

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ DOPPLER – ΒΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

(μετά το προσεκτικό διάβασμα της θεωρίας από το σχολικό βιβλίο)

- a. Για να έχουμε φαινόμενο Doppler πρέπει να υπάρχει **σχετική κίνηση πηγής- παρατηρητή**, δηλαδή να αλλάζει η απόστασή τους.
 - b. Επομένως (ένα παράδειγμα) δεν έχουμε φαινόμενο Doppler όταν πηγή και παρατηρητής κινούνται με την ίδια ταχύτητα προς την ίδια κατεύθυνση, ή δεν κινούνται ή (άλλο παράδειγμα) πηγή να βρίσκεται στο κέντρο κυκλικού στίβου και παρατηρητής να κινείται στην περιφέρεια (δεν αλλάζει η απόστασή τους)
2. Το φαινόμενο Doppler αφορά κάθε είδους κύματα, όπως μηχανικά, ηλεκτρομαγνητικά, ηχητικά. Οι τύποι όμως του βιβλίου αναφέρονται **μόνο στα ηχητικά**. Στα άλλα είδη ισχύουν διαφορετικοί τύποι.
3. Το φαινόμενο Doppler έχει **διαφορετική προσέγγιση** αν ο παρατηρητής είναι ακίνητος και κινείται η πηγή, ή αν η πηγή είναι ακίνητη και κινείται ο παρατηρητής
- a. **Όταν η Πηγή είναι ακίνητη και ο παρατηρητής κινείται.**
 - i. Δεν αλλάζει το μήκος κύματος- ο παρατηρητής αντιλαμβάνεται το ηχητικό κύμα με μήκος κύματος ίδιο με αυτό που εκπέμπει η πηγή ($\lambda_A = \lambda_s$)
 - ii. **αλλάζει η ταχύτητα του ήχου ως προς τον παρατηρητή ($u_{\eta\chi} \pm u_A$)**
 - iii. $u_{\eta\chi(A)} = \lambda_A f_A \rightarrow (u_{\eta\chi} \pm u_A) = \lambda_A f_A$ για τον παρατηρητή,
 - iv. $u_{\eta\chi} = \lambda_s f_s$ για την πηγή και με αντικατάσταση στην (i) προκύπτει ο γνωστός τύπος
 - b. **Όταν ο παρατηρητής είναι ακίνητος αλλά η πηγή κινείται.**
 - i. Δεν αλλάζει η ταχύτητα του ήχου ως προς τον παρατηρητή
 - ii. Αλλάζει το μήκος κύματος ($\lambda_A = \lambda_s \pm u_s T_s$)
 - iii. $u_{\eta\chi} = \lambda_s f_s$ για την πηγή,
 - iv. $u_{\eta\chi} = \lambda_A f_A$ για τον παρατηρητή και με αντικατάσταση στην (ii) προκύπτει ο άλλος γνωστός τύπος
4. Στον τύπο του Doppler οι ταχύτητες παρατηρητή και πηγής **έχουν την διεύθυνση της ευθείας που διέρχεται από παρατηρητή και πηγή**. Όταν οι ταχύτητες σχηματίζουν γωνία με την ευθεία παρατηρητή-πηγή στους τύπους βάζουμε τις συνιστώσες των ταχυτήτων στην διεύθυνση παρατηρητής-πηγή.
5. Παρατηρητής και πηγή χωριστά ή ταυτόχρονα μπορούν να κινούνται **επιταχυνόμενα** ή επιβραδυνόμενα. Τότε η συχνότητα που αντιλαμβάνεται ο παρατηρητής δεν είναι σταθερή αλλά μεταβάλλεται
6. Στην περίπτωση που ο παρατηρητής ηρεμεί μπορούμε να εκφράσουμε την συχνότητα που ακούει σαν συνάρτηση του ηλίκου $u_s/u_{\eta\chi}$ ($f_A = \frac{1}{1 \mp \frac{u_s}{u_{\eta\chi}}} f_s$)
7. Μνημονικός κανόνας: Στον τύπο του Doppler θεωρούμε **θετική την κατεύθυνση παρατηρητή \rightarrow πηγή**. Έτσι οι ταχύτητες που έχουν αυτήν την κατεύθυνση παίρνουν πρόσημο (+) αλλιώς παίρνουν πρόσημο (-).
- a. Παράδειγμα1: Παρατηρητής και πηγή πλησιάζουν. Θα βάλουμε (+) στην ταχύτητα του παρατηρητή και (-) στην ταχύτητα της πηγής.

- b. Παράδειγμα2: Παρατηρητής απομακρύνεται και πηγή πλησιάζει. Βάζουμε (-) στην ταχύτητα του παρατηρητή και (-) στην ταχύτητα της πηγής
8. Αν πηγή κινείται προς τον παρατηρητή και τον προσπερνάει, θα παρουσιαστεί μια ασυνέχεια τη στιγμή του προσπεράσματος (λίγο πριν μεγαλύτερη από την συχνότητα της πηγής , λίγο μετά μικρότερη)
9. **Το πλήθος των μεγίστων που εκπέμπει η πηγή σε χρόνο Δt δίνεται από τον τύπο $N_s = f_s \Delta t$. Ο παρατηρητής :**
- a. Στον **ίδιο χρόνο** θα ακούσει : $N_A = f_A \Delta t$ μέγιστα, άρα $\frac{N_A}{N_S} = \frac{f_A}{f_s}$
- b. Για να ακούσει όλα τα μέγιστα που εκπέμπονται θα χρειαστεί διαφορετικό χρόνο. Πράγματι, πρέπει $N_A = N_S \rightarrow f_A \Delta t_A = f_s \Delta t_s$
10. Οι ταχύτητες παρατηρητή – πηγής μετριοούνται **ως προς το μέσο διάδοσης (τον αέρα)**.
11. Όταν έχουμε ανάκλαση του ήχου σε κάτοπτρο που βρίσκεται μπροστά από παρατηρητή και η πηγή πλησιάζει αυτόν ο παρατηρητής ακούει:
- a. Μια συχνότητα απ' ευθείας
- b. Μια συχνότητα από ανάκλαση. Στην περίπτωση αυτή η συχνότητα από ανάκλαση υπολογίζεται αν «βάλουμε» ένα εικονικό παρατηρητή πάνω στο κάτοπτρο, υπολογίσουμε την συχνότητα που «ακούει» και στη συνέχεια να θεωρήσουμε αυτόν τον «εικονικό» σαν δευτερεύουσα πηγή και να υπολογίσουμε την συχνότητα που ακούει ο παρατηρητής από αυτήν.
- 12. Περίπτωση νυχτερίδας που πλησιάζει κάτοπτρο.**
- a. Η συχνότητα που «αντιλαμβάνεται» ο εικονικός παρατηρητής πάνω στο κάτοπτρο είναι:
 $f_x = \frac{u}{u - u_N} f_N$, αφού η **νυχτερίδα –πηγή** πλησιάζει εκπέμποντας συχνότητα f_N ,
- b. Η συχνότητα που αντιλαμβάνεται η **νυχτερίδα- παρατηρητής** από ανάκλαση είναι :
 $f_{N'} = \frac{u + u_N}{u} f_x$ αφού τώρα η νυχτερίδα είναι «παρατηρητής» που πλησιάζει ακίνητη πηγή (το κάτοπτρο που εκπέμπει συχνότητα f_x). Με αντικατάσταση προκύπτει :
 $f_{N'} = \frac{u + u_N}{u} \frac{u}{u - u_N} f_N = \frac{u + u_N}{u - u_N} f_N$
- 13. Πηγή που ταλαντώνεται** προκαλεί φαινόμενο Doppler σε παρατηρητή που βρίσκεται ακίνητος στην ευθεία ταλάντωσης. Ο παρατηρητής ακούει συχνότητες στο όριο min – max όπου min είναι η συχνότητα που αντιλαμβάνεται ο παρατηρητής όταν η πηγή διέρχεται τη Θ1 απομακρυνόμενη από αυτόν και max όταν η πηγή διέρχεται τη Θ1 πλησιάζοντας αυτόν.

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Περιπολικό εκπέμπει συχνότητα 1000HZ και πλησιάζει κατακόρυφο τοίχο με ταχύτητα 10 m/s. Εσείς βρίσκεστε σε θέση τέτοια ώστε το περιπολικό να απομακρύνεται από σας.
- a. Ποια συχνότητα ακούτε απ' ευθείας από το περιπολικό;
- b. Ποια συχνότητα ακούτε από ανάκλαση του ήχου στον τοίχο;
- c. Ποια η συχνότητα του διακροτήματος;
- Ταχύτητα ήχου = 330 m/s
 (ΑΠ : α. 970HZ, β. 1031HZ, γ. 61HZ)
2. Σειρήνα περιπολικού εκπέμπει ήχο άγνωστης συχνότητας. Εσείς κάθεστε σε μια διασταύρωση πάνω στην ευθεία που κινείται το περιπολικό και αντιλαμβάνεστε δυο συχνότητες, μια 560 HZ και μια 480HZ. Αν η ταχύτητα ήχου είναι 340 m/s να βρείτε την ταχύτητα του περιπολικού

(ΑΠ 26,1 m/s)

3. Πηγή ήχου εκπέμπει ήχο συχνότητας 1000t και είναι ακίνητη. Ένας παρατηρητής που βρίσκεται σε απόσταση $S = 90\text{m}$ αρχίζει να κινείται με σταθερή ταχύτητα προς την πηγή και μετά από χρόνο $t=3\text{s}$ αντιλαμβάνεται μια απότομη πτώση στη συχνότητα που ακούει.

α. να βρείτε τον χρόνο που χρειάζεται ο παρατηρητής να φτάσει την πηγή και την ταχύτητα του παρατηρητή

β. ποια συχνότητα αντιλαμβάνεται ο παρατηρητής αμέσως μετά το προσπέρασμα;

γ. πόσα ηχητικά κύματα ακούει ο παρατηρητής από τη στιγμή που προσπερνάει την πηγή μέχρι και 2s μετά (ταχύτητα ήχου = 330 m/s)

(ΑΠ α. 3s, 30m/s, β. 2727HZ, γ. 7272)

4. Σειρήνα εκπέμπει ηχητικό κύμα συχνότητας 300HZ. Αν η ταχύτητα του ήχου ως προς τον αέρα είναι 340m/s να βρείτε :

α. Το μήκος κύματος αν η σειρήνα ηρεμεί ως προς τον αέρα

β. Τα μήκη κύματος μπρος και πίσω από τη σειρήνα αν αυτή κινείται με ταχύτητα 30m/s

(ΑΠ : α) 1.13, β) 1.03, 1.23)

5. Σε ευθεία που ενώνει δυο σταθμούς Α και Β τρέχει παρατηρητής με ταχύτητα 1 m/s. Από τους σταθμούς εκπέμπεται ήχος συχνότητας 440HZ.

α. ποια είναι η συχνότητα του διακροτήματος που αντιλαμβάνεται ο παρατηρητής;

β. Πόσα μέγιστα ακούει σε χρόνο 2s

γ. πόσο τοις % πρέπει να μεταβληθεί η συχνότητα που εκπέμπει ο σταθμός από τον οποίον απομακρύνεται ώστε να μην ακούει διακρότημα;

Δίνεται η ταχύτητα ήχου = 330 m/s

(ΑΠ: α. 2,66HZ, β. 5, γ. 0,6%)

6. Σε μεγάλη ευθεία της εθνικής οδού τροχονόμος χρησιμοποιεί φορητό ανιχνευτή ακουστικών κυμάτων για να ελέγξει τις ταχύτητες των διερχόμενων οχημάτων. Ο ανιχνευτής εκπέμπει ήχο συχνότητας f_1 που ανακλώμενος στο αυτοκίνητο που πλησιάζει, επιστρέφει στον ανιχνευτή με συχνότητα f_2 .

α. Να βρείτε την ταχύτητα του αυτοκινήτου σε συνάρτηση με τις δύο συχνότητες και την ταχύτητα του ήχου στον αέρα (330 m/s)

β. Να βρείτε τον λόγο f_2/f_1 όταν το αυτοκίνητο υπερβεί το όριο των 120Km/h

(ΑΠ : $[(f_2-f_1)/(f_2+f_1)] \cdot u_{\eta\chi}$, 1,22)