



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Εισαγωγή στις Φυσικές Επιστήμες και την Επιστημονική Καλλιέργεια II

Ενότητα 2^η: Ήχοι και υπέρηχοι

Δημήτρης Κολιόπουλος

Σχολή Ανθρωπιστικών & Κοινωνικών Επιστημών
Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης και της Αγωγής στην
Προσχολική Ηλικία

Σκοπός ενότητας

Να προσεγγίσουν οι φοιτήτριες/τές ορισμένα ηχητικά φαινόμενα και τις έννοιες που τα εξηγούν



Περιεχόμενα ενότητας

- Ηχητικά φαινόμενα
- Ένα ποιοτικό εξηγητικό μοντέλο για την παραγωγή, διάδοση και λήψη του ήχου
- Το ηχητικό φάσμα
- Μηχανήματα αναπαραγωγής ήχου

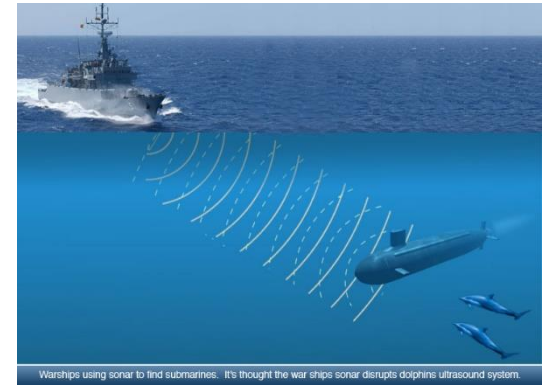


Τα φαινόμενα



Ηχητικά φαινόμενα

- **Εκπομπή και λήψη ήχου / υπερήχου**
 - Ηχείο, Φωνητική χορδή, γεννήτρια συχνοτήτων
 - Αυτί, μικρόφωνο
- **Θόρυβος / Ηχορύπανση**
- **Ανάκλαση, Αντήχηση και ηχώ**
- **Διάθλαση του ήχου**
- **Διακροτήματα**
(περιοδικές μεταβολές της έντασης του ήχου)
- **Φαινόμενο Doppler**
- **Λειτουργία του πικάπ (ή συσκευής laser)**
- **Υπερηχογράφημα**



Εικόνα 1



Εικόνα 2



Οι ερμηνείες

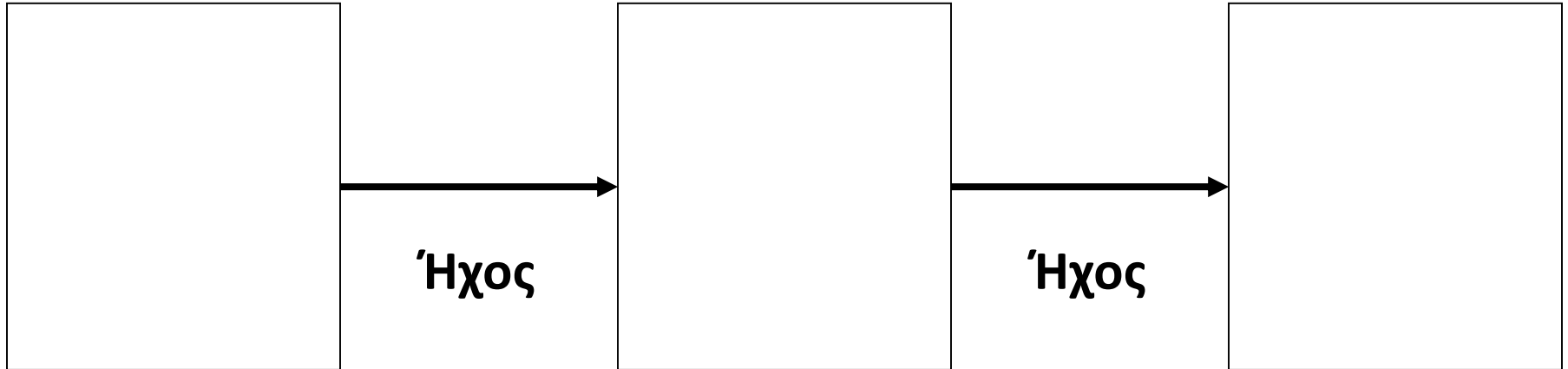


Η διάδοση του ήχου

ΠΟΜΠΟΣ

ΔΕΚΤΗΣ / ΠΟΜΠΟΣ

ΔΕΚΤΗΣ



Πηγές ήχου
(φυσικές-τεχνητές)

**Φυσικά
αντικείμενα**
(απορρόφηση, διάδοση,
ανάκλαση ήχου)

**Αυτί /
Άλλοι δέκτες**
(π.χ., μικρόφωνο)



Το κυματικό μοντέλο του ήχου

Ο ήχος:

- είναι μια **οντότητα στο χώρο** την οποία αντιλαμβανόμαστε ως μηχανικό κύμα (δεν διαδίδεται στο κενό)
- διαδίδεται με σταθερή **ταχύτητα** προς όλες τις κατευθύνσεις
- Εμφανίζει **ηχητικό φάσμα** (περιοχή συχνοτήτων-απλών ήχων)



Παραγωγή του ήχου

- ✓ Ταλάντωση της πηγής ήχου
- ✓ Με ορισμένη **συχνότητα** (αριθμός κινήσεων ανά δευτερόλεπτο)
- ✓ Ο παραγόμενος ήχος **χαρακτηρίζεται** από αυτή τη συχνότητα
- ✓ Ο παραγόμενος ήχος χαρακτηρίζεται από την **ισχύ** του. Η ισχύς του ήχου σχετίζεται με την **έντασή** του.

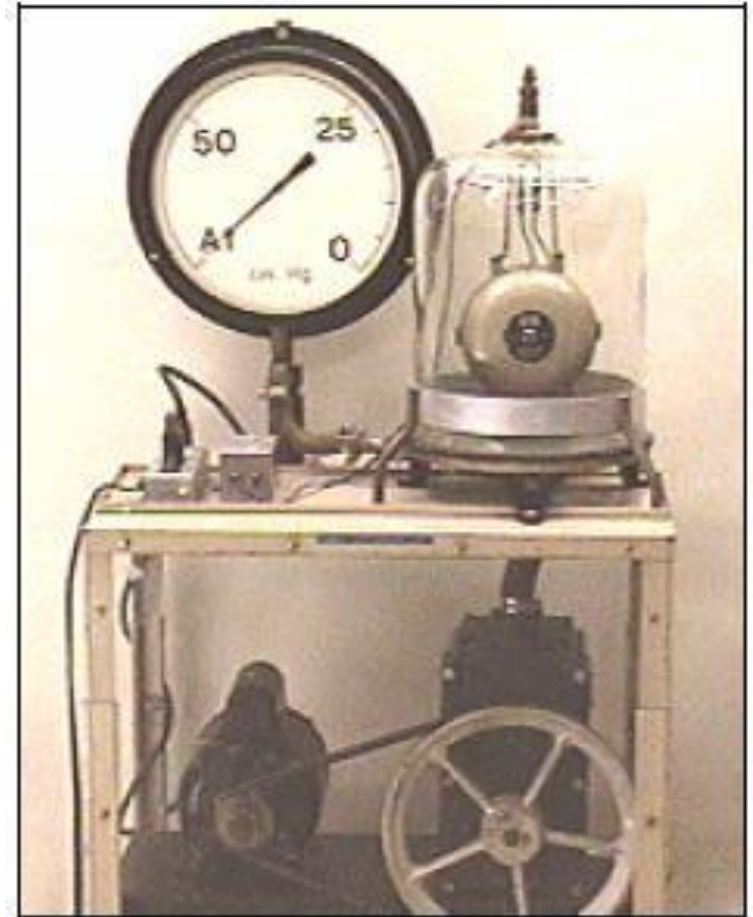


Εικόνα 3



Διάδοση του ήχου

- ✓ Η διάδοση του ήχου απαιτεί ένα **μέσο διάδοσης**
- ✓ Ο ήχος διαδίδεται με διαφορετική **ταχύτητα** σε διαφορετικά μέσα
- ✓ Ο ήχος διατηρεί τη **συχνότητα** που τον χαρακτηρίζει κατά την εκπομπή του



Εικόνα 4



Ταχύτητα φωτός / ήχου

- Ταχύτητα φωτός 300000 Km / sec
- Ταχύτητα ήχου **300 m/sec**
- Απόσταση = ταχύτητα X χρόνος ($d=u \times t$) ή
- Μήκος κύματος = ταχύτητα X περίοδος ($\lambda=u \times T$)
 - Μέτρηση μήκους με υπέρηχους

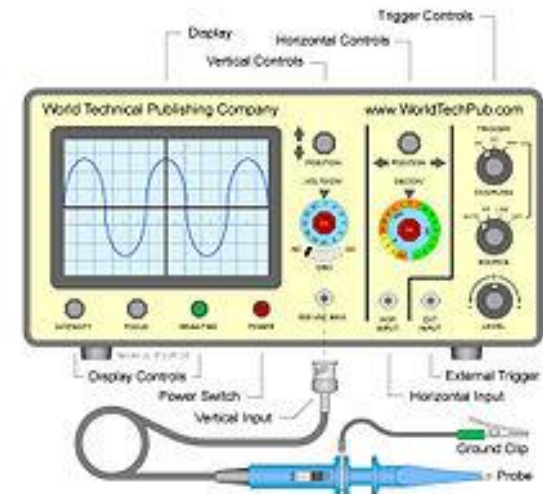


Λήψη του ήχου

- ✓ Ο ήχος ο οποίος λαμβάνεται σε κάποιο δέκτη είναι δυνατόν να οπτικοποιηθεί με τη βοήθεια ενός **παλμογράφου*** (η εικόνα που παίρνουμε στην οθόνη του παλμογράφου ονομάζεται **κυματομορφή**)
- ✓ Με τη μέθοδο του παλμογράφου μπορούμε να προβούμε σε **ανάλυση** του ήχου
- ✓ Διακρίνουμε **απλούς** ήχους, **σύνθετους** ήχους και **θορύβους**
- ✓ Τα όρια της ανθρώπινης ακοής είναι **20 Hz – 20000 Hz**



Εικόνα 5

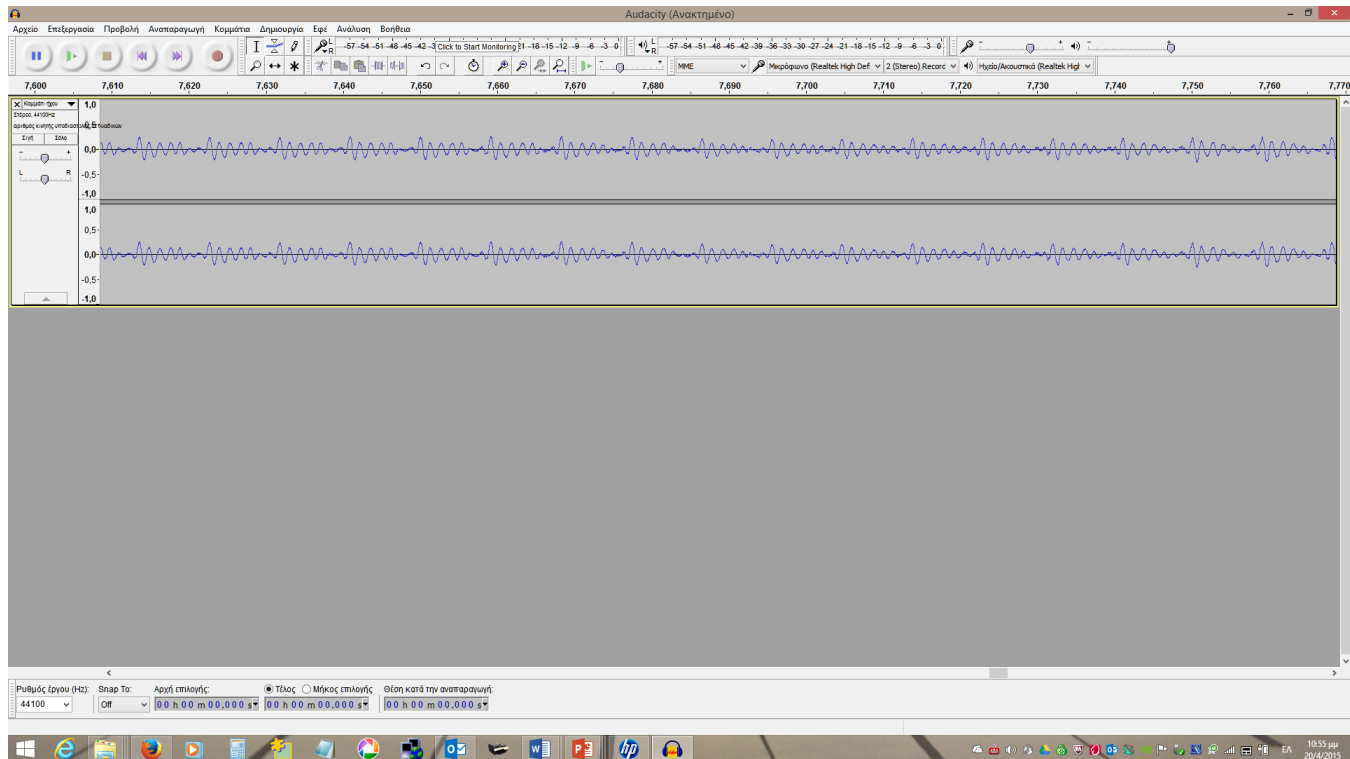


Εικόνα 6

(*) Ο παλμογράφος μπορεί να αντικατασταθεί από **πρόγραμμα Η/Υ**



Ηχητικό φάσμα



Εικόνα 7

<http://sourceforge.net/projects/audacity/?lang=el>




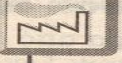




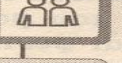



Χαρακτηριστικά του ήχου

Χαρακτηριστικά του ήχου όπως τον αντιλαμβάνεται το αυτί	Χαρακτηριστικά του ήχου ως οντότητας Φυσικών Επιστημών
Ύψος	Συχνότητα
Ακουστότητα	Ένταση
Χροιά	Σύνθεση ήχων



Ένταση θορύβου

ΠΟΙΟΙ ΘΟΡΥΒΟΙ ΜΑΣ ΑΠΕΙΛΟΥΝ			
Πηγή θορύβου	Βαθμός έντασης (ντεσιμπέλ, db)	Χρόνος έκθεσης	Επιπτώσεις
 ΑΕΡΙΩΘΟΥΜΕΝΟ ΑΕΡΟΠΛΑΝΟ	140	-	Σοβαρές βλάβες
 ΚΟΜΠΡΕΣΕΡ	100 - 120	7,5 λεπτά	Προβλήματα ακοής
 ΣΥΝΑΥΛΙΑ ΡΟΚ	90 - 130	20 λεπτά - 8 ώρες	Προβλήματα ακοής
 ΔΡΟΜΟΣ ΜΕ ΚΙΝΗΣΗ, ΜΟΤΟΣΙΚΛΕΤΑ	90	8 ώρες	Προβλήματα ακοής
 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ (ΜΕΣΗ)	85	16 ώρες	Ναυτία, ζαλάδες ημικρανία
 ΠΥΡΟΒΟΛΟ ΟΠΛΟ ΣΕΙΡΗΝΑ ΣΥΝΑΓΕΡΜΟΥ	140 - 170	-	Ναυτία, ζαλάδες ημικρανία
 ΣΤΕΡΕΟΦΩΝΙΚΟ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ	περίπου 140*	χρόνια	Σοβαρές βλάβες
 ΣΤΕΡΕΟ ΦΟΡΗΤΟ (ΓΟΥΟΚΜΑΝ)	περίπου 120*	χρόνια	Προβλήματα ακοής
 ΚΙΝΗΣΗ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ ΣΕ ΛΕΩΦΟΡΟ	περίπου 100	χρόνια	Προβλήματα ακοής
 ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	50 - 60	απεριόριστος	Καμία
 ΟΧΛΟΒΟΗ ΣΤΑ ΓΗΠΕΔΑ	110	χρόνια	Προβλήματα ακοής

*Στη μεγαλύτερη ένταση

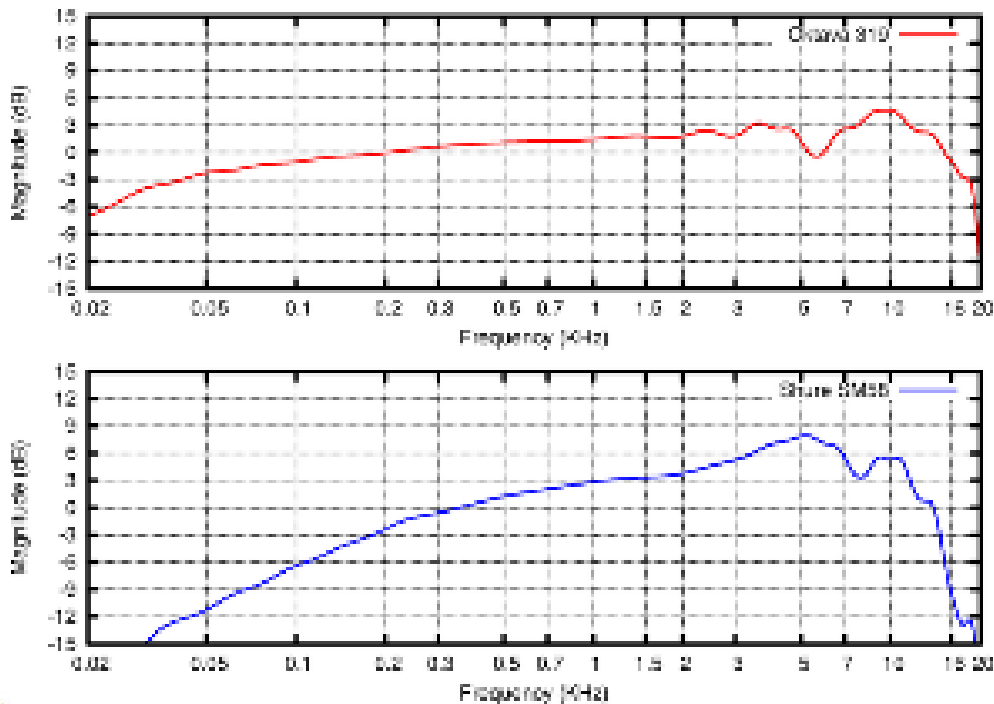
Πηγή: Ιατρικά εγχειρίδια, έρευνες

Εικόνα 8



Η ανάλυση του ήχου στα ηχεία

Η ισχύς του παραγόμενου ήχου μετριέται σε **Watt** ή **Décibels**



Εικόνα 9



Εικόνα 10



Μηχανήματα αναπαραγωγής ήχου: ο φωνογράφος, το πικάπ, η συσκευή CD



Εικόνα 11



Ο Φωνογράφος

Ο πρόγονος του πικάπ είναι ο φωνογράφος. Κατασκευάστηκε από τον Αμερικανό Τόμας Έντισον (Thomas Edison) το 1877 (Στην εικόνα φαίνεται ο φωνογράφος του Έντισον). Ο φωνογράφος ήταν μια συσκευή **καταγραφής** και **αναπαραγωγής** του ήχου. Η καταγραφή του ήχου γινόταν από μια **βελόνα** πάνω σε ένα **κύλινδρο** που ήταν καλυμμένος από αλουμινόχαρτο.



Εικόνα 12



Ο Φωνογράφος

- Οι δονήσεις που προέρχονταν από τον ήχο **μετατρέπονταν** σε κινήσεις της βελόνας η οποία χάραζε ανάλογα τον κύλινδρο δημιουργώντας 'αυλάκια'. Ο κύλινδρος περιστρεφόταν με το χέρι με τη βοήθεια μιας **μανιβέλας**. Αντίστροφα αναπαραγόταν ο ήχος όταν οι κινήσεις της βελόνας που κυλούσε μέσα στα 'αυλάκια' **μετατρέπονταν** σε κινήσεις μιας ενσωματωμένης μεμβράνης. Με τις κινήσεις της **μεμβράνης** παραγόταν ο ήχος. Η ποιότητα του ήχου ήταν πολύ κακή.



Εικόνα 13



Το πικάπ για δίσκους βινυλίου (1)

- Έγιναν πολλές μετατροπές στο φωνογράφο μέχρι την κατασκευή του πικάπ για **δίσκους βινυλίου** που χρησιμοποιούμε ακόμη και σήμερα. Το σύγχρονο πικάπ πάντως λειτουργεί περίπου όπως ο πρώτος φωνογράφος. Απλά **αναπαράγει** τον ήχο ο οποίος έχει καταγραφεί στους δίσκους βινυλίου από διάφορες εταιρείες. Οι δίσκοι αυτοί έχουν αυλάκια. Μέσα στα αυλάκια κυλάει η **βελόνα** του πικαπ και οι κινήσεις της βελόνας μετατρέπονται σε **ηλεκτρικά σήματα**. Τα σήματα αυτά μετατρέπονται (μέσω ενός ενισχυτή) σε ηχητικά σήματα σε ένα **μεγάφωνο**.



Εικόνα 14



Εικόνα 15



Το πικάπ για δίσκους βινυλίου (1)

Δηλαδή το πικάπ δεν είναι τίποτα άλλο παρά ένας μετατροπέας των κινήσεων της βελόνας σε ηλεκτρικά σήματα. Τα ηλεκτρικά σήματα αυτά, στη συνέχεια, μετατρέπονται σε κινήσεις στο **ηχείο** ενός μεγάφωνου. Οι κινήσεις αυτές με τη σειρά τους δημιουργούν τα ηχητικά κύματα (τον ήχο) που μεταδίδεται στον αέρα. Τα ηλεκτρικά σήματα που παράγονται σε ένα πικάπ ονομάζονται και **αναλογικά** σήματα. Οι δίσκοι βινυλίου περιστρέφονται με τη βοήθεια ενός **ηλεκτρικού κινητήρα (μοτέρ)** με σταθερή ταχύτητα.



Εικόνα 16



Από το πικάπ στα ψηφιακά μέσα αναπαραγωγής του ήχου (CD, MP3 κλπ)

Ο περισσότερος κόσμος δεν χρησιμοποιεί πια συσκευές που μετατρέπουν τα ηλεκτρικά σήματα (μέσω των ηχείων) σε ήχο. Έχουν κατασκευαστεί **ηλεκτρονικές συσκευές** οι οποίες καταγράφουν τον ήχο όχι με μηχανικά μέσα όπως στο δίσκο βινυλίου (που χαράζονται αυλάκια), αλλά με ηλεκτρονικά μέσα (σε δίσκους CD). Στους δίσκους CD έχουν εγγραφεί ηλεκτρονικά (**ψηφιακά**) σήματα που αντιστοιχούν σε κάποιους ήχους. Η συσκευή CD (εικόνα) που είναι το ανάλογο του πικάπ, «διαβάζει» αυτά τα σήματα (μέσω ενός **μηχανισμού laser** που παίζει το ρόλο της βελόνας πικάπ).



Εικόνα 17

Στη συνέχεια, η διαδικασία είναι η ίδια. Το **ηλεκτρονικό σήμα** μετατρέπεται σε κίνηση σε ένα ηχείο και κατόπιν σε ήχο.



Συγκρίνοντας τα μηχανήματα αναπαραγωγής ήχου

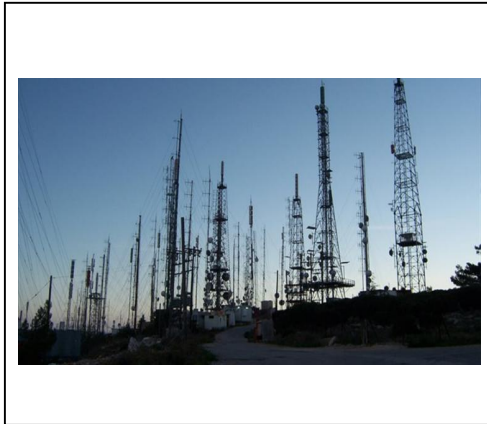
ΦΩΝΟΓΡΑΦΟΣ	ΠΙΚΑΠ	ΣΥΣΚΕΥΗ CD
Μετατρέπει τη κίνηση της βελόνας (πάνω στα αυλάκια του αλουμινόχαρτου) σε κίνηση μιας μεμβράνης. Η κίνηση αυτή παράγει τον ήχο.	Μετατρέπει τη κίνηση της βελόνας (πάνω στα αυλάκια του δίσκου βινυλίου) σε ηλεκτρικά σήματα. Τα ηλεκτρικά σήματα μετατρέπονται σε κίνηση μιας μεμβράνης ενός ηχείου. Η κίνηση αυτή παράγει τον ήχο.	Μετατρέπει τα ηλεκτρονικά (ψηφιακά) σήματα (στο δίσκο cd) σε ηλεκτρικά σήματα. Τα ηλεκτρικά σήματα μετατρέπονται σε κίνηση μιας μεμβράνης ενός ηχείου. Η κίνηση αυτή παράγει τον ήχο.
Μέσο αναπαραγωγής ήχου: Κύλινδρος με αλουμινόχαρτο	Μέσο αναπαραγωγής ήχου: Δίσκος βινυλίου	Μέσο αναπαραγωγής ήχου: Δίσκος cd
Κίνηση του κυλίνδρου με μανιβέλα	Κίνηση του δίσκου με ηλεκτρικό μοτέρ	Κίνηση του δίσκου με ηλεκτρικό μοτέρ
Κακή ποιότητα ήχου	Μέτρια ποιότητα ήχου (από γρατζουνιές κλπ)	Πολύ καλή ποιότητα ήχου
Εμφανίζεται: 1877 (Θωμάς Έντισον)	Εμφανίζεται: Περίπου το 1920	Εμφανίζεται: Περίπου το 1980



Η διάδοση των ραδιοκυμάτων

ΠΟΜΠΟΣ

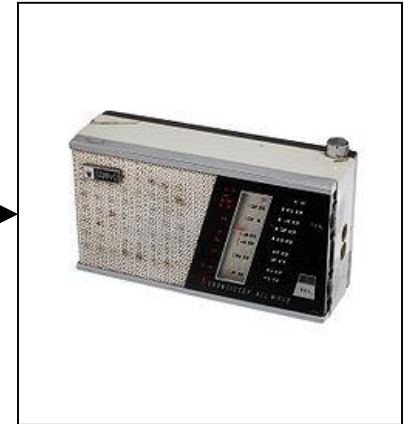
ΔΕΚΤΗΣ



Εικόνα 18

**Πηγή
ραδιοφωνικού
κύματος**
(ραδιοπομπός + κεραία)

Ραδιοφωνικό κύμα



Εικόνα 19

**Κεραία
ραδιοφώνου /
Ραδιόφωνο**



Παραγωγή των ραδιοκυμάτων

- ✓ Τα ραδιοφωνικά κύματα ή ραδιοκύματα παράγονται από μηχανήματα στα οποία ταλαντώνεται το **ηλεκτρομαγνητικό πεδίο**
- ✓ Τα ραδιοκύματα χαρακτηρίζονται από τη **συχνότητα** τους (μετριέται σε **Hertz**)
- ✓ Το φάσμα συχνοτήτων των ραδιοκυμάτων που χρησιμοποιούνται στις εκπομπές ραδιοφώνου FM είναι 87,5 – 108 MHz)
- ✓ $1 \text{ MHz} = 1000000 \text{ Hz}$

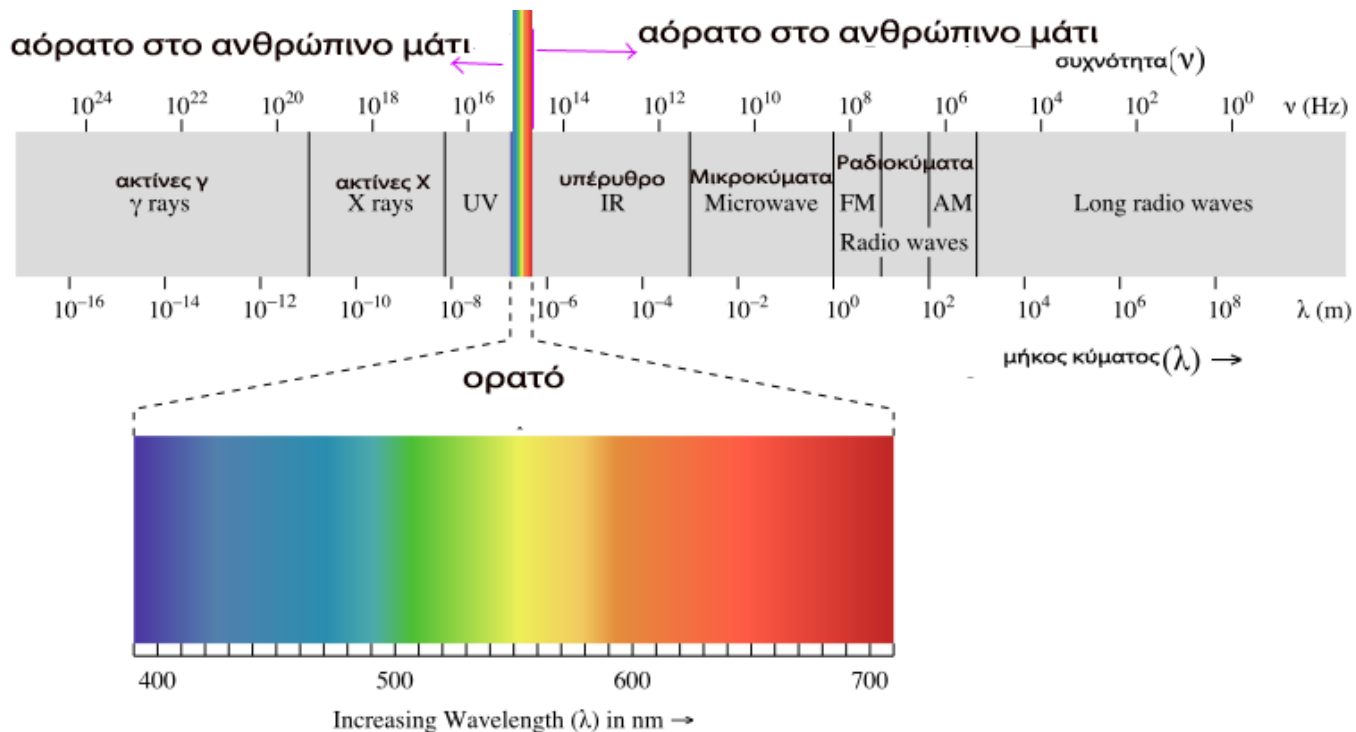


Εικόνα 20



Διάδοση των ραδιοκυμάτων

- ✓ Τα ραδιοκύματα είναι ένα μικρό μέρος του **ηλεκτρομαγνητικού φάσματος**
- ✓ Η διάδοση των ραδιοκυμάτων μπορεί να γίνει και στο **ΚΕΝΟ**



Εικόνα 21



Λήψη των ραδιοκυμάτων

- ✓ Το **ραδιόφωνο** είναι ένας δεκτής ραδιοκυμάτων
- ✓ Το ραδιόφωνο **μετατρέπει** τα ραδιοκύματα σε **ηχητικά κύματα**



Εικόνα 22

Ραδιόφωνο με λυχνίες



Εικόνα 23

Ραδιόφωνο με τρανζίστορ



Εικόνα 24

Ψηφιακό ραδιόφωνο



Διάδοση των ηχητικών κυμάτων

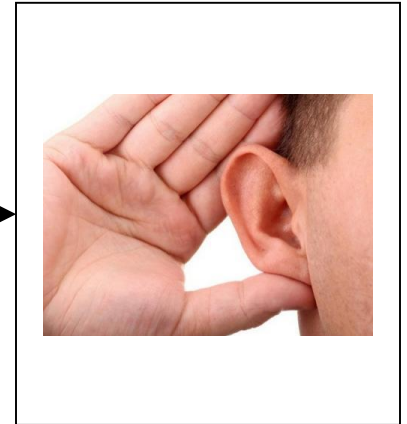
ΠΟΜΠΟΣ



Εικόνα 25

Πηγές ήχου
(ραδιόφωνο)

ΔΕΚΤΗΣ



Εικόνα 26

Αυτί /
Άλλοι δέκτες
(π.χ., μικρόφωνο)

Ηχητικό κύμα



Δραστηριότητες



Ηχώ

Σε πόσα μέτρα μακριά πρέπει να βρίσκεται η επιφάνεια ανάκλασης του ήχου ώστε να υπάρξει ηχώ; (Ο ελάχιστος χρόνος που χρειάζεται το αυτί για να διακρίνει δύο ήχους είναι $1/10$ του δευτερολέπτου)



Ήχος και φως

Κατασκευάστε ένα πίνακα με ομοιότητες και διαφορές ανάμεσα στο φως και τον ήχο



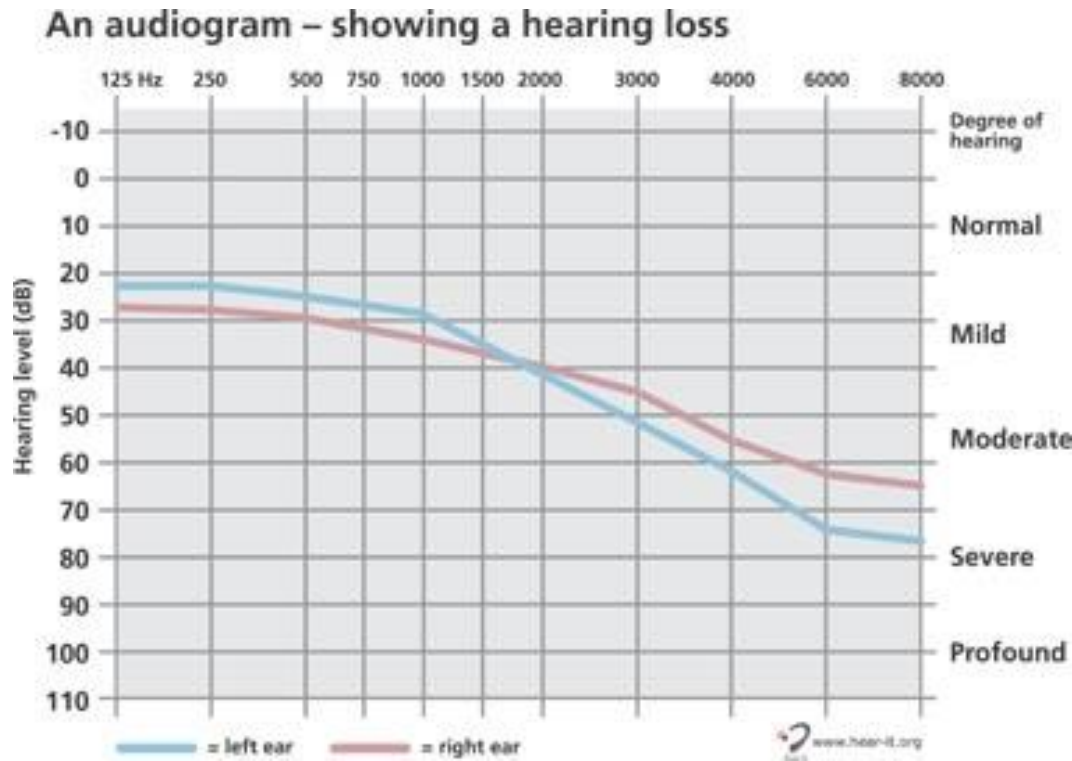
Ηχητικά και ραδιοφωνικά κύματα

Ποιες είναι οι διαφορές ανάμεσα στα ηχητικά κύματα και τα ραδιοφωνικά κύματα; Τι είδους κύματα είναι αυτά που εκπέμπονται από ένα ραδιοφωνικό δέκτη;



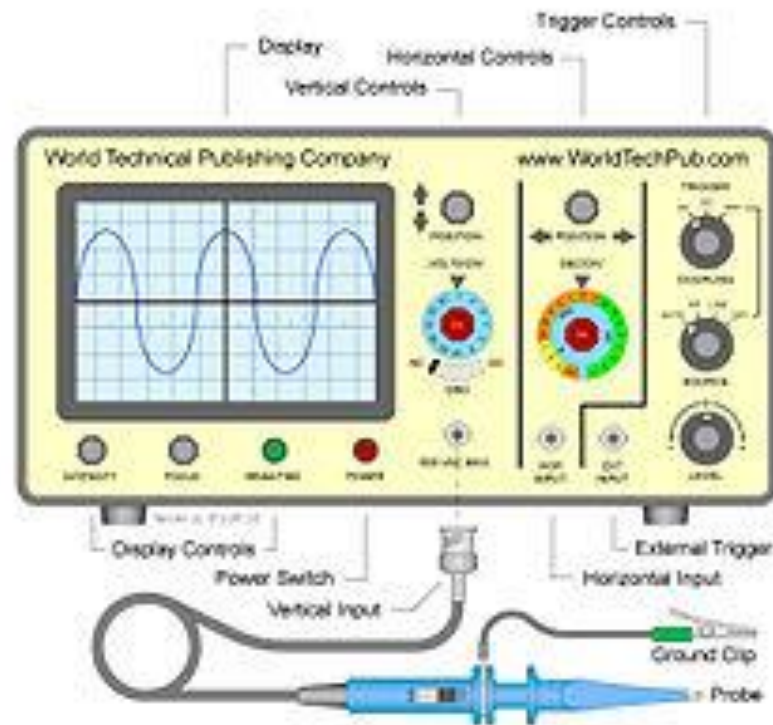
Ηχώγραμμα

Περίπου 20% του πληθυσμού έχει κάποιου είδους ακουστικές ατέλειες. Για παράδειγμα, το διπλανό **ηχώγραμμα** δείχνει ότι το συγκεκριμένο άτομο εμφανίζει μια απώλεια 60 περίπου Db στην περιοχή των 2000 Hz. Να προτείνετε μια μέθοδο και τα μέσα με τα οποία μπορείτε να ελέγξετε την ακουστική σας ικανότητα



Κυματομορφή

Ποια αλλαγή θα συμβεί στην κυματομορφή ενός απλού ήχου αν αυξήσουμε την απόσταση μεταξύ της πηγής ήχου (διαπασών) και μικροφώνου στην πειραματική δραστηριότητα του σχήματος; Γιατί;



Εικόνα 28



Επίσκεψη σε μουσείο επιστημών

Επισκεφθείτε τη [διαδραστική έκθεση](#) του Ιδρύματος Ευγενίδου 'Επικοινωνία: "Ήχος και Εικόνα'. Περιγράψτε τα εκθέματα που σχετίζονται με την ενότητα 'Ήχος' και σχολιάστε αν είναι κατάλληλα για την προσέγγιση εννοιών του ήχου από νήπια.



Εικόνα 29



Τέλος Ενότητας



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα



Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση **1.00**.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Σχολή Κοινωνικών και Ανθρωπιστικών Επιστημών, Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης και της Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία, Δημήτρης Κολιόπουλος, «Εισαγωγή στις Φυσικές Επιστήμες και την Επιστημονική Καλλιέργεια II» Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

<https://eclass.upatras.gr/courses/PN1408/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



1] <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Σύμφωνα με αυτήν την άδεια ο δικαιούχος σας δίνει το δικαίωμα να:

Μοιραστείτε — αντιγράψετε και αναδιανέμετε το υλικό

Προσαρμόστε — αναμείξτε, τροποποιήστε και δημιουργήστε πάνω στο υλικό για κάθε σκοπό

Υπό τους ακόλουθους όρους:

Αναφορά Δημιουργού — Θα πρέπει να καταχωρίσετε αναφορά στο δημιουργό, με σύνδεσμο της άδειας

Παρόμοια Διανομή — Αν αναμείξτε, τροποποιήσετε, ή δημιουργήσετε πάνω στο υλικό, πρέπει να διανείμετε τις δικές σας συνεισφορές υπό την ίδια άδεια όπως και το πρωτότυπο

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/4)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνα 1: <http://www.tmatlantic.com/upload/images/soundwave3.jpg>

Εικόνα 2: <https://en.wikipedia.org/wiki/Ultrasound>

Σημείωμα χρήσης: CC BY-SA 3.0

Εικόνα 3: <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGYM-C201/296/2071,7282/>

Εικόνα 4:

http://www.dapontes.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=214&Itemid=46

Εικόνα 5: <http://phymain.unisciel.fr/visualiser-les-sons/>

Εικόνες 6, 28: <https://en.wikipedia.org/wiki/Oscilloscope>

Σημείωμα χρήσης: CC BY-SA 3.0



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/4)

Εικόνα 7: Αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του διδάσκοντα Δ. Κολιόπουλου

Εικόνα 8: Απόκομμα από παλιά εφημερίδα

Εικόνα 9: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Mikrofon>

Σημείωμα χρήσης: CC BY-SA 3.0

Εικόνα 10: <http://www.audioholics.com/bookshelf-speaker-reviews/jbl-pro-7-series-monitors>

Εικόνες 11-13:

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A6%CF%89%CE%BD%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%AC%CF%86%CE%BF%CF%82>

Σημείωμα χρήσης: CC BY-SA 3.0

Εικόνα 14: https://en.wikipedia.org/wiki/Direct-drive_turntable

Σημείωμα χρήσης: CC BY-SA 3.0



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/4)

Εικόνες 15, 16:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vinyl_record_LP_10inch.JPG

Σημείωμα χρήσης: CC BY-SA 3.0

Εικόνα 17: <http://www.pcschool.gr/katigories-arthron/arthra/hardware/to-esoteriko-toy-ypologisti>

Εικόνες 18, 20: <http://www.topontiki.gr/article/56504/ennia-prosagoges-meta-apo-entasi-se-sygkentrosi-stis-keraias-tis-ert-ston-ymitto>

Εικόνες 19, 23, 25: https://en.wikipedia.org/wiki/Transistor_radio

Σημείωμα χρήσης: CC BY-SA 3.0

Εικόνα 21: <http://users.sch.gr/izogakis/?p=3072>

Σημείωμα χρήσης: CC BY-NC-SA 3.0

Εικόνα 22: <http://www.topontiki.gr/article/54348/enas-mikros-italos-mathainei-ellinika-apo-tin-ert>



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (4/4)

Εικόνα 24: [/http://www.engadget.com/2009/04/15/pandora-lovin-livio-radio-sports-thumbs-up-down-controls](http://www.engadget.com/2009/04/15/pandora-lovin-livio-radio-sports-thumbs-up-down-controls)

Εικόνα 26: <http://www.xblog.gr/fortise-tis-mpataries-me-ta-autia-sou-3242/>

Εικόνα 27: <http://www.hearing.ie/results.html>

Εικόνα 29: <http://verusplus.blogspot.gr/search/label/ERP>

