



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

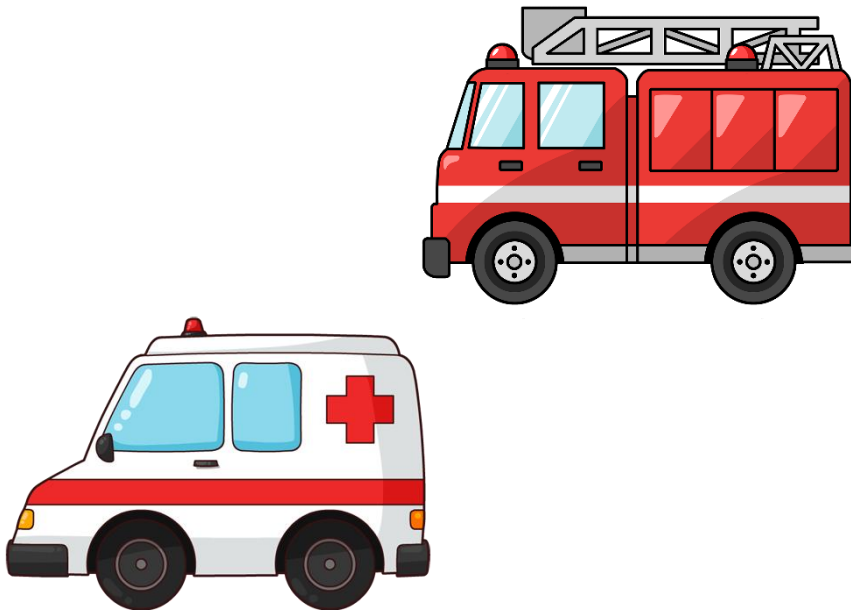
Ηχητικά Κύματα

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



Doppler effect

Στάσιμη πηγή ήχου



Πηγή ήχου που πλησιάζει



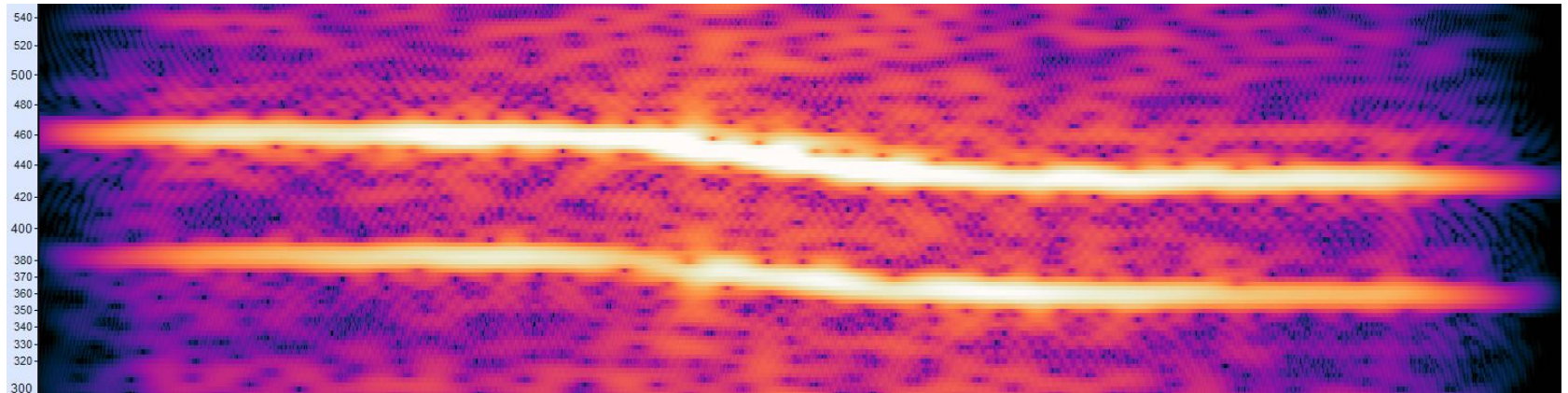
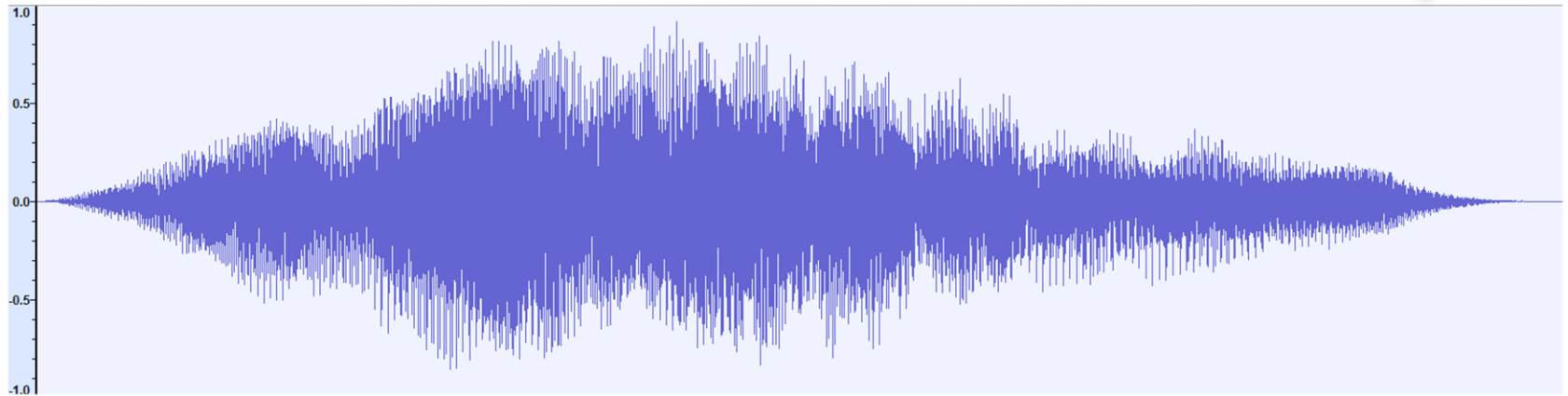
Παρατηρητής

Πηγή ήχου που απομακρύνεται



Ηχητικά Κύματα

• Το φαινόμενο Doppler

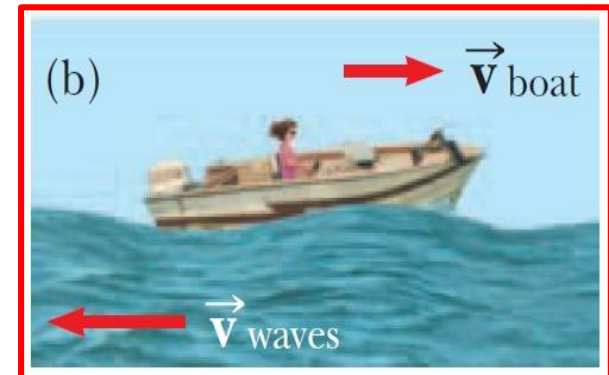
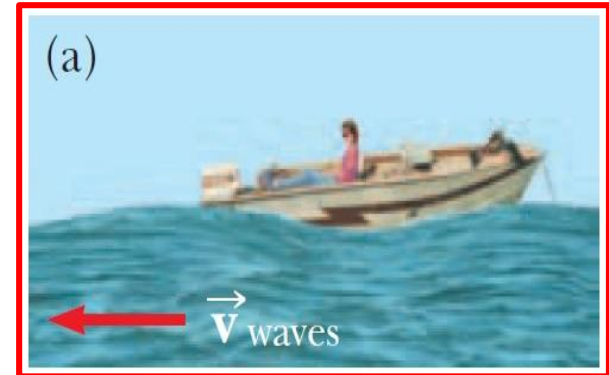


Ηχητικά Κύματα

• Το φαινόμενο Doppler

• Διαισθητική κατανόηση

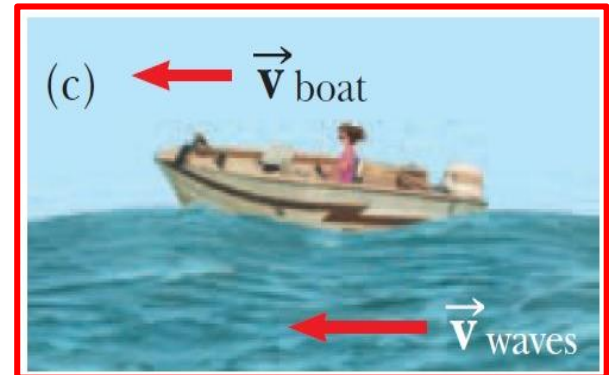
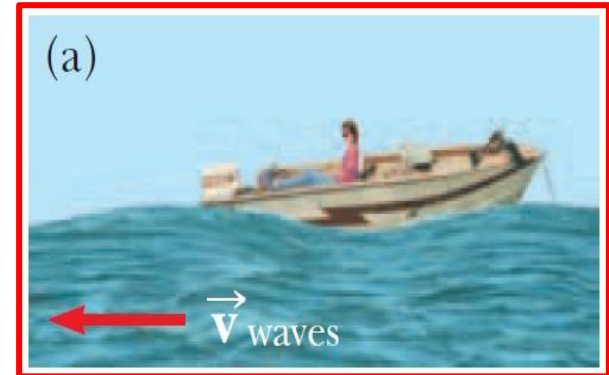
- Κύματα χτυπούν την ακίνητη βάρκα με περίοδο T
- Αν προχωρήσει η βάρκα προς την πηγή, κάθε κυματισμός θα φτάνει γρηγορότερα απ' ό,τι πριν
 - Λόγω της κίνησής μας προς την πηγή
- Μετράμε περίοδο $T' < T$
- Τα κύματα φτάνουν «πιο συχνά» στη βάρκα
 - $f' = 1/T' > f = 1/T$



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

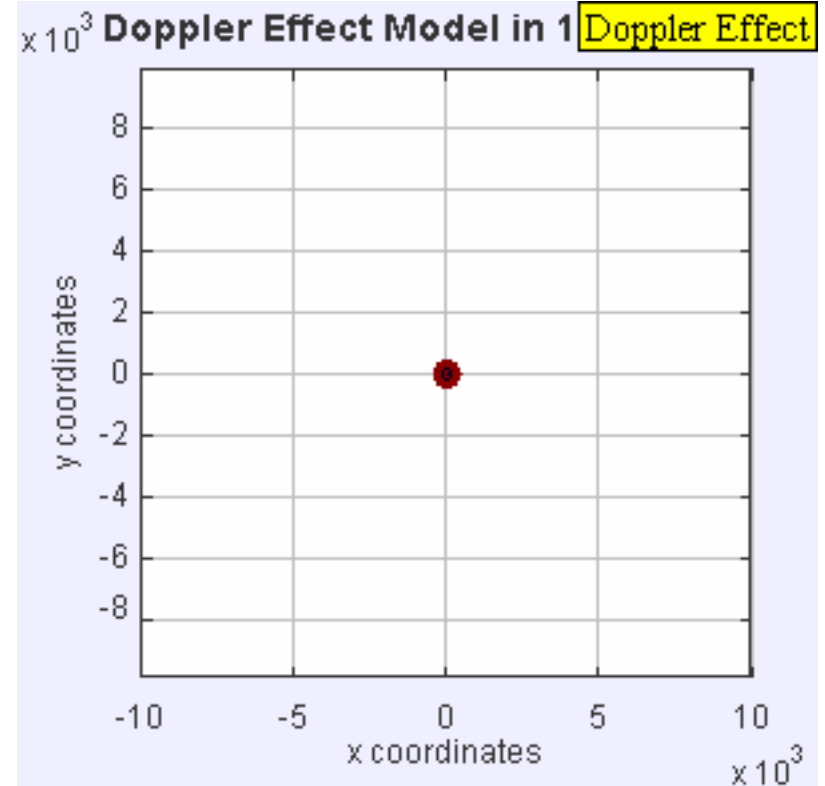
- Στάσιμη πηγή

- Συχνότητα πηγής f

- Περίοδος T

- Μήκος κύματος λ

- Ένας ακίνητος παρατηρητής
αντιλαμβάνεται τη συχνότητα f της πηγής



Ηχητικά Κύματα

• Το φαινόμενο Doppler

• Κινούμενη πηγή

• Προς τον παρατηρητή

• Συχνότητα πηγής f

• Περίοδος T

• Μήκος κύματος λ

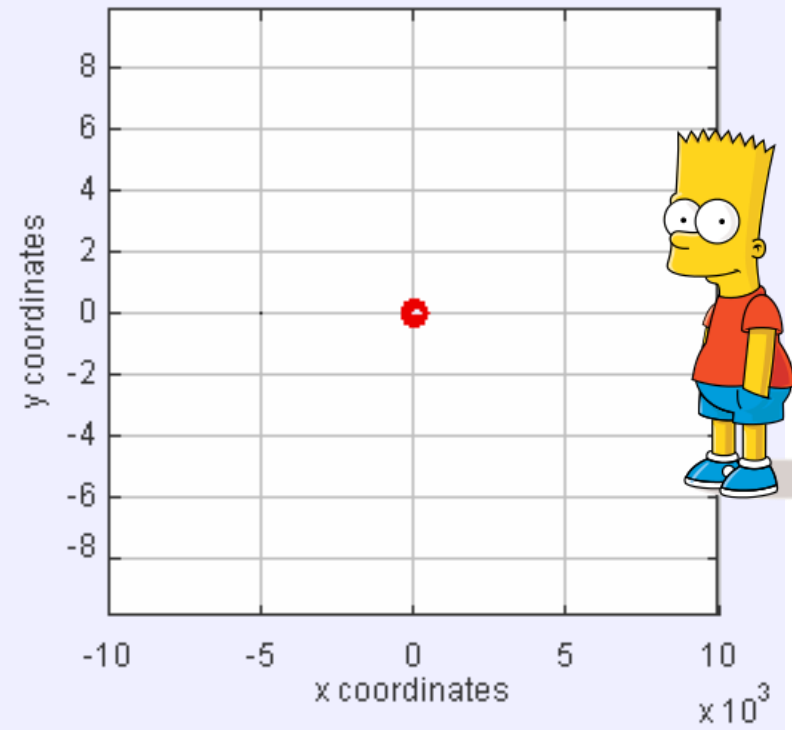
• Ταχύτητα πηγής u_s

• 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

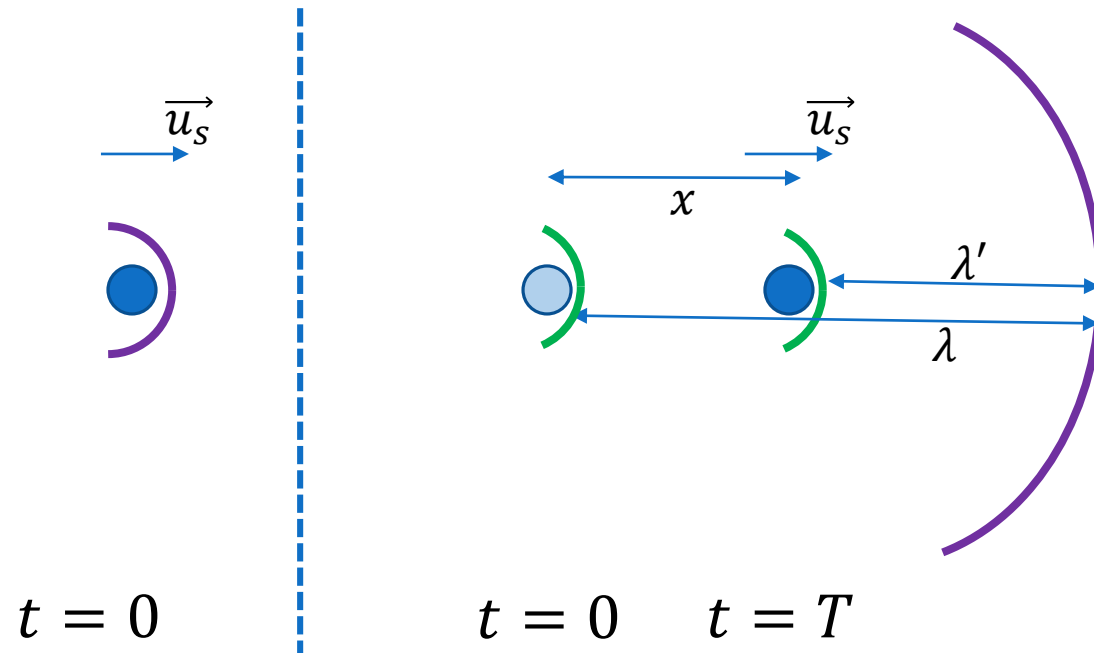


Ηχητικά Κύματα

• Το φαινόμενο Doppler

• Κινούμενη πηγή προς τον παρατηρητή - επεξήγηση

— 1^ο κυματικό μέτωπο
— 2^ο κυματικό μέτωπο



$$x = u_s t = u_s T = \frac{u_s}{f}$$
$$\lambda' = \lambda - x = \lambda - \frac{u_s}{f}$$

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 λ

• Ταχύτητα πηγής u_s

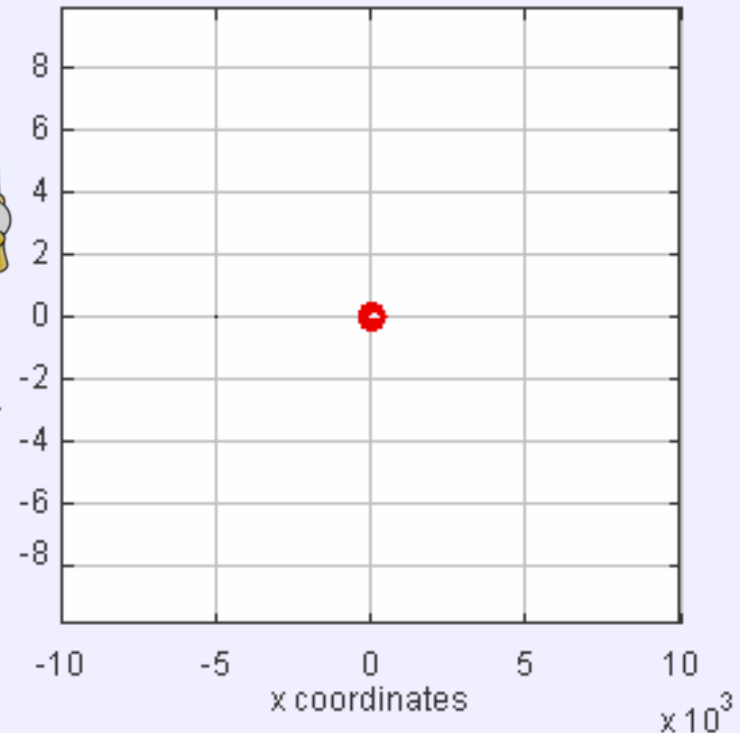
• Ταχύτητα ήχου u

• 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

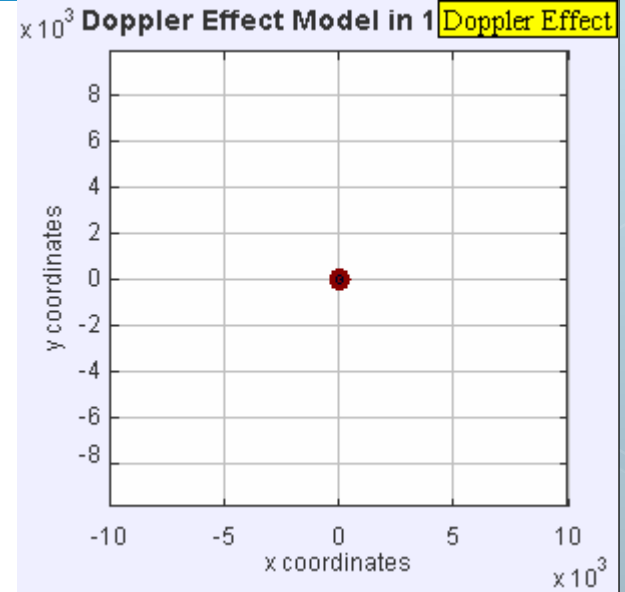
• Μήκος κύματος λ

• Ταχύτητα παρατηρητή u_o

• Ταχύτητα ήχου u

• Ένας κινούμενος παρατηρητής που πλησιάζει την πηγή αντιλαμβάνεται συχνότητα

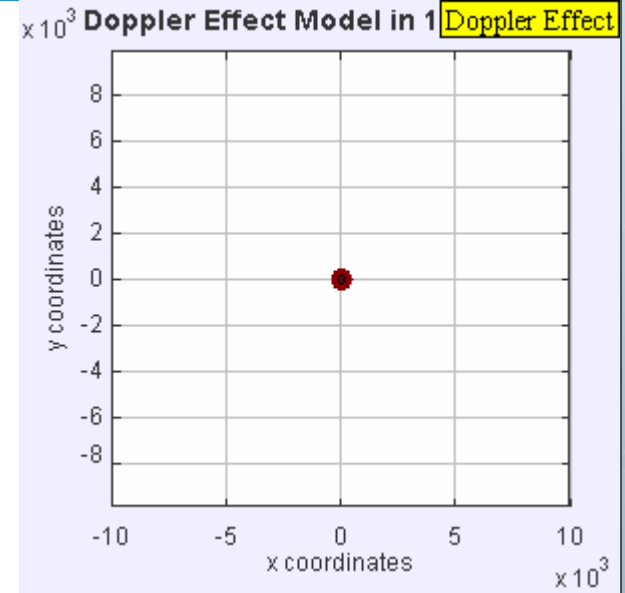
$$f' = \frac{u'}{\lambda} = \left(\frac{u + u_o}{u} \right) f$$



Ηχητικά Κύματα

• Το φαινόμενο Doppler

- Κινούμενος παρατηρητής
 - Απομακρύνεται από την πηγή
- Συχνότητα πηγής f
- Περίοδος T
- Μήκος κύματος λ
- 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 λ
- 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 formula $f' = \left(\frac{u \pm u_o}{u \pm u_s} \right) f$. Arrows point from descriptive text to the variables in the formula: 'Συχνότητα αντίληψης παρατηρητή' points to f' , 'Συχνότητα εκπομπής πηγής' points to f , 'Ταχύτητα παρατηρητή' points to u_o , 'Ταχύτητα ήχου' points to u , and 'Ταχύτητα πηγής' points to u_s . The signs $\pm$ are also color-coded to match the variables they apply to.

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^ο όροφο (15 m από το έδαφος), τι συχνότητα θα ακούσετε λίγο πριν γίνει κομματάκια;



Ηχητικά Κύματα

• Παράδειγμα – Λύση:

Επιλέξαμε ως σύστημα το {Συντηρητ., Γη}.

Είναι απομονωμένο και πολυ-ελεύθ. Η μόνη δύναμη που παραγει έργο στο σύστημα είναι η δύναμη του βάρους, που είναι και συντηρητική. Ισχύει η ΑΔΜΕ στη διαδρομή Α→Β.

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

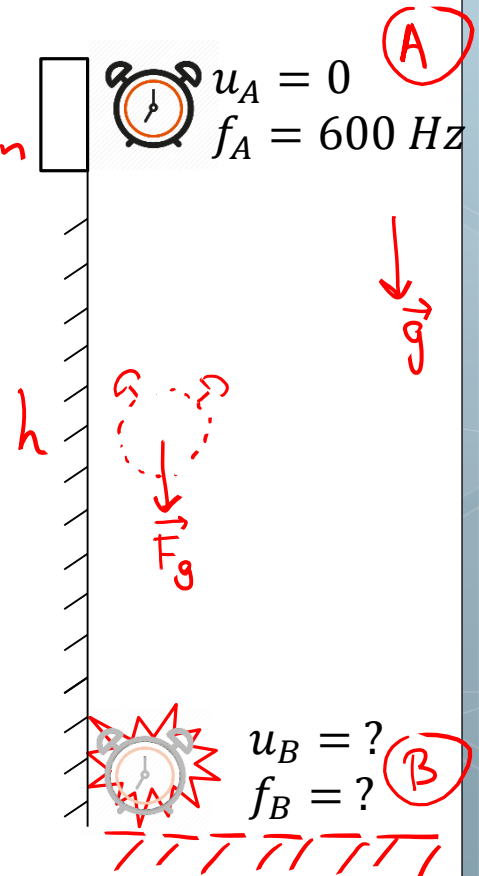
$$K_B - K_A + U_{g_B} - U_{g_A} = 0$$

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

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

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

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





Τέλος Διάλεξης
