

# Physics

The image is a hand-drawn collage of physics concepts. At the center is the word "Physics" in large, bold, black letters. Surrounding it are various diagrams and formulas:

- Top Left:** A diagram of a rectangular block on a surface with a force vector  $F_L$  and a coordinate system with  $x$  and  $y$  axes. Below it is the formula  $P = \frac{W}{t}$ .
- Top Center:** A diagram of a pendulum with a bob and a string, labeled with  $P$  and  $N$ . Above it is the formula  $w = 2\pi f$  and  $t = \frac{s}{v}$ .
- Top Right:** A diagram of a pendulum with a bob and a string, labeled with  $PE = mgh$ .
- Middle Left:** A diagram of a light bulb with rays emanating from it, labeled with  $PE = m \times g \times h$ .
- Middle Right:** A diagram of a light bulb with rays emanating from it, labeled with  $I = \frac{C}{R}$ .
- Bottom Left:** A diagram of a spring-mass system with a mass  $m$  and a spring constant  $k$ , labeled with  $E = mg^2$ .
- Bottom Center:** A diagram of a projectile on an inclined plane with points  $A$ ,  $B$ , and  $C$ , labeled with  $s = ut + \frac{1}{2}at^2$ .
- Bottom Right:** A diagram of a circuit with a battery, a voltmeter  $V$ , and two points  $A$  and  $B$ , labeled with  $S = V \times t$  and  $S = \left(\frac{u+v}{2}\right)t$ .
- Bottom Far Right:** A diagram of a circuit with a battery, a resistor  $R$ , and a voltmeter  $V$ , labeled with  $T = \frac{E}{R+r}$ .
- Other elements:** A diagram of an atom with a central nucleus and three elliptical orbits; a diagram of a sphere with a force vector  $F_L$  and a coordinate system; a diagram of a sphere with a force vector  $F_L$  and a coordinate system; a diagram of a sphere with a force vector  $F_L$  and a coordinate system; a diagram of a sphere with a force vector  $F_L$  and a coordinate system.

# Reminder...

- Διαλέξεις

- Προαιρετική παρουσία!

- Είστε εδώ γιατί **θέλετε** να ακούσετε/συμμετέχετε

- Δεν υπάρχουν απουσίες

- Υπάρχει σεβασμός στους συναδέλφους σας και στην εκπαιδευτική διαδικασία

- Προστατέψτε εσάς και τους συναδέλφους σας: απέχετε από το μάθημα αν δεν είστε/αισθάνεστε καλά



Εικόνα: Τα αυτιά του ανθρώπου έχουν εξελιχθεί να ακούν και να ερμηνεύουν ηχητικά κύματα ως φωνή ή ως ήχους. Κάποια ζώα, όπως το είδος αλεπούς με τα αυτιά νυχτερίδας, έχουν αυτιά που είναι προσαρμοσμένα να ακούν πολύ αδύναμους ήχους.

# Φυσική για Μηχανικούς

Ηχητικά Κύματα

Το φαινόμενο Doppler



Εικόνα: Τα αυτιά του ανθρώπου έχουν εξελιχθεί να ακούν και να ερμηνεύουν ηχητικά κύματα ως φωνή ή ως ήχους. Κάποια ζώα, όπως το είδος αλεπούς με τα αυτιά νυχτερίδας, έχουν αυτιά που είναι προσαρμοσμένα να ακούν πολύ αδύναμους ήχους.

# Φυσική για Μηχανικούς

Ηχητικά Κύματα

Το φαινόμενο Doppler



# Ηχητικά Κύματα

## ◉ Το φαινόμενο Doppler

- ◉ Άκρως συχνή εμπειρία!
- ◉ Ένα όχημα με σειρήνα μας πλησιάζει και απομακρύνεται από μας
  - ◉ Το ακούμε με υψηλότερη συχνότητα καθώς έρχεται προς εμάς
  - ◉ Το ακούμε με χαμηλότερη συχνότητα καθώς απομακρύνεται



Παρατηρητής

Doppler effect

Στάσιμη πηγή ήχου



Πηγή ήχου που πλησιάζει

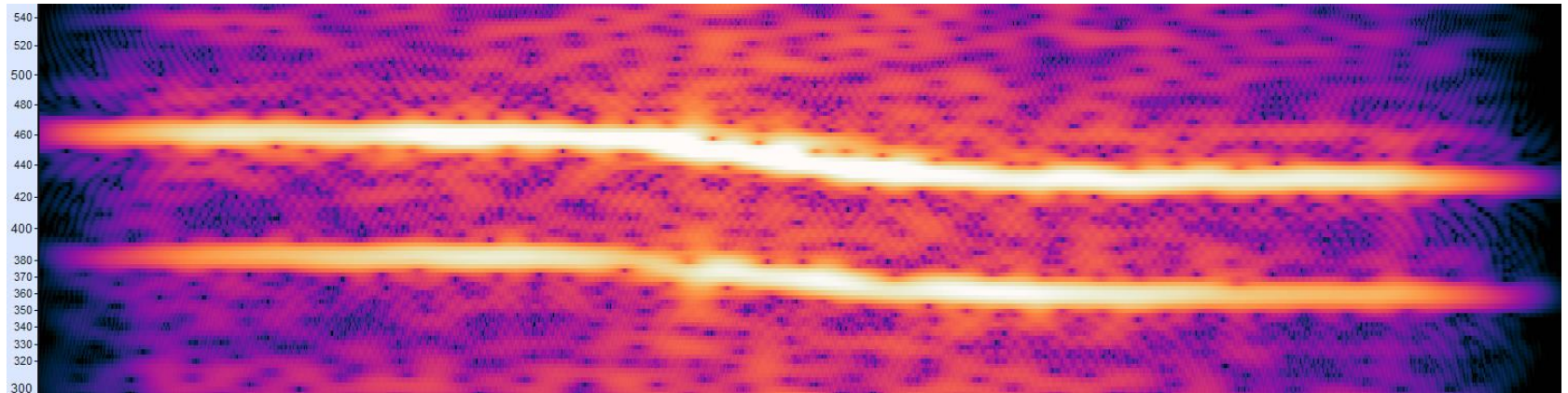
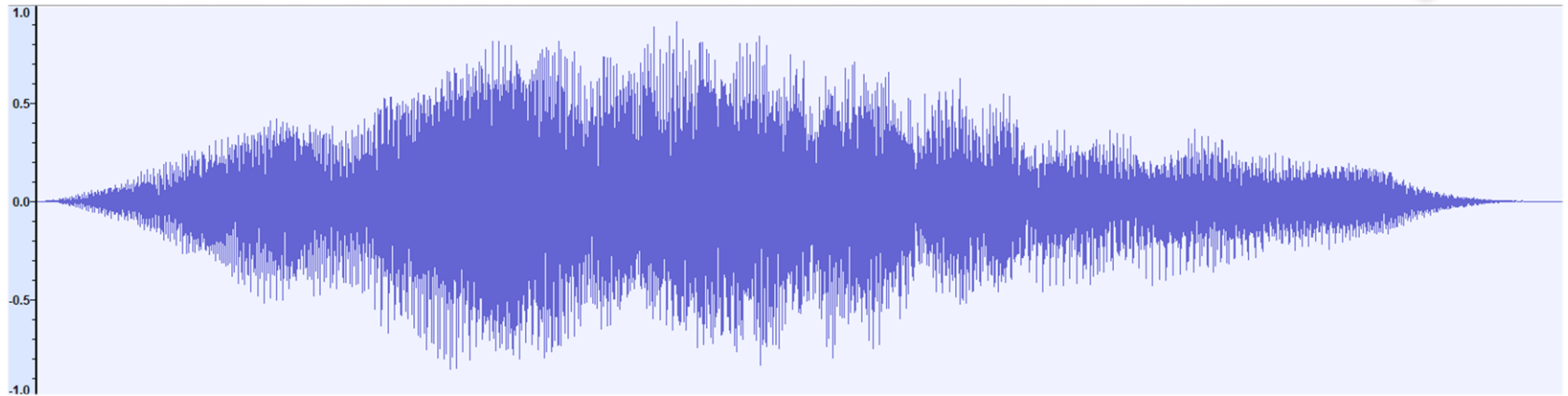


Πηγή ήχου που απομακρύνεται



# Ηχητικά Κύματα

## • Το φαινόμενο Doppler



# Ηχητικά Κύματα

## • Το φαινόμενο Doppler

### • Διαισθητική κατανόηση

- Κύματα χτυπούν την ακίνητη βάρκα με περίοδο  $T$

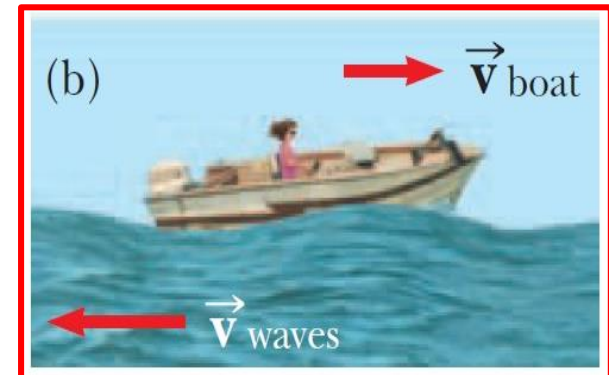
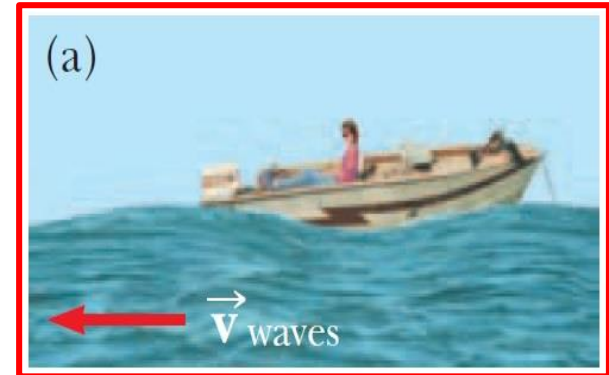
- Αν προχωρήσει η βάρκα προς την πηγή, κάθε κυματισμός θα φτάνει γρηγορότερα απ' ό,τι πριν

- Λόγω της κίνησής μας προς την πηγή

- Μετράμε περίοδο  $T' < T$

- Τα κύματα φτάνουν «πιο συχνά» στη βάρκα

- $f' = 1/T' > f = 1/T$



# Ηχητικά Κύματα

## • Το φαινόμενο Doppler

### • Διαισθητική κατανόηση

- Κύματα χτυπούν την ακίνητη βάρκα με περίοδο  $T$

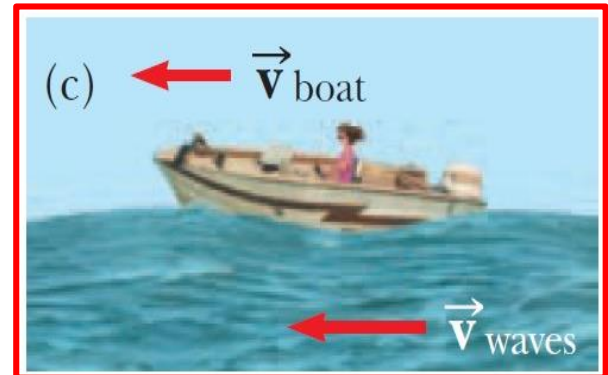
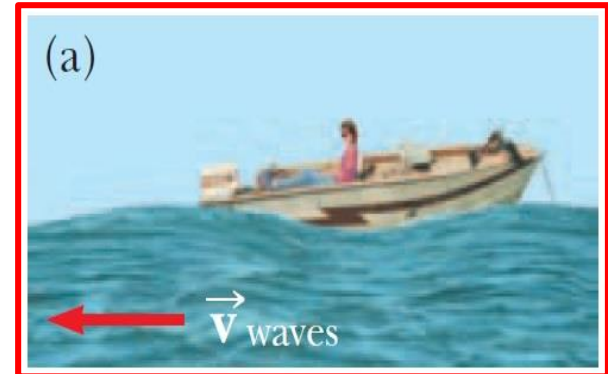
- Αν προχωρήσει η βάρκα μακριά από την πηγή, κάθε κυματισμός θα φτάνει αργότερα απ' ό,τι πριν

- Λόγω της κίνησής μας μακριά από την πηγή

- Μετράμε περίοδο  $T' > T$

- Τα κύματα φτάνουν «πιο αραιά» στη βάρκα

- $f' = 1/T' < f = 1/T$





# Ηχητικά Κύματα

- Το φαινόμενο Doppler

- Ευθέως ανάλογα για μια ηχητική πηγή



# Ηχητικά Κύματα

## ○ Το φαινόμενο Doppler

- Στάσιμη πηγή

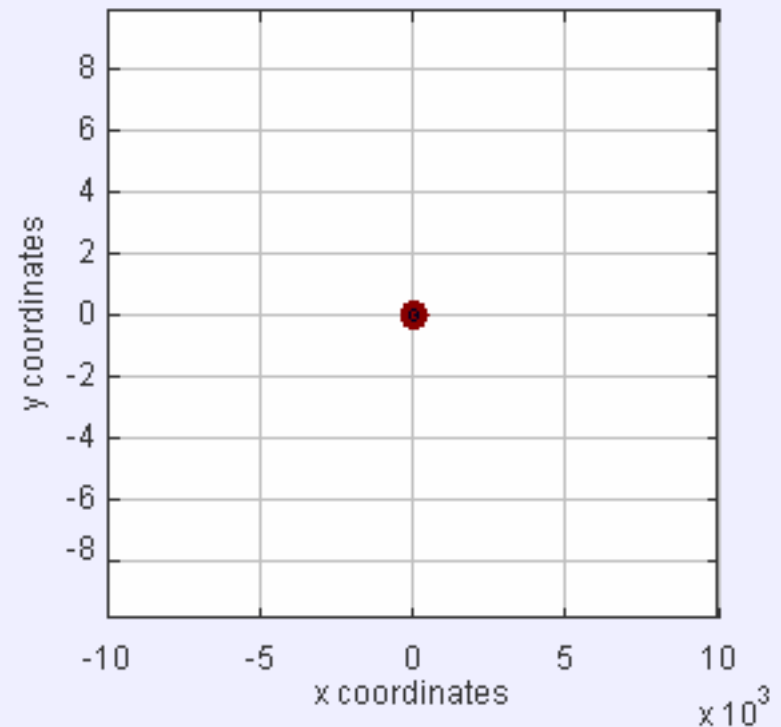
- Συχνότητα πηγής  $f$

- Περίοδος  $T$

- Μήκος κύματος  $\lambda$

- Ένας ακίνητος παρατηρητής αντιλαμβάνεται τη συχνότητα  $f$  της πηγής

$\times 10^3$  Doppler Effect Model in 1 Doppler Effect



# Ηχητικά Κύματα

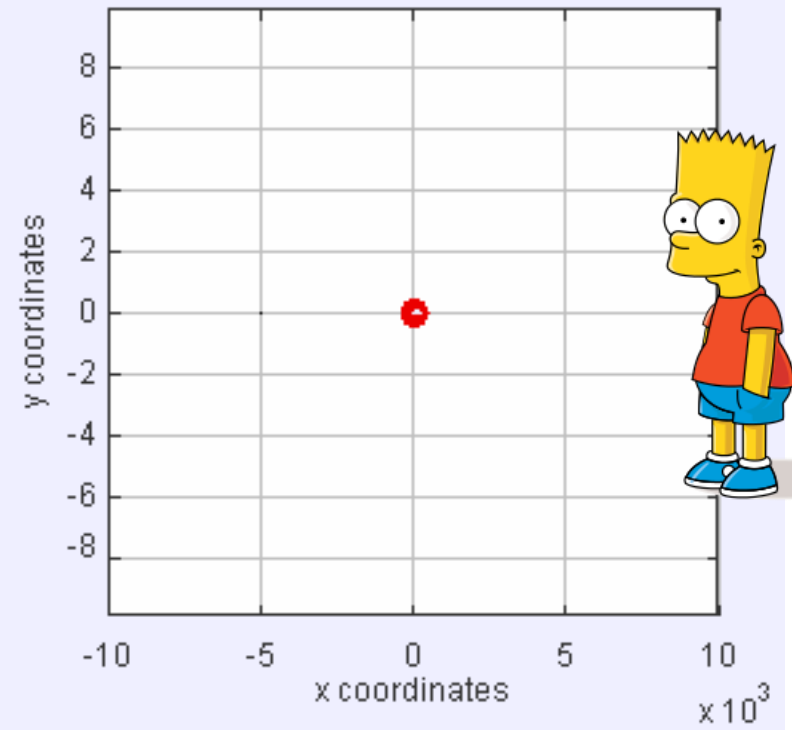
## ○ Το φαινόμενο Doppler

- Κινούμενη πηγή
  - Προς τον παρατηρητή
- Συχνότητα πηγής  $f$
- Περίοδος  $T$
- Μήκος κύματος  $\lambda$
- Ταχύτητα πηγής  $u_s$
- Ταχύτητα ήχου  $u$

- Ένας ακίνητος παρατηρητής αντιλαμβάνεται συχνότητα

$$f' = \frac{u}{\lambda'} = \frac{u}{\lambda - \frac{u_s}{f}} = \frac{u}{\left(\frac{u}{f}\right) - \left(\frac{u_s}{f}\right)} = \left(\frac{u}{u - u_s}\right) f$$

$\times 10^3$  Doppler Effect Model in 1 Doppler Effect

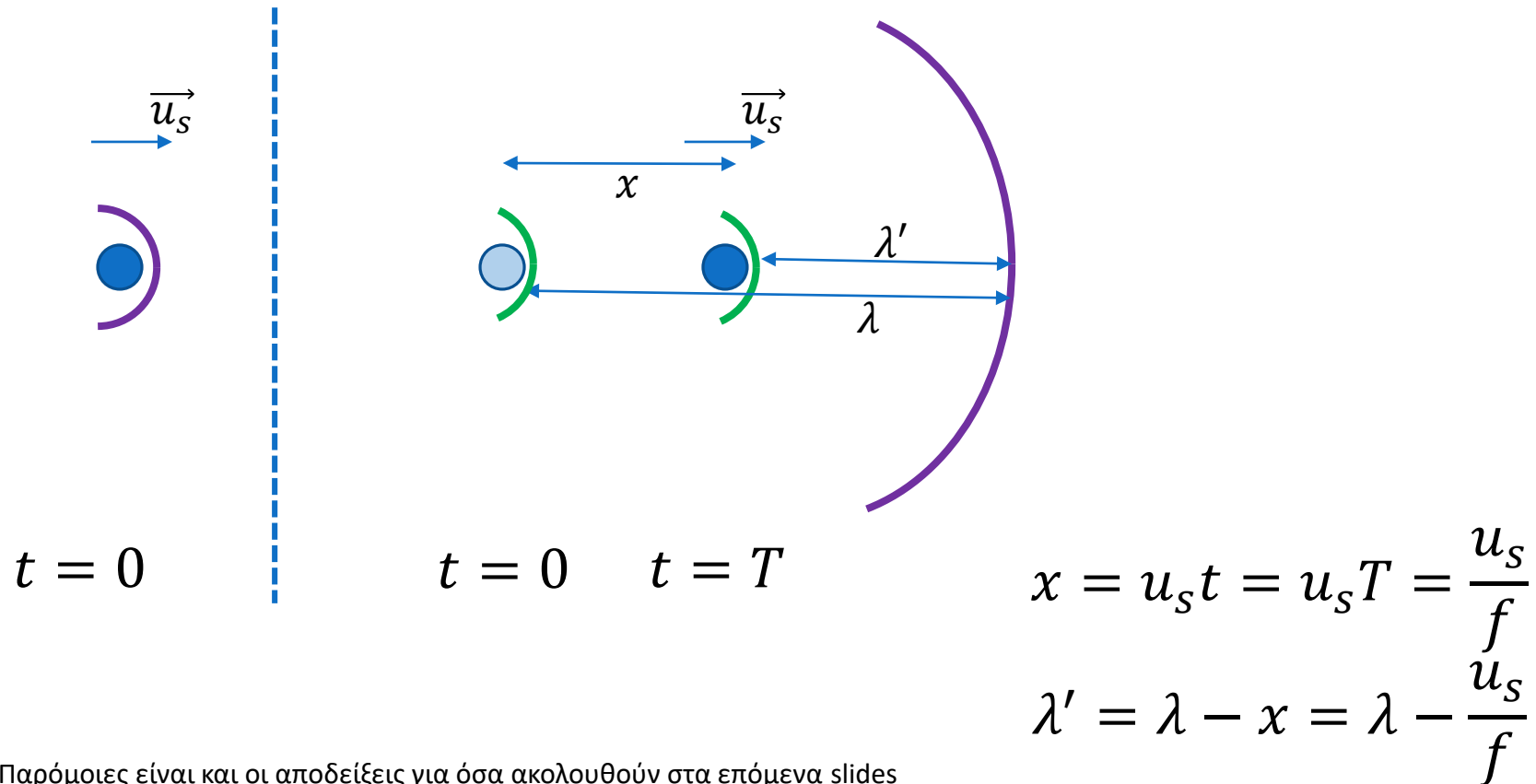


# Ηχητικά Κύματα

## • Το φαινόμενο Doppler

### • Κινούμενη πηγή προς τον παρατηρητή - επεξήγηση

— 1<sup>ο</sup> κυματικό μέτωπο  
— 2<sup>ο</sup> κυματικό μέτωπο



Παρόμοιες είναι και οι αποδείξεις για όσα ακολουθούν στα επόμενα slides

# Ηχητικά Κύματα

## ○ Το φαινόμενο Doppler

### ○ Κινούμενη πηγή

#### ○ Μακριά από τον παρατηρητή

### ○ Συχνότητα πηγής $f$

### ○ Περίοδος $T$

### ○ Μήκος κύματος $\lambda$

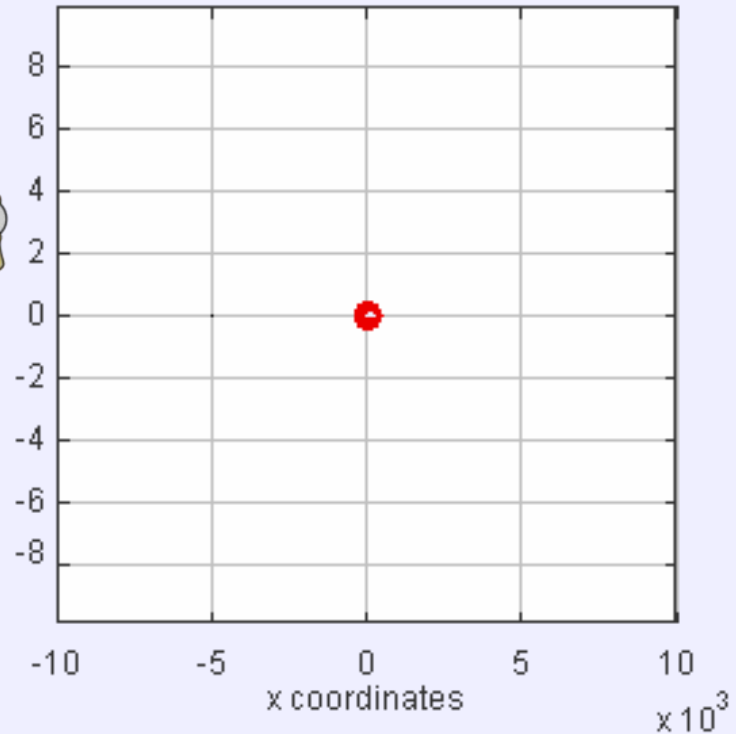
### ○ Ταχύτητα πηγής $u_s$

### ○ Ταχύτητα ήχου $u$

### ○ Ένας ακίνητος παρατηρητής αντιλαμβάνεται συχνότητα

$$f' = \frac{u}{\lambda'} = \frac{u}{\lambda + \frac{u_s}{f}} = \frac{u}{\left(\frac{u}{f}\right) + \left(\frac{u_s}{f}\right)} = \left(\frac{u}{u + u_s}\right) f$$

$\times 10^3$  Doppler Effect Model in 1 Doppler Effect





# Ηχητικά Κύματα

## ○ Το φαινόμενο Doppler

### ○ Κινούμενος παρατηρητής

#### ○ Πλησιάζει την πηγή

### ○ Συχνότητα πηγής $f$

### ○ Περίοδος $T$

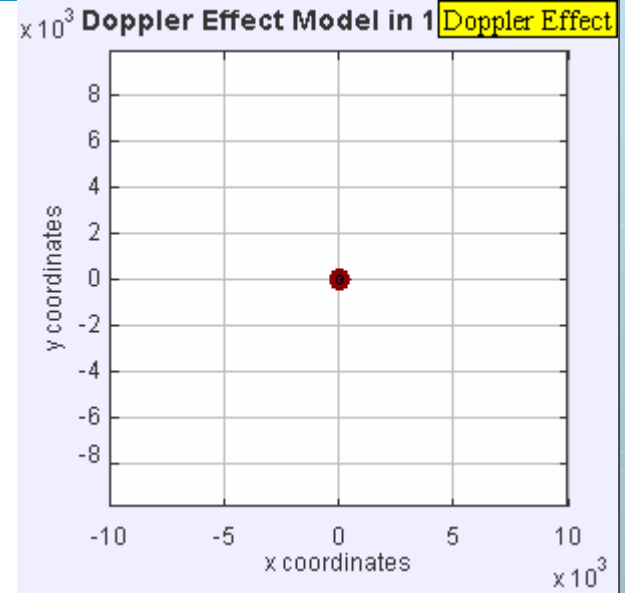
### ○ Μήκος κύματος $\lambda$

### ○ Ταχύτητα παρατηρητή $u_o$

### ○ Ταχύτητα ήχου $u$

### ○ Ένας κινούμενος παρατηρητής που πλησιάζει την πηγή αντιλαμβάνεται συχνότητα

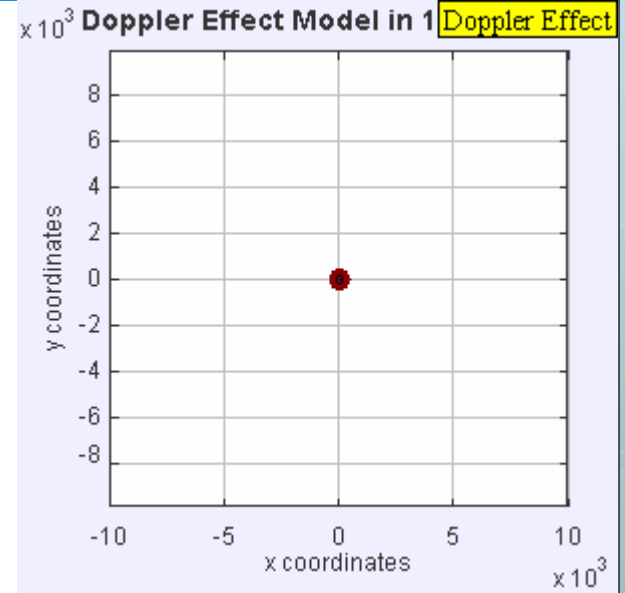
$$f' = \frac{u'}{\lambda} = \left( \frac{u + u_o}{u} \right) f$$



# Ηχητικά Κύματα

## ○ Το φαινόμενο Doppler

- Κινούμενος παρατηρητής
  - Απομακρύνεται από την πηγή
- Συχνότητα πηγής  $f$
- Περίοδος  $T$
- Μήκος κύματος  $\lambda$
- Ταχύτητα παρατηρητή  $u_o$
- Ταχύτητα ήχου  $u$



- Ένας κινούμενος παρατηρητής που απομακρύνεται από την πηγή αντιλαμβάνεται συχνότητα

$$f' = \frac{u'}{\lambda} = \left( \frac{u - u_o}{u} \right) f$$

# Ηχητικά Κύματα

## • Το φαινόμενο Doppler

- Κίνηση και των δυο
- Συχνότητα πηγής  $f$
- Περίοδος  $T$
- Μήκος κύματος  $\lambda$
- Ταχύτητα παρατηρητή  $u_o$  και πηγής  $u_s$
- Ταχύτητα ήχου  $u$

- Ένας **κινούμενος** παρατηρητής αντιλαμβάνεται συχνότητα μιας **κινούμενης** πηγής

Συχνότητα αντίληψης παρατηρητή  $f'$  =  $\left( \frac{u \pm u_o}{u \pm u_s} \right) f$  Συχνότητα εκπομπής πηγής

Ταχύτητα παρατηρητή

Ταχύτητα ήχου

Ταχύτητα πηγής

The diagram shows the Doppler effect equation  $f' = \left( \frac{u \pm u_o}{u \pm u_s} \right) f$ . Arrows point from labels to terms: 'Ταχύτητα παρατηρητή' points to  $u \pm u_o$ , 'Ταχύτητα ήχου' points to  $u$ , 'Ταχύτητα πηγής' points to  $u \pm u_s$ , and 'Συχνότητα εκπομπής πηγής' points to  $f$ . 'Συχνότητα αντίληψης παρατηρητή' points to  $f'$ .

Οι ταχύτητες εννοούνται πάντα κατά μέτρο στην παρακάτω σχέση!

# Ηχητικά Κύματα

Πώς επιλέγουμε πρόσημα στη σχέση αυτή?

## • Το φαινόμενο Doppler – Quiz

- Πηγή πλησιάζει, παρατηρητής απομακρύνεται



$$f' = \frac{u - u_0}{u - u_s} f$$

- Πηγή απομακρύνεται, παρατηρητής πλησιάζει



$$f' = \frac{u + u_0}{u + u_s} f$$

- Παρατηρητής απομακρύνεται, πηγή απομακρύνεται



$$f' = \frac{u - u_0}{u + u_s} f$$

- Παρατηρητής πλησιάζει, πηγή πλησιάζει



$$f' = \frac{u + u_0}{u - u_s} f$$

- Source
- Observer

# Ηχητικά Κύματα

## ◉ Παράδειγμα:

- ◉ Το ξυπνητήρι σας παράγει έναν ήχο συχνότητας 600 Hz. Ένα πρωί, «κολλάει» και δεν μπορείτε να το κλείσετε. Στην απελπισία σας, το πετάτε («αφήνετε») από το παράθυρο. Αν υποθέσετε ότι η ταχύτητα του ήχου είναι 343 m/s, και ότι βρίσκεστε στον 4<sup>ο</sup> όροφο (15 m από το έδαφος), τι συχνότητα θα ακούσετε λίγο πριν γίνει κομματάκια;





# Ηχητικά Κύματα

## ◉ Παράδειγμα – Λύση:

Επιλέξαμε ως σύστημα το {Σουவிζόρι, Γη}.  
Είναι αναμενόμενο και πολυ-ελεύθερο. Η μόνη δύναμη που παραχρει έργο στο σύστημα είναι η δύναμη του βάρους, που είναι και συντηρητική. Ισχύει η ΑΔΜΕ στη διαδρομή A→B.

$$\Delta K_{A \rightarrow B} + \Delta U_{g A \rightarrow B} = 0$$

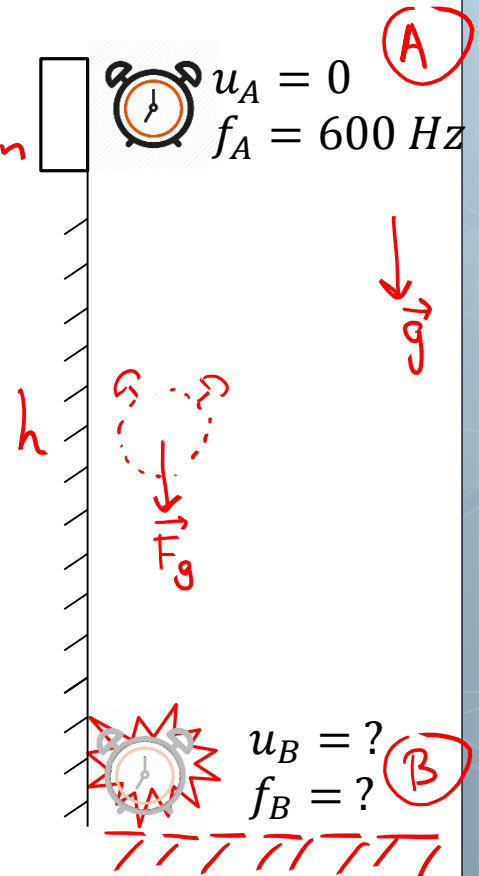
$$K_B - K_A + U_{g_B} - U_{g_A} = 0$$

$$\frac{1}{2} m u_B^2 - 0 + 0 - mgh = 0$$

$$u_B^2 = 2gh \Rightarrow u_B = \sqrt{2gh} \approx 17.4 \frac{m}{s}$$

$$\text{Άρα } f' = \left( \frac{u}{u + u_B} \right) f = \left( \frac{343}{343 + 17.4} \right) 600 \approx 571 \text{ Hz} \quad U_{g_B} = 0$$

$$f' = \left( \frac{u \pm u_o}{u \pm u_s} \right) f$$





Τέλος Διάλεξης

