



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά  
μαθήματα ΠΠ

# Φυσική Ι

Ενότητα 13: Ήχος

Κουζούδης Δημήτρης  
Πολυτεχνική Σχολή  
Τμήμα Χημικών Μηχανικών

# Σκοποί ενότητας

- Ορισμός και ερμηνεία της έννοιας του ήχου
- Η μεταβολής της πίεσης στη διάδοση του ήχου
- Ταχύτητα του ήχου και εξάρτηση από το μέσο και τη θερμοκρασία
- Ένταση του ήχου και η μονάδα Decibel
- Το φαινόμενο Doppler κινούμενης πηγής ή παρατηρητή
- Κατανόηση μέσα από επεξηγηματικά παραδείγματα



# Περιεχόμενα ενότητας

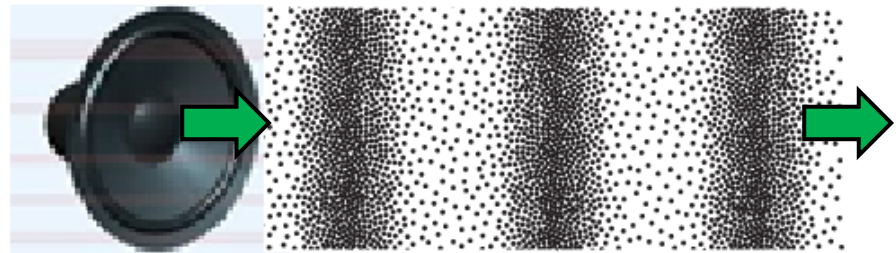
- Ήχος
- Μεταβολή πίεσης
- Ταχύτητα του ήχου
  - Παραδείγματα
- Ένταση του ήχου
  - Παραδείγματα
- Φαινόμενο Doppler
  - Παραδείγματα



Ήχος

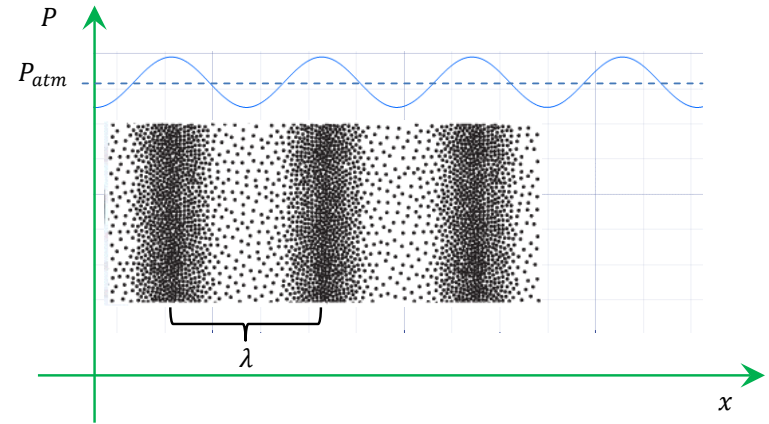
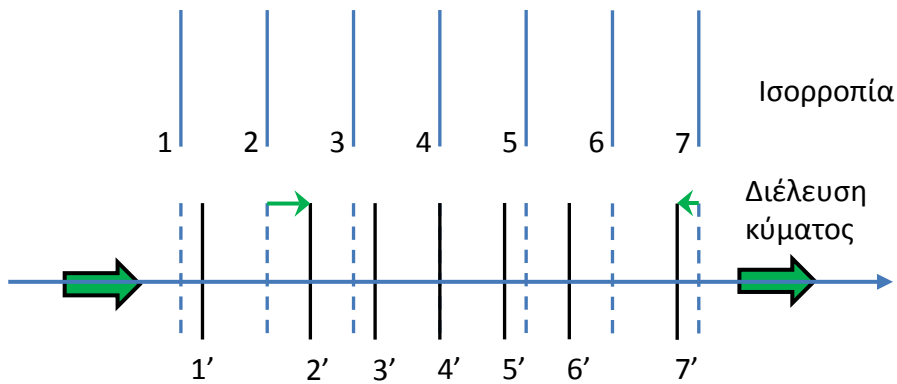
# Ήχος

- Περιοδική διαταραχή μορίων αέρα διεγερμένα από παλλόμενη επιφάνεια
- Εγκάρσιο κύμα
- Μέσο διάδοσης: αέρας
- Συχνότητα κύματος = συχνότητα πηγής
- Περιοχή ακουστικής συχνότητας:  $20 \text{ Hz} < f < 20 \text{ kHz}$ 
  - Υπόηχοι,  $f < 20 \text{ Hz}$
  - Υπέρηχοι,  $f > 20 \text{ kHz}$



# Μεταβολή πίεσης

- Μετατόπιση επιπέδων μορίων αέρα – παράλληλα με διεύθυνση διάδοσης



- Μετατόπιση μορίων αέρα

$$y = A \sin(kx - \omega t)$$

– Μέγιστη μετατόπιση – ελάχιστη πυκνότητα

- Μεταβολή πίεσης μορίων αέρα

$$\Delta P = -P_0 \cos(kx - \omega t)$$



# Ταχύτητα του ήχου

- Σε στερεά

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

- Σε ρευστά

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$$

- Σε ιδανικά αέρια

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M_A}}$$

–  $\gamma=5/3$  για μονοατομικά,  $7/5$  για διατομικά

- Εξάρτηση από τη θερμοκρασία στον αέρα

$$v(\theta) = 331 \sqrt{\frac{\theta + 273}{273}} \text{ m/s}$$



# Παραδείγματα

1. Να υπολογισθεί η ταχύτητα του ήχου στον αέρα στους  $\theta=10^{\circ}$ ,  $23^{\circ}$  και  $50^{\circ}$  C.

$$v(\theta) = 331 \sqrt{\frac{\theta + 273}{273}} \text{ m/s}$$

$$\text{Στους } \theta = 10^{\circ}, v = 337 \text{ m/s}$$

$$\text{στους } \theta = 23^{\circ}, v = 347 \text{ m/s}$$

$$\text{στους } \theta = 50^{\circ}, v = 360 \text{ m/s}$$

2. Ένα ηχητικό κύμα το οποίο εκπέμπεται από ένα πλοίο προς το βυθό της θάλασσας, ανακλάται και επιστρέφει σε 0.6 s. Ποιο είναι το βάθος της θάλασσας στο συγκεκριμένο σημείο; Το μέτρο ελαστικότητας του θαλάσσιου νερού είναι  $B=2.1 \times 10^9$  Pa και η πυκνότητά του  $1030 \text{ kg/m}^3$

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} = \sqrt{\frac{2.1 \times 10^9}{1030}} = 1430 \text{ m/s}$$

$$t = \frac{0.6}{2} = 0.3 \text{ s}$$

$$h = vt = 1430 \times 0.3 = 429 \text{ m}$$





# Ένταση του ήχου

- Πόσο δυνατός είναι (βαρύτονος, υψίφωνος)

$$I = \frac{p}{A}$$

- Ισχύς ανά επιφάνεια,  $W/m^2$
- Κλίμακα Decibel (dB)

$$\beta = 10 \cdot \log_{10} \frac{I}{I_0}$$

- Αδιάστατο
- $I_0 = 10^{-12} W/m^2$ , όριο ακοής
- Εξάρτηση από την απόσταση

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

	Τυπικές τιμές έντασης ήχου ( $W/m^2$ )
Όριο Ακοής	$10^{-12}$
Θρόισμα Φύλλων	$10^{-11}$
Ψίθυρος	$10^{-10}$
Ραδιόφωνο κινητό	$10^{-8}$
Συζήτηση	$10^{-6}$
Θόρυβος δρόμου	0.0001
Υπόγειος Σιδηρόδρομος	0.01
Όριο Πόνου	1
Αεριοθούμενος Κινητήρας	100



# Παραδείγματα

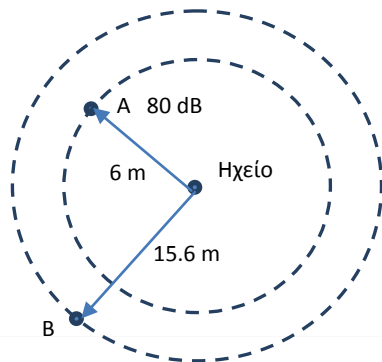
**3.** Τα ακουστικά ενός φορητού υπολογιστή λαμβάνουν συνήθως ισχύ στην περιοχή 10-20  $\mu\text{W}$  από τον υπολογιστή. Ποια είναι η αντίστοιχη ένταση που αντιλαμβάνεται ένα μέσο ανδρικό αυτί όταν χρησιμοποιεί τέτοια ακουστικά; Από ανθρωπολογικά δεδομένα γνωρίζουμε ότι οι διαστάσεις ενός μέσου ανδρικού αυτιού είναι 4.5 cm επί 2.5 cm.

$$A = 4.5 \times 2.5 = 11.25 \text{ cm}^2 = 1.125 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$I_1 = \frac{p_1}{A} = \frac{10 \times 10^{-6}}{1.125 \times 10^{-3}} = 8.9 \text{ mW/m}^2$$

$$I_2 = \frac{p_2}{A} = \frac{20 \times 10^{-6}}{1.125 \times 10^{-3}} = 17.7 \text{ mW/m}^2$$

**4.** Το επίπεδο έντασης 6 m από ένα ηχείο είναι 80 dB. Ποιο είναι το επίπεδο έντασης σε απόσταση 15.6 m από το ίδιο ηχείο?



$$\beta_A = 10 \cdot \log_{10} \frac{I_A}{I_0} \Rightarrow 80 = 10 \cdot \log_{10} \frac{I_A}{10^{-12}} \Rightarrow I_A = 10^{-4} \text{ W/m}^2$$

$$\frac{I_B}{I_A} = \frac{r_A^2}{r_B^2} \Rightarrow \frac{I_B}{10^{-4}} = \frac{6^2}{15.6^2} \Rightarrow I_B = 1.47 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$$

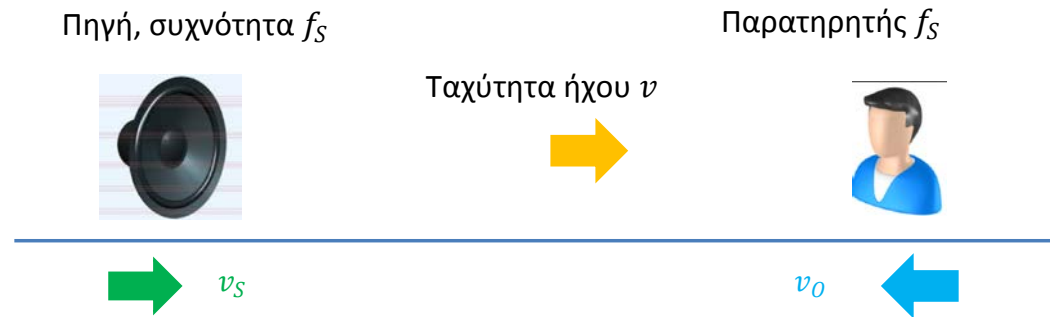
$$\beta_B = 10 \cdot \log_{10} \frac{I_B}{I_0} = \beta = 10 \cdot \log_{10} \frac{1.47 \times 10^{-5}}{10^{-12}} = 71 \text{ dB}$$



# Φαινόμενο Doppler

- Κινούμενη πηγή
- Κινούμενος παρατηρητής
- Συχνότητα Doppler

$$f_0 = \frac{v + v_0}{v - v_s} f_s$$



- $v_s$  και  $v_0$  θετικές όταν πλησιάζουν
- $v_s$  και  $v_0$  αρνητικές όταν απομακρύνονται



# Παραδείγματα

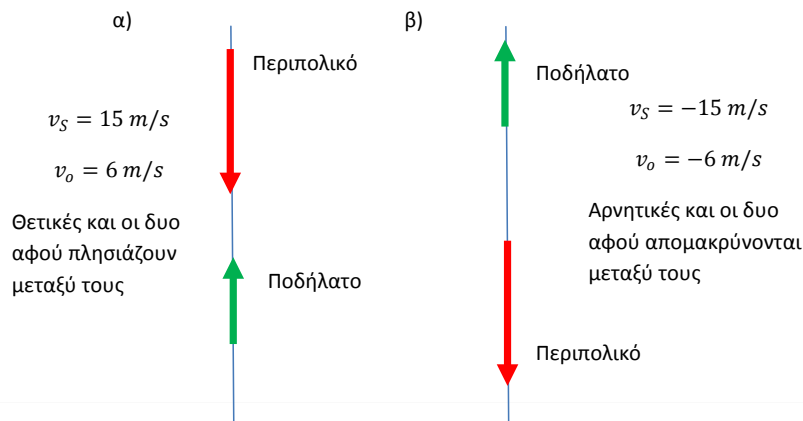
5. Μια στατική πηγή εκπέμπει σήμα συχνότητας 290 Hz . Ποια είναι η συχνότητα που ακούει ένας παρατηρητής εάν κινείται με ταχύτητα 20 m/s  
α) προς την πηγή και β) αντίθετα προς την πηγή;

$$v_s = 0 \rightarrow f_o = \frac{V + v_o}{V} f_s$$

$$v_o = +20 \frac{m}{s} \rightarrow f_o = \frac{343 + 20}{343} 290 = 307 \text{ Hz}$$

$$v_o = -20 \frac{m}{s} \rightarrow f_o = \frac{343 - 20}{343} 290 = 273 \text{ Hz}$$

6. Ένας ποδηλάτης που κινείται βόρεια με 6 m/s ακούει μια σειρήνα περιπολικού που κινείται νότια με 15 m/s. Εάν η κόρνα εκπέμπει σήμα 600 Hz, ποια είναι η συχνότητα που ακούει ο ποδηλάτης;



$$a) f_o = \frac{343 + 6}{343 - 15} 600 = 638 \text{ Hz}$$

$$b) f_o = \frac{343 + (-6)}{343 - (-15)} 600 = 565 \text{ Hz}$$



# Βιβλιογραφία

- Serway R.A., Jewett W. Jr., 2012, *Φυσική για επιστήμονες και μηχανικούς : μηχανική, ταλαντώσεις και μηχανικά κύματα, θερμοδυναμική, σχετικότητα, Κλειδάριθμος, Αθήνα*
- Halliday D., Resnick R., Walker J., 2008, *Φυσική, τ.1. Μηχανική, Κυματική, Θερμοδυναμική, Gutenberg, Αθήνα*
- Young H.D., 1994, *Πανεπιστημιακή φυσική , 8<sup>η</sup> έκδ., Παπαζήσης , Αθήνα*
- Kittel C., Knight W. D., Ruderman M.A., 1985, *Μηχανική, Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων , Αθήνα*
- Wells D.A. , Slusher H. S., 1983, *Schaum's outline of theory and problems of physics for engineering and science, McGraw - Hill Book Company, New York*



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.



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών

Δημήτριος Κουζούδης. «Φυσική Ι»

Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2015

Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:  
<https://eclass.upatras.gr/courses/CMNG2162/>





# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού-Μη Εμπορική Χρήση-Όχι Παράγωγα Έργα 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] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.