



Πανεπιστήμιο Κύπρου

Πρόγραμμα Προϋπηρεσιακής Κατάρτισης

ΠΡΥ 017 – Πολυτεχνικά και Τεχνικά Επαγγέλματα

Διάλεξη 10

Ηλεκτρομαγνητισμός

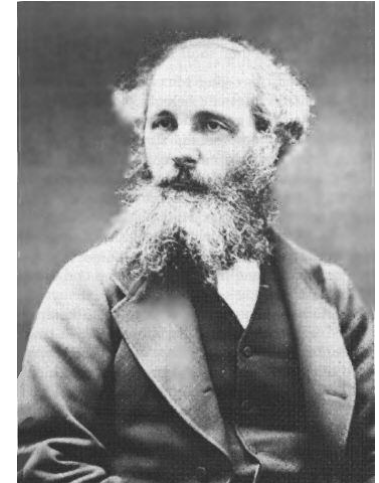


- **Ηλεκτρισμός και Μαγνητισμός**

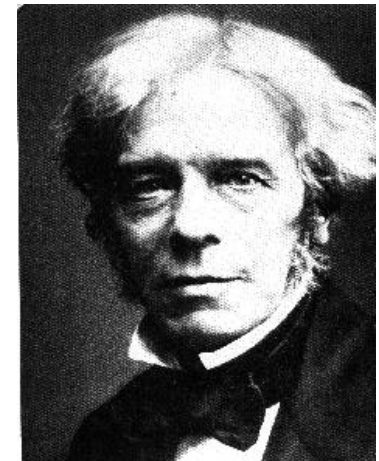
- Διαφορετικές όψεις του ηλεκτρομαγνητισμού
- Κινούμενο ηλεκτρικό φορτίο παράγει μαγνητικά πεδία
- Μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο μετακινεί ηλεκτρικά φορτία

- **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

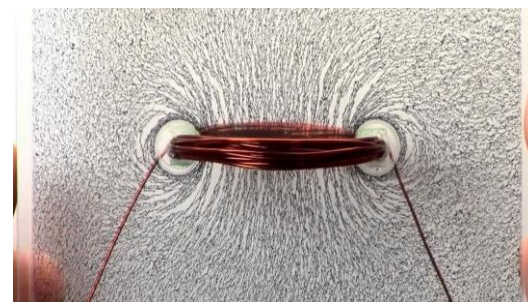
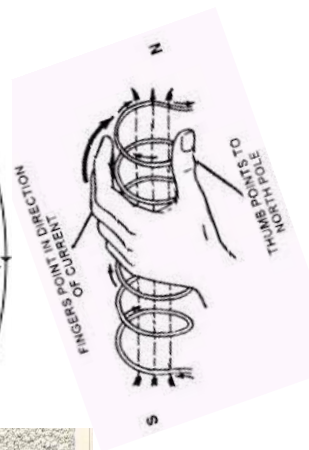
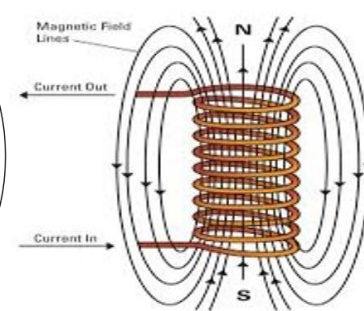
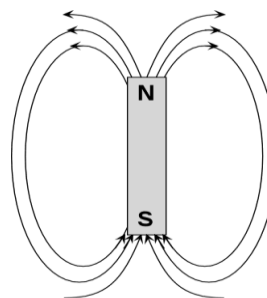
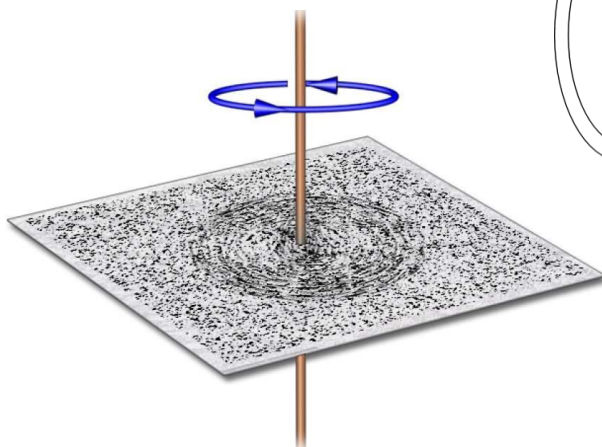
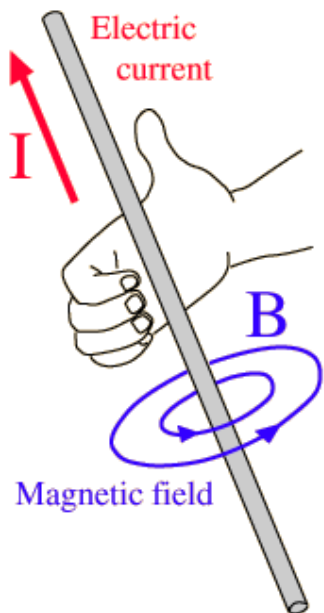


Michael Faraday

Μαγνητικά πεδία από ηλεκτρισμό



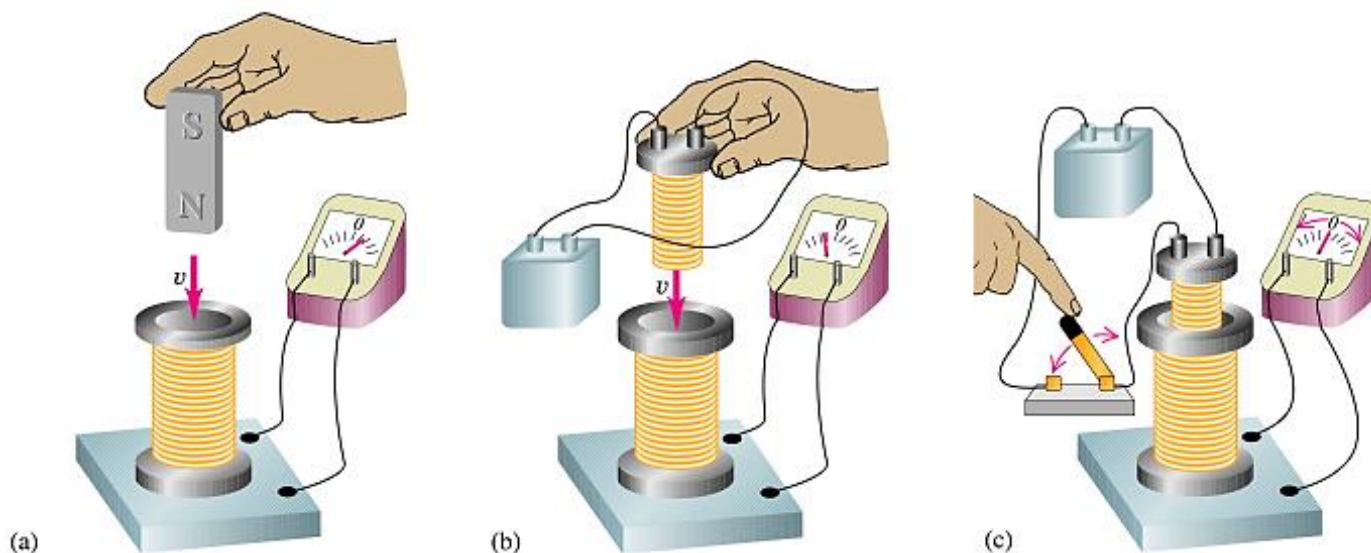
- Στατική κατανομή φορτίων παράγει ηλεκτρικό πεδίο
- Φορτία σε κίνηση παράγουν μαγνητικό πεδίο
 - Το ρεύμα είναι ένα παράδειγμα φορτίων (ηλεκτρόνια) σε κίνηση
- Καλώδιο σε πηνίο τροφοδοτούμενο με ρεύμα
 - Παράγει μαγνητικό πεδίο όμοιο με φυσική μαγνητική ράβδο
 - Ονομάζεται ηλεκτρομαγνήτης



Ηλεκτρικά πεδία από μαγνήτη



- 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



Η ηλεκτρομαγνητική σχέση



- **Μεταβαλλόμενα πεδία**

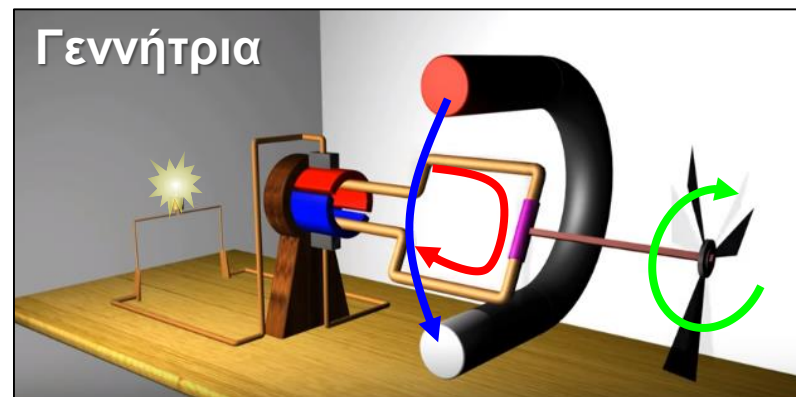
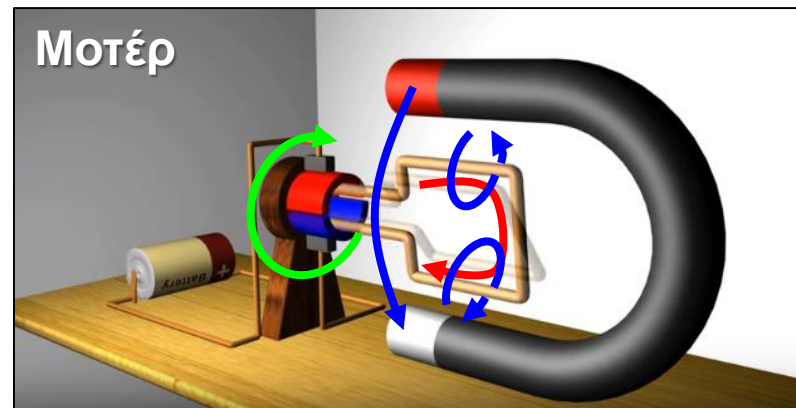
- Μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό πεδίο παράγει μαγνητικό πεδίο
- Μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο παράγει ηλεκτρικό πεδίο

- **Μοτέρ**

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

- **Γεννήτρια**

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





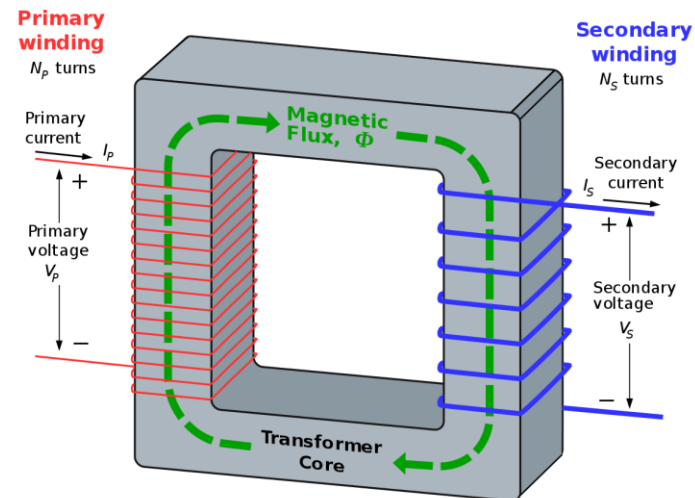
Η ηλεκτρομαγνητική σχέση

- **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 a



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



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)

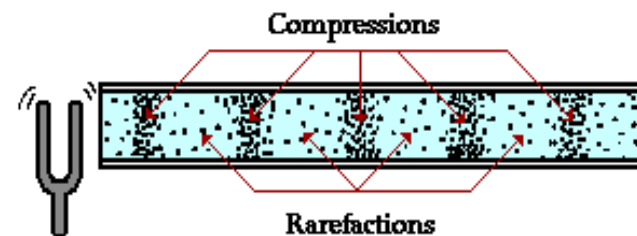
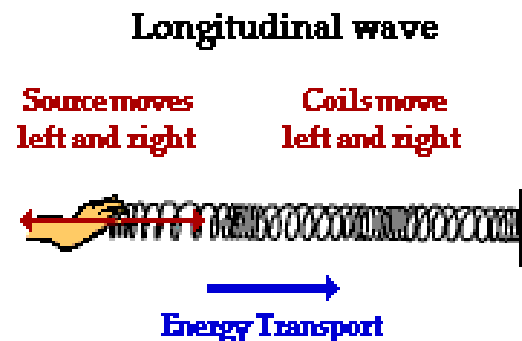


Τι είναι κύμα;



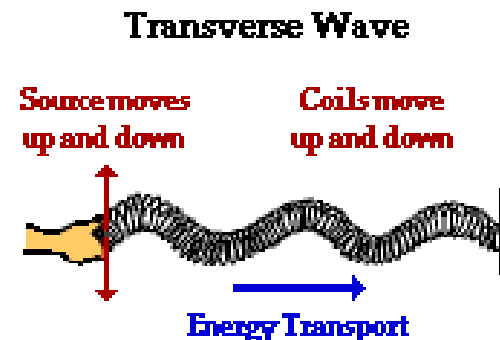
• Διαμήκη κύματα

- 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



• Εγκάρσια κύματα

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

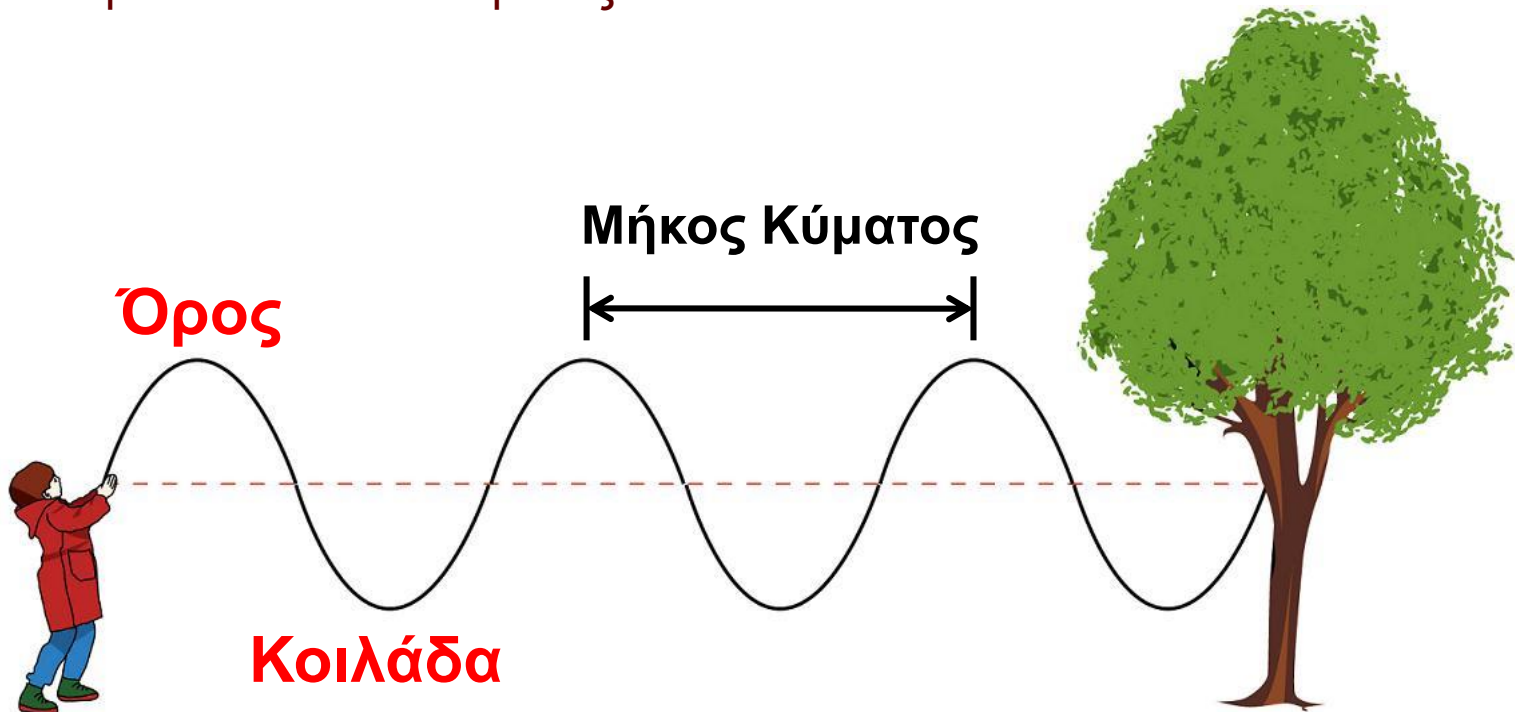


Τι είναι κύμα;



- **Ιδιότητες του Κύματος**

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

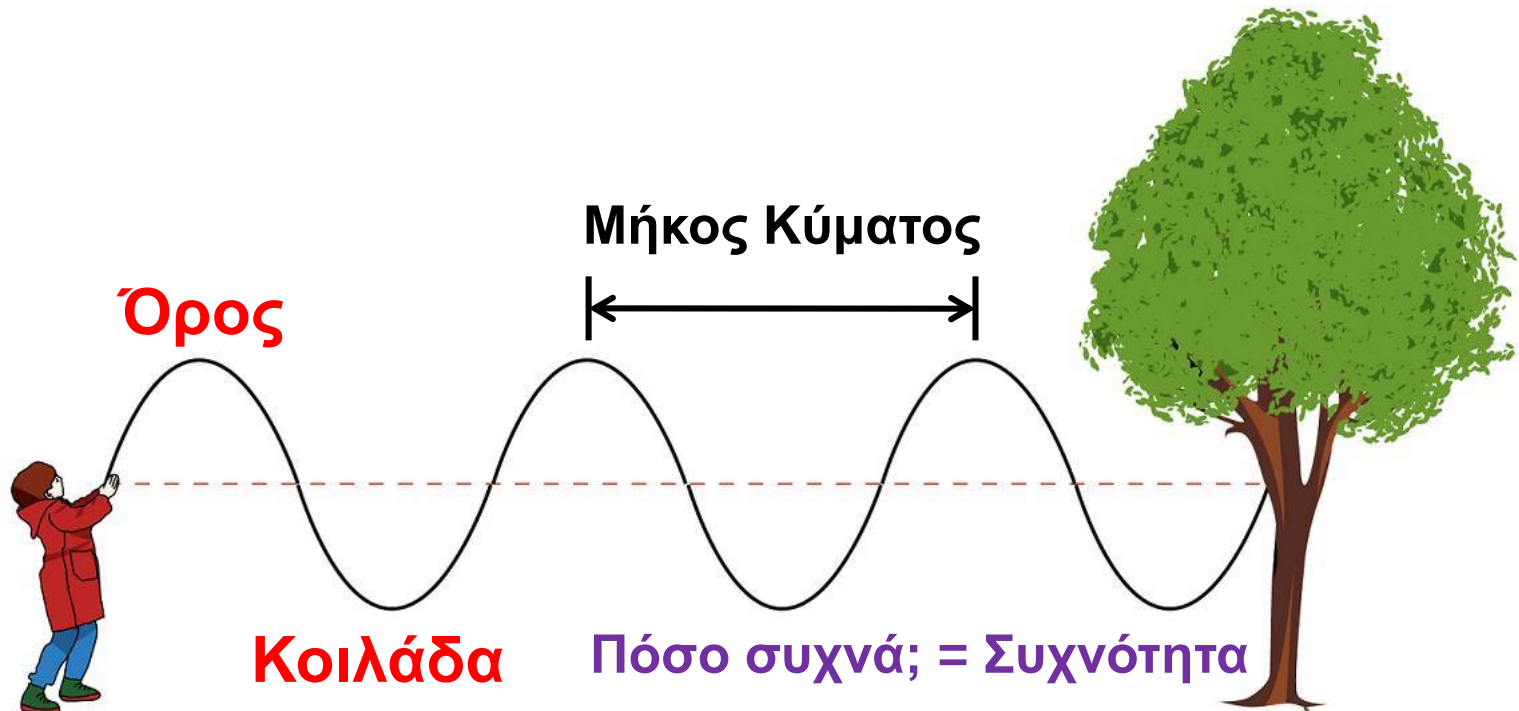


Τι είναι κύμα;



• 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

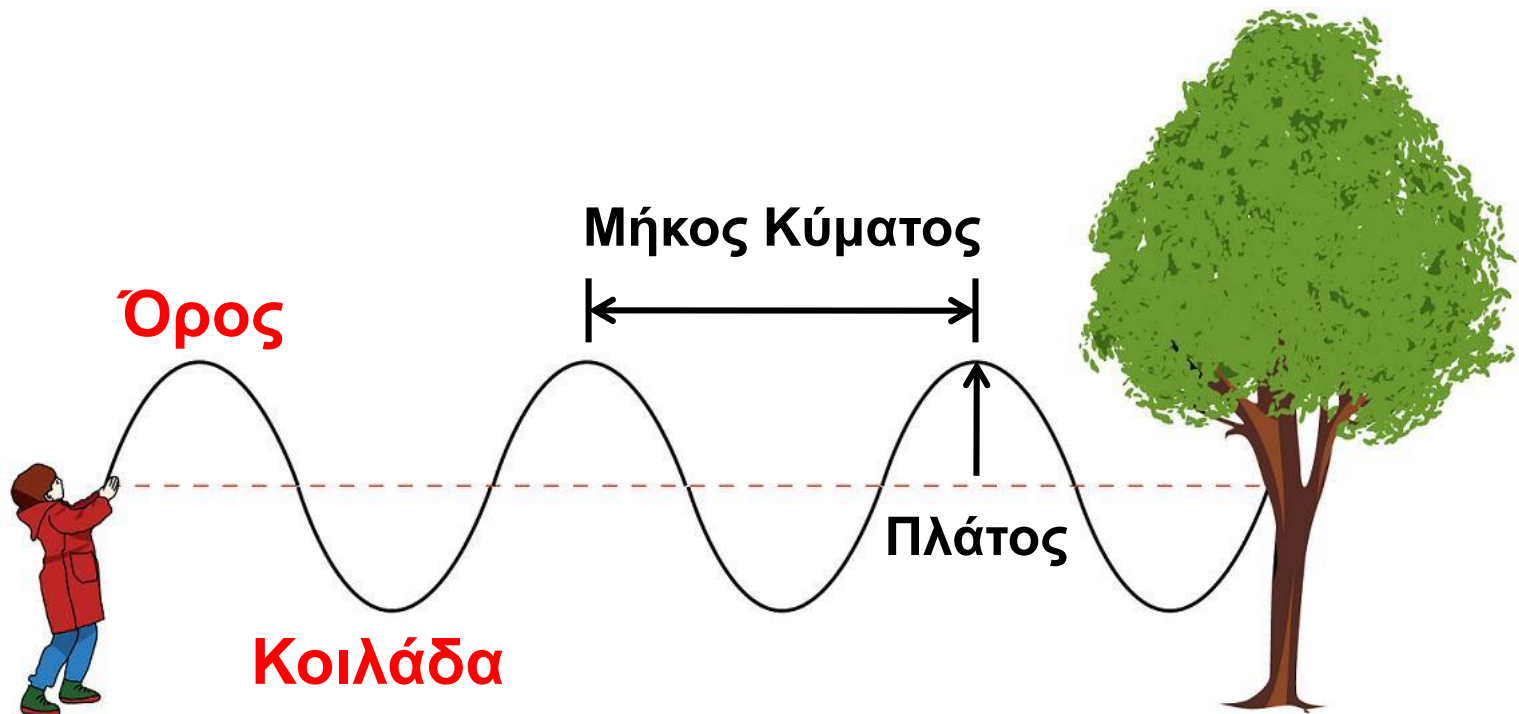


Τι είναι κύμα;



• 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;

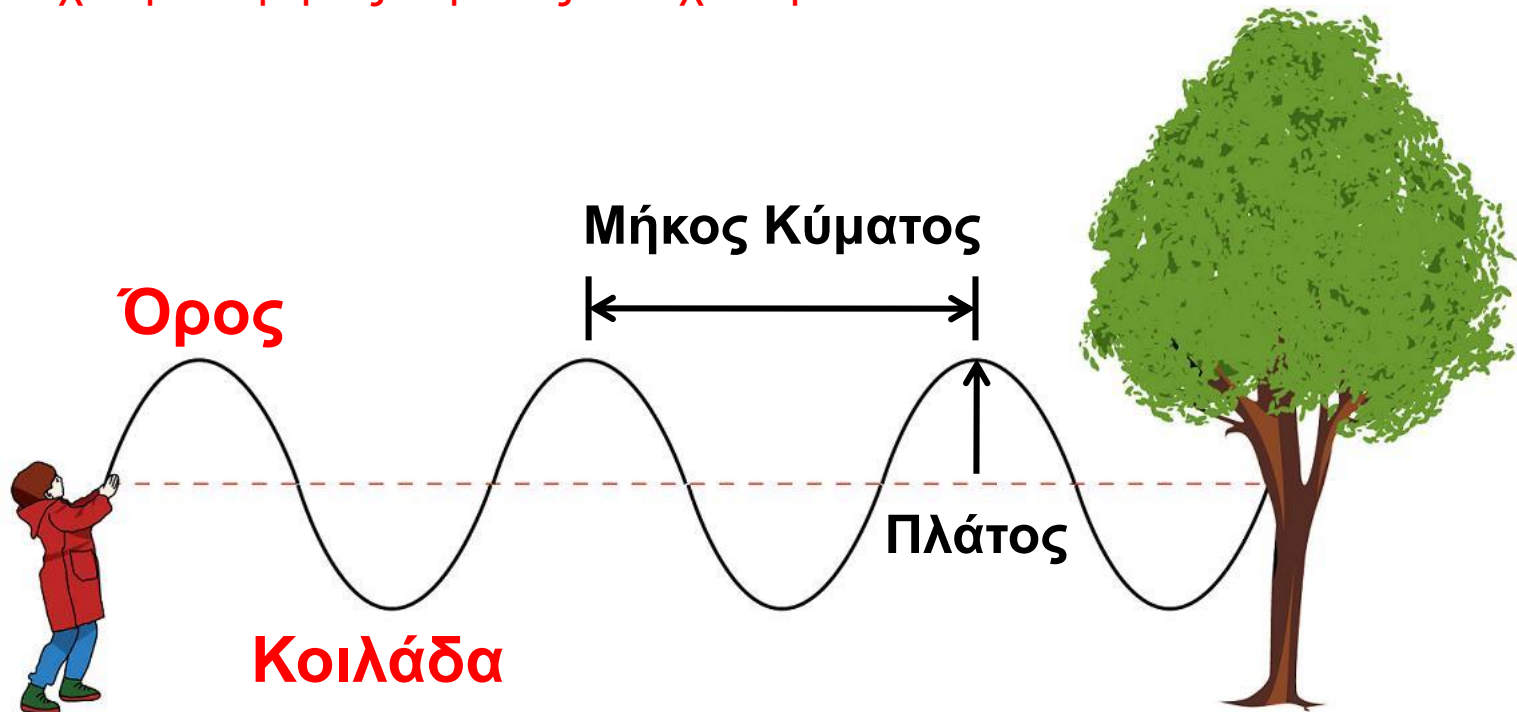


• Ιδιότητες του Κύματος

• Ταχύτητα:

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

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

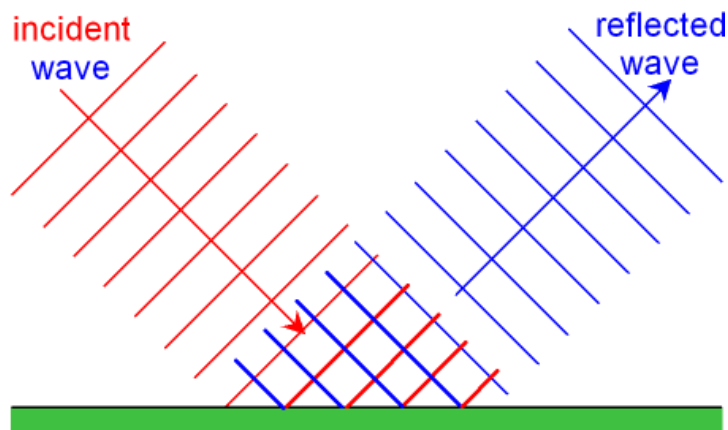


Πως αλλάζουν τα κύματα



- **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

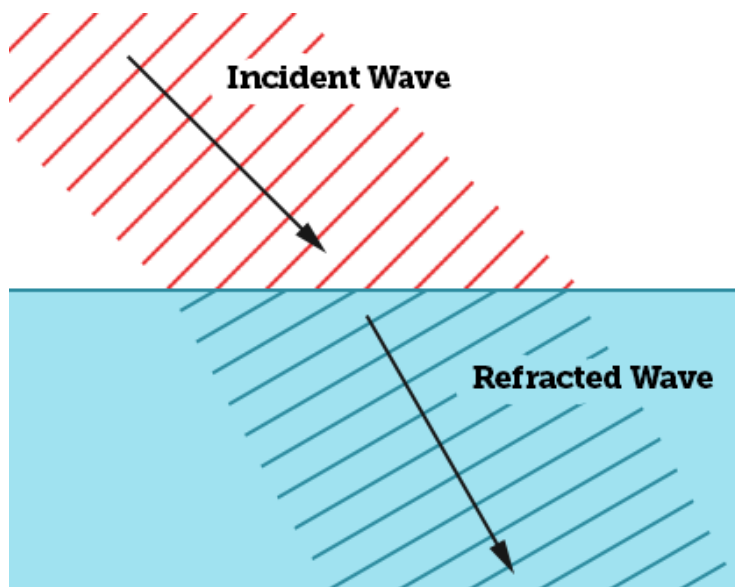


Πως αλλάζουν τα κύματα



• 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

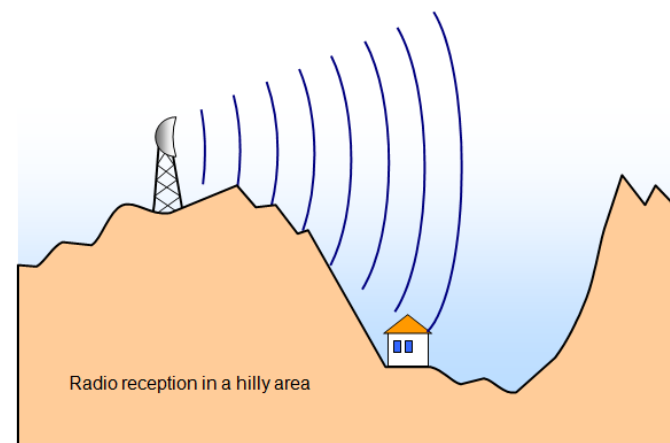
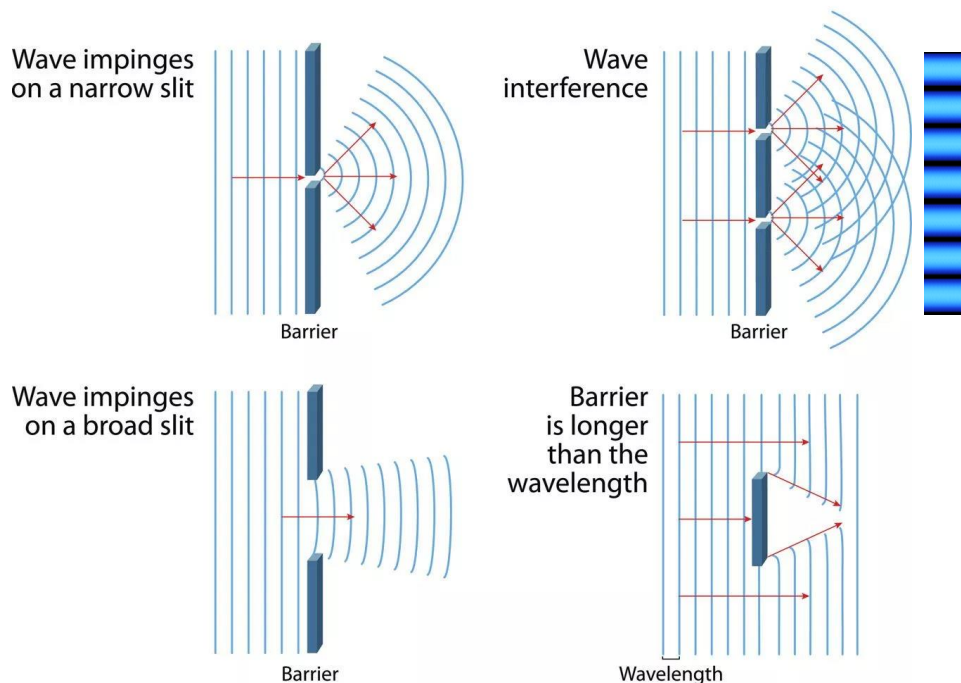


Πως αλλάζουν τα κύματα



• 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**

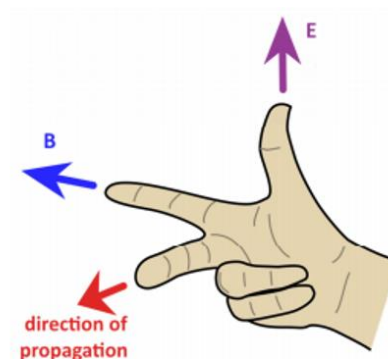
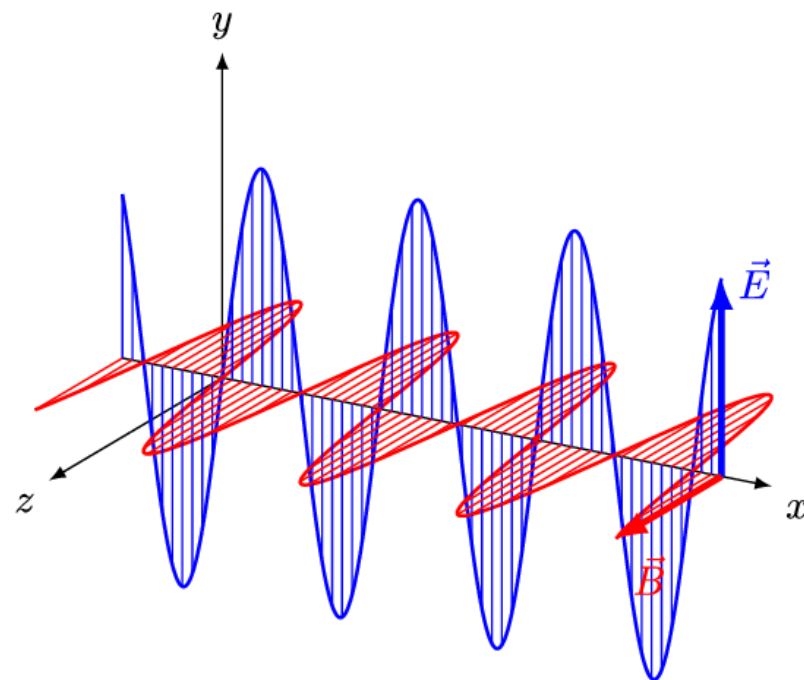
- Διασυνδεδεμένα
- Ταξιδεύουν στον χώρο

- **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



Ηλεκτρομαγνητικά Κύματα



- 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**

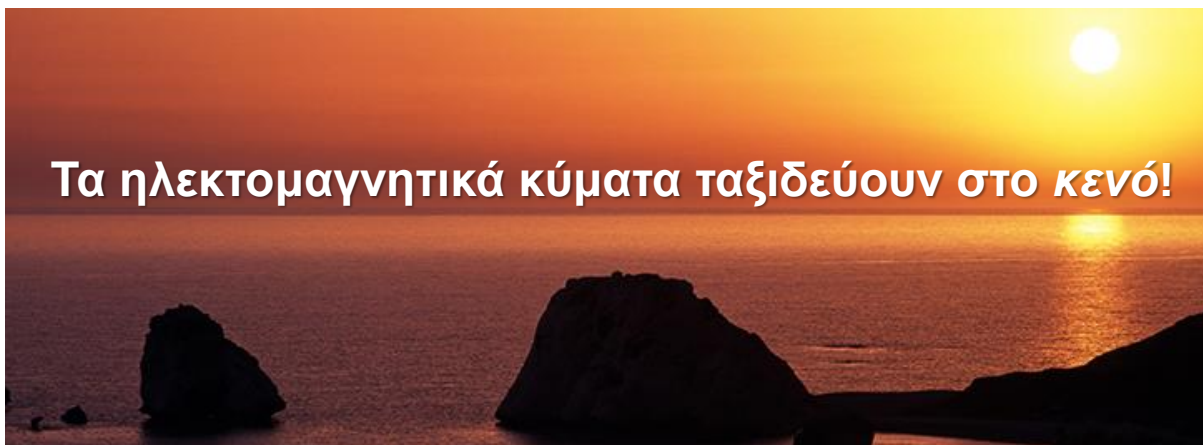
- Κύματα διαφορετικών συχνοτήτων είναι πιο κατάλληλα για διαφορετικούς σκοπούς

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 📅 7 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

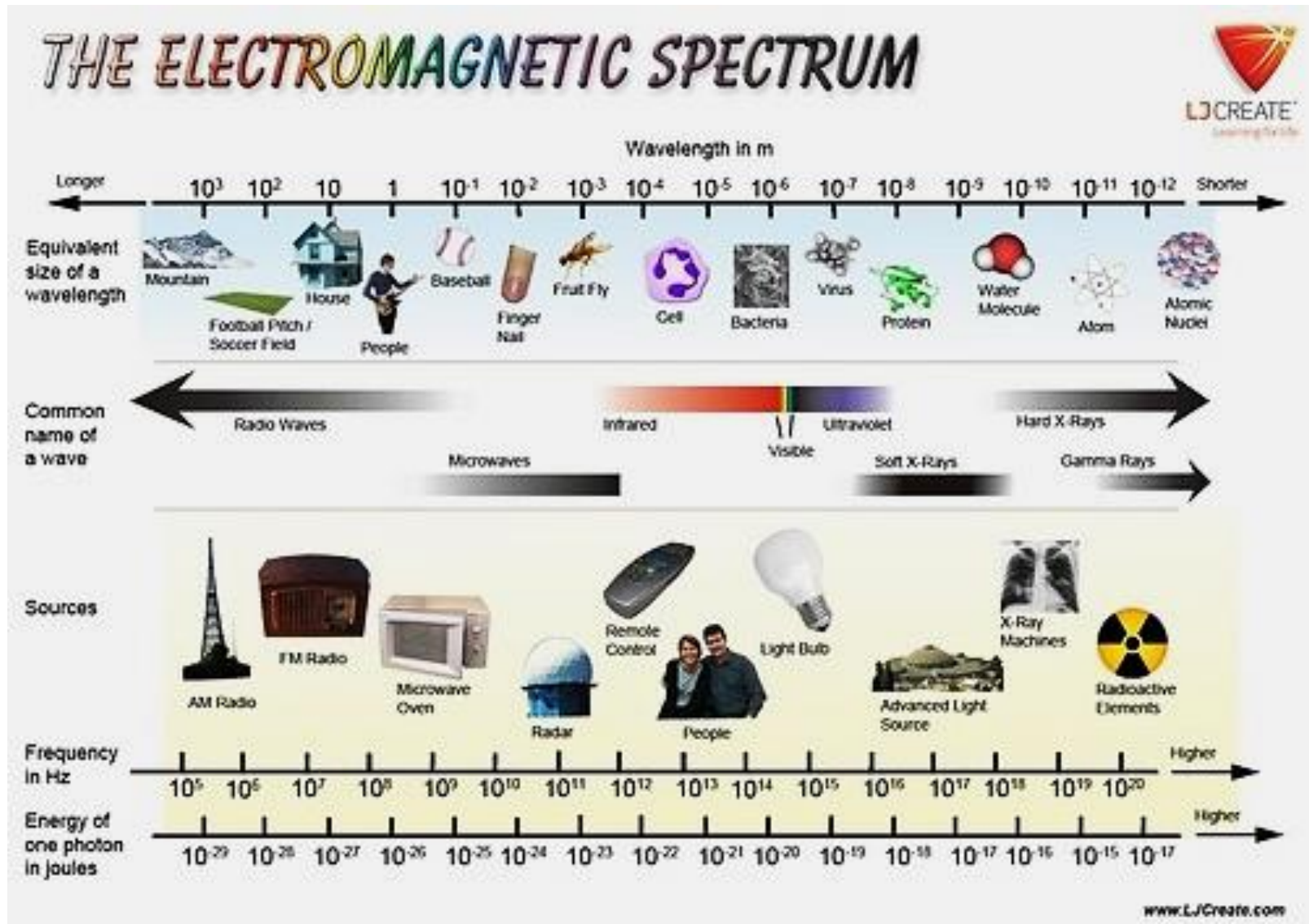
**Join me and make
a difference to the
world**

Michael Hodges of Wanaka
New Zealand

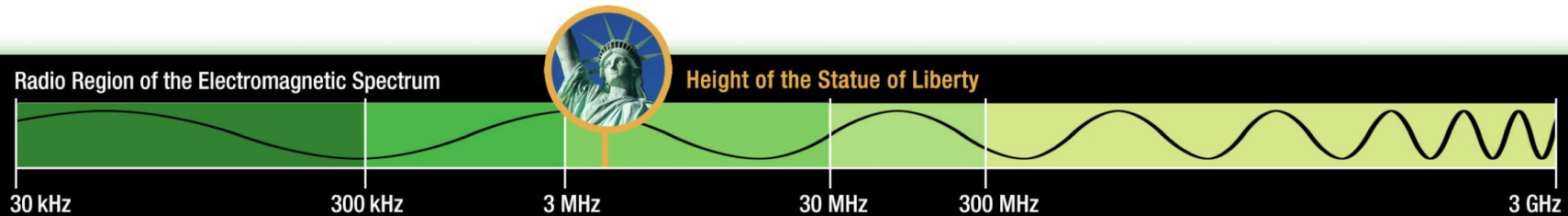


I think that anyone can be an explorer of new ideas, with the huge help of the internet, we are a long way ahead of being able to access information compared to Einstein or other great scientists from last century. We just need an inquiring mind and a good internet connection.

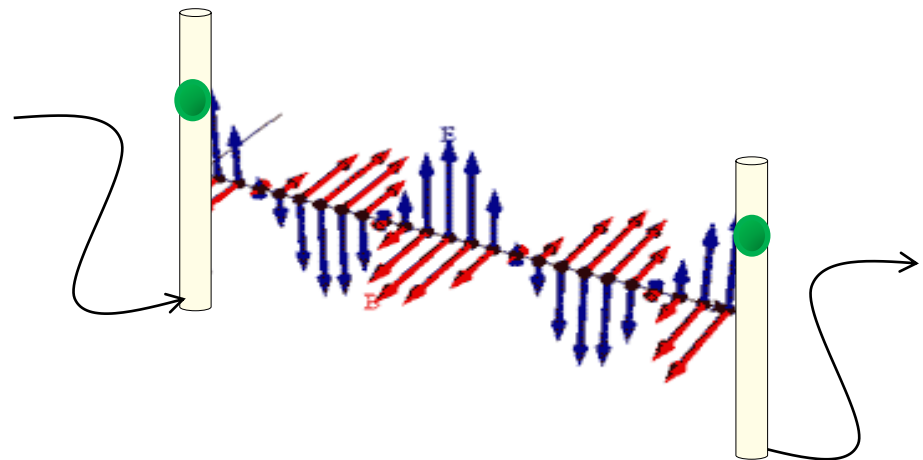
Το Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα



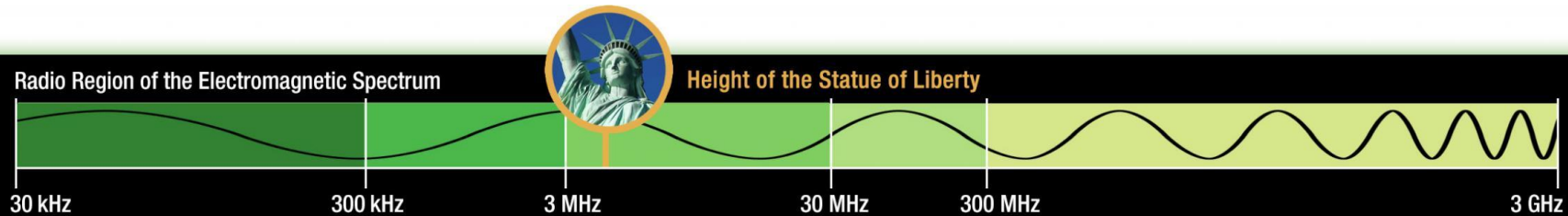
Ραδιοκύματα (Radio Waves)



- **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

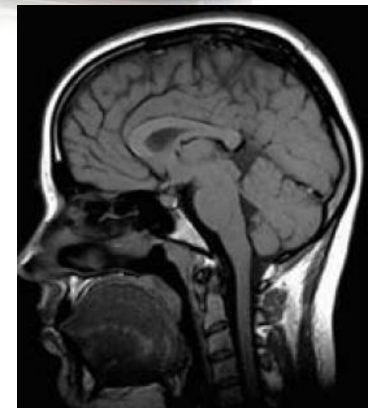


Ραδιοκύματα (Radio Waves)



• 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**

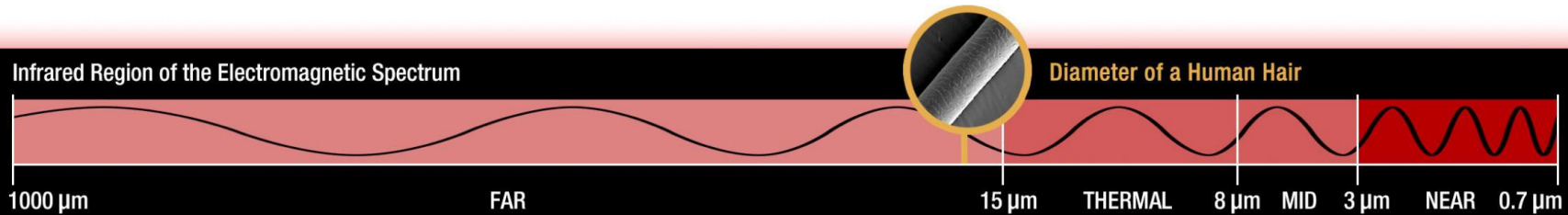
- 300MHz (1 m) ως 300 GHz (1 mm)

- **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**

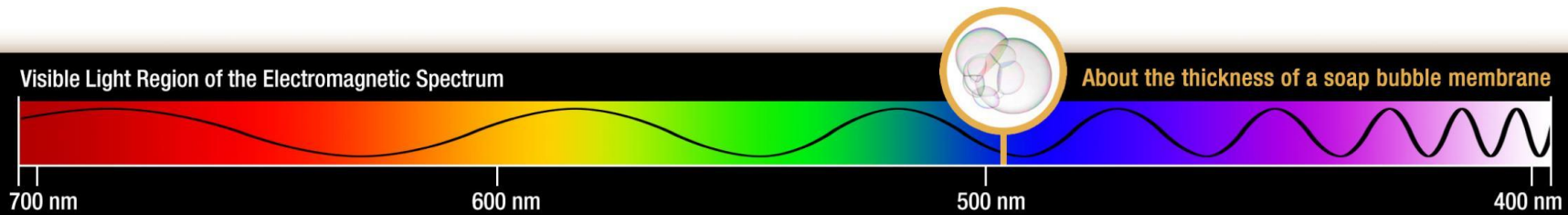
- Διόπτρες νυχτερινής όρασης
- Τηλεχειριστήρια
- Παλαιότερα CD
- Πύραυλοι που αναζητούν θερμότητα

- **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



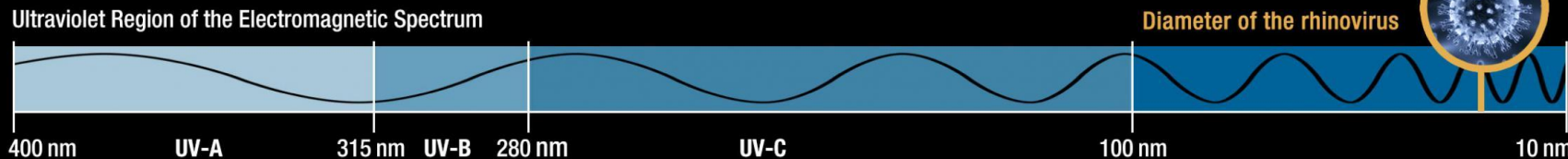
Ορατό Φως (Visible Light)



- 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)

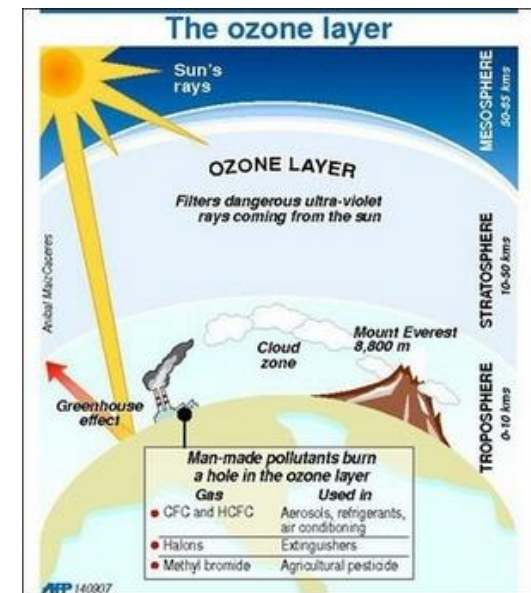


- **Μικρότερο μήκος κύματος από το ορατό φως**

- 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;**

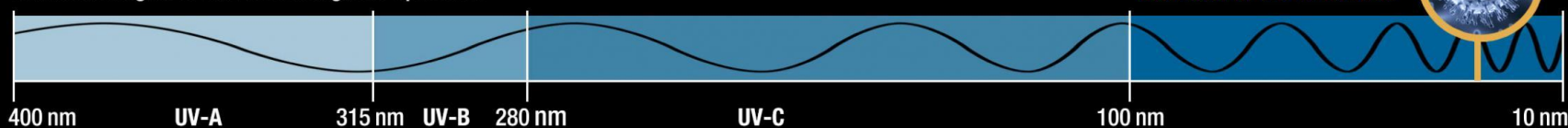
- 20-50 km πάνω από την επιφάνεια
- Μόρια O_3 (3 άτομα οξυγόνου)
- Απορροφά βλαβερό UV από τον ήλιο
- Η στοιβάδα του όζοντος μειώνεται λόγω CFC σε κλιματιστικά, ψυγεία, & υγρά καθαρισμού



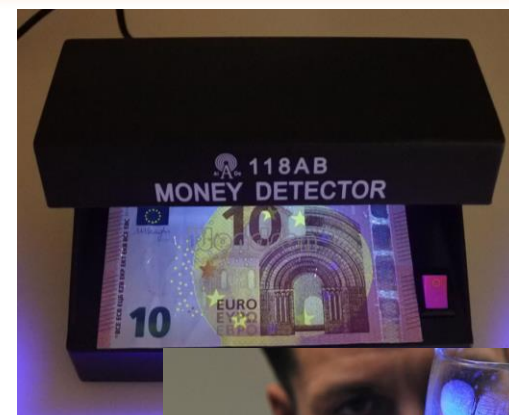
Υπεριώδης Ακτινοβολία (Ultraviolet Radiation)



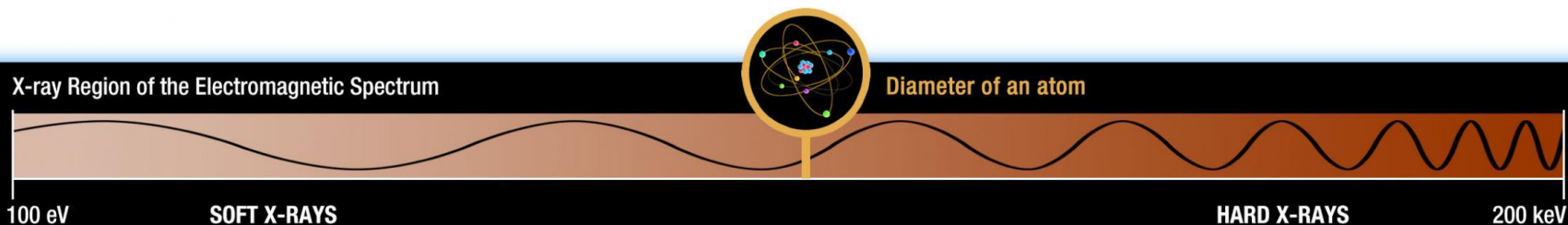
Ultraviolet Region of the Electromagnetic Spectrum



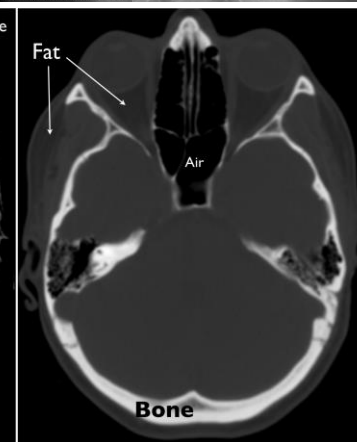
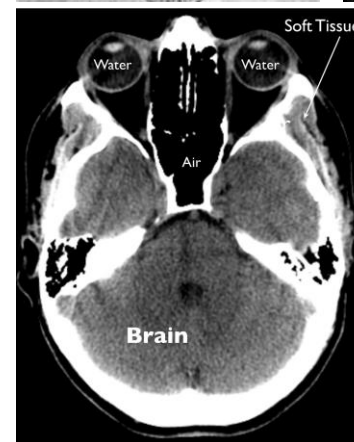
- **Βλαβερή για τους ζώντες οργανισμούς**
 - Έκθεση προκαλεί ηλιακά εγκαύματα
 - Ψηλότερη έκθεση μπορεί να προκαλέσει καρκίνο του δέρματος
- **Μπορεί η UV ακτινοβολία να είναι χρήσιμη;**
 - Βοηθά το σώμα να παράγει βιταμίνη D για υγιή οστά και δόντια
 - Χρησιμοποιείται για την αποστείρωση ιατρικών αναλωσίμων & 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)



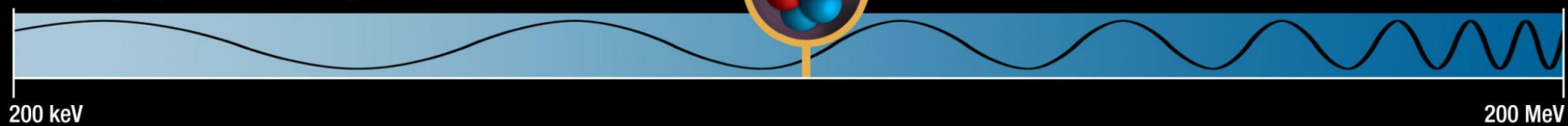
- Πολύ μικρό μήκος κύματος, ψηλή ενέργεια
 - Από 10 ως 0.01 nm
 - Διαπερνούν το δέρμα, μύες και οστά
 - Ψηλή έκθεση προκαλεί καρκίνο
- Χρήσεις:
 - Ιατρική απεικόνιση
 - Ακτινογραφίες, Αξονική Τομογραφία
 - Απεικόνιση της απορρόφησης
 - Θεραπεία καρκίνου
 - Σκοτώνουν τα καρκινικά κύτταρα
 - Ακτινοθεραπεία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



Ακτίνες γ (γ -Rays)



Gamma Ray Region of the Electromagnetic Spectrum

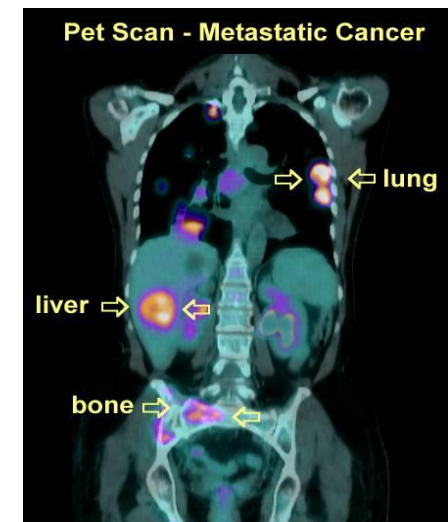


- **Ακόμα μικρότερο μήκος κύματος και ακόμα μεγαλύτερη ενέργεια**

- 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 → εστίαση

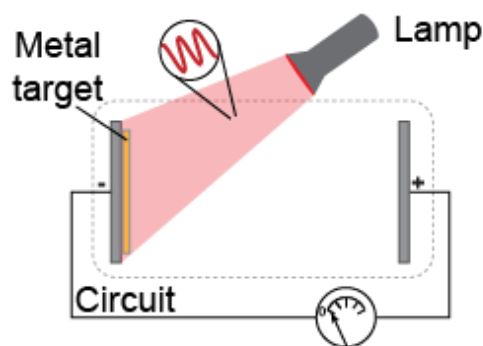


Μπορεί το κύμα να είναι και σωματίδιο;

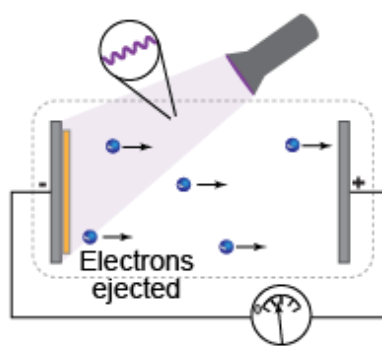


• Φωτοηλεκτρικό Φαινόμενο

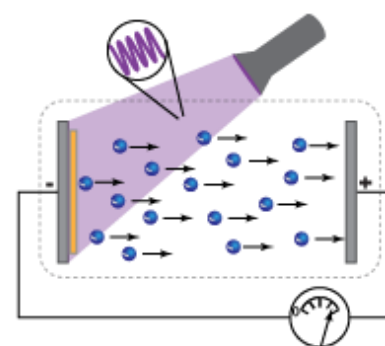
- 1887, Heinrich Hertz
- Πρόσπτωση φωτός σε ένα μέταλλο προκαλεί απελευθέρωση ηλεκτρονίων
- Η απελευθέρωση των ηλεκτρονίων εξαρτάται από τη συχνότητα
 - $f < f_{\min}$, δεν υπάρχει καθόλου απελευθέρωση ηλεκτρονίων
 - $f > f_{\min}$, απελευθέρωση ανάλογη της έντασης
- 1905, η εξήγηση από τον Albert Einstein
 - 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**

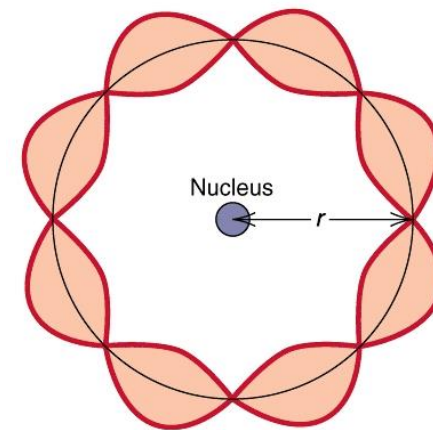
- Οι μπάλες συμπεριφέρονται πάντα ως μπάλες

- **Στον κβαντικό κόσμο**

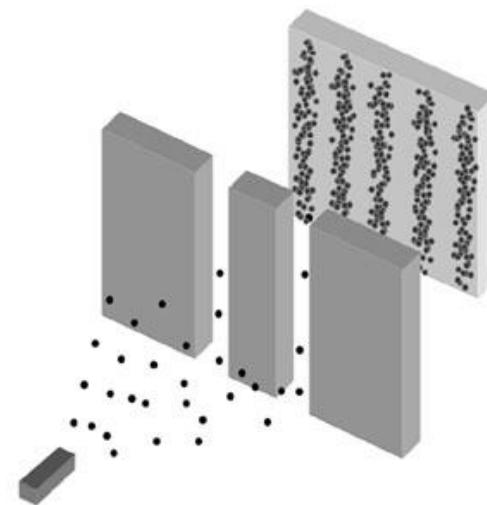
- Τα ηλεκτρόνια μπορεί μερικές φορές να συμπεριφέρονται ως κύματα
- Δηλαδή πρέπει να χρησιμοποιήσουμε κυματική για να εξηγήσουμε κάποια φαινόμενα

- **Παράδειγμα**

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



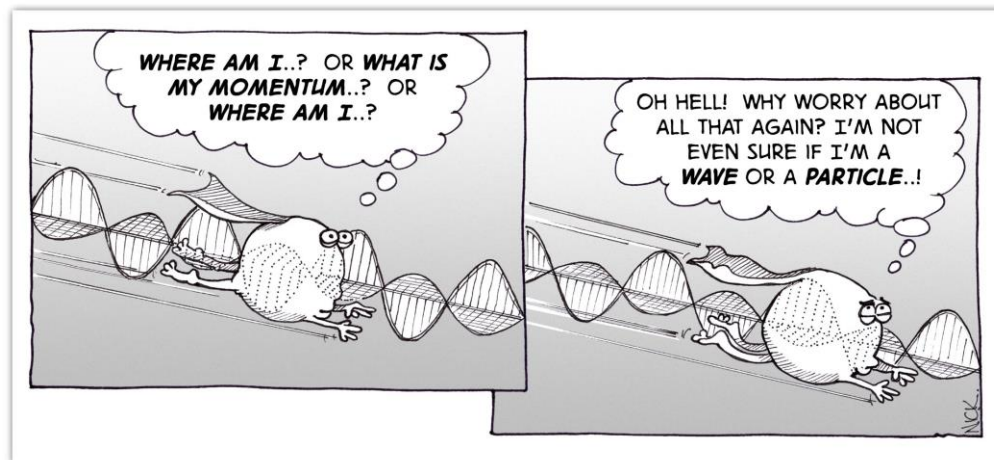
Copyright 1998 by John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.





- 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

