

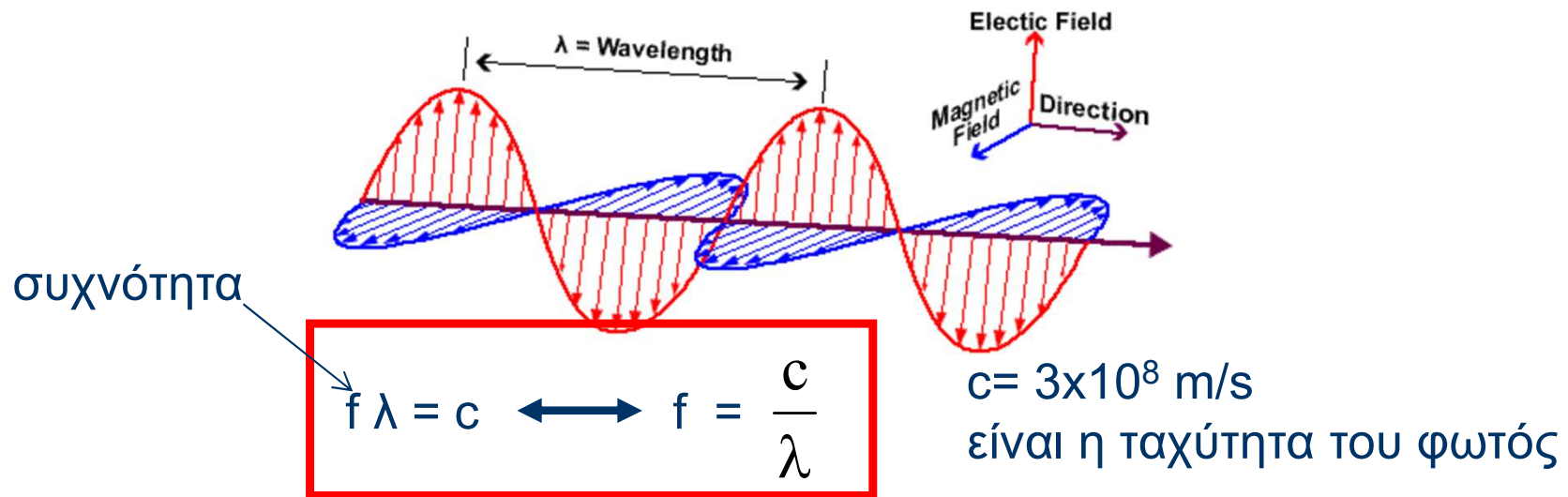
Ακτινοβολία



Η ακτινοβολία ως παράμετρος που επηρεάζει το μικροκλίμα

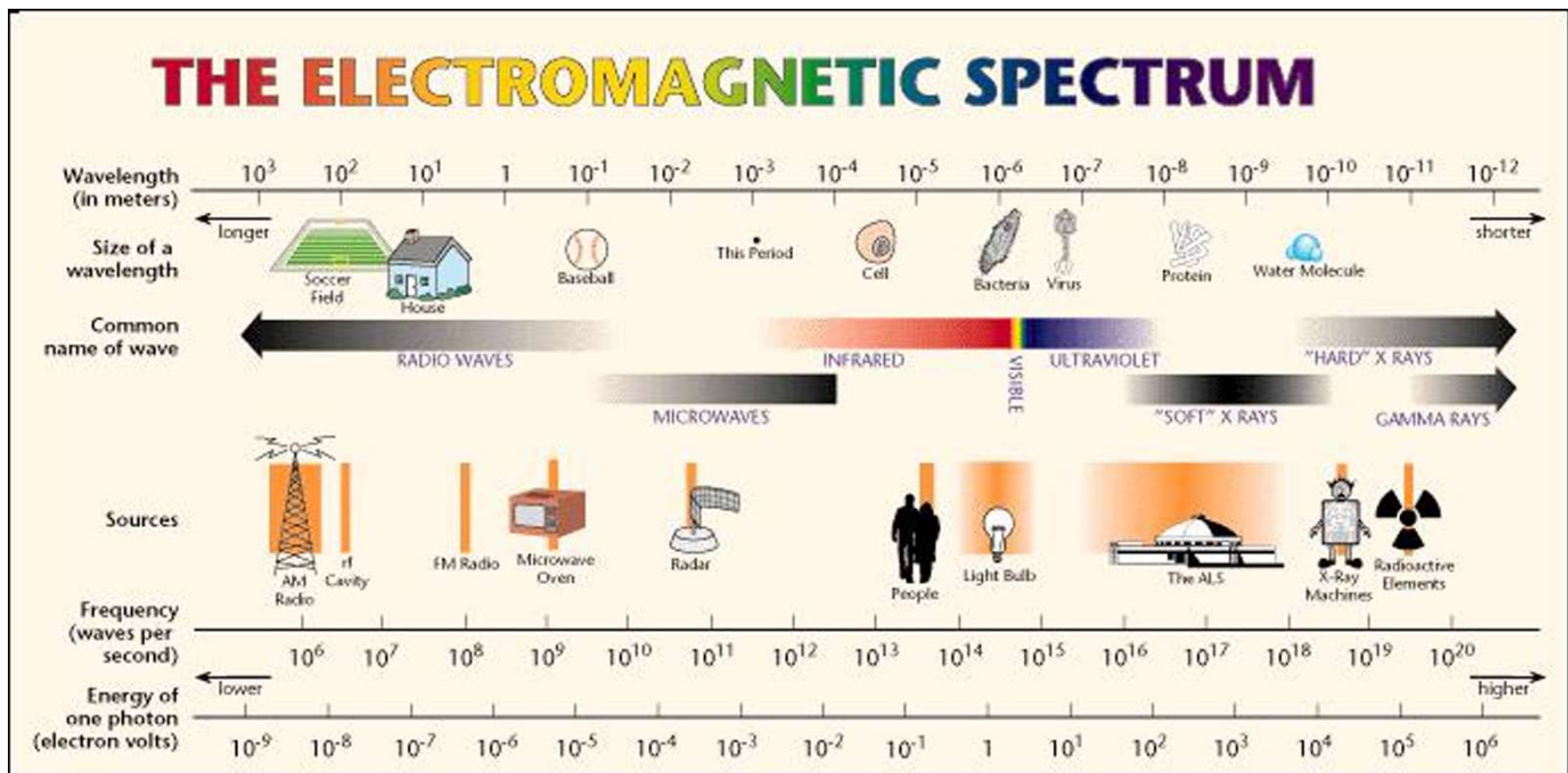
- Η Φυσική της ακτινοβολίας
- Ακτινοβολία και φυτά
- Ακτινοβολία και υλικά κάλυψης θερμοκηπίων
- Ακτινοβολία και θερμότητα

Η φύση της ηλιακής ακτινοβολίας

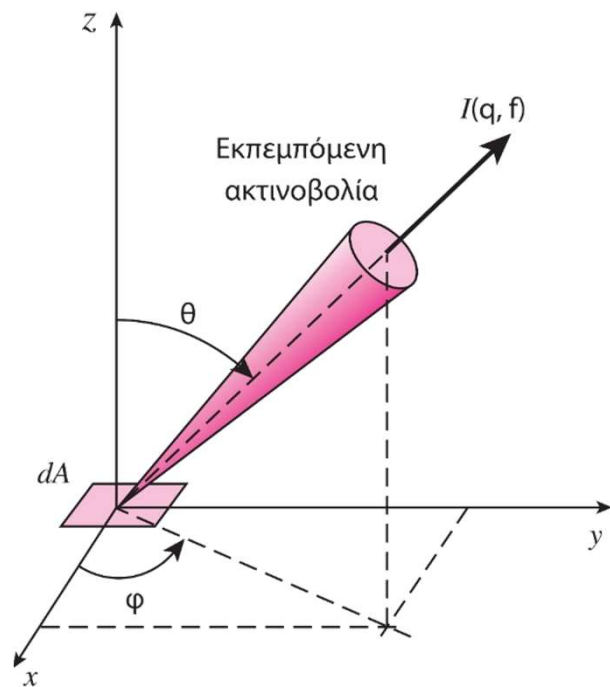


Η ηλιακή ακτινοβολία είναι μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας
Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έχει κυματική φύση
Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα μεταφέρουν ενέργεια όπως ακριβώς και τα άλλα κύματα και χαρακτηρίζονται από τη **συχνότητα** ν ή το **μήκος κύματος** λ . Οι δύο αυτές ποσότητες συνδέονται μεταξύ τους με τη σχέση:

Μορφές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας



Ένταση ακτινοβολίας



Η ένταση της ακτινοβολίας χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη μεταβολή της ενέργειας της ακτινοβολίας με την κατεύθυνση

$$\dot{q} = I A$$

- Η ακτινοβολία εκπέμπεται από όλα τα τμήματα μιας επίπεδης επιφάνειας και προς όλες τις κατευθύνσεις, στο ημισφαίριο που βρίσκεται πάνω από την επιφάνεια και η κατευθυντική κατανομή της εκπεμπόμενης (ή προσπίπτουσας) ακτινοβολίας συνήθως δεν είναι ομοιόμορφη.
- Επομένως, χρειαζόμαστε μία ποσότητα που να περιγράφει το μέτρο της ακτινοβολίας που εκπέμπεται (ή προσπίπτει) σε μία συγκεκριμένη κατεύθυνση του χώρου.
- Αυτή η ποσότητα ονομάζεται **ένταση ακτινοβολίας** και συμβολίζεται με I .

Ακτινοβολία μέλανος σώματος – νόμος των Stefan-Boltzmann

- Κάθε σώμα μπορεί να εκπέμπει διαφορετική ποσότητα ακτινοβολίας ανά μονάδα επιφάνειας.
- Το **μέλαν σώμα** εκπέμπει τη *μέγιστη δυνατή* ακτινοβολία από μια επιφάνεια υπό δεδομένη θερμοκρασία.
- Πρόκειται για ένα *ιδανικό σώμα* που αποτελεί τη βάση αναφοράς για τη σύγκριση των ιδιοτήτων ακτινοβολίας πραγματικών επιφανειών.
- Το μέλαν σώμα είναι ένας *τέλειος εκπομπός κι απορροφητής ακτινοβολίας*.
- Απορροφά *όλη* την προσπίπτουσα ακτινοβολία, ανεξαρτήτως μήκους κύματος και διεύθυνσης.

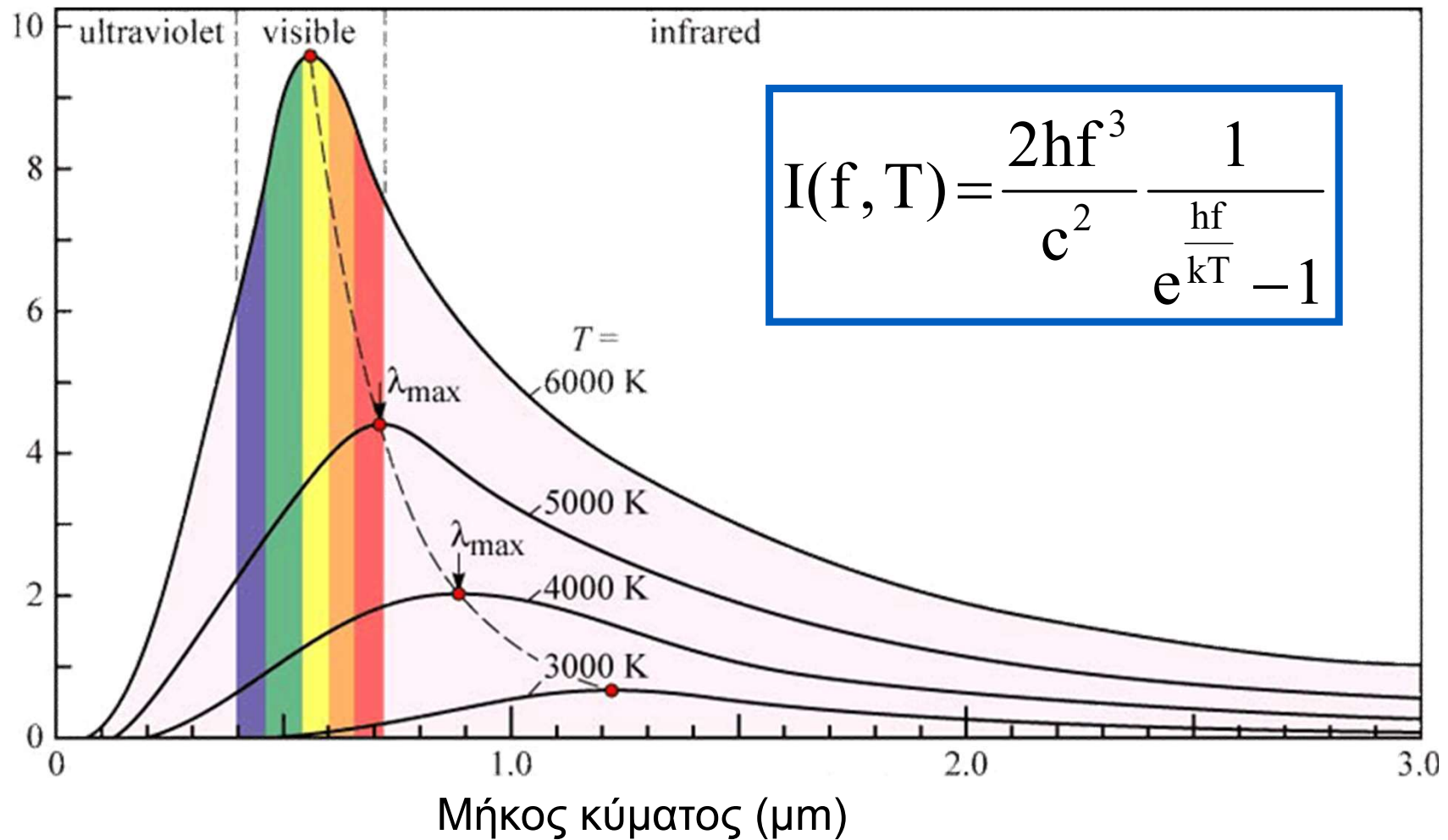
$$I = \sigma T^4$$

I : συνολική ένταση ακτινοβολίας (W m^{-2})

T : θερμοκρασία (K)

σ : σταθερά των Stefan-Boltzmann ($5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$)

Ακτινοβολία μέλανος σώματος



Ακτινοβολία μέλανος σώματος - Νόμος του Planck

$$I(f, T) = \frac{2hf^3}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{hf}{kT}} - 1}$$

- I** : φασματική ένταση ακτινοβολίας ($\text{W m}^{-2} \text{ s}$)
- T** : θερμοκρασία (K)
- f** : συχνότητα ακτινοβολίας ($\text{Hz} = \text{s}^{-1}$)
- h** : σταθερά του Planck ($6.626 \times 10^{-34} \text{ J s}$)
- c** : ταχύτητα του φωτός ($3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$)

Ακτινοβολία μέλανος σώματος- Νόμος του Wien

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

λ_{\max} : μήκος κύματος με τη μέγιστη φασματική ένταση
ακτινοβολίας ($\text{W m}^{-2} \text{nm}^{-1}$)

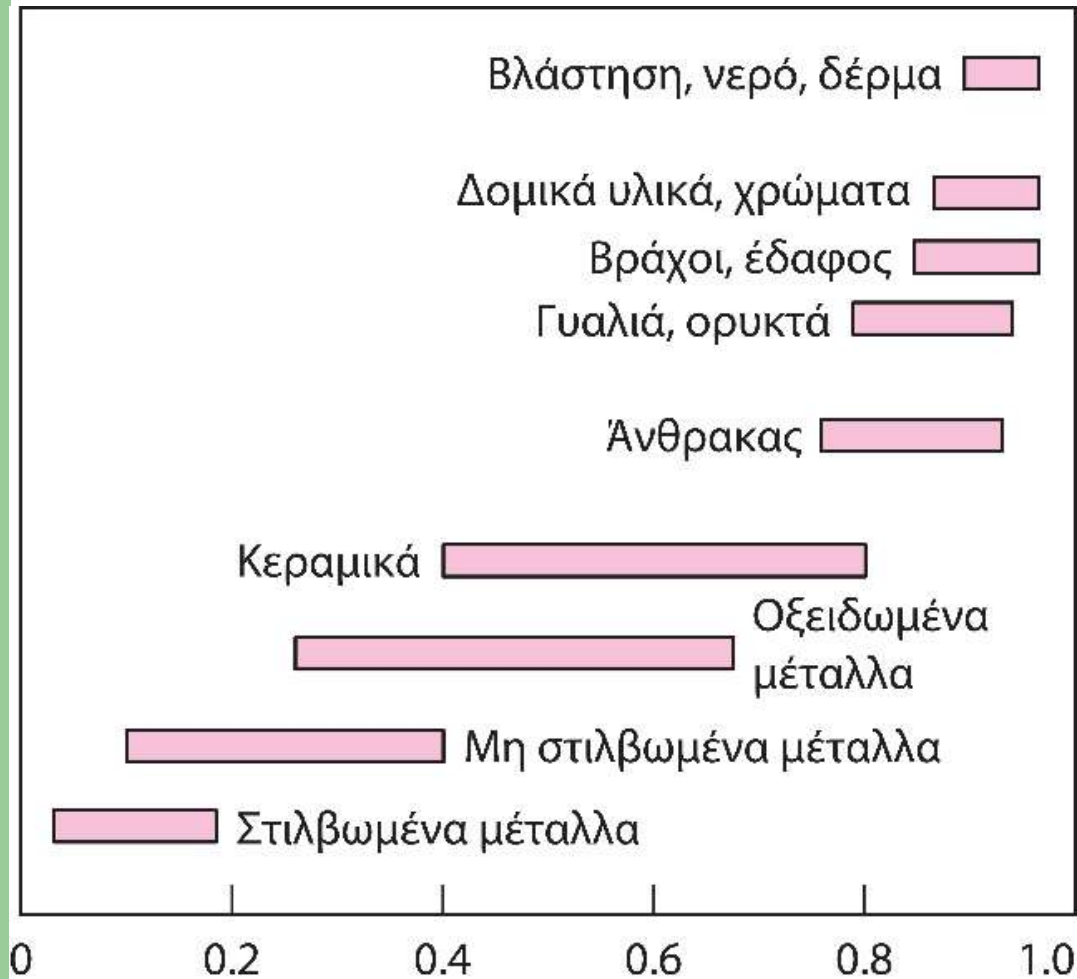
T : θερμοκρασία (K)

b : σταθερά του Wien ($2.8978 \times 10^{-3} \text{ K m}$)

Συντελεστής εκπομπής-απορρόφησης, ε

- **Συντελεστής εκπομπής:** είναι ο λόγος της ακτινοβολίας που εκπέμπει αυτή η επιφάνεια, προς την ακτινοβολία που εκπέμπει ένα μέλαν σώμα στην ίδια θερμοκρασία: $0 \leq \varepsilon \leq 1$.
- Ο συντελεστής εκπομπής αποτελεί μέτρο της ακρίβειας με την οποία μια επιφάνεια προσεγγίζει τη συμπεριφορά ενός μέλανος σώματος ($\varepsilon = 1$).
- Ο συντελεστής εκπομπής μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία της επιφάνειας καθώς και με το μήκος κύματος και την κατεύθυνση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας.
- Ο συντελεστής εκπομπής μιας επιφάνειας σε ένα δεδομένο μήκος κύματος καλείται **φασματικός συντελεστής εκπομπής** ε_λ .

Συντελεστής εκπομπής, ϵ



Τυπικές περιοχές τιμών συντελεστή εκπομπής για διάφορα υλικά.

$$I = \sigma \epsilon T^4$$

Ηλιακή ακτινοβολία

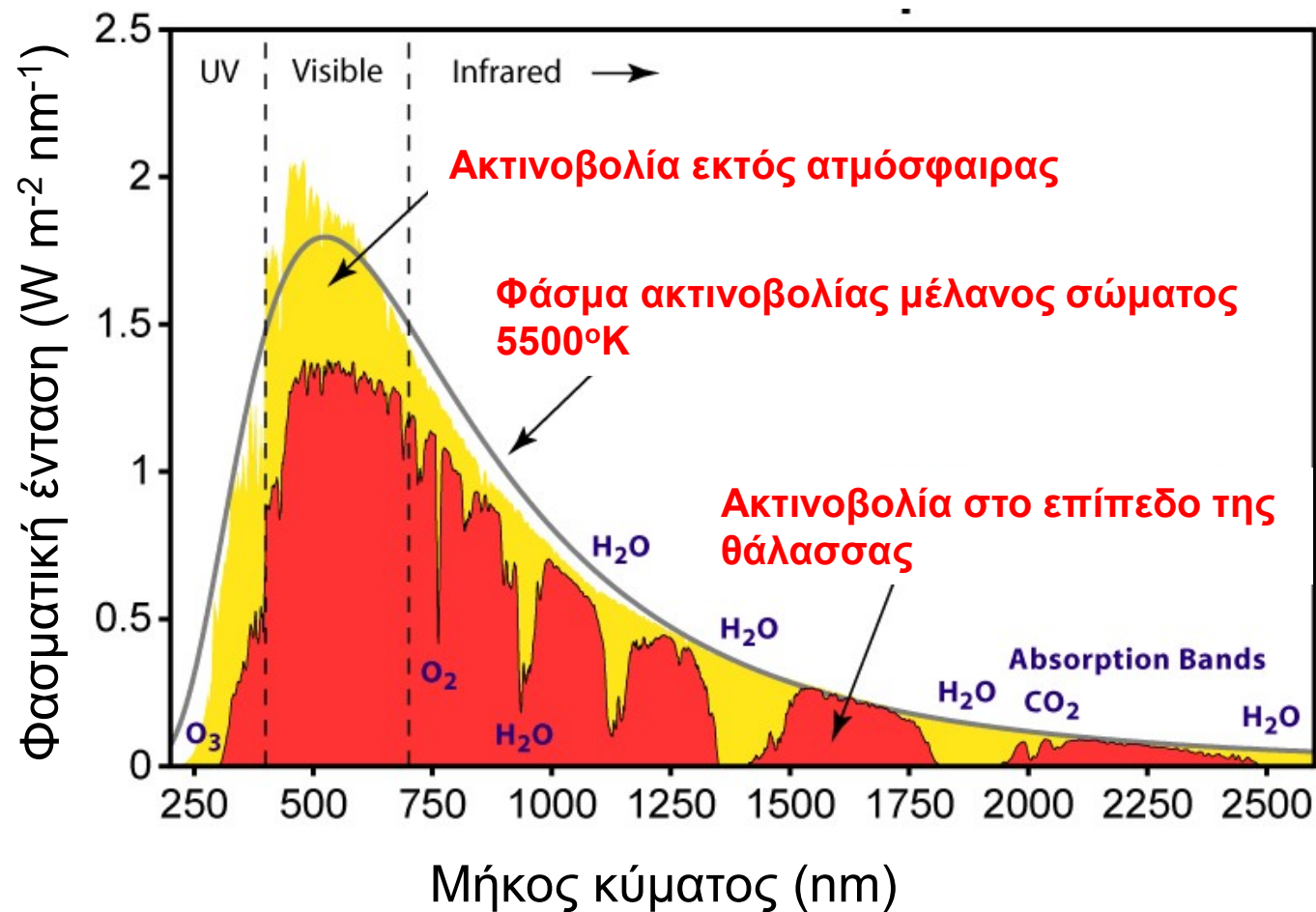
Ένα σώμα που εκπέμπει κάποια ακτινοβολία στην ορατή ζώνη ονομάζεται **πηγή φωτός**.

Ο ήλιος αποτελεί προφανώς την κυριότερη πηγή φωτός για τον πλανήτη μας.

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπει ο ήλιος είναι γνωστή ως **ηλιακή ακτινοβολία** και σχεδόν ολόκληρη βρίσκεται στην περιοχή μηκών κύματος μεταξύ $0.3\mu\text{m}$ - $3\mu\text{m}$.

Σχεδόν η **μισή** ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί φως (δηλαδή, εμπίπτει στο ορατό φάσμα), ενώ η υπόλοιπη είναι **υπεριώδης** ή **υπέρυθρη**.

Το φάσμα της ηλιακής ακτινοβολίας στην επιφάνεια της Γης



Η υπέρυθρη (IR) ακτινοβολία

- Λέγεται και θερμική ακτινοβολία (υπέρυθρη μεγάλου μήκους κύματος) γιατί εκπέμπεται από όλα τα σώματα με θερμοκρασία περιβάλλοντος.
- Η IR με μικρό μήκος κύματος (NIR) έχει βιολογική δράση στα φυτά
- Το γυαλί είναι αδιαφανές στην IR ακτινοβολία με αποτέλεσμα να παγιδεύει τη θερμότητα (φαινόμενο θερμοκηπίου)
- Τα πλαστικά φύλλα θερμοκηπίου LDPE περιέχουν ειδικά πρόσθετα που τα κάνουν αδιαφανή στην IR

Η υπεριώδης (UV) ακτινοβολία

- Περίπου το 12% της ηλιακής ακτινοβολίας βρίσκεται στην υπεριώδη περιοχή. Η **στιβάδα του όζοντος (O₃)** λειτουργεί ως προστατευτικό κάλυμμα και απορροφά το μεγαλύτερο μέρος αυτής της ακτινοβολίας.
- Διακρίνεται σε:
 1. UV-A: 315-400 nm
 2. UV-B: 280-315 nm
 3. UV-C: 100-280 nm

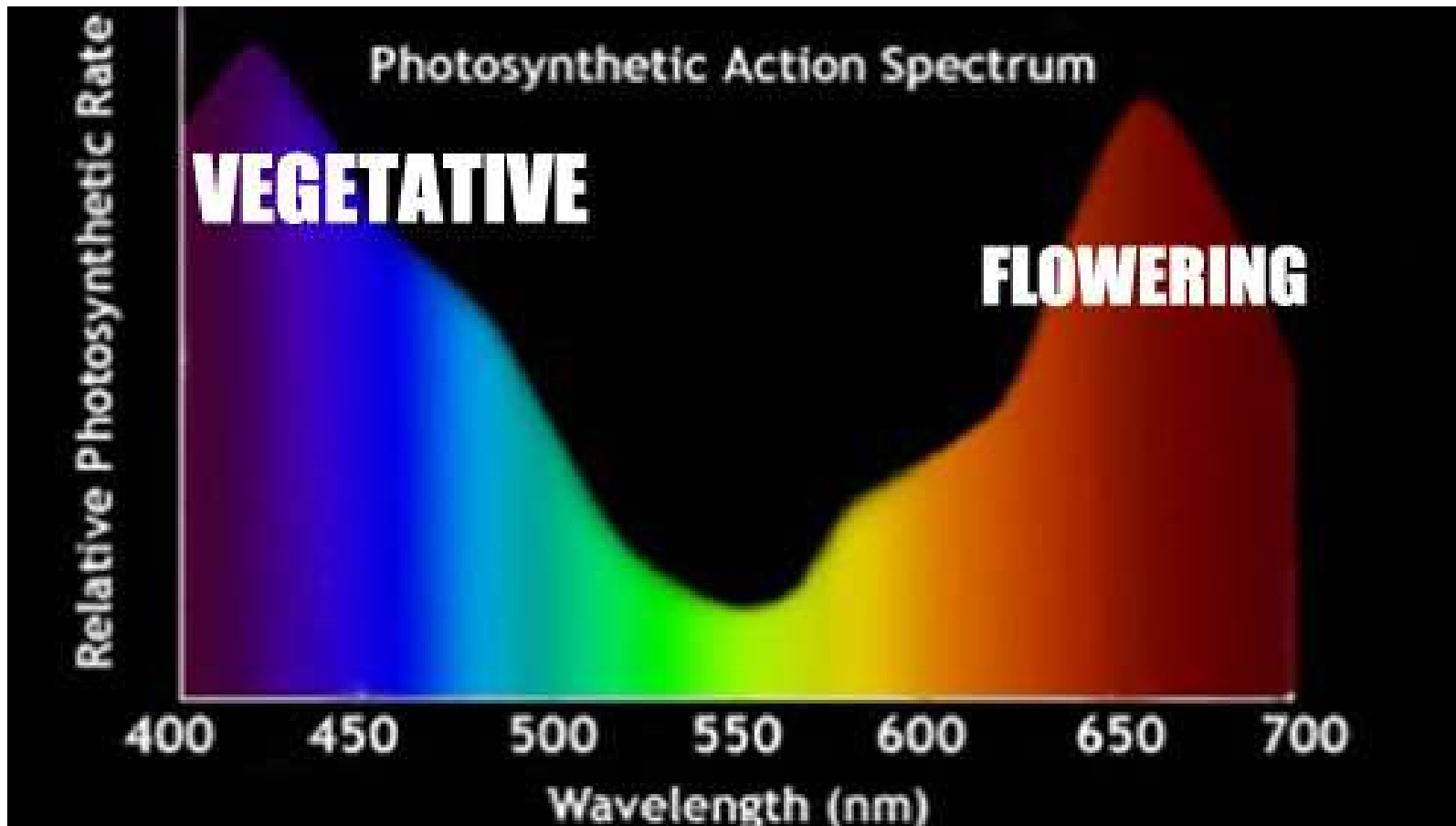
Η υπεριώδης (UV) ακτινοβολία

- Η ακτινοβολία UV-C έχει ισχυρή μικροβιοκτόνο (αλλά και καρκινογόνο) δράση
- Οι ακτινοβολίες UV-A και UV-B έχουν σημαντική βιολογική δράση:
 - Στα φυτά (ποικίλει από είδος σε είδος)
 - Στα έντομα (εχθρικά ή φιλικά είδη)
- Η ακτινοβολία UV προσβάλλει τα **πλαστικά υλικά** για το λόγο αυτό αυτά τα πλαστικά υλικά κάλυψης θερμοκηπίων φτιάχνονται με χημικά πρόσθετα που λέγονται **σταθεροποιητές**

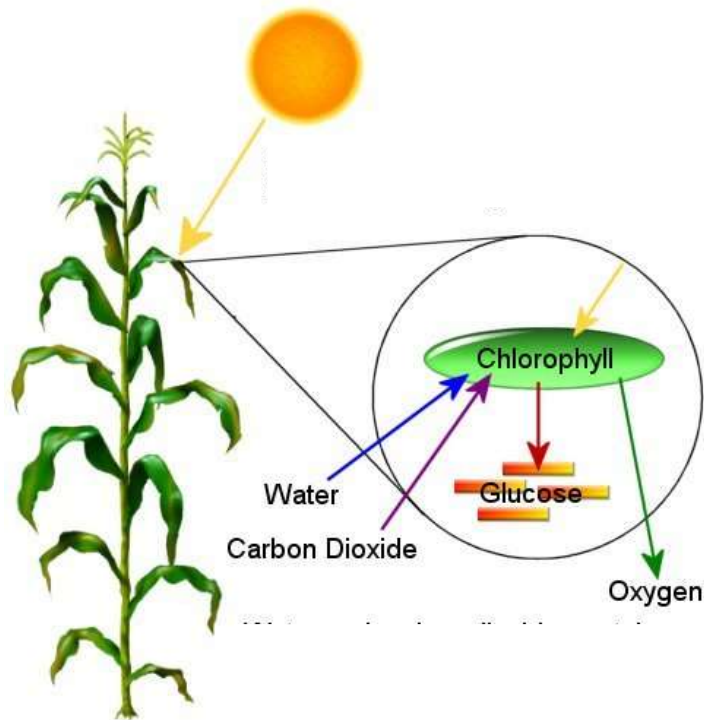
Φυτά και ακτινοβολία

- Η ακτινοβολία PAR είναι απαραίτητη για τη φωτοσύνθεση. Το υλικό κάλυψης πρέπει να προσφέρει μεγάλη περατότητα στην ακτινοβολία PAR
- Επιφάνεια φύλλων – Δείκτης επιφάνειας φύλλων (LAI= προβαλλόμενη επιφάνεια φύλλων / επιφάνεια εδάφους)

Φωτοσύνθεση – ακτινοβολία PAR



Φωτοσύνθεση

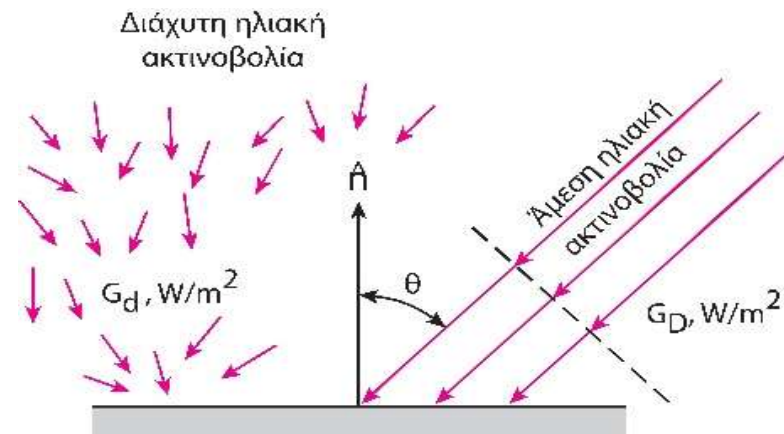


Στη χημική εξίσωση της φωτοσύνθεσης, το φως εμφανίζεται ως **σωματίδιο (φωτόνιο)**. Γι' αυτό η ένταση μετριέται σε $\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$

$1 \text{ mol} = 6.02214 \times 10^{23}$ σωματίδια

Η ενέργεια 1 mol φωτονίων εξαρτάται από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας. Για ακτινοβολία PAR:
 $1 \text{ W m}^{-2} = 4,5\text{-}5,0 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$

Η ηλιακή ακτινοβολία



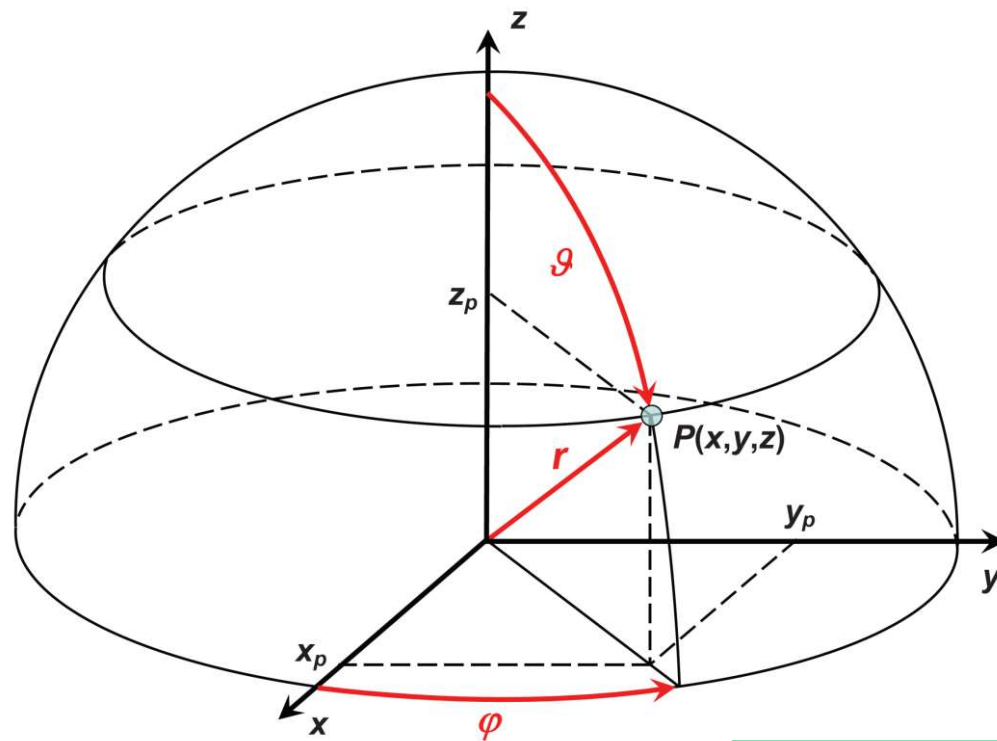
Διάχυτη ηλιακή ακτινοβολία

G_d : η διασκορπισμένη ακτινοβολία θεωρείται πως φτάνει στην επιφάνεια της γης ομοιόμορφα από όλες τις κατευθύνσεις

Άμεση ηλιακή ακτινοβολία

G_D : είναι ο κλάσμα την ηλιακής ενέργειας που φτάνει στην επιφάνεια της γης χωρίς να διασκορπίζεται ή να απορροφάται από την ατμόσφαιρα

Απορρόφηση ακτινοβολίας από οριζόντιο επίπεδο

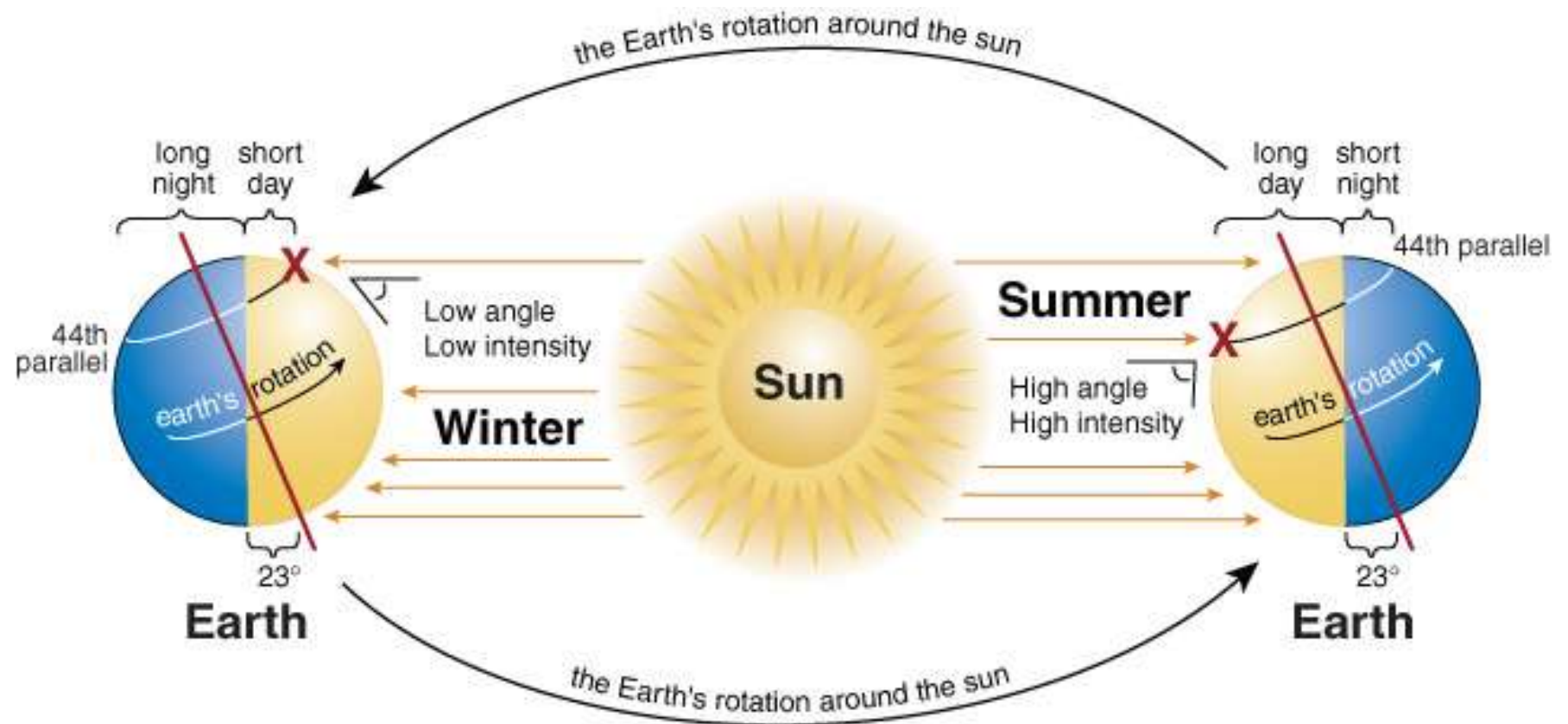


Θέση θερμοκηπίου $r_1 (\theta_1, \varphi_1=0)$

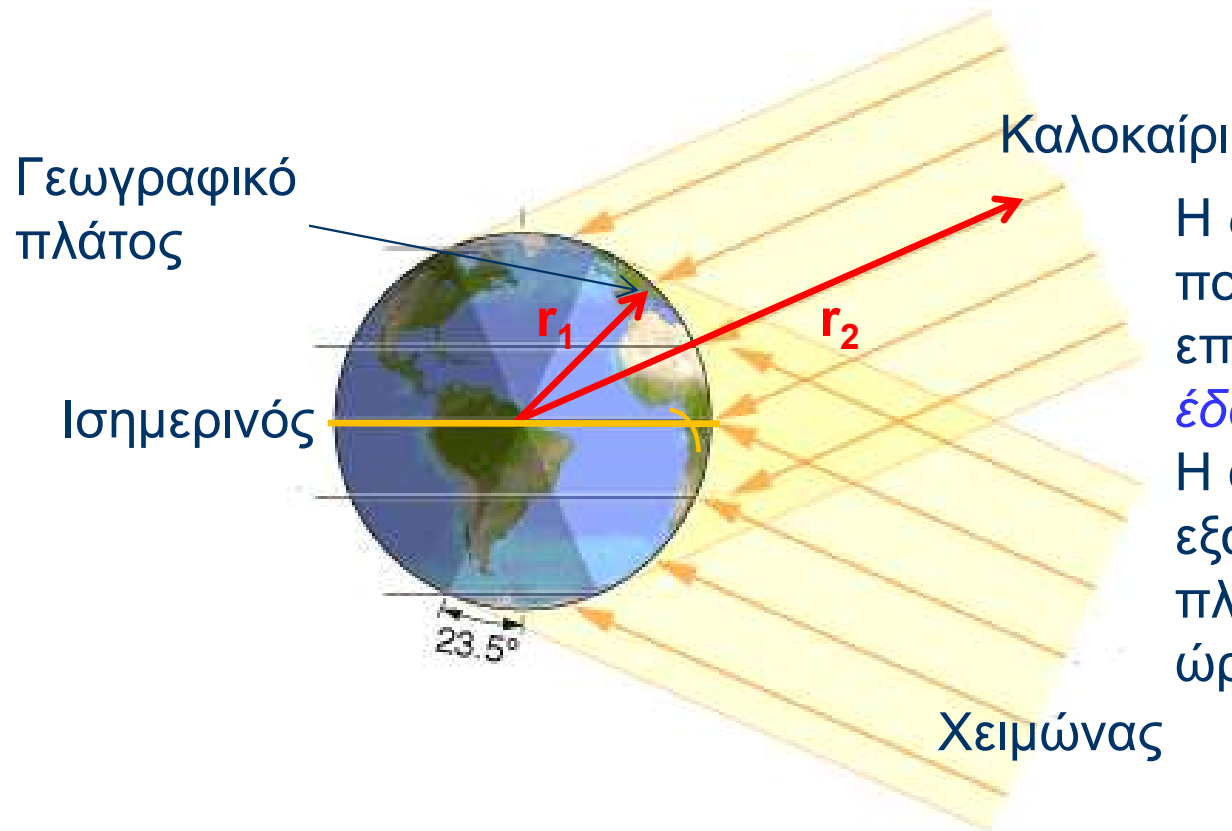
Θέση ήλιου $r_2 (\theta_2, \varphi_2)$

$$\eta = \sin(\theta_1) \sin(\theta_2) \cos(\varphi_2) + \cos(\theta_1) \cos(\theta_2)$$

Απορρόφηση ακτινοβολίας από οριζόντιο επίπεδο



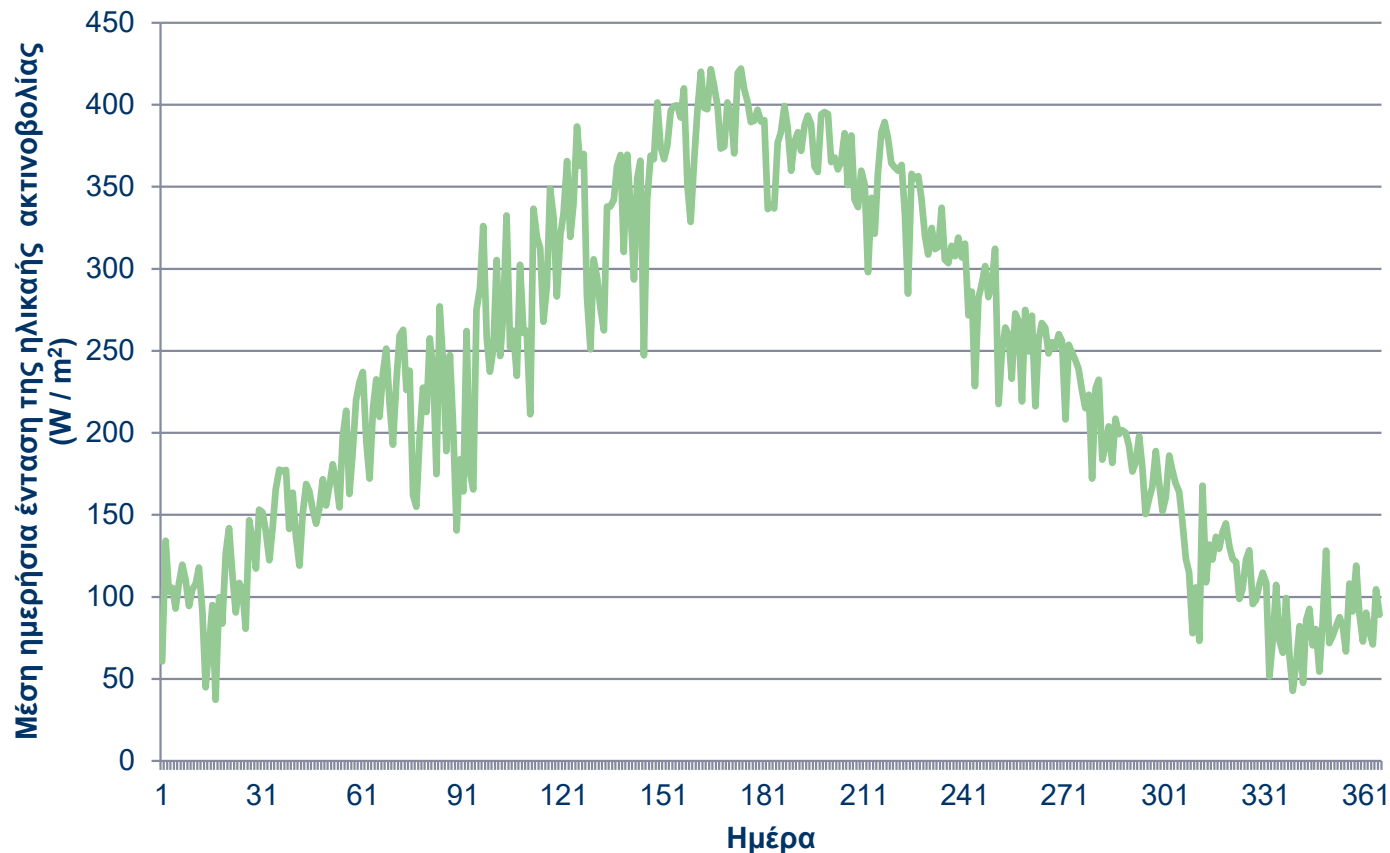
Απορρόφηση ακτινοβολίας από οριζόντιο επίπεδο



Η ολική ηλιακή ακτινοβολία που προσπίπτει ανά μονάδα επιφάνειας σε **οριζόντιο έδαφος**:

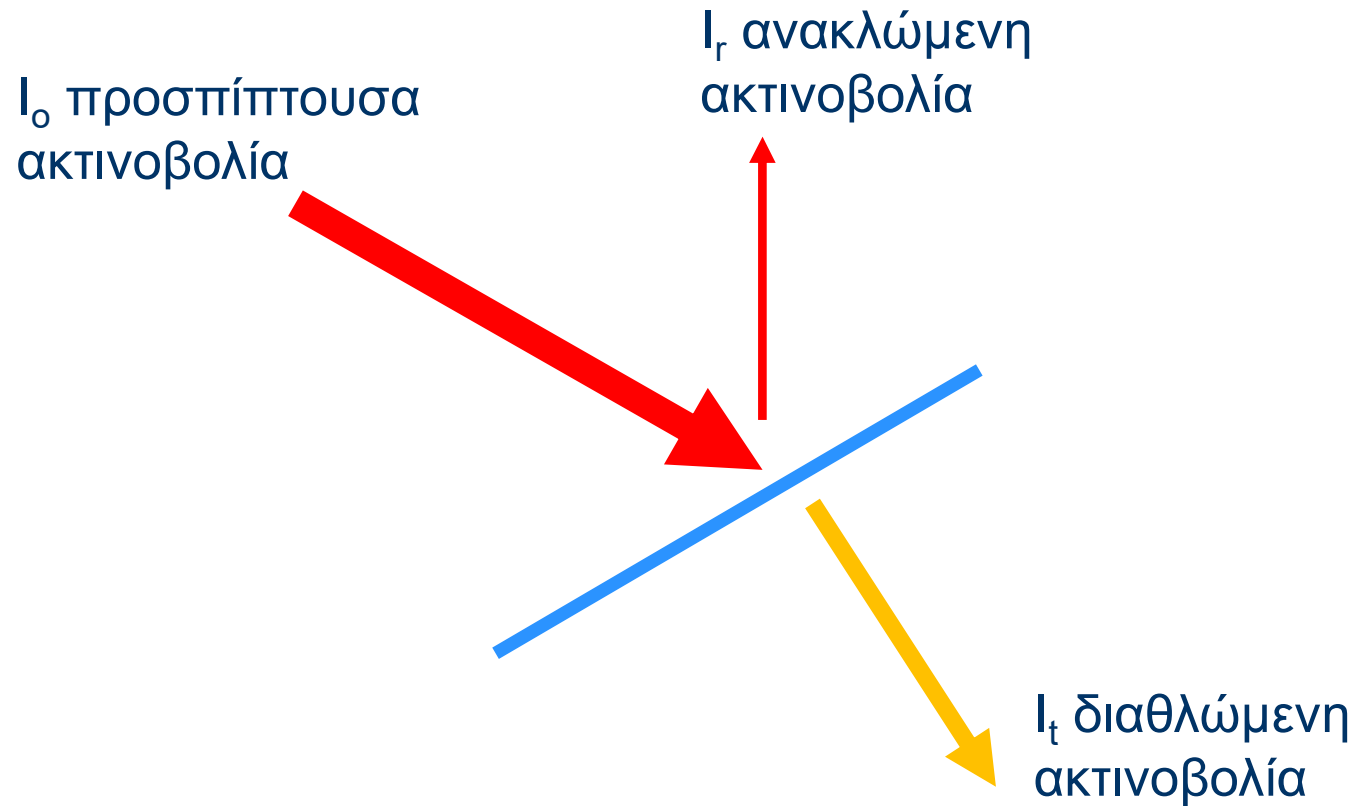
Η άμεση ηλιακή ακτινοβολία εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος, την εποχή και την ώρα.

Τυπικό έτος μέσης ηλιακής ακτινοβολίας στην Αθήνα



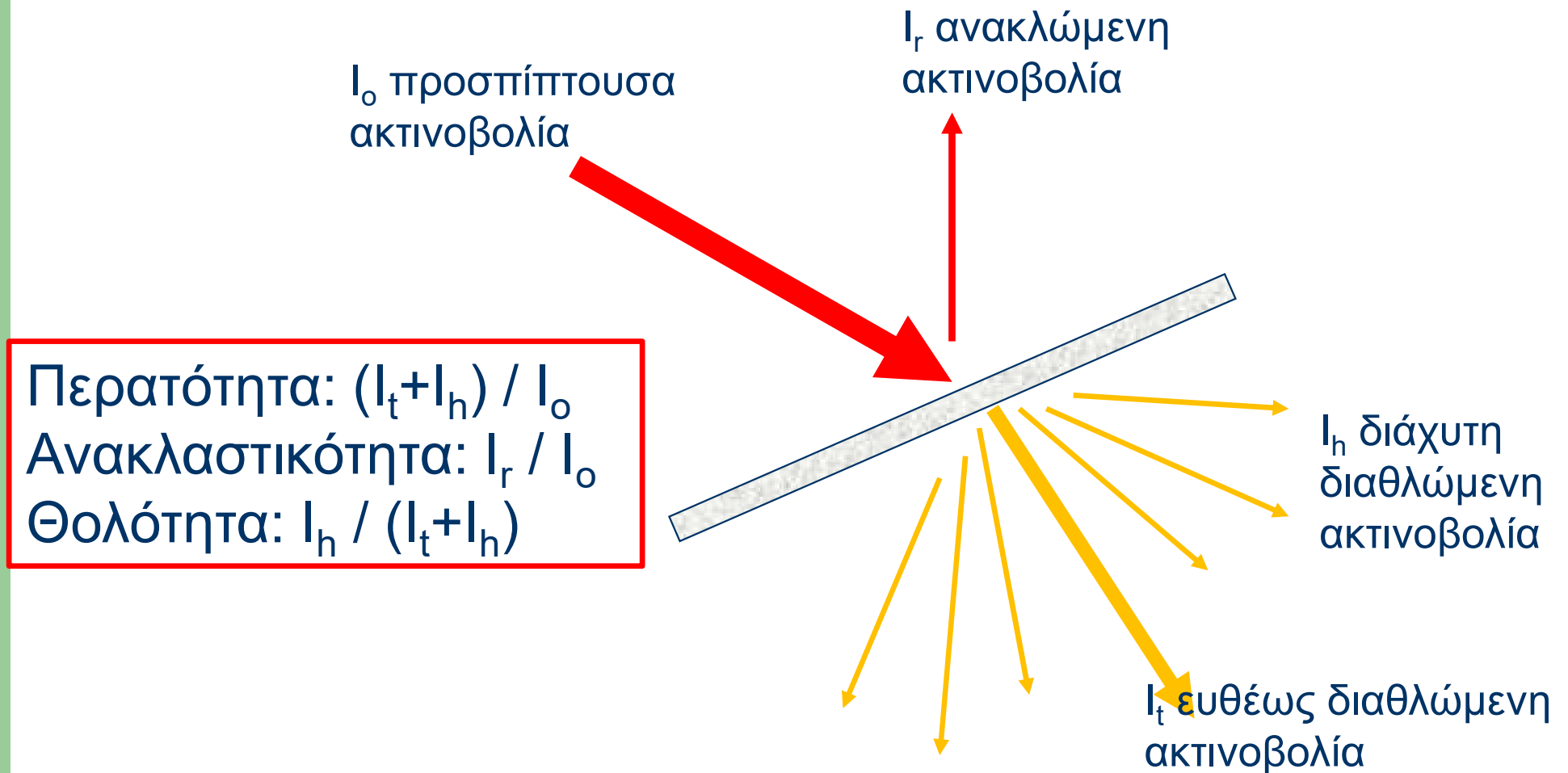
Μετρήσεις σε οριζόντιο επίπεδο

Υλικά κάλυψης και ηλιακή ακτινοβολία

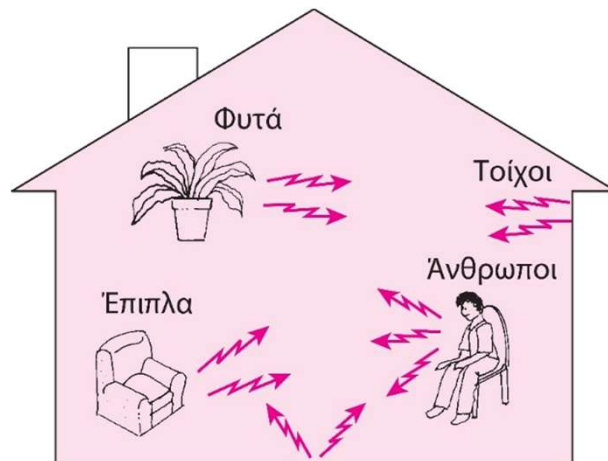


Αναρροφούμενη ακτινοβολία $I_a = I_o - I_r - I_t$

Ακτινομετρικές (οπτικές) ιδιότητες των υλικών



Θερμική ακτινοβολία



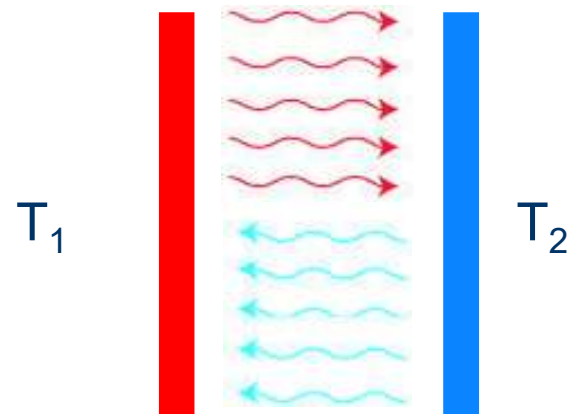
Τα πάντα γύρω μας εκπέμπουν σταθερά Η/Μ ακτινοβολία

Το είδος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που σχετίζεται με τη μεταφορά θερμότητας, είναι η **θερμική ακτινοβολία** η οποία εκπέμπεται εξαιτίας των ταλαντωτικών και περιστροφικών κινήσεων των μορίων, των ατόμων και των ηλεκτρονίων μιας ουσίας.

Η θερμοκρασία αποτελεί μέτρο της ισχύος αυτών των ενεργειών σε μικροσκοπικό επίπεδο, με την ταχύτητα εκπομπής της θερμικής ακτινοβολίας να αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Η θερμική ακτινοβολία εκπέμπεται διαρκώς από όλη την ύλη, η θερμοκρασία της οποίας είναι πάνω από το απόλυτο 0.

Μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία



$$q = \sigma A \epsilon_{12} (T_1^4 - T_2^4)$$

q : ροή θερμότητας - μεταφερόμενη θερμότητα ανά μονάδα χρόνου (W)

T : θερμοκρασία (K)

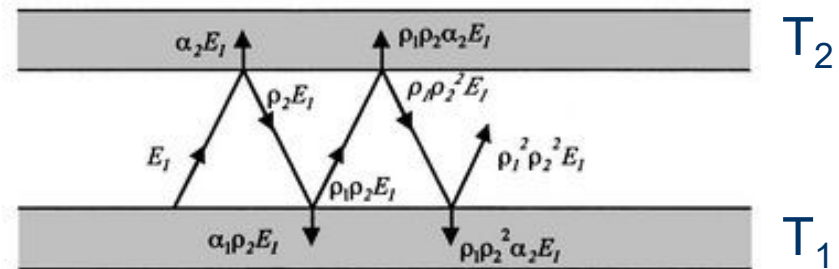
A : επιφάνεια

ϵ_{12} : συντελεστής ανταλλαγής ακτινοβολίας

σ : σταθερά των Stefan-Boltzmann ($5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$)

Μεταφορά θερμότητας με ακτινοβολία μεταξύ δύο επιφανειών

ρ : ανακλαστικότητα
 α : απορροφητικότητα



$$q = \sigma \varepsilon_{12} A (T_1^4 - T_2^4)$$

$$\varepsilon_{12} = \frac{\varepsilon_1 \varepsilon_2}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 - \varepsilon_1 \varepsilon_2}$$

q : ένταση ροής θερμότητας (W m^{-2})

T : θερμοκρασία (K)

A : Επιφάνεια εκπομπής (m^2)

ε_{12} : συντελεστής ανταλλαγής ακτινοβολίας

$\varepsilon_1, \varepsilon_2$: συντελεστές εκπομπής-απορρόφησης των δύο επιφανειών

σ : σταθερά των Stefan-Boltzmann ($5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$)

Απώλειες θερμότητας λόγω ακτινοβολίας στη διάρκεια της νύχτας

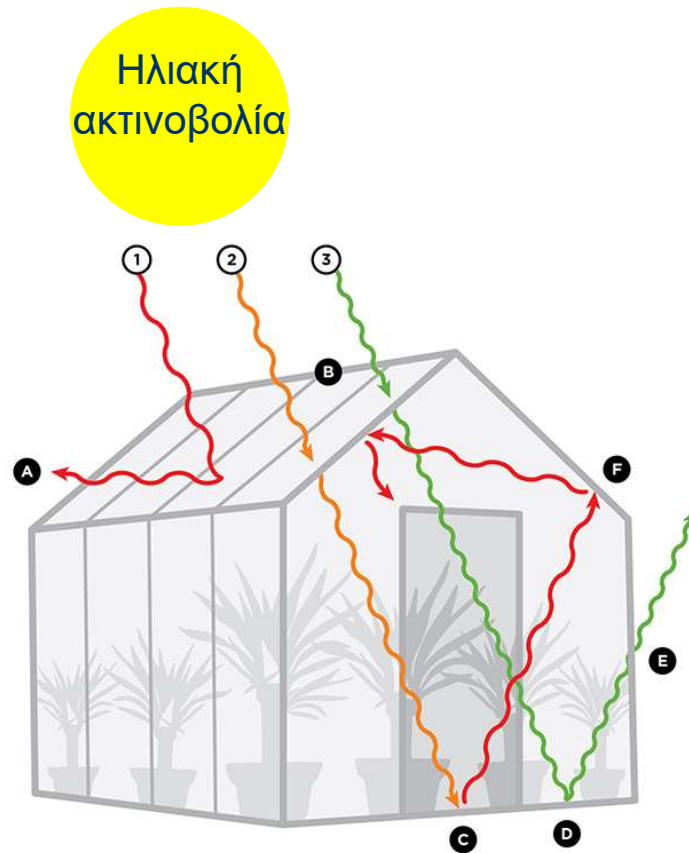
Τα θερμά σώματα εκπέμπουν υπέρυθρη ακτινοβολία. Οι απώλειες θερμότητας λόγω ακτινοβολίας περιγράφονται από το νόμο των Stefan-Boltzmann όπου ο ουρανός προσομοιώνεται με μέλαν σώμα θερμοκρασίας T_{sky} .

Η εμπειρική αυτή θερμοκρασία T_{sky} εξαρτάται από τη νέφωση και τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας.

Στη βιβλιογραφία υπάρχουν αρκετοί εμπειρικοί τύποι που σχετίζουν τη θερμοκρασία ουρανού T_{sky} με τη θερμοκρασία του αέρα T_{air} :

$T_{\text{sky}} = 0.05532 T_{\text{air}}^{1.5}$ (Swinbank, 1963) (ισχύει για καθαρό ουρανό)

Ισοζύγιο ακτινοβολίας στο θερμοκήπιο

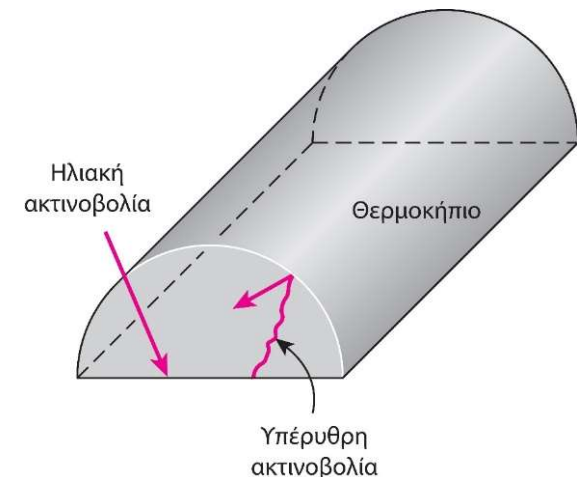
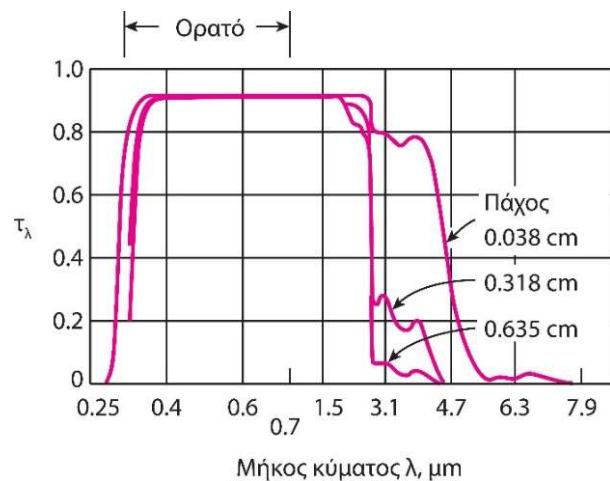


1. IR
2. NIR
3. Ορατή ακτινοβολία

$$I_{in} = I_{tr} + I_a + I_r$$

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Το γυαλί έχει ένα διαφανές παράθυρο στις τιμές μήκους κύματος $0.3 \mu\text{m} < \lambda < 3 \mu\text{m}$ όπου εκπέμπεται πάνω από το 90% της ηλιακής ακτινοβολίας. Από την άλλη πλευρά, όλη η ακτινοβολία που εκπέμπουν οι επιφάνειες σε θερμοκρασία δωματίου βρίσκεται στην υπέρυθη περιοχή ($\lambda > 3 \mu\text{m}$). Επομένως, το γυαλί επιτρέπει την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολία, χωρίς όμως να επιτρέπει στην υπέρυθη ακτινοβολία να διαφύγει από αυτό. Αυτό το φαινόμενο θέρμανσης, που οφείλεται στο χαρακτηριστικό του γυαλιού (ή των διαφανών πλαστικών) να μην αποτελεί γκρίζα επιφάνεια, είναι γνωστό ως **φαινόμενο του θερμοκηπίου**.



Κουρτίνες σκίασης - εξωτερικές



Οι εξωτερικές κουρτίνες σκίασης εμποδίζουν την ηλιακή ακτινοβολία να φτάσει στο θερμοκήπιο και μειώνουν δραστικά τις ανάγκες δροσισμού

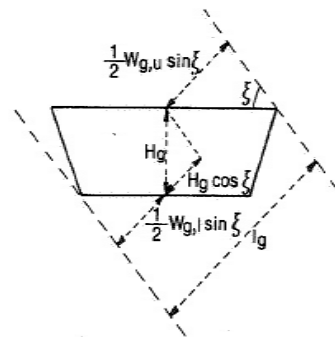
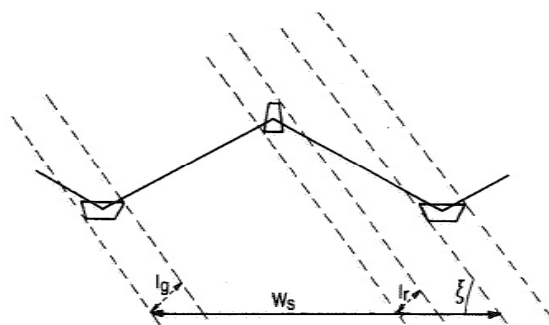
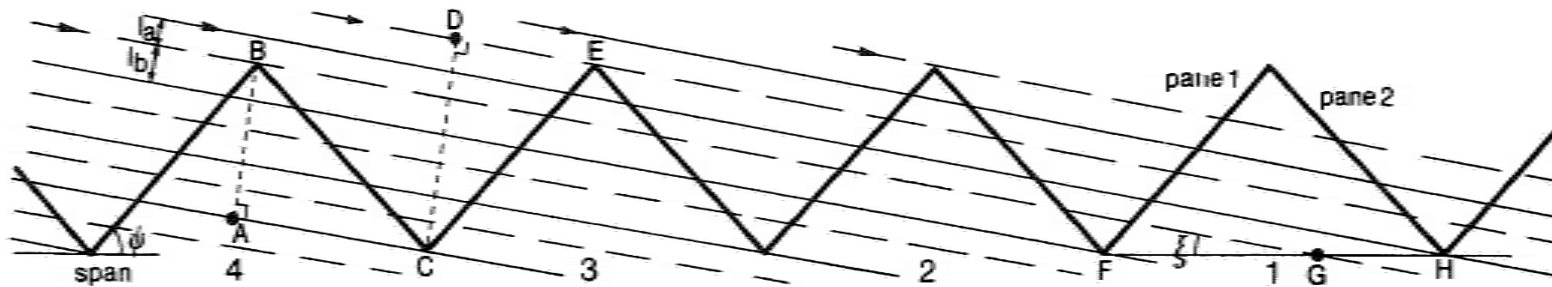
Κουρτίνες σκίασης - εσωτερικές



Οι εσωτερικές κουρτίνες σκίασης εμποδίζουν την ηλιακή ακτινοβολία να φτάσει στα φυτά. Έτσι μειώνεται η διαπνοή. Χρησιμοποιούνται επίσης για τη ρύθμιση του φωτοπεριοδισμού

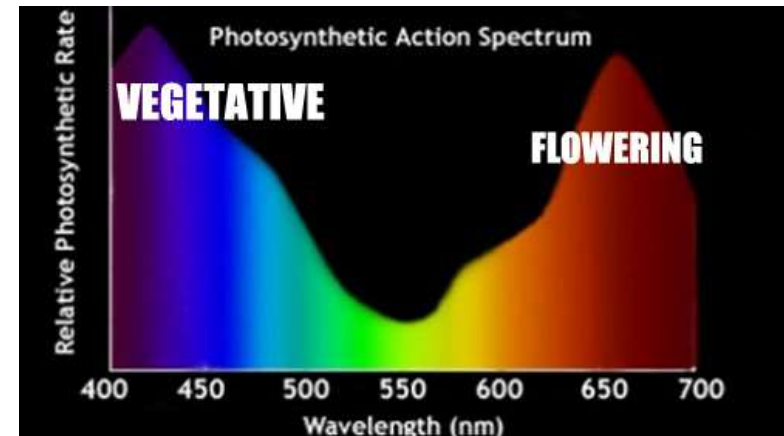
Μοντέλα ολικής εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας

Η σκίαση μεταξύ αλληπάλληλων οροφών σε πολύρρικτα θερμοκήπια μειώνει τη ολική εισερχόμενη ακτινοβολία



Τα μεταλλικά στοιχεία του σκελετού επίσης μειώνουν την εισερχόμενη ακτινοβολία

ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

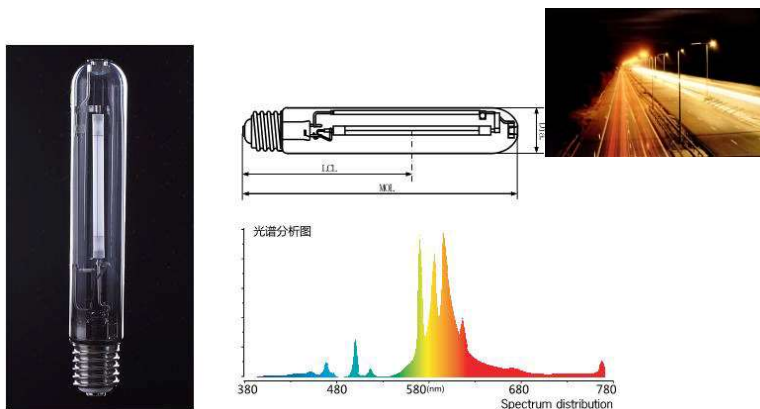


Ο τεχνητός
φωτισμός ενισχύει
τη φωτοσύνθεση

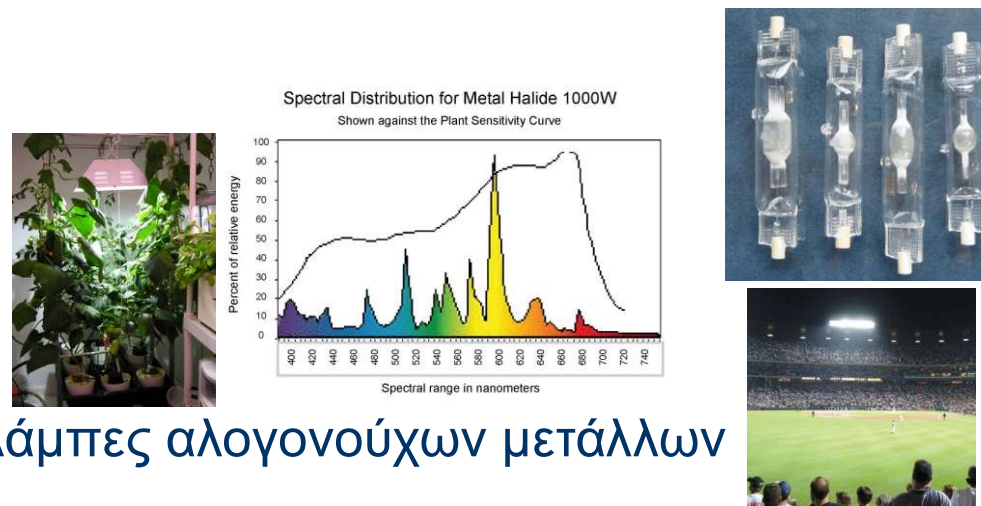
Ακτινοβολία εκτός του φάσματος της Φωτοσυνθετικά Ενεργής Ακτινοβολίας (PAR) είναι σπατάλη ενέργειας

Λάμπες που χρησιμοποιούνται για τη φωτοσύνθεση σε θερμοκήπια

Type of lamp	Power (W)	Luminous flux (lm)	Radiant flux (W)	Economic life time (h)
Fluorescent 'TL'D33 (58W)	70	4800	14	7500
Metal-halide HPI-T (400W)	413	31500	88.2	8000
High-pressure sodium SON-T (400W)	436	47000	108.1	12000



Λάμπες Νατρίου



Λάμπες αλογονούχων μετάλλων

Λάμπες φθορισμού για θερμοκήπια



○ ○ special
OSRAM FLUORA®



OSRAM FLUORA® sind die Lampen für Pflanzen...

OSRAM FLUORA® – Wachstumslicht für schönere Pflanzen

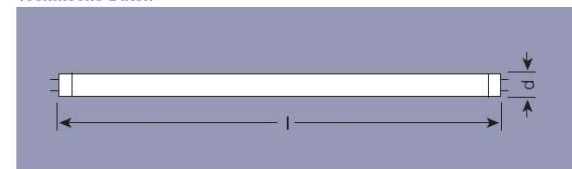
Durch die Betonung des blauen und roten Spektralbereichs in ihrem Licht sind OSRAM FLUORA®-Leuchtstofflampen den Wirkungsspektren für fotobiologische Prozesse in Pflanzen besonders gut angepasst. Das Pflanzenwachstum wird dadurch erheblich gefördert.

OSRAM FLUORA®-Lampen werden überall dort eingesetzt, wo das natürliche Tageslicht allein für Pflanzen nicht ausreicht, zum Beispiel über Pflanzeninseln in Einkaufszentren, Büros, Hotels und Wohnräumen, aber auch in Blumenfenstern, Schaufenstern, Gewächshäusern und für Aquarien.



...und Aquarien: Sie spenden insbesondere Licht aus dem blauen und roten Spektralbereich. Ihr Wirkungsspektrum ist dem fotobiologischer Prozesse besonders gut angepasst. Dadurch fördern

Technische Daten



Typ	L 15 W/77	L 18 W/77	L 30 W/77	L 36 W/77	L 58 W/77
Nennleistung	15 W	18 W	30 W	36 W	58 W
Lichtstrom	400 lm	550 lm	1000 lm	1400 lm	2250 lm
Länge l max.	438 mm	590 mm	895 mm	1200 mm	1500 mm
Durchmesser d max.	26 mm	26 mm	26 mm	26 mm	26 mm

Λάμπες LED για θερμοκήπια

