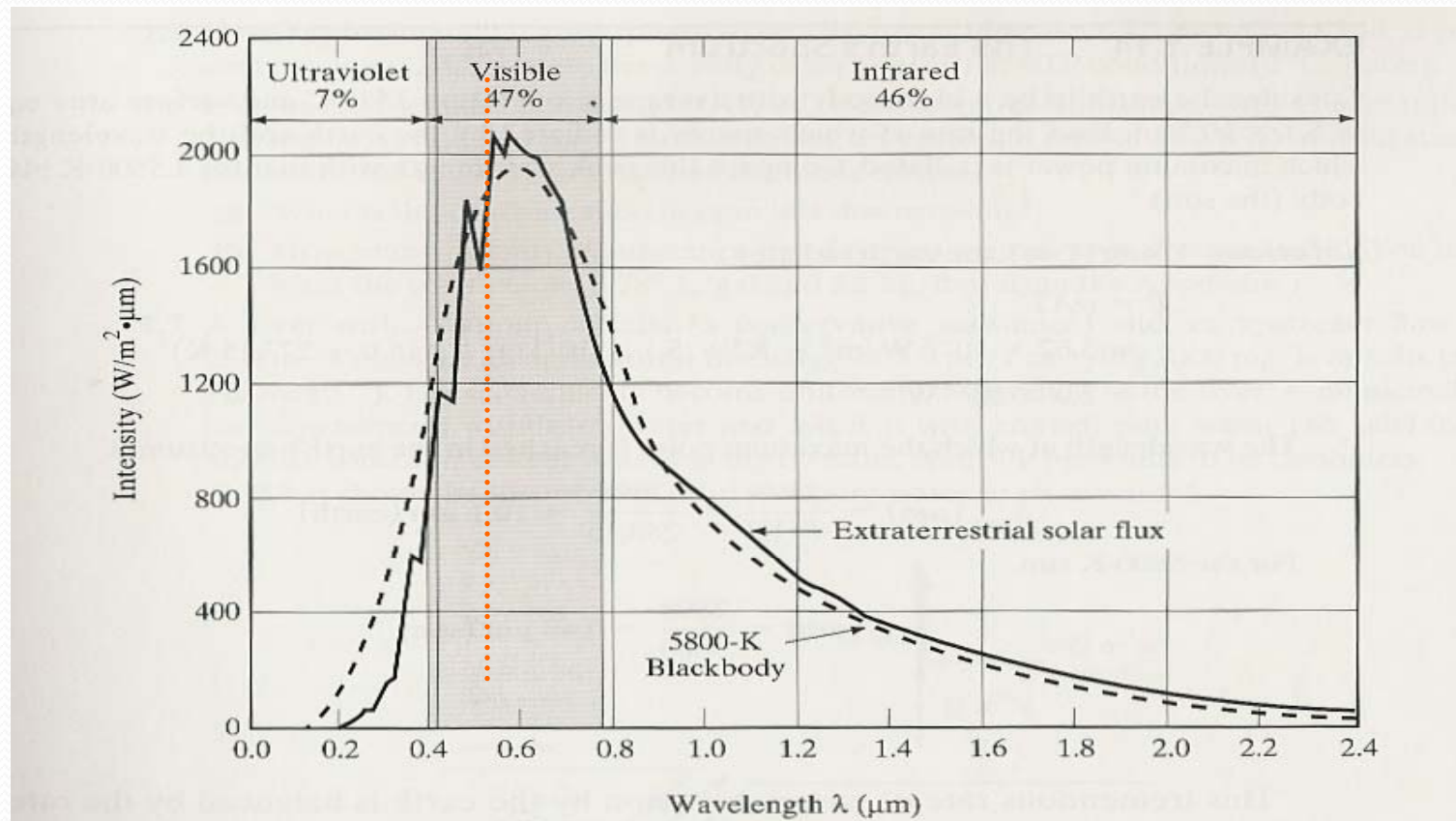
$$\lambda_{\max} = \frac{2898}{T}$$

λ_{\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)