



## Σημειώσεις κεφαλαίου 16

### Αρχές επικοινωνίας με ήχο και εικόνα

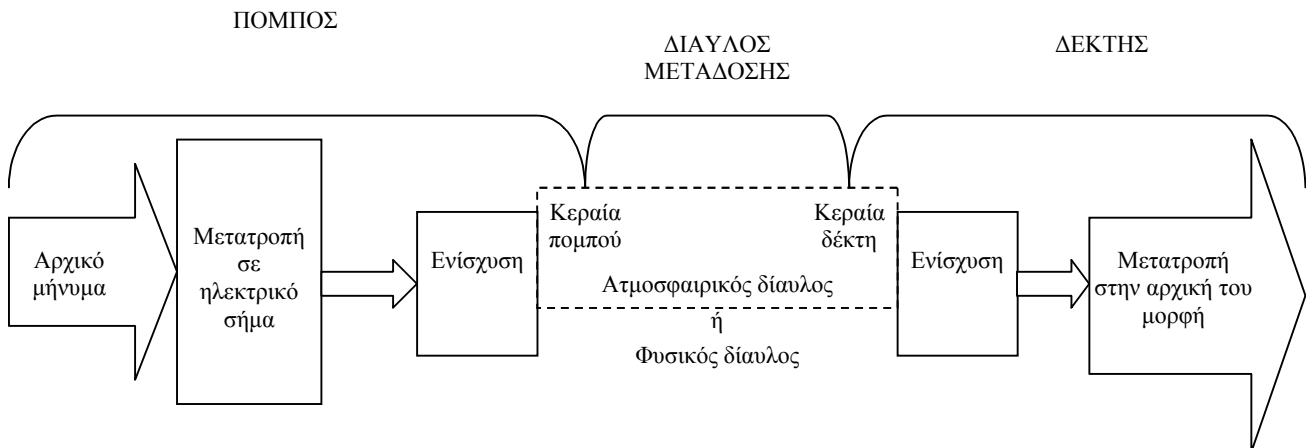
#### ΠΩΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΟΥΝ ΟΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

Ένα σύστημα ηλεκτρονικής επικοινωνίας αποτελείται από τον πομπό, το δίαυλο (κανάλι) μετάδοσης και το δέκτη. Ο **πομπός** (transmitter) στέλνει το μήνυμα, ο **δίαυλος μετάδοσης** (transmission channel) το μεταφέρει και ο **δέκτης** (receiver) το λαμβάνει.

Κατά τη διάρκεια μιας τηλεφωνικής επικοινωνίας για παράδειγμα, η φωνή μέσω του μικροφώνου στέλνεται από τη συσκευή τηλεφώνου (πομπός), μεταφέρεται μέσω καλωδίων (δίαυλος μετάδοσης) και λαμβάνεται από μια άλλη συσκευή τηλεφώνου (δέκτης) στο ακουστικό της.

#### Μετατροπή του μηνύματος

Το μήνυμα επικοινωνίας μπορεί να έχει διάφορες μορφές: ήχος, εικόνα, κείμενο. Για να μεταδοθεί από ένα σύστημα ηλεκτρονικής επικοινωνίας το μήνυμα πρέπει να μετατραπεί σε **ηλεκτρικό σήμα**. Κατόπιν ενισχύεται και μεταδίδεται μέσω του διαύλου μετάδοσης που είναι είτε η ατμόσφαιρα (ατμοσφαιρικός δίαυλος μετάδοσης) είτε ένα σύνολο καλωδίων (φυσικός δίαυλος μετάδοσης). Φτάνοντας στο δέκτη, το σήμα μπορεί να έχει υποστεί παρεμβολές και να έχει αποδυναμωθεί και πρέπει να ενισχυθεί ξανά. Στο τελευταίο στάδιο, το ηλεκτρικό σήμα μετατρέπεται ξανά στο μήνυμα στην αρχική του μορφή.



Εικόνα 1. Υπόδειγμα Ηλεκτρονικής Επικοινωνίας

Μερικές έννοιες από τη φυσική που χρησιμοποιούνται στα συστήματα επικοινωνιών είναι:

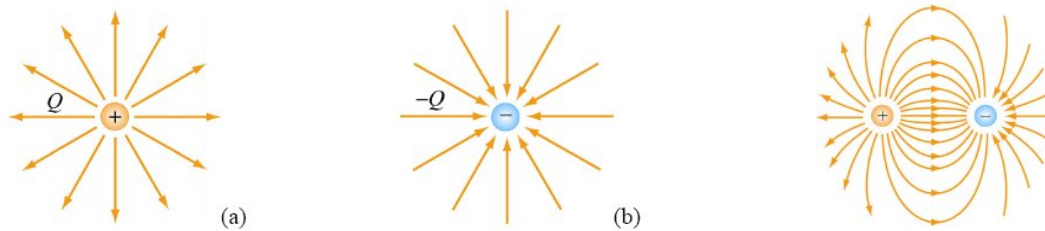
- **Ηλεκτρισμός:** για τη μετατροπή ενός μηνύματος σε ηλεκτρικό σήμα ώστε να μπορέσει να ενισχυθεί και να μεταδοθεί από τον πομπό στο δέκτη.
- **Ηλεκτρομαγνητισμός:** για τη μετάδοση ενός σήματος μέσω της ατμόσφαιρας.
- **Εναλλασσόμενο ρεύμα:** για τη δημιουργία ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που θα μεταδοθούν μέσω της ατμόσφαιρας.
- **Επαγωγή:** για τη λήψη ενός σήματος από μια κεραία.

#### ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ



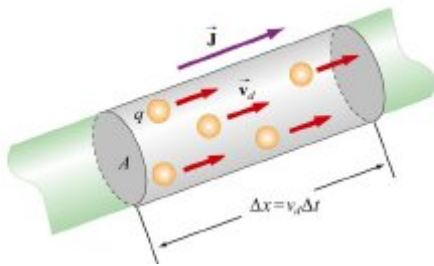


Το ηλεκτρικό φορτίο είναι δύο ειδών, θετικό και αρνητικό όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Η μικρότερη μονάδα «ελεύθερου» φορτίου που μπορεί να βρεθεί στη φύση είναι το φορτίο ενός ηλεκτρονίου ή ενός πρωτονίου. Σε ένα κλειστό σύστημα το συνολικό φορτίο παραμένει σταθερό διότι δε δημιουργείται ούτε καταστρέφεται. Τα φορτία μπορούν όμως να μεταφερθούν από ένα «σώμα» σε ένα άλλο. Στην εικόνα 2 απεικονίζεται γραφικά το ηλεκτρικό πεδίο (γραμμές) γύρω από ένα θετικό, ένα αρνητικό φορτίο και ένα ζευγάρι αντίθετων φορτίων (ηλεκτρικό δίπολο).



Εικόνα 2. Θετικό και αρνητικό φορτίο, ζεύγος αντίθετων φορτίων

Το **ηλεκτρικό ρεύμα** είναι κίνηση ηλεκτρικού φορτίου και ορίζεται ως ο ρυθμός με τον οποίο τα φορτία μετακινούνται μέσα σε έναν αγωγό. Η μονάδα μέτρησης της έντασης του ρεύματος είναι το 1 Ampere. Στους



κεραυνούς το ρεύμα μπορεί να φτάσει τα mega-ampere ( $10^6$ ) ενώ στα ανθρώπινα νεύρα είναι της τάξης του nano-ampere ( $10^{-9}$ ). Το ηλεκτρικό ρεύμα ρέει μέσα σε αγωγούς: στερεά (μέταλλα και ημιαγωγοί), υγρά (ηλεκτρολύτες και ιονισμένα), αέρια (ιονισμένα), αλλά όχι μέσα σε μονωτές. Οι **αγωγοί** είναι υλικά που μπορούν να απελευθερώσουν φορτία (ηλεκτρόνια) που βρίσκονται γύρω από τον πυρήνα των ατόμων. Στο διπλανό

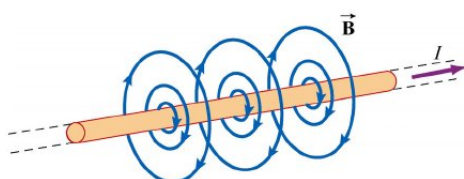
σχήμα φαίνεται η κίνηση φορτίων μέσα σ' έναν αγωγό. Παραδείγματα αγωγών: ασήμι, χαλκός, αλουμίνιο, σίδηρος, λευκόχρυσος. Παραδείγματα ημιαγωγών: άνθρακας, γερμάνιο, πυρίτιο.

Ένα **ηλεκτρικό κύκλωμα** είναι μια κλειστή διαδρομή από την οποία μπορούν να περάσουν ηλεκτρόνια. Τα ηλεκτρικά κυκλώματα αποτελούνται από πηγές τάσης και αντιστάσεις ή άλλες συσκευές. Τα σύμβολα που απεικονίζονται στο διπλανό σχήμα χρησιμοποιούνται στη σχεδίαση ηλεκτρικών κυκλωμάτων:

	Πηγή συνεχούς τάσης
	Αντίσταση
	Διακόπτης

## ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

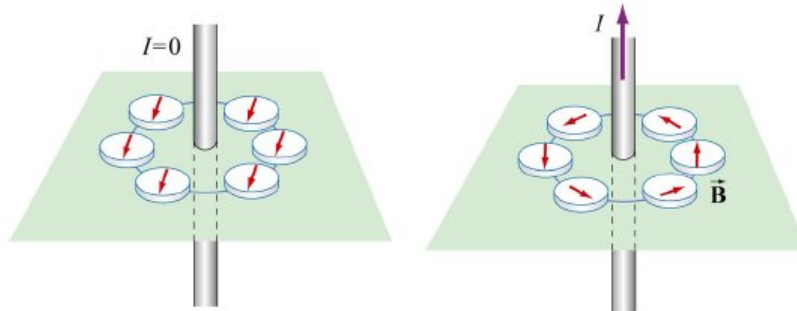
Τα κινούμενα ηλεκτρικά φορτία αποτελούν πηγές μαγνητικών πεδίων. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται οι κυκλικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου που δημιουργείται γύρω από έναν (θεωρητικά άπειρο) αγωγό στον οποίον ρέει ρεύμα έντασης  $I$ .





Εικόνα 3. Μαγνητικό πεδίο γύρω από αγωγό

Στο παρακάτω σχήμα έχουν τοποθετηθεί πυξίδες γύρω από έναν αγωγό. Ο αγωγός αρχικά (αριστερά) δε διαρρέεται από ρεύμα και οι βελόνες στις πυξίδες δείχνουν την ίδια κατεύθυνση. Στο σχήμα δεξιά ο αγωγός διαρρέεται από ρεύμα με την κατεύθυνση που δείχνει το βέλος. Οι πυξίδες αλλάζουν κατεύθυνση εξαιτίας του μαγνητικού πεδίου που προκαλεί η κίνηση ηλεκτρικών φορτίων στον αγωγό.



Εικόνα 4. Πυξίδες γύρω από αγωγό

Το επόμενο σχήμα δείχνει τις γραμμές του μαγνητικού πεδίου γύρω από έναν βρόχο που διαρρέεται από ρεύμα (αριστερά) και γύρω από έναν μόνιμο μαγνήτη (δεξιά).



Εικόνα 5. Μαγνητικό πεδίο γύρω από ηλεκτρικό βρόχο και γύρω από μόνιμο μαγνήτη

Το επόμενο σχήμα δείχνει το μαγνητικό πεδίο γύρω από έναν αγωγό που διαρρέεται από σταθερό ρεύμα, τυλιγμένο σε ελικοειδές σχήμα. Όταν οι σπείρες είναι πολύ κοντά η μία στην άλλη (δεξιά), το μαγνητικό πεδίο του αγωγού συμπεριφέρεται όπως αυτό ενός μόνιμου μαγνήτη (βλέπε προηγούμενο σχήμα).



Εικόνα 6. Πεδίο γύρω από τυλιγμένο αγωγό

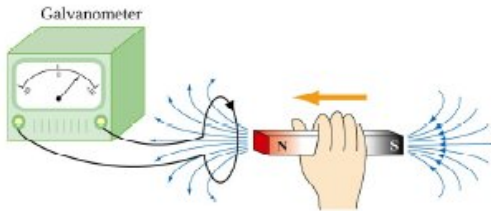
### Επαγωγή

Η εφαρμογή ενός ηλεκτρικού πεδίου σε έναν αγωγό, είδαμε ότι προκαλεί κίνηση φορτίων, η οποία με τη σειρά

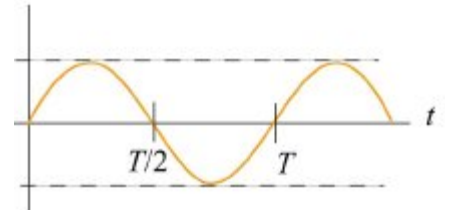




της δημιουργεί ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Το 1831 ο Faraday ανακάλυψε ότι μπορεί να προκληθεί και το αντίστροφο, δηλ. ένα μαγνητικό πεδίο να προκαλέσει κίνηση φορτίων. Αυτό συμβαίνει όταν το μαγνητικό πεδίο είναι μεταβαλλόμενο και το φαινόμενο ονομάζεται **επαγωγή**.



Στην εικόνα αριστερά, ένα γαλβανόμετρο (όργανο μέτρησης ηλ. ρεύματος) έχει συνδεθεί στα άκρα ενός αγωγού (σύρματος). Το γαλβανόμετρο δείχνει ότι υπάρχει ρεύμα που ρέει στο σύρμα, όταν ο μαγνήτης μετακινείται προς αυτό. Αν το σύρμα περιστρέφεται μέσα στο μαγνητικό πεδίο, τότε το ρεύμα που επάγεται στο σύρμα είναι **εναλλασσόμενο**, δηλαδή αλλάζει φορά και έχει ημιτονοειδή μορφή όπως φαίνεται δεξιά. Στο σχήμα αυτό, ο οριζόντιος άξονας δείχνει το χρόνο, ενώ ο κατακόρυφος την ένταση του ρεύματος η οποία παίρνει και αρνητικές τιμές γιατί αλλάζει κατεύθυνση. Το μέγιστο σημείο στο οποίο φτάνει το εναλλασσόμενο ρεύμα ονομάζεται πλάτος. Ο ρυθμός με τον οποίο αλλάζει η κατεύθυνση του ρεύματος είναι η συχνότητα του εναλλασσόμενου ρεύματος.



### Ερωτήσεις

1. Τι είναι το ηλεκτρικό ρεύμα;
2. Τι ονομάζουμε αγωγό και τι μονωτή; Δώστε παραδείγματα.
3. Σχεδιάστε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα με μία πηγή συνεχούς τάσης, ένα διακόπτη και μία λάμπα. Πότε ανάβει η λάμπα;
4. Σχεδιάστε ένα ηλεκτρικό κύκλωμα που αποτελείται από ένα διακόπτη και μία λάμπα. Πώς μπορείτε να κάνετε τη λάμπα να ανάβει στο συγκεκριμένο κύκλωμα;
5. Ποια είναι η διαφορά ανάμεσα σε ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο και ένα μαγνητικό πεδίο;
6. Τι ονομάζουμε επαγωγή;
7. Σχεδιάστε α) ένα συνεχές ρεύμα και β) ένα εναλλασσόμενο ρεύμα. Ποια είναι η διαφορά τους;
8. Σχεδιάστε ένα ημιτονοειδές εναλλασσόμενο ρεύμα.





## ΡΑΔΙΟΚΥΜΑΤΑ

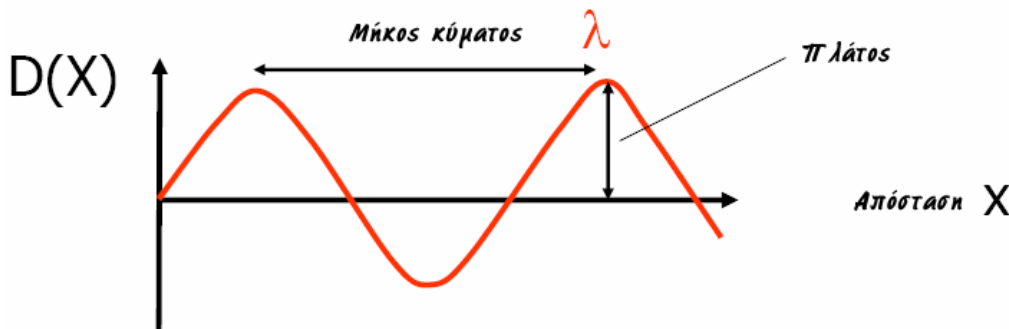
Τα **ραδιοκύματα** είναι ηλεκτρομαγνητικά κύματα που δημιουργούνται όταν ένα φορτισμένο σωματίδιο επιταχύνει, με συχνότητα στο φάσμα των ραδιοσυχνοτήτων. Οι **ραδιοσυχνότητες** βρίσκονται στο εύρος από μερικά Hz μέχρι 300 GHz και τα ραδιοκύματα σ' αυτές τις συχνότητες προκύπτουν από το εναλλασσόμενο ρεύμα όταν διαρρέει μια κεραία.

### Χαρακτηριστικά των Ραδιοκυμάτων

Η συχνότητα ενός γεγονότος είναι ο αριθμός των επαναλήψεων του γεγονότος σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Η μονάδα μέτρησης της συχνότητας στο σύστημα SI είναι το 1 Hz (Hertz) που ορίζεται ως μία επανάληψη το δευτερόλεπτο.

Η συχνότητα ενός κύματος ημιτονοειδούς μορφής είναι ο ρυθμός με τον οποίο αλλάζει η φάση του κύματος.

Το **μήκος κύματος** είναι η απόσταση ανάμεσα σε δύο διαδοχικά επαναλαμβανόμενα τμήματα ενός κύματος. Το μήκος κύματος είναι αντίστροφα ανάλογο προς τη συχνότητα, δηλ. όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα τόσο μικρότερο είναι το μήκος κύματος. Η **συχνότητα** ορίζεται ως το πηλίκο της ταχύτητας διάδοσης του κύματος προς το μήκος του κύματος ( $f = u / \lambda$ ) και παραμένει σταθερή κατά τη μετάδοση ενός κύματος. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται ένα ημιτονοειδές κύμα και η έντασή του **D** ως συνάρτηση της απόστασης **X**. **λ** είναι το μήκος του κύματος και το **πλάτος** του είναι η μέγιστη τιμή της έντασής του.



Εικόνα 7. Ημιτονοειδές κύμα ως συνάρτηση της απόστασης

Η ταχύτητα διάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στο κενό είναι ίση με την ταχύτητα του φωτός, δηλ. 300000 km το δευτερόλεπτο. Για τα ηχητικά κύματα, η ταχύτητα διάδοσης (σε μηδέν υψόμετρο, με θερμοκρασία 15 βαθμών Κελσίου σε κανονικές ατμοσφαιρικές συνθήκες) είναι 1225 km την ώρα.

Το μήκος κύματος των ραδιοκυμάτων σε μέτρα δίνεται προσεγγιστικά από τον τύπο:

$$\lambda = (3 \cdot 10^8) / \text{συχνότητα σε MHz}$$

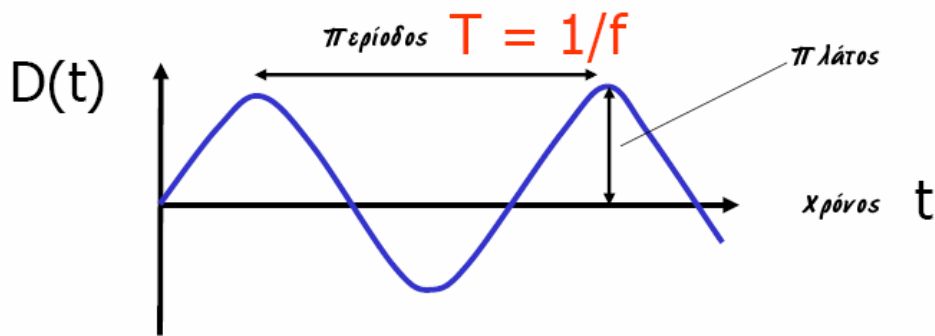
Το μήκος κύματος των ηχητικών κυμάτων σε μέτρα αντίστοιχα δίνεται προσεγγιστικά από τον τύπο:

$$\lambda = 343 / \text{συχνότητα σε Hz}$$

Το μήκος κύματος των ραδιοκυμάτων είναι από μερικά mm μέχρι 50000 km.

Στο επόμενο σχήμα απεικονίζεται ένα ημιτονοειδές κύμα ως συνάρτηση του χρόνου:

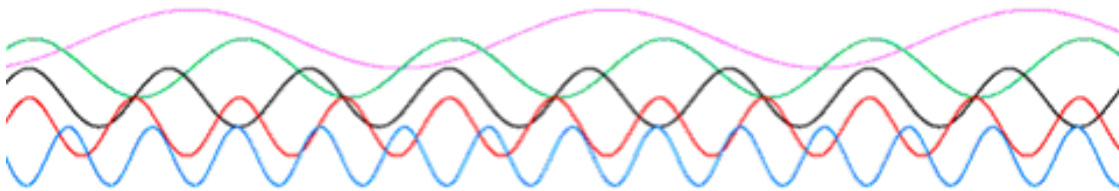




Εικόνα 8. Ημιτονοειδές κύμα ως συνάρτηση του χρόνου

Η **περίοδος** του κύματος είναι το χρονικό διάστημα ανάμεσα σε δύο συνεχόμενα επαναλαμβανόμενα τμήματα του κύματος.

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζονται ημιτονοειδή κύματα διαφορετικών συχνοτήτων. Τα κύματα που βρίσκονται πιο χαμηλά στο σχήμα έχουν υψηλότερη συχνότητα:



Εικόνα 9. Ημιτονοειδή κύματα διαφόρων συχνοτήτων

Τα ημιτονοειδή κύματα εμφανίζονται συχνά στη φύση: ήχος, φως, θαλάσσια κύματα. Ημιτονοειδές κύμα είναι και το εναλλασσόμενο ηλεκτρικό ρεύμα. Πολλά άλλα κύματα που υπάρχουν γύρω μας και δεν είναι ημιτονοειδή, όπως για παράδειγμα η ανθρώπινη φωνή συχνά είναι ένα σύνολο από επιμέρους ημιτονοειδή κύματα.

### Ερωτήσεις

9. Τι είναι τα ραδιοκύματα;
10. Πώς ορίζεται η συχνότητα ενός κύματος;
11. Πώς ορίζεται το μήκος κύματος;
12. Ποια είναι η σχέση ανάμεσα στη συχνότητα και το μήκος κύματος;
13. Ζωγραφίστε ένα ημιτονοειδές κύμα ως συνάρτηση της απόστασης και δείξτε το μήκος κύματος και το πλάτος του.
14. Ζωγραφίστε ένα ημιτονοειδές κύμα ως συνάρτηση του χρόνου και δείξτε την περίοδο και το πλάτος του.





## ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ

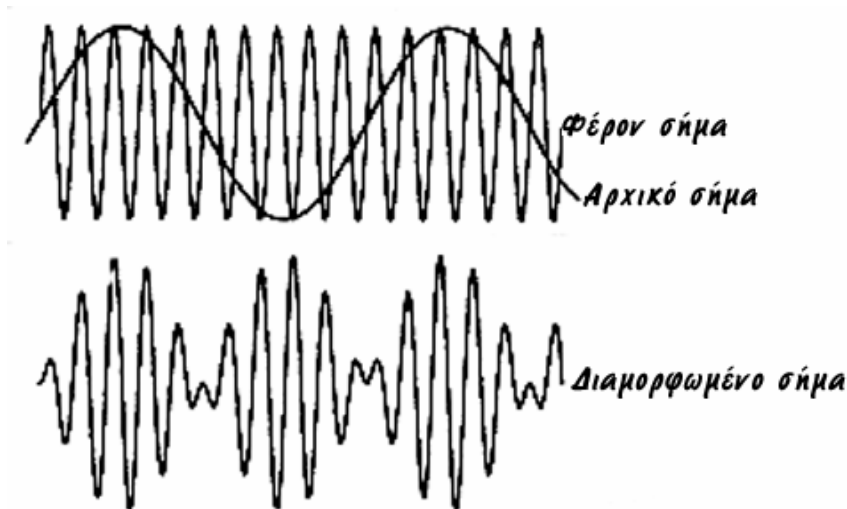
Η **διαμόρφωση** (στις τηλεπικοινωνίες) είναι η διαδικασία μεταβολής ενός κύματος έτσι ώστε να μπορεί να μεταφέρει ένα μήνυμα. Για να πραγματοποιηθεί η διαμόρφωση χρησιμοποιείται ένα ημιτονοειδές κύμα υψηλής συχνότητας, το οποίο ονομάζεται το **φέρων κύμα**. Τα χαρακτηριστικά του φέροντος κύματος που μπορούν να μεταβληθούν κατά τη διαμόρφωσή του είναι το πλάτος, η συχνότητα και η φάση του.

Υπάρχουν διάφορα είδη διαμόρφωσης όπως καταρχήν η **αναλογική** και η **ψηφιακή** διαμόρφωση. Η πρώτη αφορά στην μετάδοση αναλογικών κυμάτων μέσα από συγκεκριμένο κανάλι (περιορισμένο εύρος συχνοτήτων ή καλώδιο). Η ψηφιακή διαμόρφωση αφορά στην μετάδοση ψηφιακών σημάτων (σειρών από 0 και 1) μέσω ενός αναλογικού καναλιού. Δύο πολύ γνωστά και ευρέως χρησιμοποιούμενα είδη αναλογικής διαμόρφωσης είναι η διαμόρφωση **πλάτους (AM – Amplitude Modulation)** και η **διαμόρφωση συχνότητας (FM – Frequency Modulation)**.

### Διαμόρφωση πλάτους

Η **διαμόρφωση πλάτους (AM)** χρησιμοποιείται στην ασύρματη μετάδοση. Πραγματοποιείται μεταβάλλοντας το πλάτος του φέροντος κύματος σύμφωνα με το πλάτος του αρχικού σήματος (μηνύματος).

Στο σχήμα φαίνεται το φέρον κύμα (με μεγάλη συχνότητα) καθώς και το αρχικό σήμα που θέλουμε να μεταδώσουμε. Το διαμορφωμένο κύμα έχει τη συχνότητα του φέροντος, η οποία παραμένει σταθερή, ενώ το πλάτος του μεταβάλλεται.

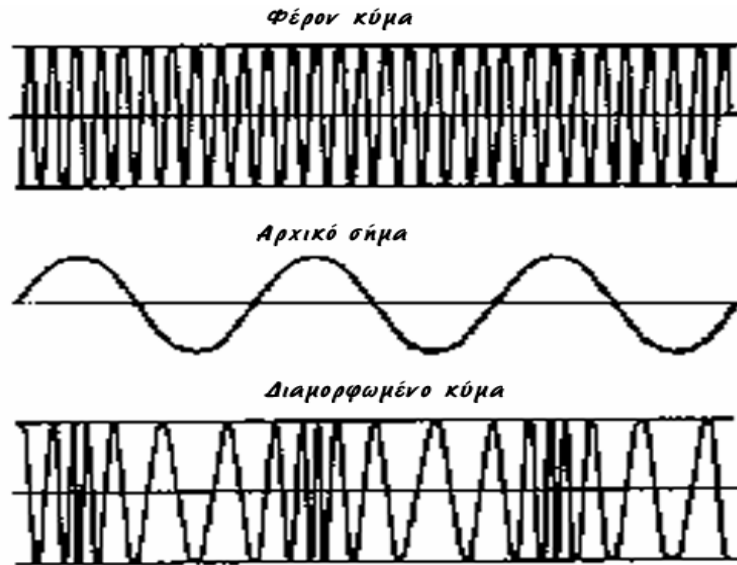


Εικόνα 10. Διαμόρφωση πλάτους AM

Η **διαμόρφωση συχνότητας** μεταβάλλει τη στιγμιαία συχνότητα του φέροντος κύματος σύμφωνα με τη συχνότητα του αρχικού, ενώ το πλάτος του παραμένει σταθερό, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

Η διαμόρφωση συχνότητας έχει πλεονεκτήματα ως προς τη διαμόρφωση πλάτους, διότι είναι πιο ανθεκτική στο «θόρυβο» (παρεμβολές). Χρησιμοποιείται στο ράδιο FM (VHF συχνοτήτες) και για τη μετάδοση του ήχου στην αναλογική τηλεόραση.





Εικόνα 11. Διαμόρφωση συχνότητας FM

### Ερωτήσεις

15. Τι είναι η διαμόρφωση και γιατί χρησιμοποιείται;
16. Τι είναι το φέρων κύμα;
17. Ποια είναι τα δύο βασικά είδη αναλογικής διαμόρφωσης;
18. Τι είναι η διαμόρφωση πλάτους και που χρησιμοποιείται;
19. Τι είναι η διαμόρφωση συχνότητας και που χρησιμοποιείται;
20. Ποια είναι η διαφορά ανάμεσα στη διαμόρφωση πλάτους και τη διαμόρφωση συχνότητας;
21. Κάντε το σχήμα της διαμόρφωσης πλάτους και της διαμόρφωσης συχνότητας.

