



Πανεπιστήμιο  
Αιγαίου

Ανοικτά  
Ακαδημαϊκά  
Μαθήματα



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ**

**ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΙ ΓΣΠ**

*Διευθυντής: καθηγητής Ι. Ν. Χατζόπουλος*



# Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση (326Ε)

Καθηγητής Ιωάννης Ν. Χατζόπουλος

[ihat@aegean.gr](mailto:ihat@aegean.gr)

[http://www.env.aegean.gr/labs/Remote\\_sensing/Remote\\_sensing.htm](http://www.env.aegean.gr/labs/Remote_sensing/Remote_sensing.htm)



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
Επένδυση για το αύριο  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

**Διάλεξη-02**  
**Φύση και ιδιότητες της ηλεκτρομαγνητικής  
ακτινοβολίας**

# 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.



# Φύση και ιδιότητες της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

- **Η θεωρία περιλαμβάνει:**

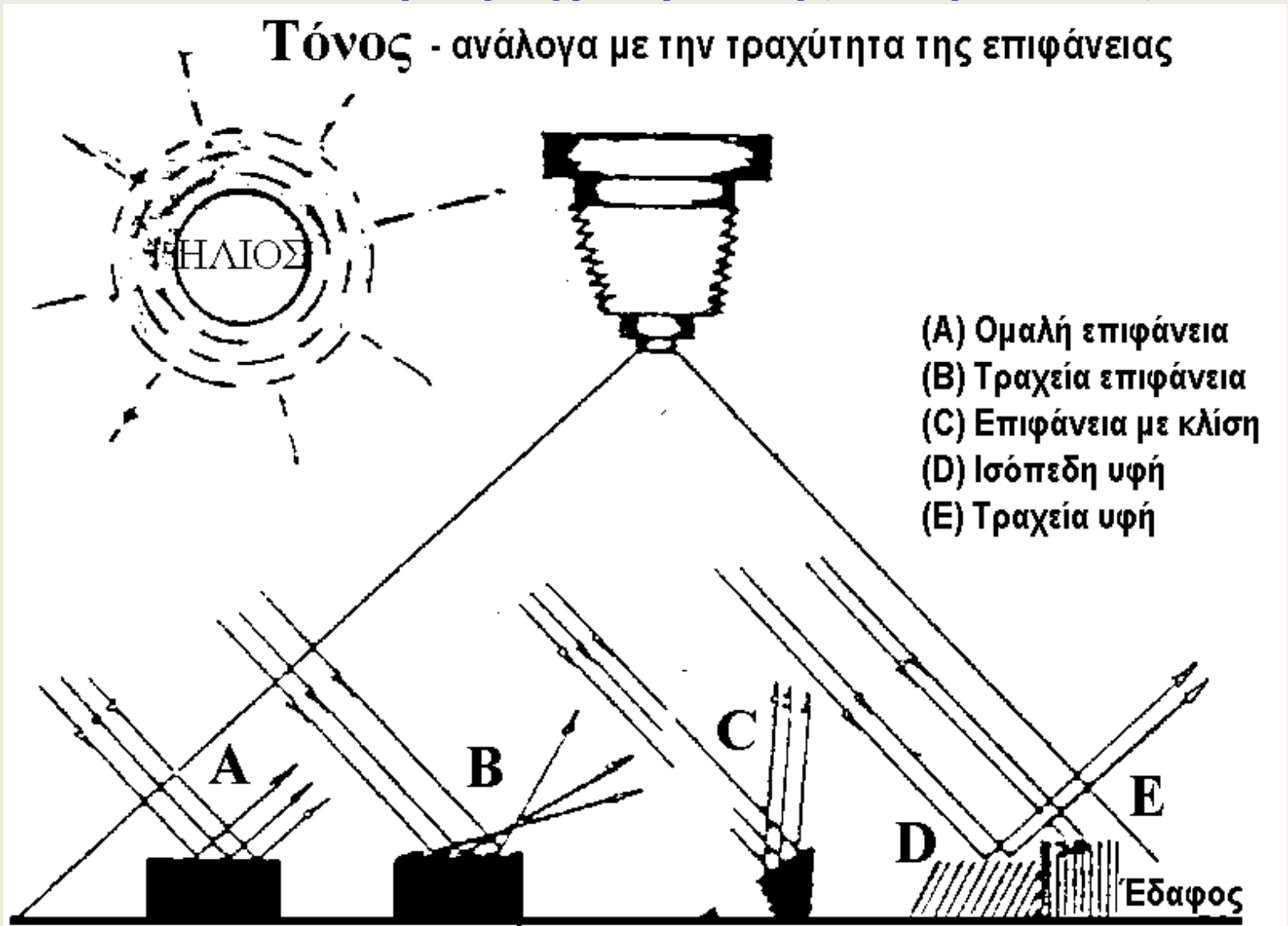
- Επιρροή της αμαύρωσης της εικόνας (τόνος) από την τραχύτητα της επιφάνειας.
- Φωτοερμηνεία από: το σχήμα, σχετικό μέγεθος και πρότυπο, σκιά, συσχετισμός προς το περιβάλλον, τόνος και υφή, τόνος και χρώμα, σχετική θέση αντικειμένου, πρότυπα χαρακτηριστικών, προβλήματα.
- Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (ΗΜΑ).
- Συστήματα σχηματισμού εικόνας.
- Φύση και ιδιότητες της ΗΜΑ. Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Ποσότητες που μετρούνται για το γήινο περιβάλλον σε διαφορετικά μήκη κύματος ΗΜΑ.
- Ποσοστά ακτινοβολίας του ήλιου.
- Παράθυρα διαπερατότητας της ατμόσφαιρας από την ΗΜΑ.
- Νόμοι της ακτινοβολίας. Νόμος του Wien. Μέλαν σώμα – συντελεστής εκπομπής – ε. Νόμος των Stefan-Boltzmann. Το φαινόμενο Doppler.

- **Το εργαστήριο περιλαμβάνει:**

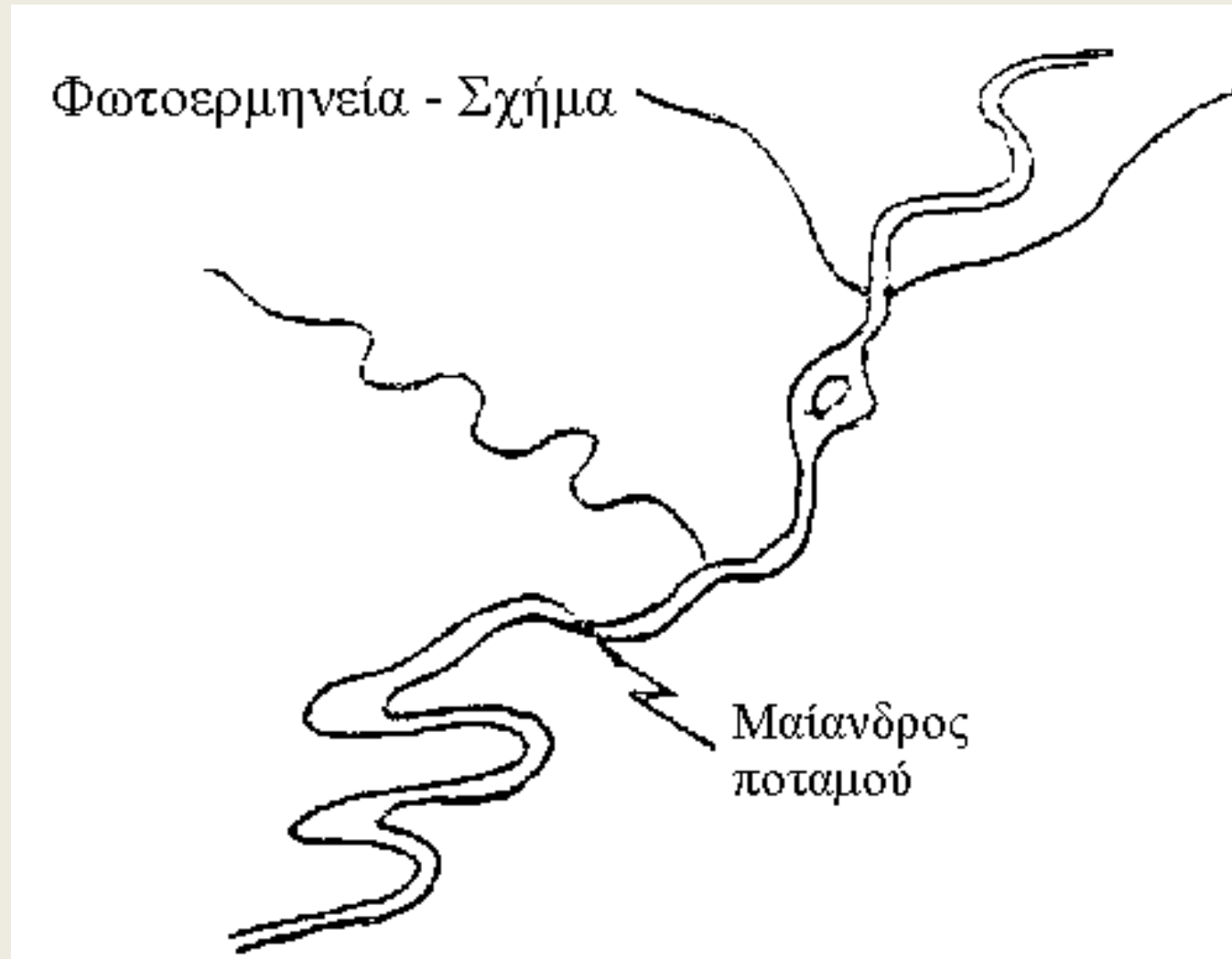
Φωτοερμηνεία: Εξαγωγή ποιοτικής πληροφορίας.

# Επιρροή της αμαύρωσης της εικόνας (τόνος) από την τραχύτητα της επιφάνειας

**Τόνος** - ανάλογα με την τραχύτητα της επιφάνειας



# Σχήμα

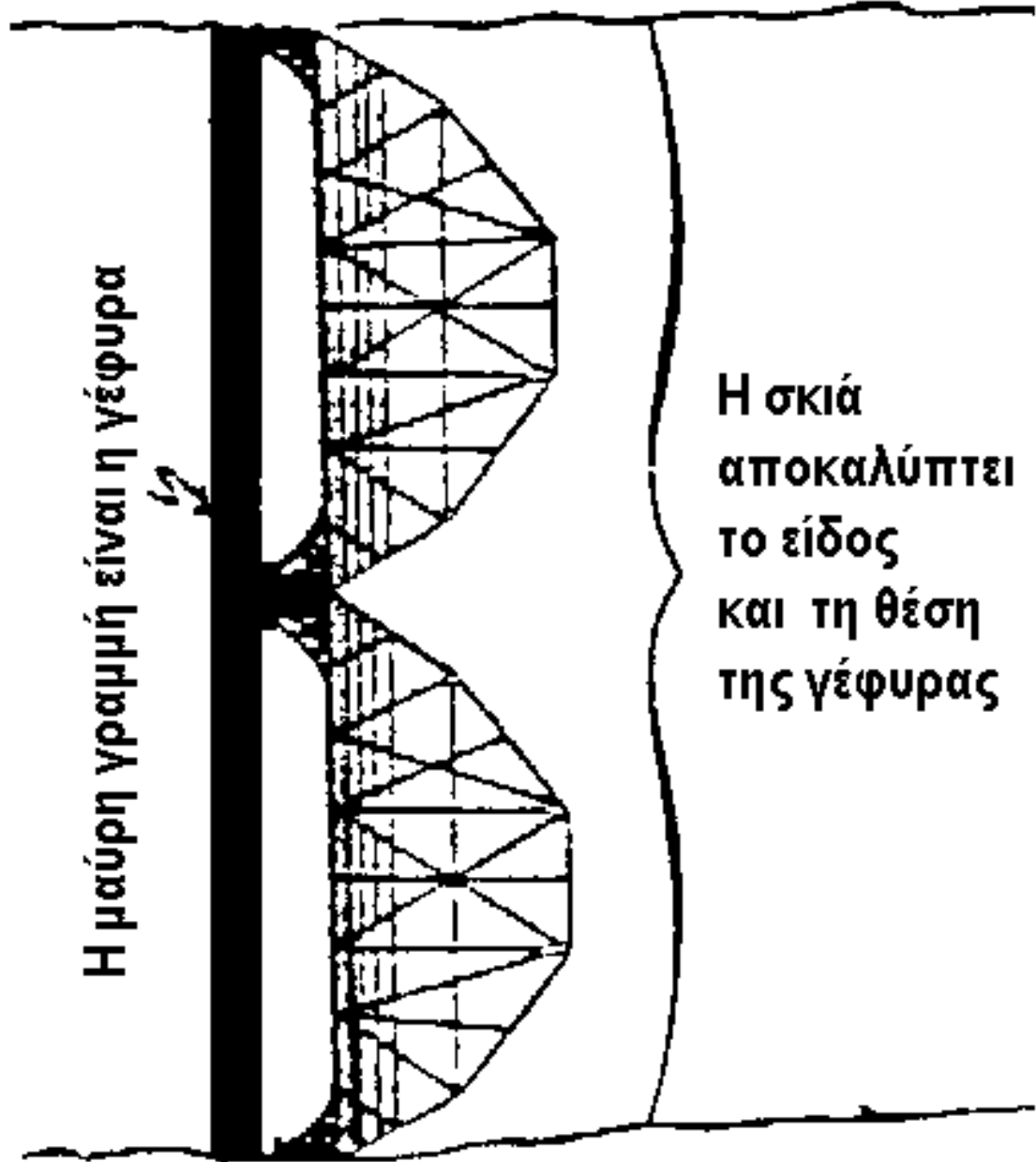


# Σχετικό μέγεθος και πρότυπο



# Η βοήθεια της σκιάς

Σκιά

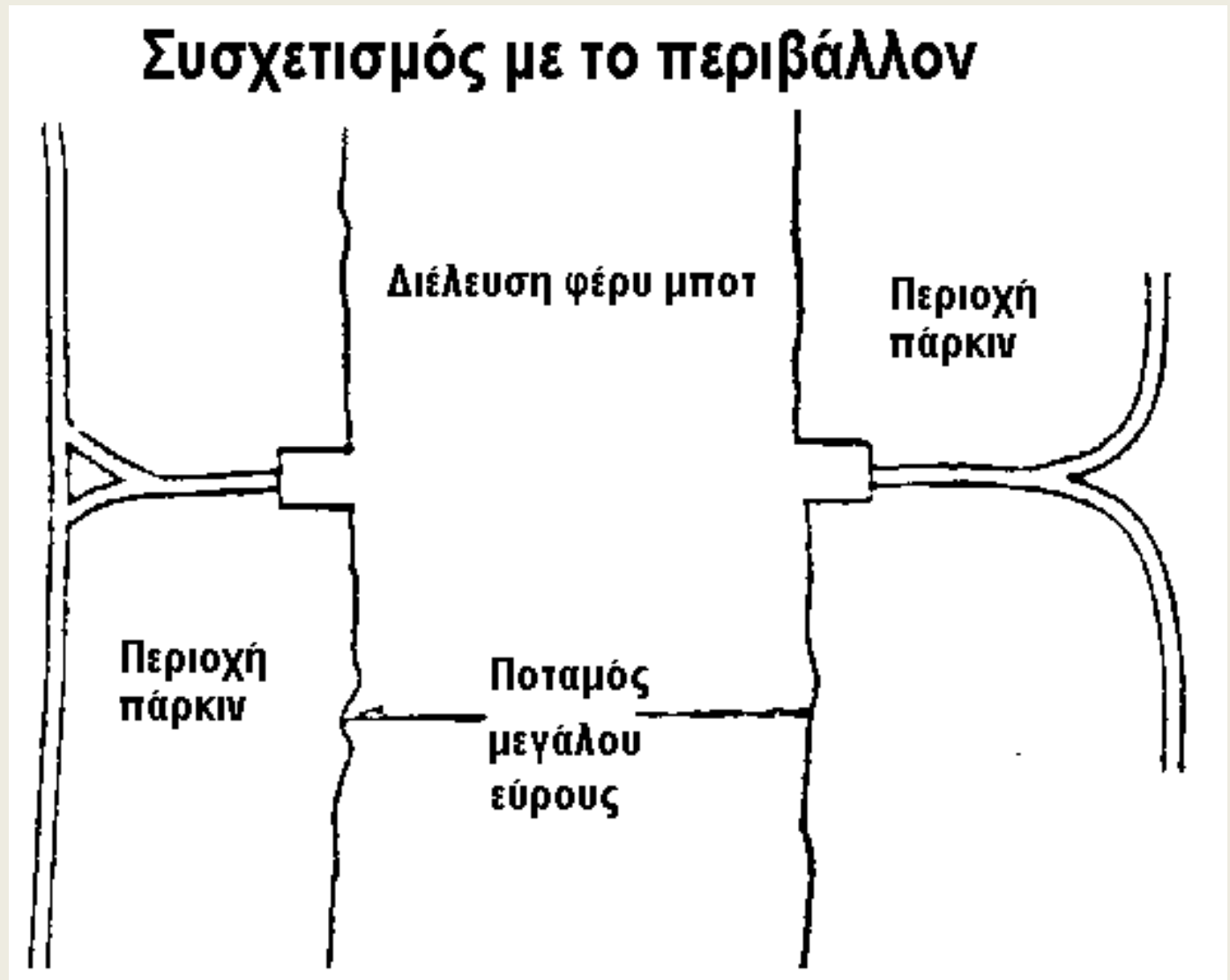


Η μαύρη γραμμή είναι η γέφυρα

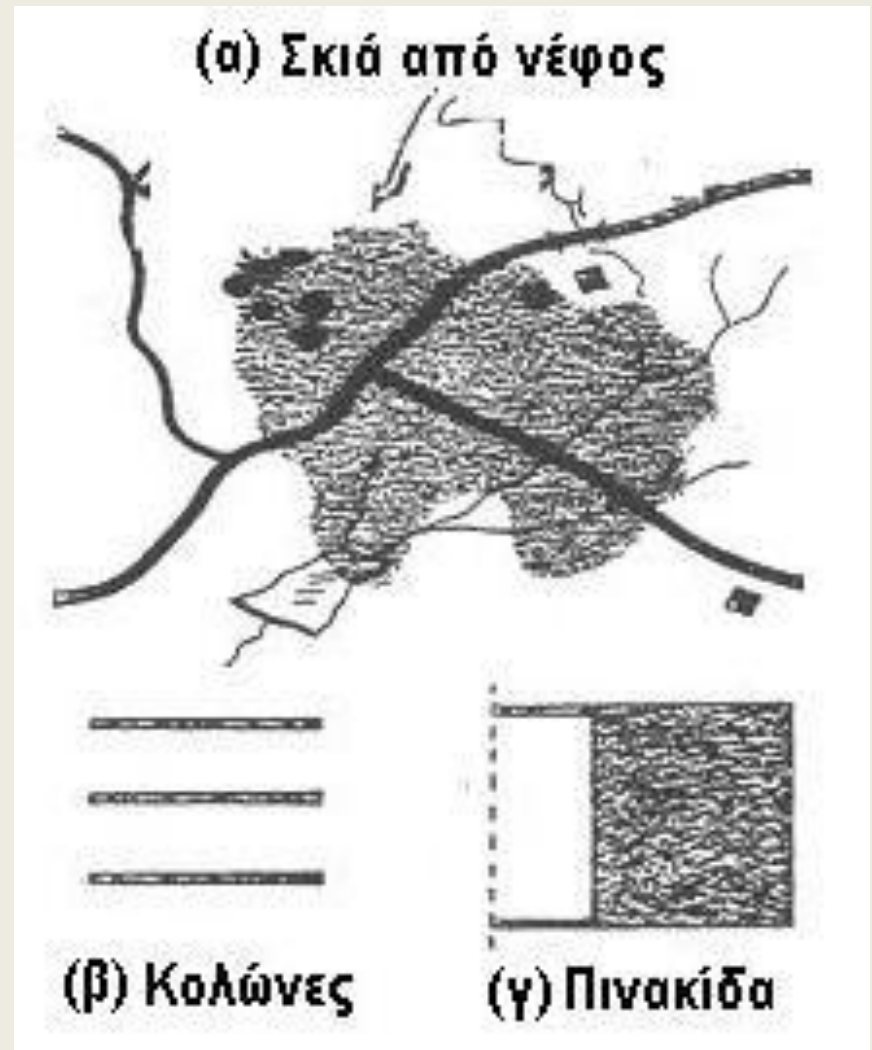
Η σκιά  
αποκαλύπτει  
το είδος  
και τη θέση  
της γέφυρας



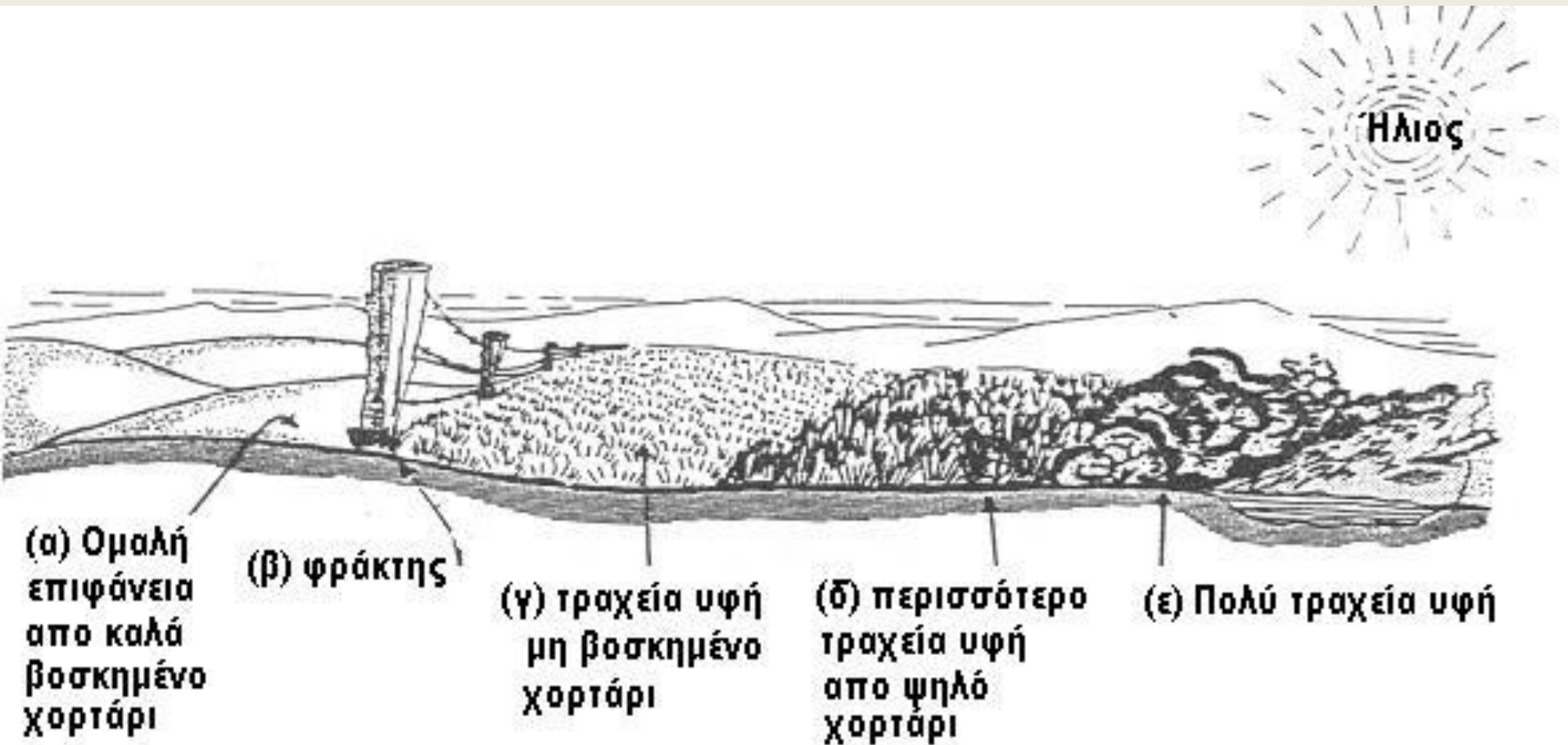
# Συσχετισμός προς το περιβάλλον



# Σκιά και προβλήματα



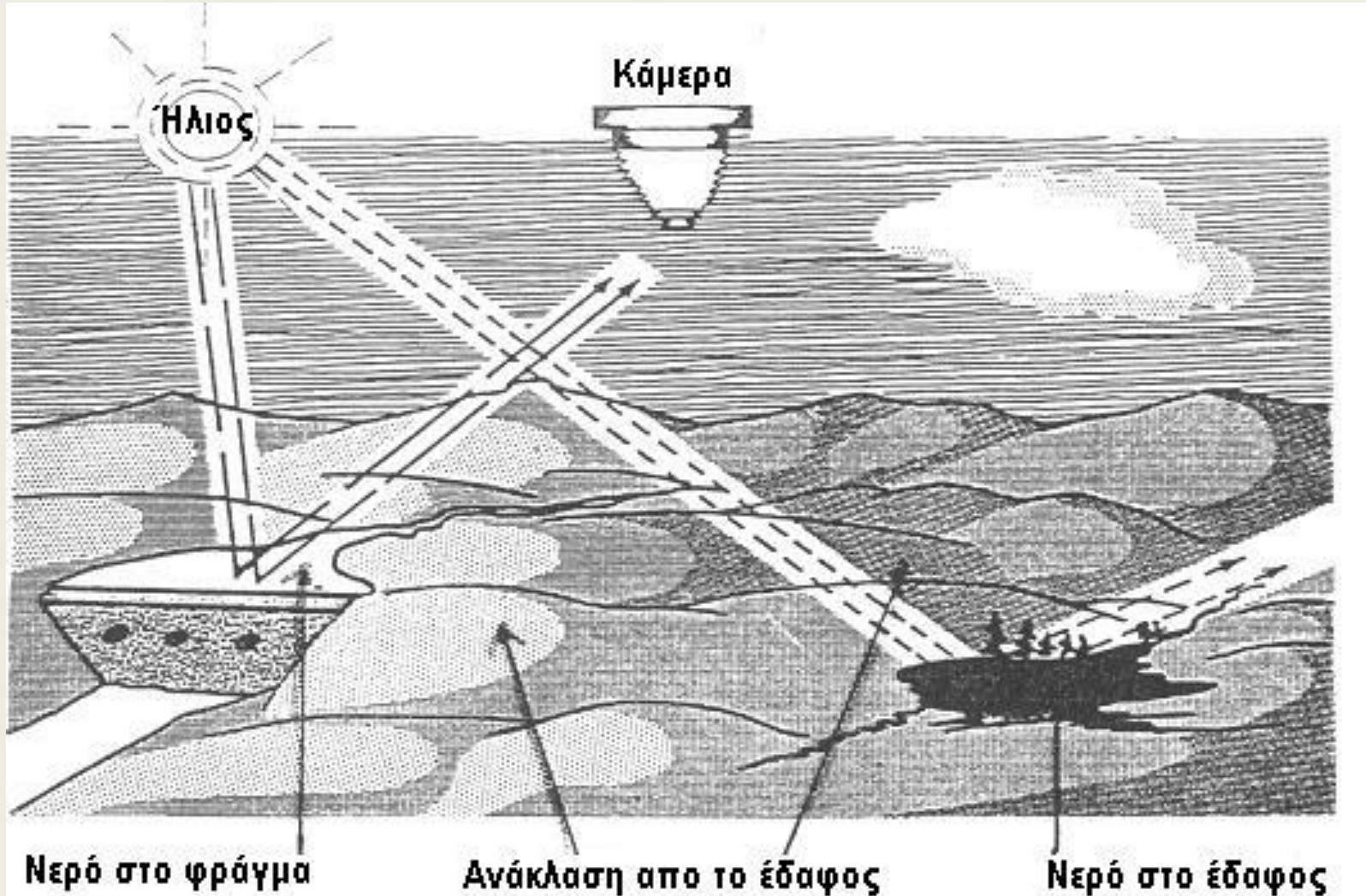
# Επιρροή του τόνου στην επιφάνεια και την υφή



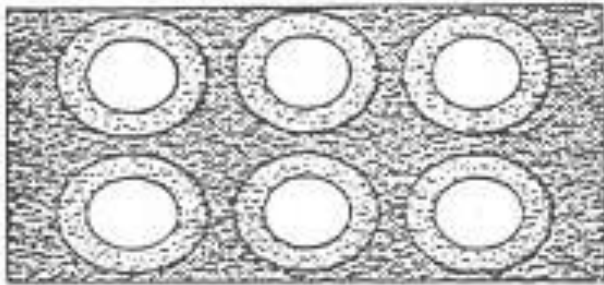
# Επιρροή του χρώματος στη διαμόρφωση του τόνου



# Επιρροή της σχετικής θέσης αντικειμένου, φωτεινής πηγής και κάμερας

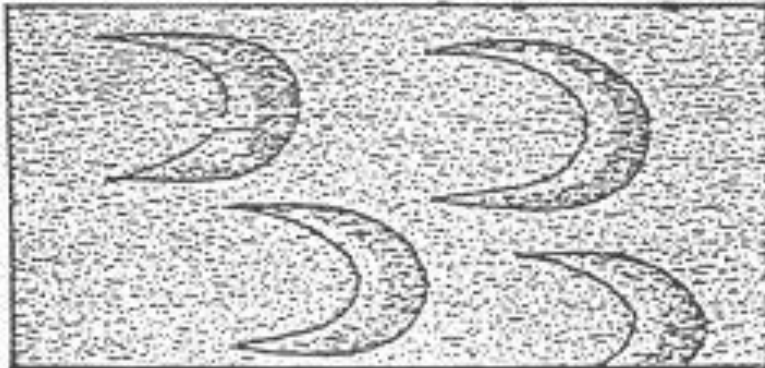


# Πρότυπα τεχνητών και φυσικών χαρακτηριστικών

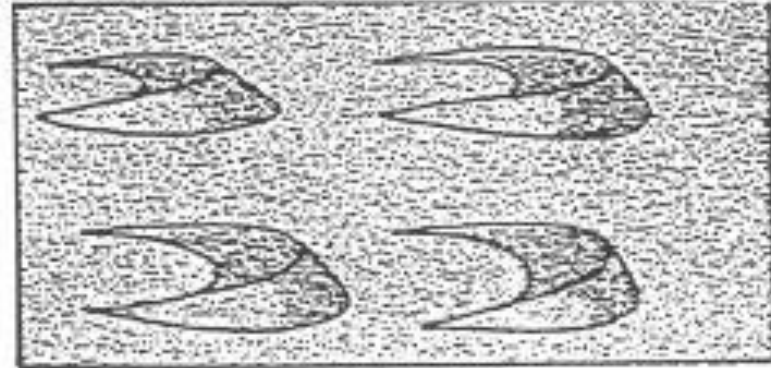


**Αποθήκες  
πετρελαίου**

**Αμμοθίνες**

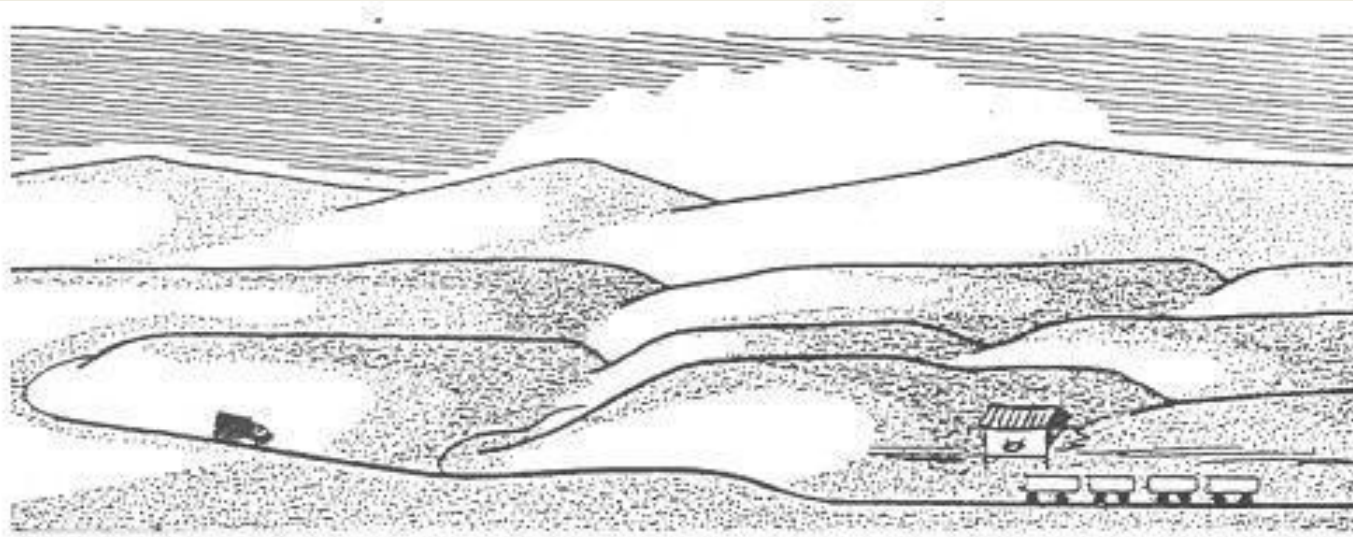


**Αεροφωτογραφία**



**Φωτογραφία στο έδαφος**

# Φωτοερμηνεία από το συσχετισμό με το περιβάλλον

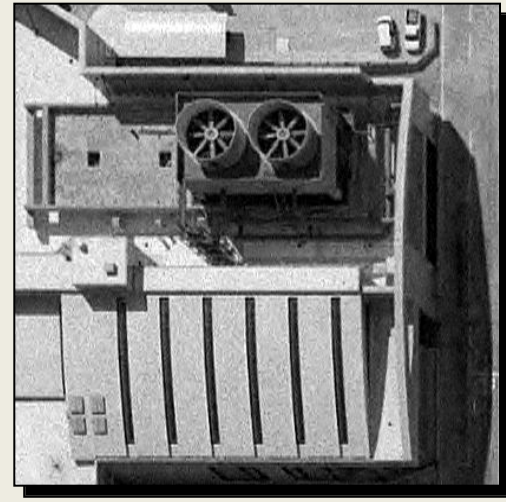
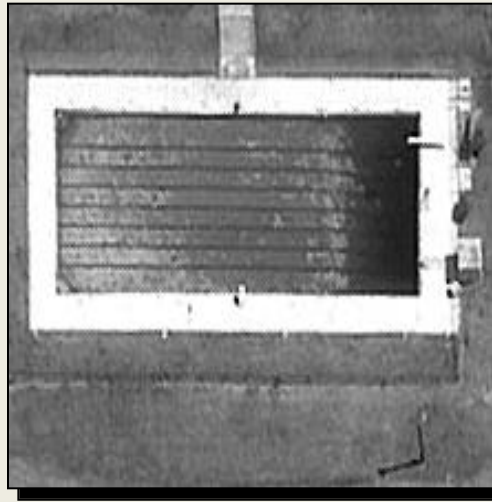
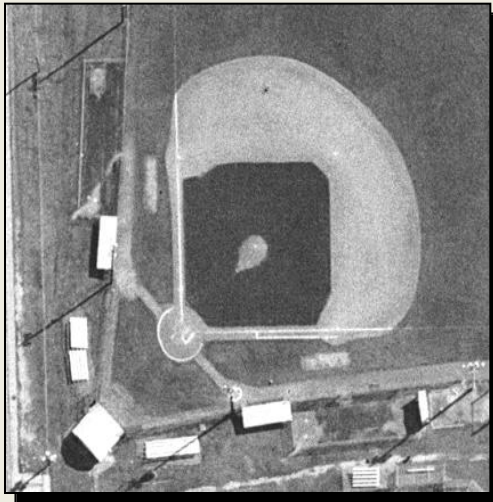
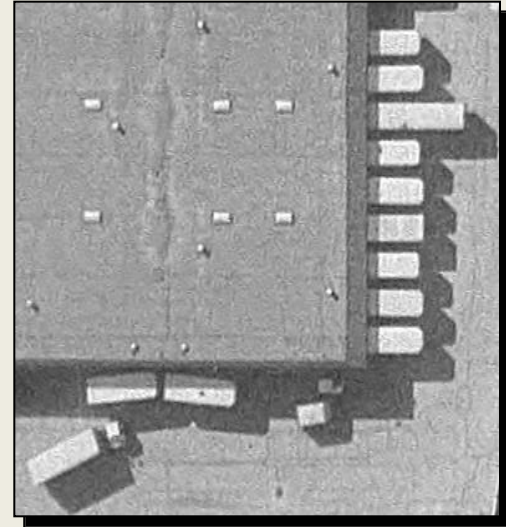
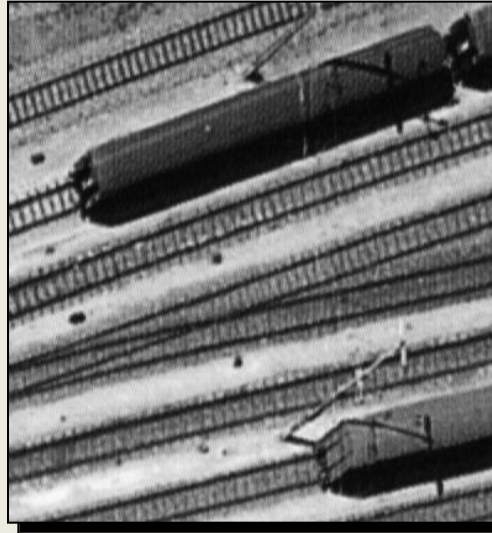
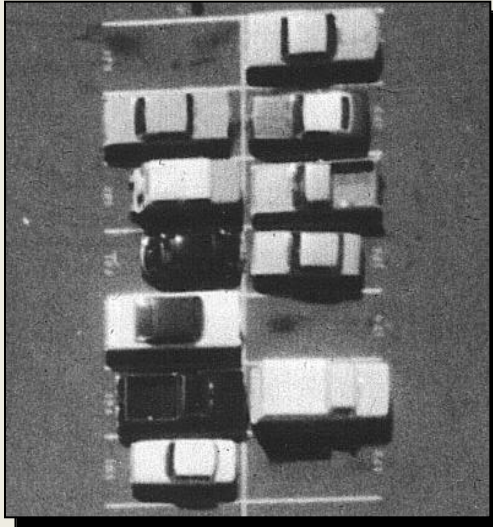


(α) Ορυχεία



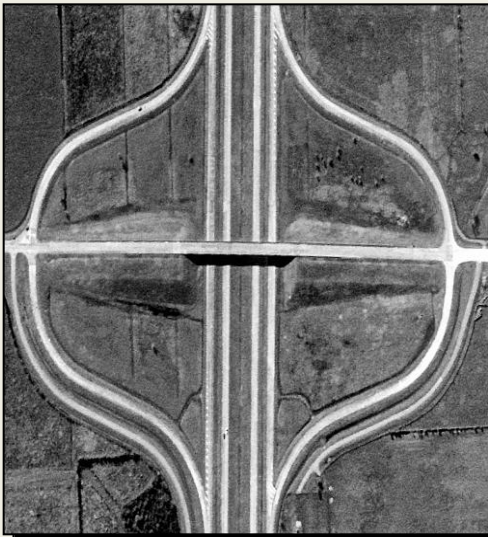
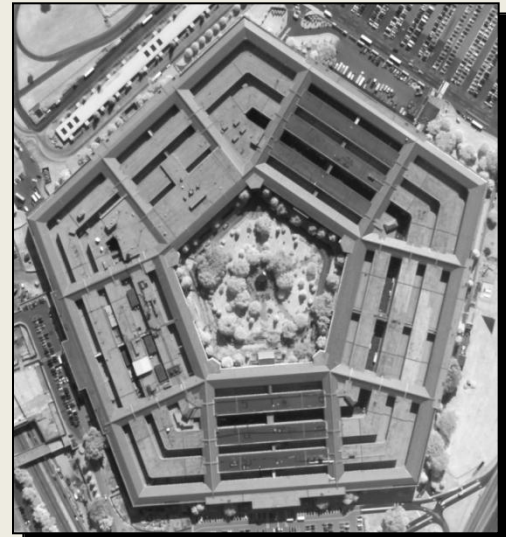
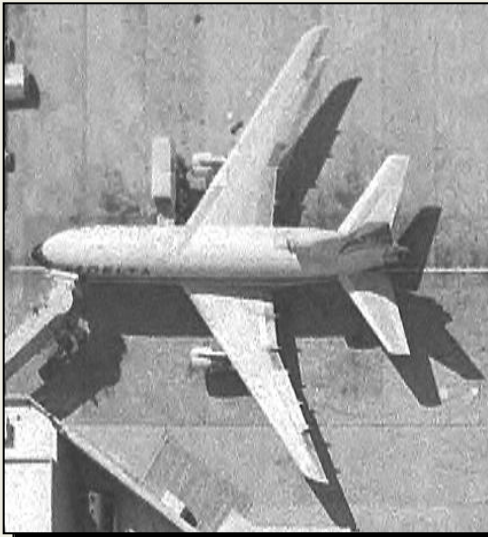
(β) Φράγμα

# Μέγεθος

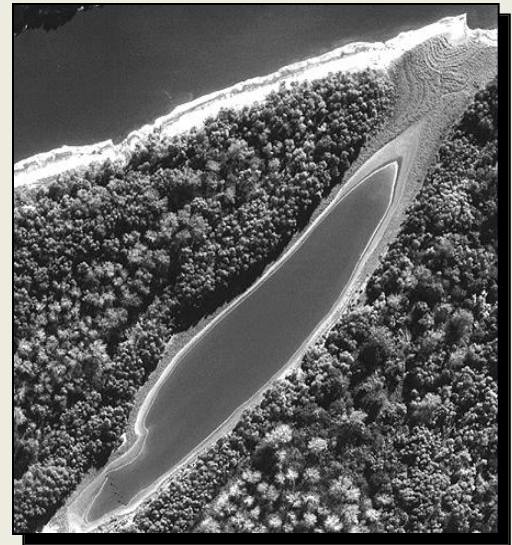
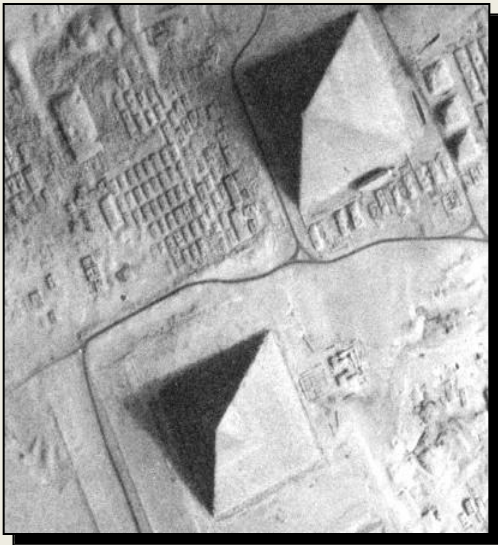
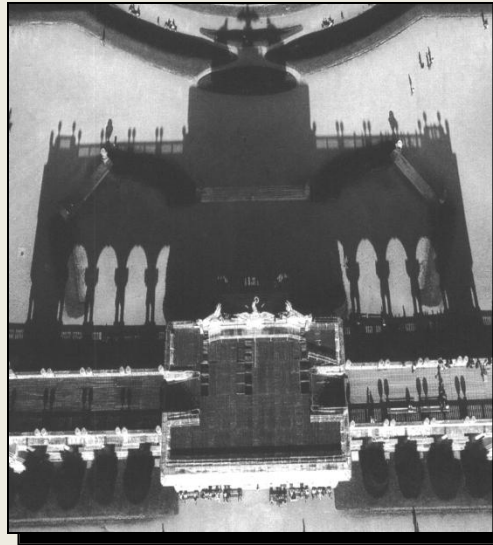
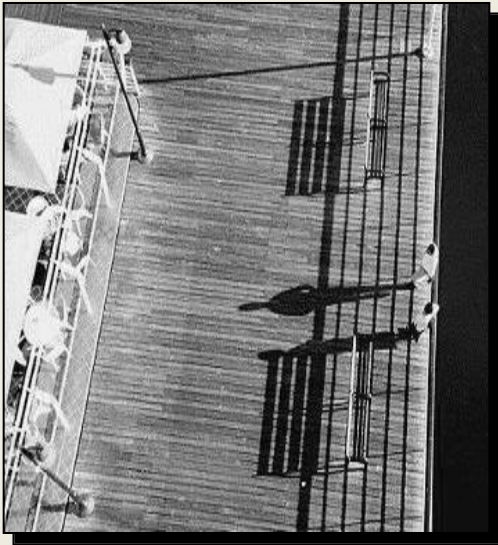




# Σχήμα



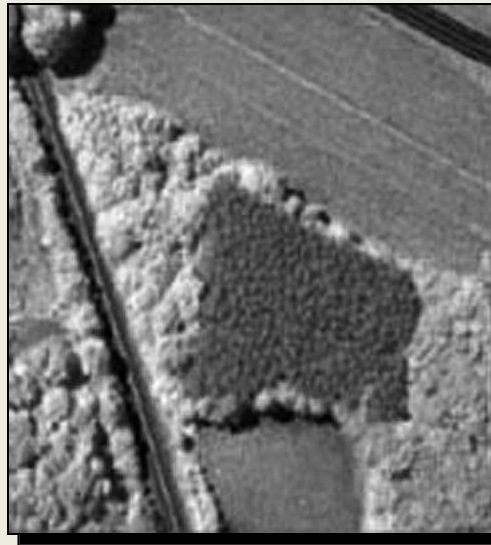
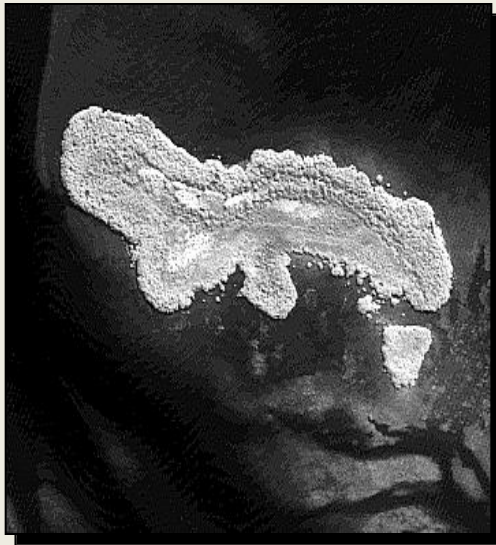
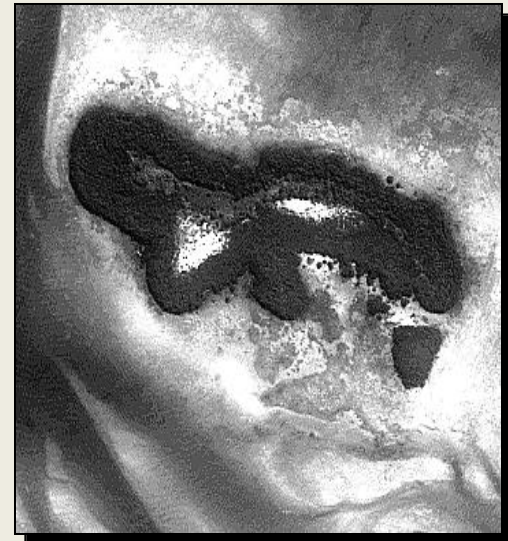
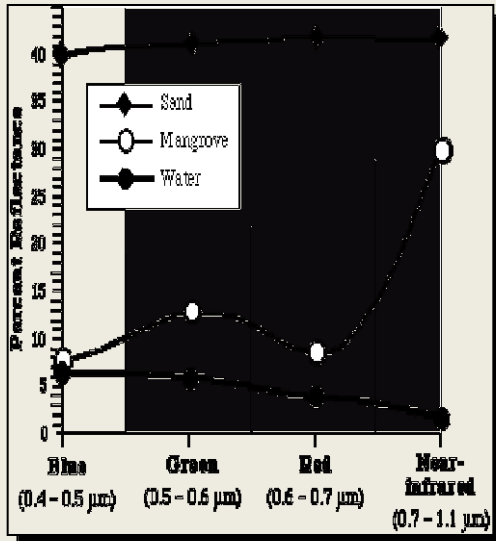
# Σκιά



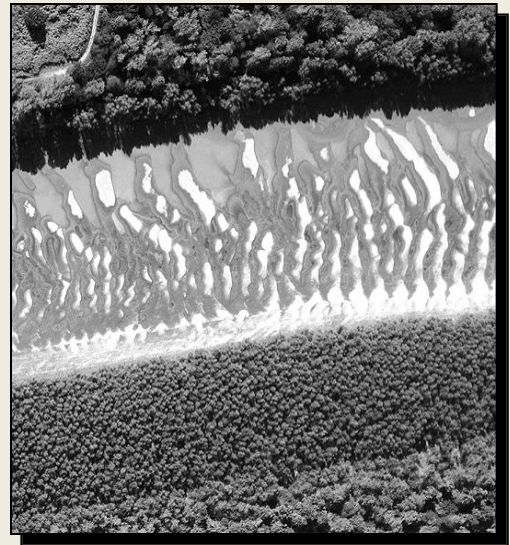
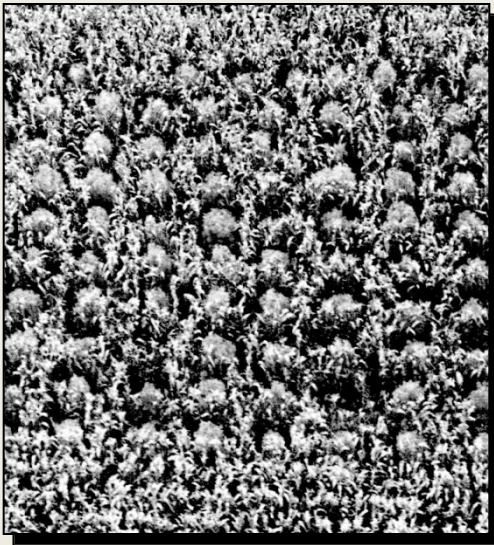
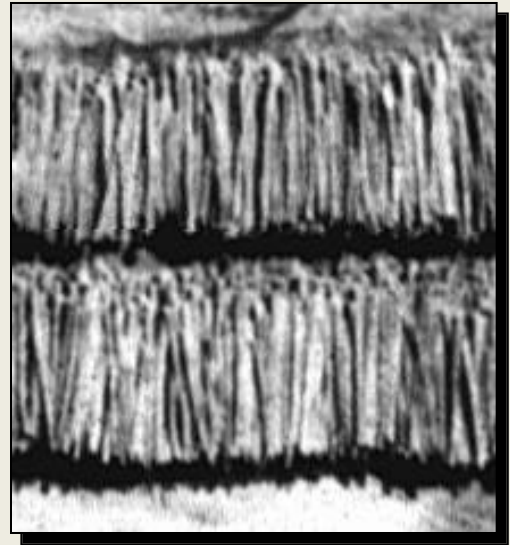
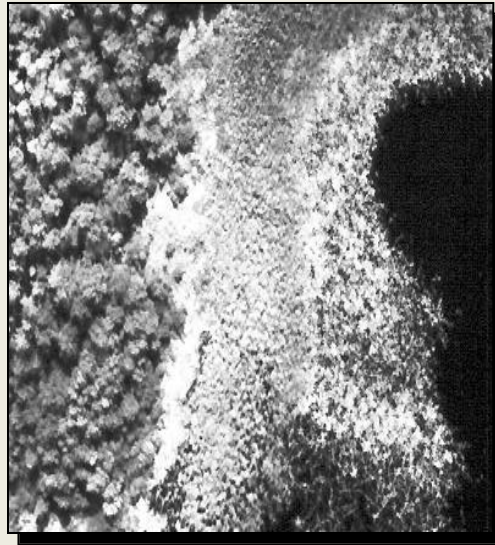
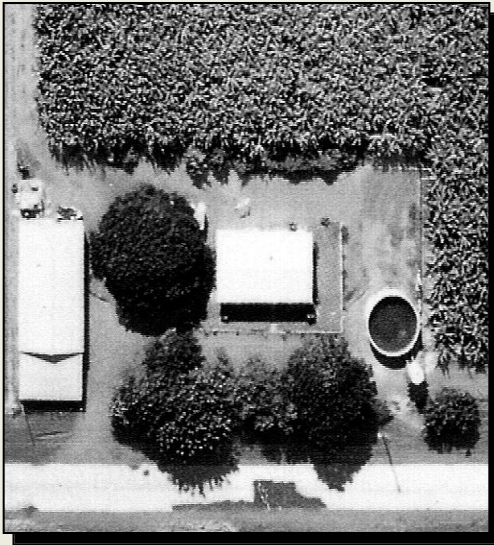
# Τόνος και χρώμα



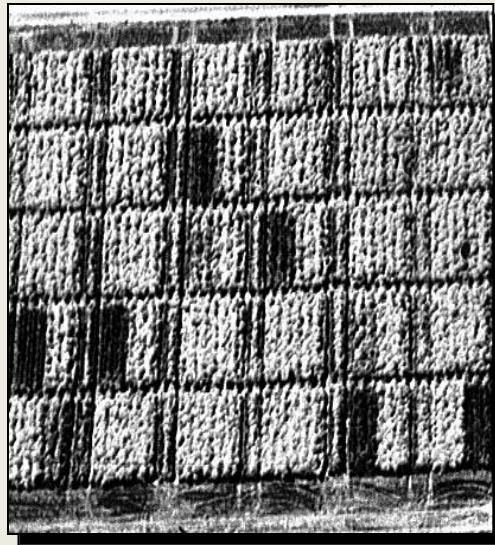
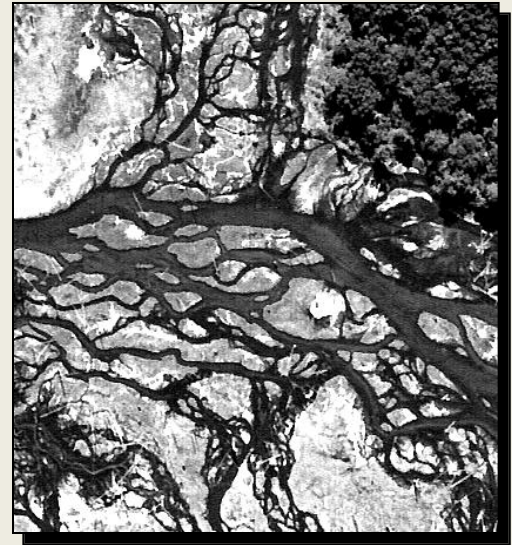
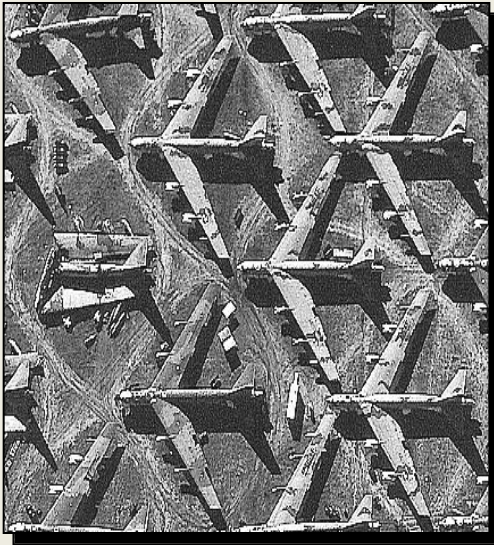
# Τόνος και χρώμα



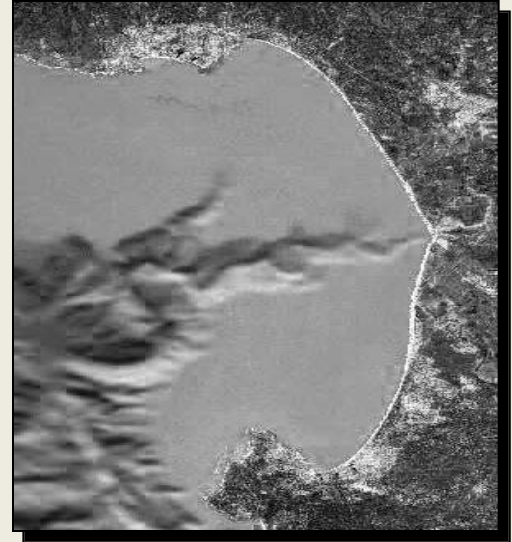
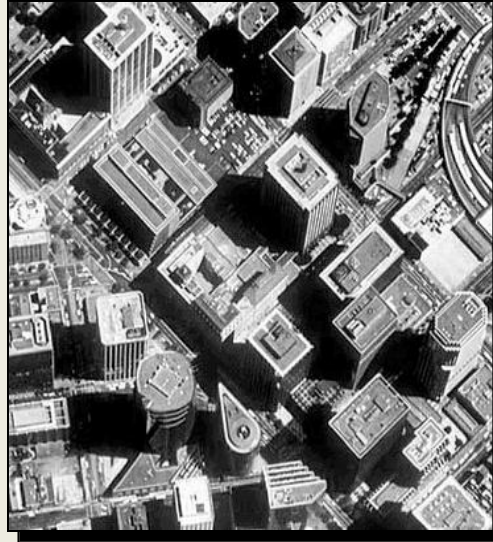
# Υφή



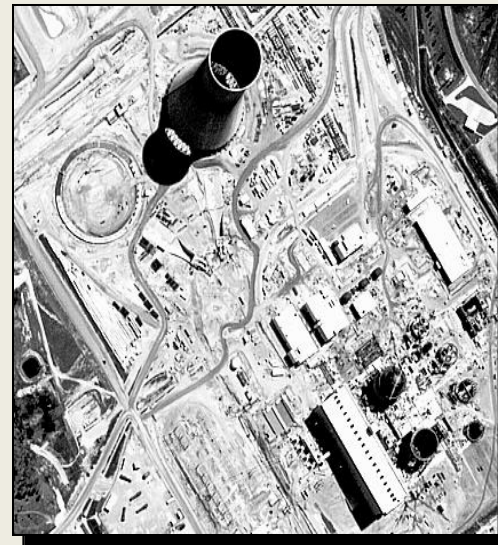
# Πρότυπα



# Ύψος και βάθος

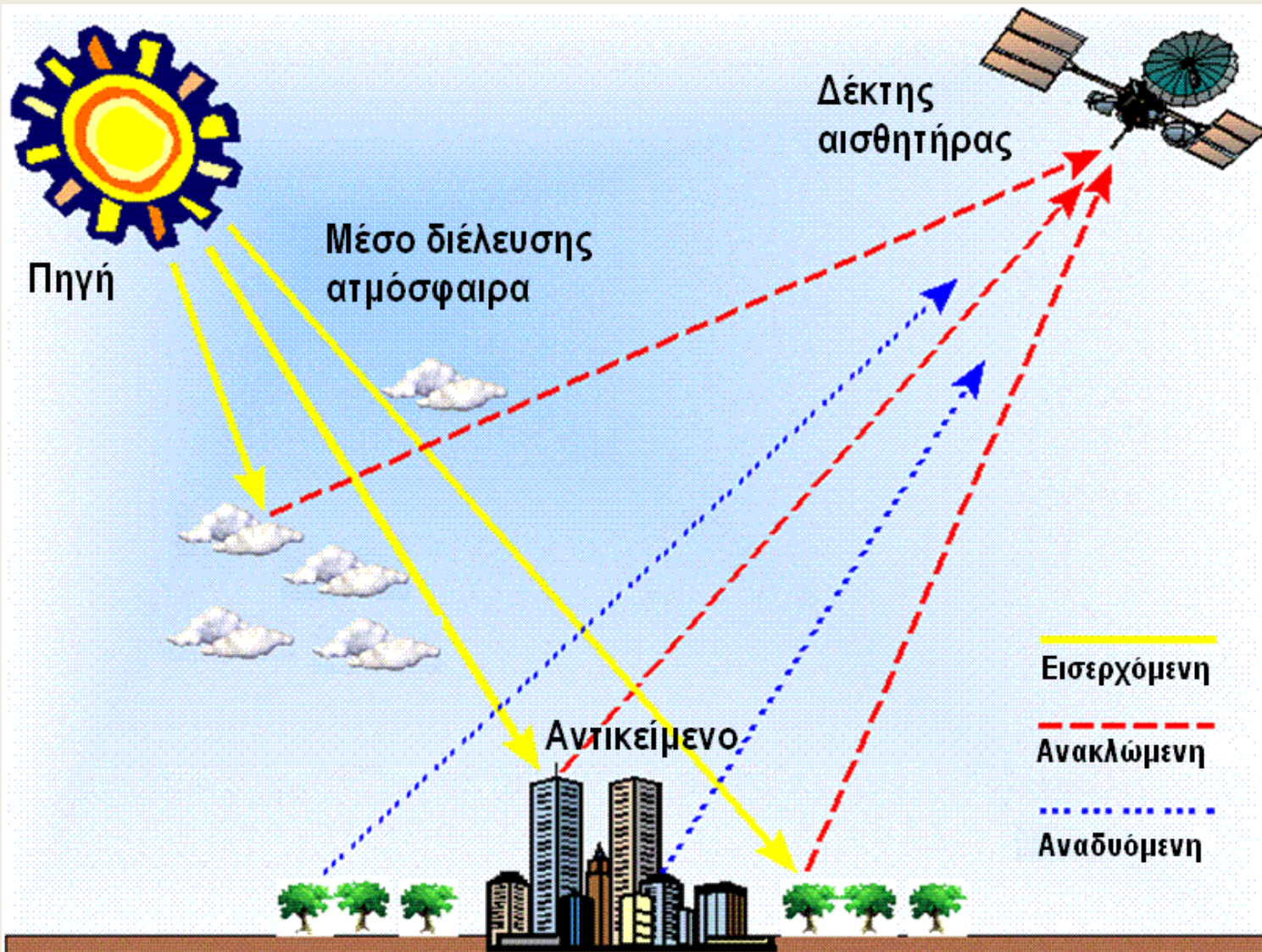


# Συσχετισμός με το περιβάλλον



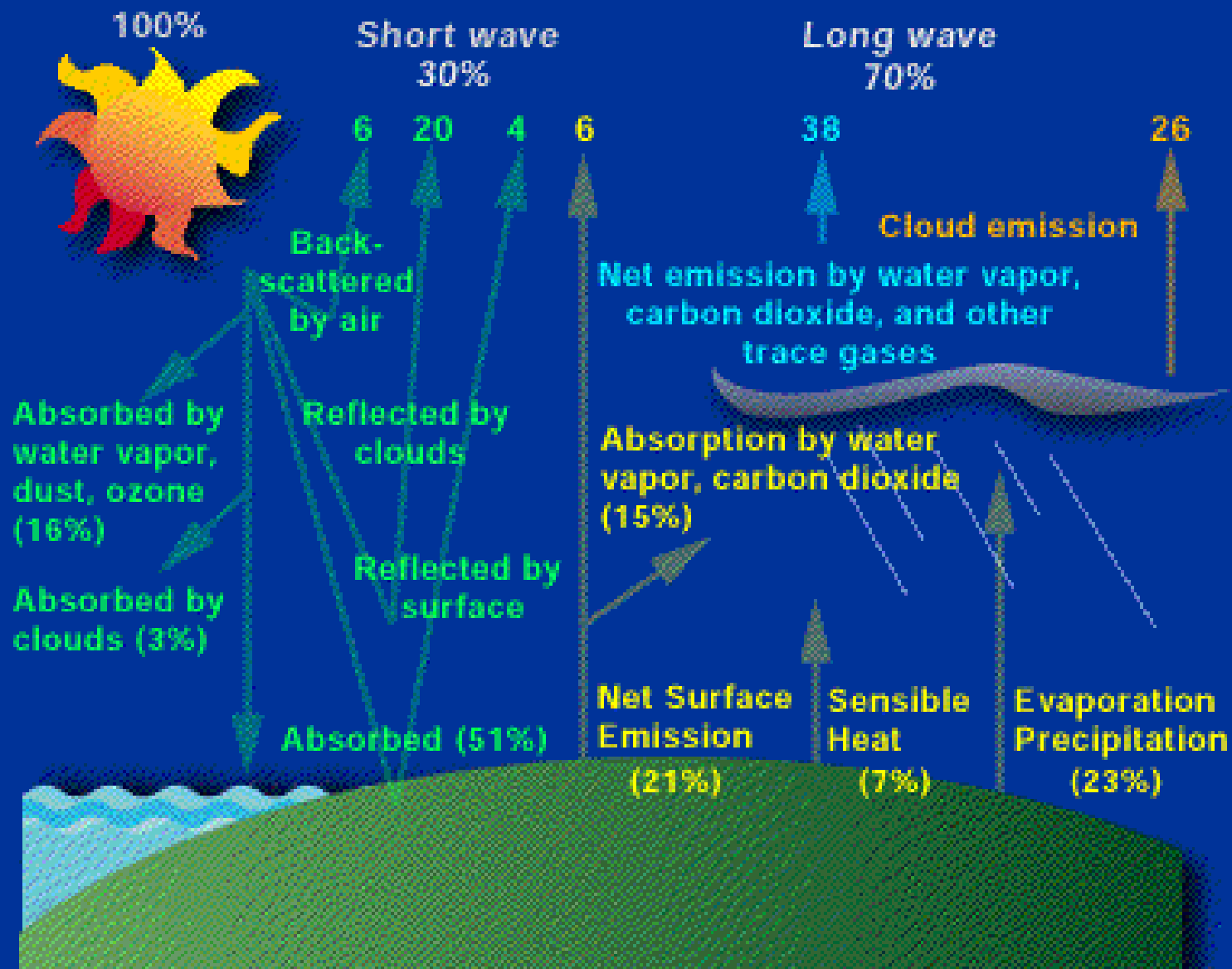


# Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (ΗΜΑ)

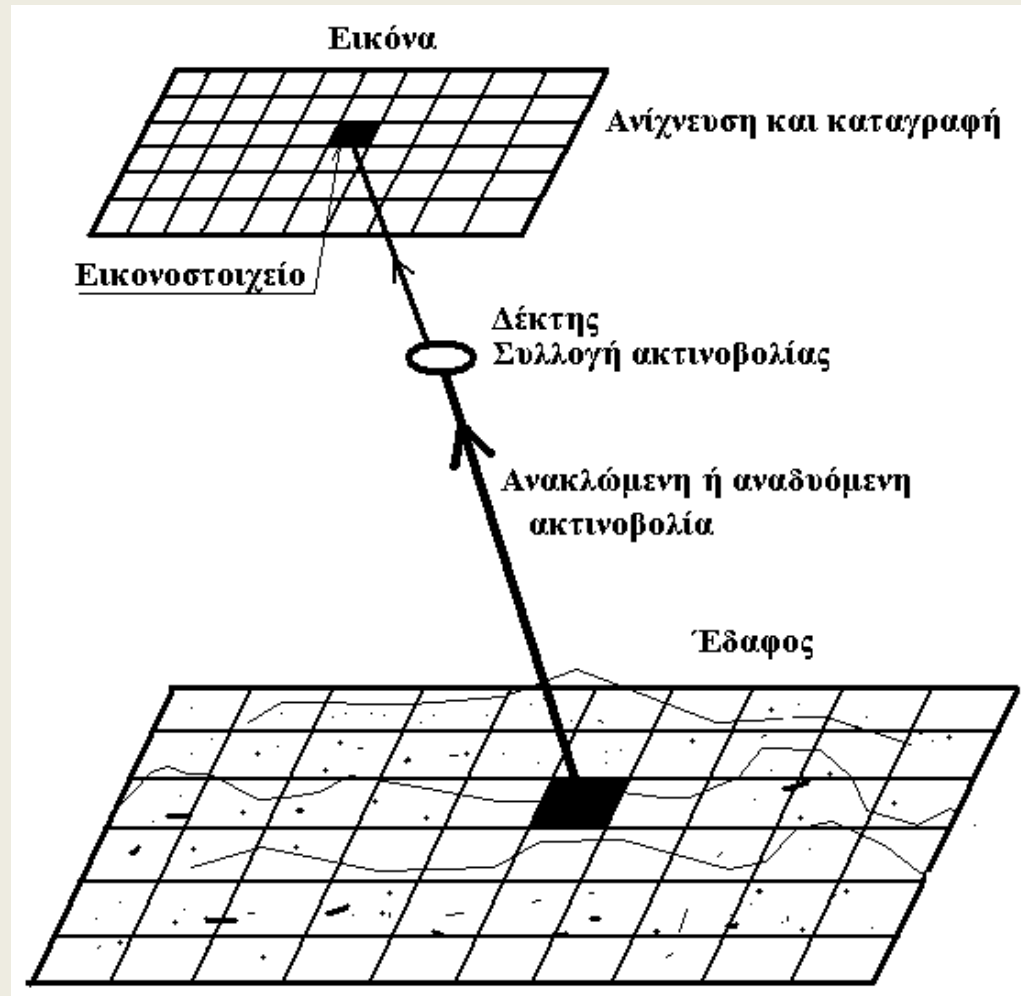


# INCOMING SOLAR

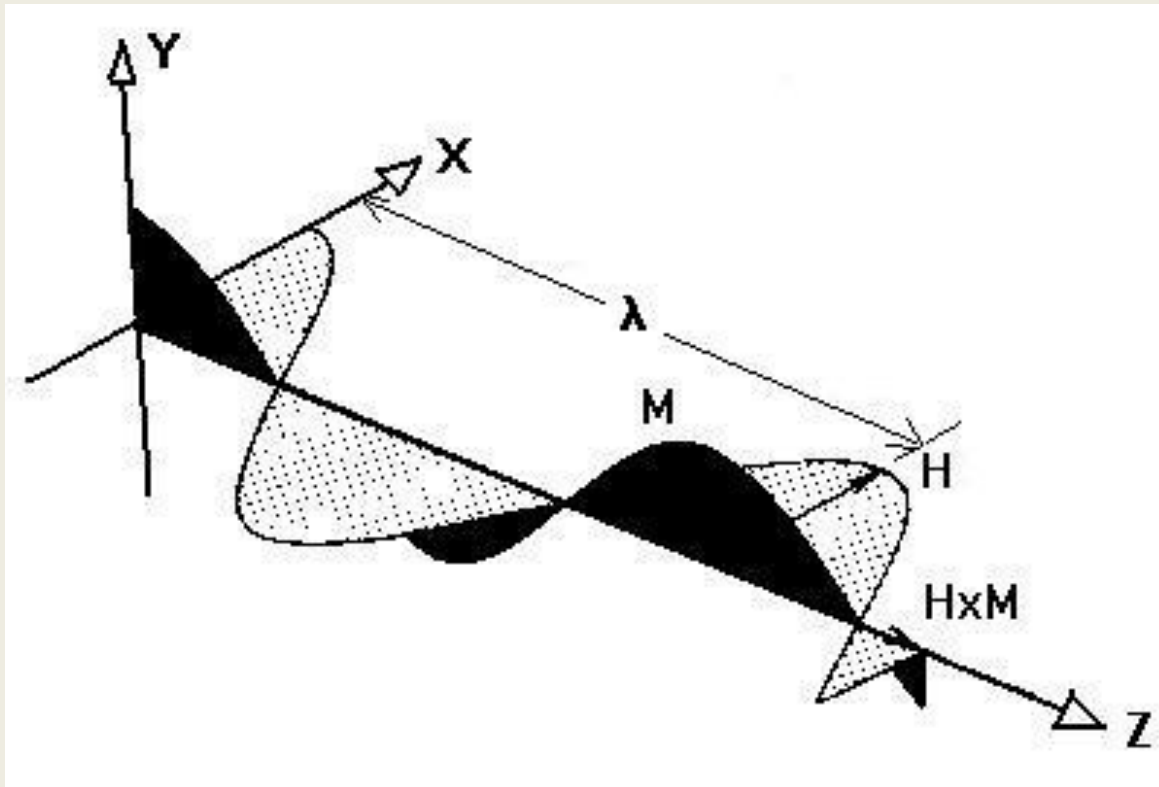
# OUTGOING



# Συστήματα σχηματισμού εικόνας



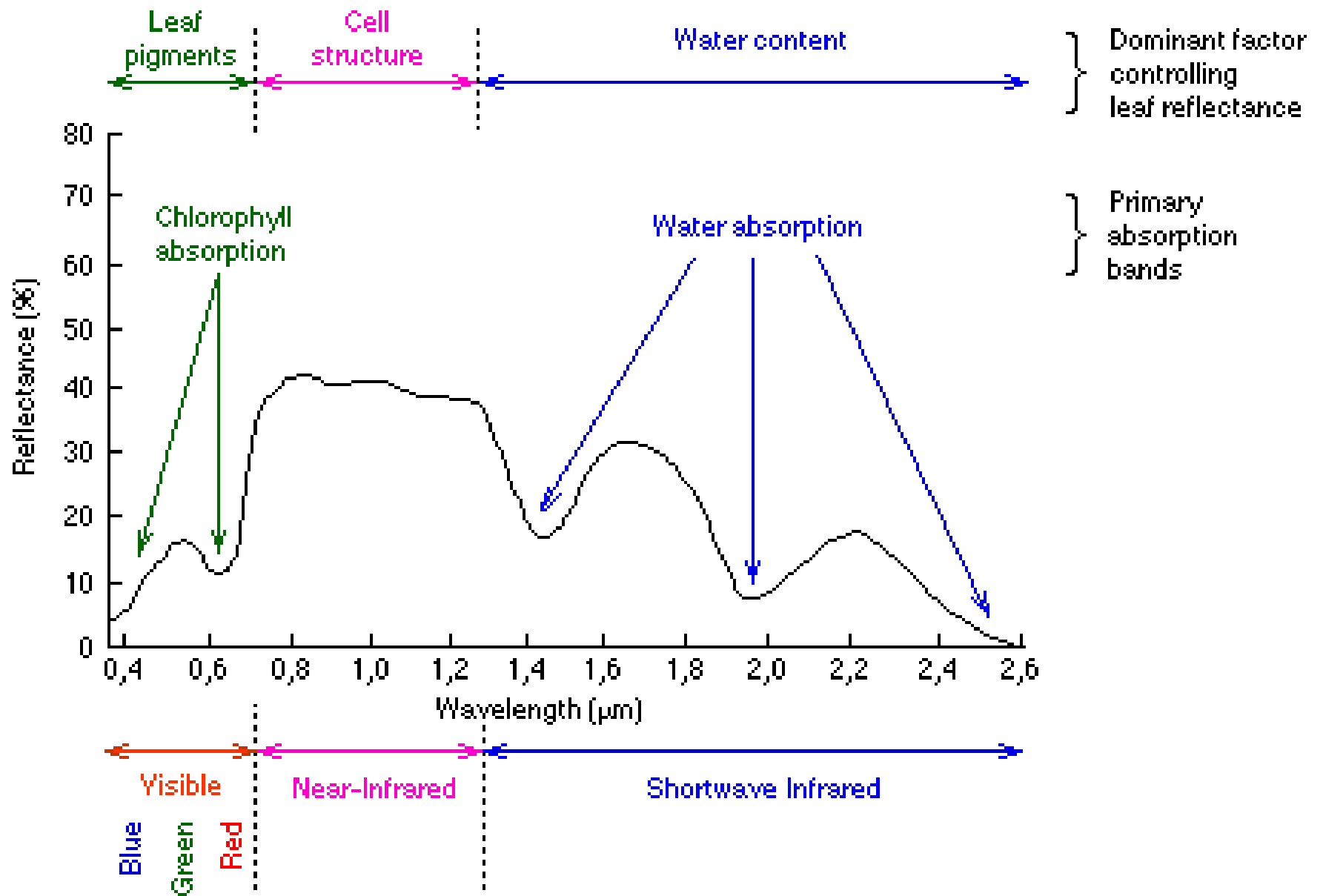
# Φύση και ιδιότητες της ΗΜΑ



$$c = \frac{c_0}{n}$$

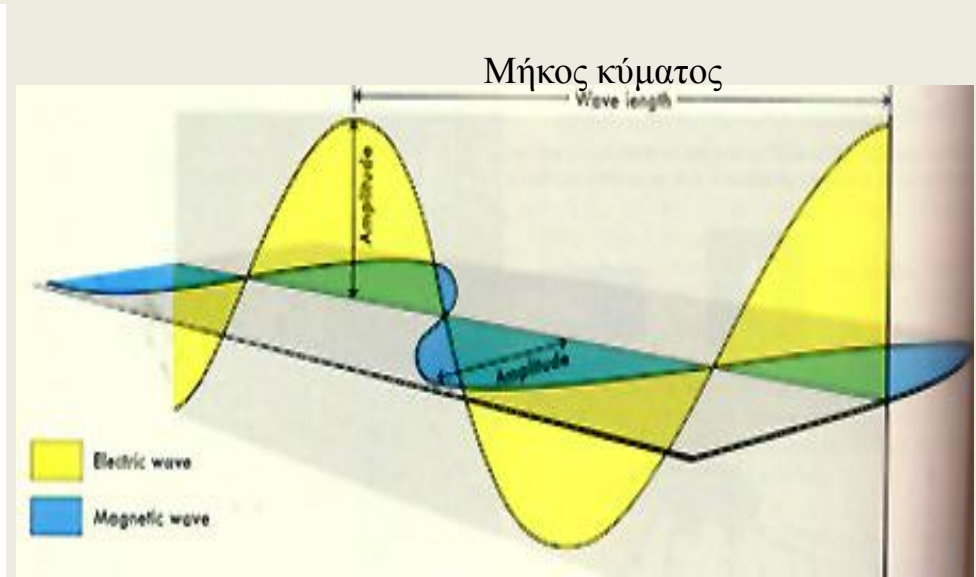
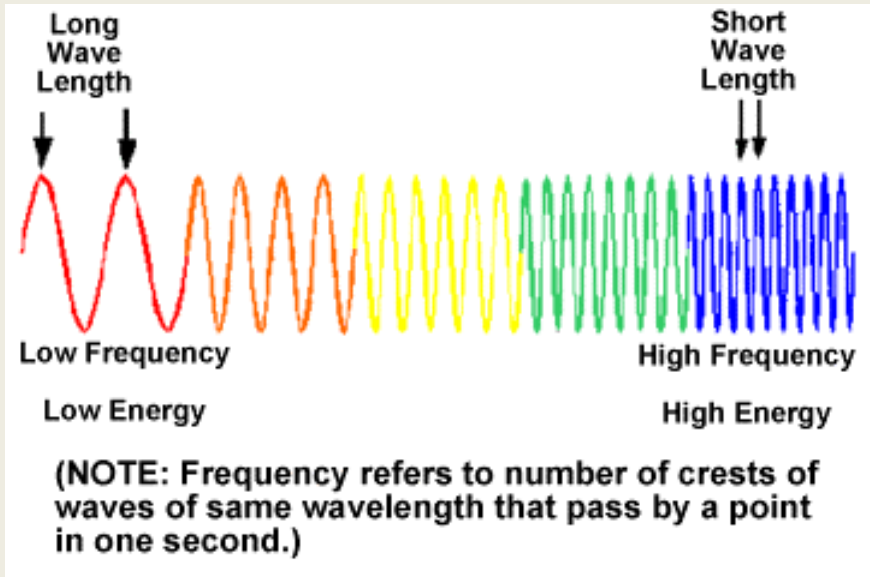
$$c = 300000 \text{ Km/sec}$$

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



# Φύση και ιδιότητες της ΗΜΑ.

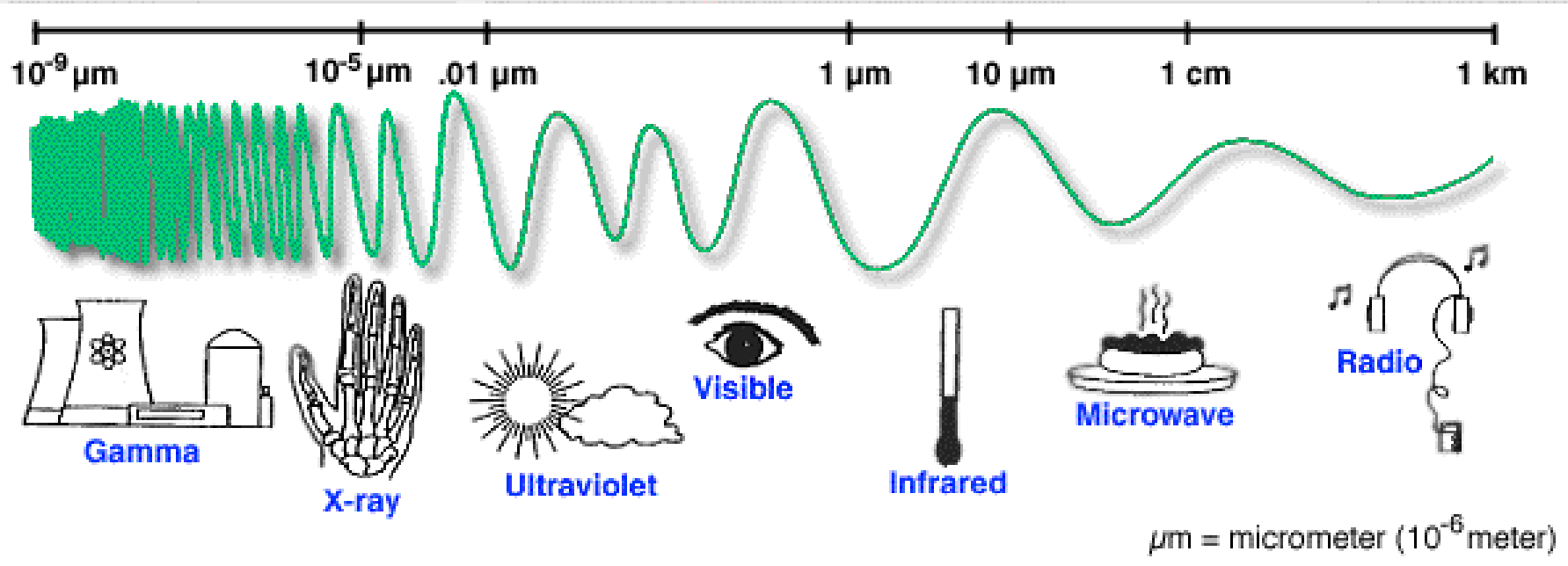
Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (ΗΜΑ) είναι σύμφωνα με την θεωρία των Κβάντα (quanta) πακέτα ενέργειας (φωτόνια) και μπορεί να προέλθει από την μετάβαση ηλεκτρονίων που περιστρέφονται γύρω από τον πυρήνα ατόμου, σε κατώτερη στιβάδα ή από την διέγερση ατόμων και μορίων. Ταυτόχρονα η ΗΜΑ έχει και κυματική μορφή και μεταδίδεται υπό μορφή σφαιρικών κυμάτων.



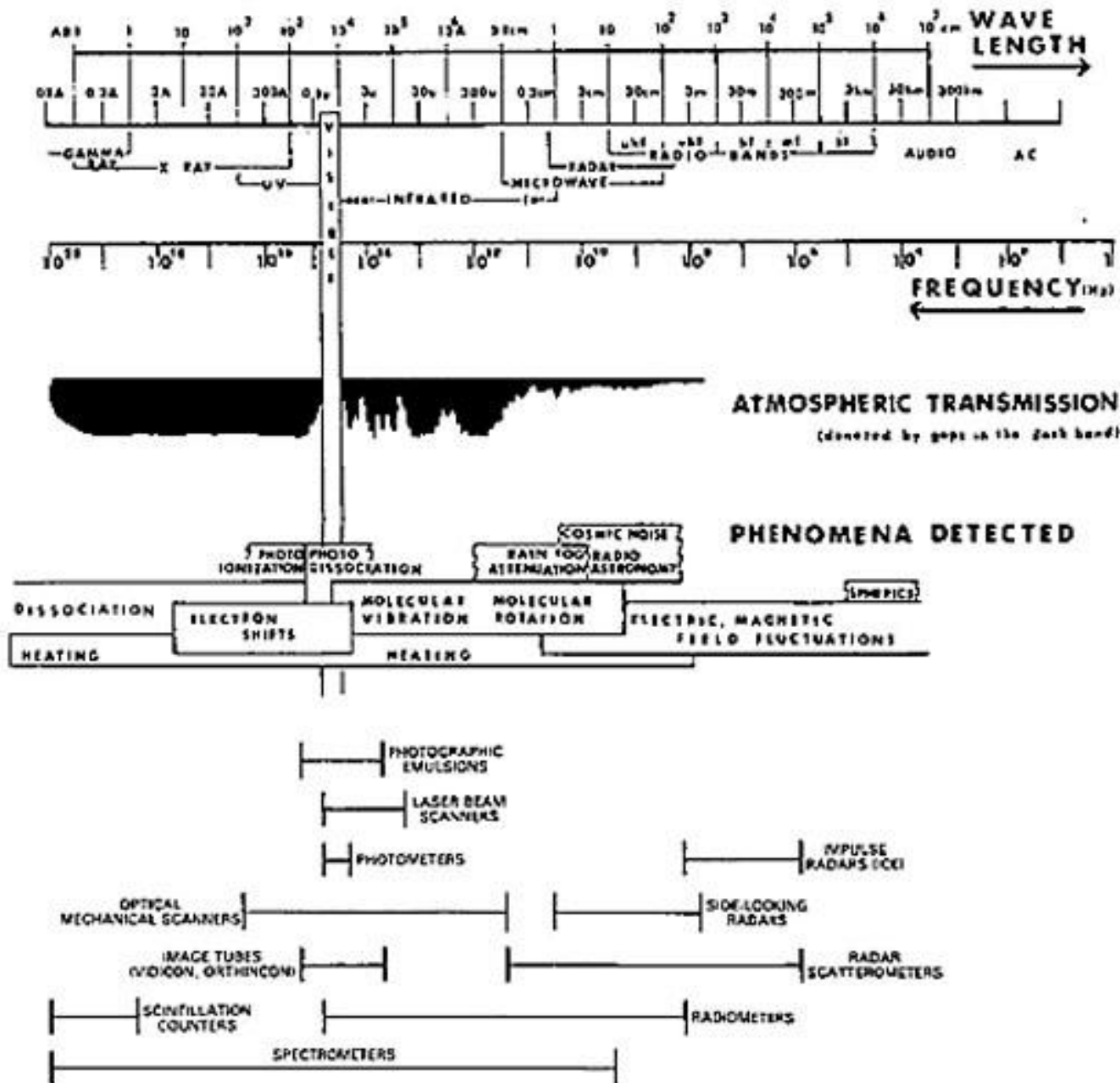
Η μορφή του ηλεκτρομαγνητικού κύματος.

# Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα.

Wavelength Spectrum



Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. - Συνέχεια





# Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Περιοχή	Μήκος κύματος	Παρατηρήσεις
Ακτίνες Γάμμα	<0.03nm	Υψηλής διεισδυτικότητας
Ακτίνες Χ	0.03 nm - 3 nm	Μεγάλης διεισδυτικότητας
Υπεριώδες UV	0.03μm – 0.4 μm	Απορροφάται από το όζον
Φωτογραφική UV	0.3μm – 0.4 μm	Αποτυπώνεται σε φιλμ και ανιχνεύεται με ανιχνευτές
Ορατό Μπλε Πράσινο Κόκκινο	0.4 μm – 0.7 μm 0.4 μm – 0.5 μm 0.5 μm – 0.6 μm 0.6 μm – 0.7 μm	Αποτυπώνεται σε φιλμ και ανιχνεύεται με ανιχνευτές
Κοντινό υπέρυθρο NIR	0.7 μm – 1.4 μm	Χαρτογράφηση βλάστησης
Μεσαίο υπέρυθρο	1.4 μm – 3.0 μm	
Μακρινό υπέρυθρο (θερμικό)	3.0 μm – 1.0 mm	
Μικροκύματα	1.0 mm – 1.0 m	Ραντάρ, τηλεπικοινωνίες
Βιομηχανικά κύματα	>1.00 m	

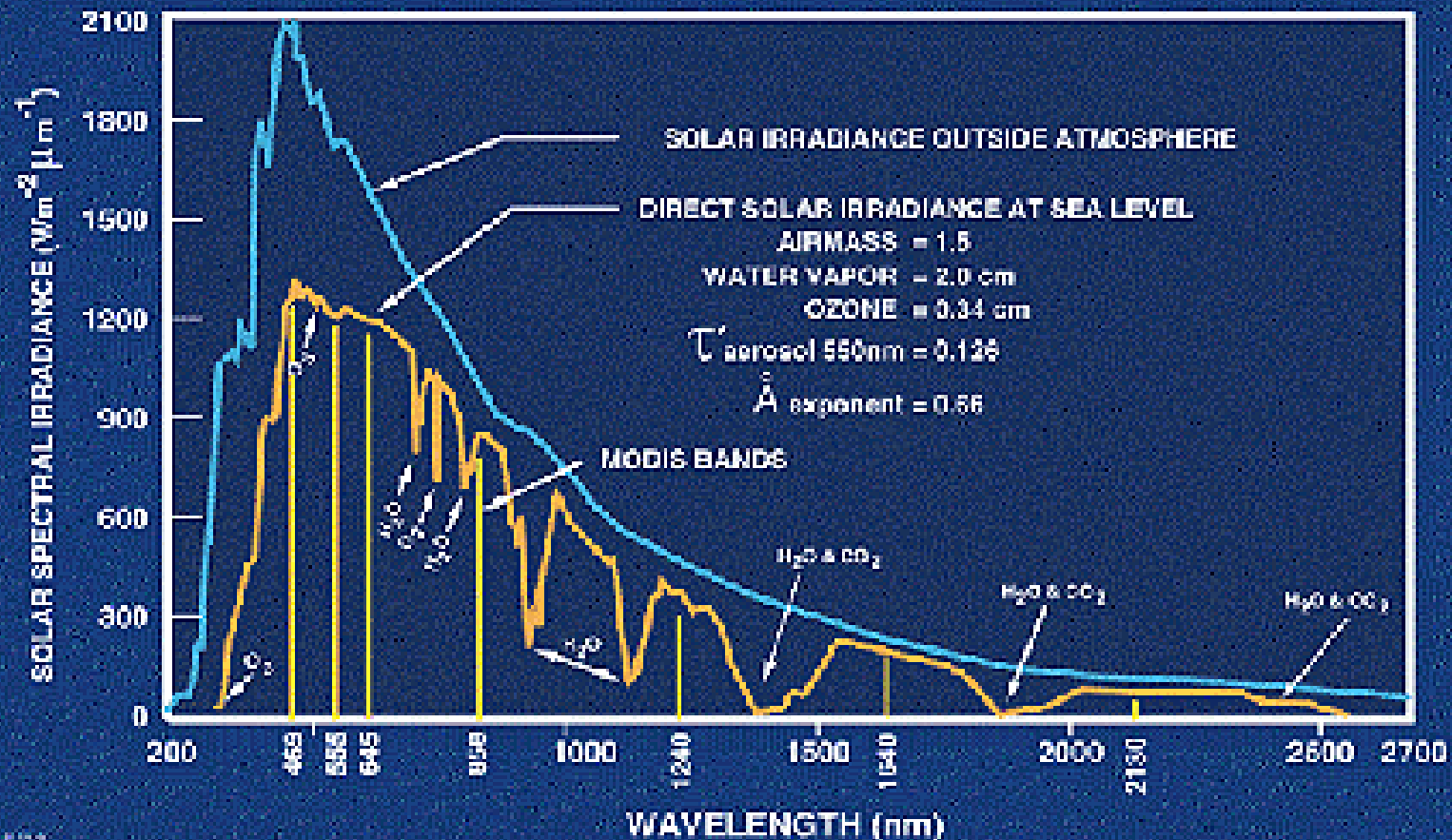
## Ποσότητες που μετρούνται για το γήινο περιβάλλον σε διαφορετικά μήκη κύματος ΗΜΑ

Ακτινοβολία	Ποσότητες που μετρούνται για το γήινο περιβάλλον
Υπεριώδες	Όζον, Διοξείδιο του θείου, Διοξείδιο του αζώτου, Ηλιακή ακτινοβολία
Ορατό	Αεροζόλ ατμόσφαιρας, Νέφη, αποψίλωση δασών, ερημοποίηση, γεωλογικές μελέτες, μετακίνηση παγετώνων, ποσότητα πάγων, τοπογραφία, χρήσεις γης, χρώμα θάλασσας, ποσότητα χιονιού, εδαφολογία, χαρτογράφησης επιφάνειας εδάφους, οπτικές ιδιότητες επιφάνειας εδάφους, ιδιότητες βλάστησης, ηφαιστειογενείς διεργασίες
Υπέρυθρο	Ακτινοβολία από τη γη προς το διάστημα, θερμοκρασίες στο ανώτερο στρώμα νεφών, θερμοκρασία επιφάνειας γης, θερμοκρασία επιφάνειας θάλασσας, φασματικές ιδιότητες νεφών, οπτικές ιδιότητες επιφάνειας εδάφους, όζον, ιδιότητες βλάστησης, χρήσεις γης, εξατμησοδιαπνοή, θερμοκρασία αερίων ατμόσφαιρας, συγκέντρωση αερίων ατμόσφαιρας, μελέτες παγετώνων, ηφαιστειογενείς διεργασίες, γεωλογικές μελέτες, εδαφολογία, ισοζύγιο ακτινοβολίας, ροή ακτινοβολίας, χρώμα θάλασσας, αεροζόλ ατμόσφαιρας, ηλεκτρικές εκκενώσεις ατμόσφαιρας.
Μικροκύματα	Υδρατμοί στην ατμόσφαιρα, θερμοκρασία ατμοσφαιρας, βροχόπτωση, τοπογραφική επιφάνεια θάλασσας, ύψος κυμάτων, ένταση ανέμου στην επιφάνεια της θάλασσας, ταχύτητα επιφανειακών θαλάσσιων ρευμάτων, χιόνι, υγρασία εδάφους, χημεία στρατόσφαιρας, χημεία τροπόσφαιρας, όζον, αέρια θερμοκηπίου.

# Ποσοστά ακτινοβολίας του ήλιου

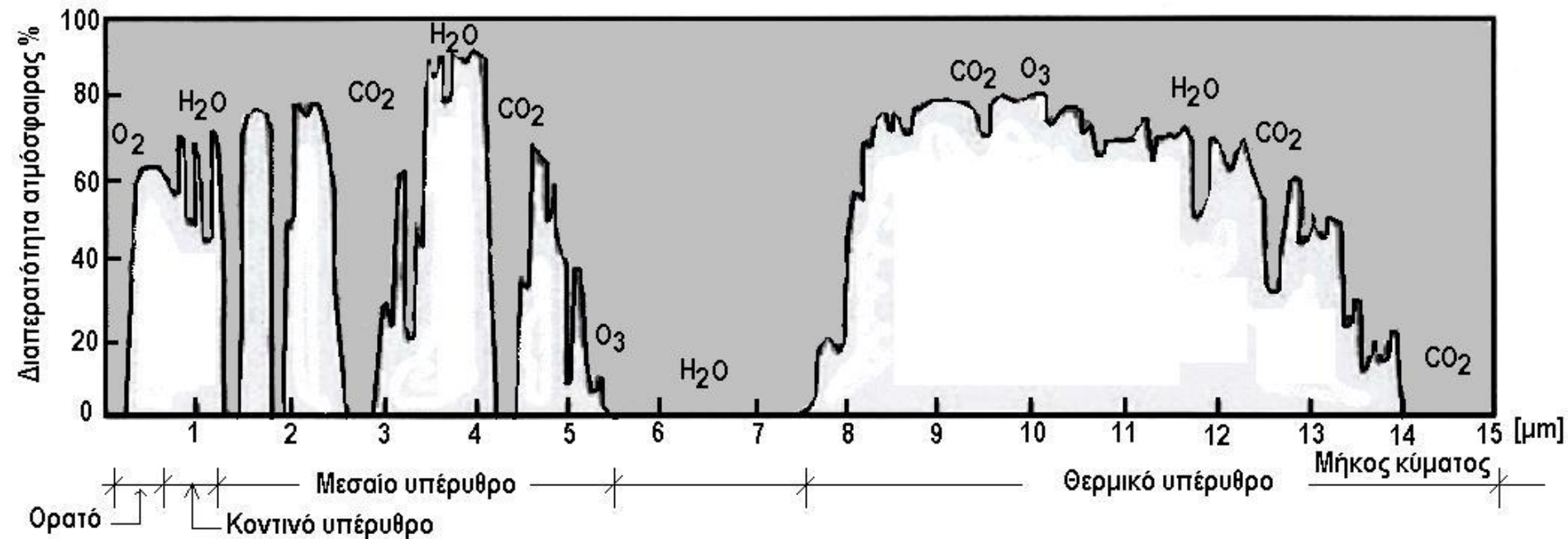
Μήκος κύματος $\lambda$ [ $\mu\text{m}$ ]	Περιοχή	Ποσοστό ακτινοβολίας
0.1 – 0.4	Υπεριώδες	7%
0.4 – 0.7	Ορατό	44%
0.7 – 1.5	Κοντινό υπέρυθρο	37%
1.5 – 3.0	Μεσαίο υπέρυθρο	11%
3.0 - 100	Μακρινό υπέρυθρο	1%

# LAND-SOLAR RADIATION

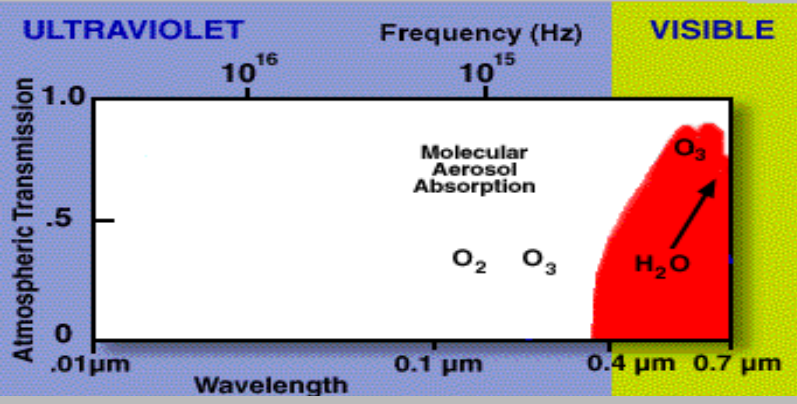


CS1.010 593

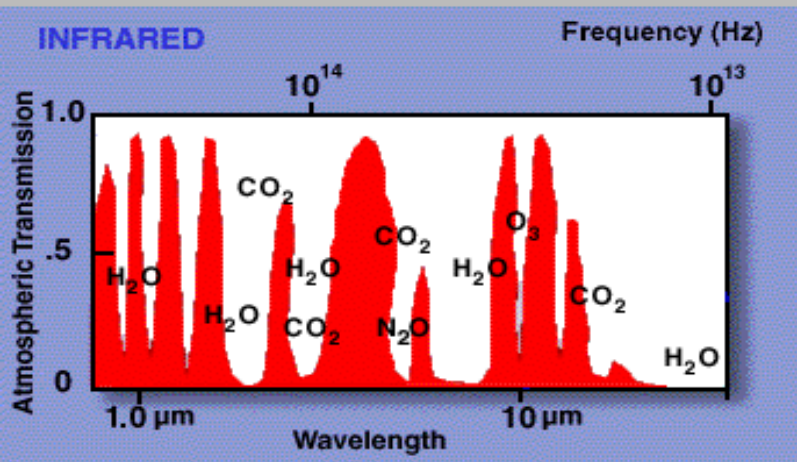
# Παράθυρα διαπερατότητας της ατμόσφαιρας από την ΗΜΑ



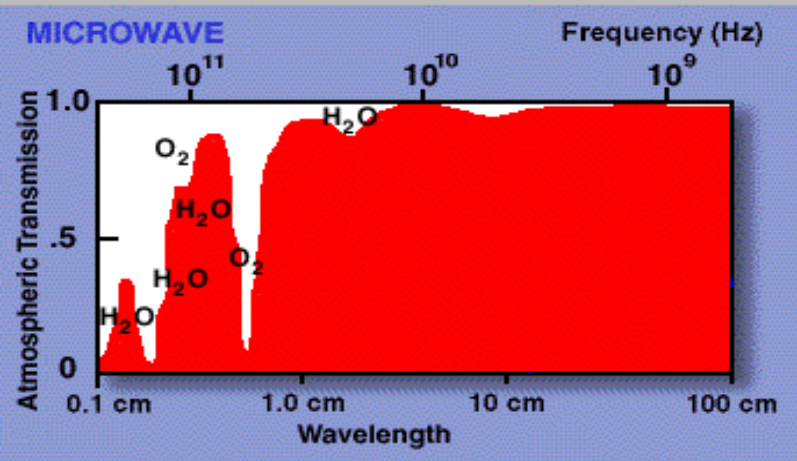
**Ultraviolet & Visible**



- Data Measured in Each Wavelength**
- |                           |                            |
|---------------------------|----------------------------|
| <u>ULTRAVIOLET</u>        | <u>VISIBLE (cont.)</u>     |
| Ozone                     | Glacial Movement           |
| Sulfur Dioxide            | Ice Amount                 |
| Nitrogen Dioxide          | Land Topography            |
| Solar UV Irradiance       | Land Use                   |
| <u>VISIBLE</u>            | Ocean Color                |
| Atmospheric Aerosols      | Snow Amount                |
| Cloud Amount              | Soil Studies               |
| Cloud Distribution        | Surface Mapping            |
| Cloud Morphology          | Surface Optical Properties |
| Cloud Spectral Properties | Vegetation Properties      |
| Cloud Type                | Volcanic Processes         |
| Deforestation             |                            |
| Desertification           |                            |
| Geologic Studies          |                            |
| <u>Infrared</u>           |                            |



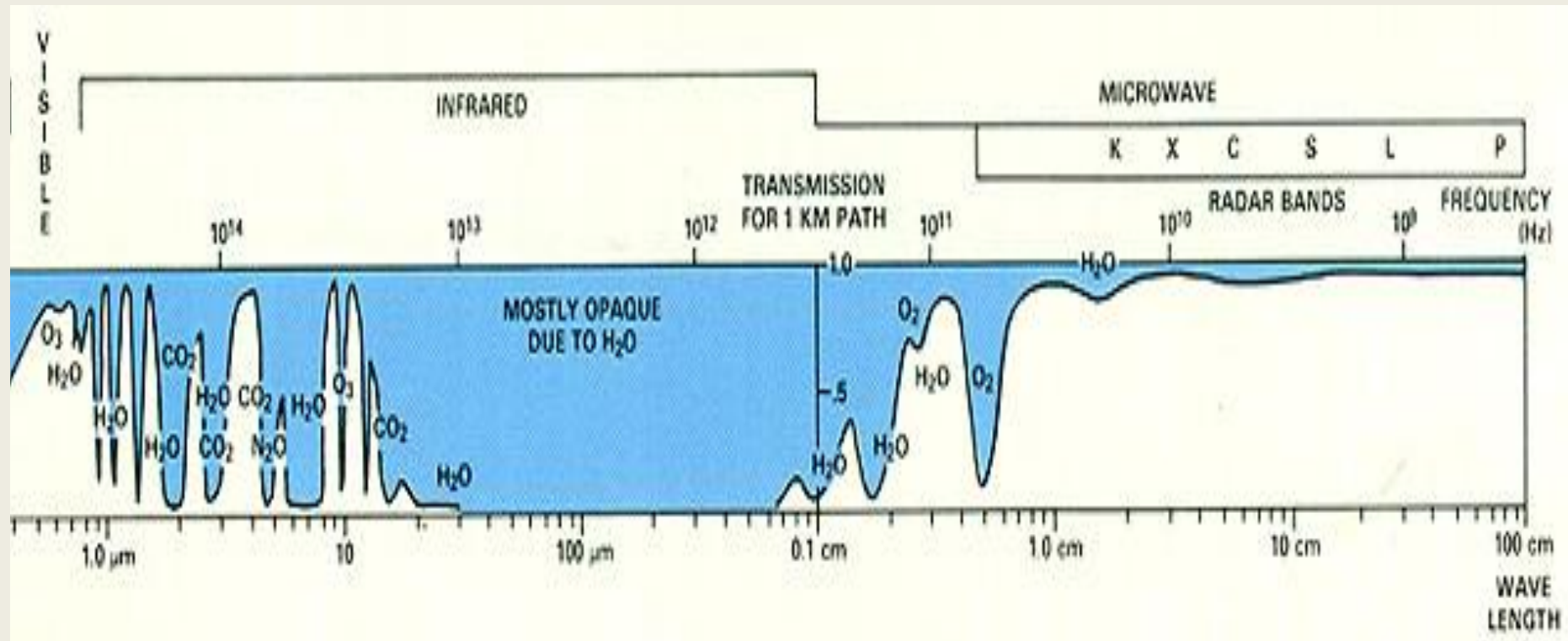
- Data Measured in Each Wavelength**
- |                             |                               |
|-----------------------------|-------------------------------|
| <u>INFRARED</u>             | <u>MULTI-SPECTRAL</u>         |
| Earth's Outgoing Radiation  | Solar Irradiance              |
| Cloud-top Temperature       |                               |
| Land Surface Temperature    |                               |
| Ocean Surface Temperature   |                               |
| Cloud Spectral Properties   | Concentration of Atmos. Gases |
| Surface Optical Properties  | Laser Altimetry               |
| Ozone                       | Glacial Studies               |
| Vegetation Properties       | Volcano Processes             |
| Land Use                    | Geologic Studies              |
| Evapotranspiration          | Soil Studies                  |
| Temperature of Atmos. Gases | Radiation Balance             |
|                             | Radiative Fluxes              |
|                             | Ocean Color                   |
|                             | Atmospheric Aerosols          |
|                             | Lightning                     |
|                             | <u>MULTI-SPECTRAL</u>         |
|                             | Solar Irradiance              |
|                             | Microwave                     |



- Data Measured in Each Wavelength**
- |                                |                         |
|--------------------------------|-------------------------|
| <u>MICROWAVE</u>               | <u>RADIO</u>            |
| Atmospheric Water Vapor        | Tropospheric Refraction |
| Atmospheric Temperature        |                         |
| Precipitation                  |                         |
| Ice                            |                         |
| Sea Surface Topography         |                         |
| Ocean Wave Height              |                         |
| Ocean Surface Winds            |                         |
| Ocean Surface Current Velocity |                         |
| Snow                           |                         |
| Soil Moisture                  |                         |

# Παράθυρα ΗΜΑ της ατμόσφαιρας

# Παράθυρα ΗΜΑ της ατμόσφαιρας - Συνέχεια



# Νόμοι της ακτινοβολίας

$$E = h\nu$$

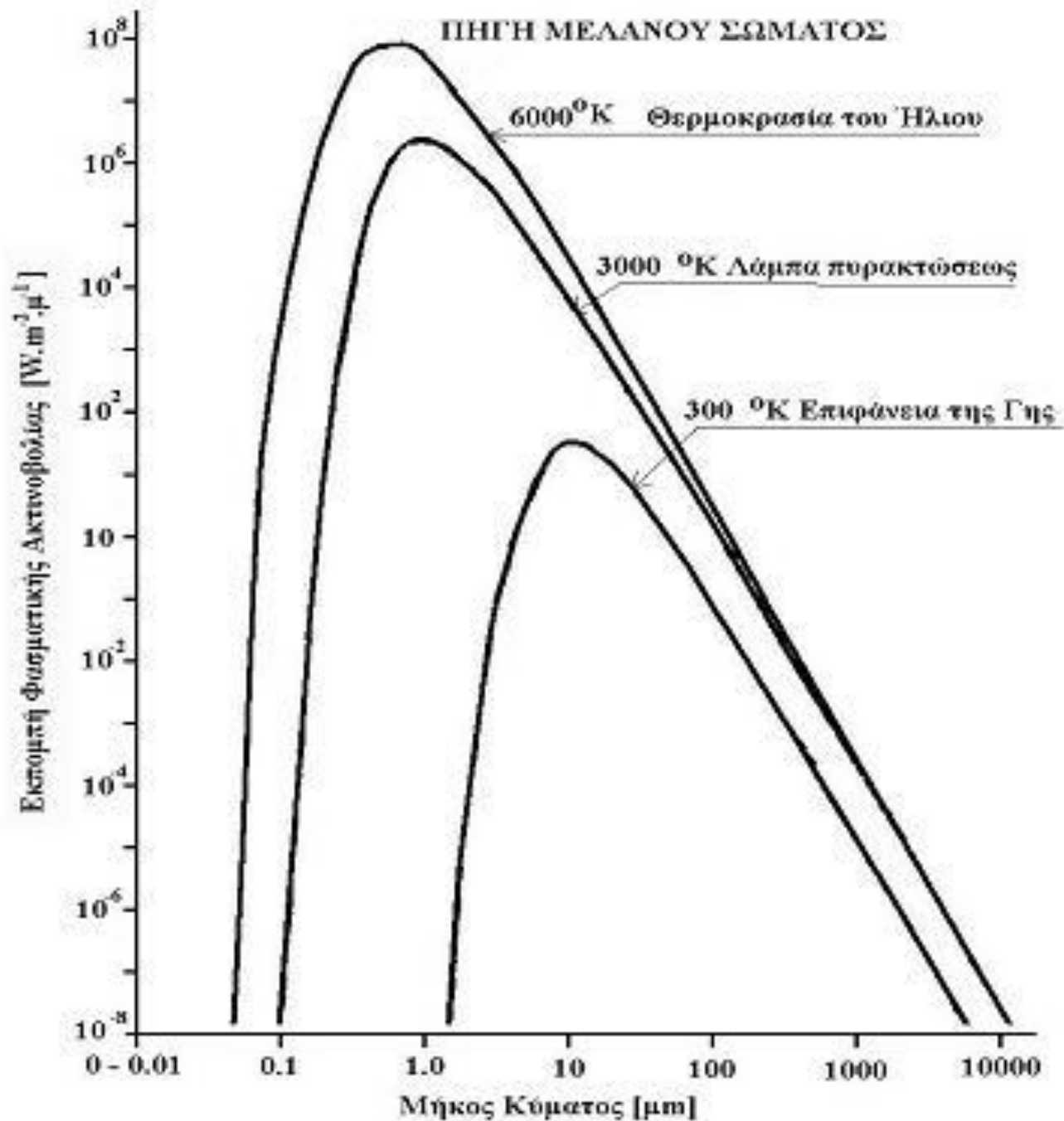
$h \rightarrow$  σταθερά του Planck  $6.6256 \times 10^{-27}$  erg sec

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad \lambda_{\max} = \frac{\alpha}{T} \quad \leftarrow \text{Νόμος Wien}$$

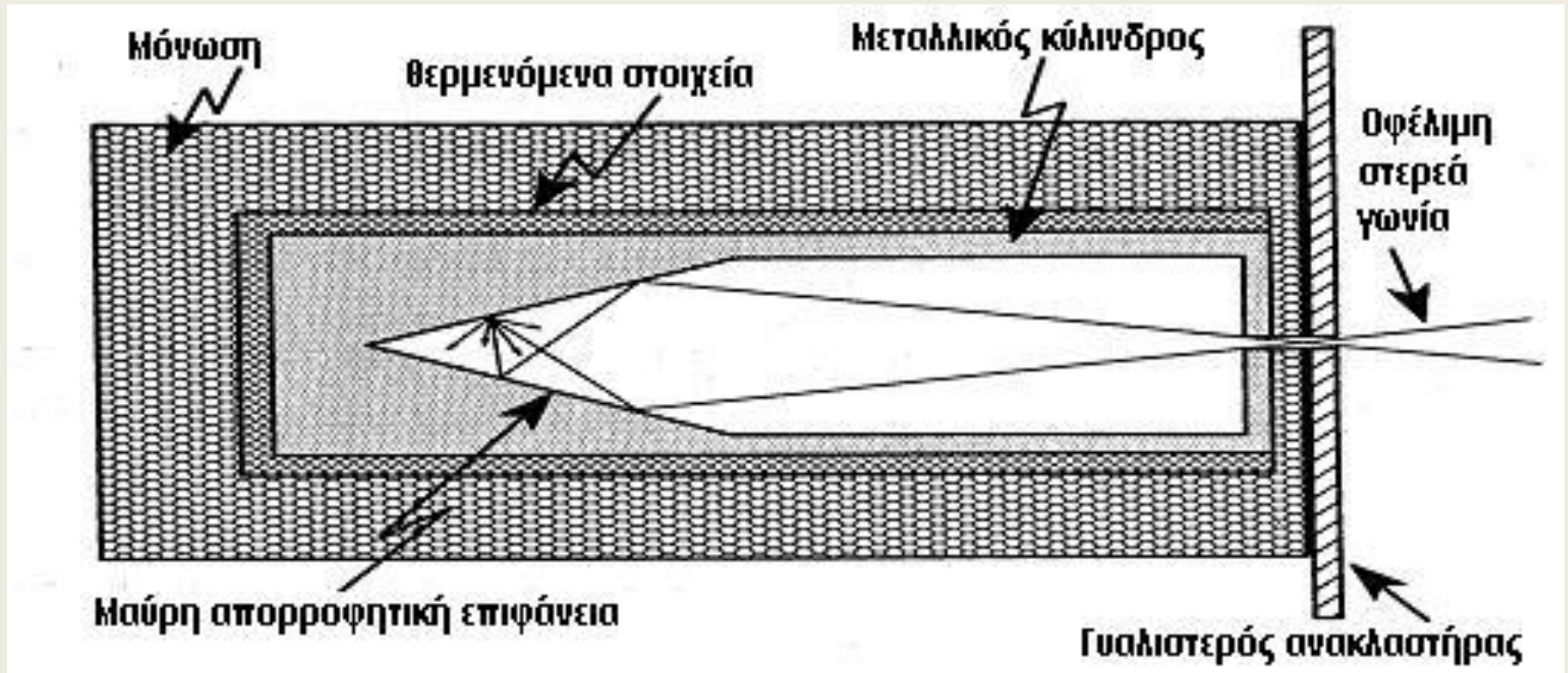
$$\alpha = 2898 \mu\text{m}^\circ\text{K}$$



# Νόμος Vien



# Μέλαν σώμα – συντελεστής εκπομπής - ε

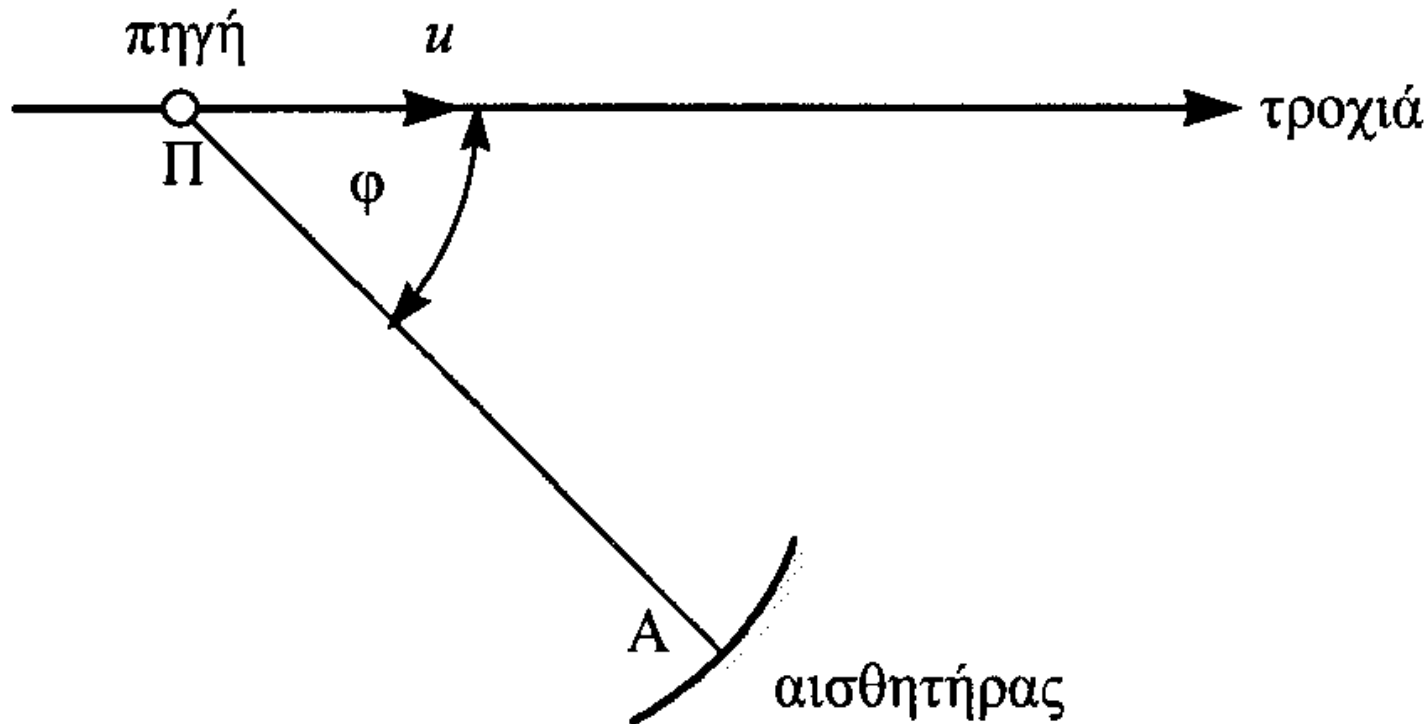


$$M_b = \sigma T^4 \quad \leftarrow \text{Νόμος Stefan-Boltzmann}$$

$$M = \epsilon \sigma T^4 \quad \text{και} \quad 1 \quad (0 < \epsilon < 1) \quad \sigma = 5.671 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

# Φαινόμενο Doppler

Το φαινόμενο ή η αρχή Doppler είναι η μετατόπιση της συχνότητας (ή μήκους κύματος) της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας εξαιτίας της σχετικής κίνησης του παρατηρητή και της πηγής ενέργειας.



$$v' = v \frac{\sqrt{(1-\beta^2)}}{(1-\beta^2)\cos\varphi}$$

όπου  $\beta$  είναι ο λόγος της ταχύτητας  $u$  της πηγής προς την ταχύτητα  $c$  της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

$$\Delta v = v' - v = \frac{v u}{c} \cos\varphi$$

η σχετική ταχύτητα μεταξύ της πηγής και του παρατηρητή είναι αρκετά μικρότερη από την ταχύτητα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ( $u \ll c$ )

$$\Delta\nu = \nu'' - \nu = \frac{2 \nu u}{c} \cos \varphi = \frac{2u}{\lambda} \cos \varphi$$

Αν, για παράδειγμα, ένα αεροσκάφος κινείται με ταχύτητα 300 [m/s] και εκπέμπει μικροκυματική ακτινοβολία σε συχνότητα  $\nu = 3 \times 10^{10}$  Hz ή μήκος κύματος  $\lambda = 1$  cm, τότε η συχνότητα που λαμβάνεται στο αεροσκάφος από το έδαφος θα είναι μεγαλύτερη κατά  $\Delta\nu = 6 \times 10^4$  Hz . Η σχετική αυτή μεταβολή είναι μόνο 2 ppm (parts per million) της αρχικής συχνότητας, αλλά είναι μετρήσιμη και χρήσιμη για την υλοποίηση των συστημάτων SAR του Radar