

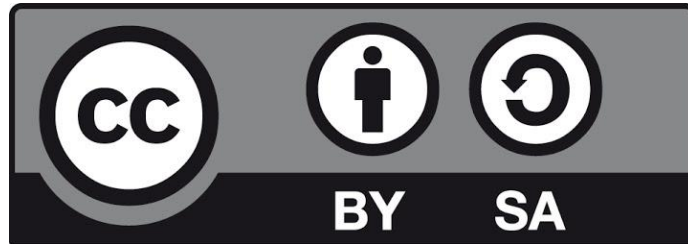
Αρχές διάδοσης και παρεμβολές

Εισηγητής: Χρήστος Δαλαμάγκας

cdalamagkas@gmail.com

Άδεια χρήσης

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται στη διεθνή άδεια χρήσης Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).



Κύματα

- Κύμα: Ονομάζεται έτσι το φαινόμενο της διάδοσης μιας ταραχής στον χώρο η οποία μεταφέρει ενέργεια
- Δυο βασικές κατηγορίες κυμάτων:
 - Μηχανικά κύματα: Η ταραχή που συμβαίνει στην ύλη (αέρας ή νερό) και διαδίδει κινητική ενέργεια.
 - Ηλεκτρομαγνητικά κύματα: Η ταραχή που συμβαίνει στο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο και διαδίδει ηλεκτρομαγνητική ενέργεια
 - Βαρυτικά κύματα: Η ταραχή που συμβαίνει στο βαρυτικό πεδίο
- Παραδείγματα κυμάτων:
 - Μηχανικά: Ήχος, κύμα στη θάλασσα
 - Ηλεκτρομαγνητικά: Η/Μ σήμα που μεταδίδεται μέσω καλωδίου ή στον ελεύθερο χώρο

Στοιχεία περιοδικού κύματος

- **Πλάτος** (Amplitude): Η μέγιστη θετική ή αρνητική μεταβολή της ενέργειας
- **Περίοδος** (T): Ο χρόνος που περνάει για να φτάσει το σήμα στο ίδιο σημείο
- **Συχνότητα** (f): Πόσες φορές μεταβάλλεται το σήμα στη μονάδα του χρόνου

$$f = 1 / T$$

- **Μήκος κύματος** (λ): Η απόσταση μεταξύ δυο διαδοχικών σημείων με το ίδιο πλάτος, σε υπομονάδες των μέτρων.

$$c_0 = \lambda * f \Leftrightarrow 2.998 \cdot 10^8 = \lambda * f$$

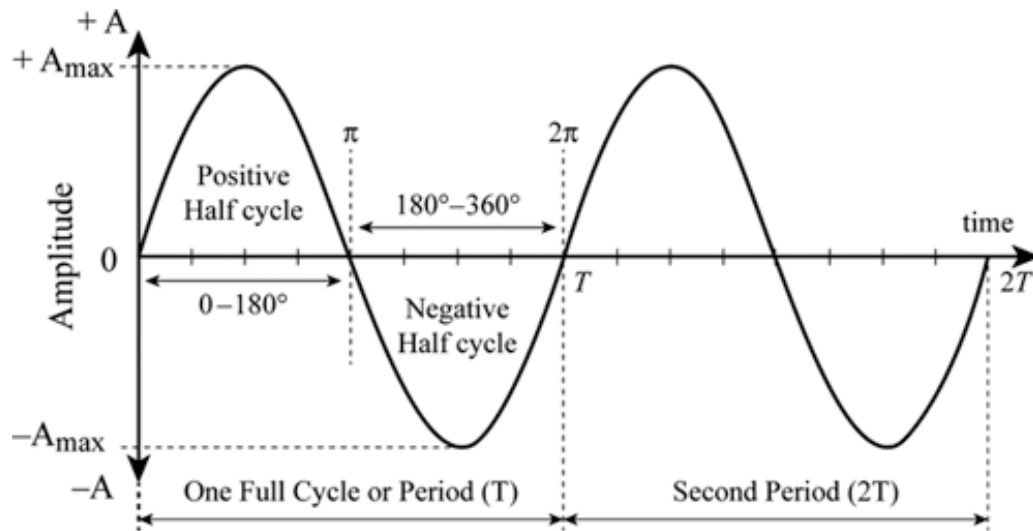
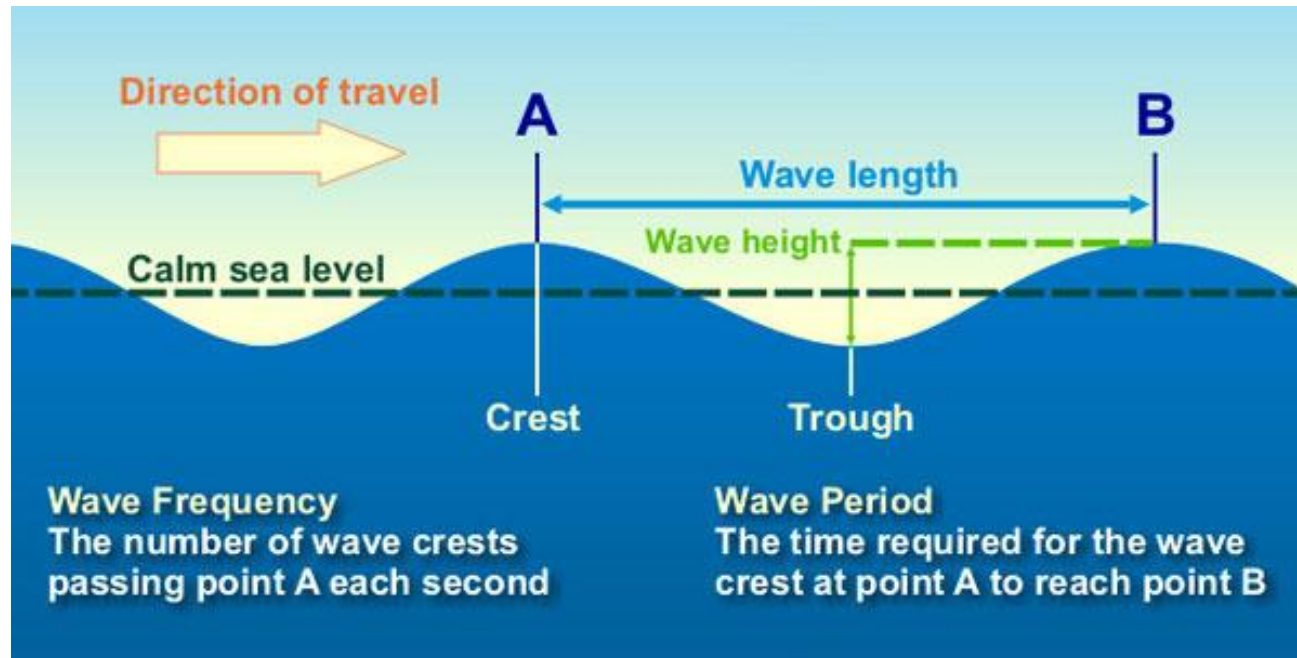


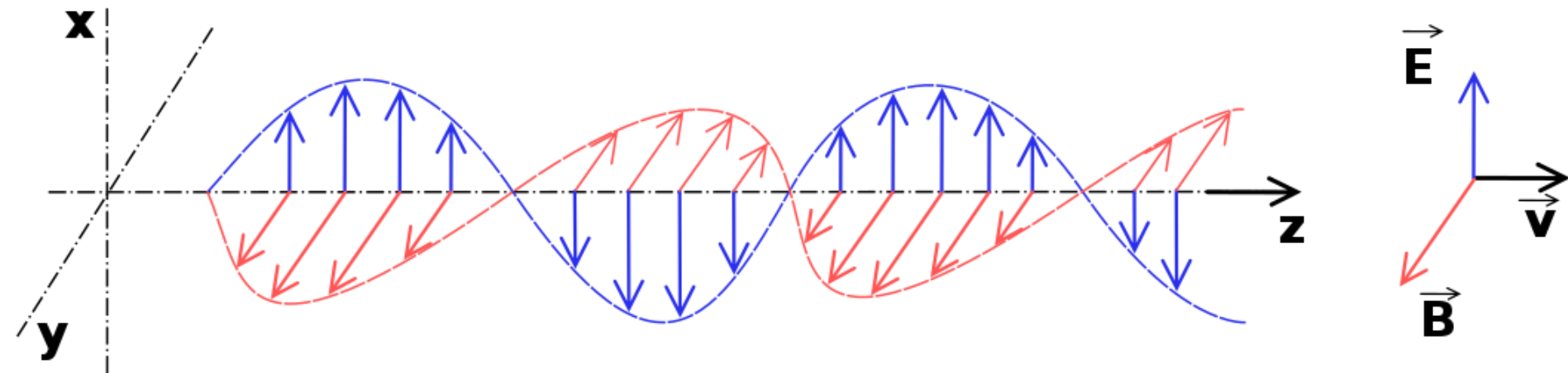
Figure 1

Μηχανικό κύμα

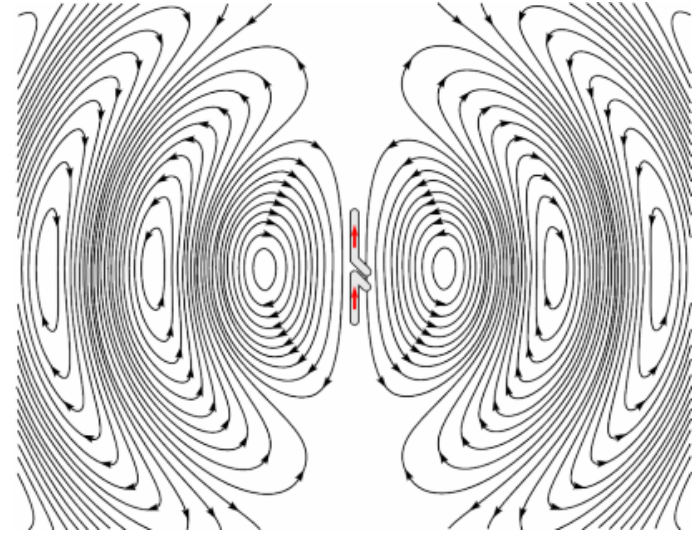
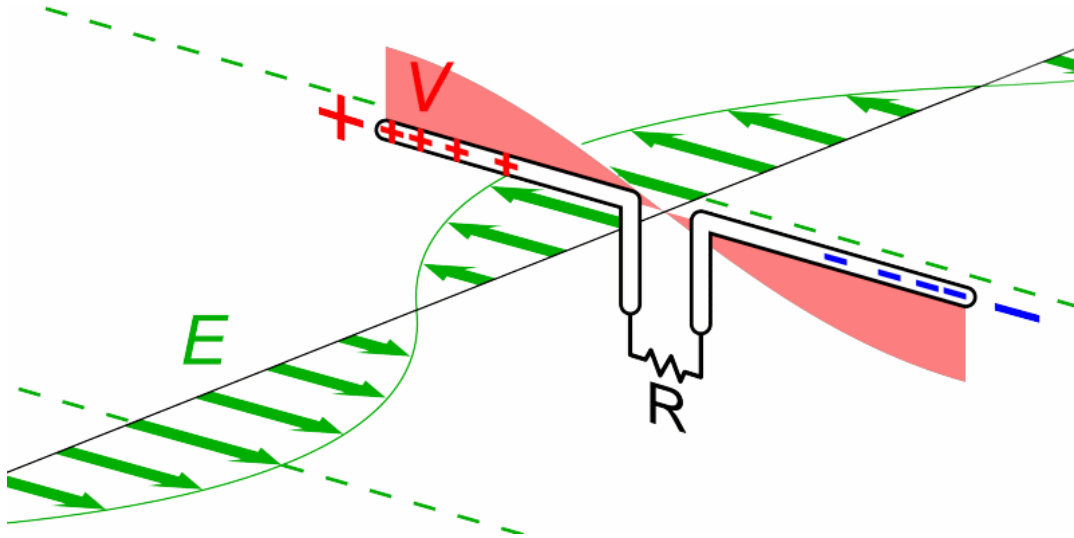


Ηλεκτρομαγνητικό κύμα

- Αποτελείται από ένα ηλεκτρικό και ένα μαγνητικό κύμα, τα οποία είναι κάθετα, τόσο μεταξύ τους όσο και στη κατεύθυνση μετάδοσης

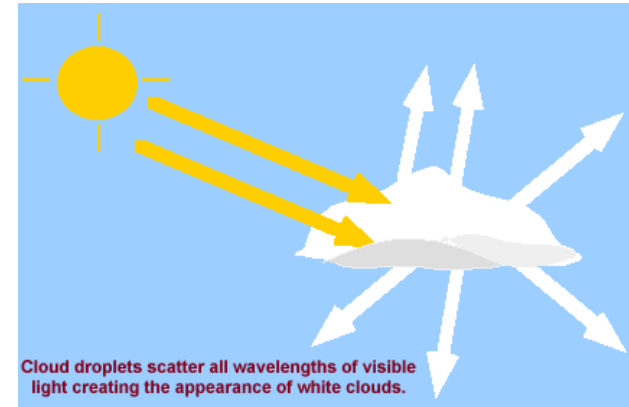
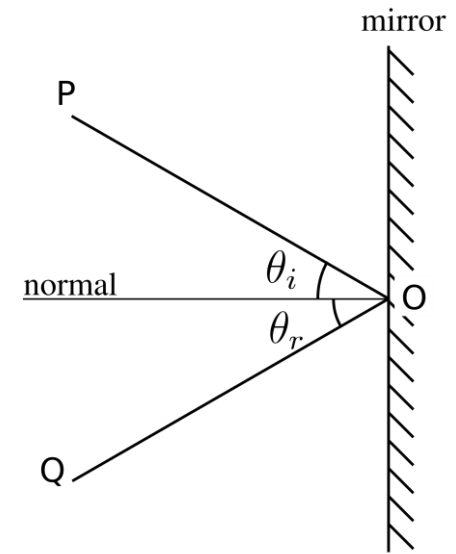


Διάδοση ηλεκτρομαγνητικού κύματος



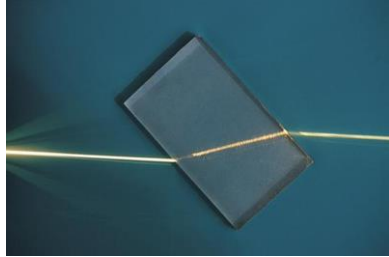
Φαινόμενα κατά τη διάδοση

- **Ανάκλαση** (reflection): Πρόσπτωση ενός ΗΜ κύματος (P) σε μια ηλεκτρομαγνητικά «μεγάλη» και επίπεδη επιφάνεια (O) και ανάκλαση σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση (Q)
- **Σκέδαση** (Scattering): Πρόσπτωση ενός ΗΜ κύματος σε μια τραχεία επιφάνεια ή ένα αντικείμενο πεπερασμένων διαστάσεων και διάχυση της ΗΜ ισχύος σε περισσότερες από μία κατευθύνσεις

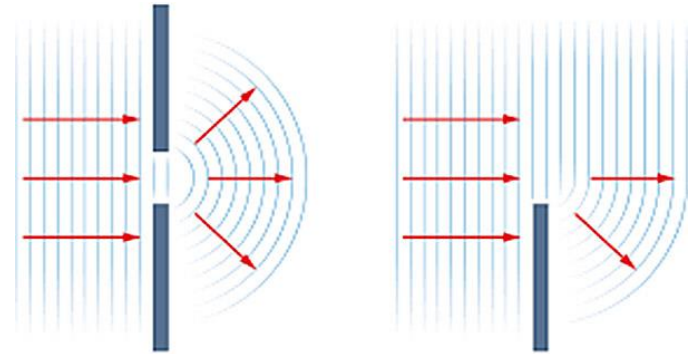
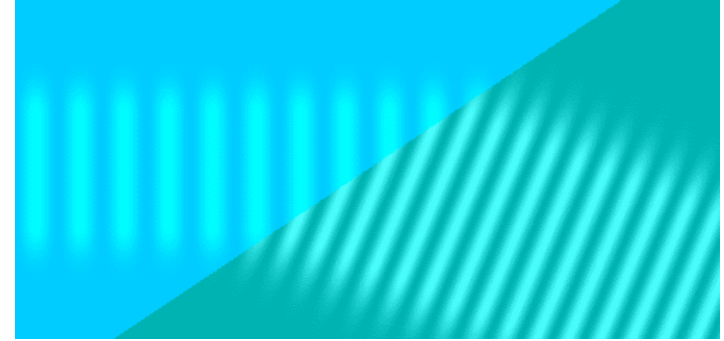


Φαινόμενα κατά τη διάδοση

- **Διάθλαση** (Refraction): Πρόσπτωση ενός ΗΜ κύματος σε μια διαχωριστική επιφάνεια ανάμεσα σε δύο μέσα και διάδοση πέραν της διαχωριστικής επιφάνειας



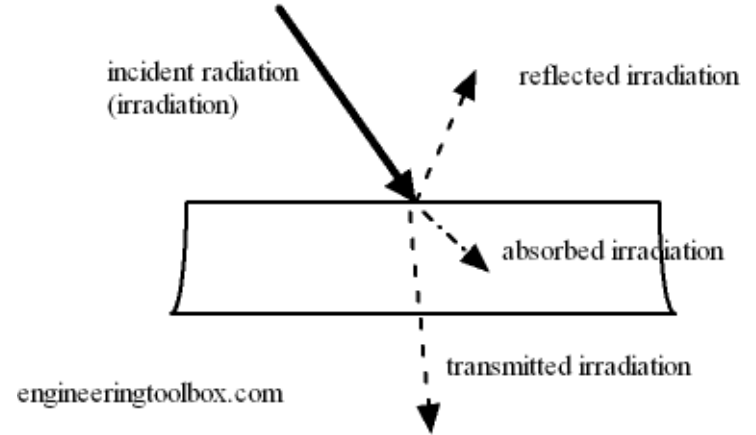
- **Περίθλαση** (diffraction): Η αλληλεπίδραση ενός ΗΜ κύματος με τις ακμές ή τις κορυφές αντικειμένων



Περίθλαση όταν το φως περάσει μέσα από μια μικρή τρύπα, αλλά και περίθλαση όταν το φως περάσει κοντά από μια αιχμή. Και τα δυο φαινόμενα συμβαίνουν μέσα στους φωτογραφικούς φακούς.

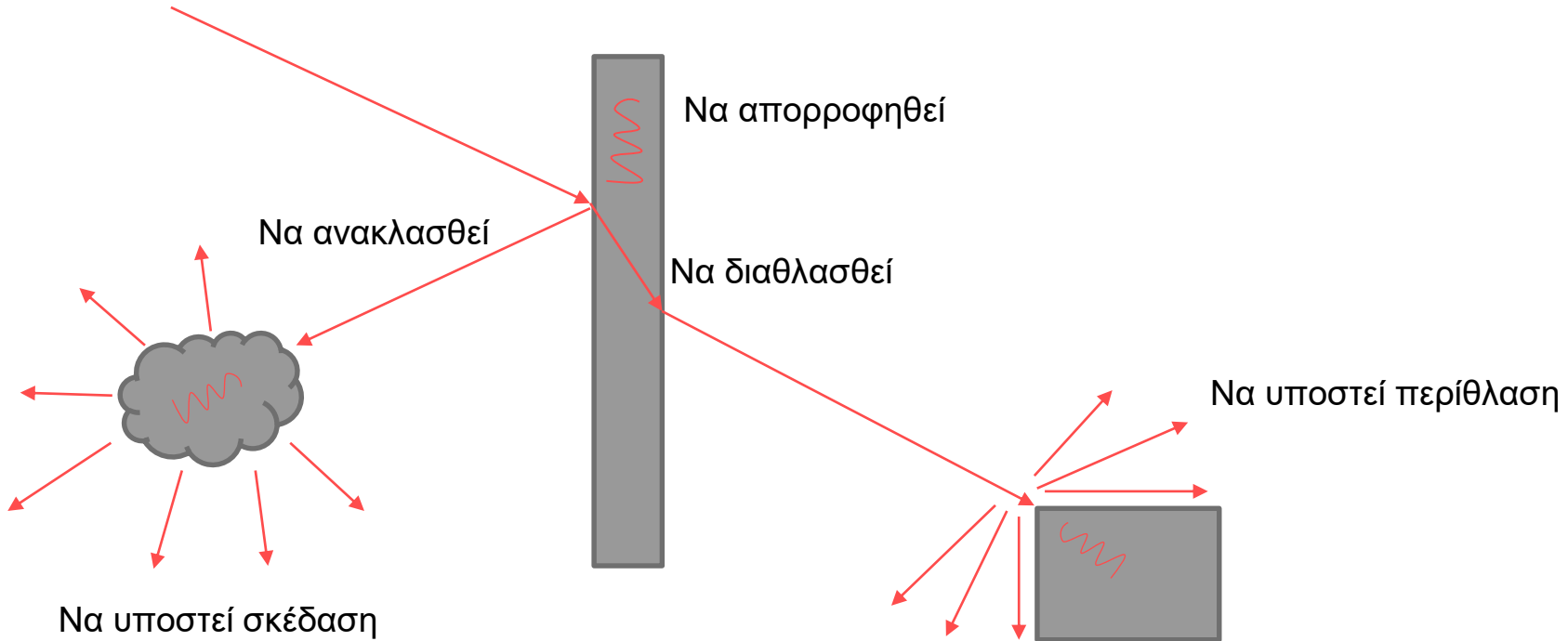
Φαινόμενα κατά τη διάδοση

- **Απορρόφηση** (absorption): Η ιδιότητα των μέσων να απορροφούν τμήμα της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας που προσπίπτει σε αυτά
 - Μέσα που απορροφούν: Υγρασία στην ατμόσφαιρα, κτήρια και μεγάλα αντικείμενα κλπ



Σύνοψη των φαινομένων

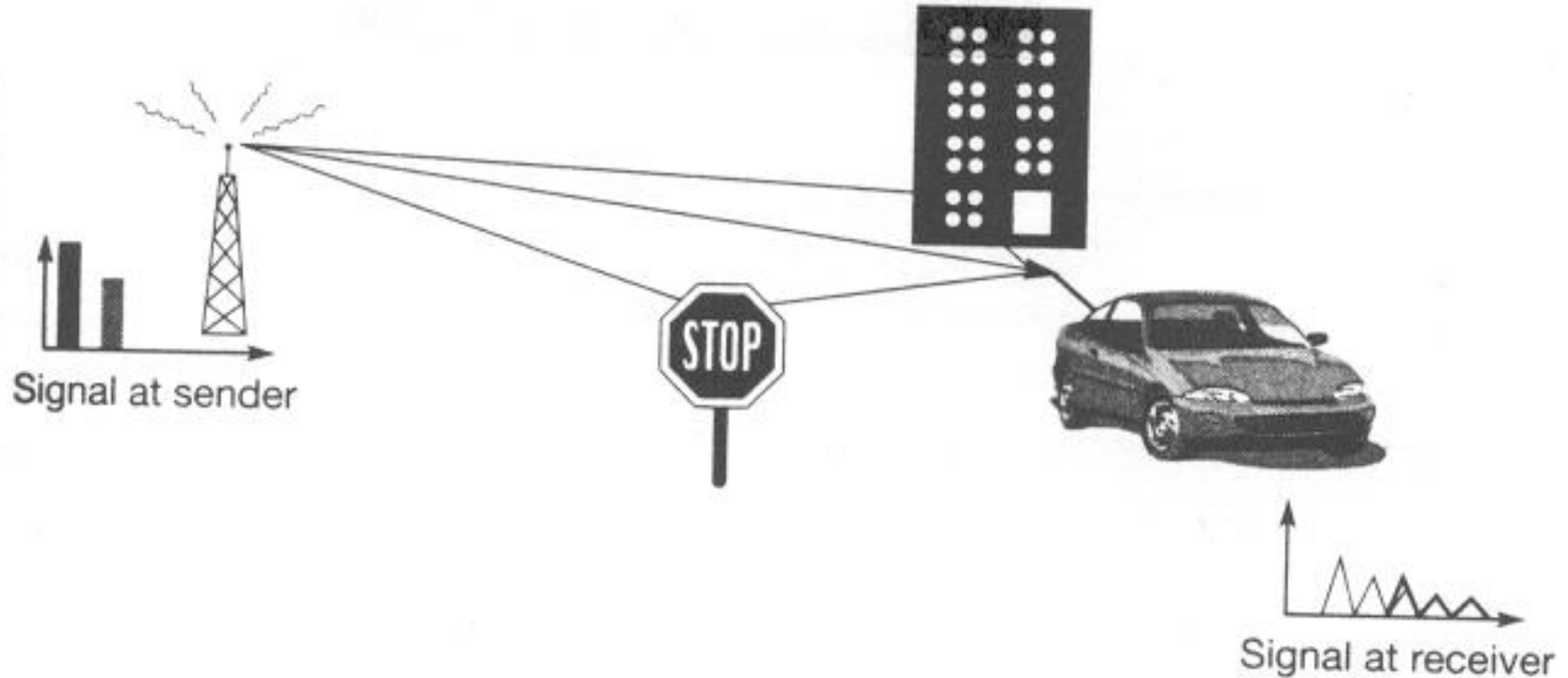
Ένα Η/Μ σήμα μπορεί:



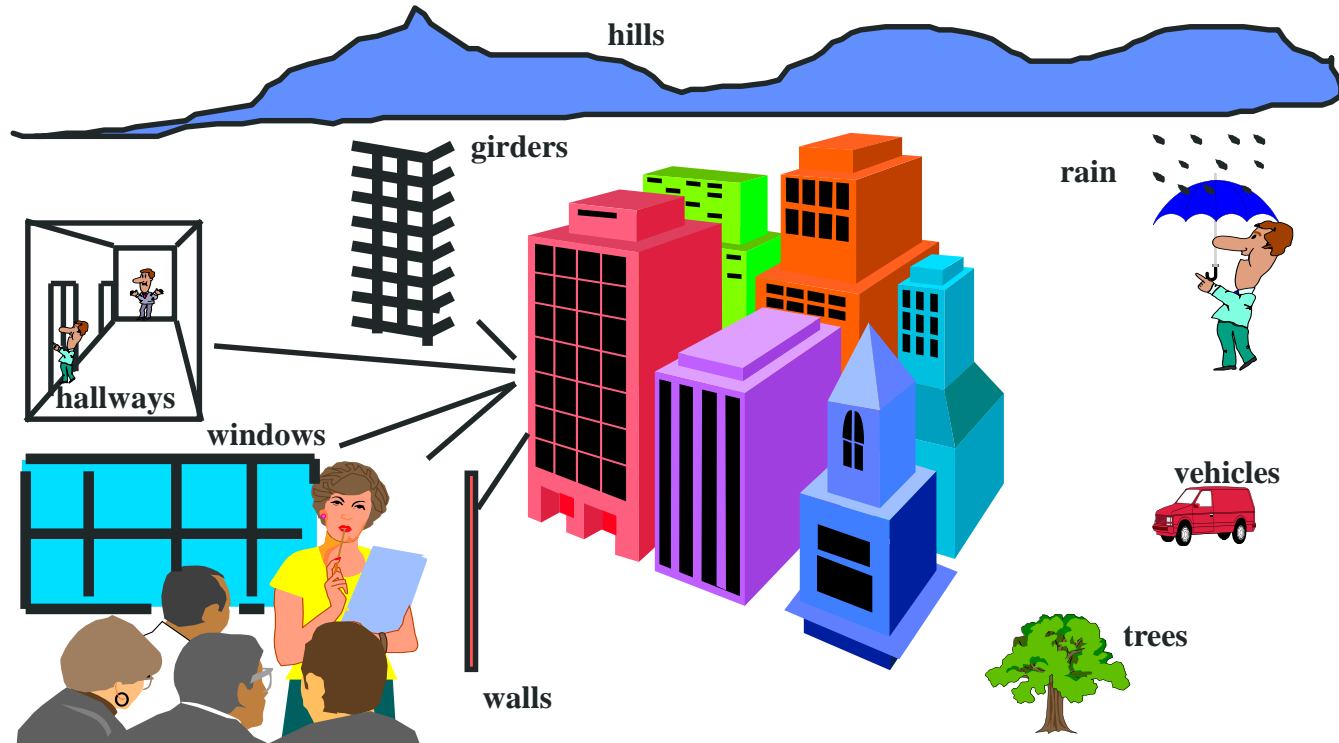
Φαινόμενα κατά τη διάδοση

- **Εξασθένιση** (attenuation): Το φαινόμενο της βαθμιαίας απώλειας της έντασης του σήματος κατά τη διέλευσή του από ένα μέσο → Αποτέλεσμα της απορρόφησης
 - **Απώλειες διαδρομής** (path loss): Γενικός όρος που αναφέρεται στις απώλειες που προκύπτουν από τα προαναφερθέντα φαινόμενα (διάθλαση, περίθλαση, ανάκλαση κλπ)
 - **Σκίαση** (shadowing): Απώλειες που συμβαίνουν λόγω της πρόσπτωσης του σήματος σε πολύ μεγάλα εμπόδια
 - **Διαλείψεις** (fading): Μικρές επιμέρους απώλειες που οφείλονται στο περιβάλλον
 - **Διαλείψεις πολλαπλών διαδρομών** (multipath fading): Το σήμα κατά τη διαδρομή του προσπίπτει σε διάφορα σημεία, «αναπαράγεται» και λαμβάνεται από τον δέκτη σε διαφορετικά «αντίγραφα».

Παράδειγμα διάλειψης πολλαπλών διαδρομών

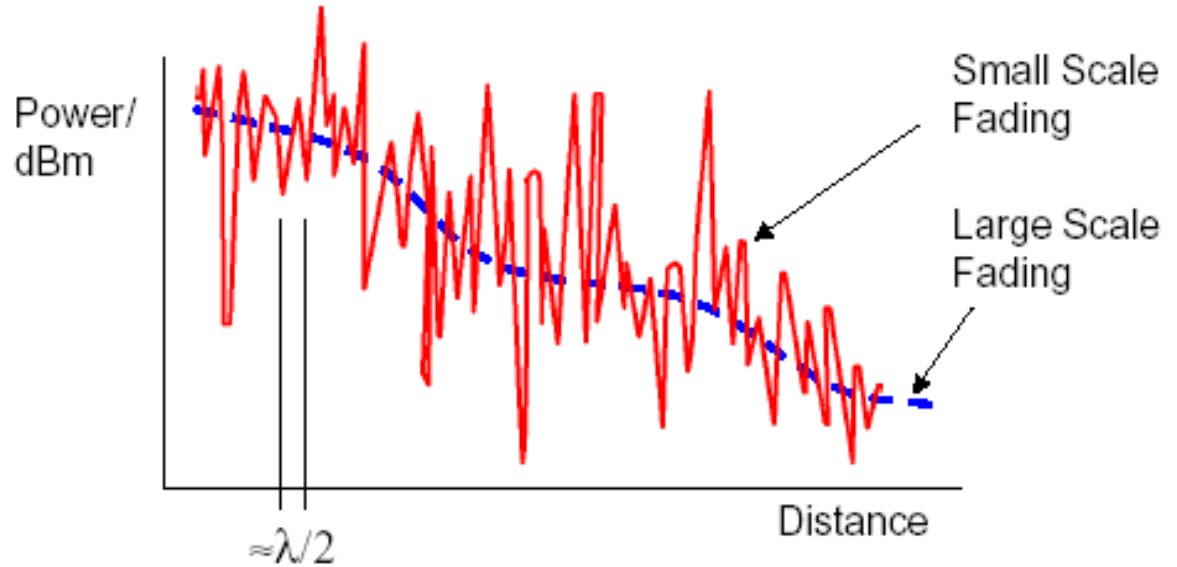


Παράγοντες που επηρεάζουν τη διάδοση Η/Μ κυμάτων



Πώς επηρεάζεται η ισχύς του σήματος από τις απώλειες;

- Α αποτελεσματα μεγάλης κλιμακας - Απώλειες διαδρομης
- Β αποτελεσματα μεσαιας κλιμακας- σκιαση λογω εμποδιων
- Γ αποτελεσματα μικρης κλιμακας – ταχειες διακυμανσεις του πλατους του σηματος (small scale fading)



Χαρακτηριστικά διάδοσης

- **Ισχύς σήματος (S):** Εκφράζεται σε dBm και υποδηλώνει το πόσο ισχυρό είναι το σήμα. Ισχυρότερο σήμα μπορεί να μεταδοθεί
- **Ισχύς θορύβου (I):** Εκφράζεται σε dBm και υποδηλώνει το πόσο ισχυρό είναι το άθροισμα των σημάτων που μεταδίδονται μαζί με το ωφέλιμο σήμα και το παραμορφώνουν
- **Λόγος σήματος προς θόρυβο – σηματοθορυβικός λόγος (S/I – signal-to-noise ratio - SNR):** Δείχνει το πόσο ισχυρό είναι το σήμα που μεταδίδουμε ως προς τον θόρυβο

$$\text{dbm} = 10 \log_{10}(P / 1\text{mW})$$

Είδη παρεμβολών/θορύβων

- **Ομοδιαυλική παρεμβολή:** Το σήμα που παρεμβάλλει από κυψέλες που μεταδίδουν στις ίδες συχνότητες (διαύλους).
- **Παρεμβολή γειτονικών διαύλων:** Η παρεμβολή που προκύπτει από κεραίες που μεταδίδουν σε κοντινές συχνότητες.
- **Ενδοδιαμόρφωση:** Αφορά τη σχεδίαση των ηλεκτρικών κυκλωμάτων των κεραιών.
- **Διασυμβολική παρεμβολή:** Η παρεμβολή που δημιουργεί το σήμα στον εαυτό του κατά την κωδικοποίηση και μετάδοση bit σε σύμβολα.
- **Παρεμβολή ταυτόχρονης εκπομπής:** Όταν το σήμα μεταδίδεται ή λαμβάνεται από πολλές κεραίες (συστήματα MIMO)

Είδη παρεμβολών/θορύβων

- **Λευκός θόρυβος:** Τυχαίο σήμα που έχει ομοιόμορφη ένταση στο φάσμα
- **Θερμικός θόρυβος:** Ο θόρυβος που δημιουργείται λόγω της θερμότητας

