




IDEE PER UNA LEZIONE DIGITALE

PARAGRAFO	CONTENUTO	DURATA (MINUTI)
1. Le onde sonore	 ANIMAZIONE Le onde sonore	2
2. Le caratteristiche del suono	 IN LABORATORIO Oscilloscopio e onde sonore	2
4. La risonanza e le onde stazionarie	 ANIMAZIONE I modi normali di oscillazione	1
5. I battimenti	 ESPERIMENTO VIRTUALE Note e battimenti Gioca, misura, esercitati.	
 MAPPA INTERATTIVA	 IN 3 MINUTI · L'effetto Doppler 20 TEST INTERATTIVI SU ZTE CON FEEDBACK «Hai sbagliato, perché...»	

VERSO IL CLIL

FORMULAE IN ENGLISH

Spherical uniform radiation

$$I = \frac{P}{4\pi r^2}$$

AUDIO

The intensity I of a wave emanating from a source that is radiating waves isotropically is equal to the power output of the source P divided by the product of four pi and the square of the distance r from the source.

Doppler effect

$$f_r = \frac{v \pm v_r}{v} f_s$$

For an observer approaching or moving away from a stationary source the observed frequency f_r equals the sum or difference of the velocities of the wave v and the observer v_r , divided by the velocity of the wave, all multiplied by the frequency of the source f_s .

$$f_o = \frac{v}{v \pm v_s} f_s$$

For a source approaching or moving away from a stationary observer the observed frequency f_o equals the velocity of the wave v divided by the sum or difference of the velocities of the wave and the source v_s , all multiplied by the frequency of the source f_s .

 QUESTIONS AND ANSWERS AUDIO**► What is an echo?**

An echo is the imperfect repetition of an original sound that we hear as a result of the sound wave reflecting from a surface, the repetition of a sound in a large lecture hall for instance. Our perception of a sound endures about 0.1 second in memory. If the reflecting surface is less than 17 m away, there is no perceived difference between the reflected and original sound waves, which combine into a prolonged sound, called *reverberation*. How different the echo is to the original sound depends on the characteristics of the reflecting surface, which determine how much energy is reflected, absorbed or re-transmitted. Porous materials absorb more energy than plaster walls, and rough materials tend to scatter sound energy, rather than reflecting it coherently. Sound is also not reflected coherently if the size of the surface is small compared to the wavelength of the impinging sound, which can vary from 20 mm to 17 m. The management of reflected waves and the suitable use of building materials play a very important role in the design of theatres, concert halls and auditoriums.

► Describe a simple experiment to measure the speed of sound.

A simple experiment to measure the speed of sound can be performed by just two collaborators and only requires an open space with a clear view, two wooden blocks, a stopwatch and a tape measure. Measure a distance between two spots a reasonable distance apart with the tape measure. The two collaborators then take up positions on each spot, one with the wooden blocks and one with the stopwatch. The one with the stopwatch signals the other to bang the two blocks together hard and starts the stopwatch as soon as the blocks strike each other and stops it when the sound is heard. The speed of the sound is calculated by dividing the distance measured by the time on the stopwatch.

► What is the Doppler Effect? Describe how it can be used in a practical application.

The Doppler Effect is the audible change in frequency of a sound as heard by an observer when the sound source and the observer have different velocities with respect to a propagating medium. For a source moving towards the observer, the effective wavelength of the sound wave decreases but the velocity of the wave remains the same, resulting in an increasingly higher pitch tone. For a sound source moving away from the observer, the opposite occurs and a sound with decreasing pitch is heard. A simple but effective use of the Doppler effect is in the sirens of emergency vehicles, when the increasing pitch warns of their approach. A more sophisticated use of the effect is in echocardiography, in which ultrasound is used to create two- and three-dimensional images of the heart to assess blood flow direction and velocity within the heart.

PROBLEMI MODELLO, DOMANDE E PROBLEMI IN PIÙ

1 LE ONDE SONORE

PROBLEMA MODELLO 1 UN FISCHIETTO PER REX

Giovanni sta addestrando il suo cane Rex al centro cinofilo. Su indicazione dell'istruttore, per richiamarlo usa un fischiotto e Rex in 20 s dall'emissione del suono è davanti ai suoi piedi. Rex dopo 0,60 s dalla sua emissione sente il suono e inizia a correre verso Giovanni.

► Calcola la velocità media con la quale Rex ha corso per tornare da Giovanni.

■ DATI

Intervallo di tempo dall'emissione del suono all'arrivo del cane: $t_1 = 20$ s
 Intervallo di tempo tra l'emissione del suono e la percezione del cane: $t_2 = 0,60$ s
 Velocità del suono in aria: $v_s = 340$ m/s

■ INCOGNITE

Velocità del cane: $v_c = ?$

L'IDEA

■ Il suono si propaga con velocità costante: a partire dagli intervalli di tempo e dalla velocità del suono in aria (340 m/s), calcolo la distanza tra Giovanni e il cane.

LA SOLUZIONE

Calcolo la distanza tra Giovanni e il cane.

$$s = v_s t_2 \Rightarrow s = 340 \text{ m/s} \times 0,60 \text{ s} = 2,0 \times 10^2 \text{ m}$$

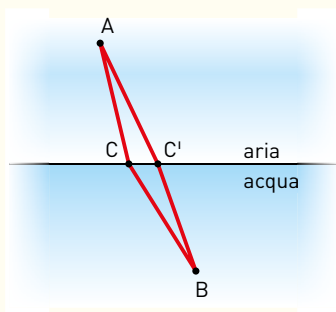
Calcolo il tempo impiegato dal cane a raggiungere Giovanni.

$$\Delta t = t_2 - t_1 = (20 - 0,60) \text{ s} = 19 \text{ s}$$

Calcolo la velocità del cane.

$$v_c = \frac{s}{\Delta t} \quad v_c = \frac{2,0 \times 10^2 \text{ m}}{19 \text{ s}} = 11 \text{ m/s}$$

13 *** Il disegno mostra due diversi percorsi seguiti da un'onda sonora per andare dal punto A, in aria, al punto B, in acqua. Il percorso rettilineo è costituito da due tratti lunghi entrambi 1,8 cm, mentre l'altro percorso è costituito da due segmenti lunghi rispettivamente 1,6 cm e 2,1 cm.



► Calcola il tempo necessario a completare ciascun percorso.
 ► Come riesci a spiegare il fatto che il percorso più lungo richiede meno tempo?

[$6,5 \times 10^{-5}$ s; $6,2 \times 10^{-5}$ s]

2 LE CARATTERISTICHE DEL SUONO

28 ******* Il termine della partita di calcio Inter-Milan è decretato dall'arbitro, che si trova in quel momento al centro del campo, con i suoni emessi dal fischietto in dotazione. Il giocatore Icardi si trova a 8,0 metri dall'arbitro, in direzione sud, mentre il giocatore Pazzini si trova in direzio-

ne est (sempre rispetto all'arbitro). Icardi avverte un suono di intensità tripla di quella avvertita da Pazzini.

- Rappresenta graficamente la situazione e calcola la distanza tra i due giocatori.

[16 m]

3 LA RIFLESSIONE DELLE ONDE E L'ECO

32 ******* La velocità di propagazione del suono in aria è di 340 m/s, mentre nei tessuti cellulari è di circa $1,50 \times 10^3$ m/s. In una ecografia sono usati ultrasuoni di frequenza 1,8 MHz. Calcola la lunghezza d'onda di questi ultrasuoni:

- in aria;
- nei tessuti cellulari.

[$1,9 \times 10^{-4}$ m; $8,3 \times 10^{-4}$ m]

33 ******* Alessandra e Carla si trovano in una galleria larga 60 m (con una delle pareti che riflette il suono) e pronunciano sillabandolo il proprio nome, per sentirlo distintamente restituito dall'eco.

Riescono a ottenere l'effetto desiderato?

4 LA RISONANZA E LE ONDE STAZIONARIE

44 ******* La frequenza fondamentale alla quale vibra una corda tesa lunga 1,00 m è 256 Hz. La corda viene accorciata a una lunghezza di 0,400 m.

- Qual è la nuova frequenza fondamentale?

[640 Hz]

45 ******* Su una corda di lunghezza L si propaga un'onda stazionaria la cui lunghezza d'onda è pari a $L/4$.

- Determina il numero del modo normale di oscillazione.
- Stabilisci il numero di nodi presenti.

[8; 9]

5 I BATTIMENTI

PROBLEMA MODELLO 5 ACCORDARE UNA CHITARRA

In una chitarra la corda del la viene accordata per prima, generalmente a 440 Hz, utilizzando un diapason d'orchestra per lo più a 442 Hz.

- Scrivi l'equazione dell'onda risultante (che produce battimenti) in un punto fissato, supponendo che le onde componenti abbiano ampiezza a e fase iniziale nulla.
- Calcola la durata di ogni battimento.
- Calcola quanti battimenti sono contati in 15 s.

■ DATI

Frequenza del la: $f_1 = 440$ Hz
 Frequenza diapason: $f_2 = 442$ Hz
 Intervallo di tempo: $\Delta t = 15$ s

■ INCOGNITE

Durata del battimento: $T^* = ?$
 Numero battimenti in 15 s: $n^* = ?$

L'IDEA

- Il fenomeno dei battimenti si verifica quando due onde, di frequenze molto vicine (in questo caso $f_2 > f_1$), si sovrappongono. Si percepisce un unico suono che ha frequenza di battimento uguale alla differenza tra le frequenze delle due onde componenti.

- L'equazione d'onda risultante è data dalla sovrapposizione $y = y_1 + y_2$ delle due onde di frequenze molto vicine (equazione (10)).
- Trovo la frequenza del battimento $f = f_2 - f_1$ e da $T = \frac{1}{f}$ calcolo la durata del battimento.

LA SOLUZIONE

Determino l'equazione d'onda risultante.

L'equazione dell'onda risultante è data dalla sovrapposizione delle due onde di frequenza molto vicina:

$$y = y_1 + y_2 = 2a \cos(\pi(f_2 - f_1)t) \cos\left(2\pi \frac{(f_2 + f_1)}{2} t\right)$$

Sostituendo i valori delle frequenze si ottiene:

$$y = y_1 + y_2 = 2a \cos\left(\frac{2\pi}{s} t\right) \cos(2\pi (441 \text{ Hz}) t)$$

Calcolo la durata di ogni battimento.

La frequenza dei battimenti è data da:

$$f^* = f_2 - f_1 = 442 \text{ Hz} - 440 \text{ Hz} = 2 \text{ Hz}$$

Ricordando che $T = \frac{1}{f}$ la durata di ogni battimento sarà:

$$T^* = \frac{1}{f^*} = \frac{1}{2 \text{ Hz}} = 0,5 \text{ s}$$

Calcolo il numero di battimenti contenuti nell'intervallo di tempo di 15 s.

$$n^* = \frac{\Delta t}{T^*} = \frac{15 \text{ s}}{0,5 \text{ s}} = 3 \times 10$$

54 ******* Accordando la chitarra, due corde sono pizzicate insieme. Una di esse è intonata sul sol (392 Hz) e il suono risultante delle due corde produce battimenti con la frequenza di tre al secondo.

- ▶ Quale può essere la frequenza della seconda corda?

[389 Hz; 395 Hz]

55 ******* La corda di una chitarra produce un la naturale di frequenza pari a 440 Hz e viene fatta vibrare insieme a un'altra che emette un suono di frequenza 437 Hz.

- ▶ Quanti battimenti sono contati in 10 s?
- ▶ Qual è il tempo di durata di ogni battimento?

[30; 0,3 s]

PROBLEMA MODELLO 6 COME FUNZIONA IL TELEPASS

Un autotrasportatore di prodotti alimentari provvisto di *TELEPASS*, tecnologia supportata da tutti i caselli autostradali italiani dal 1998, si sta avvicinando al casello di Roma Nord. Il sistema Telepass posto sul tetto del casello emette microonde di frequenza 5,80 GHz e riceve onde di ritorno con una frequenza 6,10 GHz.

- ▶ Calcola il valore della velocità del camion in arrivo al casello autostradale.

■ DATI

Frequenza inviata:

$$f = 5,80 \text{ GHz} = 5,80 \times 10^9 \text{ Hz}$$

Frequenza rilevata dal dispositivo al casello autostradale: $f = 6,10 \times 10^9 \text{ Hz}$

Velocità del suono in aria: $v_0 = 340 \text{ m/s}$

■ INCOGNITE

Velocità del camion in arrivo al casello autostradale: $v = ?$

L'IDEA

- Il funzionamento del telepass si basa sull'effetto Doppler. Il confronto fra la frequenza emessa dall'infrastruttura di pista e quella ricevuta dopo la riflessione dal dispositivo sull'automezzo permette di determinare la velocità dell'automezzo: poiché il camion (sorgente) è in movimento, l'onda riflessa non ha, per il sensore a terra (ricevitore), la stessa frequenza inviata, ma avrà una frequenza maggiore poiché il camion si sta avvicinando al sensore.

LA SOLUZIONE

Sorgente in moto e ricevitore fermo.

Applico l'equazione dell'effetto Doppler al caso di una sorgente (camion) in moto e ricevitore (casello) fermo.

$$f' = \frac{v_0}{v_0 \pm v} f$$

Poiché il camion si sta avvicinando al casello, scelgo al denominatore il segno meno (-), quindi:

$$f' = \frac{v_0}{v_0 - v} f$$

Isolo v e determino la velocità del camion in arrivo al casello autostradale

$$(v_0 - v)f' = v_0 f \text{ da cui } v = \frac{(f' - f)v_0}{f}$$

Sostituisco i valori numerici:

$$v = \frac{(6,10 \times 10^9 - 5,80 \times 10^9) \text{ Hz} \times (340 \text{ m/s})}{6,10 \times 10^9 \text{ Hz}} = 17 \text{ m/s}$$

PER NON SBAGLIARE

L'effetto Doppler è un fenomeno dove la frequenza di un suono percepito (da un ricevitore) è diversa dalla frequenza sonora della sorgente perché sorgente e ricevitore hanno velocità diverse rispetto al mezzo in cui il suono si propaga.

PROBLEMI GENERALI

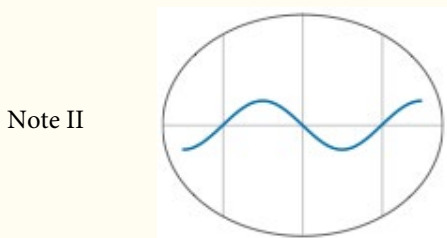
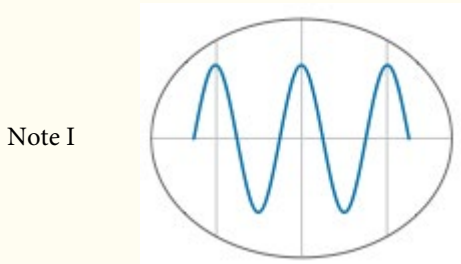
- 13** ★★★ I livelli di intensità sonora di due suoni differiscono di 4,0 dB.
- ▶ Calcola il rapporto tra le due intensità.
- [2,5] [316 Hz; 324 Hz; 8 Hz]
- 14** ★★★ Una sorgente emette un suono di frequenza 13,0 Hz che non viene percepito dall'orecchio umano.
- ▶ A che velocità Marco dovrebbe muoversi verso la sorgente per sentire il segnale?
- [183 m/s]
- 15** ★★★ Un diapason si allontana da un osservatore, avvicinandosi alla velocità di 4,00 m/s a un ostacolo che ne riflette la vibrazione sonora emessa. Il diapason vibra alla frequenza di 320 Hz. Calcola:
- ▶ la frequenza delle onde che arrivano direttamente all'osservatore;
 - ▶ la frequenza delle onde che arrivano all'osservatore dopo essere state riflesse dall'ostacolo;
 - ▶ la frequenza del battimento che si produce.
- 16** ★★★ Una nave che si trova in oceano aperto utilizza un ecogoniometro per la localizzazione di ostacoli in profondità. A un certo punto, lo strumento rileva due segnali sonori di ritorno. Il primo proviene direttamente da un ostacolo e il secondo proviene dalla riflessione sonora da parte del fondo marino. In quel punto la profondità è di $2,5 \times 10^3$ m, la velocità del suono in acqua marina è $1,5 \times 10^3$ m/s e i due segnali sono separati da un intervallo di tempo di 2,0 s.
- ▶ A che profondità si trova l'ostacolo?
- [$1,0 \times 10^3$ m]

TEST

- 8** A police car with a siren of frequency 8 kHz is moving with uniform velocity 36 km/hr towards a tall building which reflects the sound waves. The speed of sound in air is 320 m/s. The frequency of the siren heard by the car driver is:
- A** 8.50 kHz **C** 7.75 kHz
B 8.25 kHz **D** 7.50 kHz

Joint Entrance Examination for Indian Institutes of Technology (JEE) – 2011

- 9** An oscilloscope is used to analyze two musical notes (I and II) recorded with a microphone. Two traces are obtained as shown below. The oscilloscope settings are the same in both cases.



Which one of the following statements is true? Compared to Note II, Note I is:

- A** louder and has higher pitch.
B louder and has lower pitch.
C softer and has higher pitch.
D softer and has lower pitch.

Trends in International Mathematics and Science Study, 2008/2009

- 10** Le vibrazioni definite come *ultrasuoni*:
- A** hanno un intervallo di frequenza ben definito e sono percepite solo dall'uomo.
B non hanno un intervallo di frequenza ben definito e sono percepite solo dall'uomo.
C hanno un intervallo di frequenza ben definito e possono essere udite da altri animali, ma non dall'uomo.
D non hanno un intervallo di frequenza ben definito e possono essere percepite sia dall'uomo che da altri animali.

- 11** Quale grandezza fisica misura direttamente un sonar?
- A** La distanza di un ostacolo.
B Il tempo di riflessione di un'onda sonora inviata contro un ostacolo.
C La frequenza di un ultrasuono.
D La velocità di propagazione di un'onda.

- 12** L'ecografia è un test diagnostico che sfrutta:
- A** la diffrazione degli ultrasuoni.
B la riflessione degli ultrasuoni.
C l'interferenza degli ultrasuoni.
D l'assorbimento degli ultrasuoni.

- 13** Quale informazione non si può ricavare da un'eco ricevuta da un ostacolo?
- A** Il suo colore.
B La sua forma.
C La sua distanza.
D La sua posizione.

- 14** Il livello di intensità sonora di un certo rumore è passato da 50 dB a 100 dB. La sua intensità sonora è aumentata:
- A** di 2 volte.
B di 1000 volte.
C di 100 000 volte.
D di 10 000 000 di volte.

- 15** Il valore (in decibel) del livello di intensità sonora del suono *A* è il doppio del corrispondente valore per il suono *B*. Che relazione c'è tra le rispettive intensità?
- A** L'intensità relativa I/I_0 di *A* è venti volte quella di *B*.
B L'intensità relativa I/I_0 di *A* è due volte quella di *B*.
C L'intensità relativa I/I_0 di *A* è il quadrato di quella di *B*.
D L'intensità relativa I/I_0 di *A* è uguale a quella di *B* moltiplicata per $\log_{10}(2)$.

- 16** La lunghezza d'onda corrispondente alla frequenza fondamentale di una corda di chitarra è uguale:
- A** a metà della lunghezza della corda.
B alla lunghezza della corda.
C al doppio della lunghezza della corda.
D a un multiplo intero della lunghezza della corda.

