

## Μάθημα: «Ηλεκτροακουστική & Ακουστική Χώρων»

### Διάλεξη 1<sup>η</sup>: «Διαδικασία μαθήματος και Εισαγωγή»

Φλώρος Ανδρέας  
Επικ. Καθηγητής

Electro  
Acoustics

## Πληροφορίες για το μάθημα

- Διδάσκων
  - Ανδρέας Φλώρος (floras@ionio.gr)
  - Μιχάλης Αρβανίτης (micharv@ionio.gr)
- Ορολόγιο πρόγραμμα του μαθήματος
  - Διαλέξεις: Τετάρτη, 17:00 – 19:00 (Αίθουσα 1)
  - Φροντιστήριο: Τετάρτη, 19:00 – 20:00 (Αμφιθέατρο)
  - Εργαστήριο: Τετάρτη, 12:00 – 13:00 (Εργαστήριο Η/Υ)
  - Εργαστηριακό: Τετάρτη, 16:00 – 17:00 (Αίθουσα 1)

Electro  
Acoustics

## Πληροφορίες για το μάθημα (συν.)

- Διαλέξεις
  - Η θεωρία του μαθήματος
  - Πρακτικές εφαρμογές
- Εργαστηριακό / Εργαστήριο
  - Λογισμικό ειδικού σκοπού
  - Πρακτική εξάσκηση / επίδειξη
- Φροντιστήριο
  - Ασκήσεις



Electro  
Acoustics

## Πληροφορίες για το μάθημα (συν.)

- Εκπόνηση εργασίας / εργασιών
  - Ατομικές
  - Συμμετοχή στη βαθμολογία (~30%)
  - Γραπτή εξέταση
- Υλικό αναφοράς (προτεινόμενο)
  - Γ. Παπανικολάου, «Ηλεκτροακουστική», University Studio Press, 2005
  - Λ. Χαδέλλης, «Ακουστική, Ψυχοακουστική, Ηλεκτροακουστική», Σύγχρονη Μουσική, 2004



Electro  
Acoustics

### Πληροφορίες για το μάθημα (συν.)

- E-class
  - <http://e-class.ionio.gr>
- Υπάρχει κάποιος που δεν γνωρίζει τη λειτουργία του;
- Εγγραφή χρηστών



Electro  
Acoustics

### Στόχοι προγράμματος σπουδών ΤΤΗΕ

- Βασική ιδέα του πενταετούς προγράμματος σπουδών του ΤΤΗΕ
  - Η σύγχρονη εξειδίκευση στον οπτικοακουστικό χώρο και στα πολυμέσα πρέπει να στηρίζεται σε επαρκείς γνώσεις:
    - των οπτικοακουστικών τεχνικών
    - των σύγχρονων ψηφιακών μεθόδων επεξεργασίας του ήχου, της εικόνας και του συνδυασμού τους
    - της επιστημονικής θεμελίωσης του ρόλου των οπτικοακουστικών εφαρμογών στη σύγχρονη εξελισσόμενη κοινωνία

Πηγή

Ιστότοπος Ιονίου Πανεπιστημίου / ΤΤΗΕ ([www.ionio.gr](http://www.ionio.gr))

Electro  
Acoustics

### Στόχος του μαθήματος

«... Η παρουσίαση και ανάλυση θεμάτων της ηλεκτροακουστικής και της επιστήμης της ακουστικής χώρων, καθώς και η συνδυασμένη χρήση των δύο επιστημονικών περιοχών για τη βέλτιστη υποστήριξη σύγχρονων οπτικοακουστικών εφαρμογών...»

Electro  
Acoustics

### Εισαγωγή στο μάθημα...



Electro  
Acoustics

### Το αντικείμενο της ηλεκτροακουστικής

- Συνδυασμός δύο επιστημών
  - Ακουστικής
  - Ηλεκτρολογίας
- *«η επιστήμη που συνδυάζει την ακουστική με την ηλεκτρολογία και έχει σαν αντικείμενο την μελέτη, σχεδιασμό και κατασκευή συστημάτων που επιτρέπουν την παραγωγή, διάδοση, ηχογράφηση / αποθήκευση, αναπαραγωγή, μέτρηση και βιομηχανική χρήση του ήχου»*



Electro  
Acoustics

### Τα ηλεκτροακουστικά «συστήματα»

- Μικρόφωνα
- Προενισχυτές
  - Μικροφώνου
  - Τάσης
- Μείκτες
- Ενισχυτές ισχύος
- Μεγάφωνα
- Ηχεία
- Διασυνδέσεις



Electro  
Acoustics

### Τα ηλεκτροακουστικά συστήματα (συν.)

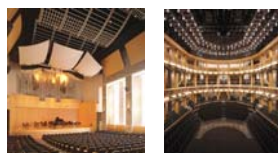
- Υλοποιούν «μετασχηματισμούς» ενέργειας
  - Ακουστική σε μηχανική
  - Μηχανική σε ηλεκτρική
  - Ηλεκτρική σε μηχανική
  - Μηχανική σε ακουστική
- Διαχειρίζονται ηλεκτρικά σήματα
- Συνδυαζόμενα δίνουν σύνθετες ηλεκτροακουστικές εγκαταστάσεις
  - ή απλά ηχητικές εγκαταστάσεις...



Electro  
Acoustics

### Το αντικείμενο της ακουστικής χώρων

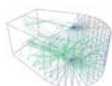
- Αρχές διάδοσης του ήχου σε κλειστούς χώρους
- Βελτιστοποίηση ακουστικής συμπεριφοράς των χώρων αυτών
- Σύγχρονες μέθοδοι μελέτης και προσομοίωσης της ακουστικής απόκρισης κλειστών χώρων



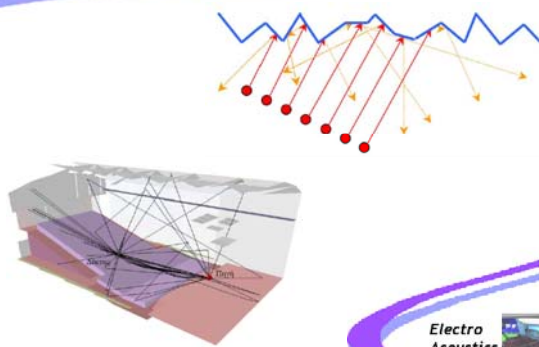
Electro  
Acoustics

### Το αντικείμενο της ακουστικής χώρων (συν.)

- Μοντελοποίηση της ακουστικής συμπεριφοράς χώρων
- Βελτιστοποίηση
  - Για χώρους που έχουν κατασκευαστεί (με παρεμβάσεις)
  - Για χώρους υπό κατασκευή
- Αναπαράσταση εικονικής πραγματικότητας
  - Χώρων που δεν υπάρχουν πλέον
  - Φανταστικών χώρων
- Βασικό εργαλείο μηχανικού ήχου
  - Βελτιστοποίηση με χρήση ηλεκτροακουστικών συστημάτων



### Ιδιαιτερότητες ηχητικού πεδίου σε κλειστούς χώρους



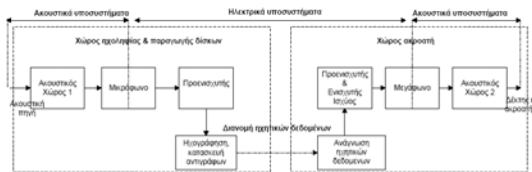
### Παράδειγμα ολοκληρωμένου συστήματος (1)



Μπορεί να εμφανιστεί όταν ηχηλ/δέκτης βρισκονται στον ίδιο χώρο



### Παράδειγμα ολοκληρωμένου συστήματος (2)



### Συνοψίζοντας...

- Συνδυάζοντας ηλεκτροακουστική και ακουστική χώρων...

Electro Acoustics

### Σύντομη επανάληψη

Electro Acoustics

### Βασικά μεγέθη

- Βασικό χαρακτηριστικό μίας ηχητικής πηγής είναι η ακουστική ισχύς (W) – Μονάδα μέτρησης το Watt

Electro Acoustics

### Βασικά μεγέθη (συν.)

- Ακουστική πίεση (p)
  - Η υπερπίεση ή υποπίεση (σε σχέση με την ατμοσφαιρική πίεση) που δημιουργείται κατά τη διάδοση του ηχητικού κύματος
  - Πλάτος της πίεσης: Η μέγιστη διαφορά της στιγμιαίας πίεσης από την ατμοσφαιρική πίεση
  - Μονάδα μέτρησης το Pascal (N/m<sup>2</sup>)
    - 1 bar = 10<sup>5</sup> Pa = 1 ατμόσφαιρα ~ 10 m στήλης νερού
- Ηχητική ένταση (I)
  - Διαυσματικό μέγεθος
  - Εκφράζει την ενέργεια (ισχύ) ανά μονάδα επιφάνειας
  - Μονάδα μέτρησης W/m<sup>2</sup>

Electro Acoustics

### Ηχητική πίεση

Atmospheric Pressure — 100 000 Pascal

Pressure variations = Sound Pressure (~ 0.01 Pascal)

Time

Electro Acoustics

### Ένταση του ήχου

$$I = \frac{W}{4\pi r^2} = \frac{p^2}{\rho c}$$

Power:  $W$  [W]  
Intensity:  $I$  [ $J/s/m^2 = W/m^2$ ]  
Pressure:  $p$  [ $Pa = N/m^2$ ]

Electro Acoustics

### Το σύστημα decibel – Γιατί χρησιμοποιείται?

- Στην ακουστική οι μονάδες που χρησιμοποιούμε είναι **λογαριθμικές**
  - Μεγάλο εύρος τιμών
    - Π.χ. Η ηχητική πίεση από 20μPa έως 10<sup>8</sup>Pa
  - Ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται τον ήχο «λογαριθμικά»

$$R = k \log S$$

- όπου
  - R η αλλαγή της υποκειμενικής αντίληψης
  - S η σχετική μεταβολή του ερεθίσματος που την προκαλεί
  - k μια σταθερά

**Ψυχοφυσικός νόμος των Weber-Fechner**

Electro Acoustics

### Το σύστημα decibel – Ορισμοί

- Μονάδα bel: ο λογάριθμος μιας αδιάστατης ποσότητας
 
$$A(bel) = \log \frac{k_1}{k_{ref}}$$
  - $k_1, k_{ref}$  τιμές με ίδιες μονάδες
- Μονάδα decibel (dB): το δέκατο της μονάδας bel
 
$$A(dB) = 10 \log \frac{k_1}{k_{ref}}$$
- Σχετική μέτρηση μεγεθών

Electro Acoustics

### Το σύστημα decibel – Ηχητικές στάθμες



- Στάθμη ηχητικής πίεσης (Sound Pressure Level – SPL ή  $L_p$ )

$$dB - SPL = 10 \log_{10} \left( \frac{p}{p_{ref}} \right)^2 = 20 \log_{10} \frac{p}{p_{ref}} \cdot p_{ref} = 2 \times 10^{-5} N/m^2$$

- Στάθμη έντασης ήχου (Intensity Level – IL ή  $L_I$ )

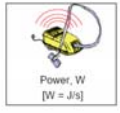
$$dB - IL = 10 \log_{10} \left( \frac{I}{I_{ref}} \right), \quad I_{ref} = 10^{-12} \frac{W}{m^2}$$

- Στάθμη ισχύος ήχου (PoWer Level – PWL ή  $L_W$ )

$$dB - PWL = 10 \log_{10} \left( \frac{W}{W_{ref}} \right), \quad W_{ref} = 10^{-12} W$$



### Χρήση των μεγεθών

**Sound Power**



Power,  $W$   
[ $W = J/s$ ]


$L_w = 10 \log_{10} \frac{W}{W_0}$  dB  
( $W_0 = 1 \mu W$ )

**Sound Intensity**

Intensity,  $I$   
[ $J/s/m^2 = W/m^2$ ]


$L_I = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0}$  dB  
( $I_0 = 1 \mu W/m^2$ )

**Sound Pressure**



Pressure,  $p$   
[ $N/m^2 = Pa$ ]

$L_p = 10 \log_{10} \frac{p^2}{p_0^2}$  dB  
( $p_0 = 20 \mu Pa$ )



### Παράδειγμα 1

- Σημειακή ηχητική πηγή στο ελεύθερο πεδίο παράγει 0.01Watt. Ποιά η στάθμη ηχητικής πίεσης σε απόσταση 1.5 μέτρου;

**Sound Power**

$W = 0.01 \text{ Watt}$


$L_w = 10 \log_{10} \frac{W}{W_0}$  dB  
 $= 10 \log_{10} \frac{0.01}{10^{-12}}$  dB  
 $L_w = 100 \text{ dB}$

**Sound Intensity**

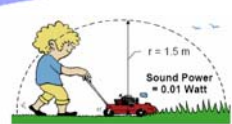
?

**Sound Pressure**

?



### Παράδειγμα 2



$r = 1.5 \text{ m}$   
Sound Power = 0.01 Watt

$$\text{Intensity} = \frac{\text{Power}}{\text{area}} = \frac{W}{A_{\text{sphere}}} = \frac{W}{4\pi r^2} = \frac{W}{2\pi^2 r^2}$$

**Sound Power**

$W = 0.01 \text{ Watt}$

$L_w = 10 \log_{10} \frac{W}{W_0}$  dB  
 $= 10 \log_{10} \frac{0.01}{10^{-12}}$  dB  
 $L_w = 100 \text{ dB}$

**Sound Intensity**

$I = \frac{W}{2\pi^2 r^2} = \frac{0.01}{2\pi \cdot 1.5^2} = 0.000707 \frac{W}{m^2}$

$L_I = 10 \log_{10} \frac{I}{I_0}$  dB  
 $= 10 \log_{10} \frac{7.07 \cdot 10^{-4}}{10^{-12}}$  dB

**Sound Pressure**

$p = \sqrt{I \cdot \rho c} = \sqrt{0.000707 \cdot 400} = 0.532 \text{ Pascal}$

$L_p = 10 \log_{10} \frac{p^2}{p_0^2}$  dB  
 $= 10 \log_{10} \frac{0.532^2}{(20 \cdot 10^{-6})^2}$  dB

