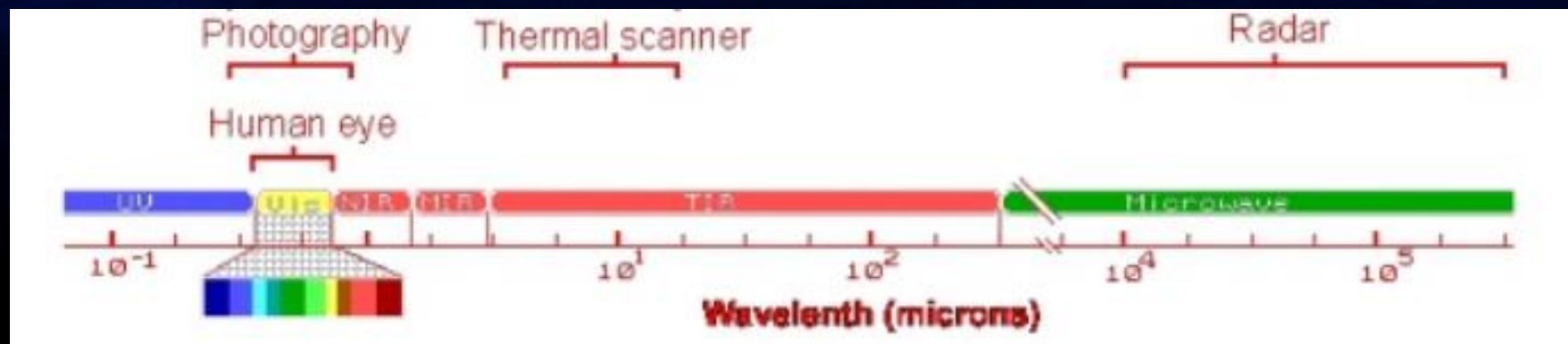
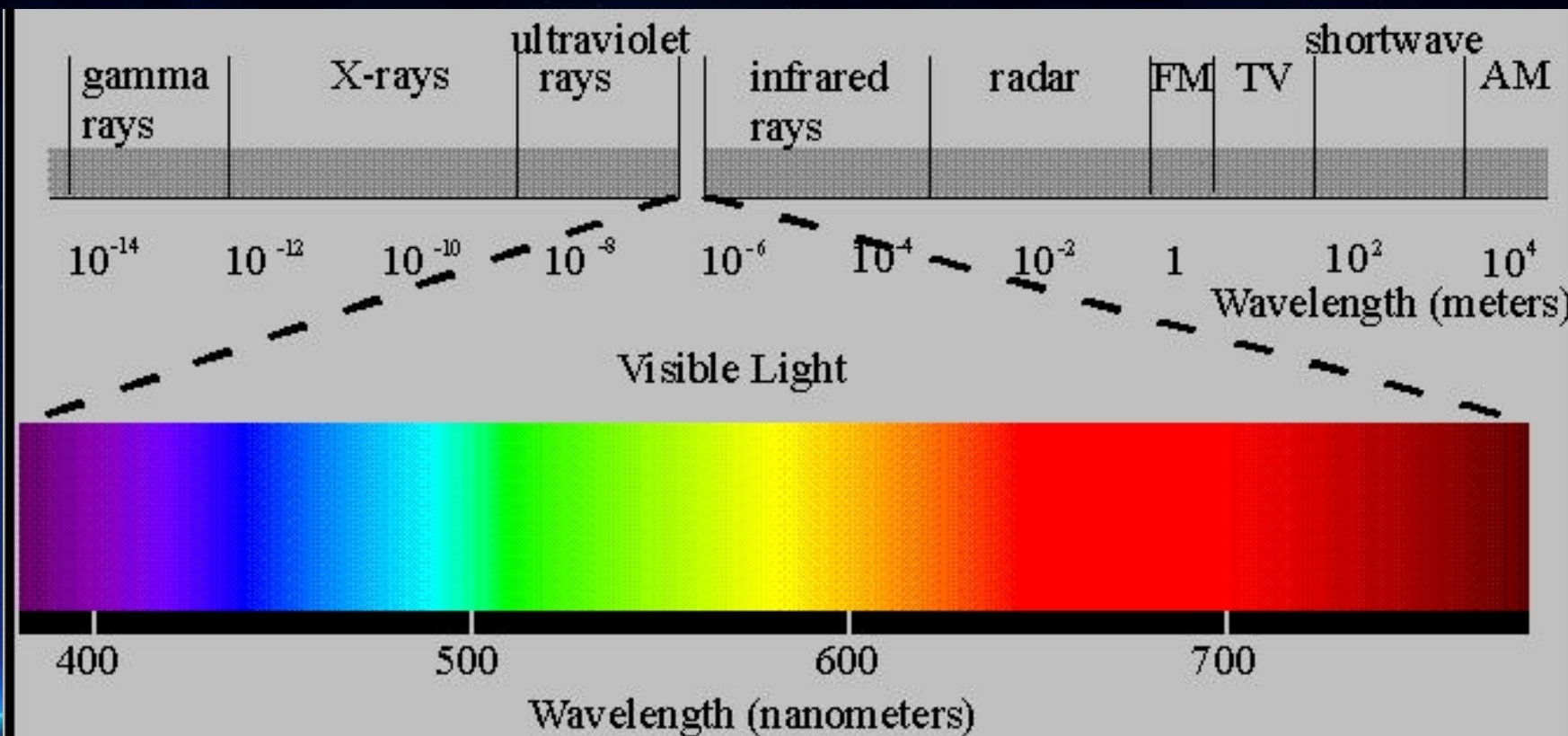


Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

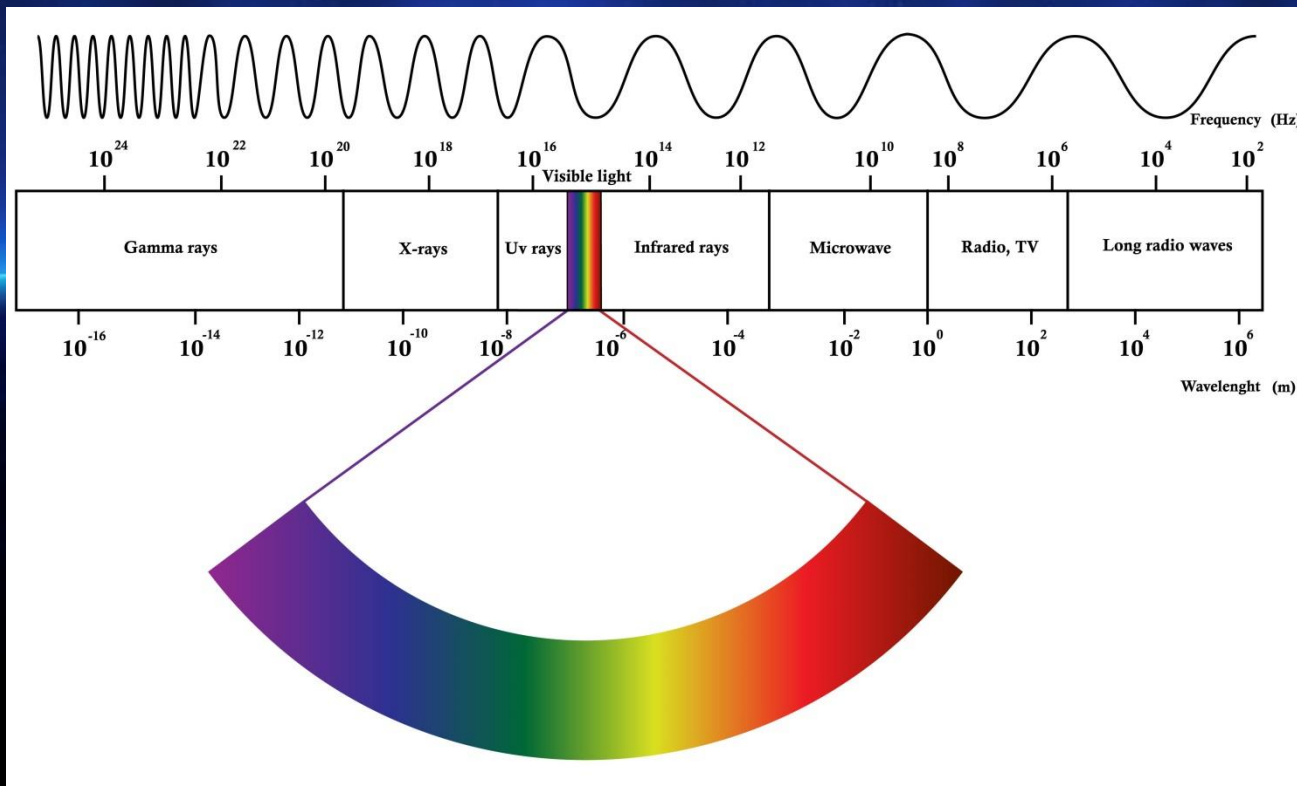
Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία



Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έχει **κυματικά** και **σωματιδιακά** χαρακτηριστικά

- διαδίδεται στο χώρο ως κύμα
- αλληλεπιδρά με την ύλη ως σωματίδιο



Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Κυματικό μοντέλο

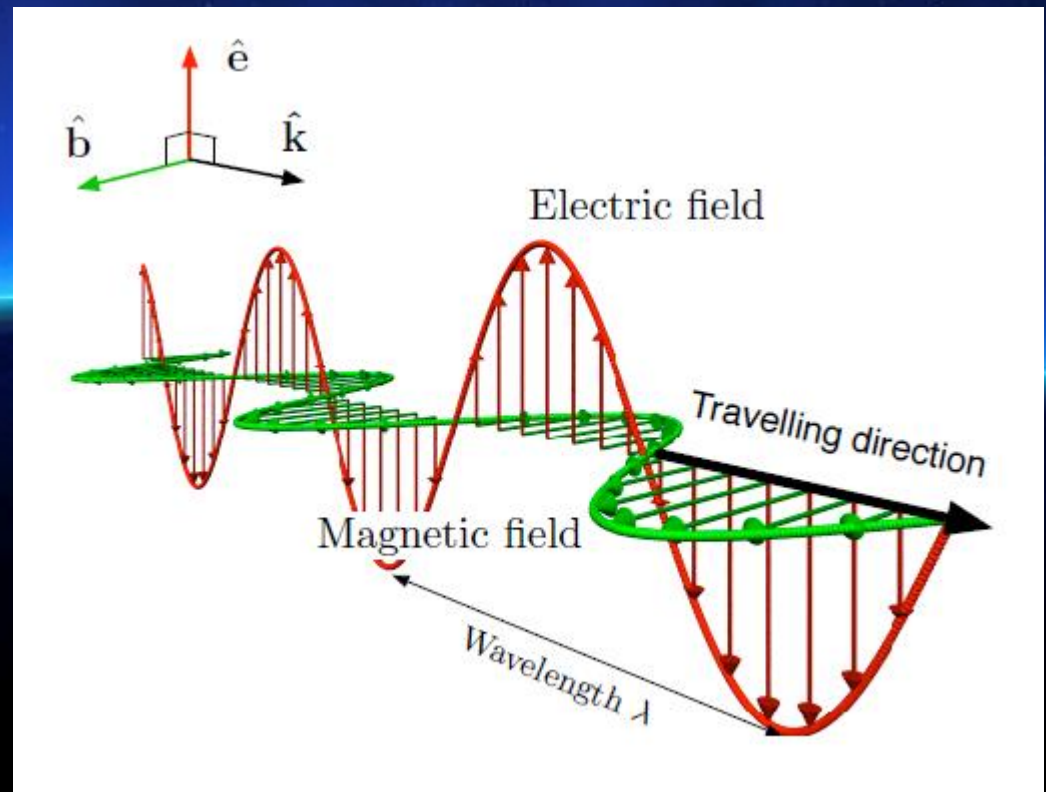
ηλεκτρομαγνητικό κύμα που διαδίδεται στο χώρο με την ταχύτητα του φωτός

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

λ , μήκος κύματος

c , ταχύτητα του φωτός
($3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$)

ν , συχνότητα (Hz)



Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Σωματιδιακό μοντέλο

όταν η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία αλληλεπιδρά με την ύλη, συμπεριφέρεται σαν να αποτελείται από πολλά ξεχωριστά σωματίδια (κβάντα ή φωτόνια)

Η ενέργεια ενός φωτονίου είναι:

αντιστρόφως ανάλογη του
μήκους κύματος

$$Q = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

Q, ενέργεια (J)

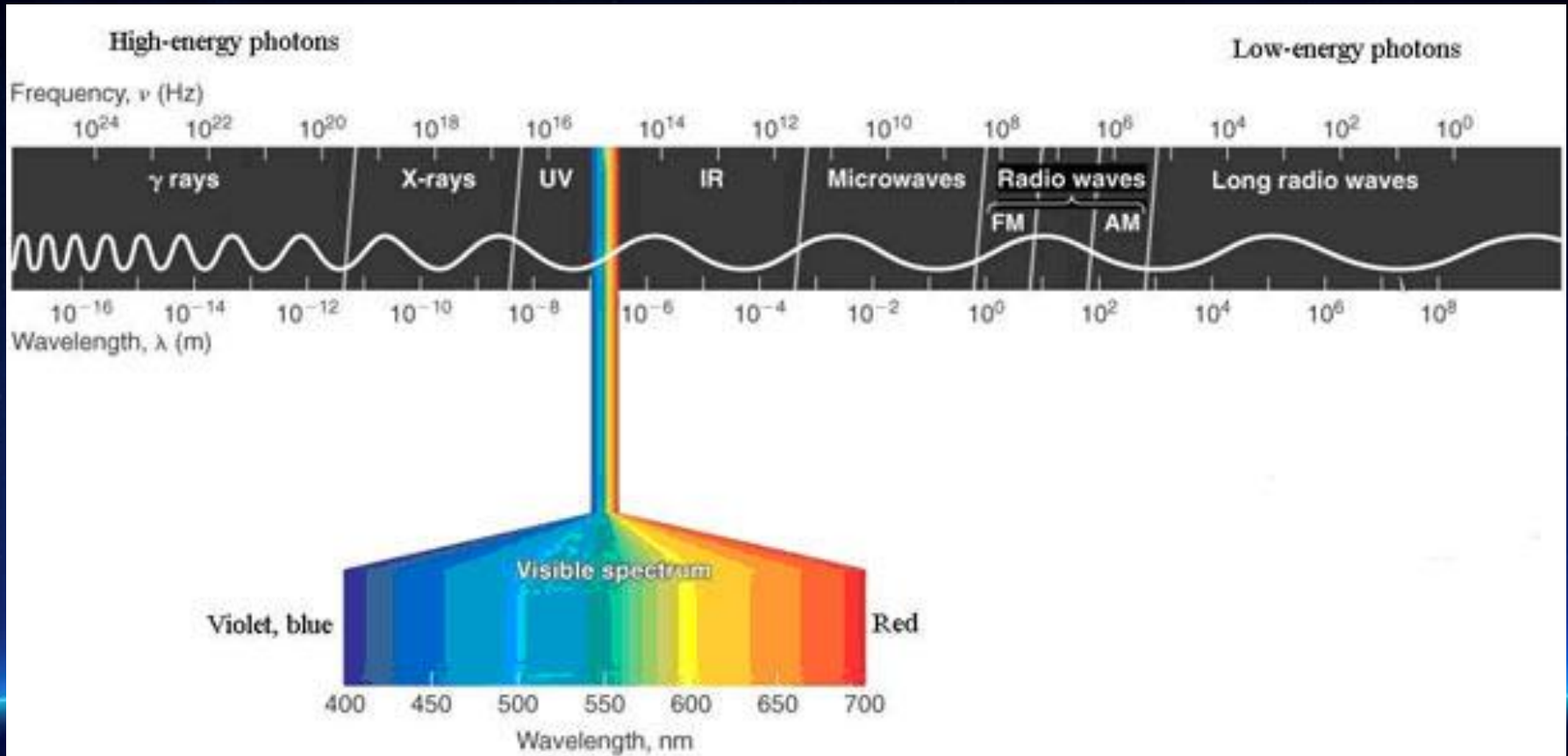
h, σταθερά του Planck ($6.626 \cdot 10^{-34}$ J s)

ν , συχνότητα (Hz)

c, ταχύτητα του φωτός ($3 \cdot 10^8$ m s⁻¹)

λ , μήκος κύματος

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία



$$Q = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

Q, ενέργεια (J)

h, σταθερά του Planck ($6.626 \cdot 10^{-34}$ J s)

λ , μήκος κύματος

c, ταχύτητα του φωτός ($3 \cdot 10^8$ m s⁻¹)

ν , συχνότητα (Hz)

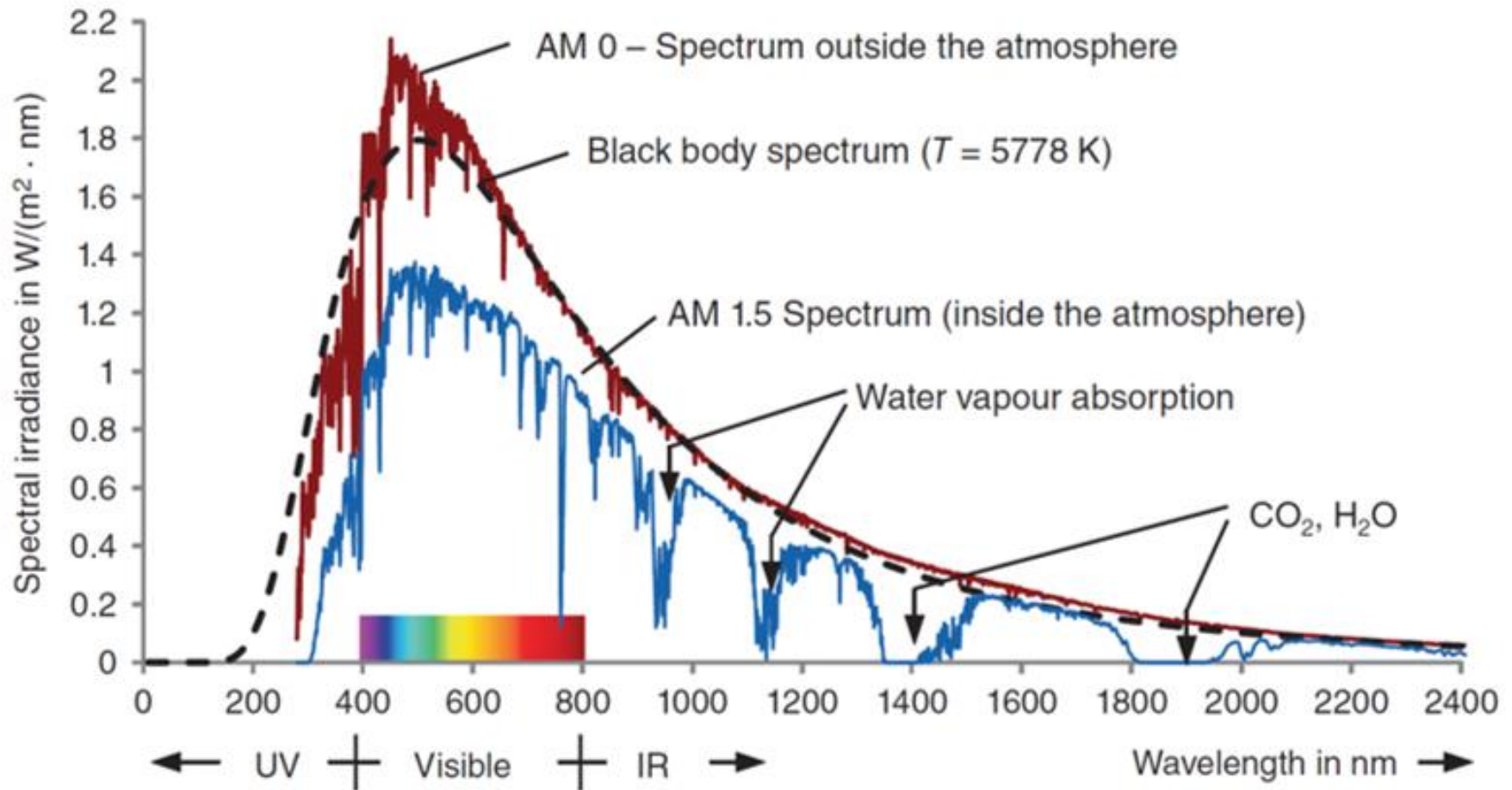
Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

διαδίδεται μέσα από την ατμόσφαιρα της γης σχεδόν με την ταχύτητα του φωτός στο κενό

Ωστόσο, η ατμόσφαιρα μπορεί να επηρεάσει:

- την ταχύτητα διάδοσης
- το μήκος κύματος
- την ένταση
- τη φασματική κατανομή

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία



Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

διαδίδεται μέσα από την ατμόσφαιρα της γης σχεδόν με την ταχύτητα του φωτός στο κενό

Ωστόσο η ατμόσφαιρα μπορεί να επηρεάσει:

- την ταχύτητα διάδοσης
- το μήκος κύματος
- την ένταση
- τη φασματική κατανομή
- τη διεύθυνση διάδοσης (**διάθλαση, refraction**)

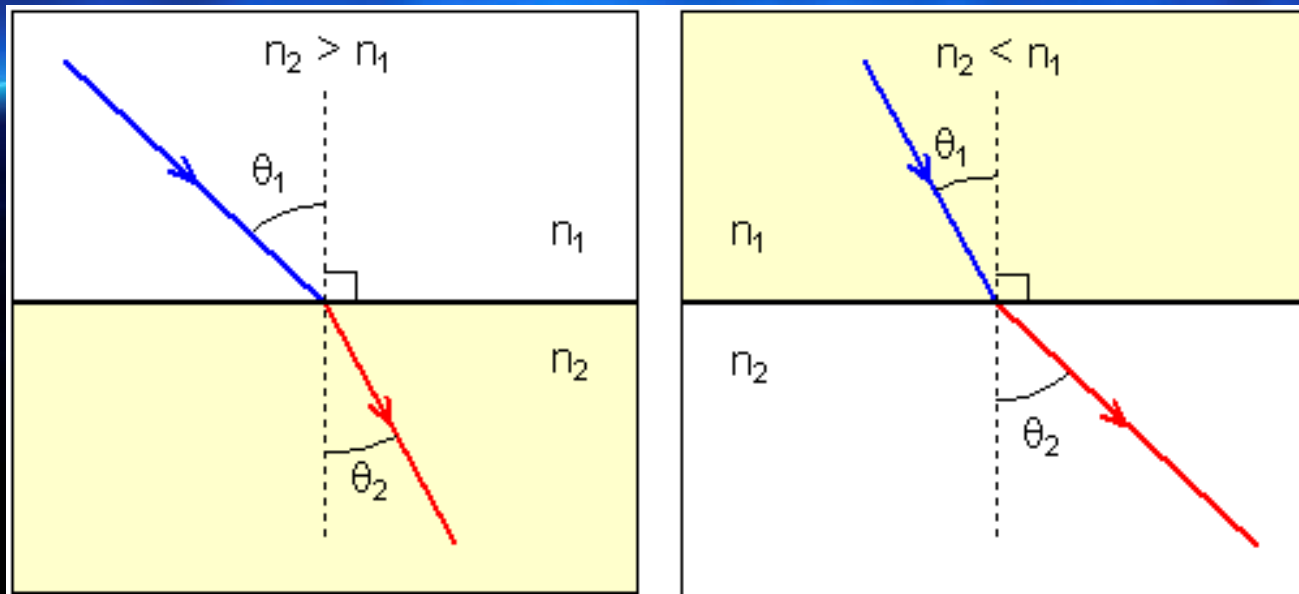
αλλαγή διεύθυνσης που εξαρτάται από τη
διαφορά πυκνότητας των υλικών

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

διαδίδεται μέσα από την ατμόσφαιρα της γης σχεδόν με την ταχύτητα του φωτός στο κενό

Ωστόσο η ατμόσφαιρα μπορεί να επηρεάσει:

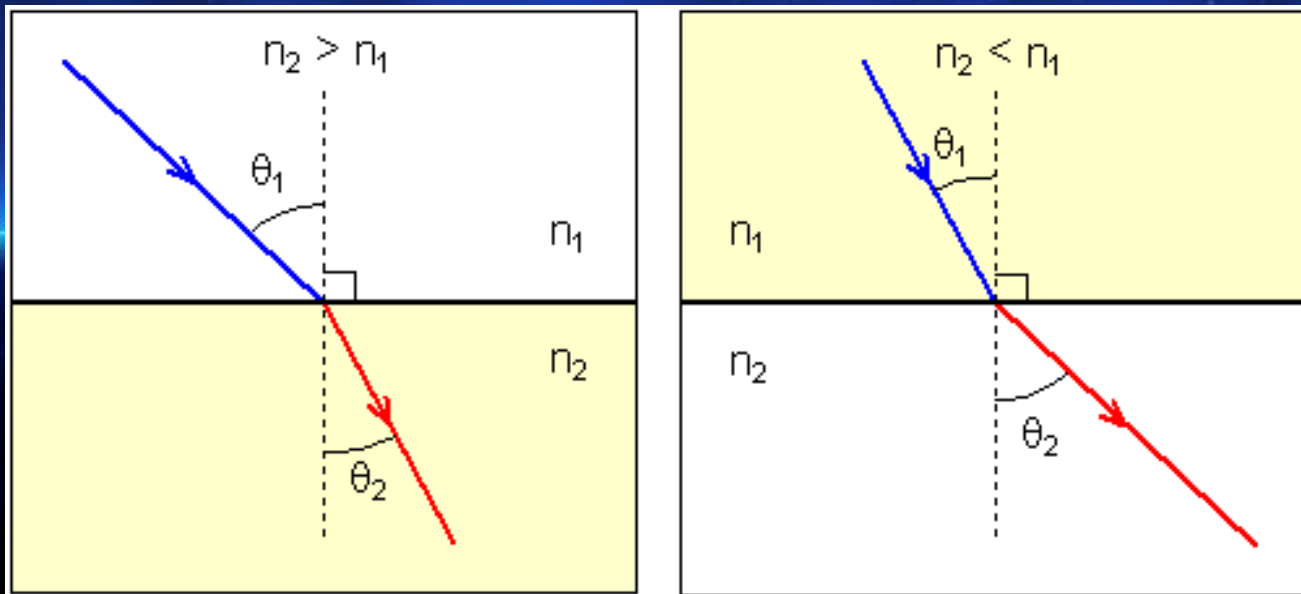
- την ταχύτητα διάδοσης
- το μήκος κύματος
- την ένταση
- τη φασματική κατανομή
- τη διεύθυνση διάδοσης (**διάθλαση**, refraction)



Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Τα σφάλματα μεγαλώνουν με

- τη διαφορά πυκνότητας
- την απόσταση
- τη γωνία παρατήρησης



Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Διάθλαση (refraction)

αλλαγή διεύθυνσης που εξαρτάται από τη διαφορά πυκνότητας των υλικών

Σκέδαση (scattering)

τυχαία αλλαγή διεύθυνσης

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Σκέδαση Rayleigh

όταν η διάμετρος των υλικών είναι πολύ μικρότερη (<0.1) του μήκους κύματος της ακτινοβολίας

Rayleigh scattering

Atmospheric composition: N₂ (78%), O₂ (21%), Ar (1%)

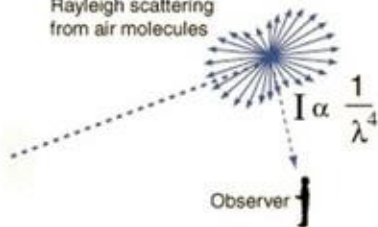
Size of N₂ molecule: 0.31 nm

Size of O₂ molecule: 0.29 nm

Size of Ar molecule: 0.3 nm

Visible wavelengths ~400-700 nm

Rayleigh scattering
from air molecules



$$I \propto \frac{1}{\lambda^4}$$


The strong wavelength dependence of Rayleigh scattering enhances the short wavelengths, giving us the blue sky.

The scattering at 400 nm is 9.4 times as great as that at 700 nm for equal incident intensity.

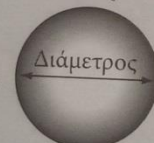
- Scattering of light off air molecules is called Rayleigh Scattering
- Involves particles much smaller than the wavelength of incident light
- Responsible for the blue color of clear sky

Ατμοσφαιρική Σκέδαση


Σκέδαση Rayleigh

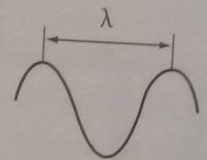
α.  Μόριο αερίου

Σκέδαση Mie

β.  Διάμετρος Καπνός, σκόνη

Μη επιλεκτική σκέδαση

γ.  Υδρατμοί



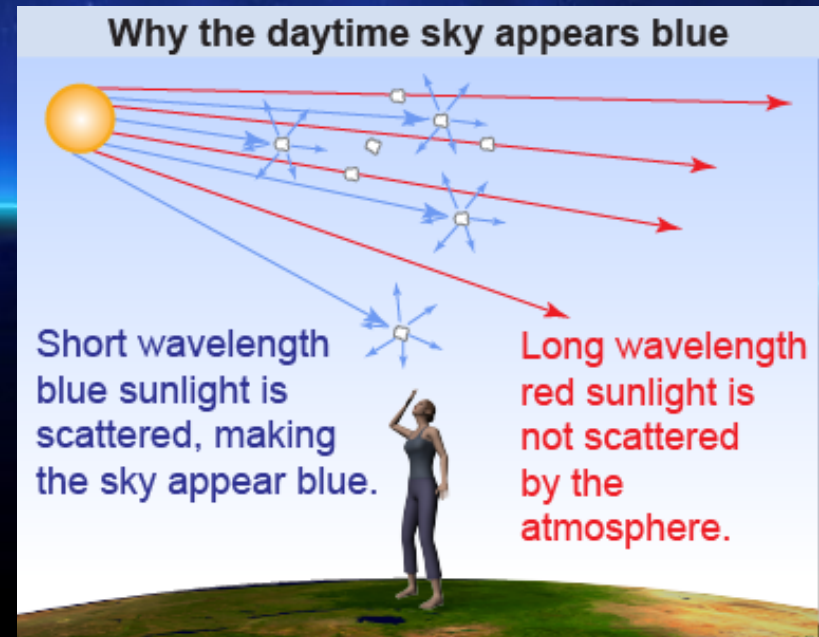
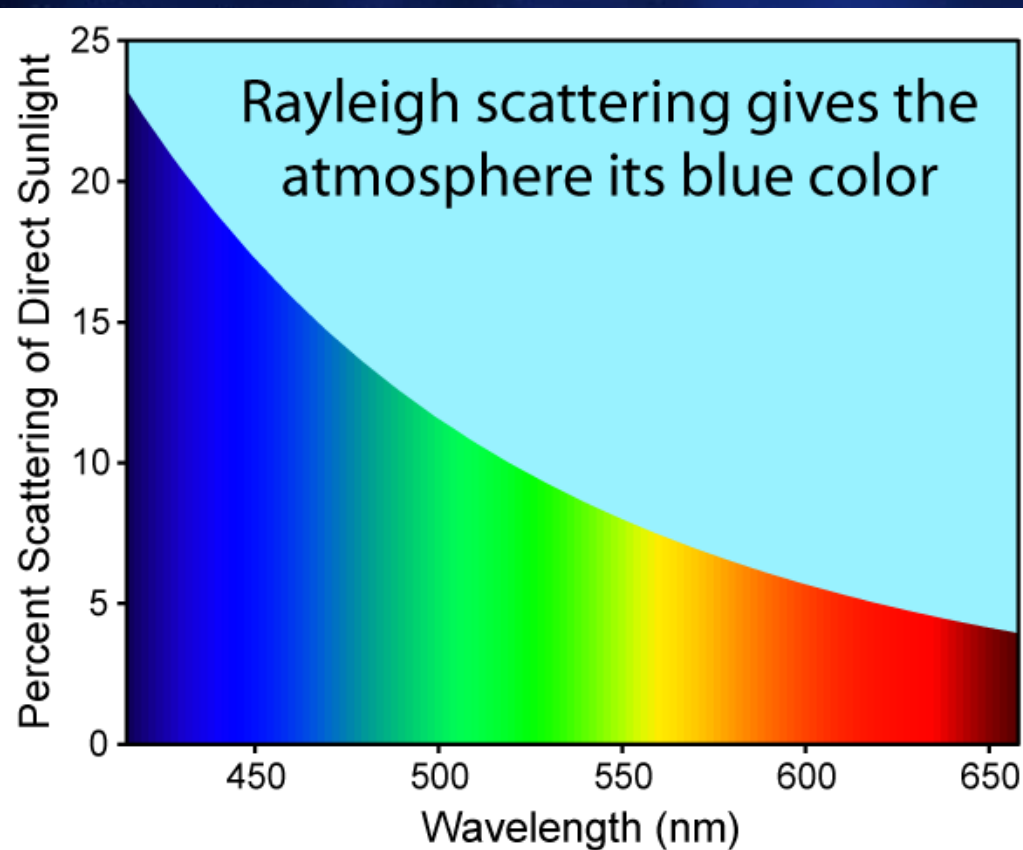
Φωτόνιο
ηλεκτρομαγνητικής
ενέργειας
μοντελοποιημένο
ως κύμα

Σχήμα 2-15 Ο τύπος σκέδασης είναι συνάρτηση 1) του μήκους κύματος της προσπίπτουσας ενέργειας ακτινοβολίας και 2) του μεγέθους των μορίων των αερίων, των υδρατμών και/ή της σκόνης.

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Σκέδαση Rayleigh

Η ένταση της σκέδασης Rayleigh είναι αντιστρόφως ανάλογη του λ^4



Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

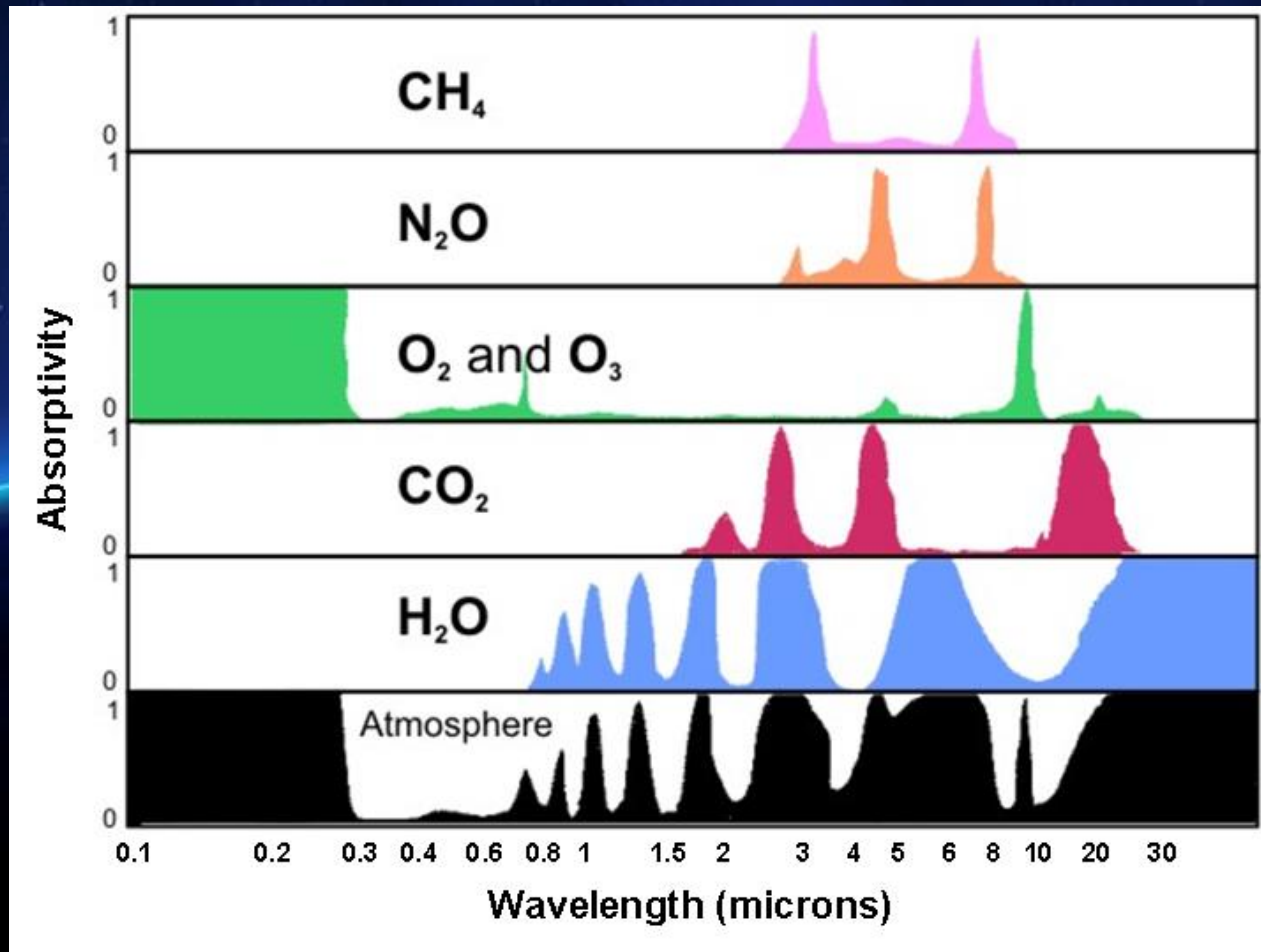
Σκέδαση

Σκέδαση	Μέγεθος σωματιδίων	Ατμοσφαιρική περιοχή	Σωματίδια	Εξάρτηση
Rayleigh	$\ll \lambda$	2 – 8 km	Μόρια αερίων (O ₂ , N ₂ , Ar...)	λ^{-4}
Mie	$\approx \lambda$	0 – 4.5 km	Αερολύματα (καπνός, σκόνη...)	$\lambda^{-1} - \lambda^{-3}$
Μη επιλεκτική	$> \lambda$	0 – 4.5 km	Υδρατμοί	λ^0

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Απορρόφηση (absorption)

η ενέργεια της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας απορροφάται και μετατρέπεται σε άλλες μορφές ενέργειας

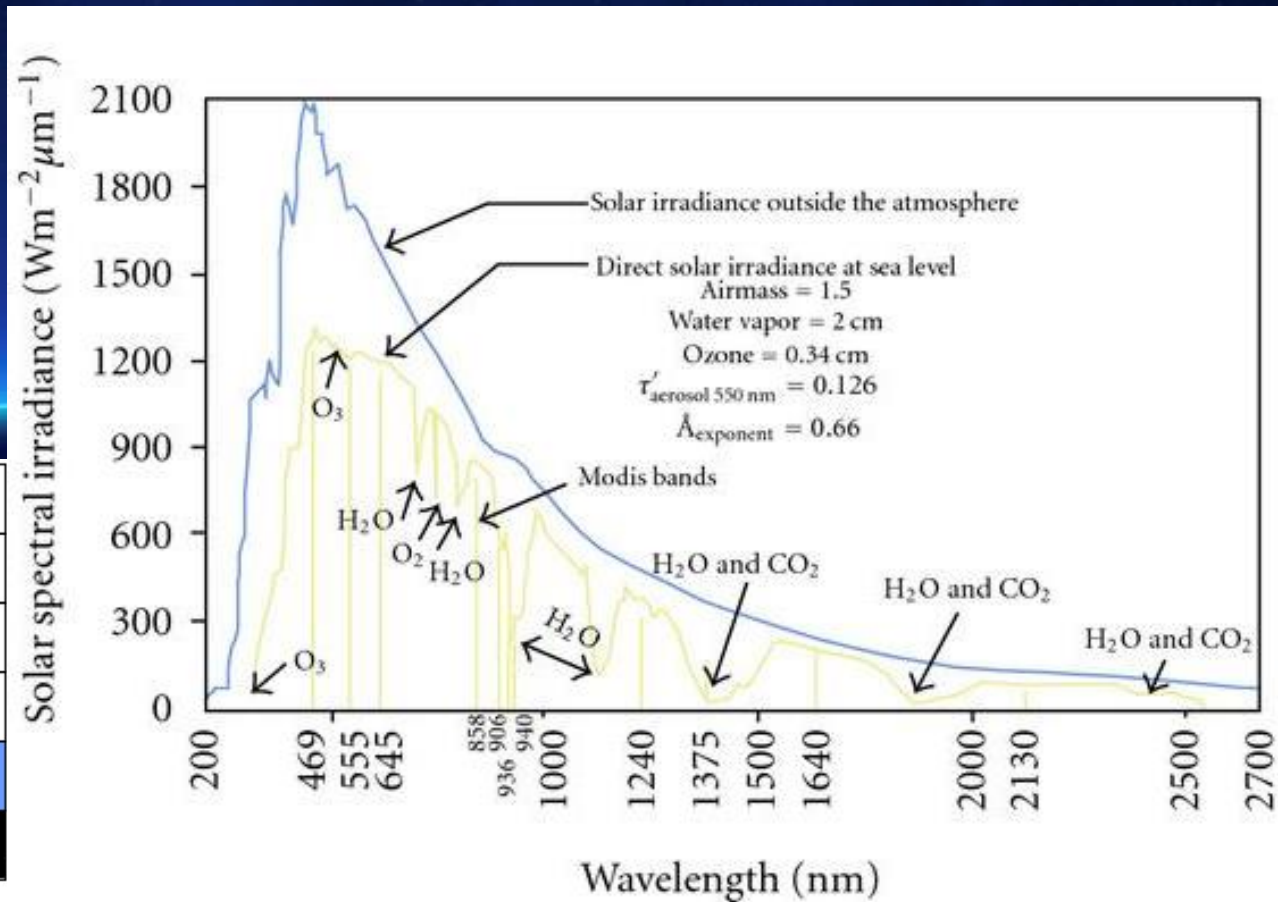
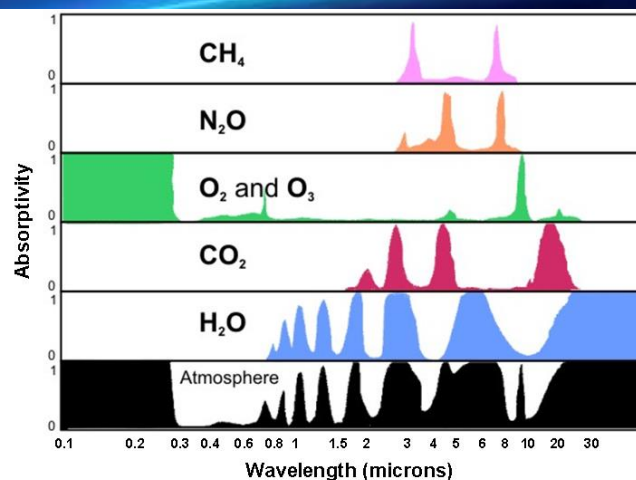


ατμοσφαιρικά
παράθυρα

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Απορρόφηση

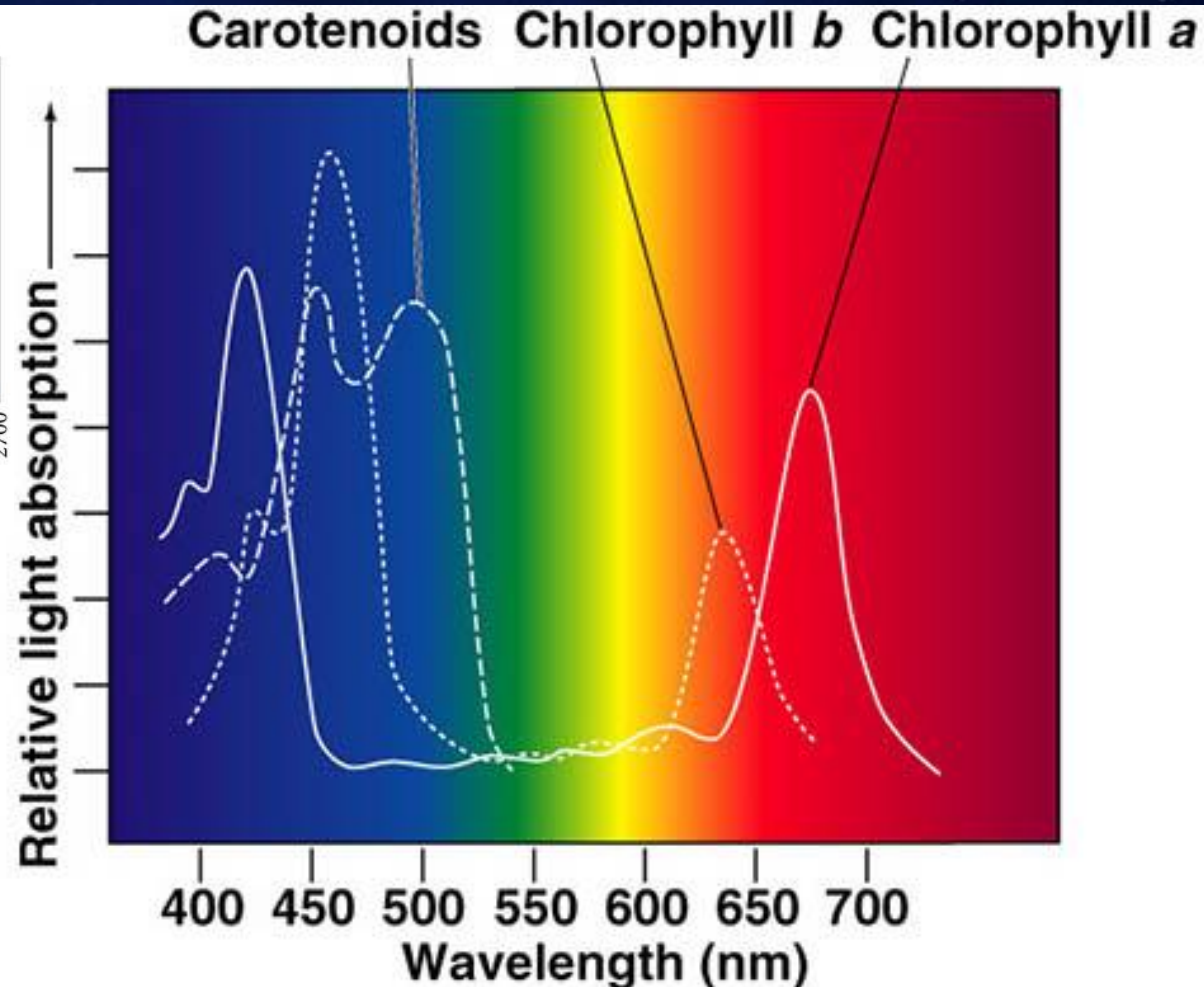
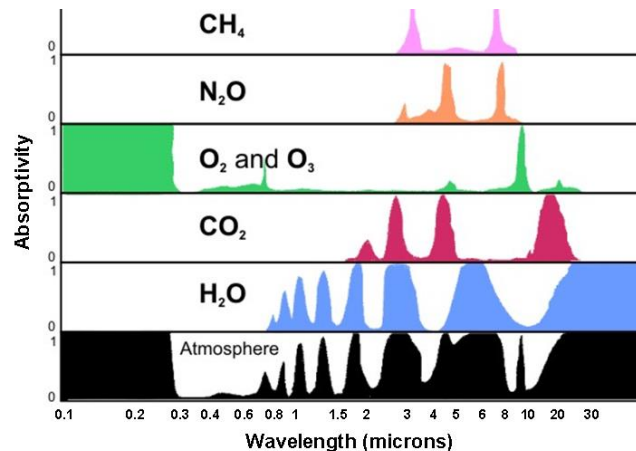
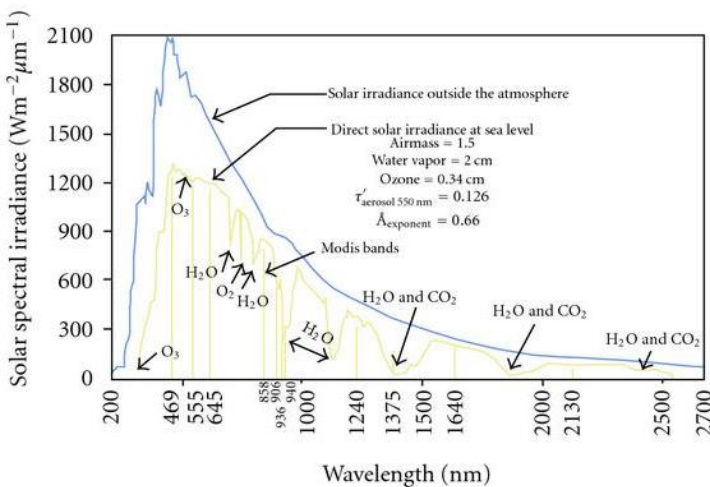
η ενέργεια της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας απορροφάται και μετατρέπεται σε άλλες μορφές ενέργειας



Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Απορρόφηση

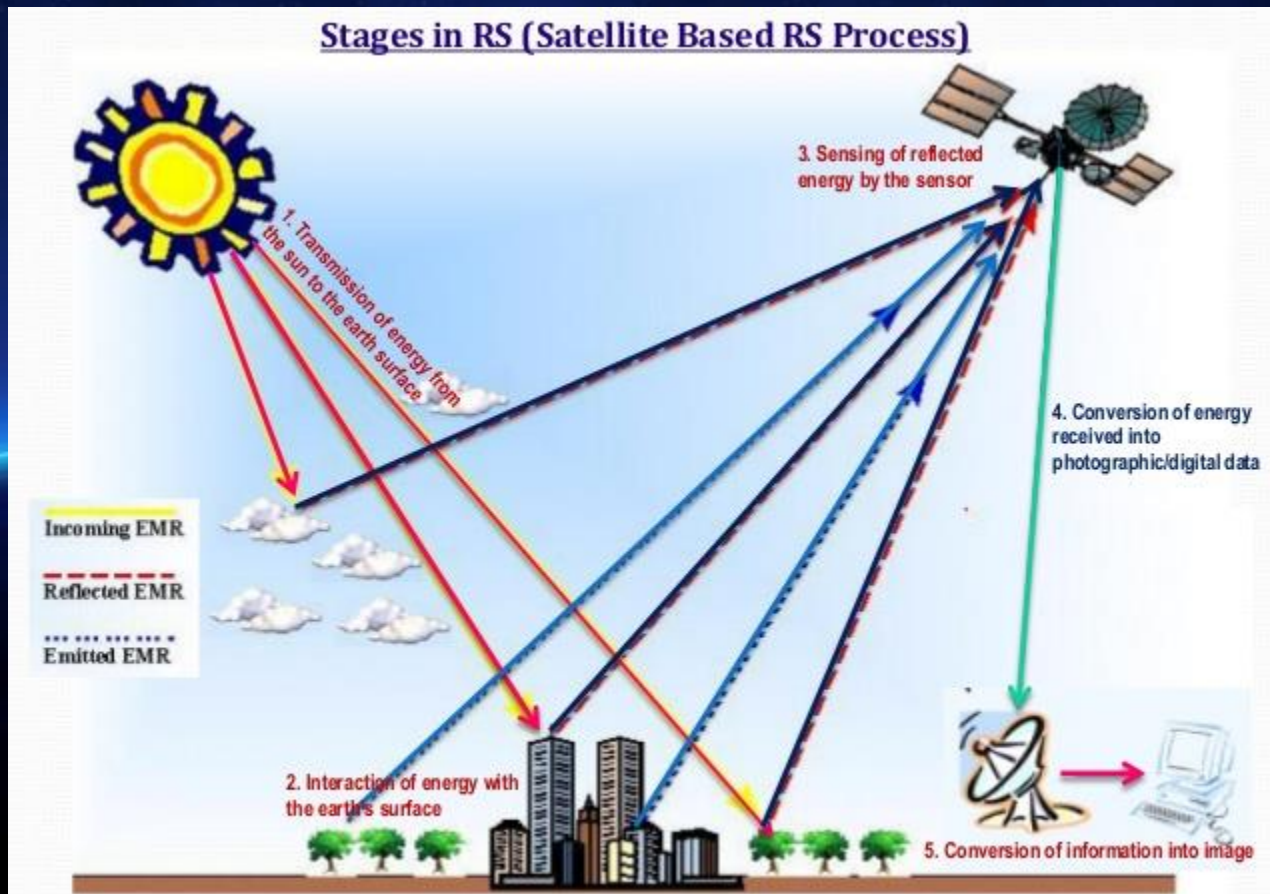
η ενέργεια της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας απορροφάται και μετατρέπεται σε άλλες μορφές ενέργειας



Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Ατμοσφαιρικές διορθώσεις

Στο σύστημα τηλεπισκόπησης η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία διασχίζει 2 φορές την ατμόσφαιρα (διαφορετικές γωνίες).



Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Ανακλαστικότητα (reflectance)

Ανάκλαση: η αλλαγή διεύθυνσης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από αντικείμενα ή επιφάνειες.

Ανακλαστικότητα: ο λόγος της ακτινοβολίας που ανακλάται από μια επιφάνεια προς την ακτινοβολία που προσπίπτει στην επιφάνεια (αδιάστατο μέγεθος, 0 – 1, 0 – 100%).



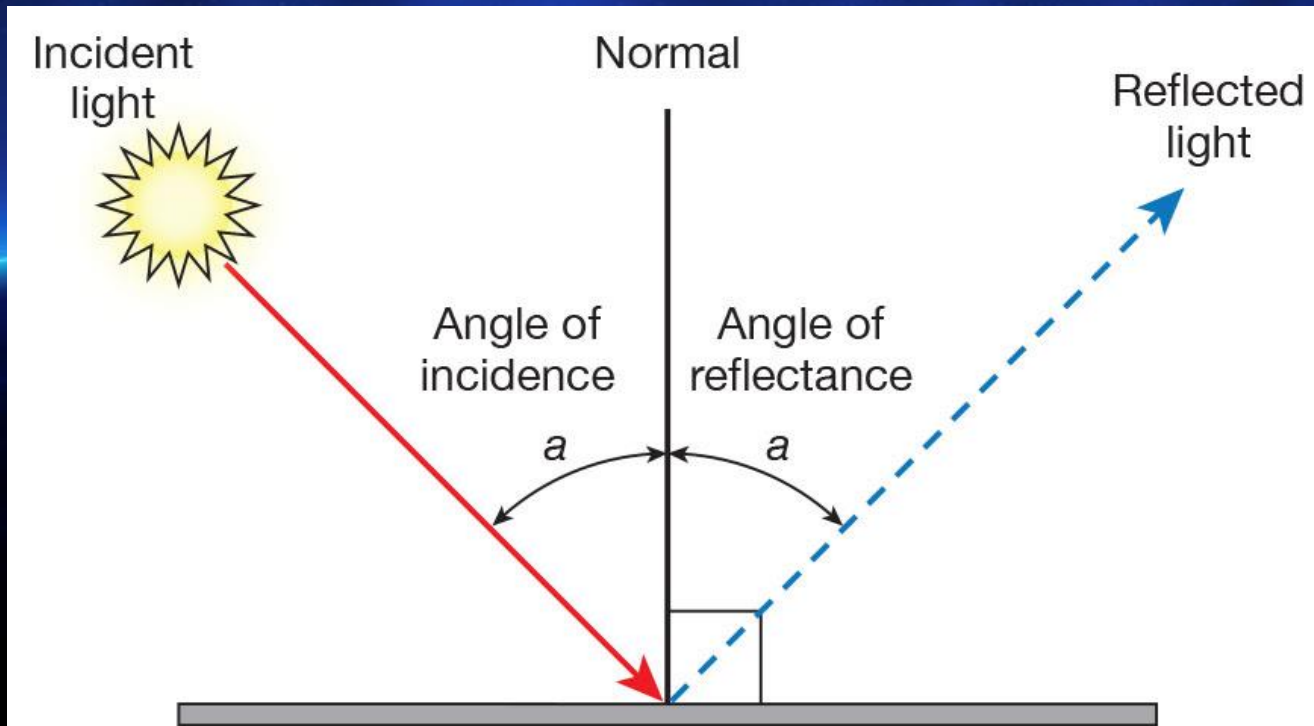
Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Ανακλαστικότητα - Χαρακτηριστικά

- η προσπίπτουσα ακτινοβολία
- η ανακλώμενη ακτινοβολία
- μια κάθετη προς την επιφάνεια ανάκλασης

βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο

Η γωνία πρόσπτωσης (εισόδου) και ανάκλασης (εξόδου) είναι περίπου ίσες

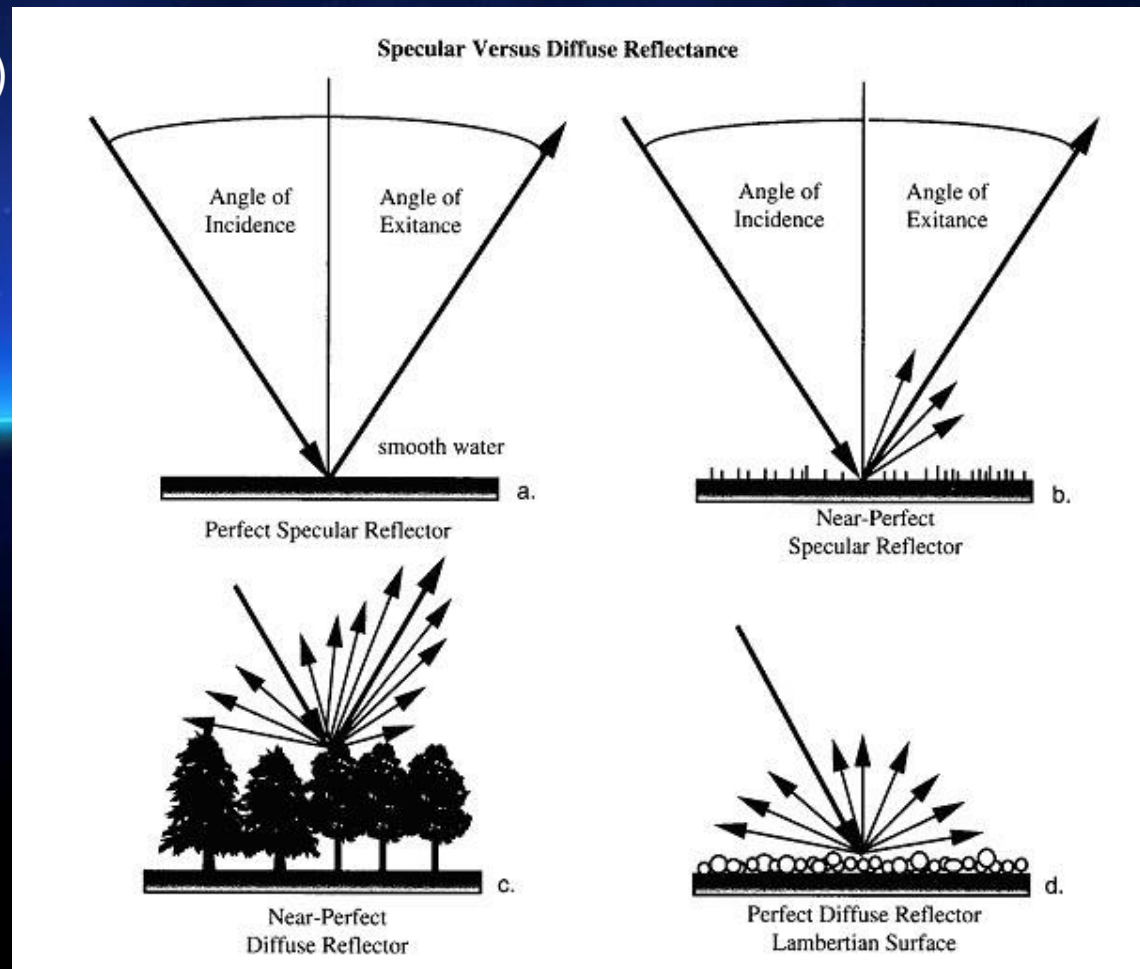


Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Τύποι ανακλαστικών επιφανειών

1. Κατοπτρική (specular)
2. Σχεδόν τέλεια κατοπτρική
3. Σχεδόν ιδανικά διαχέουσα
4. Ιδανικά διαχέουσα (Λαμπερτιανή)

καθορίζεται από το ύψος των ανωμαλιών της επιφάνειας σε σχέση με το μήκος κύματος της ακτινοβολίας



Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Αλληλεπιδράσεις ενέργειας και ύλης στο έδαφος

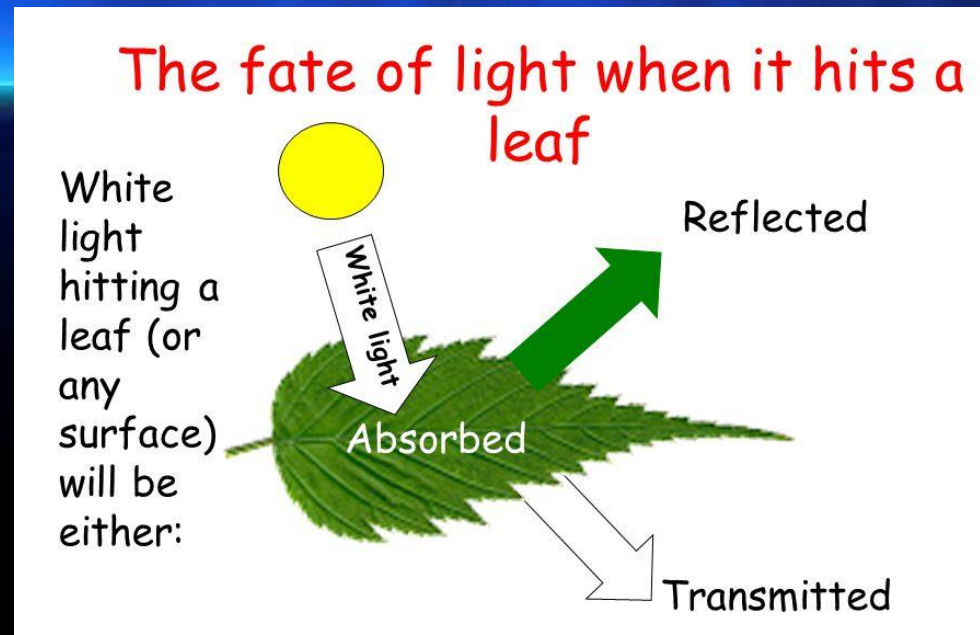
Ισχύς ακτινοβολίας (radiant flux)

Φ W (= J/s)

Ο ρυθμός ροής ενέργειας που (εκπέμπεται), προσπίπτει, ανακλάται, διαπερνά, απορροφάται από μία επιφάνεια

$$\Phi_{i\lambda} = \Phi_{\text{reflected}\lambda} + \Phi_{\text{absorbed}\lambda} + \Phi_{\text{transmitted}\lambda}$$

radiation budget equation



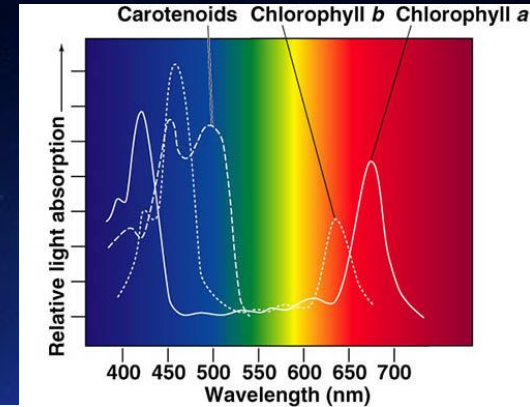
Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Ισχύς ακτινοβολίας (radiant flux)

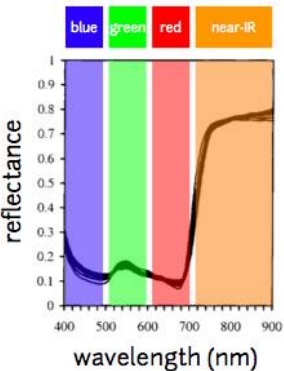
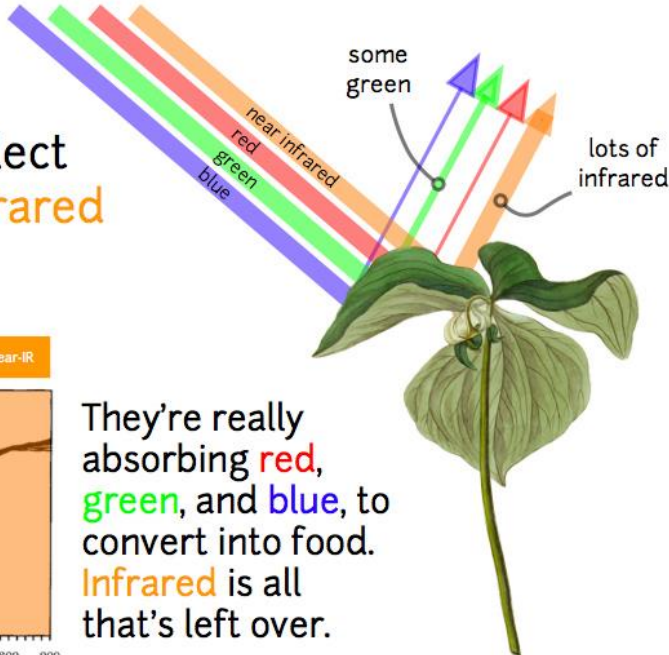
Φ

W (= J/s)

$$\Phi_{i\lambda} = \Phi_{\text{reflected}\lambda} + \Phi_{\text{absorbed}\lambda} + \Phi_{\text{transmitted}\lambda}$$

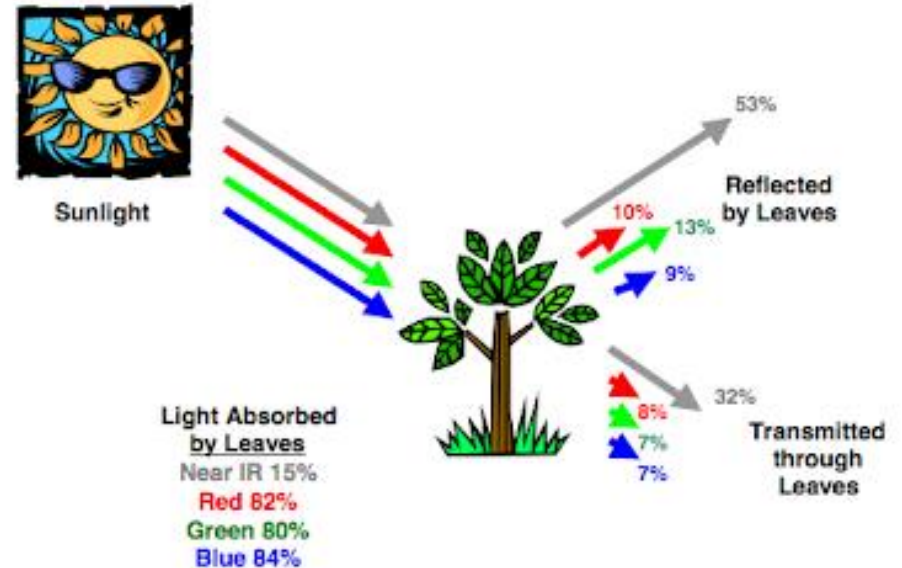


Why do plants reflect lots of **infrared** light?



They're really absorbing **red**, **green**, and **blue**, to convert into food. **Infrared** is all that's left over.

Three Ways Light Interacts with Leaves (Typical Values)

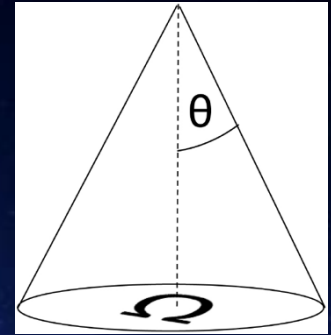


Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Ισχύς ακτινοβολίας (radiant flux)

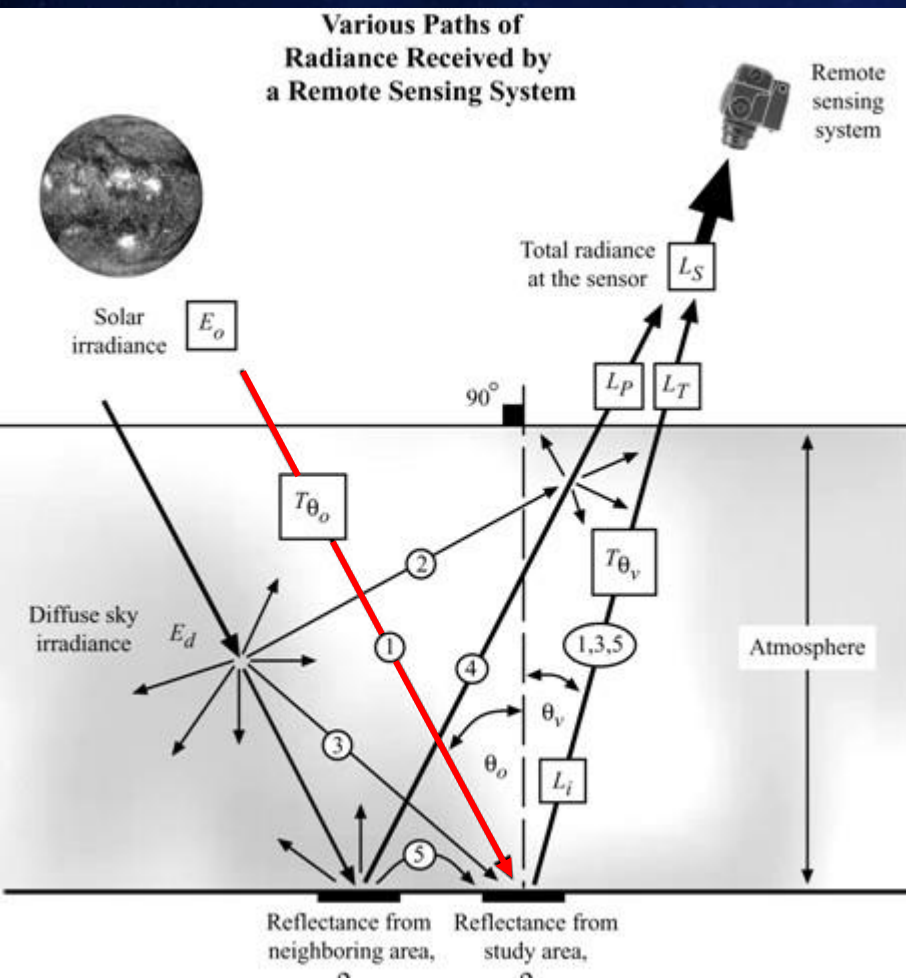
Φ

W (= J/s)



Όνομασία	Σύμβολο	Μονάδες	Έννοια
Ενέργεια	Q	J	Ικανότητα για εκτέλεση έργου
Ισχύς ακτινοβολίας Radiant flux	Φ	W	Ρυθμός ροής ενέργειας ($J s^{-1}$)
Φωτισμός Irradiance	E	$W m^{-2}$	Ισχύς ακτινοβολίας ανά μονάδα επιφάνειας
Spectral Irradiance	E	$W m^{-2} nm^{-1}$	Ισχύς ακτινοβολίας ανά μονάδα επιφάνειας και μήκος κύματος
Ακτινοβολία Radiance	L	$W m^{-2} sr^{-1}$	Ισχύς ακτινοβολίας ανά μονάδα επιφάνειας και στερεά γωνία
Spectral Radiance	L	$W m^{-2} sr^{-1} nm^{-1}$	Ισχύς ακτινοβολίας ανά προβαλλόμενη μονάδα επιφάνειας, στερεά γωνία και μήκος κύματος

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία



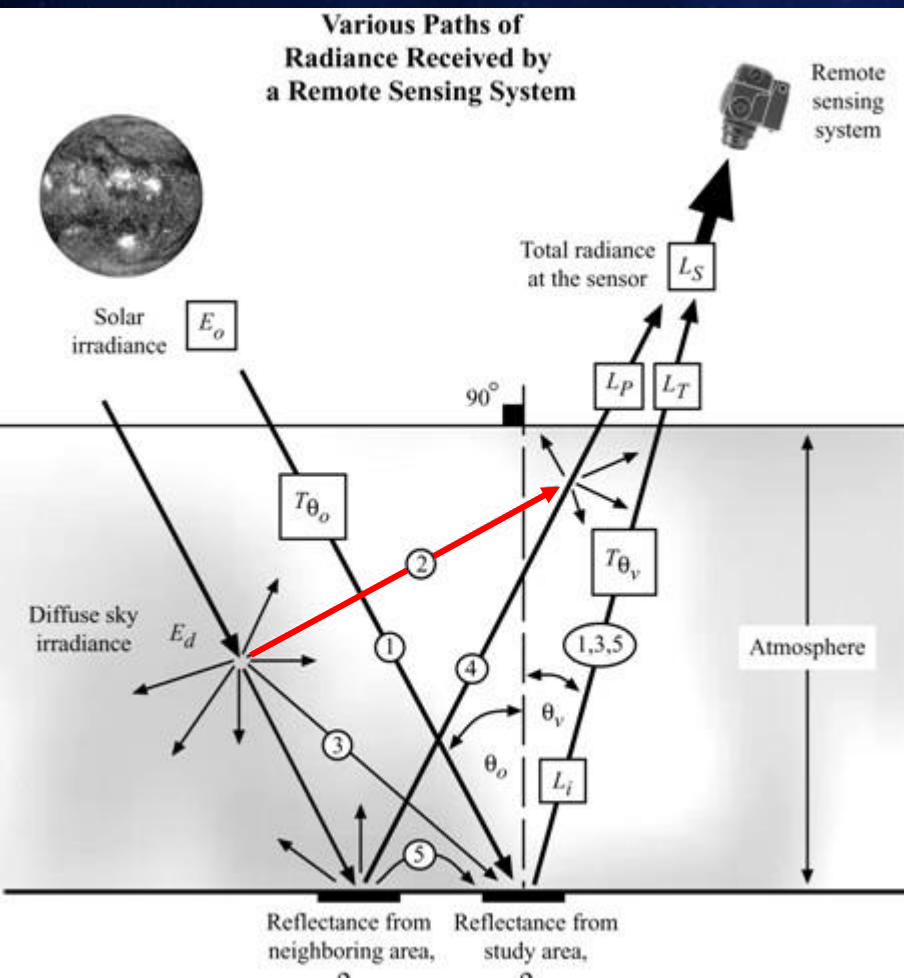
Διαδρομή 1: περιλαμβάνει την ακτινοβολία που προέρχεται από τον ήλιο και προσπίπτει στην περιοχή μελέτης

- υπό ζενίθια γωνία θ_o
- συνάρτηση της ατμοσφαιρικής διαπερατότητας T_{θ_o}

$T_{\theta_o} = 1$: όλη η ακτινοβολία φτάνει στο έδαφος

$T_{\theta_o} = 0$: καθόλου ακτινοβολία δεν φτάνει στο έδαφος

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

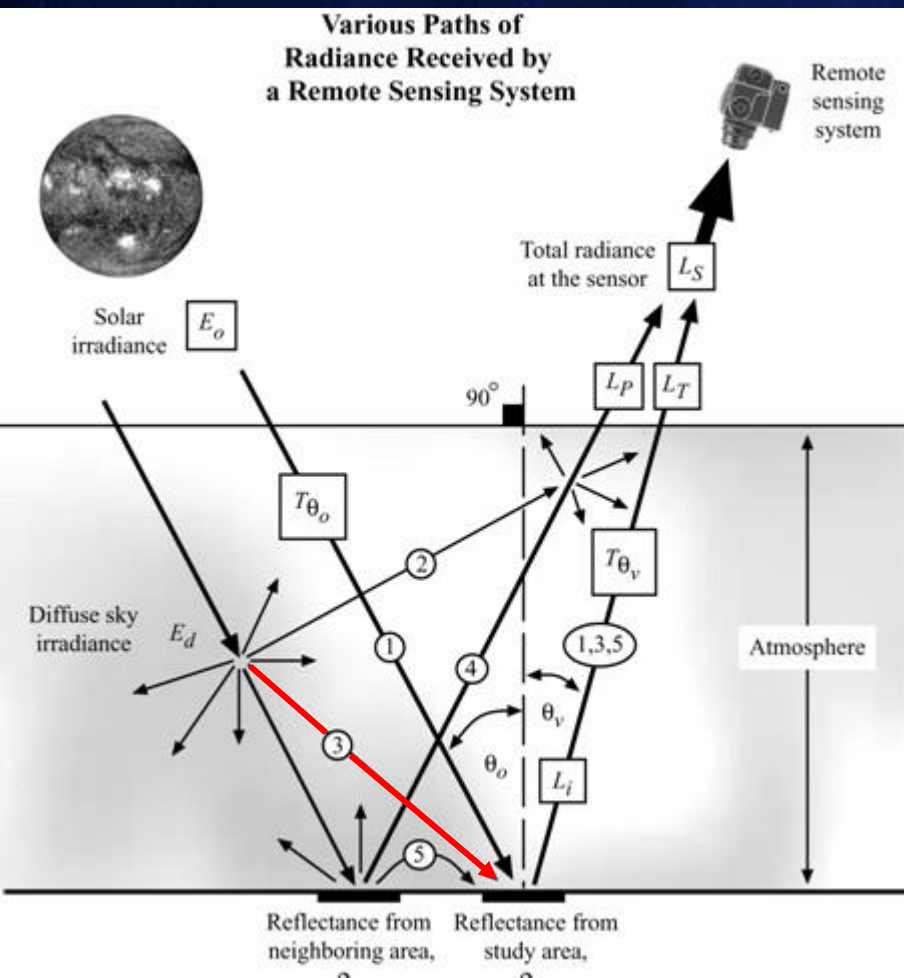


Διαδρομή 2: περιλαμβάνει διάχυτη ακτινοβολία η οποία

- προέρχεται από σκεδασμό στα σωματίδια της ατμόσφαιρας
- δεν αλληλεπιδρά με την περιοχή μελέτης
- εισέρχεται στο στιγμιαίο οπτικό πεδίο (IFOV) του αισθητήρα

ανεπιθύμητη

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία



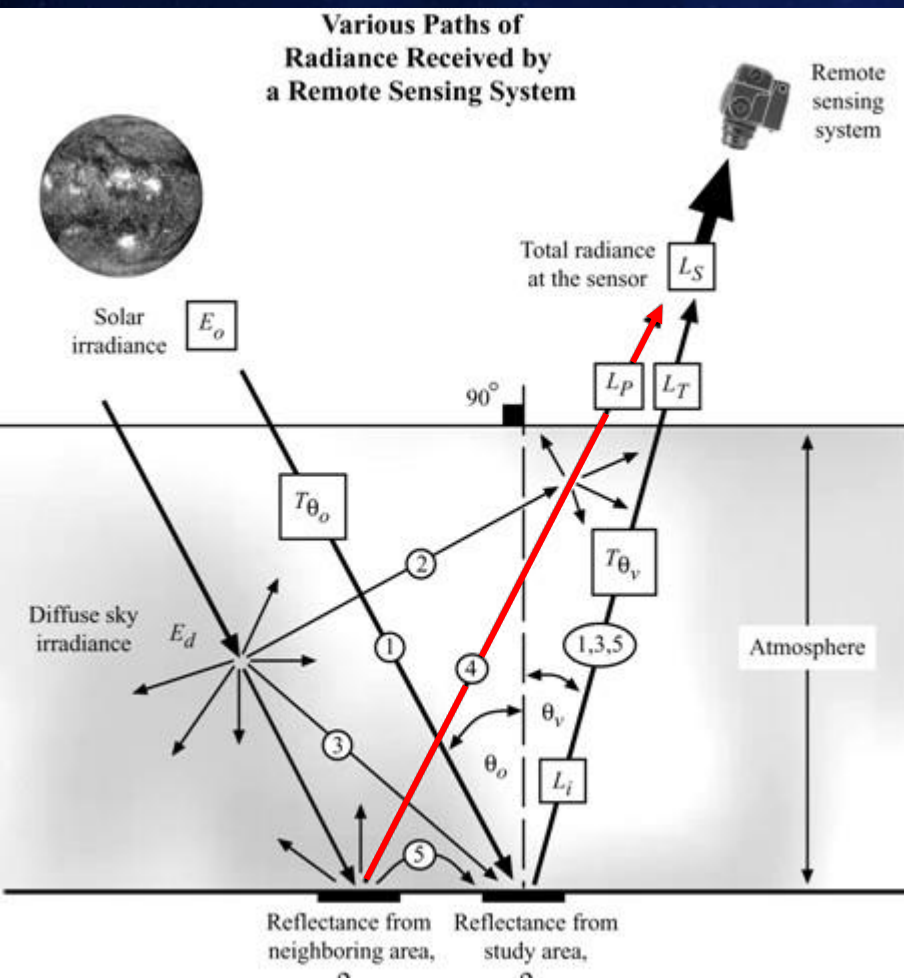
Διαδρομή 3: περιλαμβάνει ακτινοβολία η οποία

- έχει υποστεί σκεδασμό (Rayleigh, Mie, μη επιλεκτικό) από σωματίδια της ατμόσφαιρας
- πιθανώς έχει υποστεί απορρόφηση και επανεκπομπή

πριν φτάσει στην περιοχή μελέτης

Η φασματική της σύνθεση και πόλωση πιθανώς διαφέρει από αυτήν της διαδρομής 1.

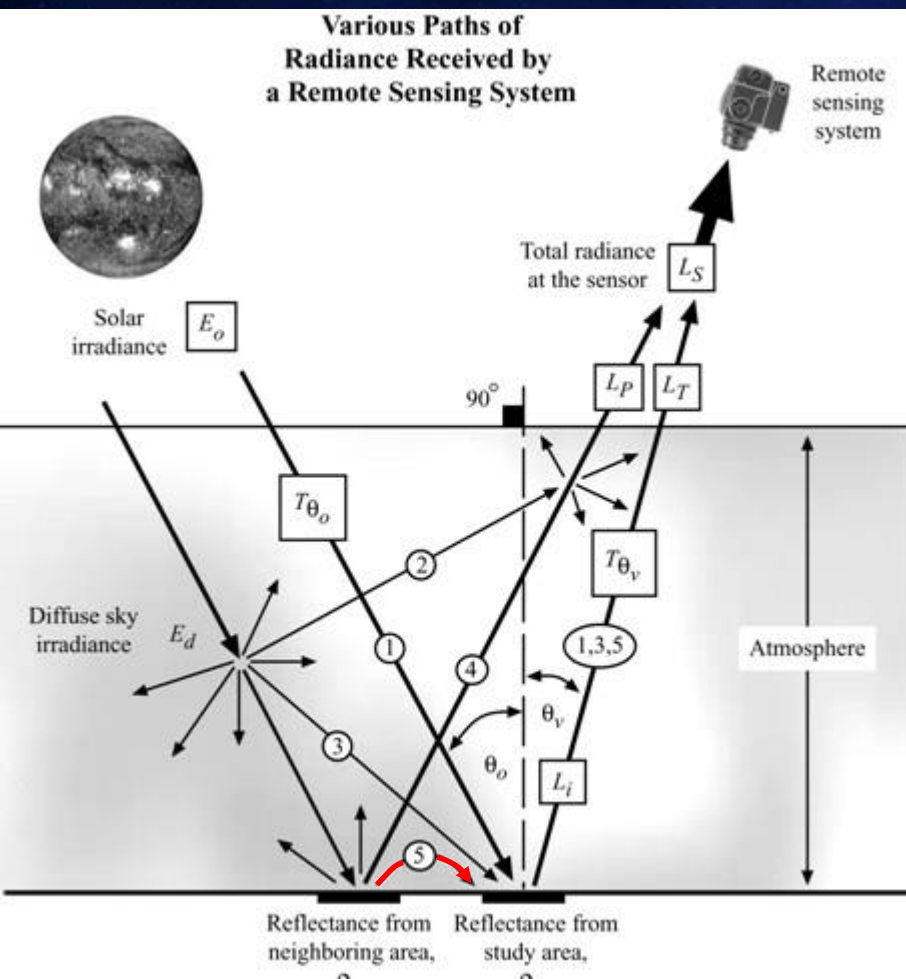
Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία



Διαδρομή 4: περιλαμβάνει ακτινοβολία η οποία

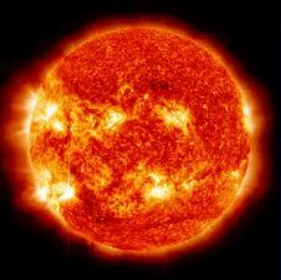
- προέρχεται από γειτονική περιοχή
- εισέρχεται στο στιγμιαίο οπτικό πεδίο (IFOV) του αισθητήρα

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία



Διαδρομή 5: περιλαμβάνει ακτινοβολία η οποία

- ανακλάται από γειτονική περιοχή
- σκεδάζεται ή ανακλάται προς την περιοχή μελέτης



Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία
διαδίδεται ως κύμα (λ) με ταχύτητα c
και αλληλεπιδρά με την ύλη
ως σωματίδιο με ενέργεια $Q = hc / \lambda$

αλληλεπιδρά με τον δορυφορικό αισθητήρα

διασχίζει την ατμόσφαιρα
(απορρόφηση, διάθλαση, σκεδασμός...)

διασχίζει την ατμόσφαιρα
(απορρόφηση, διάθλαση, σκεδασμός...)

αλληλεπιδρά με αντικείμενα στο έδαφος
(απορρόφηση, ανάκλαση)

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία
και **δορυφορική** τηλεπισκόπηση

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και **δορυφορική** τηλεπισκόπηση

DN
(Digital Number)
Level 0

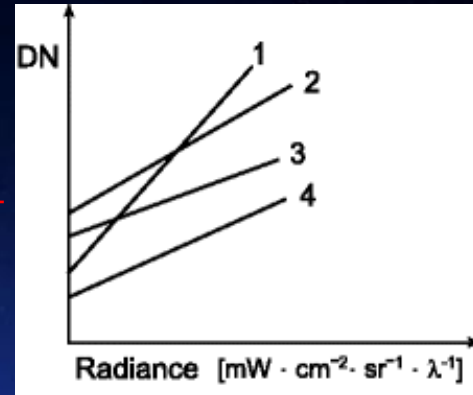
Radiance στον αισθητήρα
Level 1A

TOA Reflectance
(Top of Atmosphere)
Level 1C

BOA Reflectance
(Bottom of Atmosphere)
Level 2A



π.χ. 8 bit: 0 - 255



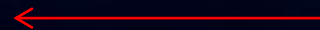
βαθμονόμηση αισθητήρα



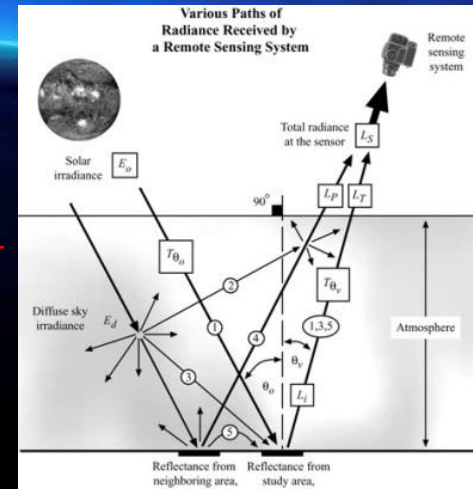
ηλιακή ακτινοβολία

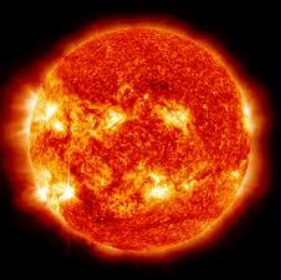


ατμοσφαιρική διόρθωση



ηλιακή εξωατμοσφαιρική ακτινοβολία





Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και τηλεπισκόπηση μέσω UAVs (drones)

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία διαδίδεται ως κύμα (λ) με ταχύτητα c και αλληλεπιδρά με την ύλη ως σωματίδιο με ενέργεια $Q = hc / \lambda$

διασχίζει την ατμόσφαιρα (απορρόφηση, διάθλαση, σκεδασμός...)



αλληλεπιδρά με αντικείμενα στο έδαφος (απορρόφηση, ανάκλαση)