

11. Φαινόμενο Doppler - απαντήσεις

A. Ερωτήσεις κλειστού τύπου

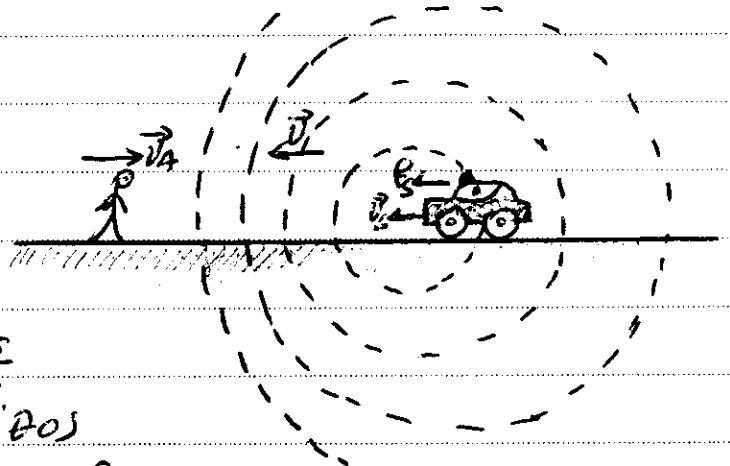
11.1 α-1, β-1, γ-Σ, δ-Σ

11.2 α-1, β-1, γ-Α, δ-Σ

11.3 α-1, β-1, γ-Σ, δ-1

11.4

α) $\vec{v}_{\text{πη}/A} = \vec{v}_{\text{πη}} - \vec{v}_A \Rightarrow v_{\text{πη}/A} = v - (-v_A)$
 $\Rightarrow v_{\text{πη}/A} = v + v_A$ α-Σωστό

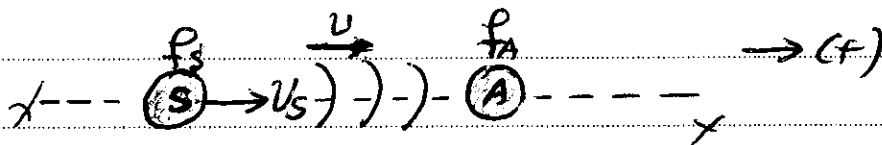


β) $\lambda_A = \lambda - v_s T = \lambda - v_s \frac{1}{f_s} \Rightarrow \lambda_A = \lambda - \frac{v_s}{f_s}$
 β-λάθος

γ) $f_A = \frac{v + v_A}{v - v_s} f_s \Rightarrow f_A > f_s$ ή για $f_A = \text{σταθερή}$ και όχι συνεχώς αυξανόμενη δ-λάθος

δ) $N_A = f_A \Delta t$ δ-λάθος

11.5



Η πηγή επιπέδεται σε χρόνο Δt_1 , $N_s = f_s \Delta t_1$ πλήθος κυμάτων
 Ο παρατηρητής Α σε χρόνο Δt_2 λαμβάνει $N_A = f_A \Delta t_2$ πλήθος κυμάτων
 Προφανώς όλα επιπέδεται η πηγή τότε λαμβάνει ο παρατηρητής
 $N_A = N_s \Rightarrow f_A \Delta t_2 = f_s \Delta t_1 \Rightarrow \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} = \frac{f_s}{f_A} \frac{\Delta t_2 \Delta t_1}{\Delta t_1} \Rightarrow f_s > f_A$ ή $f_A < f_s$

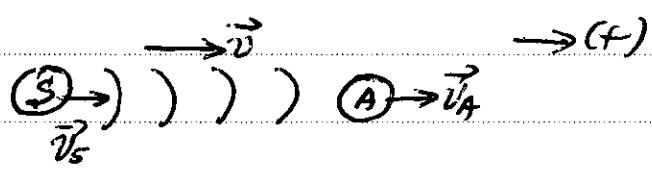
Θρα βωστή ή (β) α-1, β-Σ

Επειδή $f_A < f_s$ ο παρατηρητής (Α) και η πηγή (S) απομακρύνονται

Θρα βωστή ή (δ) δ-1, δ-Σ

Σχόλιο: Για να απομακρύνονται ο (Α) και η (S) πρέπει ο Α να έχει ταχύτητα $v_A > 0$ ενώ θξνω π'χ με $v_A > v_s$

11.6



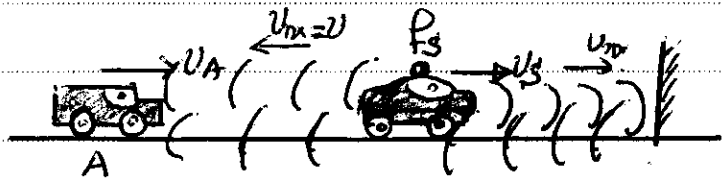
$\vec{v}_{\text{πκ}/A} = \vec{v}_{\text{πκ}} - \vec{v}_A = \vec{v} - \vec{v}_A$ (βελώντες $v > 0$) δθ' είναι $v_{\text{πκ}/A} = v - v_A$ ή $v_{\text{πκ}/A} = v + v_A$.

Επειδή $v_{\text{πκ}/A} > v$ προσφαιώς γδύει η $v_{\text{πκ}/A} = v - v_A$ και προς τούτο πρέπει $v_A > 0$ οαφαιώς γέτνυ $\vec{v}_{\text{πκ}} = \vec{v}$.

Επίσης $\lambda_A = \lambda - v_s T$ ή $\lambda_A = \lambda + v_s T$ και έδωδη $\lambda_A > \lambda$ γδύει η πρώτη σχέση ... και για γδύει αστό ηφάει ή πηγή να κινείται προς τον παρατηρητή (A).

Συμπερασματικά οι ταχύτητες φαίνονται στο σχήμα. Άρα έδωδη η πρόταση (β)

11.7



Ηχος που λαμβάνεται απ' ευθείας

$f_A = \frac{v + v_A}{v + v_s} f_s$ (1)

Ηχος που λαμβάνεται από ανήκωδη

$f_A' = \frac{v + v_A}{v} f'$... όπου f' η συχνότητα του ανήκωδη ηχου.

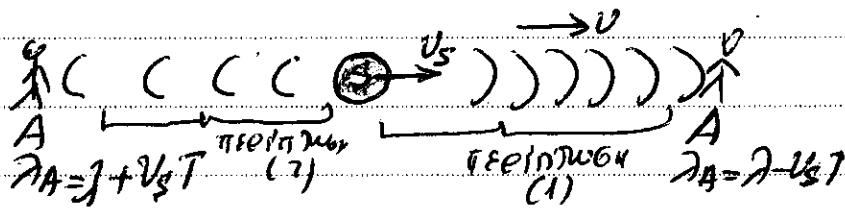
Υποθέτοντας ότι ένα κέτατα πέφταν στην ταίχο στη φαιήδω την χροήν τούου ανήκωδη ή συχνότητα αετή f' γάται υφαιή που λαφάει οφαιήδω υποθετικό παρατηρητή σην ανήκωδη

... $f' = \frac{v}{v - v_s} f_s$ (2) $\Rightarrow f_A' = \frac{v + v_A}{v} \frac{v}{v - v_s} f_s \Rightarrow f_A' = \frac{v + v_A}{v - v_s} f_s$ (3)

$\frac{(1)}{(3)} \Rightarrow \frac{f_A}{f_A'} = \frac{\frac{v + v_A}{v + v_s} f_s}{\frac{v + v_A}{v - v_s} f_s} \Rightarrow \frac{f_A}{f_A'} = \frac{v - v_s}{v + v_s} < 1 \Rightarrow f_A < f_A'$
 έφα έδωδη η (δ)

B. Ερωτήσεις καταπόνησης

11.8



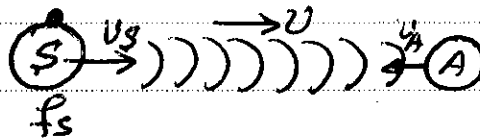
Το λ_A εξαρτάται μόνο από την κίνηση της πηγής και την φορά της κίνησης. Επειδή $\lambda_A < \lambda$ γράφει η σχέση $\lambda_A = \lambda - v_s T$ και διαφέρει γράφει σωστό πρόσημο ή σημαίνει κινείται προς τον παρατηρητή (πείσιπλῆθος), χωρίς να γνωρίζουμε τι κινείται ο παρατηρητής

$$\lambda_A = \lambda - v_s T \Rightarrow 0,8\lambda = \lambda - v_s T \Rightarrow v_s T = 0,2\lambda \Rightarrow v_s T = 0,2vT$$

$$\Rightarrow v_s = 0,2v$$

Αρα σωστή η (δ)

11.9



• Το μήκος κύματος λ_A που λαμβάνει ο παρατηρητής είναι $\lambda_A = \lambda - v_s T$
 $\Rightarrow 0,8\lambda = \lambda - v_s T \Rightarrow v_s T = 0,2\lambda \Rightarrow \frac{v_s}{f_s} = 0,2 \frac{v}{f_s} \Rightarrow v_s = 0,2v$

• $\vec{v}_{\text{rel}/A} = \vec{v} - \vec{v}_A \Rightarrow v_{\text{rel}/A} = v + v_A \Rightarrow 1,1v = v + v_A \Rightarrow v_A = 0,1v$

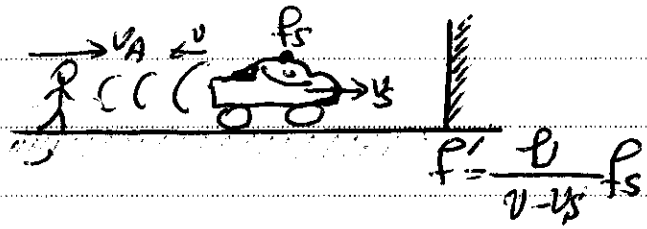
$$f_A = \frac{v + v_A}{v - v_s} f_s = \frac{v + 0,1v}{v - 0,2v} f_s = \frac{1,1v}{0,8v} f_s \Rightarrow f_A = \frac{11}{8} f_s$$

$$\Delta f = f_A - f_s = \frac{11}{8} f_s - f_s = \frac{3}{8} f_s = +0,375 f_s$$

$$\pi\% = \frac{\Delta f}{f_s} 100\% = \frac{+0,375 f_s}{f_s} 100\% \Rightarrow \pi\% = 37,5\%$$

Αρα σωστή η πρόταση (β)

11.10



Η τρέξι που θα γυρίσει

απόδειξη $f_A = \frac{v+u_A}{v+u_S} f_S$ (1)

Η τρέξι που θα γυρίσει από την άλλη αριστερά $f_A' = \frac{v+u_A}{v} f' = \frac{v+u_A}{v} \frac{v}{v-u_S} f_S$

$\Rightarrow f_A' = \frac{v+u_A}{v-u_S} f_S$ (2)

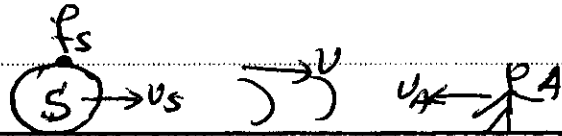
$f_A' = 1,5 f_A \Rightarrow \frac{v+u_A}{v-u_S} f_S = 1,5 \frac{v+u_A}{v+u_S} f_S \Rightarrow v+u_S = 1,5(v-u_S) \Rightarrow v+u_S = 1,5v - 1,5u_S$

$\Rightarrow 2,5u_S = 0,5v \Rightarrow u_S = \frac{v}{5} \Rightarrow u_S = 0,2v$

$\pi\% = \frac{u_S}{v} \cdot 100\% = \frac{0,2v}{v} \cdot 100\% \Rightarrow \pi\% = 20\%$

για ερώτη (α)

11.11



$\lambda_A = \lambda - u_S T \Rightarrow 0,8\lambda = \lambda - u_S T \Rightarrow 0,2\lambda = u_S T \Rightarrow 0,2v T = u_S T \Rightarrow u_S = 0,2v$

$\vec{v}_{mx/A} = \vec{v}_{mx} - \vec{v}_A = \vec{v} - \vec{v}_A \Rightarrow v_{mx/A} = v + u_A \Rightarrow 1,2v = v + u_A \Rightarrow u_A = 0,2v$

$f_A = \frac{v+u_A}{v-u_S} f_S = \frac{v+0,2v}{v-0,2v} f_S \Rightarrow f_A = \frac{1,2v}{0,8v} f_S \Rightarrow f_A = \frac{3}{2} f_S$

$N_A = f_A \Delta t_A$

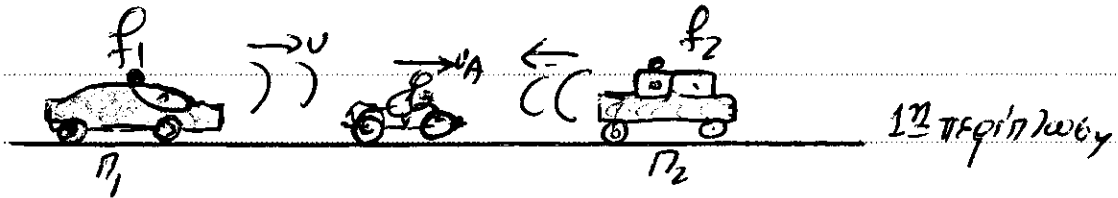
$N_S = f_S \Delta t_S$

$\Rightarrow N_A = N_S \Rightarrow f_A \Delta t_A = f_S \Delta t_S \Rightarrow$

$\Rightarrow \frac{3}{2} f_S \Delta t_A = f_S \Delta t_S \Rightarrow \Delta t_A = \frac{2}{3} \Delta t_S$

Αρα σωστή η ερώτηση (α)

11.12

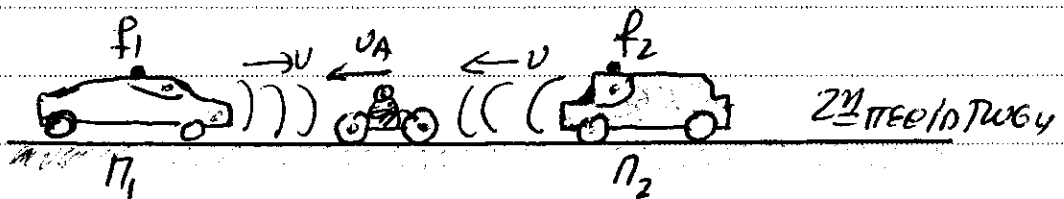


1η περίπτωση

Στην πρώτη περίπτωση οι συχνότητες που λαμβάνει ο υποδοχέας είναι $f_1' = \frac{v-v_A}{v} f_1$ και $f_2' = \frac{v+v_A}{v} f_2$ άρα τις

ομοίες παίρνουμε:

$$\frac{f_1'}{f_2'} = \frac{\frac{v-v_A}{v} f_1}{\frac{v+v_A}{v} f_2} \Rightarrow \frac{f_1'}{f_2'} = \frac{v-v_A}{v+v_A} \frac{f_1}{f_2} \Rightarrow \frac{5}{9} = \frac{v-v_A}{v+v_A} \frac{f_1}{f_2} \quad (1)$$



2η περίπτωση

Στη 2η περίπτωση οι συχνότητες που λαμβάνει ο υποδοχέας είναι $f_1'' = \frac{v+v_A}{v} f_1$ και $f_2'' = \frac{v-v_A}{v} f_2$ άρα τις ομοίες παίρνουμε

$$\frac{f_1''}{f_2''} = \frac{\frac{v+v_A}{v} f_1}{\frac{v-v_A}{v} f_2} \Rightarrow \frac{f_1''}{f_2''} = \frac{v+v_A}{v-v_A} \frac{f_1}{f_2} \quad (2) \Rightarrow \frac{5}{4} = \frac{v+v_A}{v-v_A} \frac{f_1}{f_2} \quad (7)$$

Αν πολλαπλασιάσουμε τις (1) και (7) μεταξύ τους παίρνουμε $\frac{5}{9} \cdot \frac{5}{4} = \left(\frac{f_1}{f_2}\right)^2$
 $\Rightarrow \frac{f_1}{f_2} = \frac{5}{6} \Rightarrow f_2 = 1,2 f_1$. Η f_2 είναι μεγαλύτερη της f_1 άρα

$$\pi\% = \frac{\Delta f}{f_1} 100\% \Rightarrow \pi\% = \frac{f_2 - f_1}{f_1} 100\% = \frac{0,2 f_1}{f_1} 100\% \Rightarrow \pi\% = 20\%$$

Άρα σωστή η σχέση (α)

Αν διαιρέσουμε τις (1) και (7) μεταξύ τους παίρνουμε $\frac{5/9}{5/4} = \left[\frac{v-v_A}{v+v_A}\right]^2 \Rightarrow$
 $\Rightarrow \frac{4}{9} = \frac{v-v_A}{v+v_A} \Rightarrow 2v+2v_A = 3v-3v_A \Rightarrow 5v_A = v \Rightarrow v_A = 0,2v$

Η ταχύτητα v_A ως ποσοστό της v είναι

$$\pi\% = \frac{v_A}{v} 100\% \Rightarrow \pi\% = \frac{0,2v}{v} 100\% \Rightarrow \pi\% = 20\%$$

Άρα σωστή η σχέση (β)

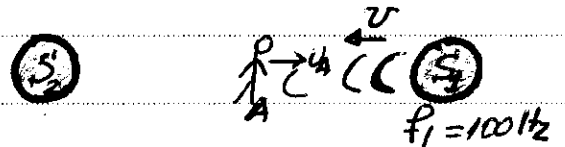
11.13

Επειδή ο 46. Ουταντς \Rightarrow απομακρύνεται ταχύτητα λ γιγαντιαία
 με μικρότερη συχνότητα $f = \frac{v - v_A}{v} f_s \dots$ άρα με υψηλότερη
 ψήκη κώτατος.

- Έτσι το φάσμα ηήψυς είναι μετατοπισμένο προς υψηλότερα
 ψήκη κώτατος \dots προς το φρουρό.

Σωστή η (α)

11.14



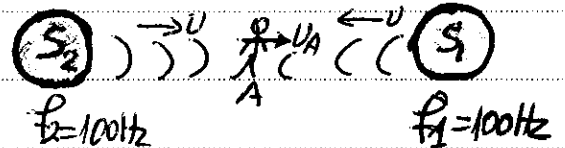
$$a) f_A = \frac{v + v_A}{v} f_1 \Rightarrow 100,5 = \frac{v + v_A}{v} = 100$$

$$\Rightarrow 100,5v = 100v + 100v_A \Rightarrow 0,5v = 100v_A \Rightarrow 0,5 \cdot 340 = 100v_A \Rightarrow v_A = 1,7 \text{ m/s}$$

β) Τώρα ο Α ακούει ήχο από την

πηγή S_1 με συχνότητα $f_A = 100,5 \text{ Hz}$,

αλλά και από την S_2 με



$$\text{συχνότητα } f_A' = \frac{v - v_A}{v} f_2 = \frac{340 - 1,7}{340} \cdot 100 \Rightarrow f_A' = 99,5 \text{ Hz}$$

Οι δύο αυτοί ήχοι συντίθενται δίνον διακροήματα

$$\text{με } f_D = |f_A - f_A'| = |100,5 \text{ Hz} - 99,5 \text{ Hz}| = 1 \text{ Hz} \text{ και } T_D = 1 \text{ s} \dots \text{ αυτός}$$

είναι και ο χρόνος δύο διαδοχικών μηδενισμών του

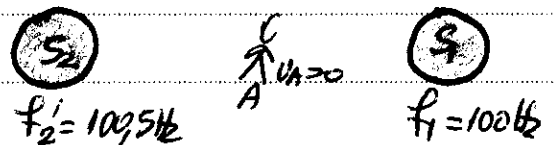
πλάτους ταλαντώσης — και την ένταση — του ήχου

$$\Delta t_1 = 1 \text{ s}$$

γ) Τώρα \dots έχουμε και πάλι

διακροήματα με $f_D' = 0,5 \text{ Hz}$

$$\text{και } T_D' = 2 \text{ s} \Rightarrow \Delta t_2 = 2 \text{ s}$$



δ) Ο σύνθετος ήχος που ακούει ο Α έχει συχνότητα

$$f_{\text{mix}} = \frac{f_1 + f_2'}{2} = 100,25 \text{ Hz} \dots \text{ και σε ένα διακροήματα}$$

έχουμε \dots

$$N_{\text{αγ}} = f_{\text{mix}} \cdot \Delta t_2 = 100,25 \text{ Hz} \cdot 2 \text{ s} \Rightarrow N_{\text{αγ}} = 200,5 \text{ ταλαντώσεις}$$

11.15

- α) ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων $v = \frac{R}{t} = \frac{1}{10} = 0,10 \text{ m/s}$
 η περίοδος κυμάτων $T = 2 \text{ s}$, συχνότητα $f = \frac{1}{T} \Rightarrow f = 0,5 \text{ Hz}$
 $v = \lambda f \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{0,10 \text{ m/s}}{0,5 \text{ Hz}} \Rightarrow \lambda = 0,20 \text{ m}$ ή $\lambda = 20 \text{ cm}$

β) $v_{\eta} = 5 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \Rightarrow v_{\eta} = 0,05 \text{ m/s}$

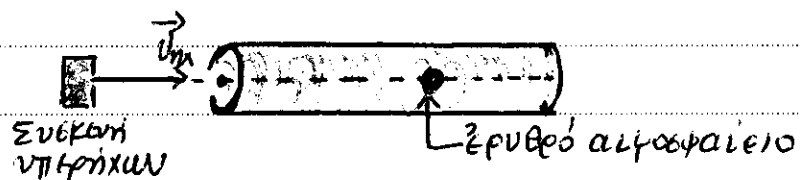
$$\lambda_1 = \lambda - v_{\eta} T \Rightarrow \lambda_1 = 0,20 \text{ m} - 0,05 \cdot 2 \Rightarrow \lambda_1 = 0,10 \text{ m}$$

$$\lambda_2 = \lambda + v_{\eta} T \Rightarrow \lambda_2 = 0,20 \text{ m} + 0,05 \cdot 2 \Rightarrow \lambda_2 = 0,30 \text{ m}$$

γ) $\vec{v}_{K/B} = \vec{v} - \vec{v}_B = \vec{v} \Rightarrow v_{K/B} = 0,10 \text{ m/s}$

δ) $v_{K/B} = \lambda_1 \cdot f'_B \Rightarrow f'_B = \frac{v_{K/B}}{\lambda_1} = \frac{0,10 \text{ m/s}}{0,10 \text{ m}} \Rightarrow f'_B = 1 \text{ Hz}$

11.16



Ο υπέρηχος κτυπάει στο ξέφυγό αεροσκάφειο και αναστρέφεται με συχνότητα $f' = \frac{v_{\eta x} - v}{v_{\eta x}} f_0$ και λαμβάνεται από τον αεροπόρο της συσκευής υπερήχων με συχνότητα

$$f = \frac{v_{\eta x}}{v_{\eta x} + v} f' \Rightarrow f = \frac{v_{\eta x}}{v_{\eta x} + v} \cdot \frac{v_{\eta x} - v}{v_{\eta x}} f_0 \Rightarrow f = \frac{v_{\eta x} - v}{v_{\eta x} + v} f_0$$

Η ένταση του φαινομένου Doppler είναι $\Delta f = f - f_0 \Rightarrow$

$$\Delta f = \frac{v_{\eta x} - v}{v_{\eta x} + v} f_0 - f_0 \Rightarrow \Delta f = \frac{(v_{\eta x} - v) - (v_{\eta x} + v)}{v_{\eta x} + v} f_0 \Rightarrow \Delta f = \frac{-2v}{v_{\eta x} + v} f_0 \quad v_{\eta x} \gg v$$

$$\Rightarrow \Delta f = \frac{-2v}{v_{\eta x}} f_0 \Rightarrow \Delta f = -\frac{2 \cdot 0,3 \text{ m/s} \cdot 2 \cdot 10^6 \text{ Hz}}{1,5 \cdot 10^3 \text{ m/s}}$$

$$\Rightarrow \Delta f = -800 \text{ Hz}$$