

4.2. Ασκήσεις στο φαινόμενο Doppler

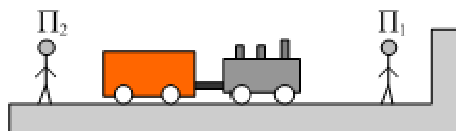
4.2.1. Συχνότητα και διάρκεια ενός ήχου

Μια ηχητική πηγή κινείται με ταχύτητα $v_s=40\text{m/s}$ πλησιάζοντας έναν ακίνητο παρατηρητή Α. Σε μια στιγμή εκπέμπει έναν ήχο διάρκειας 1,7s με συχνότητα 3000Hz.

- i) Ποια συχνότητα ακούει ο παρατηρητής Α;
 - ii) Επί πόσο χρονικό διάστημα ακούει τον ήχο ο παρατηρητής;
- Δίνεται η ταχύτητα του ήχου στον αέρα $v=340\text{m/s}$.

4.2.2. Φαινόμενο Doppler και συχνότητες διαφόρων παρατηρητών.

Ένα τρένο κατευθύνεται προς ένα τούνελ και εκπέμπει ήχο συχνότητας f_s . Ο ήχος ανακλάται από τον κατακόρυφο τοίχο.



- i) Αν ο ακίνητος παρατηρητής Π_1 ακούει τον ήχο από το τρένο με συχνότητα f_1 και τον ήχο από ανάκλαση με συχνότητα f_1' , να αποδείξετε ότι $f_1=f_1'$.
- ii) Αν ο ακίνητος παρατηρητής Π_2 ακούει τον ήχο από το τρένο με συχνότητα f_2 και τον ήχο από ανάκλαση με τον τοίχο με συχνότητα f_2' , να αποδείξετε ότι:

$$f_2' > f_s > f_2.$$
- iii) Αν ο μηχανοδηγός ακούει τον ήχο από ανάκλαση με συχνότητα f_a να αποδείξετε ότι

$$f_a = \frac{v + v_a}{v - v_s} f_s$$

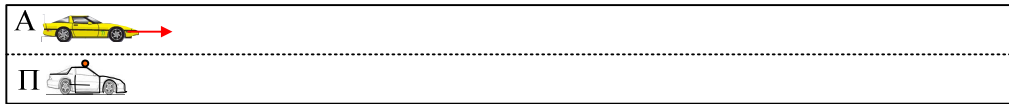
4.2.3. Πηγή και παρατηρητής σε κίνηση .

Ένας παρατηρητής κινείται σε ευθύγραμμο δρόμο με σταθερή ταχύτητα $v_A=20\text{m/s}$ και σε μια στιγμή $t=0$ και ενώ απέχει $d=50\text{m}$ από προπορευόμενη πηγή ήχου, η οποία κινείται με ταχύτητα $v_s=10\text{m/s}$, ακούει ήχο συχνότητας $f_1=3600\text{Hz}$.

- i) Ποια η συχνότητα του ήχου που παράγει η πηγή;
 - ii) Ποια συχνότητα θα ακούει ο παρατηρητής τη χρονική στιγμή $t_1=10\text{s}$;
- Δίνεται η ταχύτητα του ήχου στον αέρα $v=340\text{m/s}$.

4.2.4. Διάρκεια ήχου και κίνηση

Ένα αυτοκίνητο Α κινείται σε ευθύγραμμο δρόμο με σταθερή ταχύτητα $v_A=20\text{m/s}$ περνώντας μπροστά από ένα ακίνητο περιπολικό της αστυνομίας τη στιγμή $t_0=0$. Τη στιγμή $t_1=27\text{s}$ το περιπολικό βάζει σε λειτουργία την σειρήνα του και ταυτόχρονα ξεκινά να κινείται με σταθερή επιτάχυνση $a=2\text{m/s}^2$, ακολουθώντας το αυτοκίνητο Α. Η αρχική συχνότητα που ακούει ο οδηγός του αυτοκινήτου είναι 6400Hz και η τελική 6800Hz.

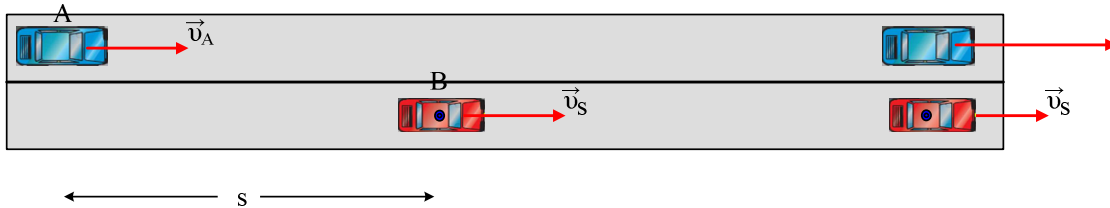


Πόσο απέχουν τα δύο οχήματα την χρονική στιγμή που:

- σταματά να ηχεί η σειρήνα.
- παύει να ακούει ήχο ο οδηγός του A οχήματος.

Δίνεται η ταχύτητα του ήχου $v=340\text{m/s}$.

4.2.5. Doppler. Μεταβολή συχνότητας και μήκους κύματος.

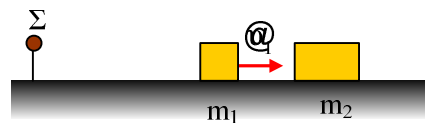


Σε ένα ευθύγραμμο δρόμο κινούνται με σταθερές ταχύτητες $v_A=v_s=10\text{m/s}$ δυο αυτοκίνητα A και B, όπως στο σχήμα. Το προπορευόμενο όχημα B, έχει σειρήνα που παράγει αρμονικό ήχο συχνότητας $f_s=700\text{Hz}$.

- Να βρεθεί το μήκος κύματος του ήχου που παράγει η σειρήνα, όταν είναι ακίνητη.
- Να βρεθεί η συχνότητα και το μήκος κύματος του ήχου που ακούει ο οδηγός του αυτοκινήτου A.
- Σε μια στιγμή και ενώ η απόσταση των δύο οχημάτων είναι $s=100\text{m}$, ο οδηγός του A προσδίδει σταθερή επιτάχυνση στο αυτοκίνητό του, με αποτέλεσμα να φτάσει το B μέσα σε 10s. Να βρεθεί η σχέση που δίνει τη συχνότητα του ήχου που ακούει ο οδηγός του A σε συνάρτηση με το χρόνο και να γίνει η γραφική της παράσταση, στη διάρκεια της επιτάχυνσης.
- Πόσα πυκνώματα του ήχου συναντά ο οδηγός του A αυτοκινήτου στη διάρκεια της επιτάχυνσής του;

Δίνεται ότι η ταχύτητα του ήχου είναι $v=340\text{m/s}$ και τα δύο οχήματα κινούνται πάνω στην ίδια ευθεία (σχεδόν...).

4.2.6. Κρούση και Doppler



Σώμα μάζας m_1 κινούμενο οριζόντια με ταχύτητα μέτρου $v_1=15\text{m/s}$ συγκρούεται κεντρικά και ελαστικά με άλλο σώμα μάζας m_2 που είναι αρχικά ακίνητο. Τα δύο σώματα φέρουν ανιχνευτές συχνοτήτων, αμελητέας μάζας. Σε σημείο Σ όπως στο σχήμα, υπάρχει ακίνητη ηχητική πηγή, που εκπέμπει συνεχώς ήχο, σταθερής συχνότητας $f_s=1700\text{Hz}$.

Η ταχύτητα του ήχου στον ακίνητο αέρα είναι $v=340\text{m/s}$.

Αν το σώμα m_1 χάνει κατά την κρούση το 64% της κινητικής του ενέργειας κινούμενο αντίρροπα σε σχέση με την αρχική φορά κίνησής του, να βρεθούν:

- ο λόγος των μαζών m_1/m_2
- οι συχνότητες που καταγράφουν οι ανιχνευτές αμέσως μετά την κρούση

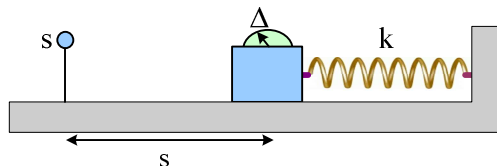
- iii) αν μετά την κρούση κάθε σώμα παρουσιάζει τριβή ολίσθησης με το οριζόντιο επίπεδο, με συντελεστή $\mu=0,1$, να προσδιορίσετε τη χρονική στιγμή κατά τη διάρκεια της κίνησης των δύο σωμάτων, όπου ο ανιχνευτής του σώματος m_1 καταγράφει συχνότητα κατά 25Hz μεγαλύτερη της αντίστοιχης του ανιχνευτή του σώματος μάζας m_2 .

Να θεωρήσετε, ότι οι ανιχνευτές δεν καταστρέφονται κατά την κρούση. Το σώμα μάζας m_1 κατά την κίνησή του δεν συναντά την πηγή.

Δίνεται $g=10\text{m/s}^2$.

4.2.7. Ταλάντωση και Doppler.

Πάνω σε λείο οριζόντιο επίπεδο ηρεμεί ένα σώμα Σ πάνω στο οποίο έχει προσδεθεί ένας καταγραφέας ήχου (δέκτης Δ), δεμένο στο άκρο ελατηρίου σταθεράς $k=1000\text{N/m}$. Σε απόσταση $s=1\text{m}$ υπάρχει μια πηγή που παράγει αρμονικό ήχο συχνότητας 680Hz , όπως στο σχήμα.

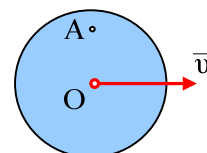


Εκτρέπουμε το σώμα Σ προς τα αριστερά κατά $0,4\text{m}$ και για $t=0$ το αφήνουμε να εκτελέσει ΑΑΤ. Αν η προς τα δεξιά κατεύθυνση θεωρείται θετική, ενώ η μάζα του Σ (και δέκτη μαζί) είναι $m=0,4\text{kg}$ και η ταχύτητα του ήχου $v=340\text{m/s}$, ζητούνται:

- Η εξίσωση της απομάκρυνσης σε συνάρτηση με το χρόνο του σώματος Σ .
- Κάποια στιγμή t_1 η συχνότητα που καταγράφει ο δέκτης είναι $f_1=700\text{Hz}$, για πρώτη φορά. Για τη στιγμή αυτή t_1 :
 - Ποια η ταχύτητα του Σ .
 - Ποιο το επί τοις % ποσοστό της ενέργειας ταλάντωσης που αντιστοιχεί στην δυναμική ενέργεια ταλάντωσης;
 - Ποια η χρονική στιγμή t_1 ;
- Να γίνουν οι γραφικές παραστάσεις σε συνάρτηση με το χρόνο:
 - Της απόστασης πηγής – δέκτη ήχου.
 - Της συχνότητας του ήχου που καταγράφει ο δέκτης.

4.2.8. Μια σύνθετη κίνηση ηχητικής πηγής.

Ο τροχός ενός αυτοκινήτου ακτίνας $R=0,5\text{m}$, το οποίο κινείται ευθύγραμμα με σταθερή ταχύτητα $v=10\text{m/s}$ κυλίεται χωρίς να ολισθαίνει. Το αυτοκίνητο πλησιάζει έναν ακίνητο παρατηρητή ο οποίος βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση. Σε σημείο A του τροχού που απέχει $r=0,4\text{m}$ από το κέντρο O του τροχού, έχει στερεωθεί μια ηχητική πηγή που εκπέμπει ήχο συχνότητας $f=1000/17\text{Hz}$ και για $t=0$ βρίσκεται στη θέση που φαίνεται στο σχήμα.



- Να βρείτε την εξίσωση της ταχύτητας με την οποία η ηχητική πηγή πλησιάζει τον παρατηρητή και να

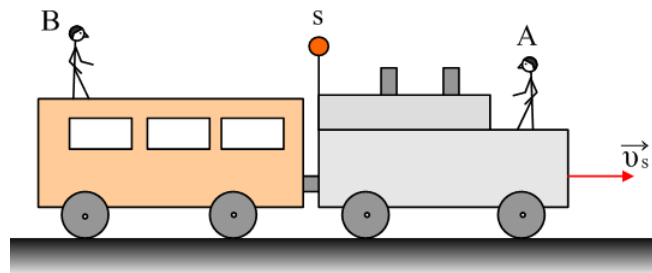
κάνετε την γραφική της παράσταση.

- ii) Ποια η περίοδος του ήχου που ακούει ο παρατηρητής σε συνάρτηση με το χρόνο; Να γίνει η γραφική παράσταση $T=f(t)$.

Δίνεται η ταχύτητα του ήχου στον αέρα $v=340\text{m/s}$.

4.2.9. Φαινόμενο Doppler, συχνότητες και μήκη κύματος.

Ένα τρένο κινείται ευθύγραμμα με ταχύτητα $v_s=34\text{m/s}$. Πάνω του υπάρχει μια ηχητική πηγή που παράγει ήχο συχνότητας $f_s=680\text{Hz}$, ενώ δυο επιβάτες Α και Β βρίσκονται εναλλάξ της πηγής, όπως στο σχήμα, ακίνητοι ως προς το τρένο.

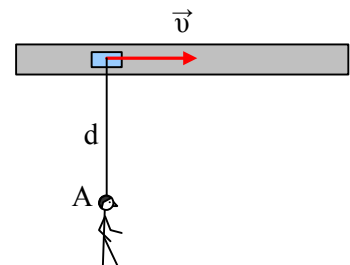


- i) Ποιας συχνότητας ήχο ακούει καθένας επιβάτης;
ii) Να βρεθεί το μήκος κύματος του ήχου που ακούνε οι δυο επιβάτες.

Δίνεται η ταχύτητα του ήχου $v=340\text{m/s}$.

4.2.10. Κίνηση πηγής σε διαφορετική διεύθυνση.

Ένας ακίνητος παρατηρητής Α απέχει απόσταση $d=60\text{m}$ από ευθύγραμμο δρόμο, στον οποίο κινείται ένα όχημα με σταθερή ταχύτητα $v_s=20\text{m/s}$. Τη στιγμή που το όχημα περνά από το κοντινότερο προς τον παρατηρητή σημείο αρχίζει να εκπέμπει ήχο συχνότητας $f_s=7040\text{Hz}$ για χρονικό διάστημα $t=4\text{s}$.



- i) Ποια η αρχική συχνότητα που ακούει ο παρατηρητής;
ii) Ποια η ελάχιστη συχνότητα του ήχου που αντιλαμβάνεται ο παρατηρητής;

Δίνεται η ταχύτητα του ήχου στον αέρα $v=340\text{m/s}$.

4.2.11. Φαινόμενο Doppler. Ανάκλαση σε κινούμενη επιφάνεια

Μια ηχητική πηγή παράγει ήχο συχνότητας $f_s=1600\text{Hz}$ και κινείται με ταχύτητα $v_s=20\text{m/s}$ πλησιάζοντας σε ακίνητο παρατηρητή Α. Σε αντίθετη κατεύθυνση πλησιάζει τον παρατηρητή μια ανακλαστική επιφάνεια κινούμενη με ταχύτητα $v_l=20\text{m/s}$.

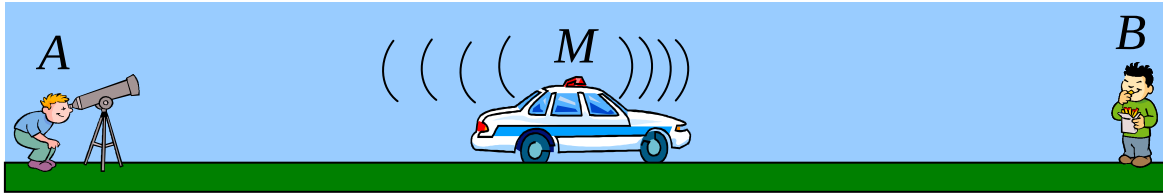


- i) Να βρεθούν η συχνότητα του ήχου που φτάνει απευθείας στον παρατηρητή καθώς και το μήκος κύματος αυτού του ήχου.
ii) Η συχνότητα και το μήκος κύματος του ήχου, που φτάνει στον παρατηρητή, μετά από την ανάκλαση

του ήχου στην ανακλαστική επιφάνεια.

Δίνεται η ταχύτητα του ήχου $v=340\text{m/s}$.

4.2.12. Μια άσκηση πρακτικής αριθμητικής λύνεται με Doppler.



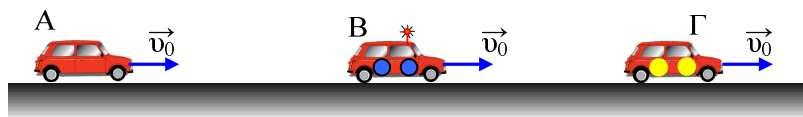
Το περιπολικό ξεκινά από το μέσον του ευθύγραμμου τμήματος AB κινούμενο προς τον B με σταθερή ταχύτητα. Την στιγμή που ξεκινά θέτει σε λειτουργία την σειρήνα και την διακόπτει την στιγμή που φτάνει μπροστά από τον B.

Οι ακίνητοι παρατηρητές χρονομέτρησαν και διεπίστωσαν ότι ακούν τον ήχο ο μὲν A επί 18 s , ο δε B επί 16 s.

- Πόσο απέχουν οι παρατηρητές και με ποια ταχύτητα κινείται το περιπολικό;
- Επί πόση ώρα άκουγε την σειρήνα ο οδηγός του περιπολικού;
- Η ταχύτητα του ήχου a_s θεωρηθεί ως 340 m/s.

4.2.13. Τρία αυτοκίνητα και φαινόμενο Doppler.

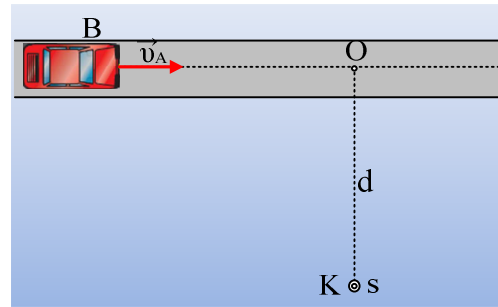
Σε ένα ευθύγραμμο δρόμο κινούνται τρία αυτοκίνητα A,B και Γ με την ίδια σταθερή ταχύτητα $v_0=10\text{m/s}$, όπως στο σχήμα. Το μεσαίο αυτοκίνητο διαθέτει μια σειρήνα, εκπέμποντας έναν αρμονικό ήχο συχνότητας $f_s=3500\text{Hz}$, για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα.



- Να βρεθούν οι συχνότητες των ήχων που ακούνε οι οδηγοί των αυτοκινήτων A και Γ.
- Να βρεθεί η απόσταση των αυτοκινήτων A και Γ, από το αυτοκίνητο B, αν γνωρίζουμε ότι η απόσταση (AB) είναι ίση με 7.000 μήκη κύματος του ήχου που ακούει ο οδηγός του A, ενώ η απόσταση (BΓ) είναι ίση με 7.000 μήκη κύματος του ήχου που ακούει ο οδηγός του Γ αυτοκινήτου.
- Σε μια στιγμή, έστω $t_0=0$, το αυτοκίνητο A επιταχύνεται με επιτάχυνση $a=2\text{m/s}^2$ μέχρι να αποκτήσει ταχύτητα $v_1=30\text{m/s}$, οπότε και συνεχίζει πλέον με σταθερή ταχύτητα μέχρι τη στιγμή $t_1=15\text{s}$.
 - Να κάνετε τη γραφική παράσταση της συχνότητας του ήχου που ακούει ο οδηγός του A αυτοκινήτου σε συνάρτηση με το χρόνο, μέχρι τη στιγμή t_1 .
 - Πόσες ταλαντώσεις εκτέλεσε το τύμπανο του αυτιού του οδηγού του αυτοκινήτου A από 0- t_1 ;
 - Με πόσα μήκη κύματος, του ήχου που ακούει ο οδηγός του A, είναι ίση η απόσταση μεταξύ των αυτοκινήτων A και B την στιγμή t_1 ;

Δίνεται η ταχύτητα του ήχου στον αέρα $v=340\text{m/s}$.

4.2.14. Φαινόμενο Doppler σε μια ευθύγραμμη κίνηση.



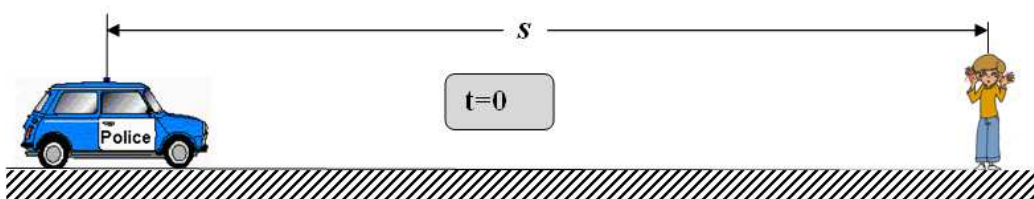
Ένα αυτοκίνητο κινείται ευθύγραμμα με σταθερή ταχύτητα. Ο συνοδηγός του αυτοκινήτου κρατά στο χέρι του ένα ευαίσθητο μικρόφωνο, με την βοήθεια του οποίου μπορεί να μετρά τη συχνότητα του ήχου. Μια πηγή s αρμονικού ήχου, απέχει κατά $(KO) = d = 30\text{m}$ από τον δρόμο και κάποια στιγμή εκπέμπει έναν απλό ήχο, ορισμένης διάρκειας. Το μικρόφωνο αρχίζει να καταμετρά τον ήχο τη στιγμή, που απέχει απόσταση $(BO) = d_1 = 40\text{m}$ από το O με αρχική ένδειξη 7.120Hz , ενώ η ένδειξη αυτή ελαττώνεται, φτάνοντας σε ελάχιστη τιμή 6.800Hz , τη στιγμή που φτάνει στο σημείο O , όπου και σταματά να ακούγεται ήχος.

- Να ερμηνεύσετε την μείωση της συχνότητας του ήχου που μετράει ο συνοδηγός.
- Ποια η συχνότητα του ήχου που παράγει η πηγή s ;
- Να υπολογιστεί η ταχύτητα του αυτοκινήτου.
- Να βρεθεί ο αριθμός των ταλαντώσεων που εκτέλεσε η πηγή του ήχου.

Δίνεται η ταχύτητα του ήχου στον αέρα $v = 340\text{m/s}$.

4.2.15. Φαινόμενο Doppler: Ήχος που φτάνει και ήχος που θα φτάσει

Περιπολικό ξεκινά να κινείται τη χρονική στιγμή $t=0$ από την ηρεμία και η ταχύτητα του αυξάνεται με σταθερό ρυθμό 2m/s^2 και ταυτόχρονα ενεργοποιεί την σειρήνα του, η οποία εκπέμπει ήχο συχνότητας 990Hz . Στην διεύθυνση κίνησης του περιπολικού και σε απόσταση $s = 1045\text{m}$ από το σημείο που ξεκίνησε βρίσκεται ακίνητος παρατηρητής A , όπως φαίνεται στο σχήμα.



Να υπολογιστούν:

- τη συχνότητα με την οποία γίνεται αντιληπτός από τον παρατηρητή ο ήχος που εξέπεμψε η σειρήνα του περιπολικού την χρονική στιγμή $t_1 = 8\text{s}$,
- τη συχνότητα του ήχου που φτάνει στον παρατηρητή την χρονική στιγμή $t_1 = 8\text{s}$.