

# Σαχινίδης Συμεών

Φυσικός Ραδιοηλεκτρολόγος  
Μέρος Ι

# Πομπός

## Τηλεπικοινωνιακά συστήματα

Ο **πομπός** ανάλογα με το είδος του σήματος και το μέσο μετάδοσης, το επεξεργάζεται κατάλληλα, ώστε να μπορεί να εκπεμφθεί.

Το **μέσο μετάδοσης** του σήματος μπορεί να είναι:

Δισύρματη γραμμή

Ομοαξονικό καλώδιο

Η ατμόσφαιρα με παρεμβολή αναμεταδοτών ή δορυφόρου

Οπτική ίνα

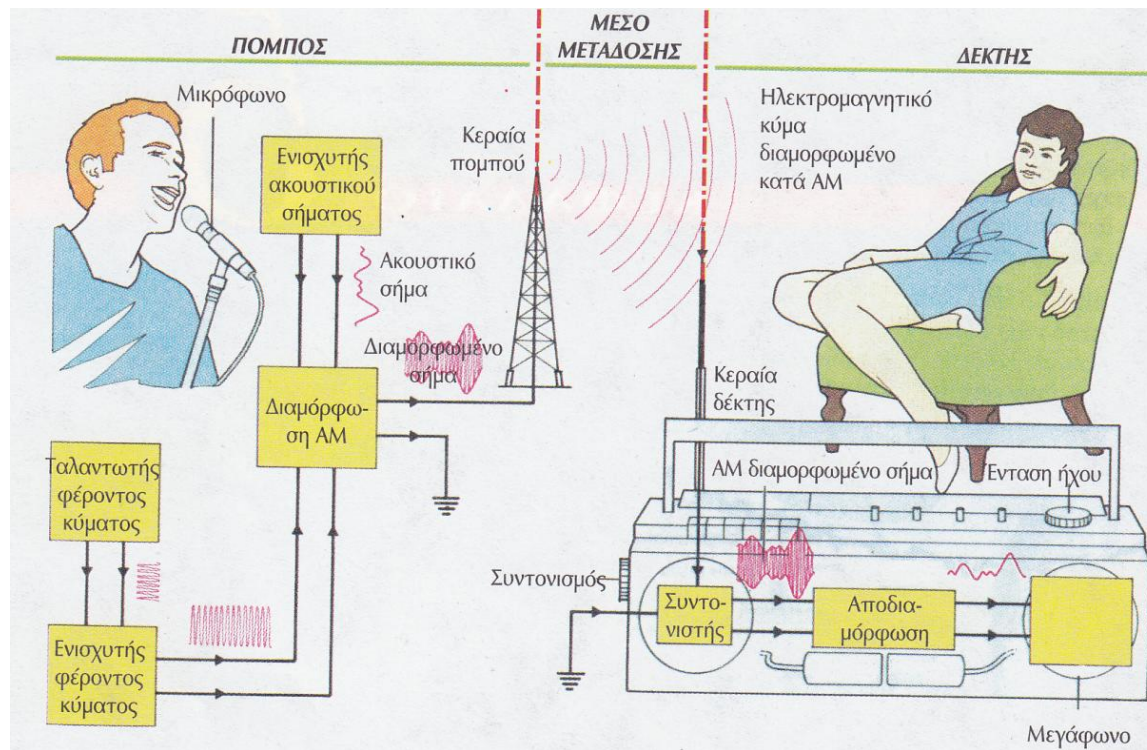
Υποβρύχιο καλώδιο

Σκοπός του τηλεπικοινωνιακού συστήματος είναι να φτάσει η πληροφορία, στην έξοδο, όπως ήταν στην είσοδο του

## Δέκτης

Ο δέκτης λαμβάνει το εξασθενημένο σήμα, το ενισχύει και μετά το επεξεργάζεται, ώστε να αποκτήσει τη μορφή που είχε κατά τη μετατροπή της πληροφορίας. Το σήμα αυτό ενισχύεται και μετατρέπεται στην αρχική πληροφορία

**ΗΜΚ** καλείται ο συνδυασμός ενός ηλεκτρικού και ενός μαγνητικού πεδίου, που είναι κάθετα μεταξύ τους, ο οποίος διαδίδεται στο κενό και στα μονωτικά σήματα κάθετα στη διεύθυνση των πεδίων με την ταχύτητα του φωτός

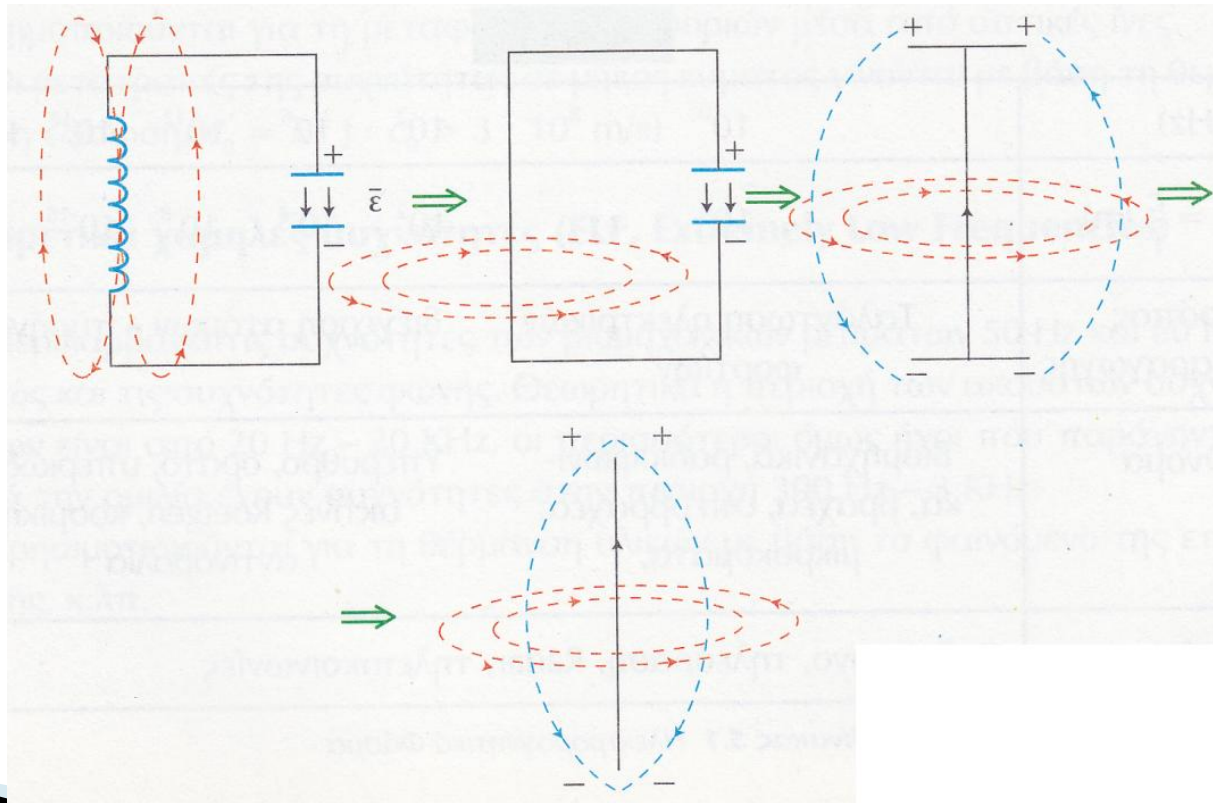




## Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα

- ▶ Είναι μία συνεχής περιοχή ακτινοβολιών, η οποία εκτείνεται από τα ραδιοφωνικά κύματα μέχρι τις κοσμικές ακτίνες.
- ▶ Περιλαμβάνει το σύνολο των ΗΜΚ που υπάρχουν. Τα κύματα αυτά διαχωρίζονται με βάση τη συχνότητα τους σε περιοχές οι οποίες διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τον τρόπο παραγωγής, τον τρόπο διάδοσης, τις χρήσεις κ.λ.π., η φυσική τους όμως υπόσταση είναι ίδια.

Όλες οι περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος διαδίδονται με την ταχύτητα του φωτός ( $C$ ), διαφέρουν όμως μεταξύ τους ως προς τη συχνότητα ( $f$ ) επομένως και ως προς το μήκος κύματος ( $\lambda$ ), σύμφωνα με τη θεμελιώδη εξίσωση των κυμάτων:  
 $C = \lambda \cdot f$



# Διάδοση ραδιοκυμάτων

Λέγεται το ταξίδι των ραδιοκυμάτων από την κεραία του πομπού ως την κεραία του δέκτη.

Τα ΗΜΚ στον κενό χώρο διαδίδονται ευθύγραμμα με την ταχύτητα του φωτός

$$C_0 = 3 \cdot 10^8 \text{ m/sec.}$$

Στα υλικά μέσα διαδίδονται με μικρότερες ταχύτητες, των οποίων η τιμή καθορίζεται από τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά τους, όπως η διηλεκτρική σταθερή η μαγνητική διαπερατότητα και η ειδική αγωγιμότητα τους.

# Διάδοση ραδιοκυμάτων

Όταν το ΗΜΚ συναντήσει τη διαχωριστική επιφάνεια δύο μέσων στα οποία διαδίδεται με διαφορετική ταχύτητα, ένα μέρος του επιστρέφει στο πρώτο μέσο (**ανάκλαση κύματος**), ενώ το υπόλοιπο διαδίδεται στο δεύτερο μέσο σε διαφορετική κατεύθυνση (**διάθλαση του κύματος**).

Τα ΗΜΚ κατά την πορεία τους από την κεραία του πομπού στην κεραία του δέκτη ακολουθούν διάφορες διαδρομές και μπορούν να φτάσουν σε μια μέγιστη απόσταση (**εμβέλεια του κύματος**) η οποία εξαρτάται από:

- Τη συχνότητα του κύματος
- Τα χαρακτηριστικά του εδάφους (μορφολογία, σύσταση), και της ατμόσφαιρας κατά τη διάρκεια της διάδοσης
- Την ισχύ του πομπού



# Διάδοση ραδιοκυμάτων

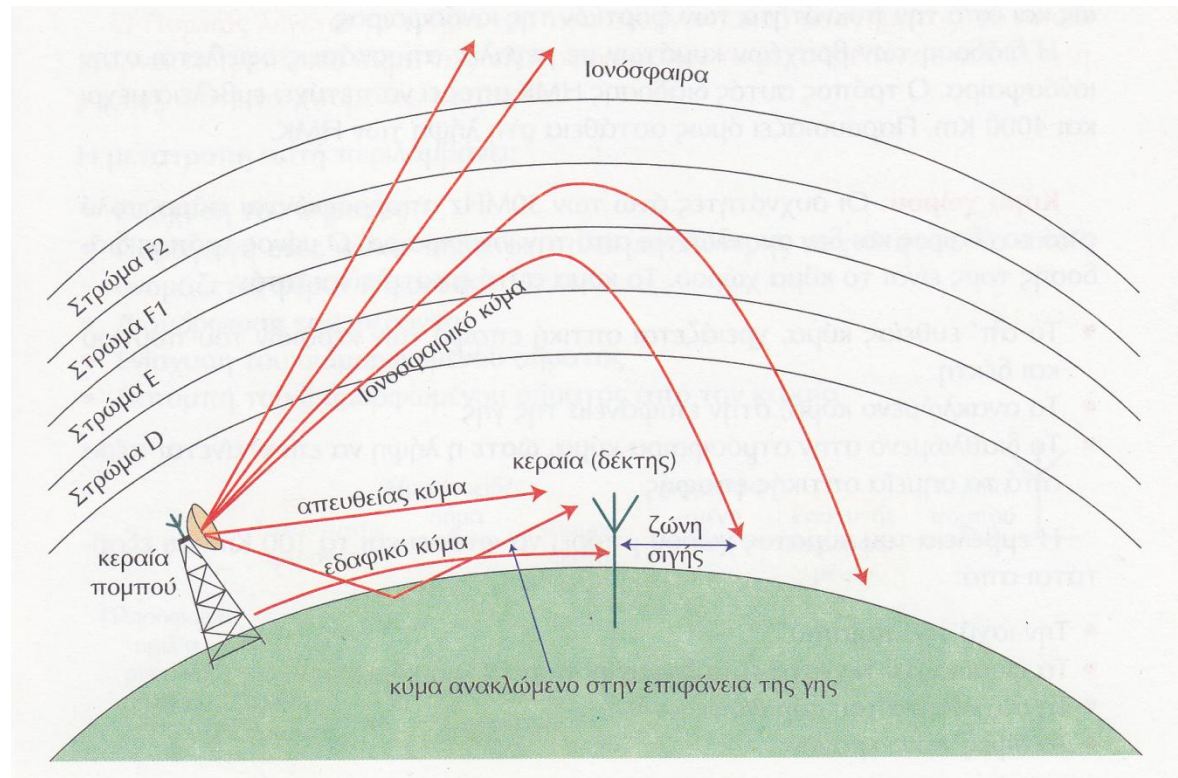
Ανάλογα με τη διαδρομή, τα ραδιοκύματα διακρίνονται σε:

- Κύματα εδάφους ή επιφάνειας
- Κύματα χώρου
- Ιονοσφαιρικά κύματα

Επιπλέον τα κύματα του χώρου διακρίνονται σε:

- Ευθύγραμμης διάδοσης
- Ανακλώμενα στην επιφάνεια της γης
- Διαθλώμενα στην ατμόσφαιρα

# Διάδοση ραδιοκυμάτων



# Διάδοση ραδιοκυμάτων

**Κύμα επιφάνειας:** Κατά τη διάδοση του ακολουθεί το ανάγλυφο του εδάφους. Η εξασθένηση του αυξάνει με τη συχνότητα του κύματος. Όσο μεγαλύτερη είναι η αγωγιμότητα του εδάφους τόσο λιγότερο απορροφάται.

Ακολουθούν την καμπυλότητα της Γης. Ταξιδεύουν αρκετές χιλιάδες χιλιόμετρα πριν εξασθενίσουν



# Διάδοση ραδιοκυμάτων

**Ιονοσφαιρικό κύμα:** Ιονόσφαιρα ονομάζεται το στρώμα της ατμόσφαιρας στο οποίο υπάρχει μεγάλη πυκνότητα ηλεκτρικών φορτίων. Τα φορτία αυτά προέρχονται από τον ιονισμό των μορίων του αέρα από τις ακτινοβολίες του ήλιου. Τα στρώματα αυτά βρίσκονται περίπου σε ύψος 50-500 Km πάνω από την επιφάνεια της γης.

Κινούνται προς το διάστημα. Ανακλώνται προς την κατεύθυνση της Γης από την ιονοσφαιρα. Εξαρτώνται από τις καιρικές συνθήκες. Αν είναι καλές, κάνουν τον γύρο του κόσμου.



# Διάδοση ραδιοκυμάτων

Η εμβέλεια του κύματος χώρου μπορεί να φτάσει και τα 100 Km και **εξαρτάται** από:

- Την ισχύ του πομπού
- Τα φυσικά και τεχνητά εμπόδια στην πορεία του κύματος
- Τη συχνότητα του κύματος
- Το ύψος των κεραιών

Για μεγαλύτερες εμβέλειες απαιτείται η χρήση σταθμών αναμετάδοσης, οι οποίοι παίρνουν το σήμα, το ενισχύουν και το εκπέμπουν ξανά. Οι σταθμοί αυτοί μπορεί να είναι επίγειοι, συνήθως στις κορυφές βουνών, ή δορυφορικοί.

# Πομπός

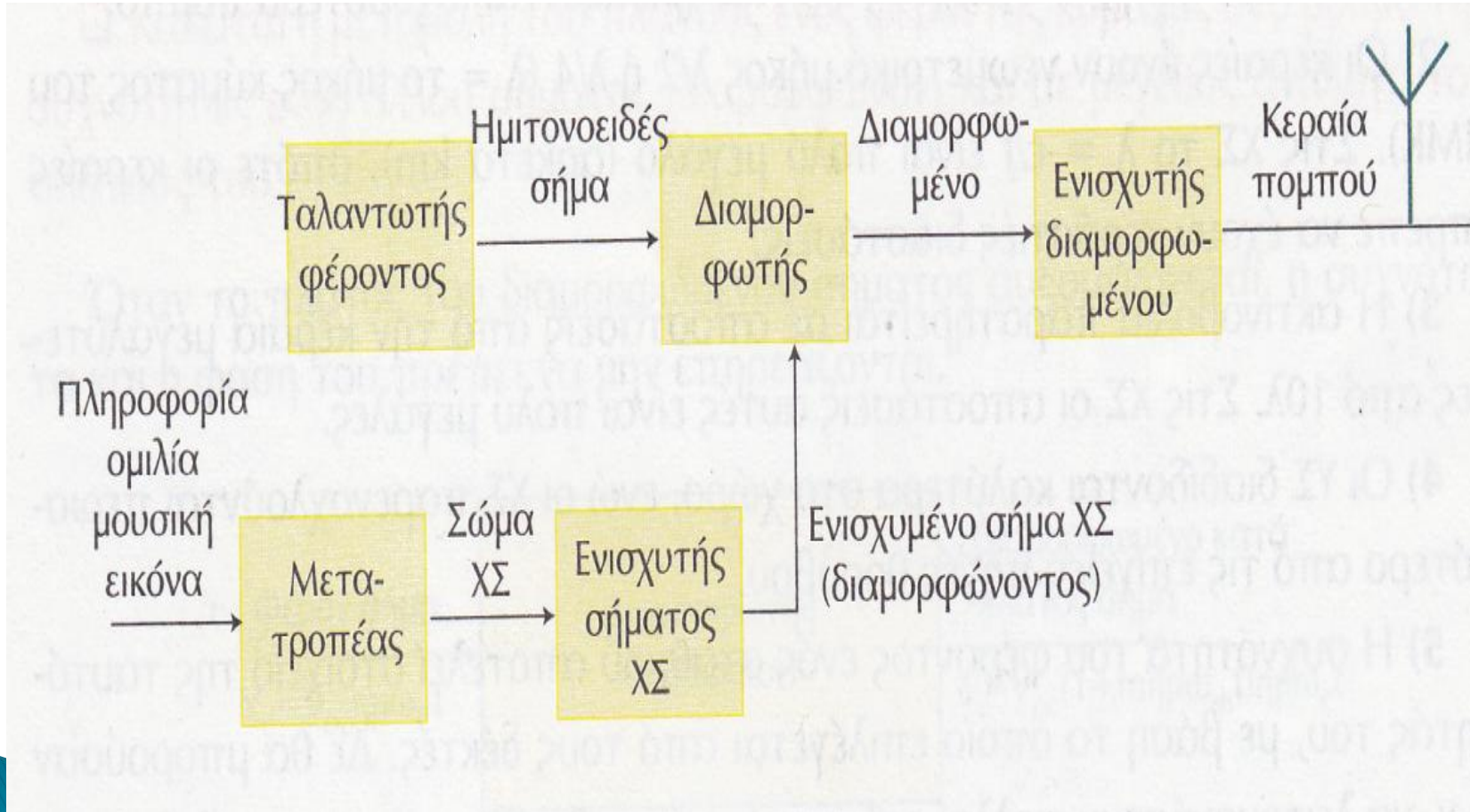
**Πομπός** λέγεται το τμήμα του τηλεπικοινωνιακού συστήματος, το οποίο παίρνει το ηλεκτρικό σήμα της πληροφορίας και το μετατρέπει σε κατάλληλη μορφή, ώστε να μπορεί να μεταδοθεί.

Η μετατροπή αυτή περιλαμβάνει:

- Ενίσχυση του σήματος
- Παραγωγή ενός άλλου σήματος πολύ μεγαλύτερης συχνότητας, το οποίο ονομάζεται φέρον ή φορέας
- Διαμόρφωση του φέροντος
- Ενίσχυση του διαμορφωμένου σήματος
- Εκπομπή του διαμορφωμένου σήματος από την κεραία



# Πομπός



# Διαμόρφωση

Καλείται η διαδικασία με την οποία το σήμα ΧΣ "φορτώνεται" στο σήμα ΥΣ (μεταφορικό μέσο) για να διαδοθεί. Η "φόρτωση" ή αποτύπωση του σήματος ΧΣ πάνω στο φέρον γίνεται με τη μεταβολή ενός χαρακτηριστικού του φέροντος στο ρυθμό του σήματος χαμηλής συχνότητας.

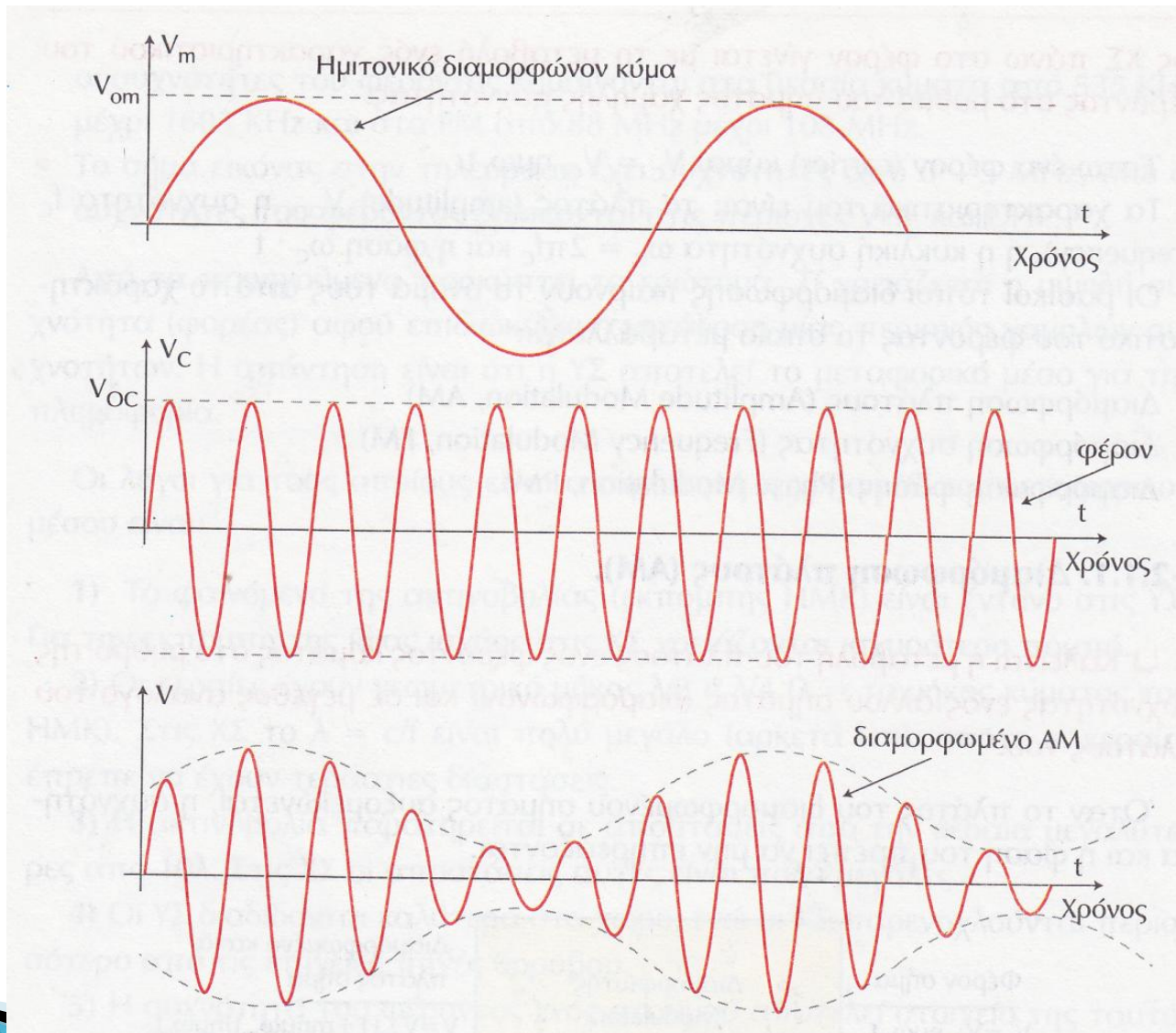
Οι βασικοί τύποι διαμόρφωσης παίρνουν το όνομα τους από το χαρακτηριστικό του φέροντος το οποίο **μεταβάλλεται**:

- Διαμόρφωση πλάτους (AM)
- Διαμόρφωση συχνότητας (FM)

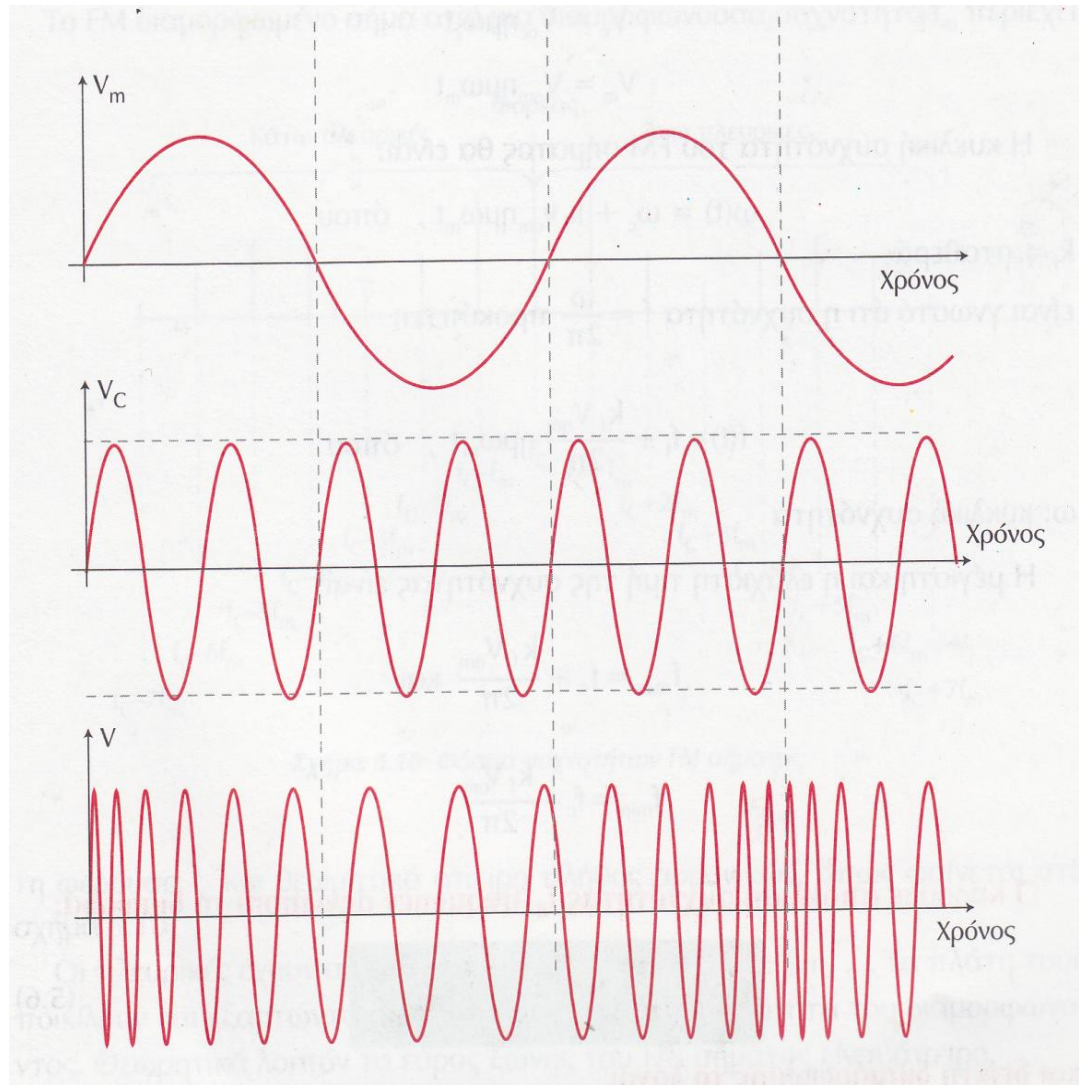
# Διαμόρφωση πλάτους (AM).

Καλείται η μεταβολή του πλάτους ενός φέροντος κύματος στο ρυθμό της συχνότητας ενός άλλου σήματος (διαμορφώνον) και σε μέγεθος ανάλογο του πλάτους του.

# Διαμόρφωση πλάτους (AM).



# Διαμόρφωση συχνότητας (FM).

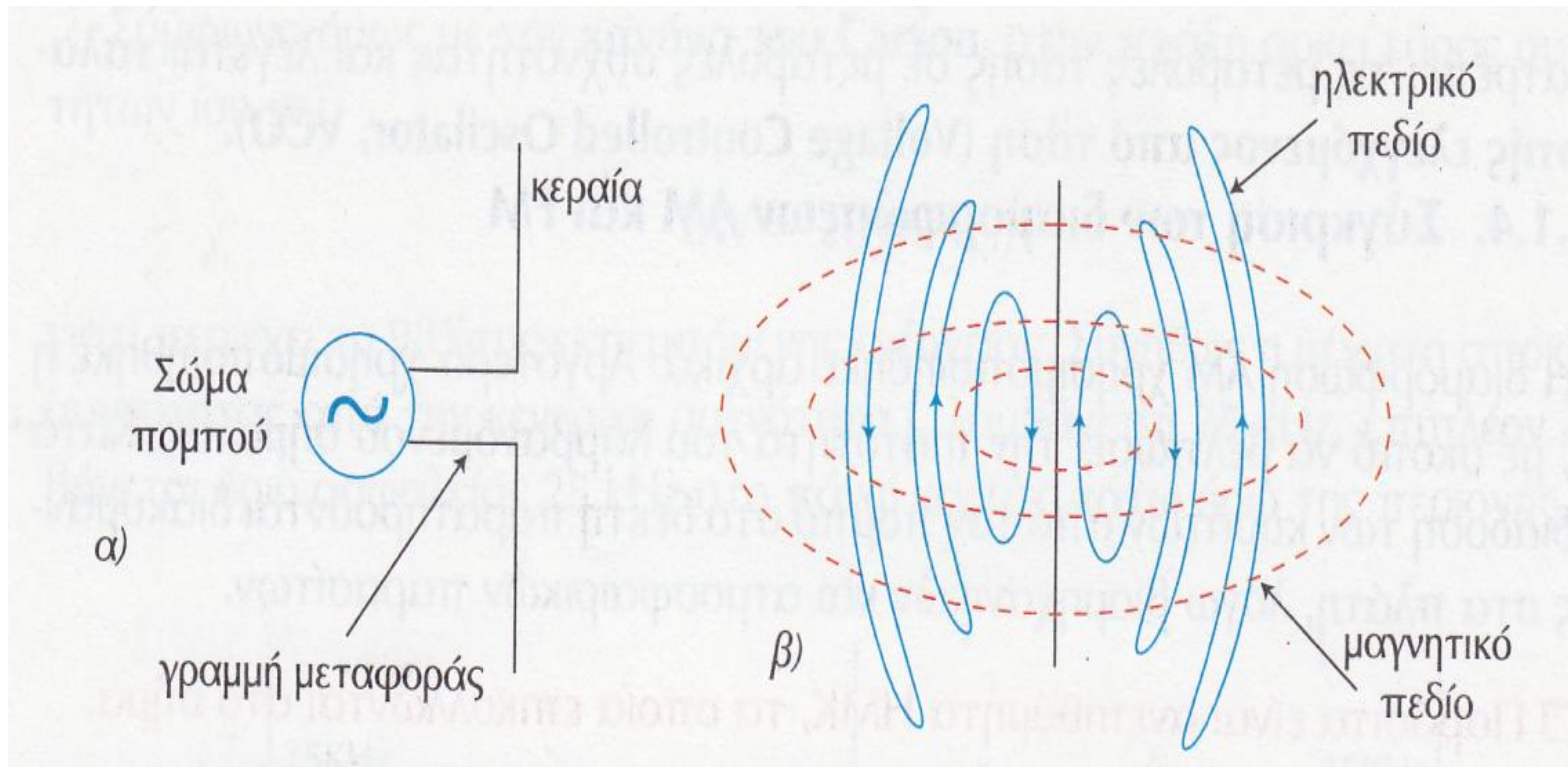


# Κεραία εκπομπής

Τα ΗΜΚ τα οποία μεταφέρουν την πληροφορία από τον πομπό στο δέκτη παράγονται από την κεραία του πομπού.

Η κεραία είναι ένας αγωγός ή ένα σύνολο αγωγών, η οποία τροφοδοτείται από το σήμα που πρόκειται να εκπεμφθεί και παράγει το ΗΜΚ.

# Κεραία εκπομπής



# Κεραία εκπομπής

Γύρω από την κεραία δημιουργείται ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, το οποίο περιέχει ενέργεια ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου. Ανάμεσα στην κεραία και στα πεδία υπάρχει συνεχής ανταλλαγή ενέργειας τόσο πιο γρήγορη όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα του σήματος. Όταν η συχνότητα είναι αρκετά μεγάλη, πριν προλάβει η ενέργεια των πεδίων να επιστρέψει, η κεραία δίνει πάλι άλλη ενέργεια. Η ενέργεια που δεν πρόλαβε να επιστρέψει απομακρύνεται ως ΗΜΚ.



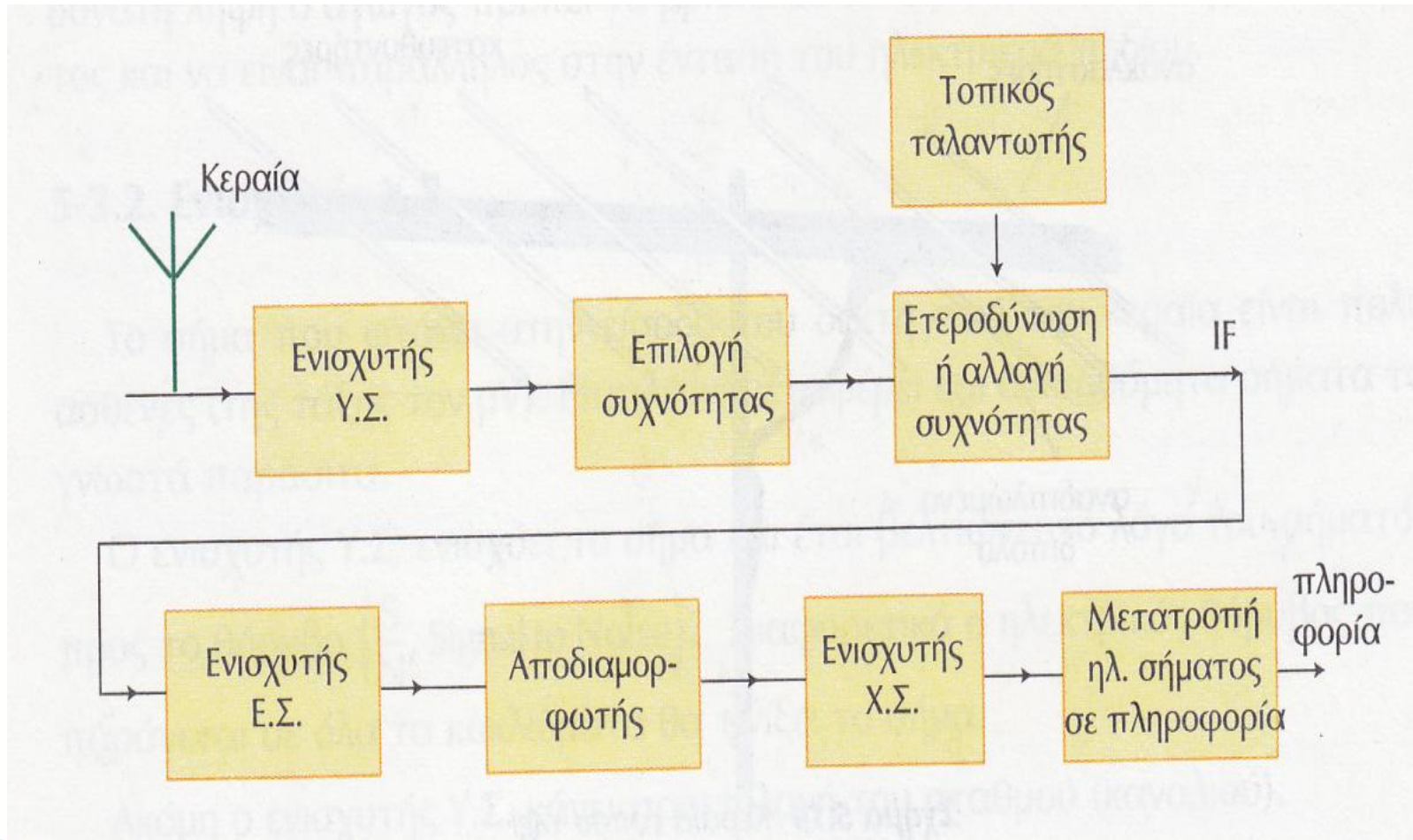
# Κεραία εκπομπής

- Στο ΗΜΚ το ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο είναι κάθετα μεταξύ τους. Η διεύθυνση διάδοσης του κύματος είναι κάθετη στις εντάσεις των δύο πεδίων.
- Το επίπεδο που ορίζεται από τη διεύθυνση της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου και τη διεύθυνση διάδοσης λέγεται **επίπεδο πόλωσης** του κύματος.
- Όταν η κεραία εκπομπής είναι κατακόρυφη, το επίπεδο πόλωσης είναι επί-σης κατακόρυφο και το ΗΜΚ λέγεται **κατακόρυφα πολωμένο**.
- Όταν η κεραία εκπομπής είναι οριζόντια, το επίπεδο πόλωσης είναι οριζόντιο και λέγεται **οριζόντια πολωμένο κύμα**.

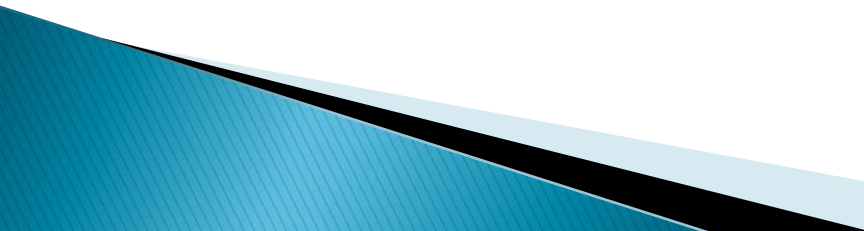
# Δέκτης

- ▶ Ο Δέκτης καλείται το τμήμα του τηλεπικοινωνιακού συστήματος το οποίο επιλέγει, ένα από το πλήθος των ΗΜΚ που διαδίδονται στην ατμόσφαιρα, το επεξεργάζεται και αποδίδει στην έξοδο του την πληροφορία την οποία μεταφέρει.
- ▶ Τα κύρια χαρακτηριστικά του δέκτη από τα οποία κρίνεται η ποιότητα του είναι:
- ▶ **Ευαισθησία:** Λέγεται η ελάχιστη τάση που χρειάζεται στην είσοδο του δέκτη, για να λειτουργήσει ικανοποιητικά. Δείχνει πόσο ασθενή σήματα μπορεί να πιάσει ο δέκτης.
- ▶ **Επιλεκτικότητα:** Λέγεται η ικανότητα του δέκτη να επιλέγει την επιθυμητή περιοχή συχνοτήτων από όλες τις συχνότητες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος οι οποίες φθάνουν στην κεραία του.
- ▶ **Πιστότητα :** Λέγεται η ικανότητα του δέκτη να αναπαράγει με ακρίβεια και χωρίς παραμορφώσεις όλες τις συχνότητες της πληροφορίας την οποία μεταφέρει το σήμα που έχει επιλέξει.

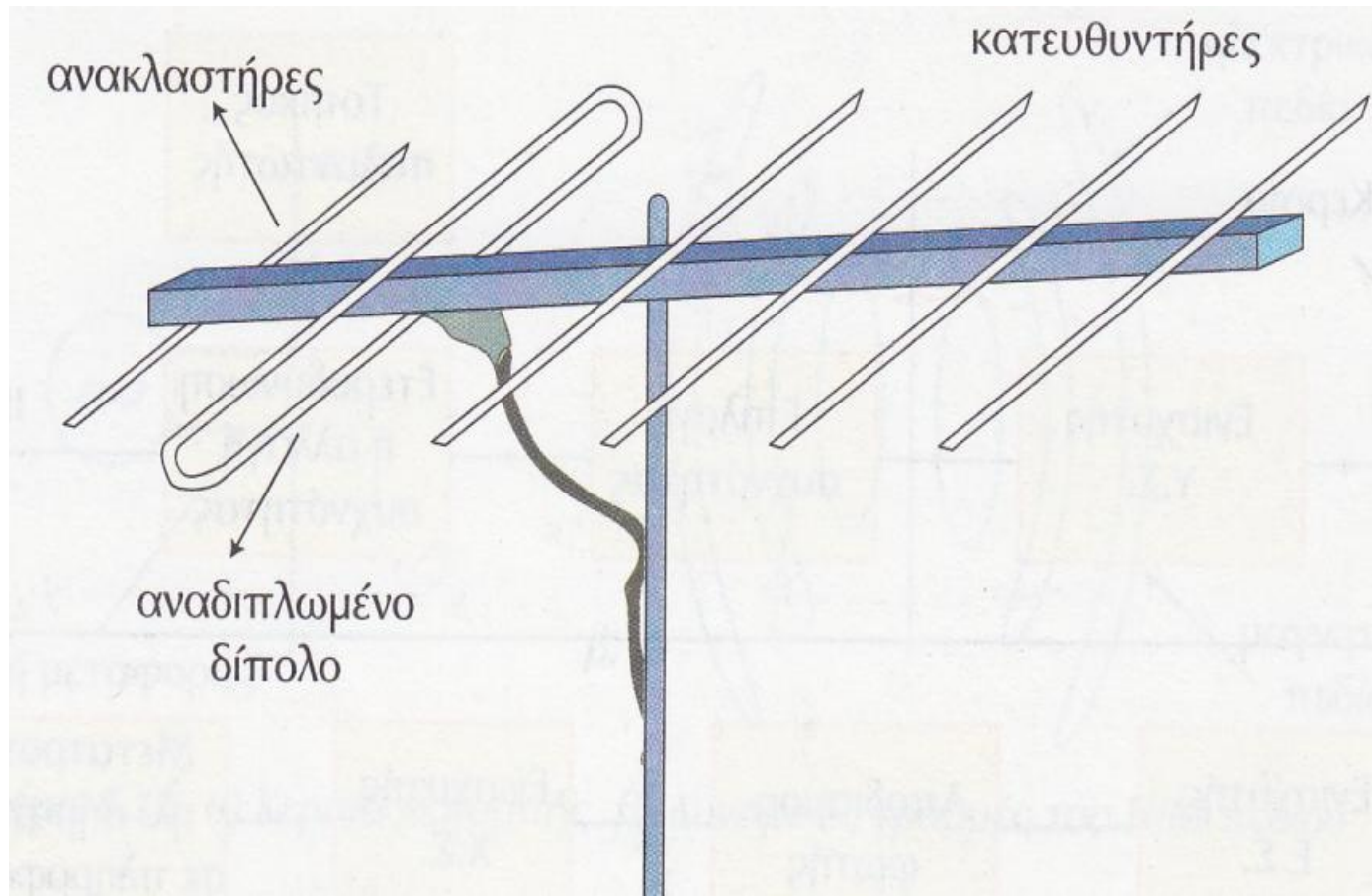
# Δέκτης



# Κεραία λήψης

- Η **κεραία του δέκτη** είναι ένας αγωγός ή ένα σύνολο αγωγών στον οποίο το ΗΜΚ παράγει ένα ηλεκτρικό ρεύμα πολύ μικρής έντασης. Η μορφή και οι διαστάσεις της καθορίζονται από την περιοχή των συχνοτήτων.
- Ο απλός ραδιοφωνικός δέκτης AM-FM χρησιμοποιεί ως κεραία μεταλλικό αγωγό.
- Πολύ γνωστές κεραίες είναι η **κεραία του HERTZ** και η κεραία του
  - **Marconi** (λ είναι το μήκος κύματος).
- 

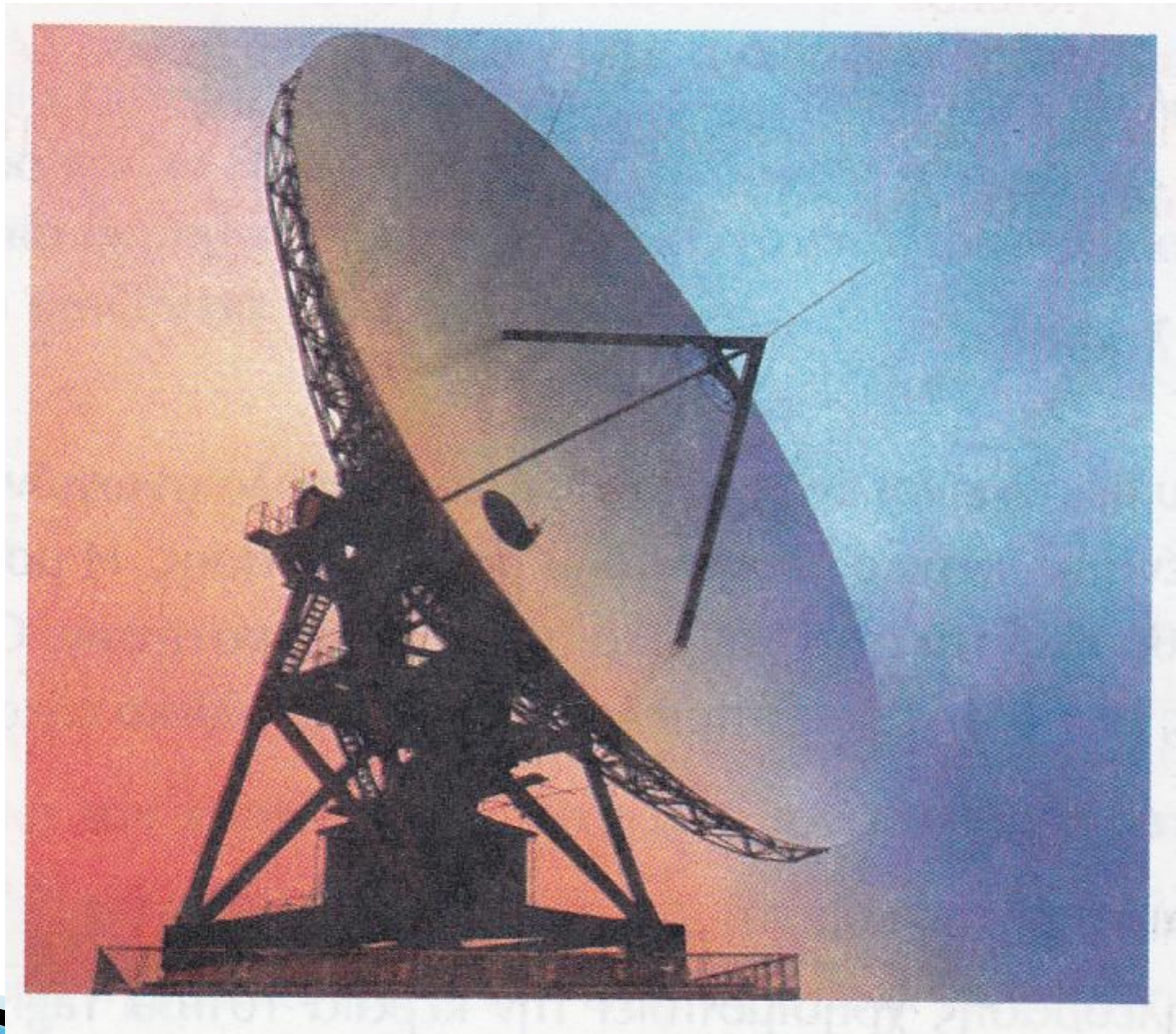
# Κεραία λήψης



# Κεραία λήψης

- ▶ Οι δορυφορικοί δέκτες χρησιμοποιούν κεραίες τύπου κατόπτρου ή «πιάτου» . Οι κεραίες αυτές συλλέγουν ένα μέρος του δορυφορικού σήματος το οποίο ανακλάται στα τοιχώματα τους και συγκεντρώνεται στην εστία όπου υπάρχει το δίπολο στο οποίο παράγεται το ηλεκτρικό ρεύμα.
- ▶ Το ηλεκτρικό ρεύμα που παράγεται στην κεραία λήψης εξαρτάται από την ένταση του κύματος αλλά και από τη γωνία που σχηματίζει ο αγωγός της κεραίας και η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου του κύματος.

# Κεραία λήψης



# Ενισχυτής Υ.Σ.

- Το σήμα που φτάνει στην είσοδο του δέκτη από την κεραία είναι πολύ ασθενές . Επιπλέον, μεταφέρει και ανεπιθύμητα σήματα τα γνωστά παράσιτα.
- Ο ενισχυτής Υ.Σ, ενισχύει το σήμα και έτσι βελτιώνει το λόγο του σήματος
- προς το θόρυβο. Διαφορετικά ο ηλεκτρικός θόρυβος που παράγεται σε όλα τα κυκλώματα θα πνίξει το σήμα.
- Ακόμη ο ενισχυτής Υ.Σ. κάνει προεπιλογή του σταθμού (καναλιού).



# Αποδιαμόρφωση

**Αποδιαμόρφωση**, καλείται ο διαχωρισμός του σήματος χαμηλής συχνότητας (διαμορφώνον) από το σήμα υψηλής συχνότητας (φέρον).

**Το φέρον σήμα** έχει εκτελέσει τη μεταφορά της πληροφορίας από τον πομπό στο δέκτη και δε χρειάζεται άλλο. Πρέπει να ξεχωρίσει από το σήμα της πληροφορίας και να πεταχτεί.

# Αποδιαμόρφωση FM

Η αρχή λειτουργίας της μπορεί να γίνει κατανοητή με την παρακάτω μέθοδο.

Το σήμα IF οδηγείται σε ένα κύκλωμα παράλληλου συντονισμού RLC, το οποίο μετατρέπει τις μεταβολές της συχνότητας σε μεταβολές του πλάτους. Δηλαδή, μετατρέπει το διαμορφωμένο κατά συχνότητα σήμα σε διαμορφωμένο κατά πλάτος. Στη συνέχεια, με το γνωστό διοδικό φωρατή απαλλάσσεται το σήμα από τη φέρουσα συχνότητα.

# Μέσα μετάδοσης πληροφοριών

Για τη μεταφορά των πληροφοριών, χρησιμοποιήθηκε αρχικά η δισύρματη εναέρια γραμμή και αργότερα η ομοαξονική γραμμή μεταφοράς. Με μια τέτοια γραμμή μεταφοράς μπορούσε να γίνει κάθε στιγμή μία μόνο τηλεπικοινωνιακή σύνδεση. Αργότερα κατασκευάστηκαν τα **καλώδια**, τα οποία περιλαμβάνουν στο ίδιο μονωτικό περίβλημα πολλές γραμμές. Στη συνέχεια επινοήθηκαν τα **φερέςυχνα συστήματα**, τα οποία παρέχουν τη δυνατότητα, μέσα από μία γραμμή, να πραγματοποιούνται ταυτόχρονα πολλές τηλεπικοινωνιακές συνδέσεις.

# Μέσα μετάδοσης πληροφοριών

Το έτος 1934 άρχισε η χρήση της **ασύρματης** επικοινωνίας πρώτα με βραχέα κύματα και στη συνέχεια με μικροκύματα. Η διάδοση των βραχέων πραγματοποιείται με ανάκλαση στην ιονόσφαιρα, ενώ των μικροκυμάτων με ενδιάμεσους αναμεταδότες.

Το έτος 1956 ποντίστηκε το πρώτο **υποβρύχιο** καλώδιο μεταξύ Αγγλίας και Αμερικής.

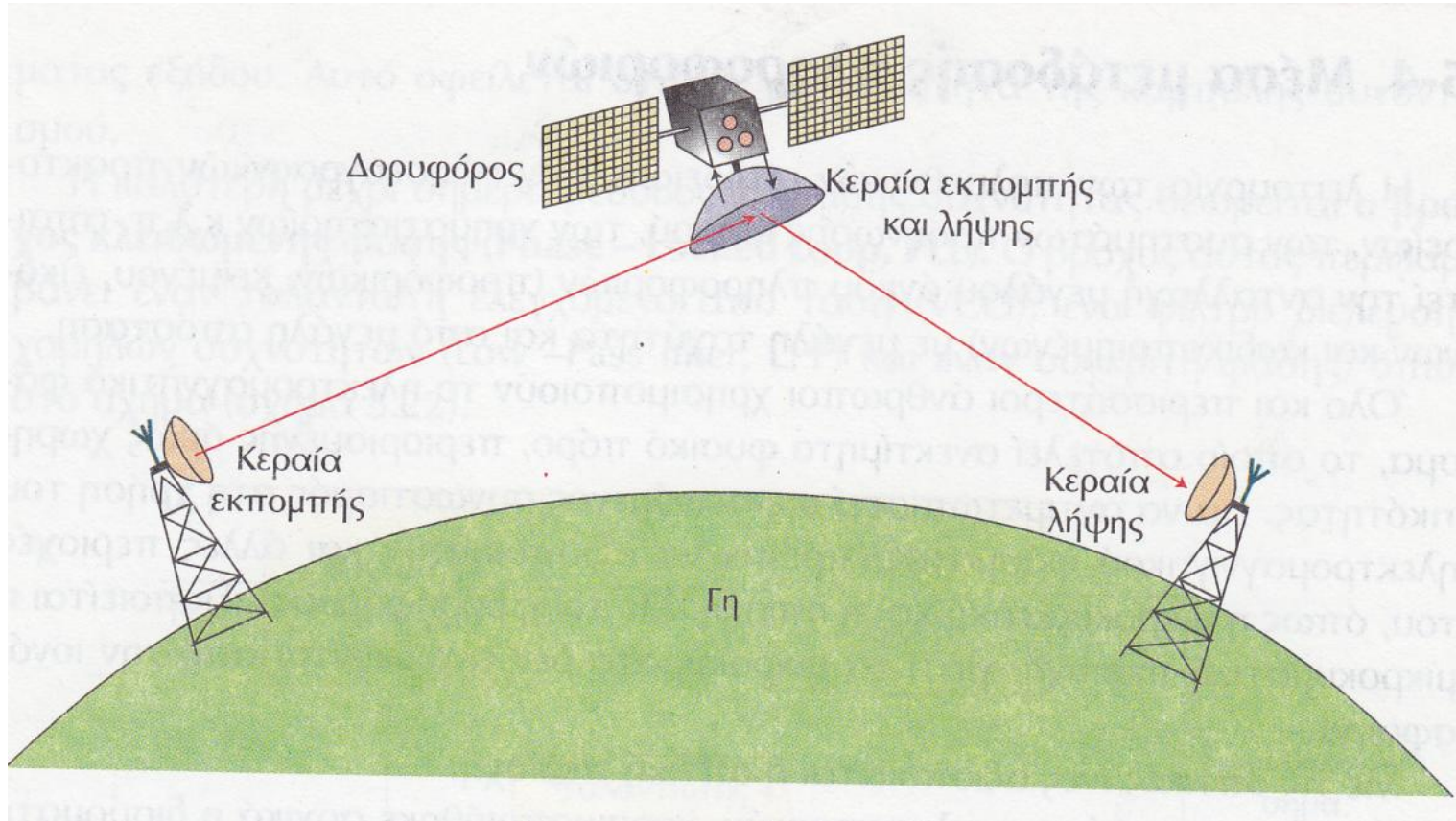
Τα παραπάνω μέσα μετάδοσης της πληροφορίας έχουν προβλήματα, όπως:

Φυσικά εμπόδια

Υψηλό κόστος κατασκευής και συντήρησης

Η κατασκευή τους χρειάζεται μεγάλο χρονικό διάστημα και είναι εκτεθειμένα σε φυσικές καταστροφές, δολιοφθορές κ.λ.π.

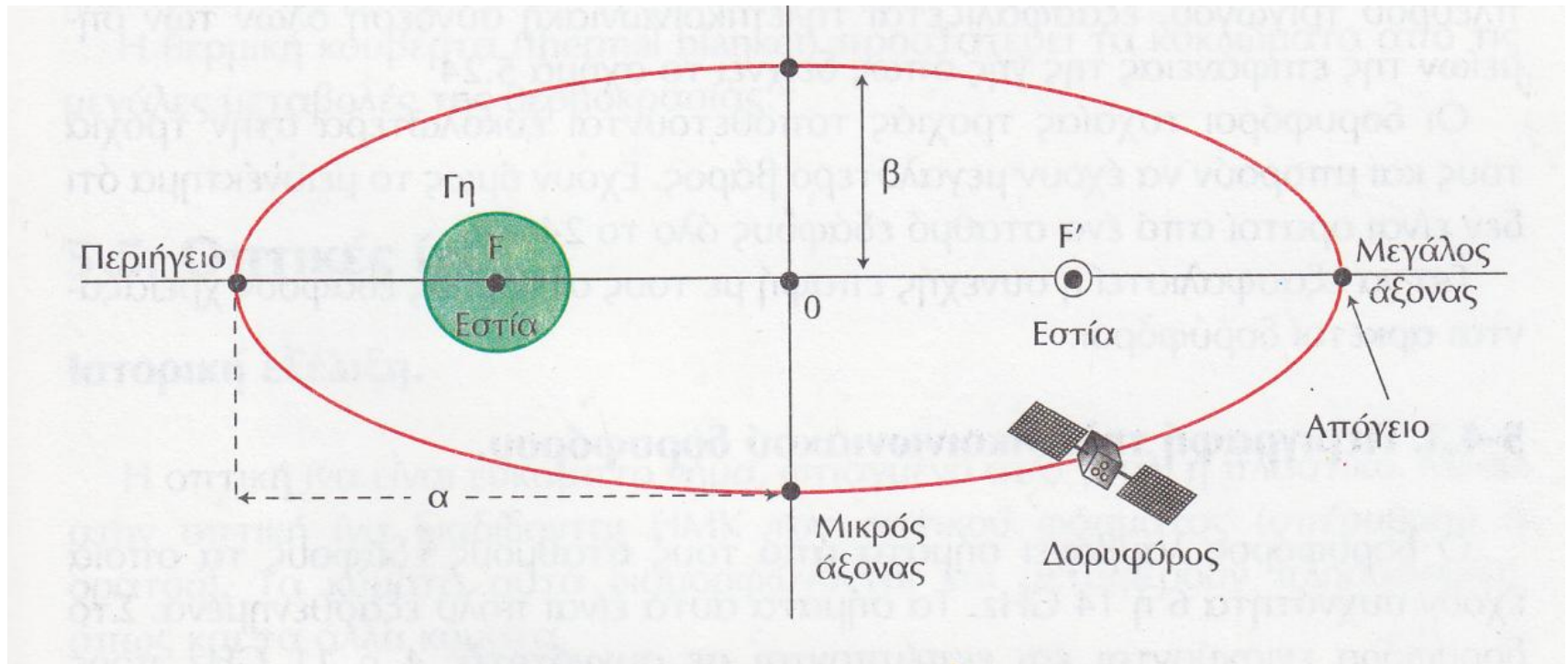
# Τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι



# Τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι

- Ο δορυφόρος λαμβάνει σήμα από ένα σταθμό εδάφους, το ενισχύει και το στέλνει σε έναν ή περισσότερους άλλους σταθμούς. Ενεργεί δηλαδή ως διαστημική γέφυρα μεταξύ δύο περιοχών της επιφάνειας της γής ξεπερνώντας φυσικά εμπόδια, όπως θάλασσες, οροσειρές, την καμπυλότητα της γης κ.λπ.
- Η κεραία του δορυφόρου καλύπτει Η/Μ μεγάλο τμήμα της επιφάνειας της γης. Η μέθοδος αυτή δημιουργεί ένα παγκόσμιο τηλεπικοινωνιακό δίκτυο γιατί, με τρεις δορυφόρους, καλύπτεται όλη η επιφάνεια της γής, δηλαδή είναι δυνατή η τηλεπικοινωνιακή σύνδεση με οποιοδήποτε σημείο του πλανήτη. Τα σημεία αυτά είναι σταθερά ή κινητά, όπως π.χ. πλοία.

# Τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι

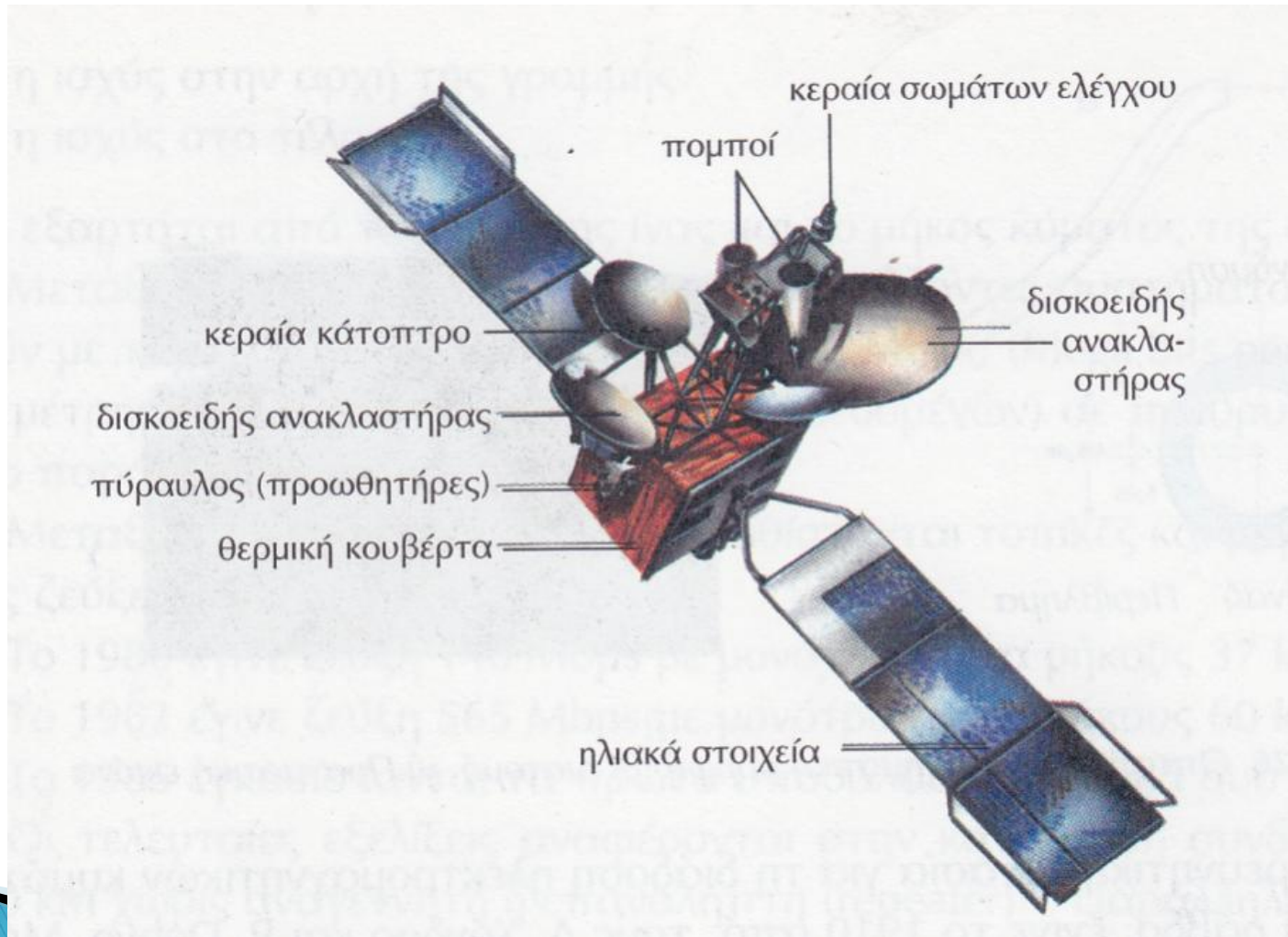


# Μέσα μετάδοσης πληροφοριών

Κύρια χαρακτηριστικά των εκπομπών μέσω δορυφόρων είναι: Η ελάττωση του θορύβου στην κεραία λήψης, η χρήση πολύ υψηλών συχνοτήτων, στα 10 GHz (μικροκύματα), οι οποίες διαπερνούν την ιονόσφαιρα, αλλά είναι χαμηλότερες από τις συχνότητες οι οποίες απορροφώνται από τα σύννεφα, τη βροχή, κ.λ.π., όπως συμβαίνει με το φως.



# Μέσα μετάδοσης πληροφοριών



# Τεχνητοί Δορυφόροι

Η κίνηση των τεχνητών δορυφόρων υπακούει στους ίδιους φυσικούς νόμους με τις κινήσεις των πλανητών του ηλιακού μας συστήματος. Οι τροχιές των δορυφόρων είναι συνήθως ελλειπτικές.

α) **Οι σύγχρονες τροχιές**, των οποίων το επίπεδο της τροχιάς συμπίπτει με το επίπεδο του ισημερινού της γης. Η περίοδος και η φορά περιστροφής του δορυφόρου είναι ίδια με την περίοδο και τη φορά περιστροφής της γης περί τον άξονα της. Η περίοδος του δορυφόρου είναι 24 h, η τροχιά είναι κύκλος και το ύψος του δορυφόρου από την επιφάνεια της γής είναι περίπου 36.000 Km. Οι δορυφόροι με σύγχρονη τροχιά λέγονται και **γεωστατικοί**, γιατί δεν κινούνται σε σχέση με τη γη.

# Τεχνητοί Δορυφόροι

β) Οι χαμηλού ύψους τροχιές, των οποίων το επίπεδο σχηματίζει γωνία με το επίπεδο του ισημερινού. Οι τροχιές αυτές είναι ελλειπτικές, μεγάλης εκκεντρότητας και η μία εστία τους βρίσκεται στο κέντρο της γής.

Οι σύγχρονοι δορυφόροι έχουν το πλεονέκτημα της συνεχούς επικοινωνίας γιατί μένουν στην ίδια θέση σε σχέση με τη γή, έχουν όμως δυσκολίες σε σχέση με το βάρος τους και τη διαδικασία τοποθέτησης τους σε τροχιά. Με ένα σύστημα τριών σύγχρονων δορυφόρων, οι οποίοι βρίσκονται στις κορυφές ισόπλευρου τριγώνου, εξασφαλίζεται τηλεπικοινωνιακή σύνδεση όλων των σημείων της επιφάνειας της γής.

Οι δορυφόροι τυχαίας τροχιάς τοποθετούνται ευκολότερα στην τροχιά τους και μπορούν να έχουν μεγαλύτερο βάρος. Έχουν όμως το μειονέκτημα ότι δεν είναι ορατοί από ένα σταθμό εδάφους όλο το 24ωρο.

# Τηλεπικοινωνιακοί δορυφόροι

Για να εξασφαλιστεί η συνεχής επαφή με τους σταθμούς εδάφους χρειάζονται αρκετοί δορυφόροι.

Με την κεραία σημάτων ελέγχου γίνεται τηλεχειρισμός του δορυφόρου. Ανταλλάσσονται, δηλαδή, σήματα με τα οποία διαπιστώνεται η λειτουργική κατάσταση και η θέση του δορυφόρου και γίνονται οι απαραίτητες διορθώσεις. Για τη διόρθωση της θέσης χρησιμεύουν οι πύραυλοι .

Η πηγή ενέργειας για την τροφοδοσία των κυκλωμάτων του δορυφόρου είναι ο Ήλιος. Για τη μετατροπή της ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική, τοποθετούνται στα πτερύγια σειρές ηλιακών.

# ΟΠΤΙΚΕΣ ΪΝΕΣ.

Η οπτική ίνα είναι εύκαμπτο νήμα, φτιαγμένο από γυαλί ή πλαστικό. Μέσα στην οπτική ίνα διαδίδονται ΗΜΚ του οπτικού φάσματος (υπέρυθρου ή ορατού). Τα κύματα αυτά διαμορφώνονται και μεταφέρουν πληροφορίες, όπως και τα άλλα κύματα.

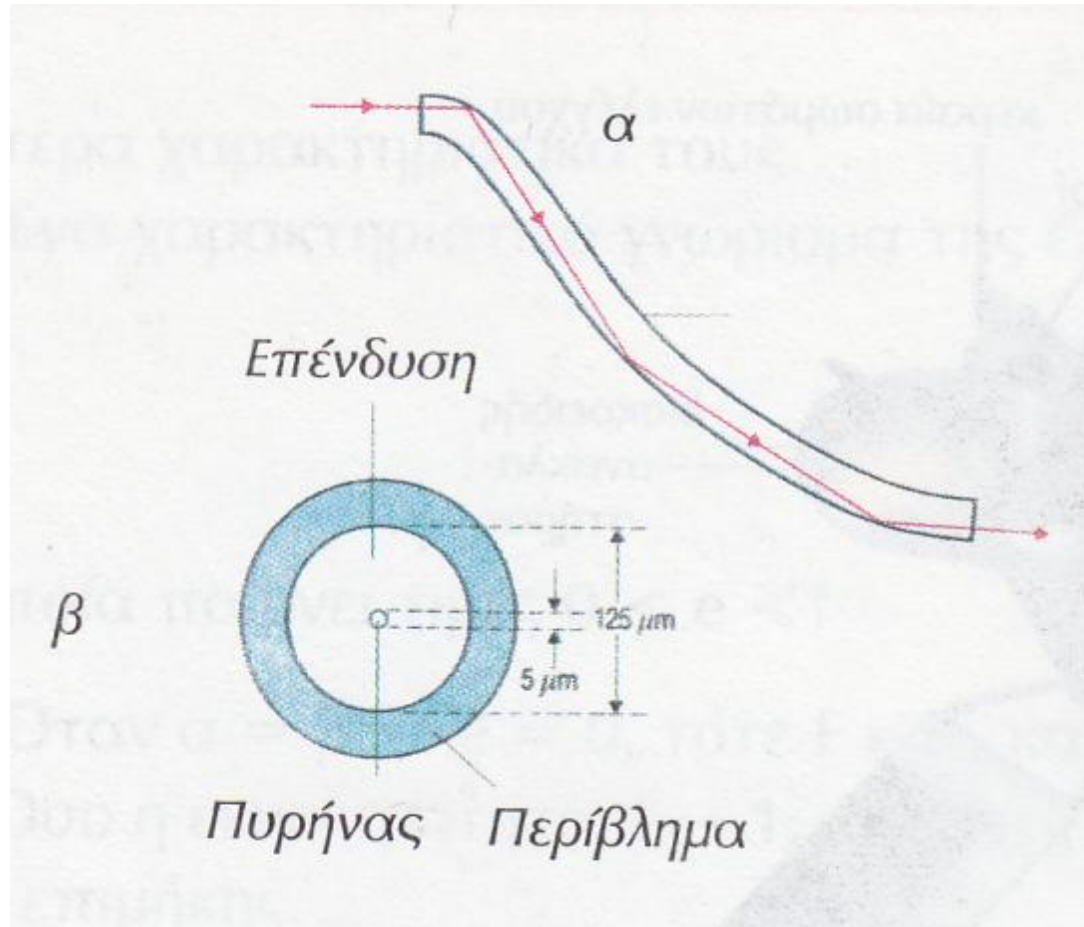
# ΟΠΤΙΚΕΣ ΪΝΕΣ.

Η πρώτη ερευνητική εργασία για τη διάδοση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σε διηλεκτρική ράβδο, έγινε το 1910 από τους Δ. Χόνδρο και P. Debye.

Μέχρι το 1960 έγιναν αρκετές θεωρητικές εργασίες, χωρίς όμως πρακτική αξία.

Το ενδιαφέρον αναθερμαίνεται τη δεκαετία του 60, με την ανακάλυψη των συμφωνών πηγών ακτινοβολίας στην οπτική περιοχή .

# ΟΠΤΙΚΕΣ ΪΝΕΣ.



# ΟΠΤΙΚΕΣ ΪΝΕΣ.

Το 1969 κατασκευάζονται ίνες με απόσβεση 100 db/km και το 1970 η μονότροπη οπτική ίνα με απόσβεση 200 db/km. Αργότερα επιτεύχθηκε απόσβεση 4 db/km.



# Πρακτική σημασία των οπτικών ινών.

## Πλεονεκτήματα

**Μεγαλύτερο εύρος ζώνης**, το οποίο καθορίζει την ταχύτητα διάδοσης της πληροφορίας. Αυτό δείχνει μεγαλύτερη ικανότητα μεταφοράς πληροφοριών.

**Μικρές διαστάσεις και βάρος**. Μεγάλο πλεονέκτημα για εταιρείες με χιλιάδες καλώδια και για τα αεροσκάφη όπου το βάρος είναι υπολογίσιμος παράγοντας.

**Ηλεκτρική μόνωση**, επομένως αντοχή στους ηλεκτρομαγνητικούς θορύβους. Γι'αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε βιομηχανικό περιβάλλον. Δεν ακτινοβολούν ηλεκτρομαγνητικά κύματα και δεν επηρεάζονται από ηλεκτρομαγνητικές πηγές του περιβάλλοντος. Αυτό σημαίνει ότι δεν προκαλούν παρεμβολές και δεν παρεμβάλλονται.

**Μικρότερο κόστος κατασκευής**.

**Μεγάλη δυσκολία υποκλοπής**, γιατί δεν ακτινοβολούν.

**Μηχανική και χημική αντοχή**. Δεν προσβάλλεται από διαβρωτικά, τον αέρα, κλπ.

**Δεν έχουν τους γνωστούς κινδύνους του ηλεκτρικού ρεύματος**.

**Μικρότερη απώλεια ενέργειας από τα χάλκινα καλώδια**.

# Πρακτική σημασία των οπτικών ινών

## Μειονεκτήματα

Νέα τεχνολογία, άγνωστη στους τεχνικούς δικτύων. Δύσκολη συγκόλληση και διακλάδωση. Το γεγονός αυτό μπορεί να θεωρηθεί και πλεονέκτημα, γιατί δυσκολεύει την υποκλοπή του σήματος.

Τα δίκτυα οπτικών ινών είναι μονόδρομα και οι διασυνδέσεις τους είναι ακριβότερες από τις αντίστοιχες ηλεκτρικές.

# Πρακτική σημασία των οπτικών ινών

## Κατασκευή και ταξινόμηση οπτικών ινών

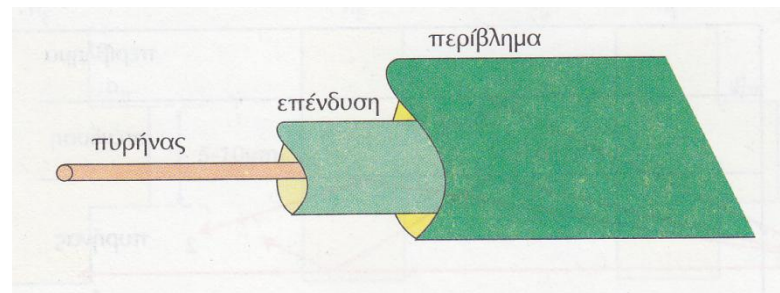
Η τεχνολογία των μικροκυμάτων χρησιμοποιεί για τη μεταφορά της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας ομοαξονικά καλώδια και μικροταινίες.

Οι απώλειες ενέργειας στα μέσα αυτά αυξάνονται με το τετράγωνο της συχνότητας. Για το λόγο αυτό δε χρησιμοποιούνται σε συχνότητες μεγαλύτερες από 300 MHz. Ως εναλλακτική λύση χρησιμοποιήθηκαν οι διηλεκτρικοί κυματοδηγοί.

Η οπτική ίνα είναι ένας διηλεκτρικός κυματοδηγός ο οποίος αποτελείται από:

- ▶ Τον πυρήνα
- ▶ Την επένδυση
- ▶ Το περίβλημα

# Πρακτική σημασία των οπτικών ινών



# Κατασκευή και ταξινόμηση οπτικών ινών

Ο πυρήνας μπορεί να είναι από γυαλί ή πλαστικό. Το γυαλί έχει μικρότερη απόσβεση, είναι όμως ακριβότερο και πιο εύθραστο. Η επένδυση κατασκευάζεται από καθαρό πυρίτιο και το περίβλημα προστατεύει την ίνα από μηχανικές καταπονήσεις και την κάνει εύχρηστη, δίνοντας της όψη καλωδίου.

Για την κατασκευή της ίνας χρησιμοποιείται η μέθοδος *CVD*. Σήμερα κατασκευάζονται ίνες με απόσβεση 0,2 dB/Km. Κατασκευάζονται όμως και φτηνότερες ίνες με απόσβεση 500 έως 1000 dB/Km. για μικρές αποστάσεις.

# Κατασκευή και ταξινόμηση οπτικών ινών

Ανάλογα με τη διαδρομή των φωτεινών ακτίνων.

## 1. Μονότροπη οπτική ίνα.

Η φωτεινή ακτίνα διαδίδεται μόνο κατά μήκος του άξονα του πυρήνα.

## 2. Πολύτροπη οπτική ίνα.

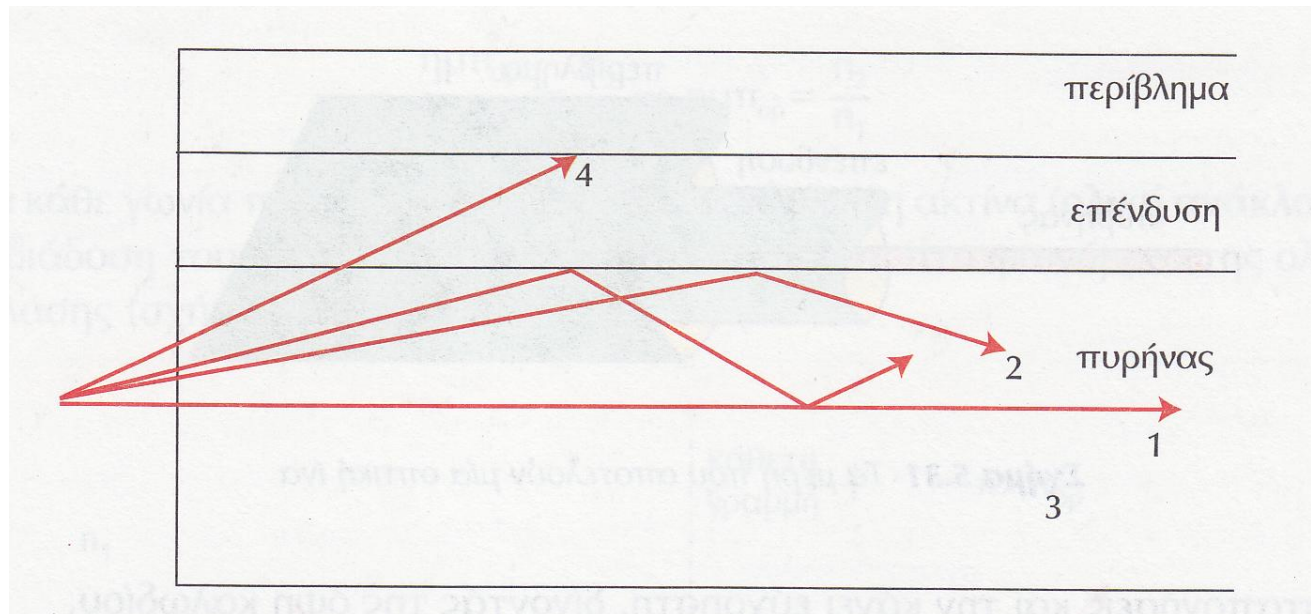
Οι φωτεινές ακτίνες ακολουθούν πολλές διαδρομές.

# Κατασκευή και ταξινόμηση οπτικών ινών

## Κυματοδότηση

Με βάση το σχήμα, η ακτίνα 1 διαδίδεται κατά μήκος του άξονα της ίνας.

Οι ακτίνες 2 και 3 προσπίπτουν με γωνίες μεγαλύτερες της οριακής και ανακλώνται ολικά.

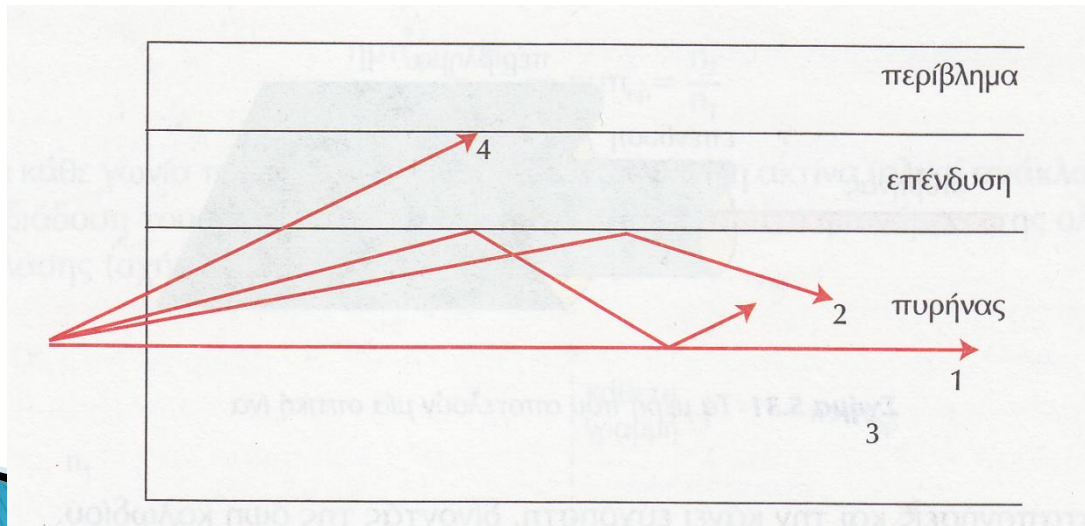


# Κατασκευή και ταξινόμηση οπτικών ινών

## Κυματοδηγήση

Η ακτίνα 4 προσπίπτει με γωνία μικρότερη της οριακής και ένα μέρος της εισέρχεται στην επένδυση όπου απορροφάται, γιατί τα υλικά της έχουν μεγάλη απόσβεση.

Όταν είναι γνωστοί οι δείκτες διάθλασης του πυρήνα, της επένδυσης και του αέρα μπορούμε να βρούμε τη μέγιστη γωνία πρόσπτωσης, για να έχουμε εγκλωβισμό της ακτίνας στον πυρήνα.

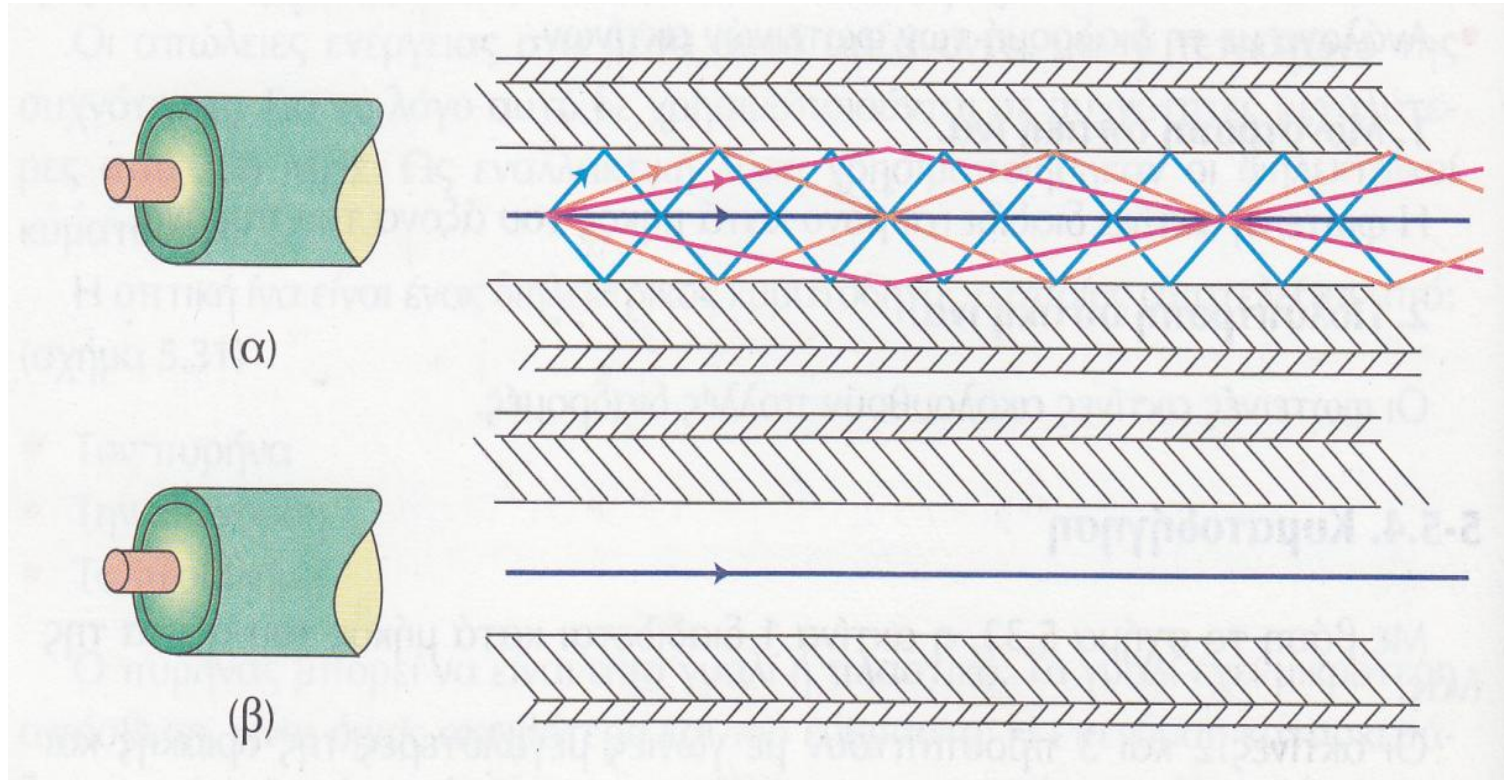




# Κυματοδήγηση

Το φως μπορεί να ακολουθήσει διάφορες διαδρομές στον πυρήνα της ίνας. Κάθε διαδρομή έχει διαφορετικό μήκος στον πυρήνα της ίνας και λέμε ότι αποτελεί διαφορετικό τρόπο διάδοσης. Έτσι χωρίζουμε τις ίνες σε πολύτροπες και μονότροπες. Ανάλογα με τη μεταβολή του δείκτη διάθλασης από τον πυρήνα στην επένδυση διακρίνουμε τις οπτικές ίνες σε **κλιμακωτού δείκτη**.

# Κυματοδότηση



# Χαρακτηριστικά οπτικής ίνας

## α) Εξασθένιση

Εξαρτάται από:

Τη χημική σύσταση

Το μήκος κύματος

## β) Εύρος ζώνης

Το εύρος ζώνης είναι το κατ'εξοχήν ενδιαφέρον μέγεθος στα τηλεπικοινωνιακά συστήματα. Τα συμβατικά συστήματα έχουν μικρό εύρος ζώνης, γι'αυτό και χρησιμοποιούνται οι τεχνικές της πολυπλεξίας και της κωδικοποίησης.

# Χαρακτηριστικά οπτικής ίνας

## γ) Μηχανική αντοχή, κόστος, βάρος και όγκος

Απαιτήσεις διεθνών προδιαγραφών:

Διάρκεια ζωής: 20 έως 30 χρόνια

Ελάχιστη ακτίνα καμπυλότητας: 4 mm

Ελάχιστο μέτρο ελαστικότητας 8-108 Nt/m<sup>2</sup>

Το κόστος είναι αρκετά μικρότερο από αυτό των ομοαξονικών καλωδίων και προβλέπεται περαιτέρω μείωση.

# Χαρακτηριστικά οπτικής ίνας

## δ) Ισχύς

Τα οπτικά τηλεπικοινωνιακά συστήματα εργάζονται με χαμηλή ισχύ, γιατί οι πηγές είναι χαμηλής ισχύος, αλλά είναι πολύ δύσκολο να συζευχθεί και να κυματοδηγηθεί ισχύς μεγαλύτερη από 1 mW στην ίνα . Αυτό δεν αποτελεί μειονέκτημα σοβαρό, γιατί για αποδεκτές τιμές πιθανότητας λανθασμένου ψηφίου ή λόγου  $S/N$  επιτρέπεται απώλεια 40 dB ανάμεσα σε πομπό και δέκτη ή επαναλήπτη. (λόγος  $S/N$  καλείται ο λόγος σήμα/θόρυβος).

# Χαρακτηριστικά οπτικής ίνας

## ε) Ειδικά χαρακτηριστικά οπτικών ινών

Οι οπτικές ίνες παρουσιάζουν μερικά ειδικά χαρακτηριστικά που τις κάνουν ιδανικές για ορισμένες εφαρμογές:

Δεν επηρεάζονται από τους ηλεκτρικούς θορύβους του περιβάλλοντος.

Δεν παράγονται στο εσωτερικό τους ηλεκτρικοί θόρυβοι.

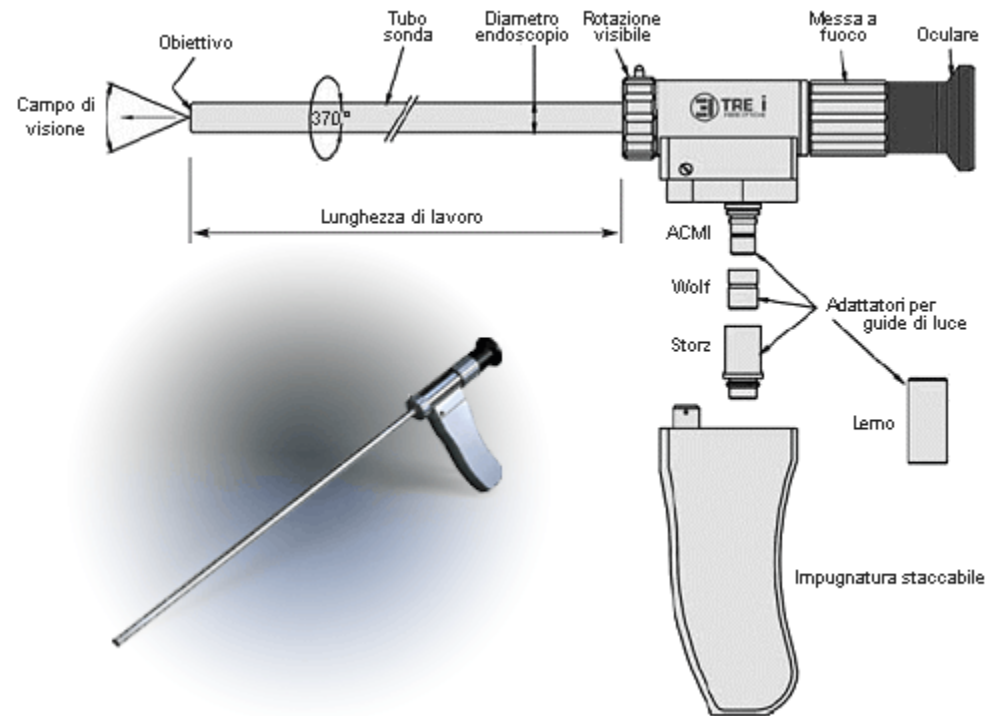
Δεν επηρεάζονται από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές.

Δεν υπάρχει κίνδυνος βραχυκυκλώματος και σπινθηρισμών, επομένως μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε χώρους που υπάρχουν τέτοιοι κίνδυνοι.

Αντέχουν σε δύσκολες συνθήκες περιβάλλοντος, π.χ. υψηλές θερμοκρασίες.

Έχουν ηλεκτρική μόνωση εισόδου - εξόδου.

Δεν επιτρέπουν να υποκλαπούν μηνύματα



# Εφαρμογές Οπτικών Ινών

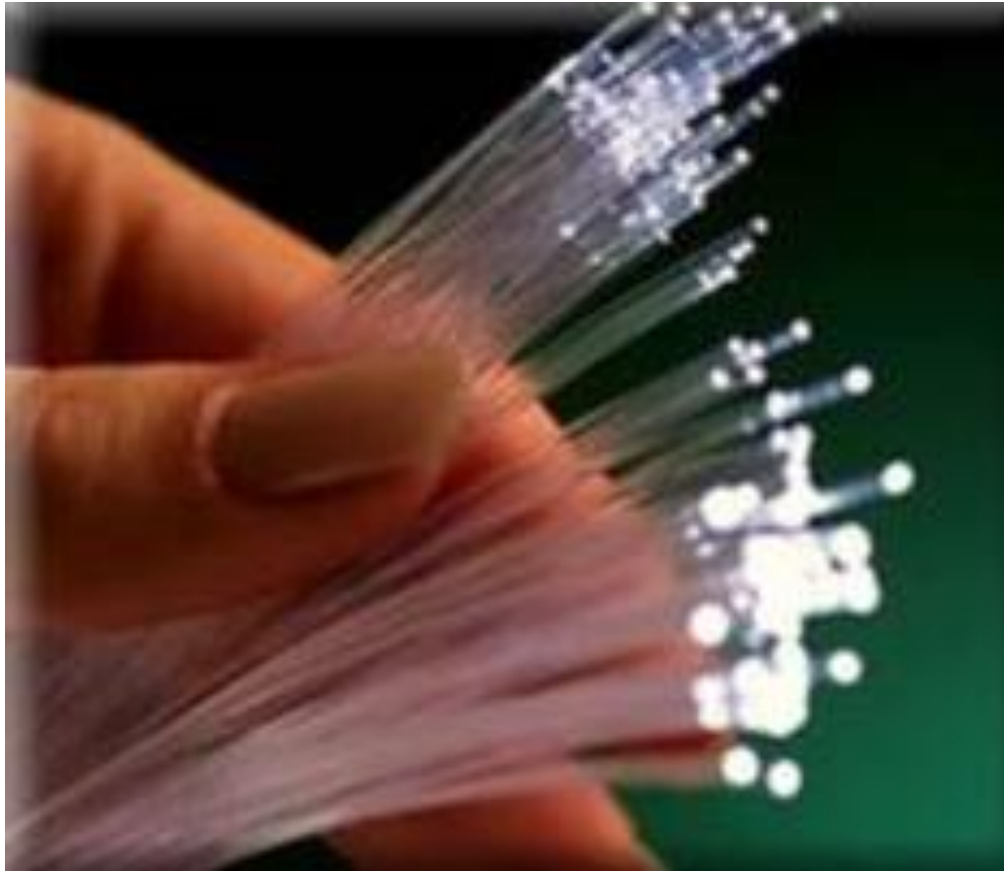




# Μέγεθος Οπτικών Ινών



# Εφαρμογές Οπτικών Ινών



# Οπτικοηλεκτρονικό σύστημα

Σήμερα είναι δυνατή η μετάδοση ψηφιακών σημάτων με παλμούς φωτός.

**Ο παλμός φωτός αντιστοιχεί στο 1**

**Η απουσία παλμού αντιστοιχεί στο 0**

Οι συχνότητες του ορατού φωτός είναι της τάξης  $10^5$  Hz. Έτσι το εύρος ζώνης του συστήματος οπτικής μετάδοσης είναι τεράστιο. Το σύστημα οπτικής μετάδοσης έχει τρεις συνιστώσες:

Πηγή φωτός

Μέσο μετάδοσης

Ανιχνευτή φωτός