



ΗΜΜΥ 100 – Εισαγωγή στην Τεχνολογία

Διάλεξη 12

Χίλια Μύρια Κύματα!

Διαβάστε επίσης:

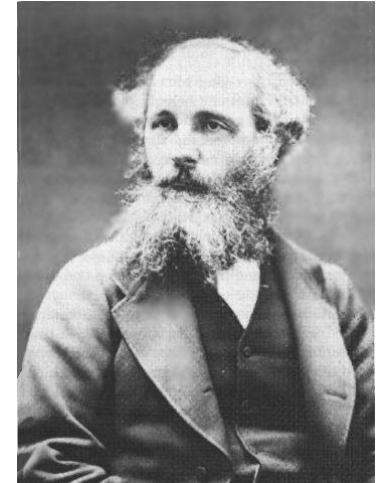
- NASA, Tour of the Electromagnetic Spectrum

- **Ηλεκτρισμός και Μαγνητισμός**

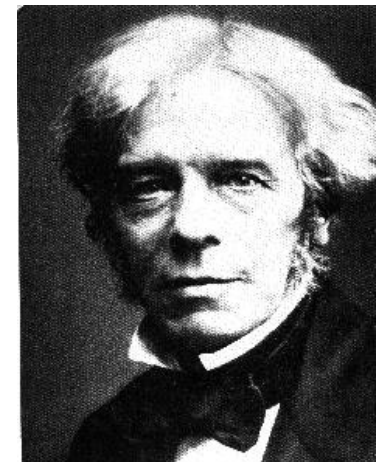
- Διαφορετικές όψεις του ηλεκτρομαγνητισμού
- Κινούμενο ηλεκτρικό φορτίο παράγει μαγνητικά πεδία
- Μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο μετακινεί ηλεκτρικά φορτία

- **Διασύνδεση**

- Ξεκαθαρίστηκε πρώτα από τον Faraday και στη συνέχεια από τον Maxwell
- Ο Αϊνστάιν έβλεπε τον ηλεκτρισμό και τον μαγνητισμό ως εξαρτώμενα πλαίσια σε μια ενοποιημένη **ηλεκτρομαγνητική** δύναμη

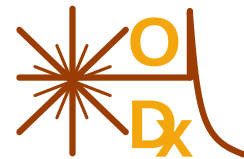


James Clerk Maxwell

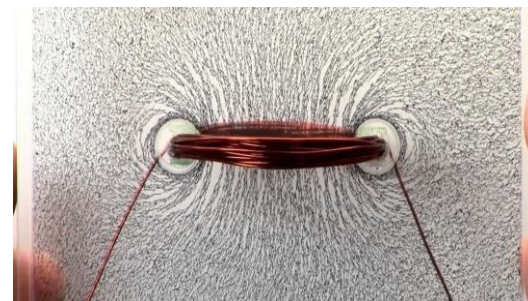
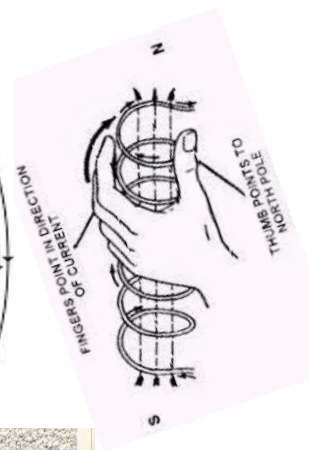
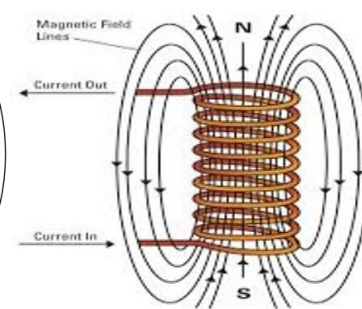
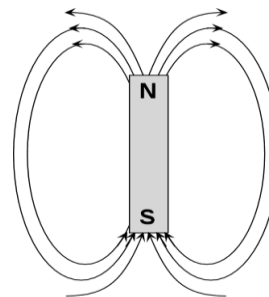
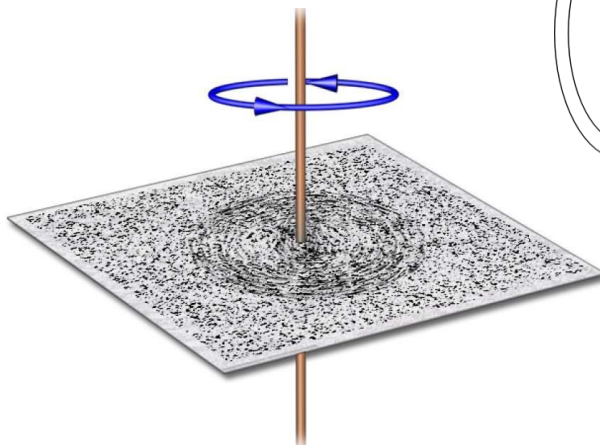
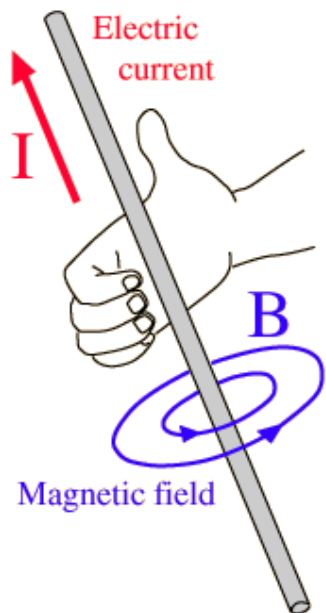


Michael Faraday

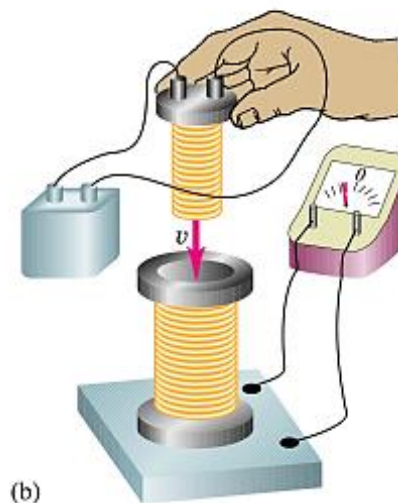
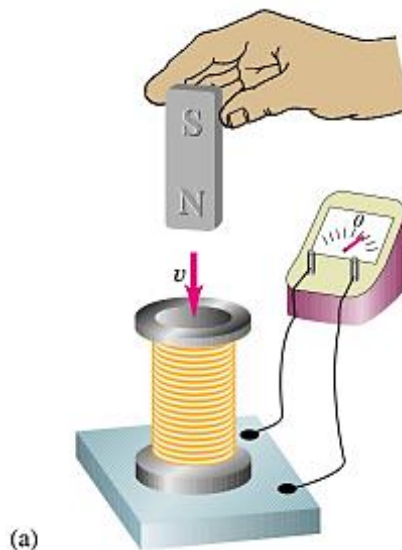
Μαγνητικά πεδία από ηλεκτρισμό



- Στατική κατανομή φορτίων παράγει ηλεκτρικό πεδίο
- Φορτία σε κίνηση παράγουν μαγνητικό πεδίο
 - Το ρεύμα είναι ένα παράδειγμα φορτίων (ηλεκτρόνια) σε κίνηση
- Καλώδιο σε πηνίο τροφοδοτούμενο με ρεύμα
 - Παράγει μαγνητικό πεδίο όμοιο με φυσική μαγνητική ράβδο
 - Ονομάζεται ηλεκτρομαγνήτης



- Ένας φυσικός μαγνήτης μέσα σε ένα ηλεκτρομαγνήτη
 - Το πηνίο σπρώχνει τον μαγνήτη μπρος - πίσω ανάλογα με την κατεύθυνση του ρεύματος – Μεταβολή του μαγνητικού πεδίου
- Επίσης, ένα μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο (κινούμενος φυσικός μαγνήτης)
 - Παράγει ηλεκτρικό ρεύμα στο πηνίο που τον περιβάλλει
 - Ονομάζεται ηλεκτρομαγνητική επαγωγή ή νόμος του Faraday



- **Μεταβαλλόμενα πεδία**

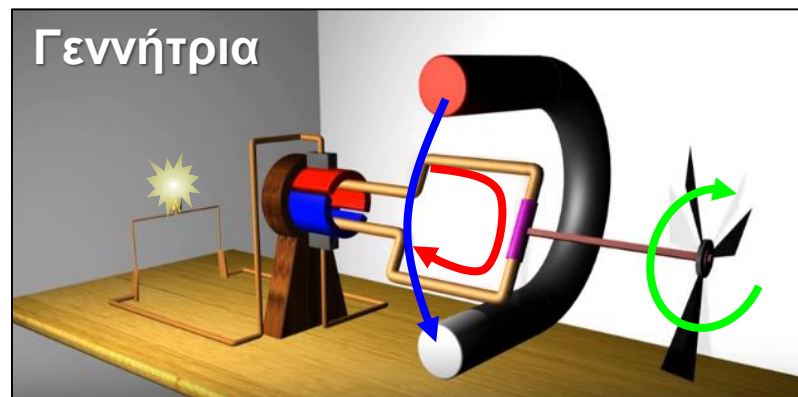
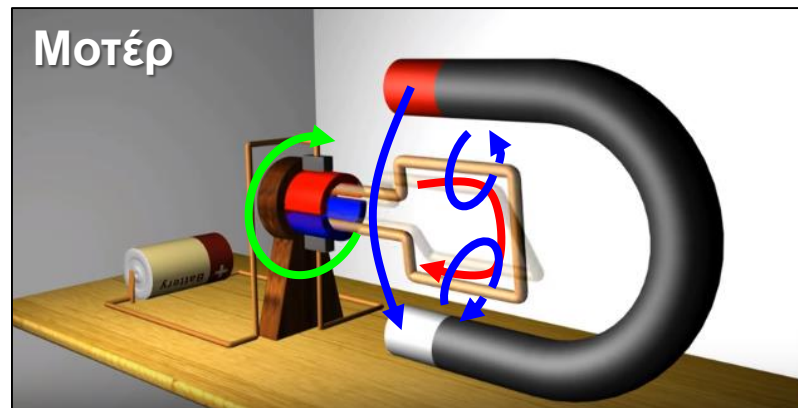
- Μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό πεδίο παράγει μαγνητικό πεδίο
- Μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο παράγει ηλεκτρικό πεδίο

- **Μοτέρ**

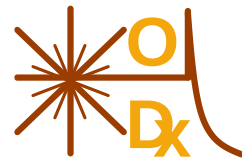
- Ρεύμα σε πηνίο → Μαγνητικό πεδίο αντίθετο προς τον μαγνήτη → Κίνηση του πηνίου

- **Γεννήτρια**

- Κίνηση του πηνίου → Μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο → Ρεύμα στο πηνίο



Η ηλεκτρομαγνητική σχέση

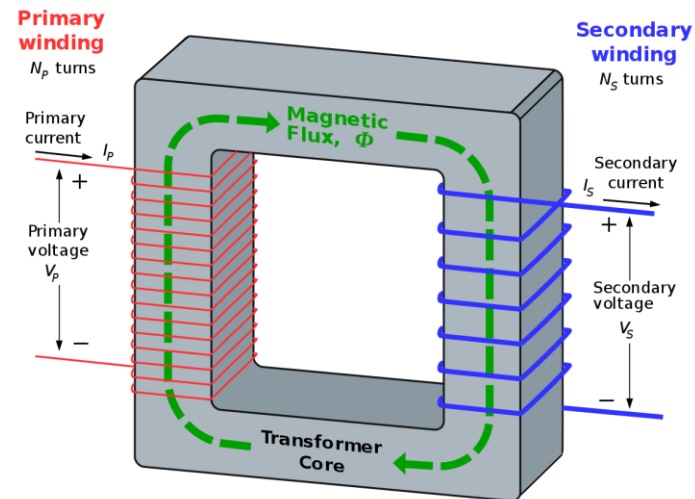


- **Ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία**

- Ασκούν δυνάμεις σε φορτία
- Μπορούν να μεταφέρουν ενέργεια
 - Ηλεκτρικά πεδία → π.χ. ηλεκτρικά κυκλώματα, φωτισμός
 - Μαγνητικά πεδία → π.χ. μετασχηματιστές

- **Μετασχηματιστής**

- Μεταφέρει την ηλεκτρική ενέργεια από το ένα κύκλωμα στο άλλο
- Ηλεκτρομαγνητική επαγωγή
 - Κυκλώματα που αλληλοεπιδρούν
- Κατασκευή
 - Περιτυλίξεις γύρω από δύο πλευρές ενός μονωμένου μεταλλικού πυρήνα
 - Λόγος μετασχηματισμού α



$$a = \frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p}$$



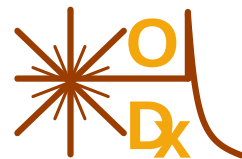
Τι είναι κύμα;



- Ταλαντευόμενα φορτία παράγουν **ηλεκτρομαγνητικά κύματα**
- **Κύμα**
 - **Μια διαταραχή που μεταφέρει ενέργεια** από ένα σημείο στο επόμενο
 - ΔΕΝ μεταφέρει ύλη ή πεδίο
 - Απλα τα μετακινεί καθώς περνά από μέσα
- Ορισμένα κύματα ΠΡΕΠΕΙ να έχουν ένα “μέσο” (ύλη) για να κινηθούν
 - **Μηχανικά** κύματα.
- Ορισμένα κύματα δεν χρειάζονται μέσο για να κινηθούν
 - **Ηλεκτρομαγνητικά** κύματα (ή κύματα EM)



Τι είναι κύμα;



• Διαμήκη κύματα

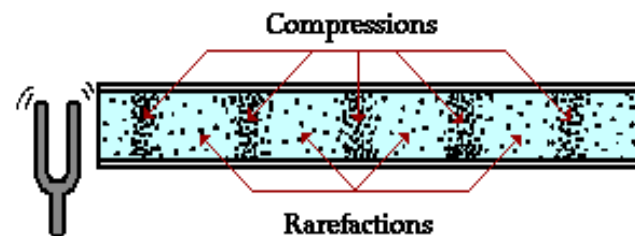
- Το μέσο κινείται εμπρός και πίσω στην ίδια κατεύθυνση με το κύμα
- Χαρακτηριστικά
 - Συμπύεση: τα σωματίδια είναι πιο κοντά μεταξύ τους
 - Αραίωση: τα σωματίδια απομακρύνονται μεταξύ τους
- Παράδειγμα: Ηχητικά κύματα

Longitudinal wave

Source moves left and right Coils move left and right



Energy Transport



• Εγκάρσια κύματα

- Το μέσο κινείται κάθετα προς την κατεύθυνση του κύματος
- Παραδείγματα: Ραδιοκύματα, φως

Transverse Wave

Source moves up and down Coils move up and down



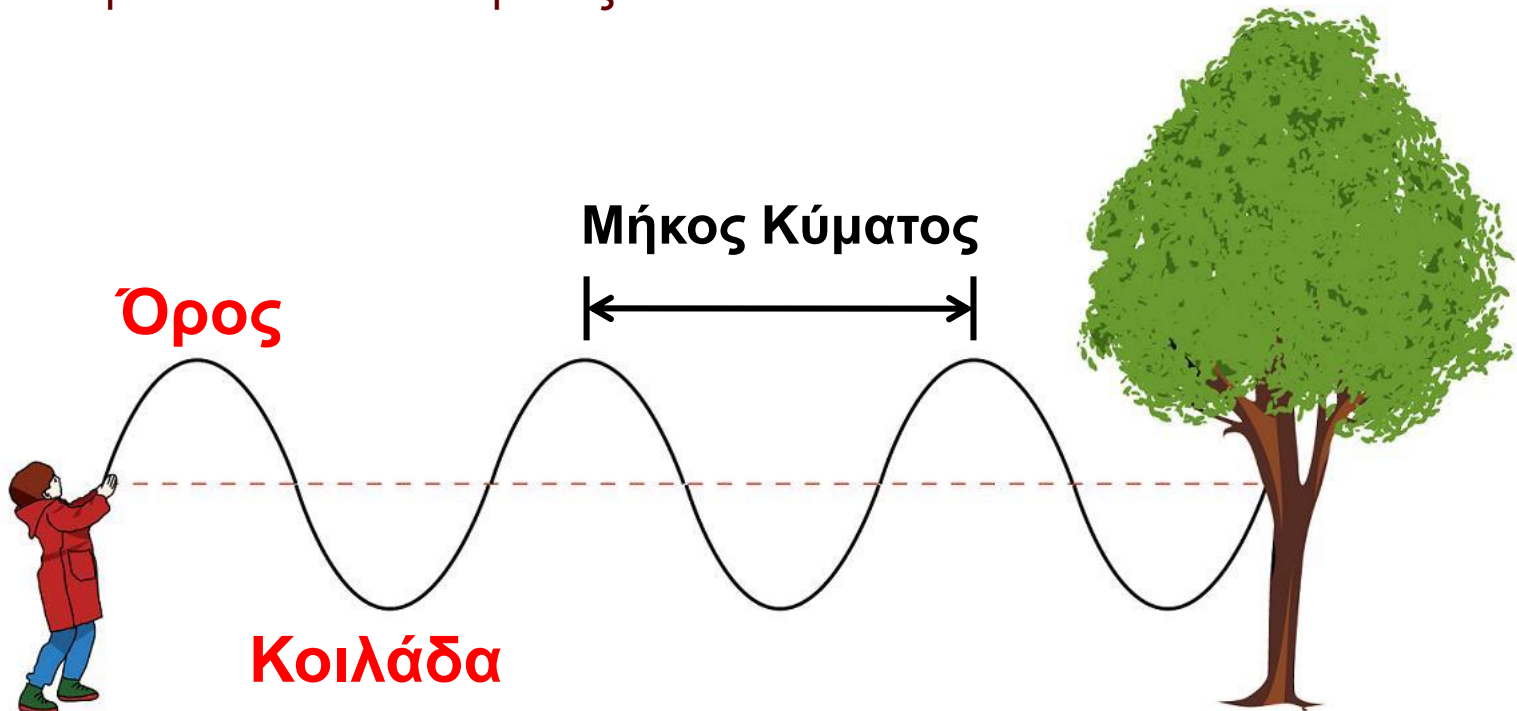
Energy Transport

Τι είναι κύμα;



• Ιδιότητες του Κύματος

- Εξαρτώνται από το τι (ποιος τύπος ενέργειας) παράγει το κύμα
- Όροι / Κοιλιάδες
- Μήκος Κύματος (λ):
 - Η απόσταση (m) μεταξύ ενός σημείου και του αντίστοιχου στον επόμενο κύκλο του κύματος

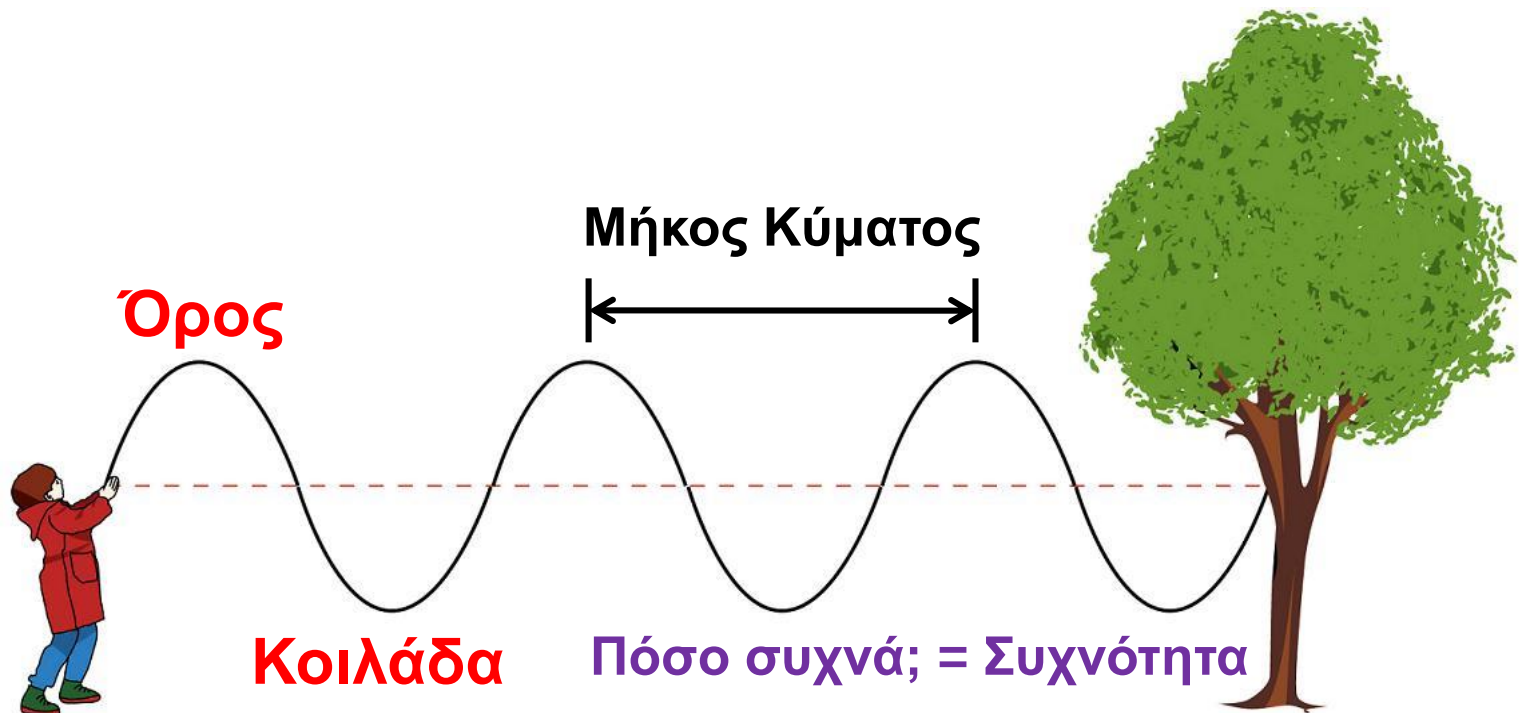


Τι είναι κύμα;



• Ιδιότητες του Κύματος

- Συχνότητα (f):
 - Πόσα κύματα περνούν από ένα σημείο σε ένα δευτερόλεπτο
 - Η μονάδα μέτρησης είναι Hertz (Hz).
 - Όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα, τόσο περισσότερη ενέργεια έχει το κύμα

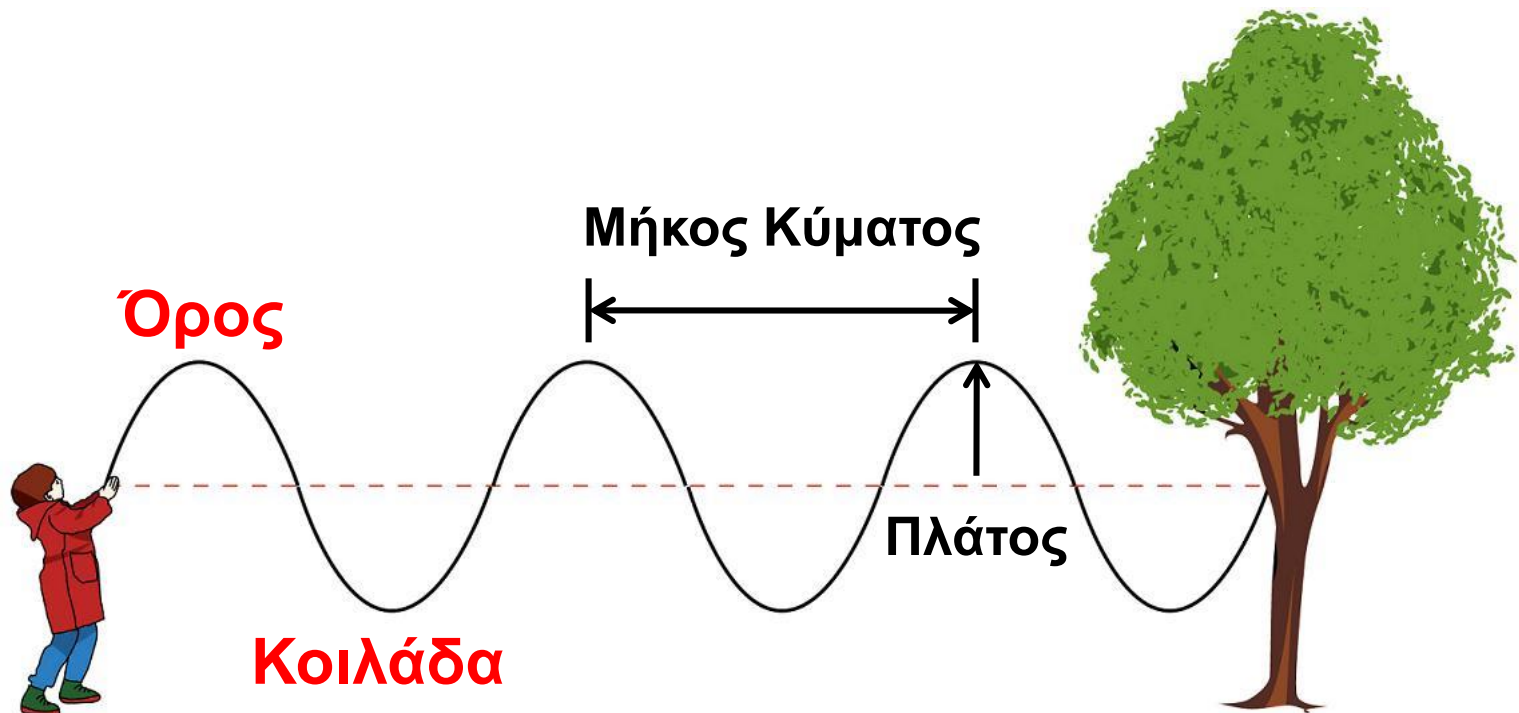


Τι είναι κύμα;



• Ιδιότητες του Κύματος

- Πλάτος:
 - Πόσο μακριά μετακινείται από τη θέση ηρεμίας (όπου είναι όταν δεν κινείται)
 - Θυμηθείτε ότι για τα εγκάρσια κύματα, το ψηλότερο σημείο είναι το όρος και το χαμηλότερο σημείο είναι η κοιλάδα



Τι είναι κύμα;

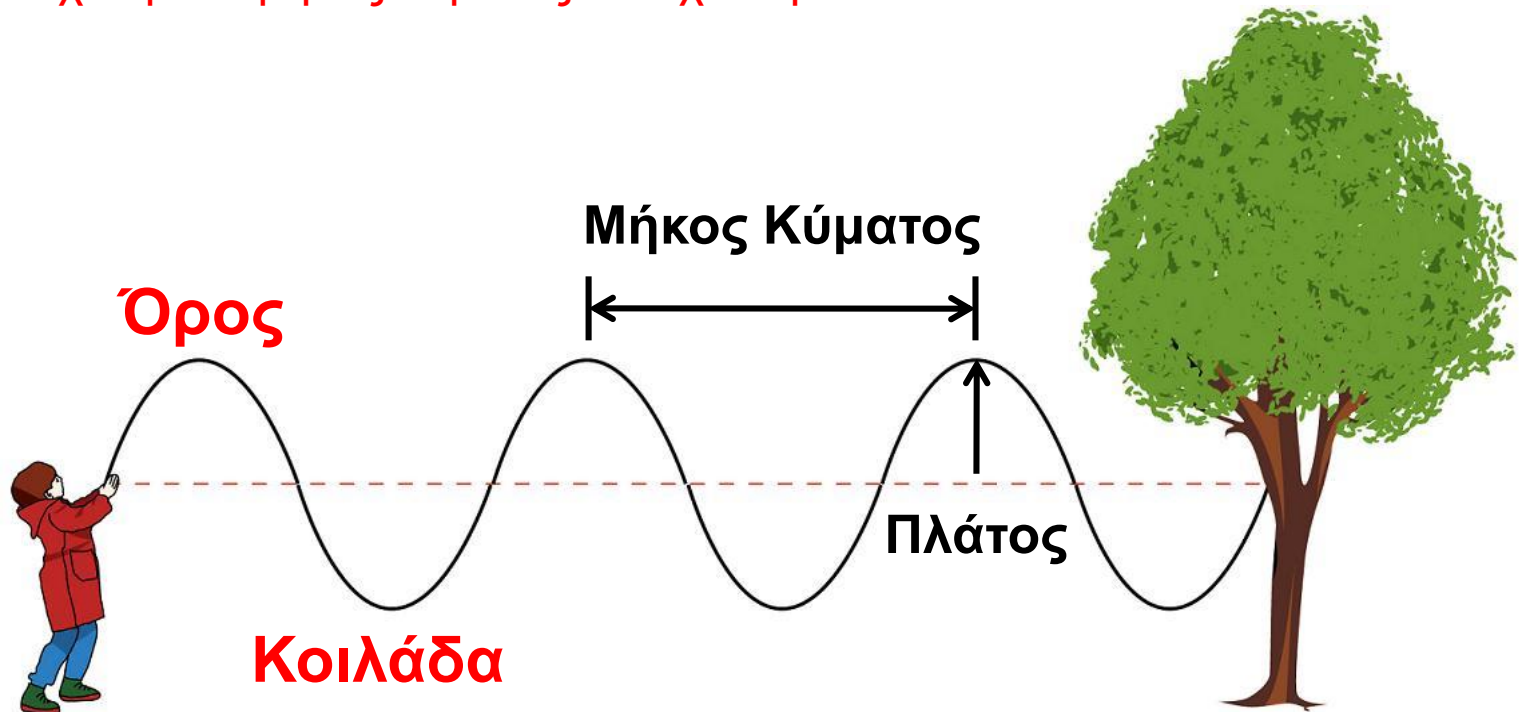


• Ιδιότητες του Κύματος

• Ταχύτητα:

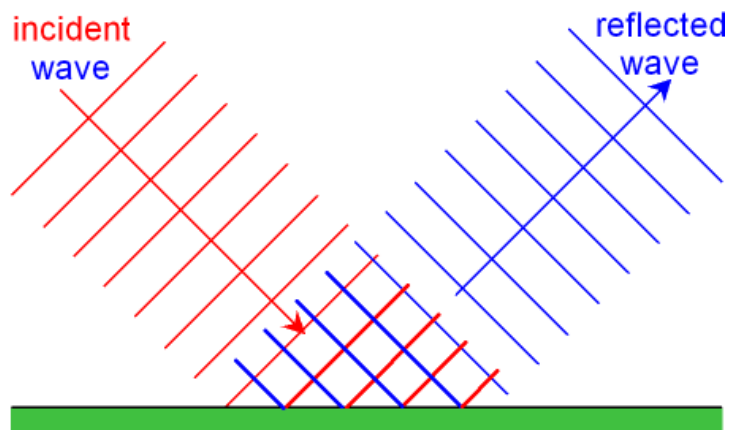
- Εξαρτάται από το μέσο μέσα στο οποίο το κύμα κινείται
- Είναι διαφορετική στα στερεά, υγρά, και αέρια
- Εξίσωση:

ταχύτητα = μήκος κύματος x συχνότητα $\rightarrow v = \lambda f$



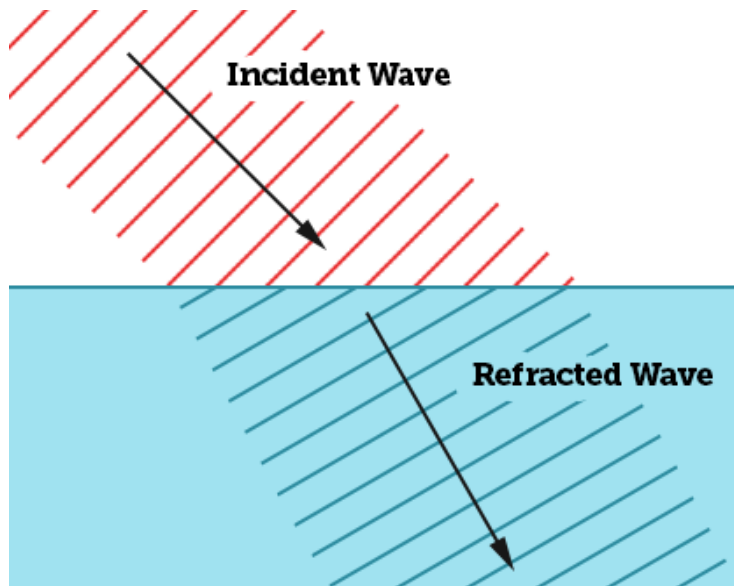
- **Ανάκλαση**

- Όταν τα κύματα αναπηδήσουν από μια επιφάνεια
- Εάν η επιφάνεια είναι επίπεδη
 - Η γωνία με την οποία το κύμα προσπίπτει στην επιφάνεια θα είναι η ίδια με τη γωνία με την οποία ανακλάται από την επιφάνεια
 - Προσπίπτουσα γωνία = Ανακλώμενη γωνία



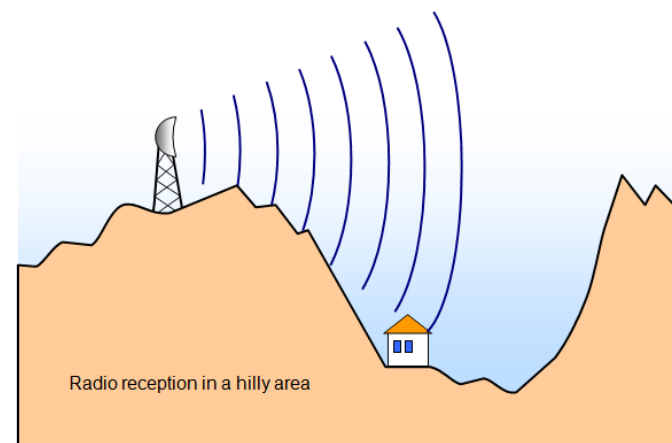
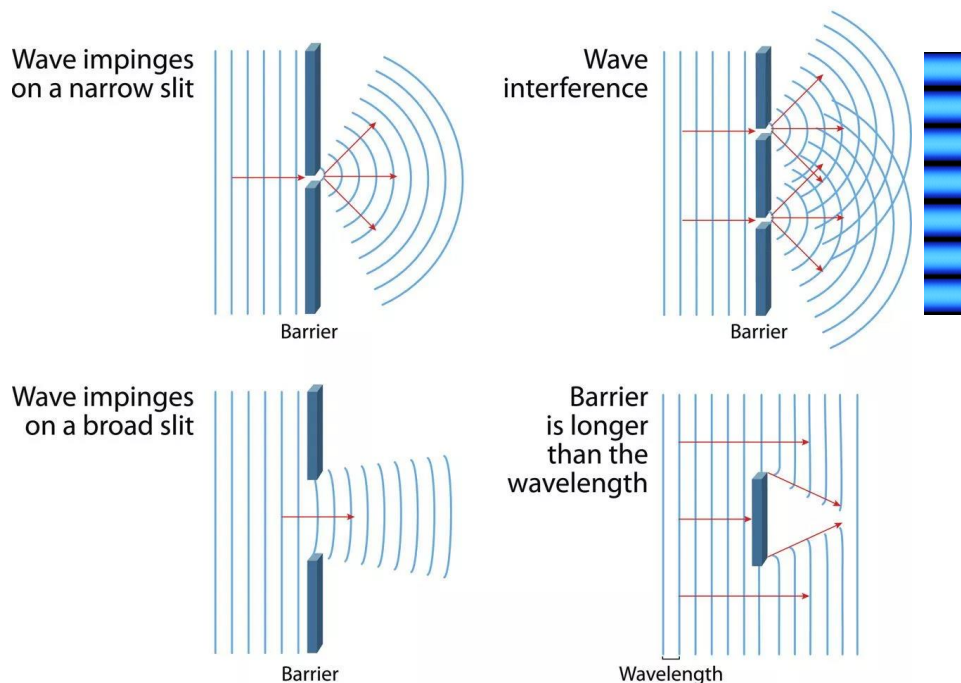
• Διάθλαση

- Τα κύματα μπορεί να αλλάξουν κατεύθυνση
- Αυτό συμβαίνει όταν ένα κύμα εισέλθει σε ένα νέο μέσο και η ΤΑΧΥΤΗΤΑ του ΑΛΛΑΖΕΙ
- Η διαθλώμενη γωνία εξαρτάται από το μέσο στο οποίο εισέρχεται

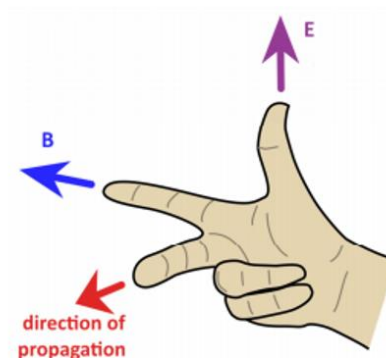
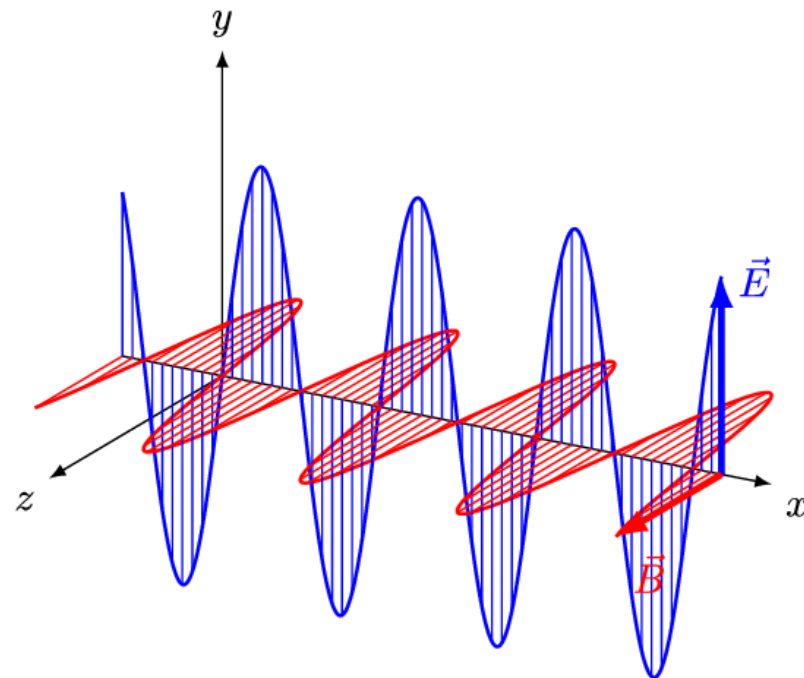


• Περίθλαση

- Τα κύματα μεταδίδονται ΓΥΡΩ από ένα αντικείμενο
- Εξαρτάται από το μέγεθος του εμποδίου σε σχέση με το λ
 - Εμπόδιο $\ll \lambda$ = ψηλή περίθλαση
 - Εμπόδιο $\gg \lambda$ = χαμηλή περίθλαση
- Δύο μικρές σχισμές συμπεριφέρονται ως δύο μικρές πηγές και παρουσιάζεται το φαινόμενο της συμβολής (interference)



- **Ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία**
 - Διασυνδεδεμένα
 - Ταξιδεύουν στον χώρο
- **ΕΜ κύματα ταξιδεύουν προς όλες τις κατευθύνσεις**
 - Η εικόνα δείχνει ένα κύμα που ταξιδεύει μόνο προς μία κατεύθυνση.
- **Εγκάρσιο κύμα: τα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία ταλαντεύονται**
 - Κάθετα προς την κατεύθυνση που κινείται το κύμα
 - Κάθετα μεταξύ τους





- Σχέση μεταξύ συχνότητας, ταχύτητας και μήκους κύματος

$$v = f \lambda$$

f: συχνότητα, λ: μήκος κύματος, v: ταχύτητα

- **Στο κενό**

- $v = c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$
- Ταχύτητα του φωτός – το κοσμικό “όριο ταχύτητας”!
- Η τιμή είναι 299792458.0 m/s για την ακρίβεια

- **Η ταχύτητα είναι διαφορετική σε άλλα υλικά**

- Χαμηλότερη στα στερεά, πιο ψηλή στα αέρια

- **Η συχνότητα καθορίζει τη διάδοση του κύματος μέσω διαφόρων μέσων**

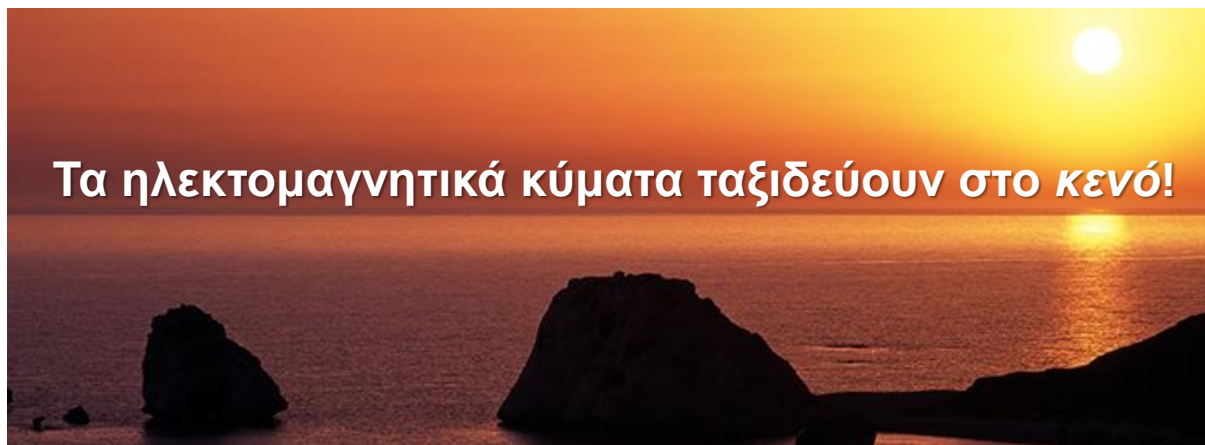
- Κύματα διαφορετικών συχνοτήτων είναι πιο κατάλληλα για διαφορετικούς σκοπούς

Material	Speed (m/s)
Vacuum	3×10^8
Air	$< 3 \times 10^8$
Water	2.26×10^8
Glass	2×10^8
Diamond	1.24×10^8

Τι “Κυματίζει” στα ΕΜ κύματα;



- Μπορεί να μεταδοθεί ο ήχος στο κενό του διαστήματος;
- Ποιο μέσο μεταφέρει τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα;
 - Ένα θέμα έντονης συζήτησης στο τέλος του 19^{ου} και αρχές του 20^{ου} αιώνα
 - Οδήγησε στη θεωρία του “φωτεινού αιθέρα” (luminiferous ether) – μιας αόρατης ύλης που ταλαντώνεται και μεταδίδει τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα
 - Πειράματα που έψαχναν για αυτό τον αιθέρα, δεν τον βρήκαν!
 - Μια μεγάλη έκπληξη!



LIQUID
GRAVITY

ABOUT ▾

EVIDENCE ▾

COMPARISONS ▾

EXPERIMENTS ▾

OPPORTUNITIES ▾

Luminiferous Aether theory vs Liquid Gravity theory

The Liquid universe concept is
an old idea that may still hold
the truth about how the
universe works.



All matter comes from a primary
substance, the luminiferous ether

— Nikola Tesla —

AZ QUOTES

Liquid Gravity Support

Costas

Not secure | www.liquidgravity.nz/Support.html

Apps | Bookmarks | Voice Mail | Google Calendar | Language Tools | Google Mail | Other bookmarks

LIQUID GRAVITY

ABOUT ▾

EVIDENCE ▾

COMPARISONS ▾

EXPERIMENTS ▾

OPPORTUNITIES ▾

Im not a scientist, so I need your help

Gravity maps show hot spots rather than lactions where more mass maybe

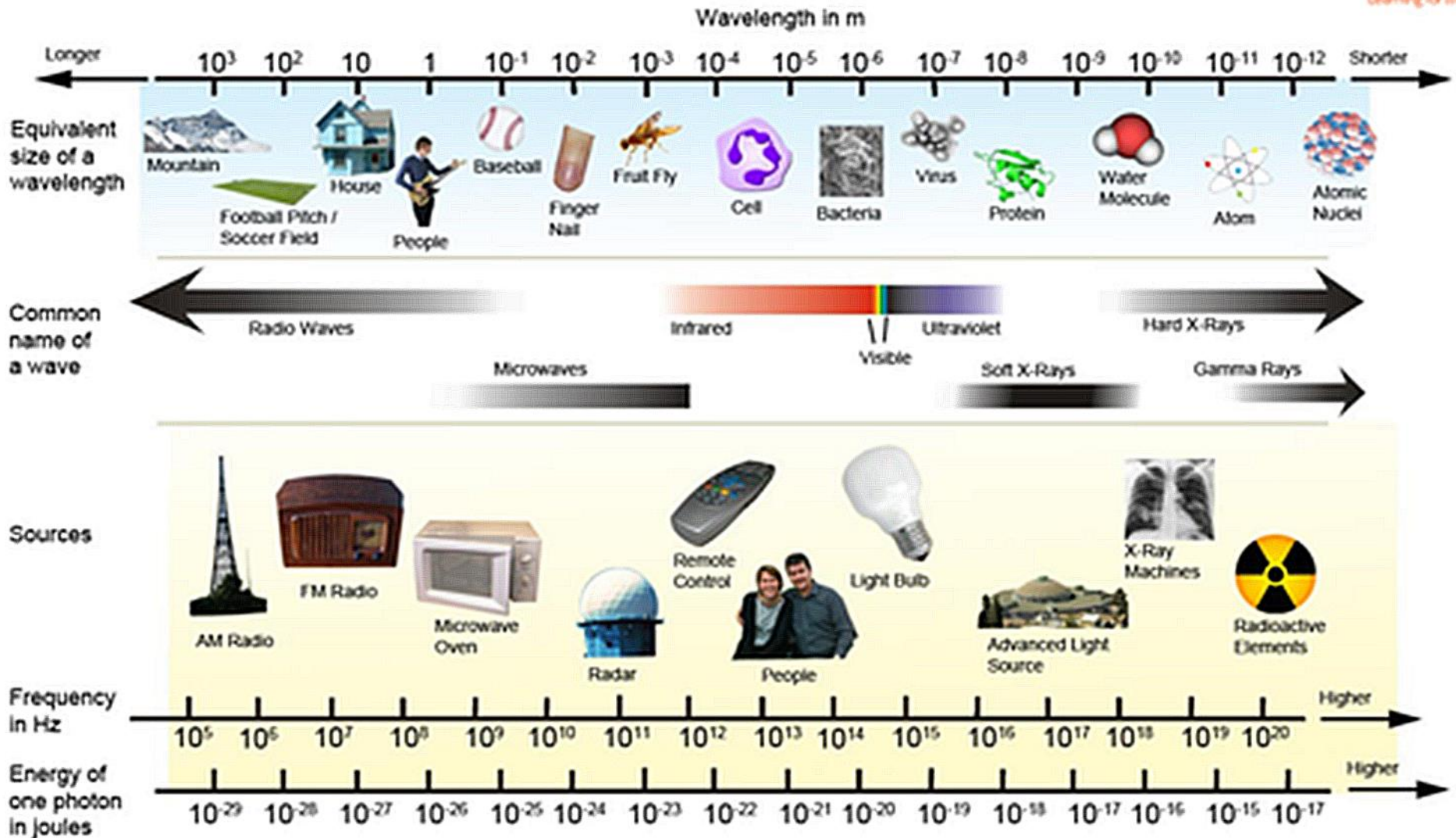
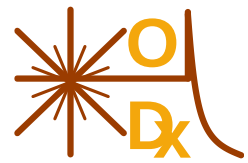
Join me and make a difference to the world

Michael Hodges of Wanaka
New Zealand

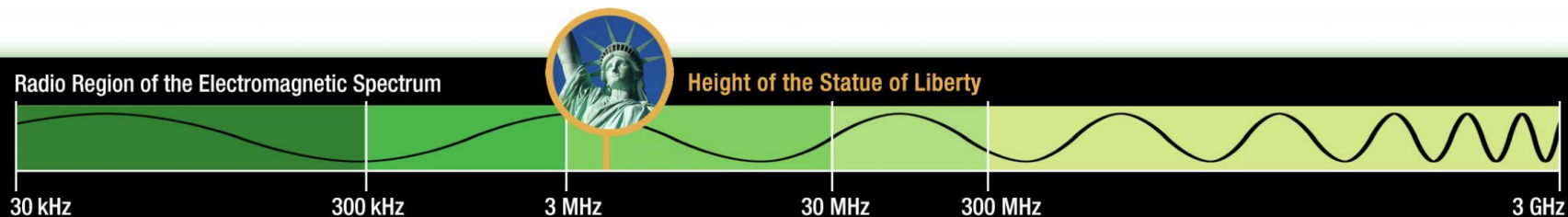


I think that anyone can be an explorer of new ideas, with the huge help of the internet, we are a long way ahead of being able to access information compared to Einstein or other great scientists from last century. We just need an inquiring mind and a good internet connection.

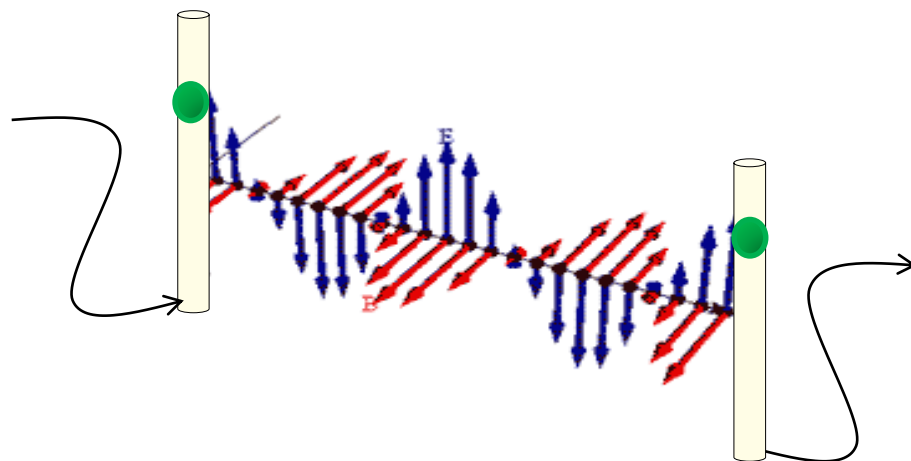
Το Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα



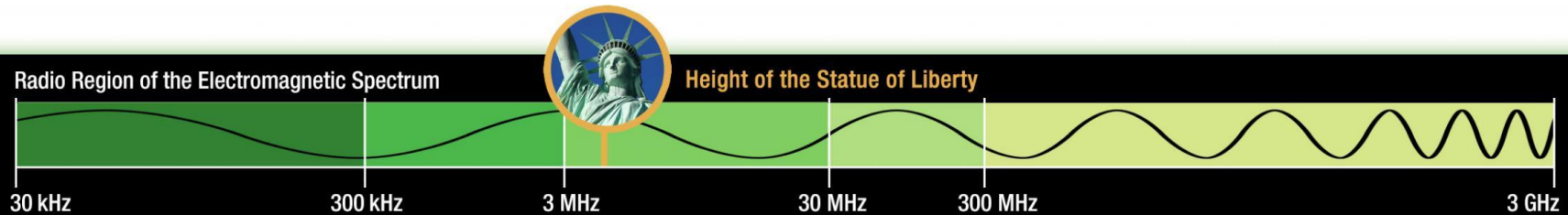
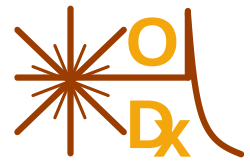
Ραδιοκύματα (Radio Waves)



- **Μεγάλο λ (100km-1mm) – χαμηλή f (30kHz-3GHz) – χαμηλή ενέργεια**
- **Heinrich Hertz**
 - Απέδειξε την ύπαρξη ραδιοκυμάτων στα τέλη του 1880
- **Μετάδοση**
 - ΕΜ κύμα παράγεται από την κίνηση ηλεκτρικά φορτισμένων σωματιδίων
- **Λήψη**
 - Τα ηλεκτρόνια στην κεραία “ταλαντώνονται” από τη διέλευση του ηλεκτρομαγνητικού κύματος
 - Η κεραία λήψης λειτουργεί καλύτερα όταν “συντονίζεται” στο μήκος κύματος του σήματος (μήκος $\lambda / 4$) και έχει την κατάλληλη πόλωση

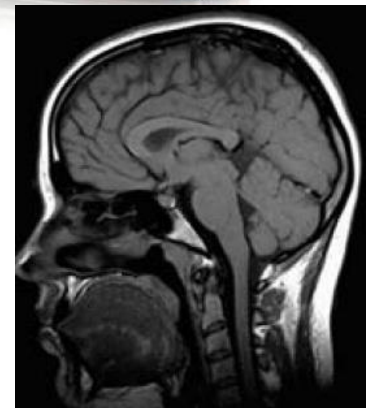


Ραδιοκύματα (Radio Waves)



• Χρήσεις

- Μετάδοση τηλεόρασης και ραδιοφώνου AM και FM
- Ιατρικές συσκευές (π.χ. ελέγχου καρδιακού ρυθμού)
- Τηλεπικοινωνίες
- Απεικόνιση με Μαγνητική Τομογραφία (MRI - Magnetic Resonance Imaging)
 - Χρησιμοποιεί ραδιοκύματα και ένα μεγάλο μαγνητικό πεδίο για να κατασκευάσει τις εικόνες



Μικροκύματα (Microwaves)



Microwave Region of the Electromagnetic Spectrum

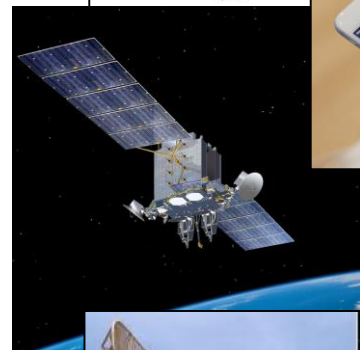


- **Συχνότητες-Μήκη Κύματος**

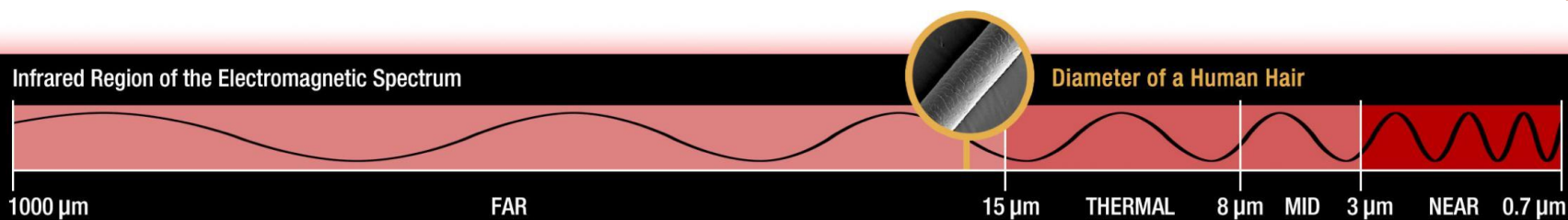
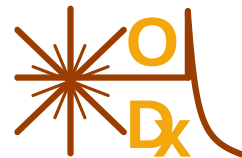
- 300MHz (1 m) ως 300 GHz (1 mm)

- **Χρήσεις**

- Φούρνοι Μικροκυμάτων
 - Ένα δονούμενο ηλεκτρικό πεδίο προκαλεί την περιστροφή μορίων νερού δισεκατομμύρια φορές ανά δευτερόλεπτο → τριβή → θερμότητα
- Τηλεπικοινωνίες (κινητά, δορυφόροι, κλπ)
- Συσκευές Bluetooth
- Ευζωνικό Ασύρματο Δίκτυο (Wi-Fi)
- Ραντάρ
- Σύστημα Παγκόσμιου Εντοπισμού Θέσης (Global Positioning System - GPS)



Υπέρυθρη Ακτινοβολία (Infrared Radiation)



- **Μήκη Κύματος**

- Ανάμεσα στο μικροκύματα και το ορατό φως
- Από 1mm ως 750 nm (δισεκατομμυριοστά του μέτρου)

- **Χρήσεις**

- Διόπτρες νυχτερινής όρασης
- Τηλεχειριστήρια
- Παλαιότερα CD
- Πύραυλοι που αναζητούν θερμότητα

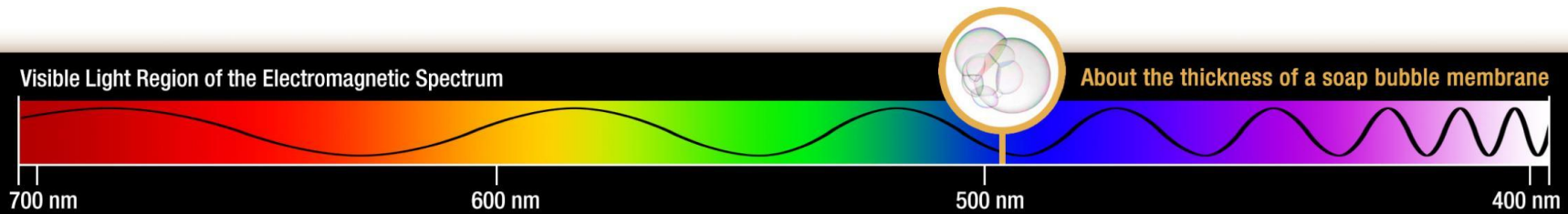
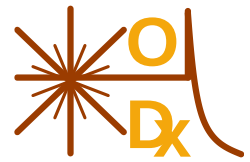
- **Κάθε αντικείμενο εκπέμπει υπέρυθρα κύματα**

- Τα θερμότερα αντικείμενα εκπέμπουν περισσότερο από τα πιο κρύα → IR κάμερες ασφαλείας
- Οι δορυφόροι μπορούν να αναγνωρίσουν τύπους φυτών που αναπτύσσονται σε μια περιοχή με υπέρυθρους ανιχνευτές



Optical Diagnostics Laboratory

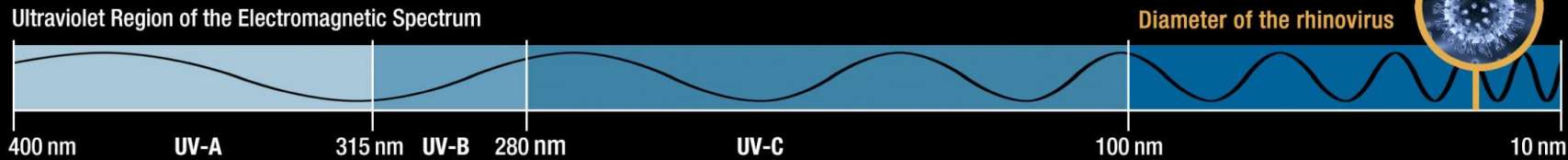
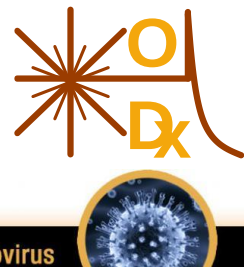
Ορατό Φως (Visible Light)



- Τα μόνα EM κύματα τα οποία είναι ορατά από το ανθρώπινο μάτι
 - Από 750 ως 400 nm
- Βλέπουμε τα διαφορετικά μήκη κύματος ως διαφορετικά χρώματα
 - Ιώδες (violet) = μικρότερο λ , ψηλότερη f
 - Κόκκινο = μεγαλύτερο λ , χαμηλότερη f
 - Το φως φαίνεται άσπρο όταν συμπεριλαμβάνει όλα τα χρώματα
- Χρήσεις
 - Όλα όσα μπορείτε να δείτε!
 - CD Players, laser printers
 - Λαμπτήρες, LEDs, lasers
 - Φασματοσκοπία (Spectroscopy)



Υπεριώδης Ακτινοβολία (Ultraviolet Radiation)

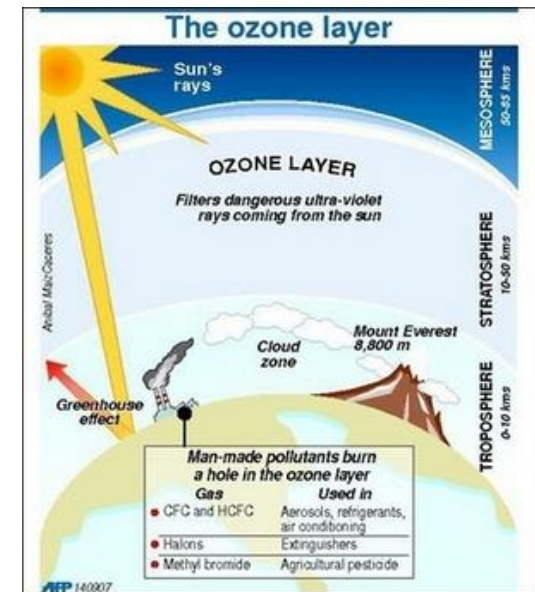


- **Μικρότερο μήκος κύματος από το ορατό φως**

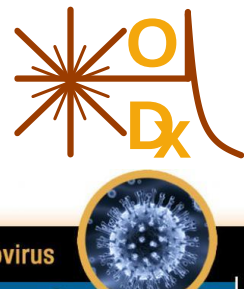
- Από ~ 400 nm ως 10 nm
- Αρκετά ψηλή ενέργεια ώστε να εισέλθουν στα κύτταρα του δέρματος και να προκαλέσουν βλάβες (ιονίζουσα ακτινοβολία)
 - Μεγαλύτερα μήκη κύματος – UVA
 - Μικρότερα μήκη κύματος – UVB
- Ακτινοβολία UV από τον ήλιο απορροφάτε από την στοιβάδα του όζοντος

- **Τι είναι η στοιβάδα του όζοντος;**

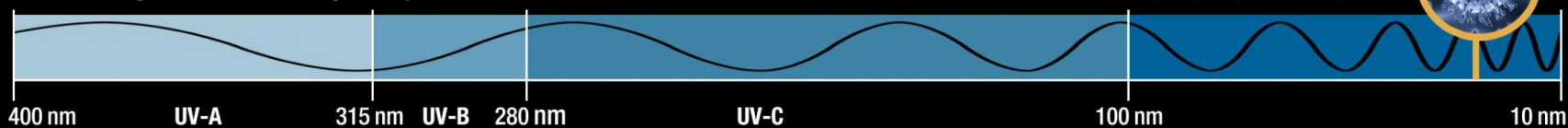
- 20-50 km πάνω από την επιφάνεια
- Μόρια O_3 (3 άτομα οξυγόνου)
- Απορροφά βλαβερό UV από τον ήλιο
- Η στοιβάδα του όζοντος μειώνεται λόγω CFC σε κλιματιστικά, ψυγεία, & υγρά καθαρισμού



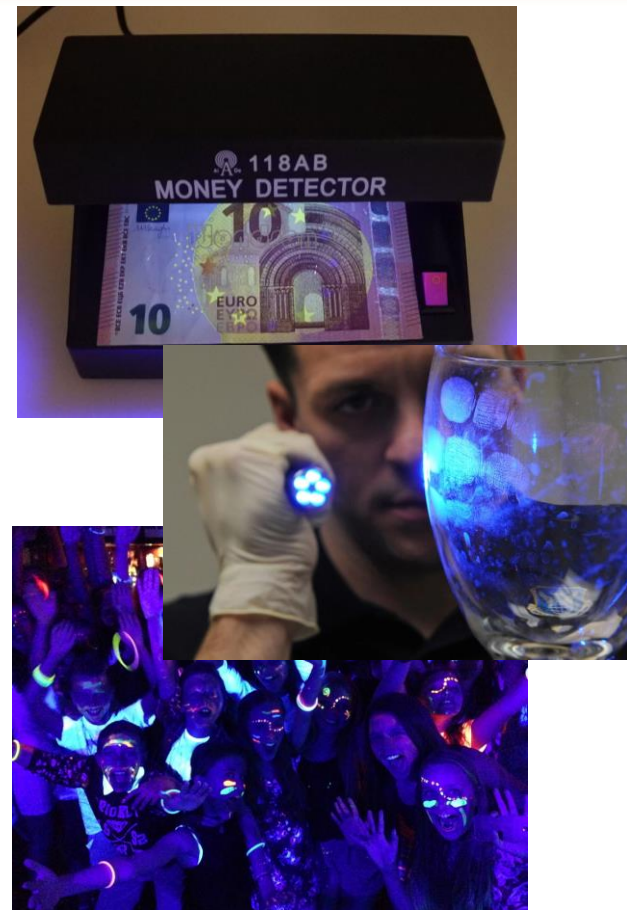
Υπεριώδης Ακτινοβολία (Ultraviolet Radiation)



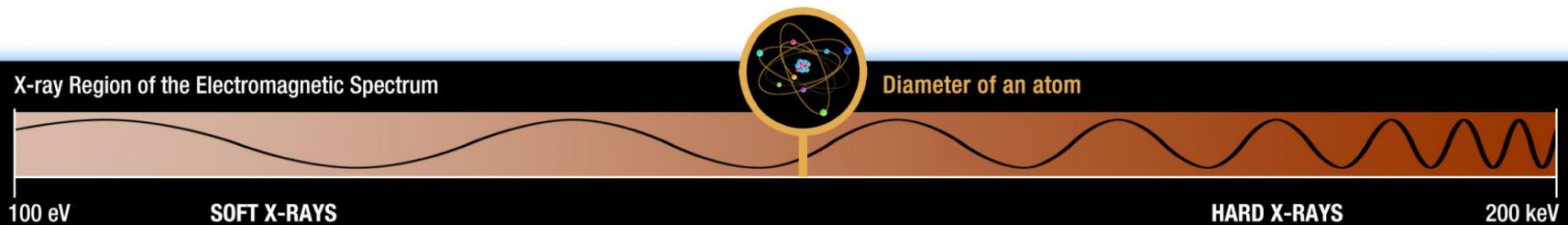
Ultraviolet Region of the Electromagnetic Spectrum



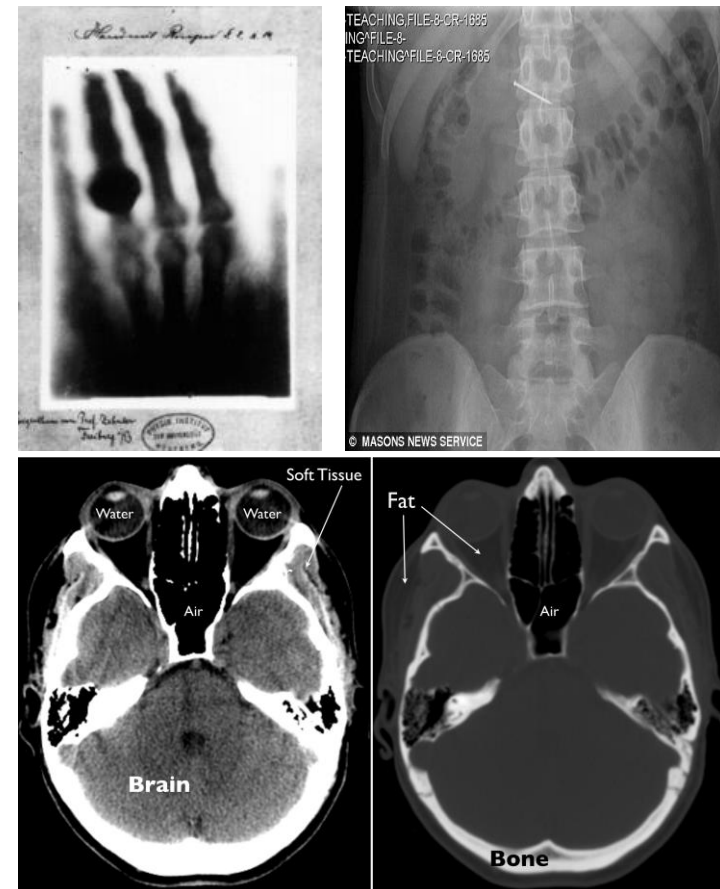
- **Βλαβερή για τους ζώντες οργανισμούς**
 - Εκθεση προκαλεί ηλιακά εγκαύματα
 - Ψηλότερη έκθεση μπορεί να προκαλέσει καρκίνο του δέρματος
- **Μπορεί η UV ακτινοβολία να είναι χρήσιμη;**
 - Βοηθά το σώμα να παράγει βιταμίνη D για υγιή οστά και δόντια
 - Χρησιμοποιείται για την αποστείρωση ιατρικών αναλωσίμων & εξοπλισμού
 - Οι ντετέκτιβ χρησιμοποιούν σκόνη φθορισμού (απορροφά UV & εκπέμπει ορατό) για να βρουν δακτυλικά αποτυπώματα
 - Εικόνες ασφαλείας στα χαρτονομίσματα
 - Φασματοσκοπική ανάλυση υλικών



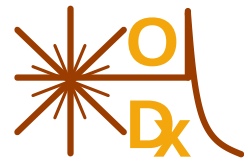
Ακτίνες X (X-Rays)



- Πολύ μικρό μήκος κύματος, ψηλή ενέργεια
 - Από 10 ως 0.01 nm
 - Διαπερνούν το δέρμα, μύες και οστά
 - Ψηλή έκθεση προκαλεί καρκίνο
- Χρήσεις:
 - Ιατρική απεικόνιση
 - Ακτινογραφίες, Αξονική Τομογραφία
 - Απεικόνιση της απορρόφησης
 - Θεραπεία καρκίνου
 - Σκοτώνουν τα καρκινικά κύτταρα
 - Ακτινοθεραπεία
 - Ασφάλεια Αεροδρομίων

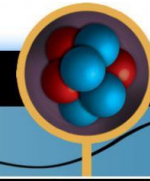


Ακτίνες γ (γ -Rays)



Gamma Ray Region of the Electromagnetic Spectrum

200 keV



Diameter of a nucleus

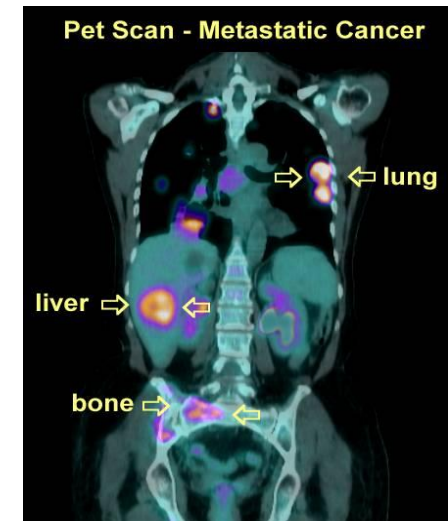
200 MeV

- **Ακόμα μικρότερο μήκος κύματος και ακόμα μεγαλύτερη ενέργεια**

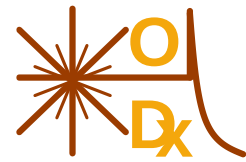
- Λιγότερο από 10 pm (τρισεκατομμυριοστά του μέτρου)
- Διαπερνούν το δέρμα, μύες και οστά
- Η έκθεση σε ψηλά επίπεδα προκαλεί καρκίνο

- **Χρήσεις:**

- Ιατρική απεικόνιση
 - PET, SPECT
 - Εντοπίζουν ακτίνες γ που εκπέμπονται από τα ραδιοφάρμακα
- Αποστείρωση ιατρικού εξοπλισμού
- Θεραπεία καρκίνου
 - Σκοτώνουν τα καρκινικά κύτταρα
 - Σκοτώνουν σχεδόν όλα τα ζωντανά κύτταρα $\rightarrow$ εστίαση

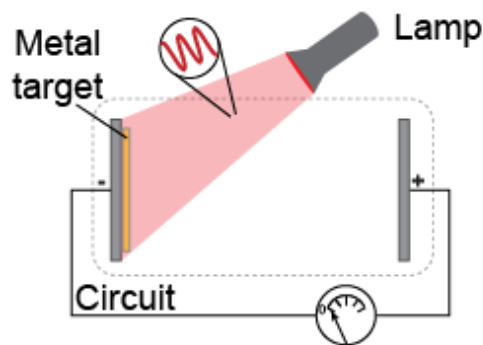


Μπορεί το κύμα να είναι και σωματίδιο;

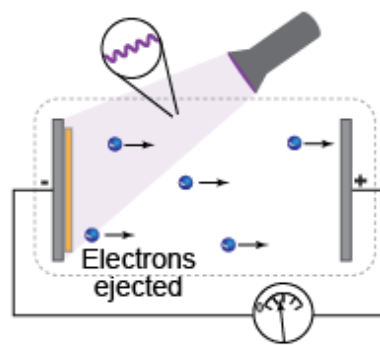


• Φωτοηλεκτρικό Φαινόμενο

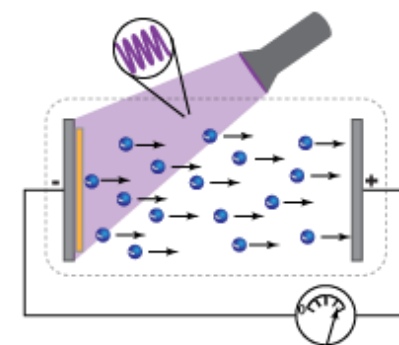
- 1887, Heinrich Hertz
- Πρόσπτωση φωτός σε ένα μέταλλο προκαλεί απελευθέρωση ηλεκτρονίων
- Η απελευθέρωση των ηλεκτρονίων εξαρτάται από τη συχνότητα
 - $f < f_{\min}$, δεν υπάρχει καθόλου απελευθέρωση ηλεκτρονίων
 - $f > f_{\min}$, απελευθέρωση ανάλογη της έντασης
- 1905, η εξήγηση από τον Albert Einstein
 - Τα EM κύματα συμπεριφέρονται και σαν σωματίδια (φωτόνια)
 - Η ενέργεια του φωτονίου είναι ανάλογη της συχνότητας



Light frequency too low;
no electrons ejected
from metal;
no electric current flows.

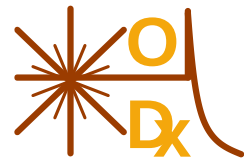


Low-intensity light
above threshold frequency;
some electrons ejected
from metal; small current.



High-intensity light
above threshold frequency;
many ejected electrons;
high current.

Μπορεί ένα σωματίδιο να είναι και κύμα;



- **Στον μακρο-κόσμο**

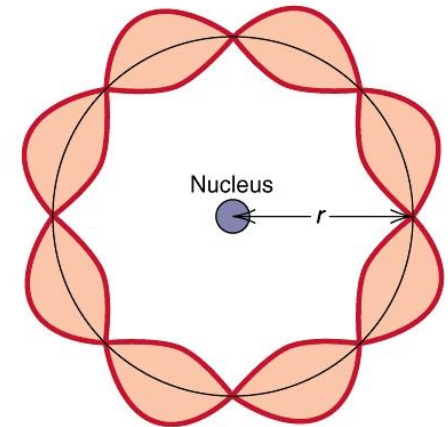
- Οι μπάλες συμπεριφέρονται πάντα ως μπάλες

- **Στον κβαντικό κόσμο**

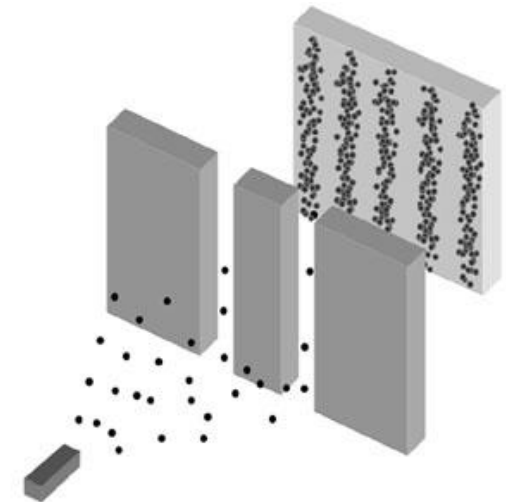
- Τα ηλεκτρόνια μπορεί μερικές φορές να συμπεριφέρονται ως κύματα
- Δηλαδή πρέπει να χρησιμοποιήσουμε κυματική για να εξηγήσουμε κάποια φαινόμενα

- **Παράδειγμα**

- Ηλεκτρόνια που εκτοξεύονται προς δύο σχισμές παρουσιάζουν μια προβολή που έχει σχήμα παρεμβολής όπως θα παραγόταν από κύματα

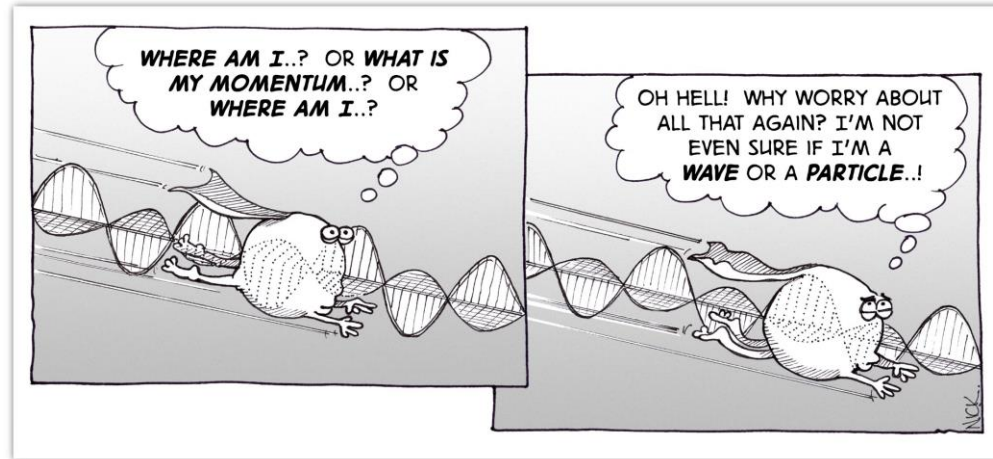


Copyright 1998 by John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.



- Κύματα ή σωματίδια;

- Και τα δύο είναι μαθηματικά μοντέλα
- Σχεδιάστηκαν για να εξηγήσουν φυσικά φαινόμενα τα οποία ελάχιστα καταλαβαίνουμε!
- Τα μοντέλα δεν είναι τέλεια και δεν έχουν ενοποιηθεί!



Photon self-identity issues

