Liceo Scientifico Paritario "R. Bruni" Padova, loc. Ponte di Brenta, 25/10/2016

Verifica di Fisica

Classe IV

Soluzione

1. Definisci l'onda stazionaria prodotta da una corda a estremi fissi e descrivila in modo esauriente. *[8 p.ti]*

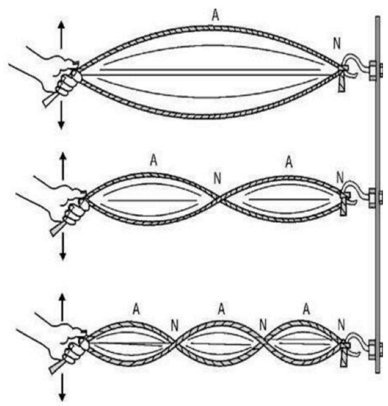
Un'**onda** si dice essere **stazionaria** quando si propaga in una zona limitata dello spazio. Oscillando una corda a estremi fissi di lunghezza *L*, questa ha diversi modi di oscillare, dovuti alla continua riflessione delle onde ai due estremi, dipendenti dalla frequenza con la quale la corda è sollecitata.

Tali modi di oscillazione presentano la caratteristica di avere dei punti, detti **nodi**, nei quali è sempre presente un'interferenza (completamente) distruttiva. Simmetricamente, presenterà dei punti, detti **antinodi**, nei quali è sempre presente un'interferenza (completamente) costruttiva.

Il primo modo di oscillazione è chiamato **prima armonica** e si presenta quando la corda è sollecitata in modo tale che si generi un'onda di frequenza $\nu_1 = v/(2L)$ (dove v è la velocità dell'onda). Esso presenta due nodi (gli estremi fissi) e un antinodo.

L'n-esimo modo di oscillazione è chiamato ***n*-esima armonica** e si presenta quando la corda è sollecitata in modo tale che si generi un'onda di frequenza $\nu_n = n \cdot v/(2L)$. Esso presenta $(n+1)$ nodi ed n antinodi.

(Spazio riservato ai grafici e alle formule)



- 1^ armonica (fondamentale)
  $\lambda_1 = 2L$
- 2^ armonica
  $\lambda_2 = \frac{2L}{n} = \frac{2L}{2} \rightarrow \lambda_2 = L$
- 3^ armonica
  $\lambda_3 = \frac{2L}{n} = \frac{2L}{3} \rightarrow \lambda_3 = \frac{2L}{3}$
- 4^ armonica . . .

2. Lungo una corda tesa si propaga un'onda armonica progressiva di frequenza 4,0 *Hz*, ampiezza 12 *cm* e lunghezza d'onda 30 *cm*. *[8 p.ti]*

   i. Quanto spazio percorre un impulso in un intervallo di tempo pari a 5,0 *s*?

   ii. Quanto spazio percorre un punto della corda nello stesso intervallo di tempo?

   iii. Se la corda ha due estremi fissi, determinane la lunghezza notando che presenta 3 nodi.

DATI

$\nu = 4{,}0Hz$
$A = 0{,}12m$
$\lambda = 0{,}30m$
$\Delta t = 5{,}0s$

RICHIESTE

i. $\Delta s = ?$

ii. $\Delta s' = ?$

iii. $L = ?$

SVOLGIMENTO

i. $v = \lambda \cdot \nu = 1{,}2\, m/s$; $\Delta s = v \cdot \Delta t = 6{,}0m$.

ii. In un tempo $T = 1/\nu = 0,25s$ un qualsiasi punto della corda percorre uno spazio pari a $4A$. In un intervallo di tempo $\Delta t = 5{,}0s = 20T$ percorrerà uno spazio pari a $\Delta s' = 20 \cdot (4A) = 80A = 9{,}6m$.
Alternativamente, poiché Δt è un multiplo di *T*, qualsiasi punto della corda dopo 5,0 *s* si troverà esattamente dov'era al tempo 0. Quindi lo spostamento risulta essere pari a 0.

iii. Se presenta tre nodi allora si tratta di una seconda armonica, quindi $L = \lambda = 0{,}30m$.

3. Dopo aver affrontato il problema della determinazione della velocità del suono in aria, rispondi ai seguenti quesiti:
   i. Quando si accorda una corda di chitarra, si agisce sul corrispondente pirolo variando la tensione della corda stessa. Perché varia anche la sua frequenza?
   ii. Altra questione: in un pianoforte a coda, le corde relative alle note gravi sono più lunghe e con spessore maggiore rispetto a quelle relative alle note più acute. Come mai? *[8 p.ti]*

L'onda sonora, come qualsiasi altra onda meccanica (o elastica), trasporta energia (cinetica: $K = \frac{1}{2}mv^2$. Da tale relazione, esplicitando la velocità v, trovo che $v = \sqrt{2K/m}$ $\left[\sqrt{J/kg} = \sqrt{N\cdot m/kg} = \sqrt{\frac{N}{kg/m}} = \sqrt{\frac{N/m^2}{kg/m^3}}\right]$. Tale velocità si può esprimere come rapporto tra la pressione (elastica) dell'aria e la sua densità.

La velocità di propagazione dell'onda sonora in aria può dipendere anche da altri fattori, come la composizione molecolare dell'aria e dalla temperatura. Si può dimostrare che la velocità del suono alla temperatura $T = 0°C$ è $v_0 = \sqrt{\frac{\gamma\cdot p_0}{\rho}}$, dove γ è il coefficiente di dilatazione adiabatica ($5/2$ per un gas biatomico), p_0 è la pressione in condizioni normali ($1{,}013\cdot 10^5\,Pa$) e ρ la densità ($1{,}29\,kg/m^3$). Sostituendo i valori trovo che $v_0 = 331\,m/s$. Poiché la velocità varia con la temperatura secondo la relazione $v_T = v_0\sqrt{1+\alpha T}$, dove $\alpha = 1/273{,}15\,°C^{-1}$ è il coefficiente di dilatazione dei gas perfetti e T è espressa in gradi celsius, si ha $v_{20} = 343\,m/s$.

i. Poiché la velocità si può esprimere come rapporto tra una forza (la tensione di una corda) e una densità lineare (quella della corda), $v = \sqrt{\tau/\rho_l}$. Se varia la tensione, varia anche la velocità (la densità lineare rimane costante). Se varia la velocità, varierà anche la frequenza $\nu_n = v/\lambda_n$ in quanto la lunghezza d'onda rimane costante ($\lambda_n = 2L/n$).

ii. A parità di spessore, corde più lunghe emettono suoni più gravi: $\nu_n = n\cdot v/(2L)$ (v rimane costante visto che non varia né la tensione né la densità lineare).

A parità di lunghezza, corde più spesse emettono suoni più gravi: se aumenta lo spessore, aumenta la massa della corda e di conseguenza anche la sua densità lineare; quindi $v = \sqrt{\tau/\rho_l}$ aumenta e $\nu_n = n\cdot v/(2L)$ diminuisce.

(Spazio riservato ai grafici e alle formule)

4. Ti trovi in cima al Monte Olimpo. Emetti un forte grido, producendo un'eco sulla valle sottostante, che si trova a 1267 m s.l.m. Senti l'eco dopo dieci secondi, con un'intensità sonora pari a $1{,}00 \cdot 10^{-3}\ W/m^2$. Assumi la velocità del suono pari a $330\ m/s$.

   i. Quanto è alto il Monte Olimpo?

Nella valle sottostante c'è Ermes, il dio dei confini e delle comunicazioni.

   ii. Calcola il livello di intensità sonora del tuo urlo percepito da Ermes.

Sulla tua destra si trova l'indovino Delfi. Gli chiedi come andrà la tua verifica di Fisica. L'indovino ti invita a sederti e a risolvere il seguente problema.
Icaro si sta avvicinando e visto che per fatti noti tende a volare basso, suona prudentemente il clacson che emette un'onda di 450 Hz. Tu percepisci una frequenza di 470 Hz.

   iii. Qual è la velocità di Icaro in km/h? *[8 p.ti]*

DATI

$h_v = 1267 m$

$I = 1{,}00 \cdot 10^{-3}\, W/m^2$

$\Delta t = 10 s$

$v = 330\, m/s$

$\nu = 450 Hz$

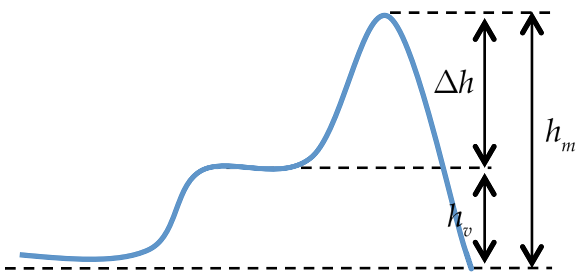
$\nu' = 470 Hz$

RICHIESTE

i. $h_m = ?$

ii. $\beta_E = ?$

iii. $v_I = ?$



SVOLGIMENTO

i. $2\Delta h = v \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta h = \frac{v \cdot \Delta t}{2} \Rightarrow \Delta h = 1650 m$; $h_m = \Delta h + h_v \Rightarrow h_m = 2917 m$.

ii. L'intensità dell'eco è data dalla relazione $I = \frac{P}{4\pi(2\Delta h)^2}$, dove P rappresenta la potenza del suono emesso. L'intensità percepita da Ermes è $I_E = \frac{P}{4\pi(\Delta h)^2}$. Rapportando le due relazioni trovo $\frac{I_E}{I} = 4 \Rightarrow I_E = 4I \Rightarrow I_E = 4{,}00 \cdot 10^{-3}\, W/m^2$, corrispondenti a un livello sonoro di $\beta_E = 10 \log \frac{4{,}00 \cdot 10^{-3}}{10^{-12}} \Rightarrow \beta_E = 10 \log\left(4{,}00 \cdot 10^{9}\right) \Rightarrow \beta_E = 96{,}0 dB$.

iii. SI tratta di una banale applicazione dell'effetto Doppler:

$\nu' = \frac{1}{1 - v_I/v} \nu \Rightarrow v_I = \frac{\nu' - \nu}{\nu'} v \Rightarrow v_I = 14{,}0\, m/s = 50{,}6\, km/h$.

NOTE:

i. È ammesso l'uso del calcolatore elettronico o di tavole numeriche;
ii. Se non specificato altrimenti, ogni risultato va espresso nell'unità di misura del SI;
iii. Punteggio massimo 32 p.ti. Per la ***sufficienza*** è necessario raggiungere il punteggio di ***18 p.ti***.