



N.K.U.A. - Department of Science

Psachna, Euboea - Euripus Campus

# Φυσική Περιβάλλοντος :

## “κεφ IX: Ηλεκτρομαγνητικές Ακτινοβολίες”

*Καθ. Μιχάλης Γρ Βραχόπουλος*

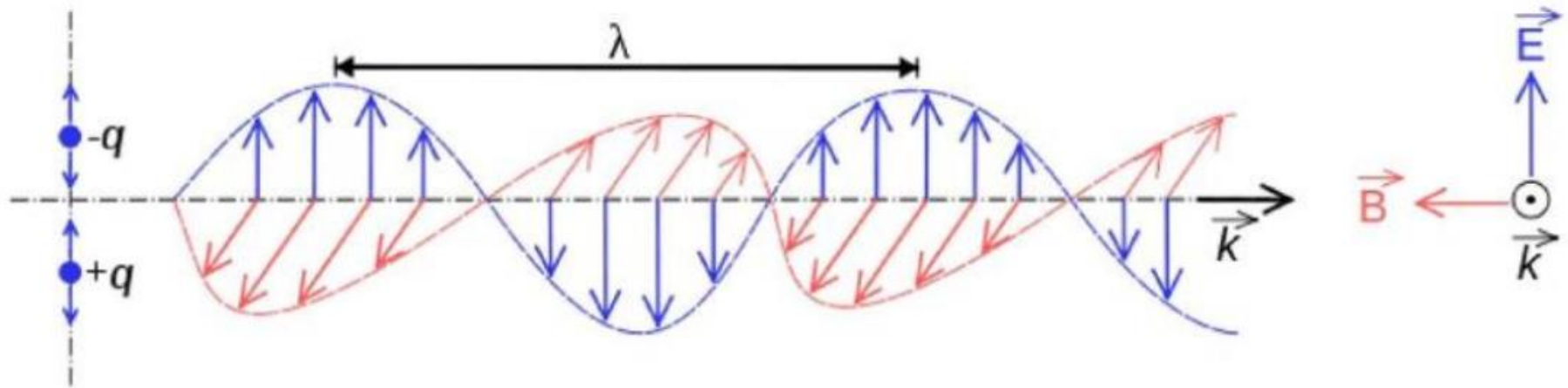
*Δρ. Δήμητρα Παπαδάκη*

Energy and Environmental Research Laboratory



# Ακτινοβολίες

- Τι είναι η ακτινοβολία; Η ακτινοβολία είναι ενέργεια σε μορφή κυμάτων ή κινούμενων υποατομικών σωματιδίων.
- Διακρίνεται σε δύο μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με την ενέργεια και την επίδρασή της στην ύλη: **την ιονίζουσα και τη μη ιονίζουσα.**
- Από πού προέρχεται; Ακτινοβολία δημιουργείται από ένα μεγάλο σύνολο φυσικών και τεχνητών πηγών που βρίσκονται παντού. Η ακτινοβολία επιδρά στον οργανισμό κατά τρόπο πολύπλοκο, **άλλοτε ευεργετικά και άλλοτε βλαβερά,** ανάλογα με το είδος, την έντασή της και την ενέργεια που μεταφέρει.
- Πώς αντιλαμβανόμαστε την ύπαρξή της; Ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται την ύπαρξη μόνο μιας πολύ μικρής περιοχής του φάσματος των ακτινοβολιών:
  - το ορατό φως μέσω της όρασης και
  - τις υπέρυθρες ακτινοβολίες μέσω της θερμότητας.
  - Οι υπόλοιπες ακτινοβολίες ήταν μέχρι πρότινος άγνωστες για τον άνθρωπο. Ο κόσμος τους άρχισε να γίνεται αντιληπτός τον τελευταίο αιώνα, λόγω της ανάπτυξης τεχνητών μέσων ανίχνευσής τους.



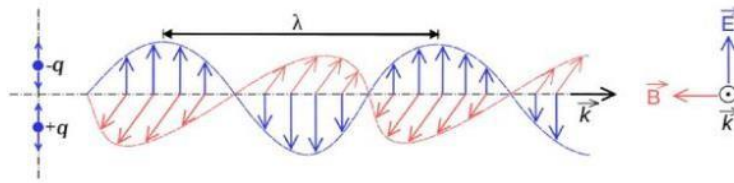
“Onde electromagnetique”, από Emmanuel.boutet  
 διαθέσιμο με άδεια [CC BY-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)

Ηλεκτρομαγνητικό κύμα, ημιτονοειδώς εναλλασσόμενο ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο με επίπεδα κάθετα μεταξύ τους, που διαδίδεται ευθύγραμμα.

Η διεύθυνση διάδοσης είναι κάθετη προς τα διανύσματα των εντάσεων.

### Μήκος κύματος ( $\lambda$ ):

Η απόσταση που διανύει το ηλεκτρομαγνητικό κύμα σε χρόνο μιας Περιόδου.



“Onde electromagnetique”, από Emmanuel.boutet  
διαθέσιμο με άδεια [CC BY-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)

### Συχνότητα ( $\nu$ ):

Ο αριθμός των κύκλων ανά δευτερόλεπτο ( $\nu=1/\lambda$ ).

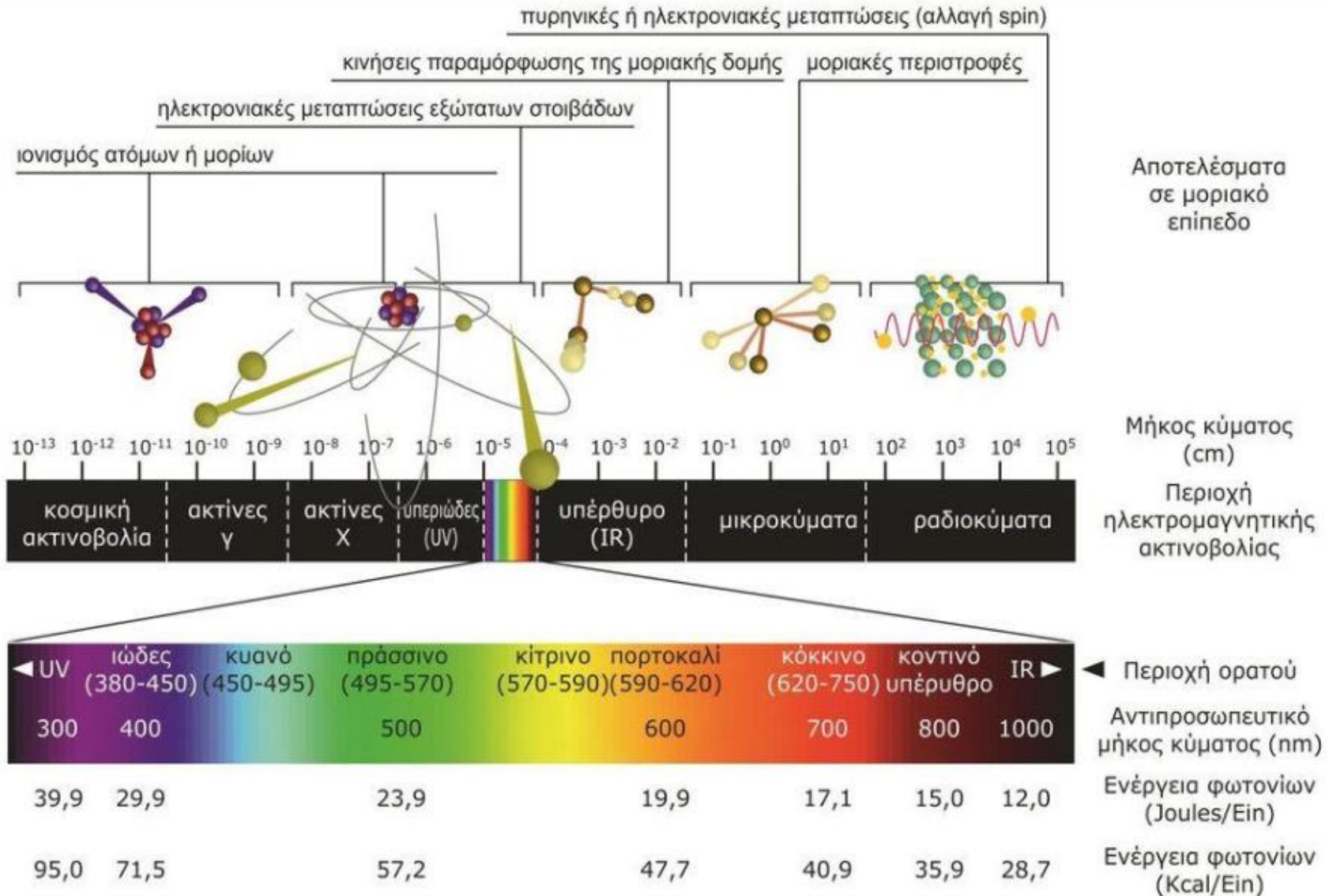
**Τη συχνότητα ή το μήκος κύματος της ακτινοβολίας το αντιλαμβανόμαστε ως χρώμα.**

|                   |   |  |
|-------------------|---|--|
| Συχνότητα         | $\nu$   | Hz   |
| Μήκος κύματος     | $\lambda$<br>$\nu=c/\lambda$<br>$\nu=u/\lambda$ | nm<br>$1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$<br>$1\mu\text{m}=10^{-6}\text{m}$ |
| Κυματαριθμός      | $\bar{\nu} = 1/\lambda$                         | $\text{cm}^{-1}$   |
| Ενέργεια          | $E = h\nu$                                      | $h = 6,62 \times 10^{-27}$<br>erg.sec                                |
| Ένταση            | $I$   | Φωτεινότητα (Lx )<br>(lum/m <sup>2</sup> )                           |
| Ταχύτητα διάδοσης | $c = 300.000\text{km/s.}$                       |  |

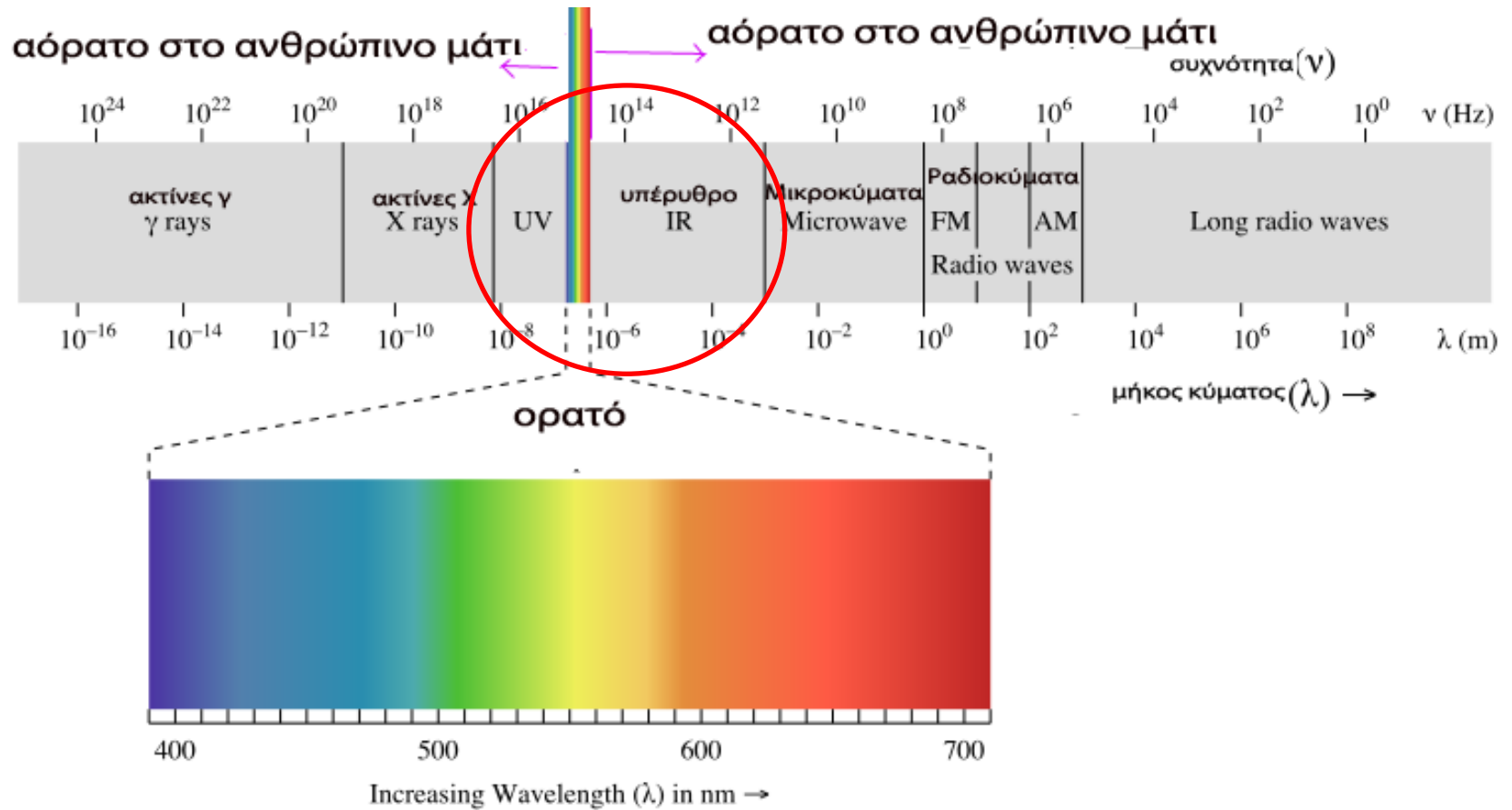
# Ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες

- **Ένα ηλεκτρικό και μαγνητικό κύμα συχνότητας  $0-10^{22}\text{Hz}$**
- Η ενέργεια που περικλείει και αν αυτή έχει την δυνατότητα να διεγείρει ηλεκτρόνια και να τα αποσπά από τα άτομα (δηλαδή να προκαλεί ιονισμό)
  - Ιονίζουσες: ικανή να προκαλέσει ιονισμό, να διασπαχημικούς δεσμούς και να προκαλεί βιολογικές βλάβες
  - Μη ιονίζουσες: δεν προκαλούν ιονισμό, ανάλογα με τη ζώνη συχνοτήτων με διαφορετική βιολογική επίδραση

# Ακτινοβολία



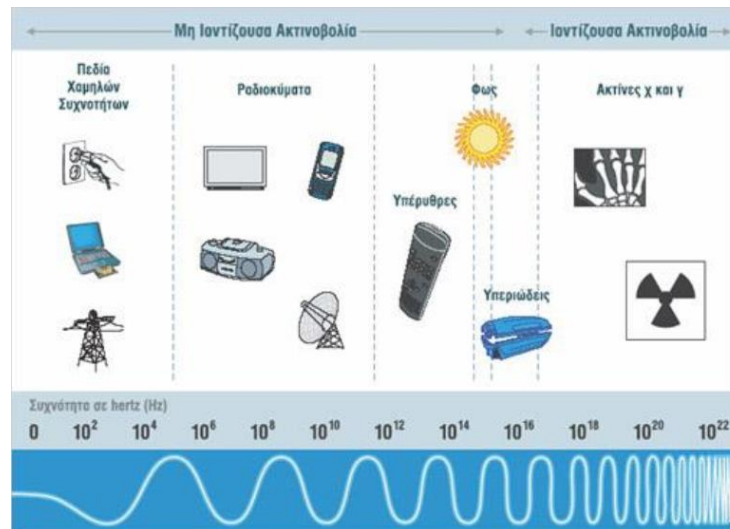
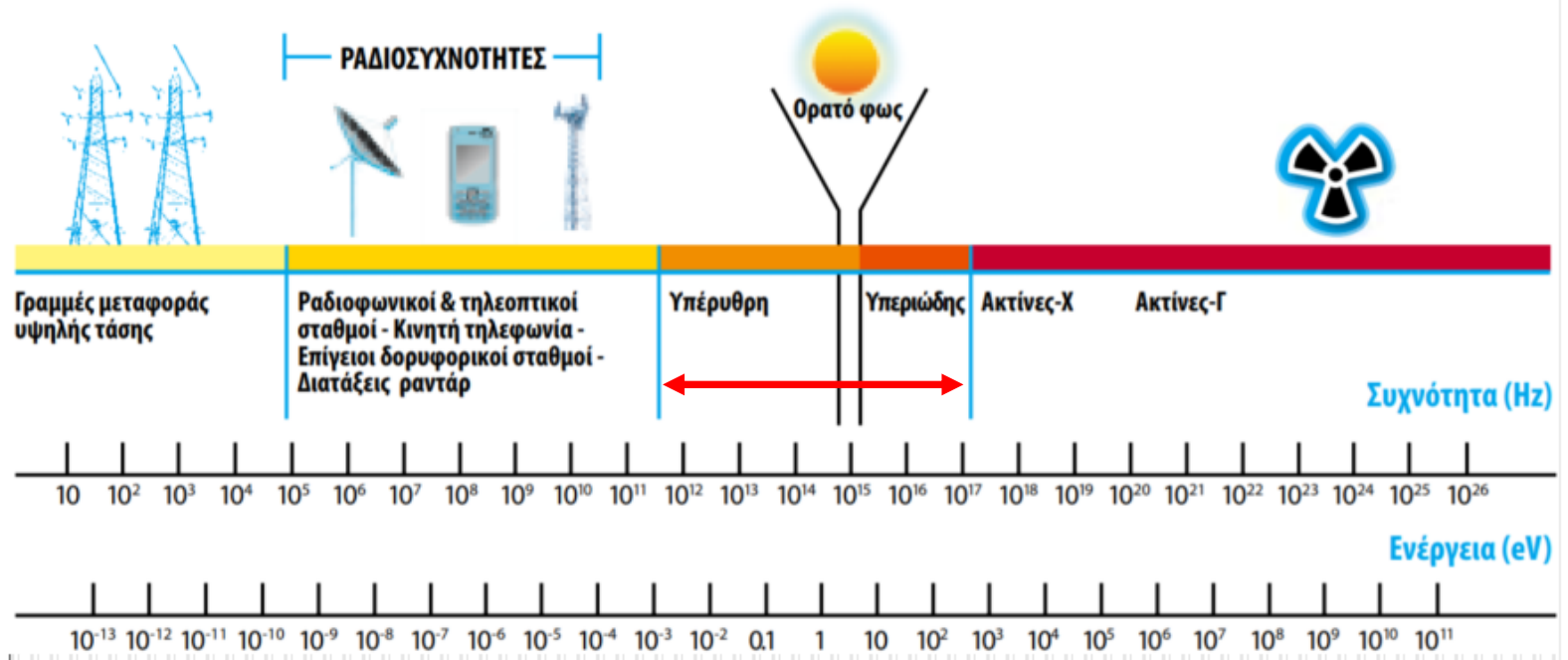
# Ορατό φάσμα





# ΜΗ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ

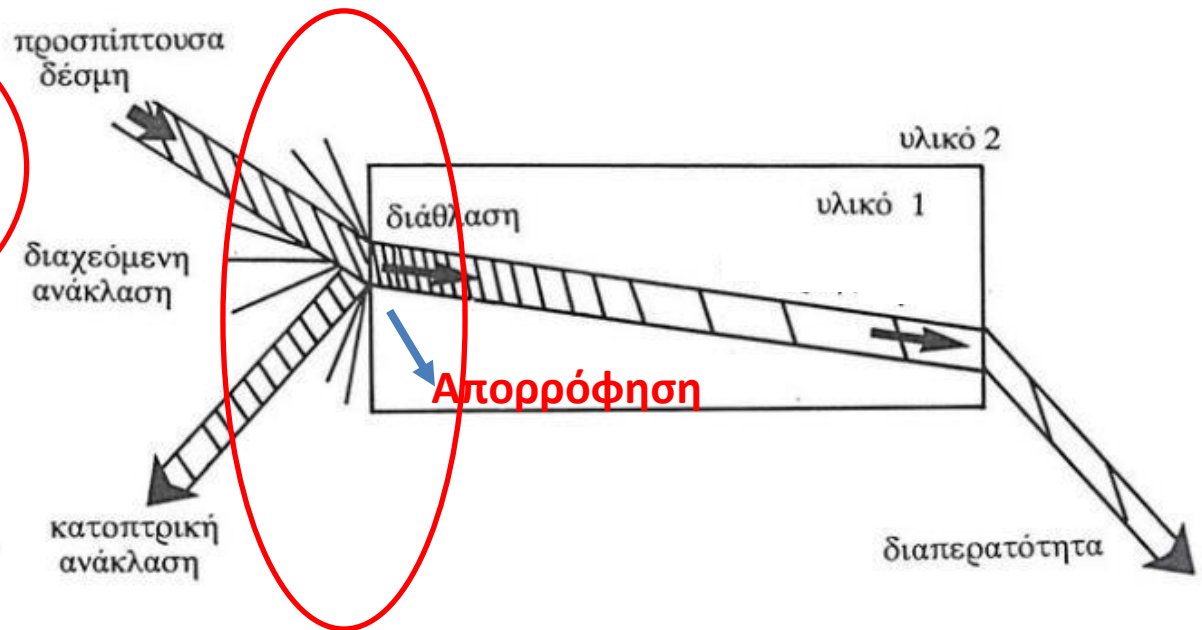
# ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ





Αν εξετάσουμε **μακροσκοπικά** τι συμβαίνει όταν το φως προσπίπτει σε έναν όγκο διαφανούς υλικού σε στερεή ή υγρή κατάσταση, τότε παρατηρούνται **τρία** φαινόμενα:

- Ανάκλαση
- Απορρόφηση
- Διάθλαση



## Μη ιονίζουσες

- Μη ιοντίζουσες είναι οι ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες σε συχνότητες που μεταφέρουν σχετικά μικρή ενέργεια, μη ικανή να προκαλέσει ιοντισμό, ικανή όμως να προκαλέσει ηλεκτρικές, χημικές και θερμικές επιδράσεις στον οργανισμό, που μπορούν να αποβούν άλλοτε επιβλαβείς και άλλοτε ευεργετικές για τη λειτουργία του.
- Στις ακτινοβολίες αυτές εντάσσονται: τα στατικά ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία τα χαμηλόσυχνα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία που δημιουργούνται στο περιβάλλον διατάξεων ηλεκτρικής ενέργειας, τα ραδιοκύματα και τα μικροκύματα που εκπέμπονται από κεραιές επικοινωνιών (π.χ. σταθμούς βάσης κινητής τηλεφωνίας), κεραιές ραδιοφωνίας και τηλεόρασης, συστημάτων ραντάρ κ.ά. η υπεριώδης ακτινοβολία η ορατή ακτινοβολία η υπέρυθη ακτινοβολία

## ....Μη ιονίζουσες

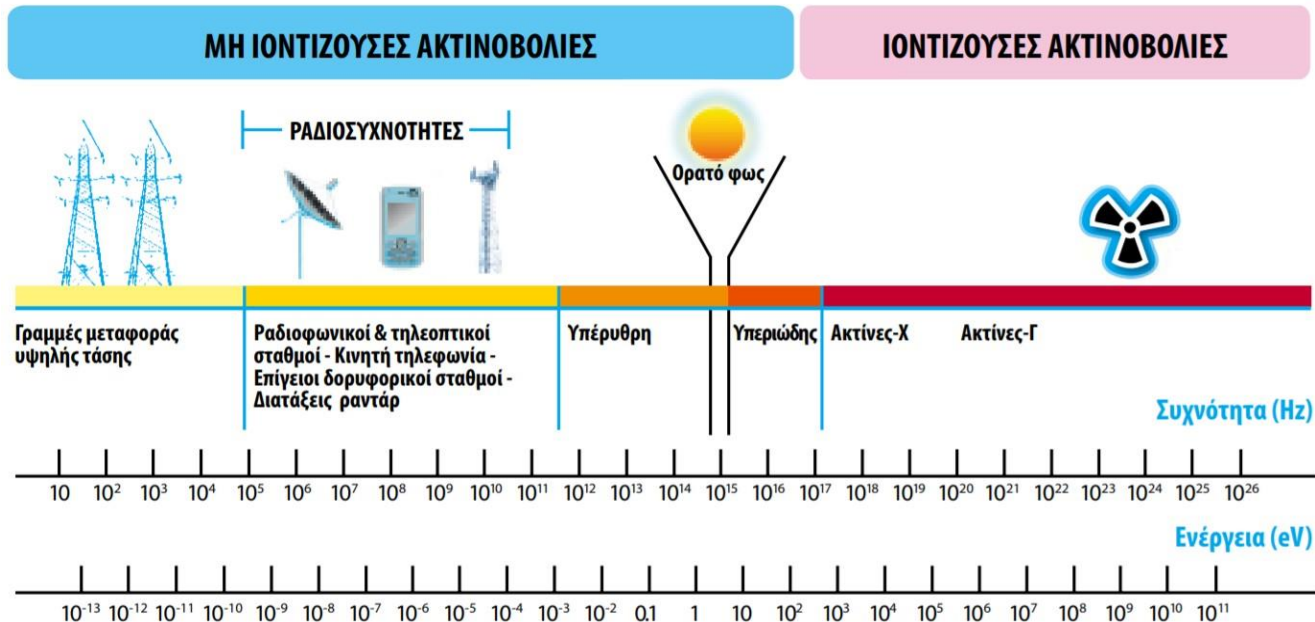
- Οι βιολογικές επιδράσεις των μη ιοντιζουσών ακτινοβολιών διαφέρουν ουσιαστικά από αυτές της ιοντίζουσας ακτινοβολίας και εξαρτώνται κυρίως **από την ένταση και τη συχνότητά τους.**
- Έτσι, τα χαμηλόσυχνα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία επιδρούν στο ανθρώπινο σώμα, επάγοντας πεδία και ρεύματα στο εσωτερικό του. Ενώ τα ραδιοκύματα και τα μικροκύματα θερμαίνοντας τα κύτταρα και τους ιστούς.
- Για τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία έχουν καθιερωθεί «βασικοί περιορισμοί» και «επίπεδα αναφοράς» που η τήρησή τους προστατεύει την υγεία από τις αποδεδειγμένες βλαβερές επιδράσεις. Οι «βασικοί περιορισμοί» έχουν προκύψει λαμβάνοντας υπόψη τις διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες και το γεγονός ότι η κατάσταση της υγείας και της ηλικίας των μελών του γενικού πληθυσμού ποικίλλει, έχουν υιοθετηθεί μεγάλοι συντελεστές ασφαλείας.

# Χαμηλές συχνότητες

- Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία σχηματίζονται γύρω από αγωγούς που διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα.

Στην Ελλάδα συχνότητα στα 50 Hz.

- Μόνωση από δομικά υλικά από το ηλεκτρικό πεδίο, όμως το μαγνητικό τα διαπερνά. Άρα μέσα σε κτίρια που βρίσκονται κοντά σε γραμμές ηλεκτρικής ενέργειας σχηματίζονται μαγνητικά πεδία ενώ εξασθενούν με την απομάκρυνση από την πηγή.



# Ραδιοσυχνότητες

- Τα μικροκύματα αποτελούν ένα υποσύνολο των ραδιοκυμάτων με συχνότητες 300 MHz έως και 3 GHz.
- Τα ραδιοκύματα δημιουργούνται από την κίνηση ηλεκτρικών φορτίων επί των κεραιών και αναφέρονται και ως ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ραδιοσυχνοτήτων (ΡΣ), γιατί ακτινοβολούνται στο χώρο απομακρυνόμενα από την πηγή τους, δηλαδή την κεραία εκπομπής.
- Η κυριότερη βιολογική επίδραση των ραδιοκυμάτων είναι η αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών που εκτίθενται σε αυτά υπό ορισμένες συνθήκες. **Οι μέχρι σήμερα έρευνες δεν έχουν τεκμηριώσει σχέση αιτίου – αιτιατού μεταξύ αυτού του τύπου της ακτινοβολίας και της πρόκλησης επιβλαβών επιπτώσεων στην υγεία (π.χ. καρκινογένεσεις).**
- Ο διαχωρισμός μεταξύ ιοντίζουσας και μη ιοντίζουσας ακτινοβολίας είναι σημαντικός, γιατί επιτρέπει την καλύτερη αντίληψη των πραγματικών κινδύνων των διαφόρων τύπων της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

# Ραδιοσυχνότητες

Διαστήματα συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται από ραδιοηλεκτρονικά σήματα

| <b>Είδος</b>  | <b>Διάστημα συχνοτήτων</b> | <b>Χρήση</b>                    |
|---------------|----------------------------|---------------------------------|
| Μακρά κύματα  | 145.5–283.5 kHz            | Ραδιόφωνο AM                    |
| Μεσαία κύματα | 526.5–1606.5 kHz           | Ραδιόφωνο AM                    |
| Μικρά κύματα  | 3.9–26.1 MHz               | Διεθνές ραδιόφωνο               |
| UHF           | 470–854 MHz                | Αναλογική και ψηφιακή τηλεόραση |
| VHF           | 87.5–108 MHz               | Ραδιόφωνο FM                    |

# Ραδιοσυχνότητες

## **100 kHz- 300 GHz**

Ηλεκτρομαγνητικό κύμα.

Ο πομποδέκτης είναι μια κεραία που εκπέμπει και λαμβάνει ραδιοκύματα.

Ανακλάται, διαθλάται και απορροφάται.

**Εκφράζεται με την ενέργεια η οποία διέρχεται από ορισμένη επιφάνεια στη μονάδα του χρόνου**

**Πυκνότητα ισχύος ( $Wm^{-2}$ )**

Εφαρμογές:

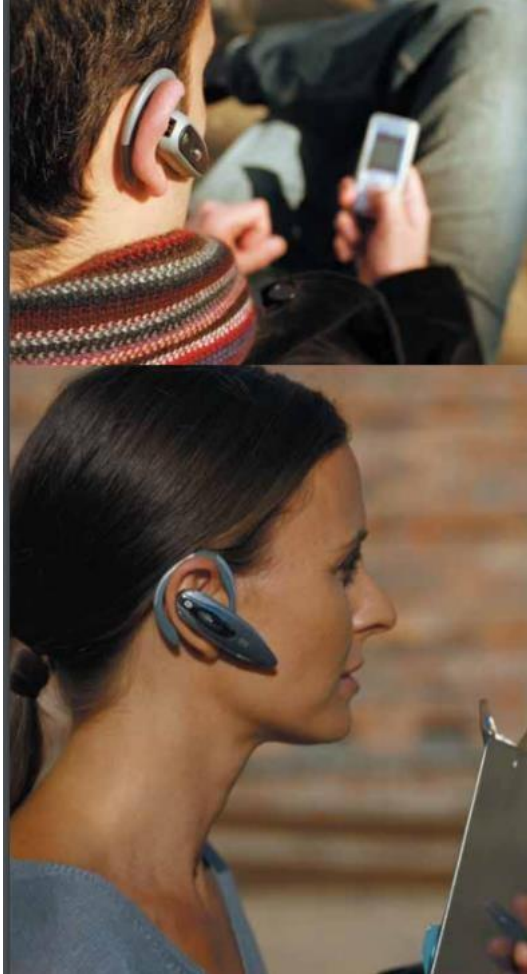
Ασυρματα τηλέφωνα, συσκευές ανοίγματος θυρών, βιντεοκάμερες ασφαλείας, μαγνητικοί τομογράφοι, φούρνοι μικροκυμάτων, υπολογιστές τηλεοράσεις



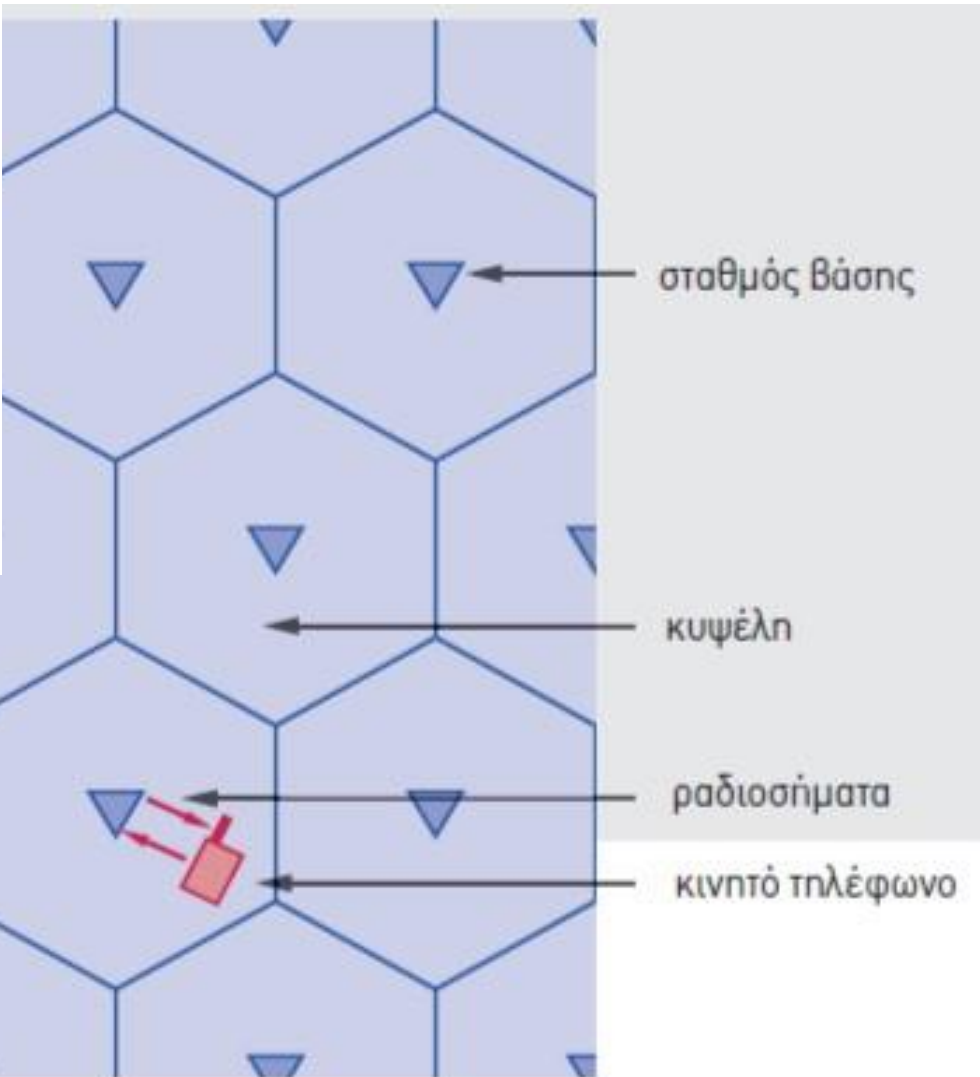
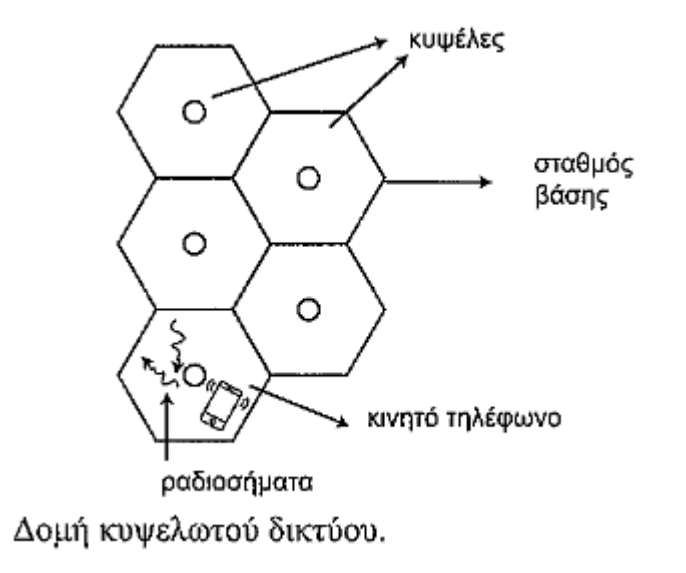
# Ραδιοσυχνότητες

- Οι επιπτώσεις εξαρτώνται από την συχνότητα και την ένταση της ΗΜ ακτινοβολίας.
- Η ακτινοβολία απορροφάται μερικώς σε μικρό βάθος στο σώμα.
- Η απορρόφηση αυτή οδηγεί στην κίνηση των μορίων και συνεπώς στην άυξηση της θερμοκρασίας από ιστούς (1 K).
- Δεν έχει αποδειχθεί βλάβη σε οργανισμούς.

# Δίκτυα κινητής τηλεφωνίας



- Δίκτυο σταθμού βάσης καλύπτει ορισμένη γεωγραφική περιοχή (κυψέλες).
- **Ραδιοκύματα, προσαρμοστικότητα ισχύος.**
- Ο σταθμός είναι εντός της κύψέλης. Σε αραιοκατοικημένες περιοχές η κύψέλη είναι μεγάλη.
- **Όταν δεν «πιάνει» καλά, αυτό οδηγεί σε ισχυρότερα ραδιοκύματα που μας επηρεάζουν.**
- ΗΜ δεχόμαστε όταν μας καλούν.
- **BLUETOOTH** σταθερή ακτινοβολία 100 φορές μικρότερη.



# Δίκτυα κινητής τηλεφωνίας

Τυπικά επίπεδα ισχύος σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας και ραδιοτηλεοπτικών πομπών.

**Τυπικά επίπεδα ισχύος σταθμών βάσης  
κινητής τηλεφωνίας (ανά κεραία)**

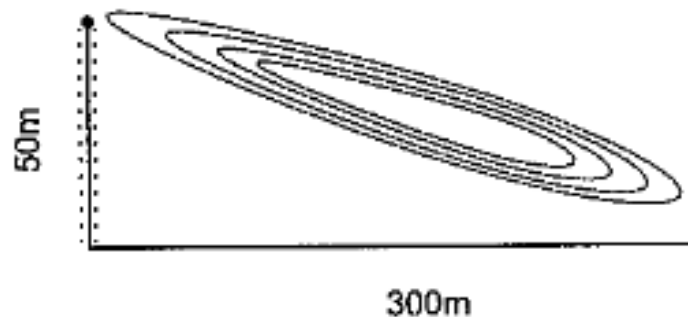
**Watt**

---

|   |        |
|---|--------|
| Σταθμοί βάσης σε αγροτικό περιβάλλον        | 40     |
| Σταθμοί βάσης σε αστικό περιβάλλον          | 10     |
| Κεραίες ασύρματων δικτύων εσωτερικού χώρου  | 0.1    |
| Μεγάλοι τηλεοπτικοί αναμεταδότες (UHF)      | 40,000 |
| Μεγάλοι ραδιοτηλεοπτικοί αναμεταδότες (VHF) | 2,000  |

# Δίκτυα κινητής τηλεφωνίας

Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο γύρω από μια κεραία σε απόσταση μέχρι 300m από αυτή



Η τυπική ισχύς υποβάθρου των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων είναι  $0-5 \text{ m W m}^{-2}$ . Η έκθεση του πληθυσμού στην ακτινοβολία των κεραιών εξαρτάται από την ισχύ της κεραίας, η οποία μπορεί να αυξηθεί αν προστεθούν συχνότητες για την υποστήριξη παρεχόμενων υπηρεσιών και παρεμβαλλόμενα φυσικά ή τεχνητά εμπόδια.

Η κεραία δεν πρέπει να εγκαθίσταται σε απόσταση μικρότερη των 300 m από την περίμετρο κτιριακών εγκαταστάσεων, όπως βρεφονηπιακοί σταθμοί, σχολεία, νοσοκομεία και γηροκομεία.

είναι  $0-5 \text{ mW/m}^2$

# Δίκτυα κινητής τηλεφωνίας

Μετρήσεις φυσικών μεγεθών ηλεκτρομαγνητικού πεδίου σε σταθμούς βάσης κινητής τηλεφωνίας

| Συνήθεις τιμές   | Μέγιστη                | Όριο<br>GSM 900   | Όριο<br>DCS-1800  | Όριο<br>UMTS 2100                                       |
|--|------------------------|---|---|---|
| Ένταση<br>ηλεκτρικού πεδίου<br>$E$ : 0.25–5 V m <sup>-1</sup>      | 20 V m <sup>-1</sup>   | 35 V m <sup>-1</sup><br>(* ) 32 V m <sup>-1</sup>       | 49 V m <sup>-1</sup><br>(* ) 45 V m <sup>-1</sup>       | 51 V m <sup>-1</sup><br>(* ) 47 V m <sup>-1</sup>       |
| Ένταση<br>μαγνητικού πεδίου<br>$H$ : 0.0005–0.01 A m <sup>-1</sup> | 0.05 A m <sup>-1</sup> | 0.093 A m <sup>-1</sup><br>(* ) 0.086 A m <sup>-1</sup> | 0.131 A m <sup>-1</sup><br>(* ) 0.122 A m <sup>-1</sup> | 0.134 A m <sup>-1</sup><br>(* ) 0.124 A m <sup>-1</sup> |
| Πυκνότητα ισχύος<br>$S$ : 0.0001–0.05 W m <sup>-2</sup>            | 1 W m <sup>-2</sup>    | 3.15 W m <sup>-2</sup><br>(* ) 2.7 W m <sup>-2</sup>    | 6.3 W m <sup>-2</sup><br>(* ) 5.4 W m <sup>-2</sup>     | 7 W m <sup>-2</sup><br>(* ) 6 W m <sup>-2</sup>         |

(\*): Όρια για ευαίσθητες περιοχές.

Πηγή: Ελληνική επιτροπή ατομικής ενέργειας.

# Ασύρματα τηλέφωνα

- Η κεραία είναι εντός του τηλεφώνου, τα πεδία ακτινοβολίας εισάγουν ενέργεια μέσα στο κεφάλι.
- Η ισχύς είναι μικρότερη από κινητά, όμως δεν έχουν προσαρμοστικότητα ισχύος.
- Η ακτινοβολία είναι διεισδυτική και διαπερνά τοίχους.





# Ασύρματα δίκτυα Wi-Fi

**Τα μόντεμ εκπέμπουν ακτινοβολία στα 2.5 GHz** και πρέπει να βρίσκονται μακριά από ζωτικά όργανα.

Ασυρματη κάρτα δίκτυου (απόσταση 40- 50εκατοστά).

Σε κακή σύνδεση ελατώνεται η ταχύτητα μεταφοράς, χωρίς να υπάρχει μεγαλύτερη έκθεση σε Ακτινοβολία.

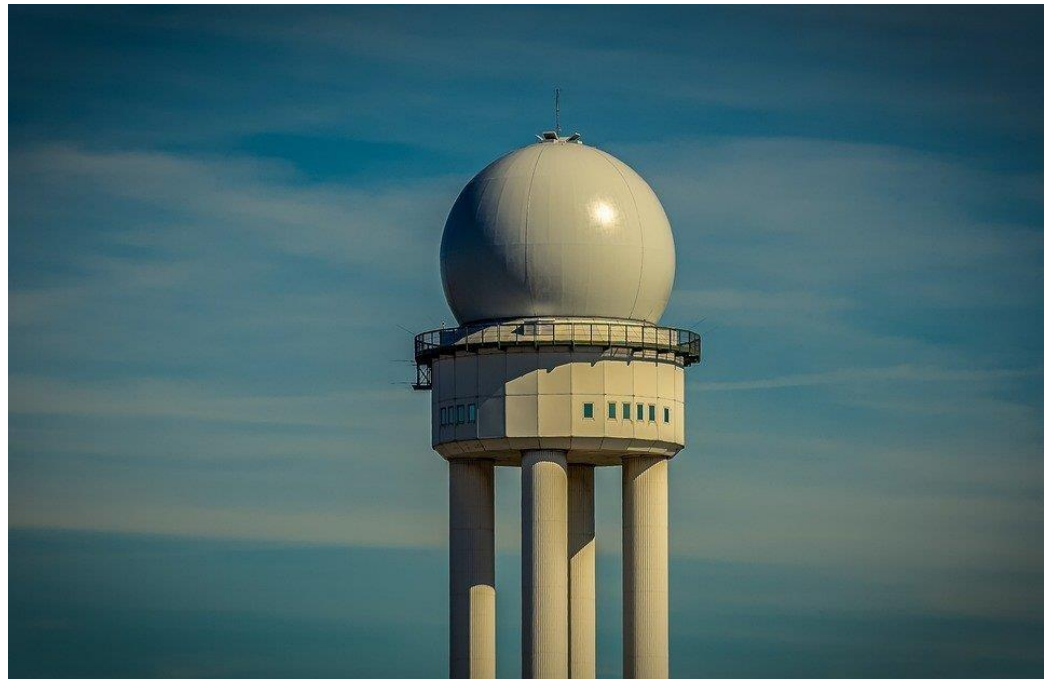
Η ακτινοβολία εξασθανεί με την απόσταση.

Τα επίπεδα σήματος είναι πολύ μικρότερα των ραδιοκυμάτων.



# Συστήματα ασφαλείας

- Διαχείριση εναέριας κυκλοφορίας – ραντάρ
- Θαλάσσια ραντάρ
- Εντοπισμού παρακολούθησης
- Σαρωτές ασφαλείας



# Οικιακές εφαρμογές

- Επαγωγικές εστιές μαγειρέματος, φούρνος μικροκυμάτων, οθόνες παρακολούθησης μωρών κτλ.
- Έξυπνοι μετρητές.

# Βιομηχανικές εφαρμογές

- Επαγωγικοί φούρνοι με μεγάλα πηνία για θέρμανση αγωγίμων υλικών.
- Σημαντική έκθεση εργαζομένων.

# Ιατρικές εφαρμογές

- Μαγνητικοί τομογράφοι, καθαρές απεικονίσεις δομών ιστών.
- Τα άτομα  $H_2$  απο το νερό στους ιστούς συντονίζονται απο ενα ισχυρό στατικό μαγνητικό πεδίο επειδη εκπέμπουν ραδιοσυχνότητες στη συχνότητα συντονισμού.
- Οι μεταβολές στο υδατικό περιεχόμενο είναι η βάση των εικόνων.
- Μόνιμο μαγνητικό πεδίο 1- 8 T<sup>1</sup> προκαλεί διαχωρισμό των ενεργειακών σταθμών, έτσι τα πρωτόνια μεταπηδούν από την χαμηλότερη στην ανώτερη ενεργειακά στάθμη, επιστρέφουν εκπέμποντας ακτινοβολία.
- **Η δόση είναι απο 0,1 W kg<sup>-1</sup> έως 4 W kg<sup>-1</sup> του σωματικού βάρους**



# Βιολογικές επιπτώσεις

- Π.Ο.Υ.: μείωση διανοητικής λειτουργίας, καταρράκτης, επιβράδυνση ανάπτυξης εμβρύου, λόγω αύξησης θερμοκρασίας.
- Δεν έχει αποδειχθεί επίδραση σε εγκεφαλικές λειτουργίες, καρδιαγγειακές παθήσεις, καρκίνο.

# Ιοντίζουσες – Ιονίζουσες



Ιοντίζουσες είναι οι ακτινοβολίες που μεταφέρουν ενέργεια ικανή να εισχωρήσει στην ύλη, να προκαλέσει ιοντισμό των ατόμων της, να διασπάσει βίαια χημικούς δεσμούς, να προκαλέσει βιολογικές βλάβες στον ανθρώπινο οργανισμό.

Ιοντισμός ενός ουδέτερου ατόμου είναι η βίαιη απομάκρυνση ενός ηλεκτρονίου από τις στοιβάδες του, λόγω εξωτερικού αιτίου, με αποτέλεσμα την παραγωγή δυο αντίθετα φορτισμένων ιόντων, του θετικού ατόμου και του αρνητικού ηλεκτρονίου

## ακτίνες X, ακτινοβολίες α, β, και γ

Η διεισδυτικότητά τους στην ύλη εξαρτάται από το είδος τους και την ενέργεια που μεταφέρουν.

Η ποσότητα ενέργειας που μεταφέρεται από την ακτινοβολία στην ύλη ανά χιλιόγραμμο μάζας καλείται **δόση ακτινοβολίας**.

Η πιθανότητα βλάβης της υγείας σχετίζεται άμεσα με τη δόση και το είδος της ακτινοβολίας, καθώς και το είδος του ιστού.



# Ιοντίζουσες



Συχνότητες  $10^{16}$ -  $10^{22}$ Hz, ιονισμός της ύλης

Φυσική προέλευση κοσμική ακτινοβολία, δομικά υλικά με ραδόνιο.

Ανθρωπογενείς ακτίνες Χ, σπινθηρογράφοι, ακτίνες γ, πυρηνικοί αντιδραστήρες, απόβλητα, όπλα.

**Ραδιενέργεια** η ακτινοβολία κατά την ραδιενεργό αποσύνθεση ασταθών προς σταθερότερους πυρήνες.

Η φυσική ραδιενέργεια ανακαλύφθηκε από τον Becquerel, και μελετήθηκε από την Marie Skłodowska Curie.

# Ιοντίζουσες



## Μονάδες ραδιενέργειας:

- α. Το **Curie (Ci)**, που αντιστοιχεί σε  $3.7 \cdot 10^{10}$  ραδιενεργές διασπάσεις ανά sec.
- β. Το **Becquerel (Bq)**, που αντιστοιχεί σε 1 ραδιενεργό διάσπαση ανά sec.
- γ. Το **Rad**, που εκφράζει την ακτινοβολία η οποία απορροφάται από έναν οργανισμό (ή την ποσότητα ακτινοβολίας γενικότερα), η οποία αποθέτει 0.01 J ενέργειας ανά kg μάζας του ιστού που την απορροφά.
- δ. Το **Gray (Gy)**, που αντιστοιχεί σε απορρόφηση ακτινοβολίας ενέργειας 1 J ανά kg μάζας του ιστού. Δηλαδή,  $1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$ .
- ε. Το **rem**, και κυρίως το υποπολλαπλάσιό του, 1 millirem. Το rem είναι μια μονάδα ραδιενέργειας που δεν εξαρτάται από το είδος της ακτινοβολίας και εκφράζει τις βιολογικές καταστροφές που προκαλούνται στον άνθρωπο από την απορρόφηση των διαφόρων ακτινοβολιών.
- στ. Το **Sievert (Sv)**, για το οποίο ισχύει ότι  $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$ .

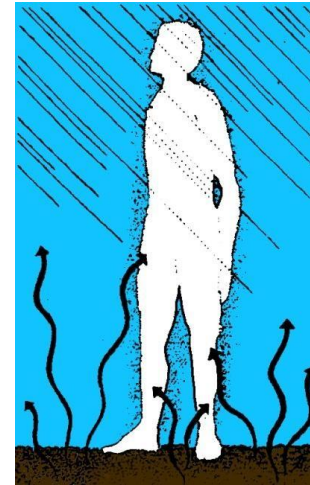
# Ιοντιζουσες

Ο άνθρωπος εκτίθεται σε ποικιλία φυσικών πηγών και τεχνητών πηγών ιοντιζουσών ακτινοβολιών.

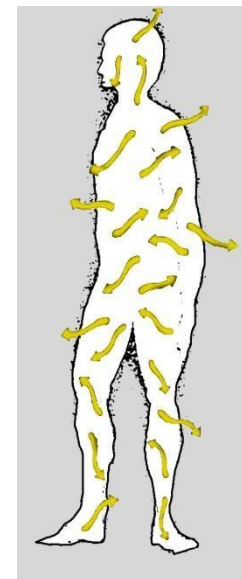
Η έκθεση αυτή μπορεί να είναι εξωτερική και εσωτερική. Ακόμα οι φυσικές πηγές διακρίνονται σε αυτές: α) που προέρχονται από το κοσμικό διάστημα και β) που συναντώνται στο γήινο περιβάλλον του ανθρώπου.

Οι φυσικές πηγές αποτελούν την κύρια πηγή έκθεσης του ανθρώπου, συνεισφέροντας από 60% έως 85% στη συνολική δόση απορρόφησης, λόγω φυσικών και τεχνητών πηγών.

Η κύρια πηγή έκθεσης είναι το ραδόνιο και τα θυγατρικά του ισότοπα, τα οποία είναι υπεύθυνα κυρίως για εσωτερική έκθεση λόγω εισπνοής.



Εξωτερική  
ακτινοβοληση



Εσωτερική  
ακτινοβοληση

# Χρόνος υποδιπλασιασμού

**Χρόνος υποδιπλασιασμού** είναι ο χρόνος που απαιτείται για να διασπαστεί η μισή από την αρχική ποσότητα του ραδιενεργού υλικού



## Ακτινοβολία α:

Σωματιδιακή ακτινοβολία που αποτελείται από δύο πρωτόνια και δύο νετρόνια.

Έχει μικρή διεισδυτικότητα και μπορεί να αποκοπεί από ένα φύλλο χαρτί. Είναι δύσκολα ανιχνεύσιμη και αποτελεί σημαντικό κίνδυνο εσωτερικής έκθεσης.



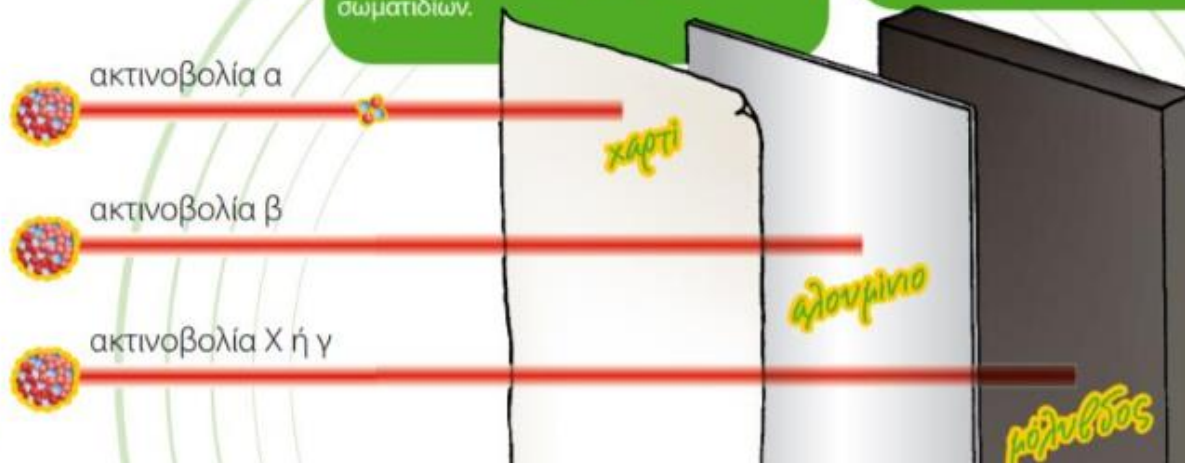
## Ακτινοβολία β:

Σωματιδιακή ακτινοβολία που αποτελείται από αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια. Είναι πιο διεισδυτική από την ακτινοβολία α, αλλά μπορεί να αποκοπεί από φύλλα πλαστικού ή λεπτά μεταλλικά φύλλα. Αποτελεί κίνδυνο εξωτερικής έκθεσης ματιών και δέρματος και κίνδυνο εσωτερικής έκθεσης. Ο βαθμός ανίχνευσης εξαρτάται από την ενέργεια των β σωματιδίων.



## Ακτινοβολία X ή γ:

Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ενέργειας ικανής να προκαλέσει ιοντισμό. Για θωράκιση χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί χάλυβας, μόλυβδος ή σκυρόδεμα (ή ένας συνδυασμός). Είναι πολύ πιο διεισδυτική από την β ακτινοβολία και αποτελεί κίνδυνο εξωτερικής και εσωτερικής έκθεσης. Μπορεί να ανιχνευθεί εύκολα.



## Πηγή έκθεσης

-Αέρια  
-Αιωρούμενα  
σωμάτια

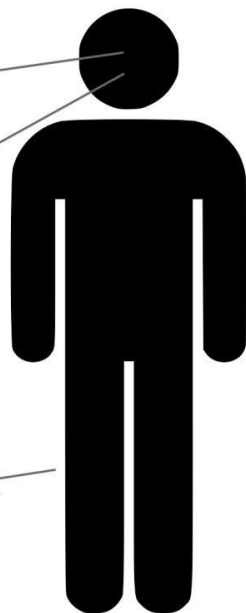
Εισπνοή

-Έδαφος  
-Ύδωρ  
-Τροφή

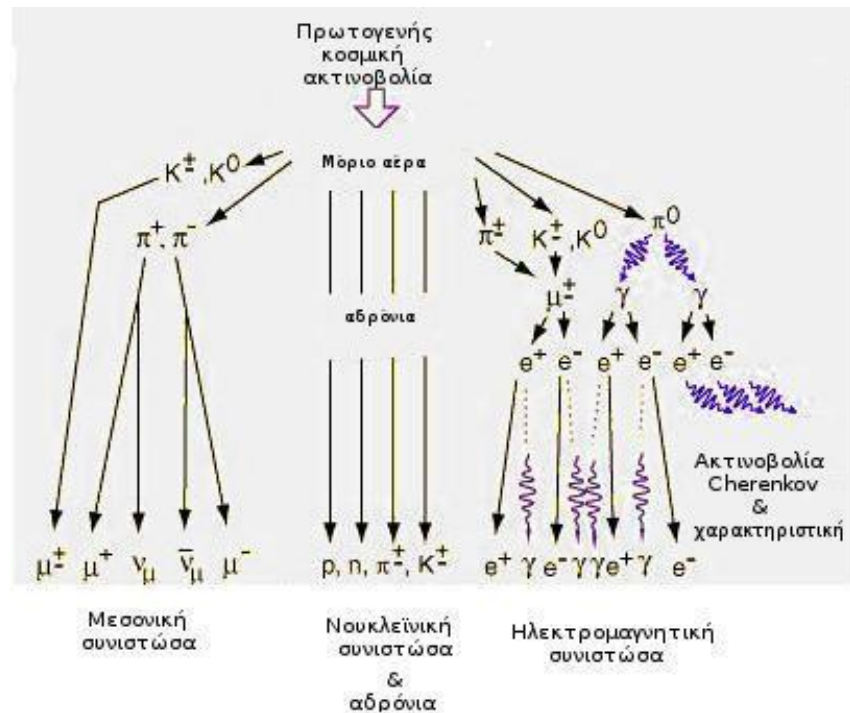
Κατάποση

-Έδαφος  
-Αέρας

Εξωτερικοί  
παράγοντες



Οδοί έκθεσης του ανθρώπου στην ιοντίζουσα ακτινοβολία λόγω φυσικών πηγών.



Σχηματικές αναπαραστάσεις της αλληλεπίδρασης της κοσμικής ακτινοβολίας με την ατμόσφαιρα. Το σχήμα καταδεικνύει και τις συνιστώσες της δευτερογενούς κοσμικής ακτινοβολίας.



# Έδαφος

Στο φυσικό περιβάλλον στο οποίο ζούμε η ακτινοβολία προέρχεται από το έδαφος και την ατμόσφαιρα. Ειδικότερα, τα πετρώματα, το νερό και ο αέρας περιλαμβάνουν φυσικά ραδιενεργά στοιχεία, όπως είναι **το κάλιο, το ράδιο, το ουράνιο και το ραδόνιο.**

Το ραδόνιο είναι ευγενές αέριο που εκλύεται από το έδαφος και τα οικοδομικά υλικά και στο οποίο αποδίδεται το μεγαλύτερο μέρος της ετήσιας δόσης ακτινοβολίας που λαμβάνει ο οργανισμός.

Η επιφάνεια της γης δέχεται συνεχώς και κοσμική ακτινοβολία, η οποία προέρχεται από το εξωτερικό διάστημα, δηλαδή από τον ήλιο, καθώς και άλλες άγνωστες ακόμη αστρικές πηγές.

Αύξηση της κοσμικής ακτινοβολίας δημιουργείται κατά τις εξάρσεις της ηλιακής δραστηριότητας. Η κοσμική ακτινοβολία κατά τη διέλευσή της μέσα από τα στρώματα της γήινης ατμόσφαιρας απορροφάται μερικώς και η έντασή της μειώνεται σταδιακά με αποτέλεσμα να είναι σχετικά εξασθενημένη στο επίπεδο της επιφάνειας της θάλασσας.



Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τη διαμόρφωση της συγκέντρωσης του ραδονίου στον εσωτερικό χώρο ενός κτιρίου είναι:

ο ρυθμός εκροής ραδονίου από το έδαφος, το είδος θεμελίωσης του κτιρίου, το ύψος της κατοικίας, η εκροή του ραδονίου από τα οικοδομικά υλικά, ο εξαερισμός και η διαφορά πίεσης ανάμεσα στο εσωτερικό του κτιρίου και στο εξωτερικό περιβάλλον.

Η τροφική αλυσίδα αποτελεί ακόμη μια φυσική πηγή πρόσληψης ραδιενεργών στοιχείων.



Η έκθεση σε ιοντίζουσα ακτινοβολία μπορεί να έχει άμεσα ή μακροπρόθεσμα βλαπτικά αποτελέσματα για την υγεία.

Οι βασικές αρχές ακτινοπροστασίας από τις ιοντίζουσες ακτινοβολίες συνοψίζονται στα ακόλουθα σημεία:

- Κάθε εφαρμογή που ενέχει έκθεση σε ιοντίζουσα ακτινοβολία, πρέπει να αποφέρει ικανοποιητικό όφελος στα εκτιθέμενα άτομα ή στο κοινωνικό σύνολο, έτσι ώστε να αντισταθμίζεται η πιθανή βλάβη την οποία αυτή μπορεί να προκαλέσει. (αρχή της αιτιολόγησης)
- Όλες οι πηγές και τα μηχανήματα παραγωγής ακτινοβολιών πρέπει να προσφέρουν κάτω από τις επικρατούσες συνθήκες λειτουργίας τους, την καλύτερη δυνατή προστασία και ασφάλεια, έτσι ώστε το μέτρο της ενεχόμενης έκθεσης, η πιθανότητα μη αναμενόμενης έκθεσης και ο αριθμός των εκτιθεμένων ατόμων, να είναι τόσο μικρά όσον αυτό είναι λογικά εφικτό, λαμβάνοντας υπόψη οικονομικούς και κοινωνικούς παράγοντες. (αρχή της βελτιστοποίησης)
- Η ατομική έκθεση σε ακτινοβολία πρέπει να υπόκειται σε όρια δόσεων ή όρια κινδύνων, η υπέρβαση των οποίων θεωρείται μη αποδεκτή (αρχή των ορίων δόσεων). Στο όριο αυτό δεν περιλαμβάνονται δόσεις που οφείλονται σε ιατρικές εφαρμογές, στο υπόστρωμα φυσικής ακτινοβολίας ή στο ραδόνιο.

Τα μέτρα ακτινοπροστασίας από τις ιοντίζουσες ακτινοβολίες συνοψίζονται σε τρεις βασικούς κανόνες: απόσταση, θωράκιση, χρόνος.

**20 mSv**

Όριο ετήσιας έκθεσης σε ακτινοβολία των επαγγελματικά εκτειθέμενων

**1 mSv**

Όριο ατομικής ετήσιας έκθεσης σε ακτινοβολία του γενικού πληθυσμού

Η ένταση της ακτινοβολίας είναι αντιστρόφως ανάλογη με το τετράγωνο της απόστασης από την πηγή



Κατάλληλη θωράκιση ανάλογα με το είδος της ακτινοβολίας (π.χ. κατάλληλο πάχος μπετόν / μολύβδου για ακτινοβολία Χ ή γ)



Όσο το δυνατό μικρότερος χρόνος εργασίας ή παραμονής σε χώρους με ακτινοβολία





# Πυρηνική ενέργεια



Είναι η ενέργεια που υπάρχει μέσα στον πυρήνα του ατόμου και μπορεί να απελευθερωθεί μέσω δύο διαδικασιών, **τη σχάση ή τη σύντηξη.**

Όταν οι πυρηνικές αντιδράσεις είναι ελεγχόμενες η ενέργεια που εκλύεται με τη μορφή θερμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες.

Οι αντιδραστήρες χρησιμοποιούν την σχάση βαρέων πυρηνών μέσω ελεγχόμενης αλυσιδωτής Αντίδρασης.



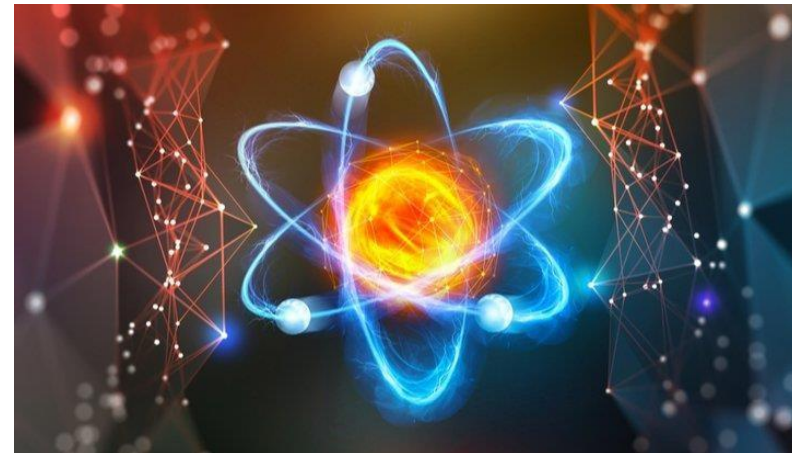
# Πως παράγεται

## Με πυρηνική σχάση.

Διαδικασία που χρησιμοποιείται σήμερα κατά την οποία τα άτομα διαχωρίζονται με χρήση ουρανίου με αποτέλεσμα να παραχθεί ενέργεια.

## Με πυρηνική σύντηξη.

Διαδικασία που βασίζεται στη συγχώνευση ατόμων υδρογόνου, που δημιουργούν το βαρύτερο ήλιο ενώ απελευθερώνεται ενέργεια. Ακόμη βρίσκεται σε πειραματικό στάδιο, αν και έχουν να ακοινωθεί οι πρώτες εγκαταστάσεις.



# Βιωσιμότητα – Sustainability

Βιωσιμότητα (ή αειφορία) είναι ένα πρότυπο παραγωγής το οποίο στοχεύει στο καλύτερο "οικονομικό" αποτέλεσμα τόσο για τον **άνθρωπο** όσο και για το **φυσικό περιβάλλον**, τόσο **στο παρόν** όσο και στο **αόριστο μέλλον**.

Βασικό της στοιχείο είναι η ισορροπία μεταξύ παραγωγής αγαθών και πρώτης ύλης (που δαπανήθηκε για να επιτευχθεί η παραγωγή).

Στόχος των βιώσιμων διαδικασιών είναι να επιτύχουν περισσότερη παραγωγή με μικρότερη δαπάνη πρώτης ύλης, γι' αυτό η βιωσιμότητα αναφέρεται μαζί με την ανακύκλωση, τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τον βιοκλιματικό σχεδιασμό. Η βιωσιμότητα υπονοεί ότι οι φυσικοί πόροι υφίστανται εκμετάλλευση με ρυθμό μικρότερο από αυτόν με τον οποίον ανανεώνονται, διαφορετικά λαμβάνει χώρα περιβαλλοντική υποβάθμιση.

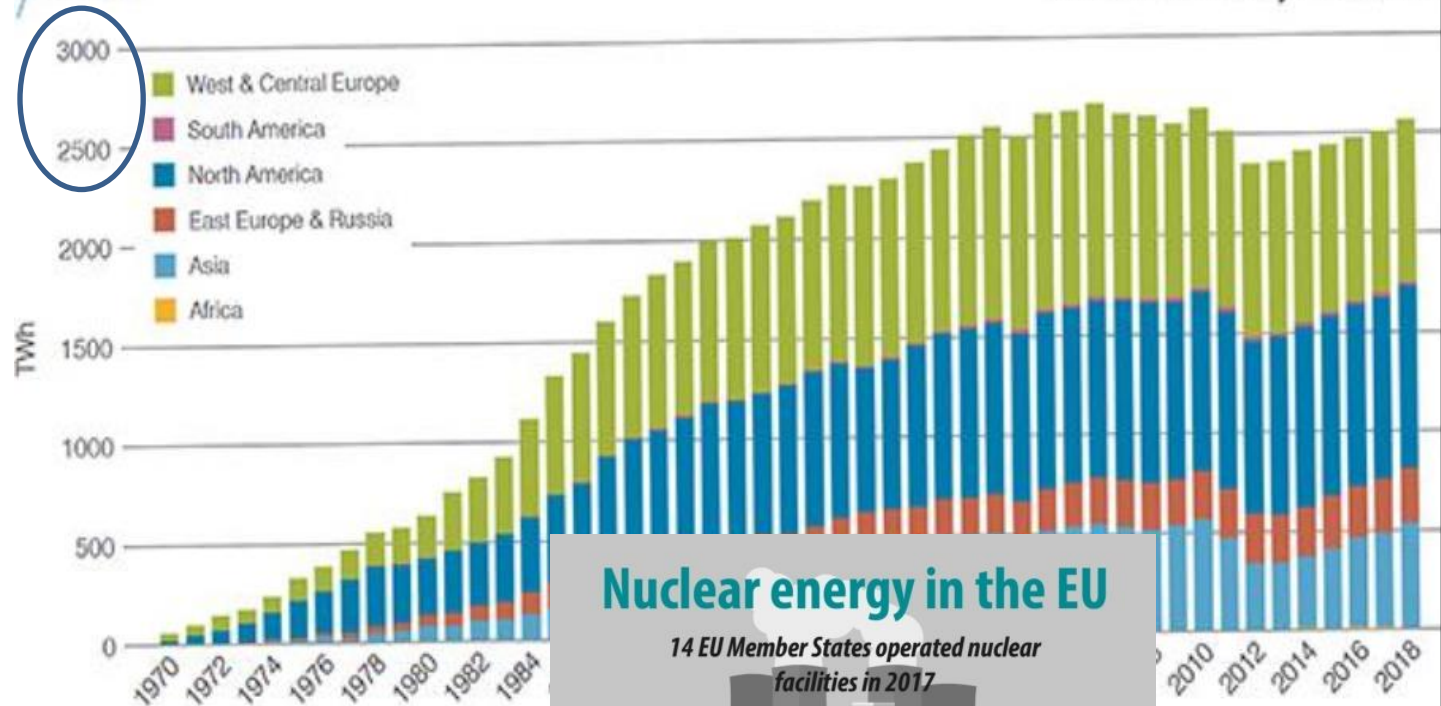


# Παραγωγή πυρηνικής ενέργειας

- Σχετικά μικρο οικονομικό κόστος παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
- Δεν εξαντλούνται συμβατικές μορφές ενέργειας (λιγνίτης, φυσικό αέριο, πετρέλαιο).
- **Δεν ανήκει στην κατηγορία των ανανεώσιμων**



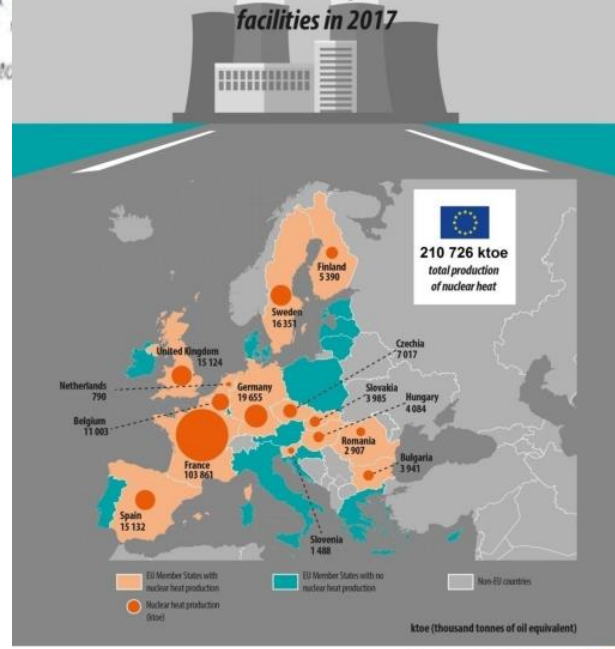




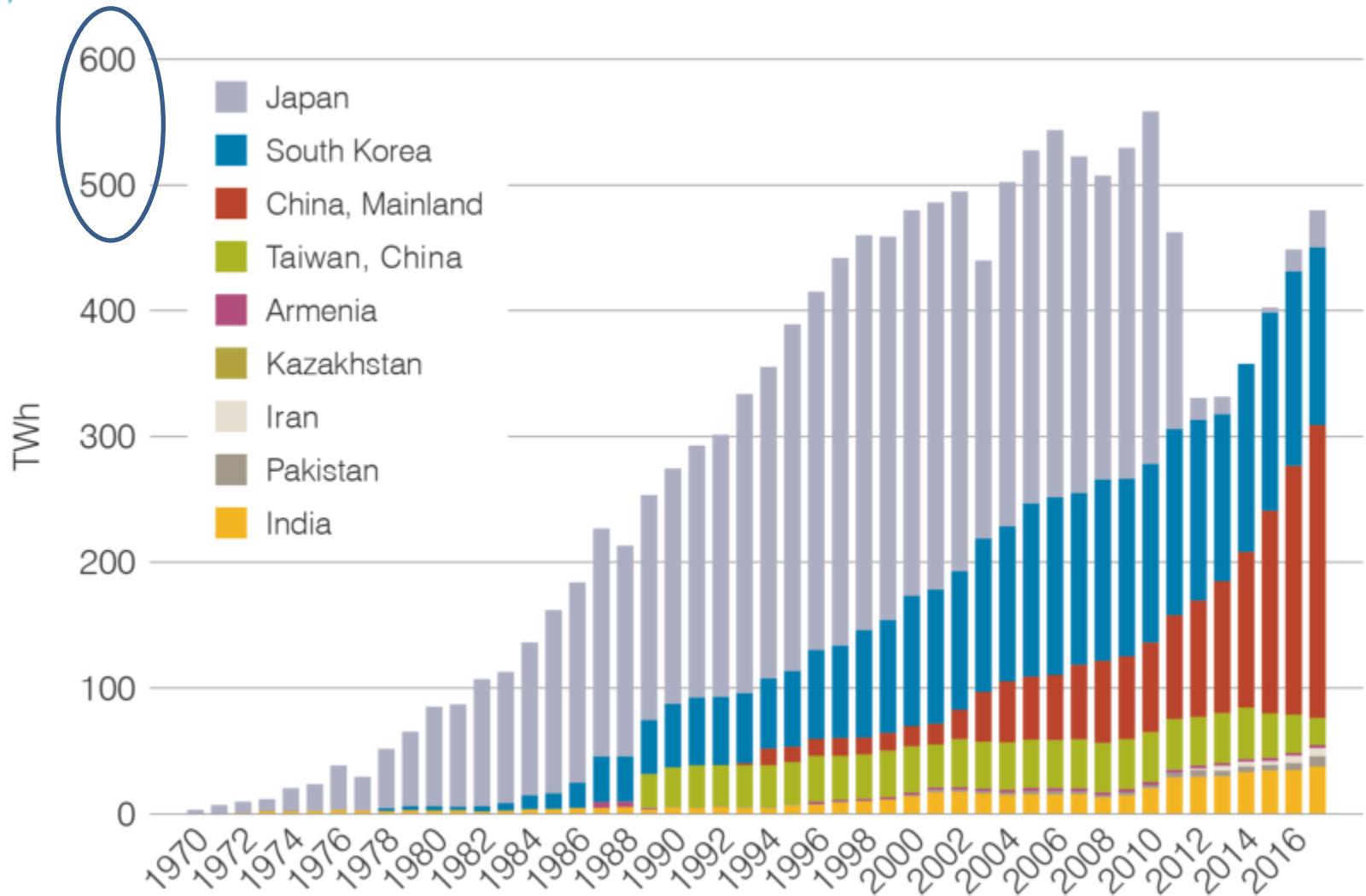
Source: World Nuclear Association and IAEA Power Reactors

### Nuclear energy in the EU

14 EU Member States operated nuclear facilities in 2017



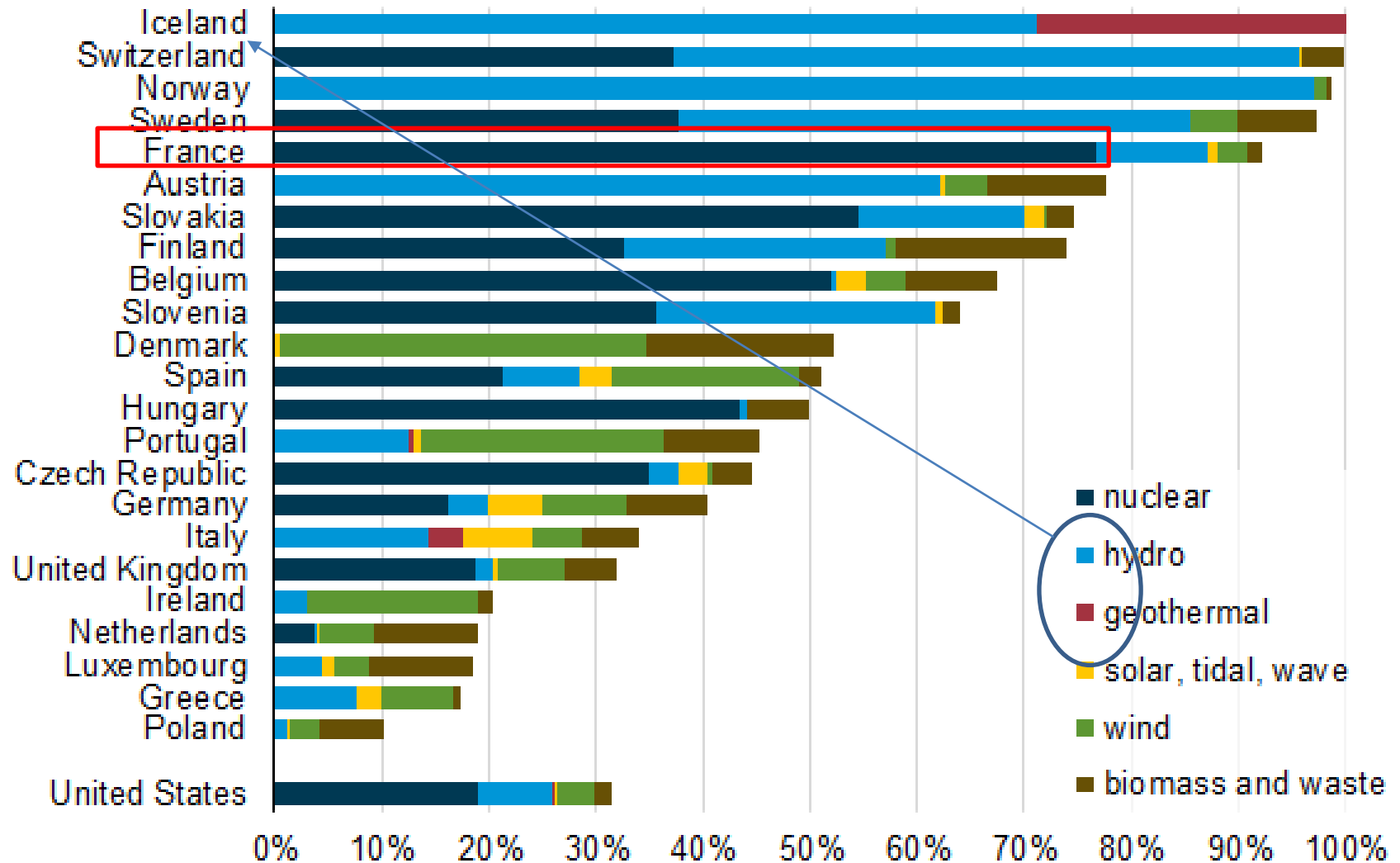
# Asia Nuclear Electricity Production



Source: World Nuclear Association, IAEA Power Reactor Information Service (PRIS)

# No-carbon electricity generation share in Europe and the United States (2012)

percent of total generation



# Πυρηνικά ατυχήματα

- Η εμπειρία μας από τα ελλειποί μέτρα ασφαλείας σε τέτοιο είδους εργοστάσια είναι εφιαλτική.
- Οι επιπτώσεις από ένα πυρηνικό ατύχημα σε μια περιοχή πολλαπλασιάζονται ανάλογα με την απόσταση που τη χωρίζει απο το πυρηνικό σταθμό.
- Σε απόσταση 50χλμ οι επιπτώσεις είναι 4πλάσιες σε σύγκριση με περιοχή 100χλμ
- Τσέρνομπιλ (1986) και Φουκοσίμα (2011) (σεισμός, τσουνάμι, πυρηνική διαρροή)





# Πυρηνικά απόβλητα

- Τα κάυσιμα αυτά μέσω αλυσυδωτής αντίδρασης μεταστοιχειώνονται σε ισότοπα που δεν μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν, άρα αποτελούν απόβλητα.
- Αυτά είναι προϊόντα της σχάσης του ασταθούς ισότοπου  $^{235}\text{U}$  μέσα στον αντιδραστήρα
- **Ισότοπα** χαρακτηρίζονται τα άτομα του ίδιου χημικού στοιχείου που έχουν διαφορετικό αριθμό νετρονίων στον πυρήνα τους. Όλα τα ισότοπα ενός στοιχείου έχουν ίδιο ατομικό αριθμό και επομένως τις ίδιες χημικές ιδιότητες, παρουσιάζοντας διαφορά μόνο στον μαζικό αριθμό.
- Εξαιρετικά επικίνδυνα και ακτινοβολούν ακόμη και για χιλιάδες έτη.
- Το πιο επικίνδυνο είναι το πλουτόνιο που εκπέμπει υψηλή ραδιενέργεια.

# Πολεμική Χρήση

- Τα πυρηνικά όπλα έχουν σοβαρές βλαπτικές συνέπειες στους ανθρώπους και το περιβάλλον.
- Χιροσίμα, Ναγκασάκι (1945).
- Οι συνέπειες διατηρούνται για μεγάλο χρονικό διάστημα. Το εξασθενημένο ουράνιο από το οποίο μπορούν να αποτελούνται τα όπλα μπορεί να επιφέρει σοβαρές ασθένειες, γενετικές ανωμαλίες ακόμη και τον θάνατο για μακρό χρονικό διάστημα μετά τον πόλεμο.



*Thanks for your attention!*

**Τέλος κεφαλαίου**

**Prof. Mic.Gr.Vrachopoulos**



HELLENIC REPUBLIC

**National and Kapodistrian  
University of Athens**

EST. 1837



