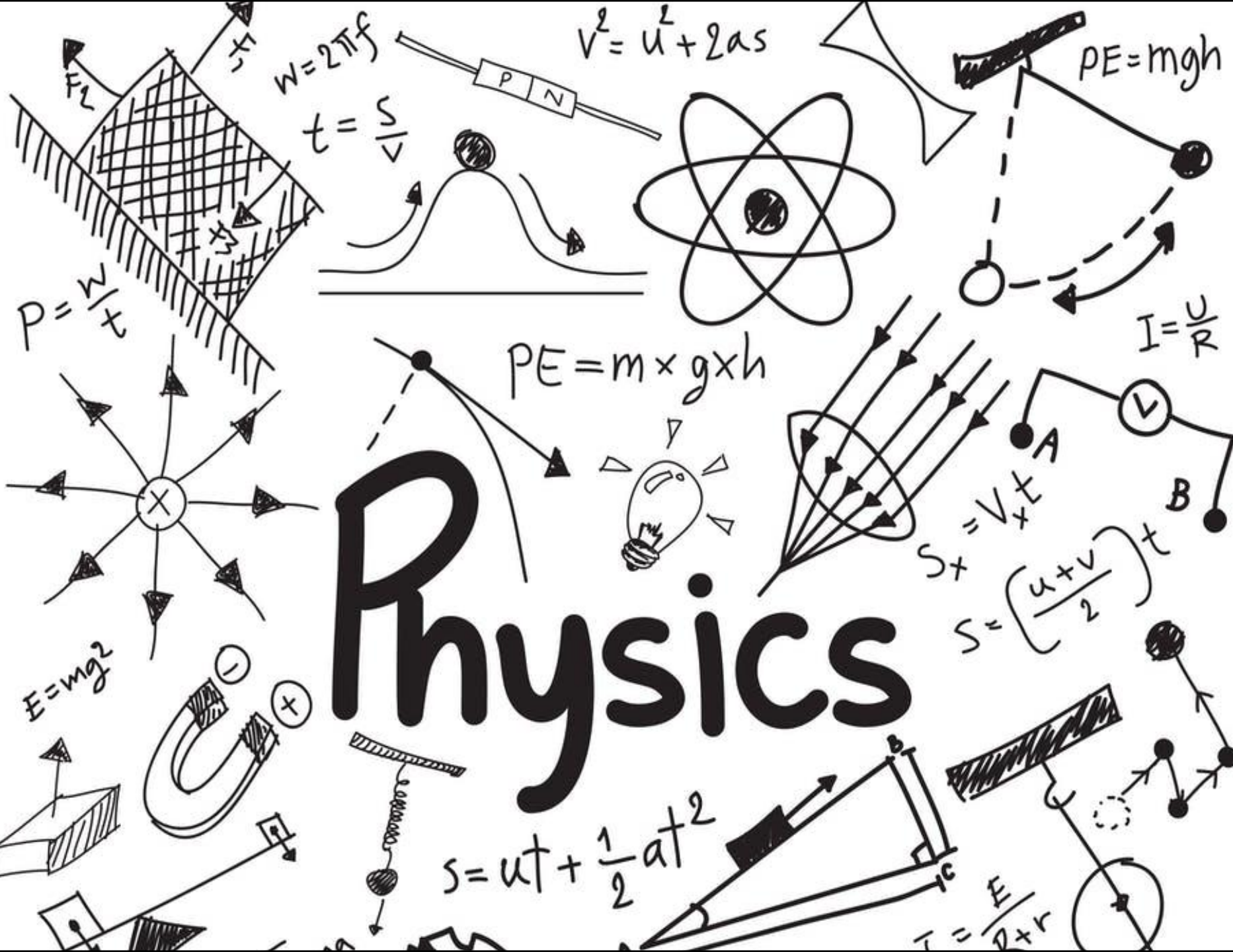


Physics



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



Doppler effect

Στάσιμη πηγή ήχου



Πηγή ήχου που πλησιάζει



Παρατηρητής

Πηγή ήχου που απομακρύνεται



Ηχητικά Κύματα

• Το φαινόμενο Doppler

• Διαισθητική κατανόηση

- Κύματα χτυπούν την ακίνητη βάρκα με περίοδο T

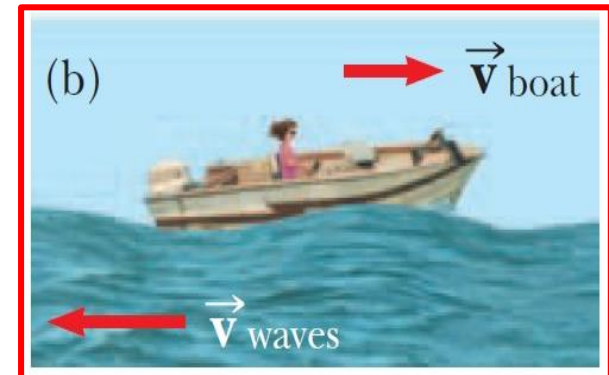
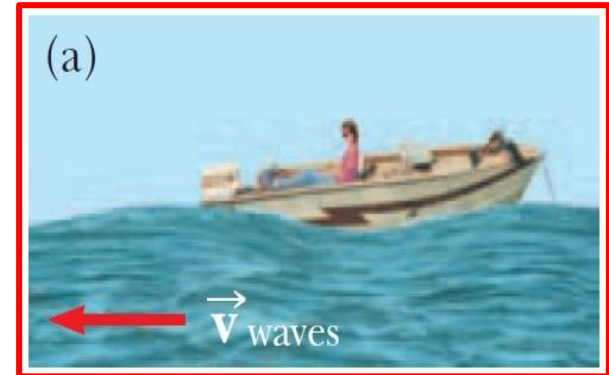
- Αν προχωρήσει η βάρκα προς την πηγή, κάθε κυματισμός θα φτάνει γρηγορότερα απ' ό,τι πριν

- 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

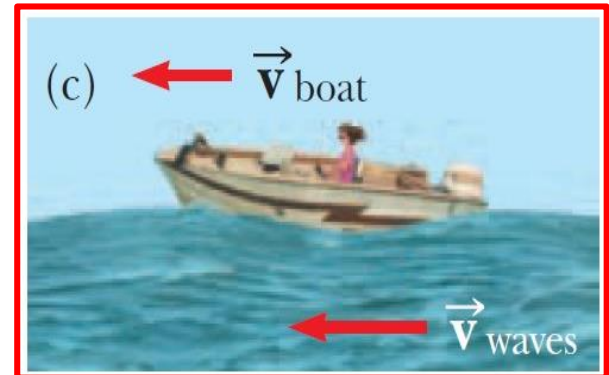
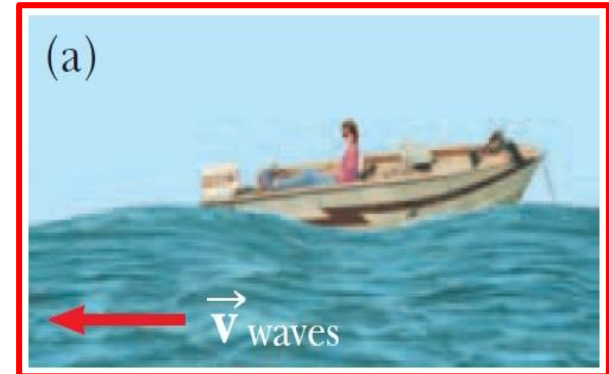
- Αν προχωρήσει η βάρκα μακριά από την πηγή, κάθε κυματισμός θα φτάνει αργότερα απ' ό,τι πριν

- 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

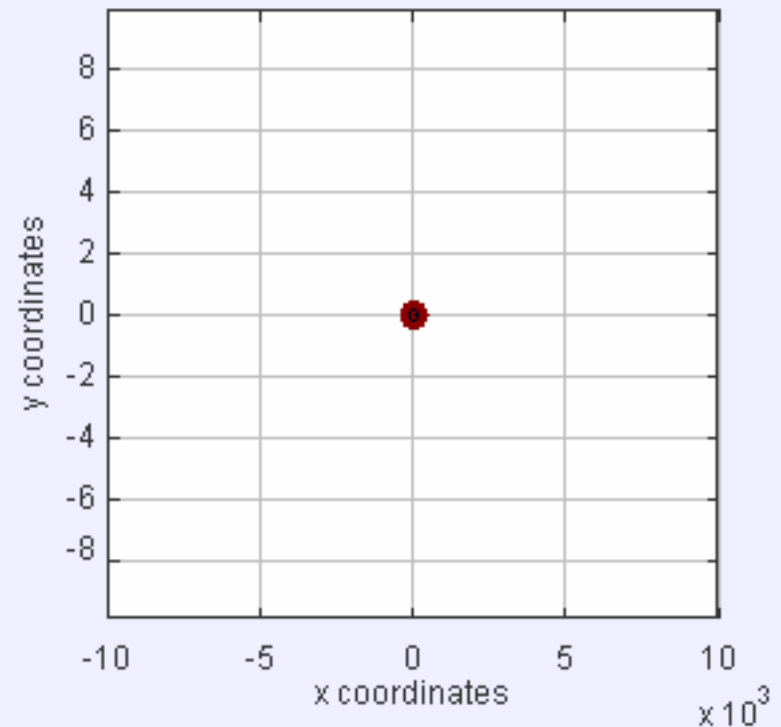
- Συχνότητα πηγής f

- Περίοδος T

- Μήκος κύματος λ

- Ένας ακίνητος παρατηρητής αντιλαμβάνεται τη συχνότητα f της πηγής

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



Ηχητικά Κύματα

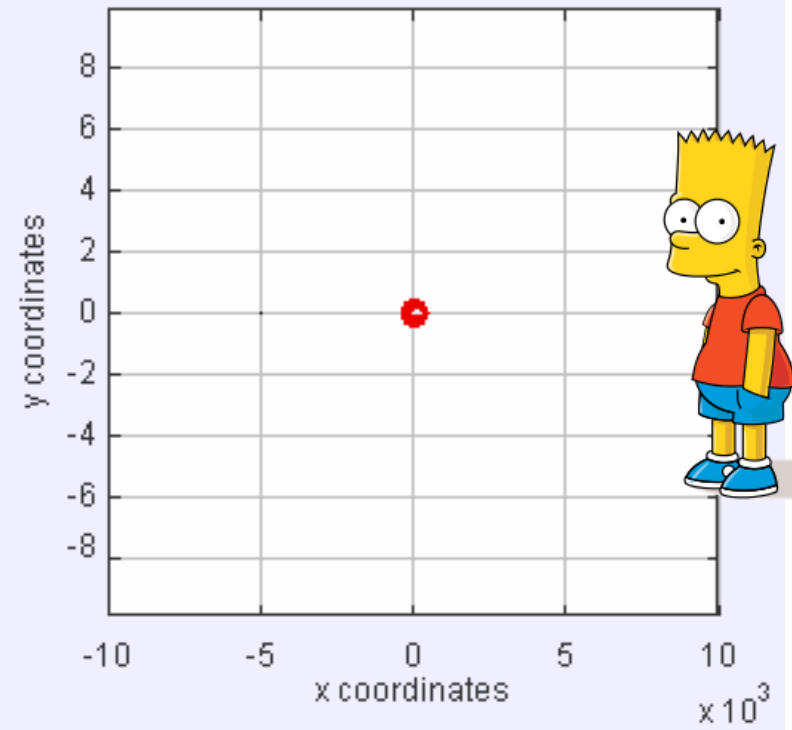
○ Το φαινόμενο Doppler

- Κινούμενη πηγή
 - Προς τον παρατηρητή
- Συχνότητα πηγής f
- Περίοδος T
- Μήκος κύματος 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

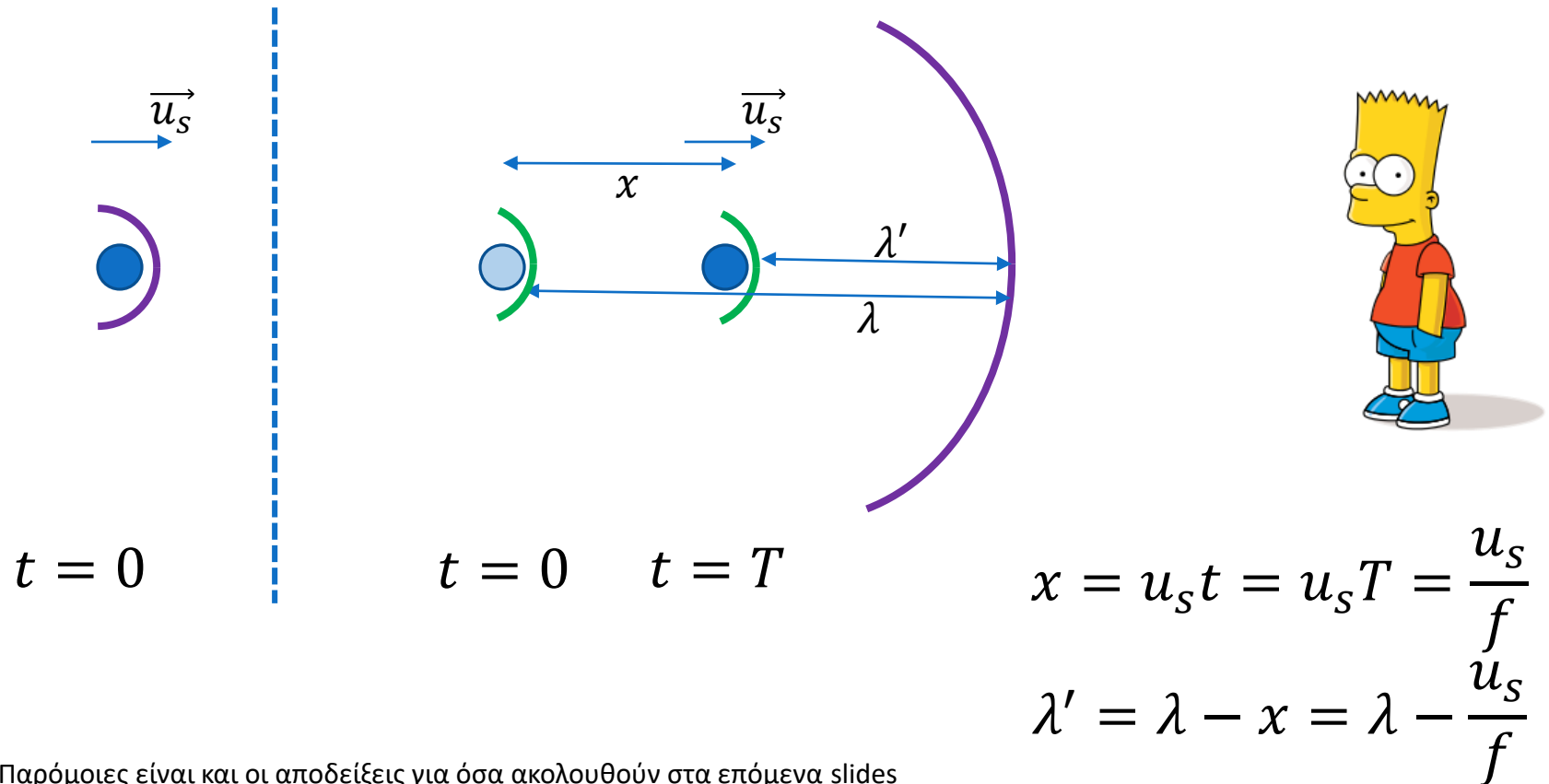


Ηχητικά Κύματα

• Το φαινόμενο Doppler

• Κινούμενη πηγή προς τον παρατηρητή - επεξήγηση

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



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

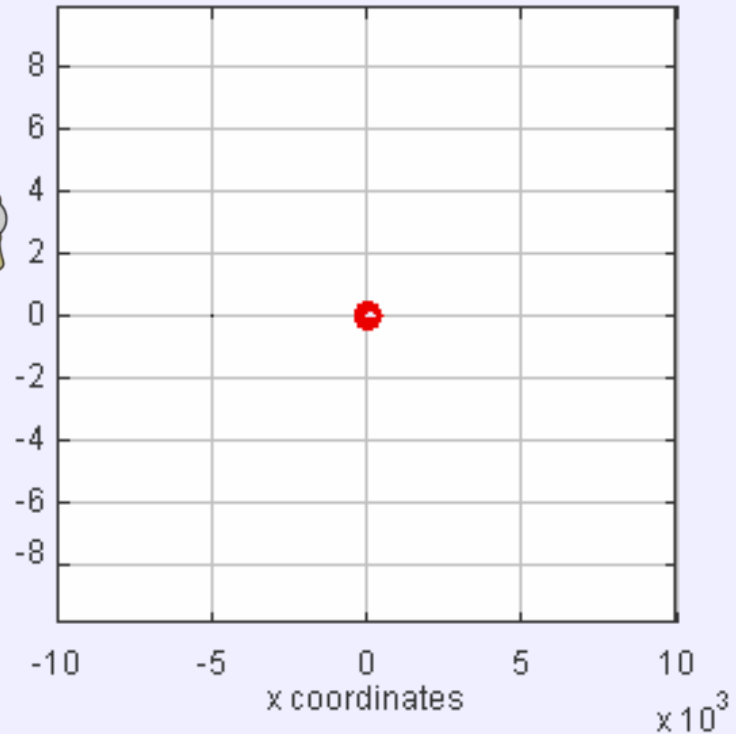
○ Ταχύτητα πηγής u_s

○ 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

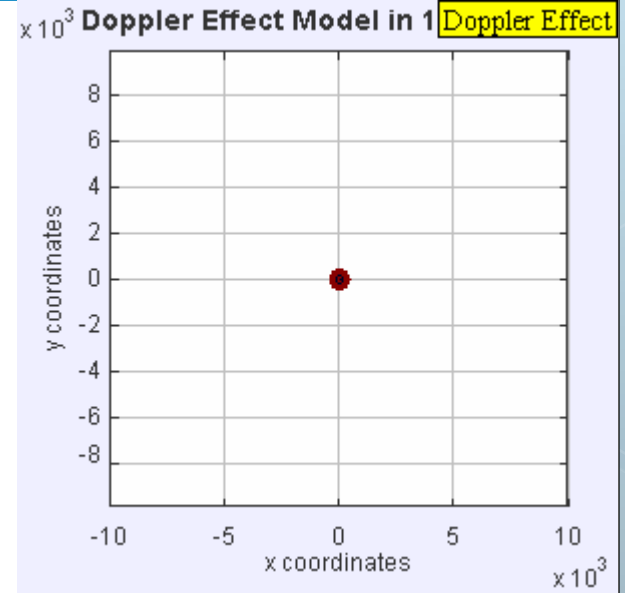
○ Περίοδος T

○ Μήκος κύματος λ

○ Ταχύτητα παρατηρητή u_o

○ Ταχύτητα ήχου u

○ Ένας κινούμενος παρατηρητής που πλησιάζει την πηγή αντιλαμβάνεται συχνότητα

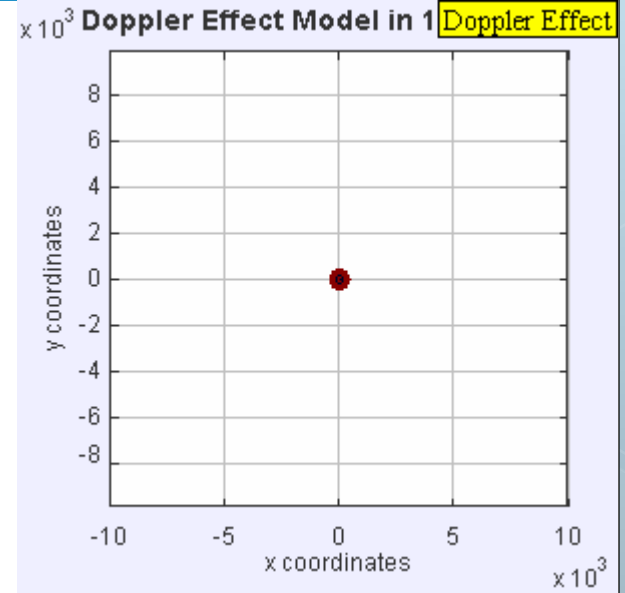


$$f' = \frac{u'}{\lambda} = \left(\frac{u + u_o}{u} \right) f$$

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 \rightarrow

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

← Συχνότητα εκπομπής πηγής

Ταχύτητα παρατηρητή

Ταχύτητα ήχου

Ταχύτητα πηγής

Πώς επιλέγουμε πρόσημα στη σχέση αυτή?

1. Πηγή και παρατηρητής **κινούνται ο ένας προς τον άλλο**: πρόσημα που αυξάνουν το f'
2. Πηγή και παρατηρητής **απομακρύνονται ο ένας από τον άλλο**: πρόσημα που μειώνουν το f'
3. Οι ταχύτητες εννοούνται πάντα κατά **μέτρο!**

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:

- ◉ Το ξυπνητήρι σας παράγει έναν ήχο συχνότητας 600 Hz. Στην απελπισία σας, το πετάτε (αφήνετε) από το παράθυρο. Αν η ταχύτητα του ήχου είναι 343 m/s, και βρίσκεστε 15 m από το έδαφος, τι συχνότητα θα ακούσετε λίγο πριν γίνει κομματάκια;

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

Η συχνότητα που αναφέρεται να ακούσατε

είναι $f' < f$ γιατί η πηγή κινείται απομακρυνόμενη από ακίνητο παρατηρητή. Χρειαζόμαστε

το u_B ώστε να υπολογίσουμε τη συχνότητα f_B .

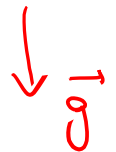
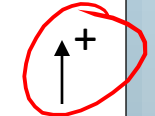
Θεωρούμε τη διαδρομή A → B, που το ξυπνητήρι εκτελεί επιταχυνόμενη κίνηση με σταθερή \vec{a}_y .


Είναι
$$u_B^2 = u_A^2 - 2g \Delta y = 0 - 2 \cdot 9.8 \cdot (-15) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow u_B \approx -17.14 \frac{m}{s} \Rightarrow |\vec{u}_B| \approx 17.14 \frac{m}{s}$$

Άρα
$$f' = \left(\frac{u}{u + u_B} \right) f \approx 571 \text{ Hz}$$

$y = 15 \text{ m}$
A  $u_A = 0$
 $f_A = 600 \text{ Hz}$



$y = 0$
B  $u_B = ?$
 $f_B = ?$



Τέλος Διάλεξης

