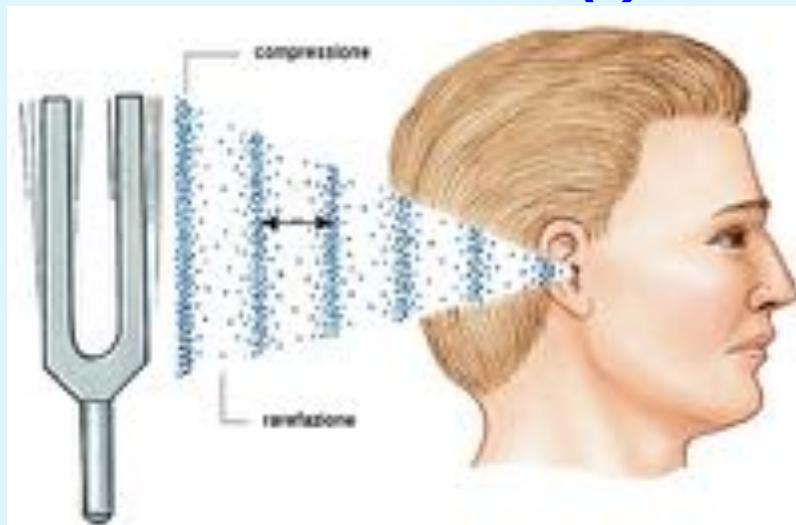


Suono e sinusoidi

La legge del moto armonico descrive un suono che arriva all'orecchio

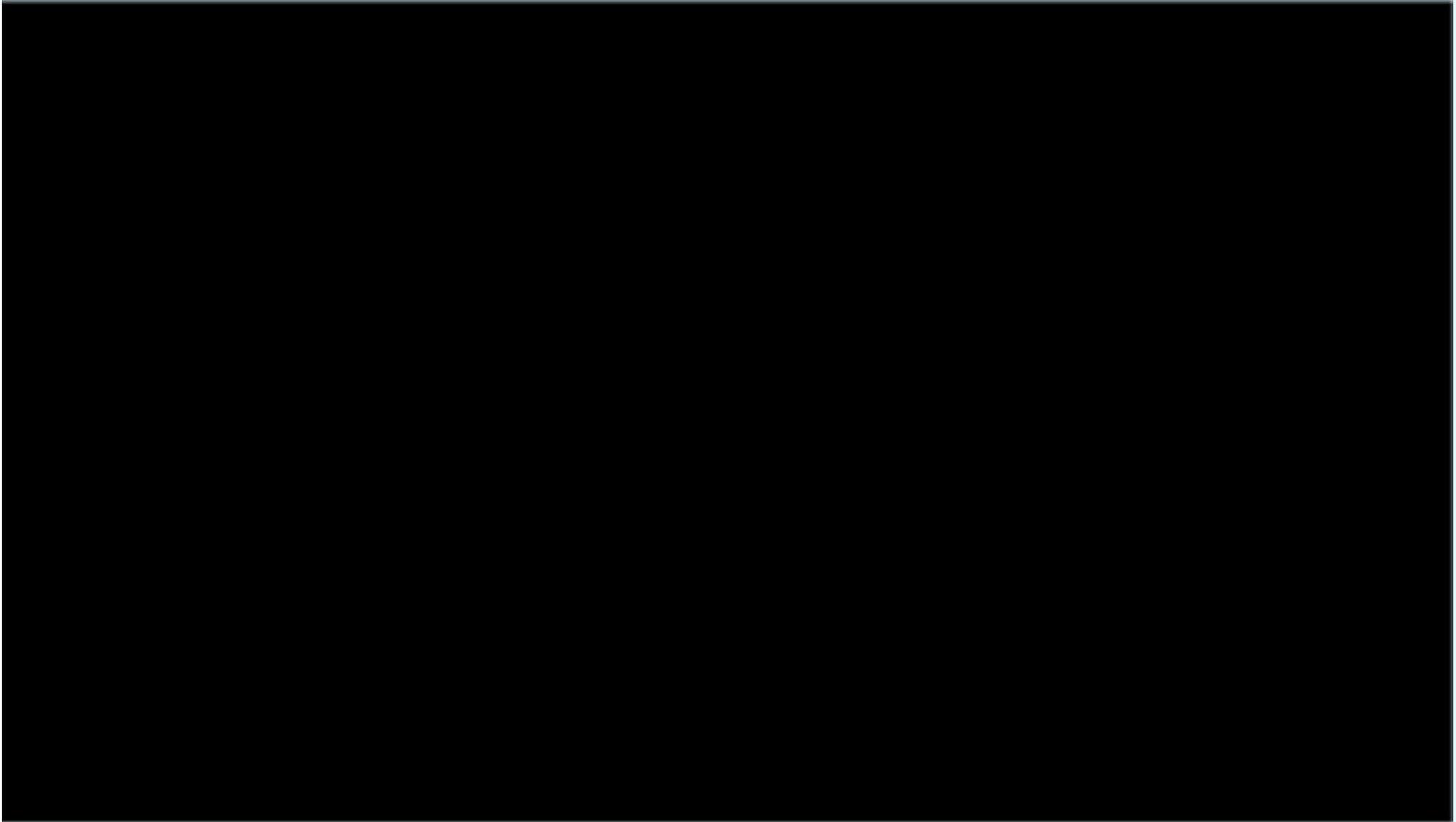
Un suono emesso da un diapason arriva all'orecchio; il timpano, raggiunto dal suono, comincia a oscillare: fisso l'attenzione sul centro O del timpano e trovo che O si muove di moto armonico, regolato dalla legge

$$d = \sin(t)$$



Nel prossimo video cambia il suono di un diapason

Due diapason



**Nel video hai sentito parlare di
'frequenza' e 'suono più basso'.**

**Per capire meglio riprendi il moto
armonico come proiezione di un moto
circolare uniforme.**

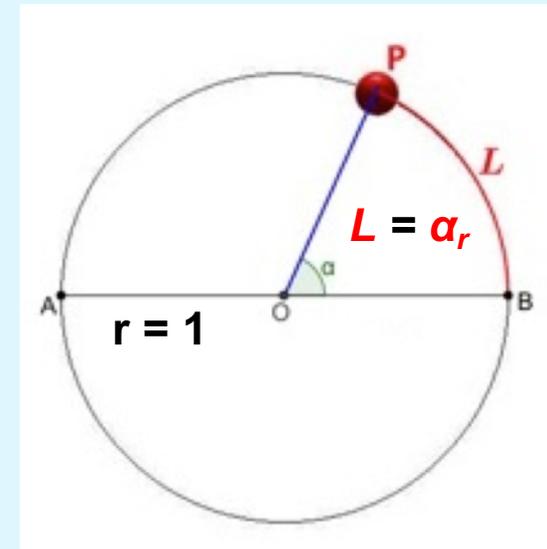
Velocità angolare del moto circolare uniforme

La pallina **P** si muove di *moto circolare uniforme*.
La *velocità angolare* ω è data da.

$$\omega = \frac{\alpha}{t}$$

misura α_r dell'angolo **BOP**

tempo **t** impiegato da **OP** a spazzare l'angolo **BOP**



Calcolo rapido di ω

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

misura 2π in radianti dell'angolo di 360°

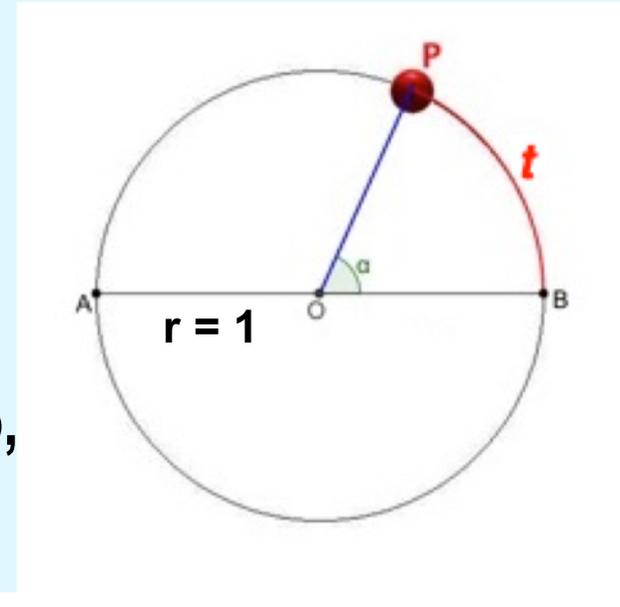
periodo T, cioè tempo impiegato da **OP** a spazzare l'angolo di 360° , mentre **P** percorre l'intera circonferenza.

Un caso particolare di moto circolare

$$r = 1 \text{ e } \omega = 1$$

$$\omega = \frac{\alpha}{t}$$

$$1 = \frac{\alpha}{t} \rightarrow t = \alpha$$



OP spazza un angolo di 1 radiante in 1 secondo,
2 radianti in 2 secondi, ...

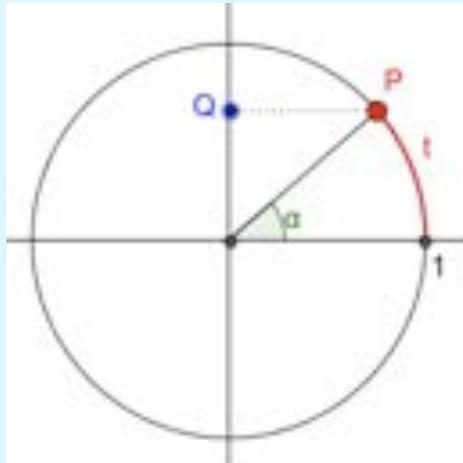
$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$1 = \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = 2\pi$$

P percorre l'intera circonferenza nel periodo **T** = $2\pi \approx 6,28$ secondi.

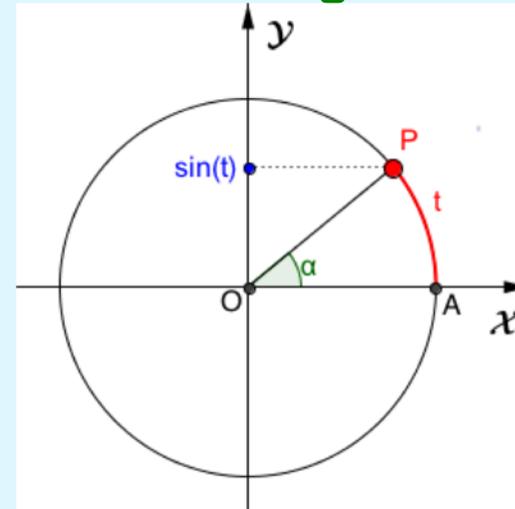
Legge del moto armonico con $r = 1$ e $\omega = 1$

velocità angolare $\omega = 1$



$$\alpha = t$$

e Circonferenza goniometrica



e Ordinata d del punto Q è
 $d = \sin(\alpha)$

Legge del moto armonico

L'ordinata d di Q varia al variare del tempo t con la legge

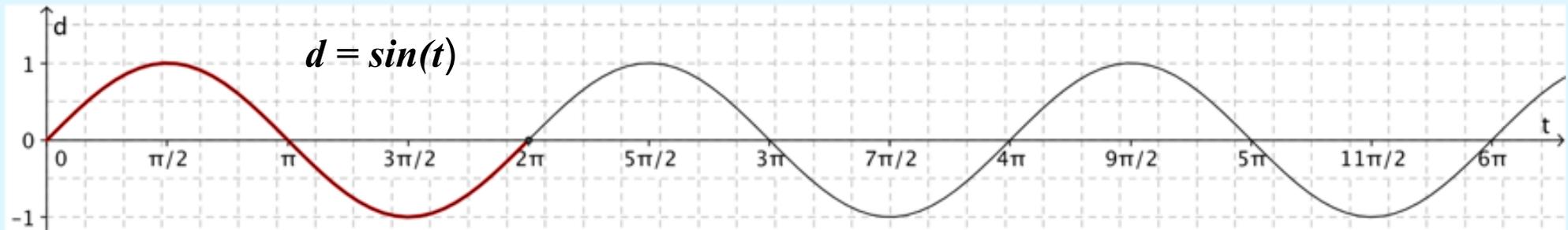
$$d = \sin(t)$$

Grafico del moto armonico con $r = 1$ e $\omega = 1$



Il movimento continua

P continua a girare sulla circonferenza e la sua proiezione continua a oscillare sul diametro.



Per disegnare il grafico ripeto tante volte l'arco rosso disegnato nell'intervallo $[0; 2\pi]$.

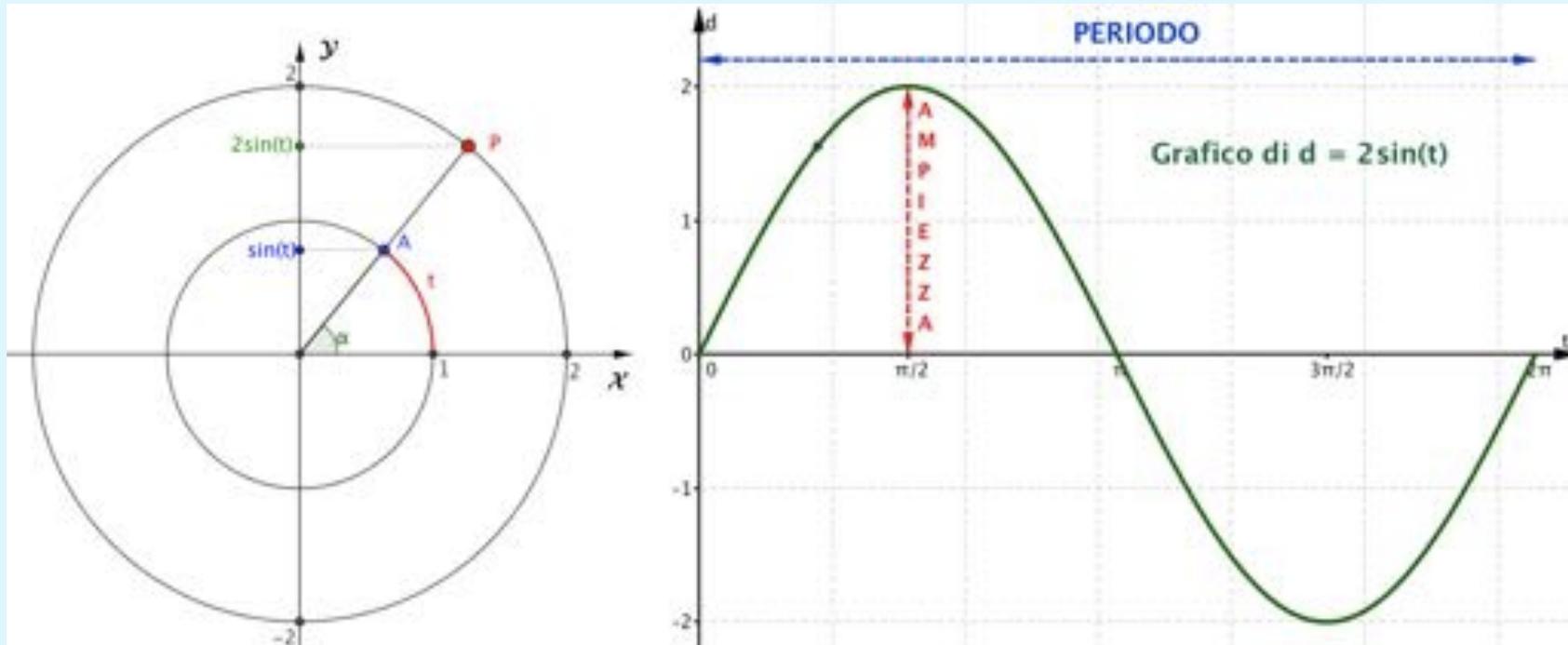
Ottengo un grafico periodico con periodo $T = 2\pi$.

Che cosa succede se modifico r ?



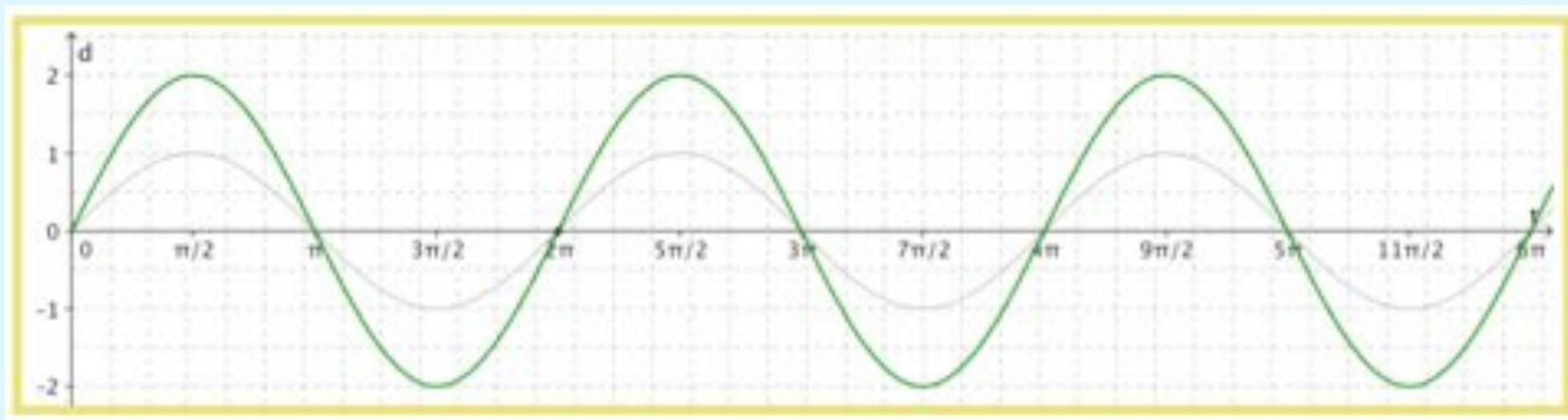
La legge del moto armonico con $r = 2$ e $\omega = 1$

$$d = 2\sin(t)$$



Raggio r della circonferenza = Ampiezza A del moto armonico

Due grafici a confronto



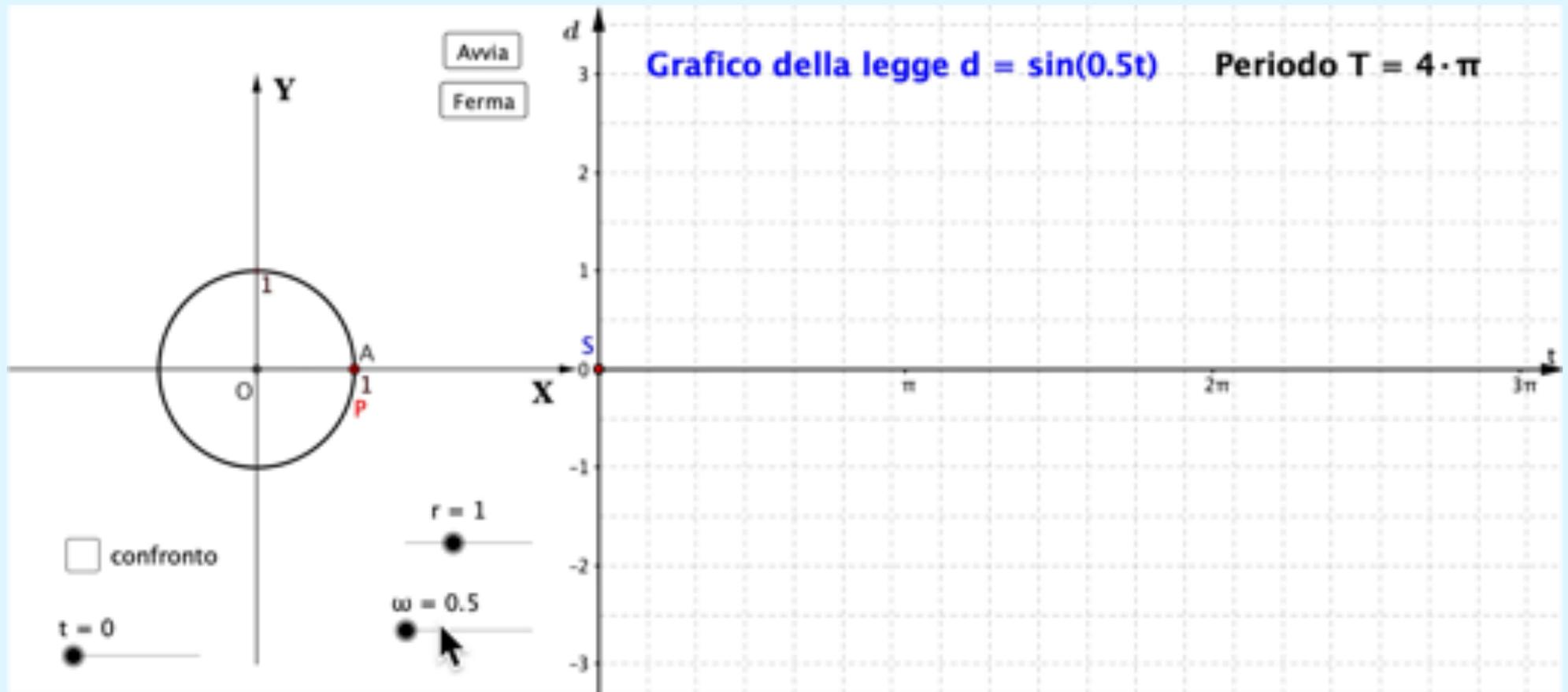
$$d = 2\sin(t)$$

- Periodo $T = 2\pi$;
- Ampiezza $A = 2$

$$d = \sin(t)$$

- Periodo $T = 2\pi$;
- Ampiezza $A = 1$

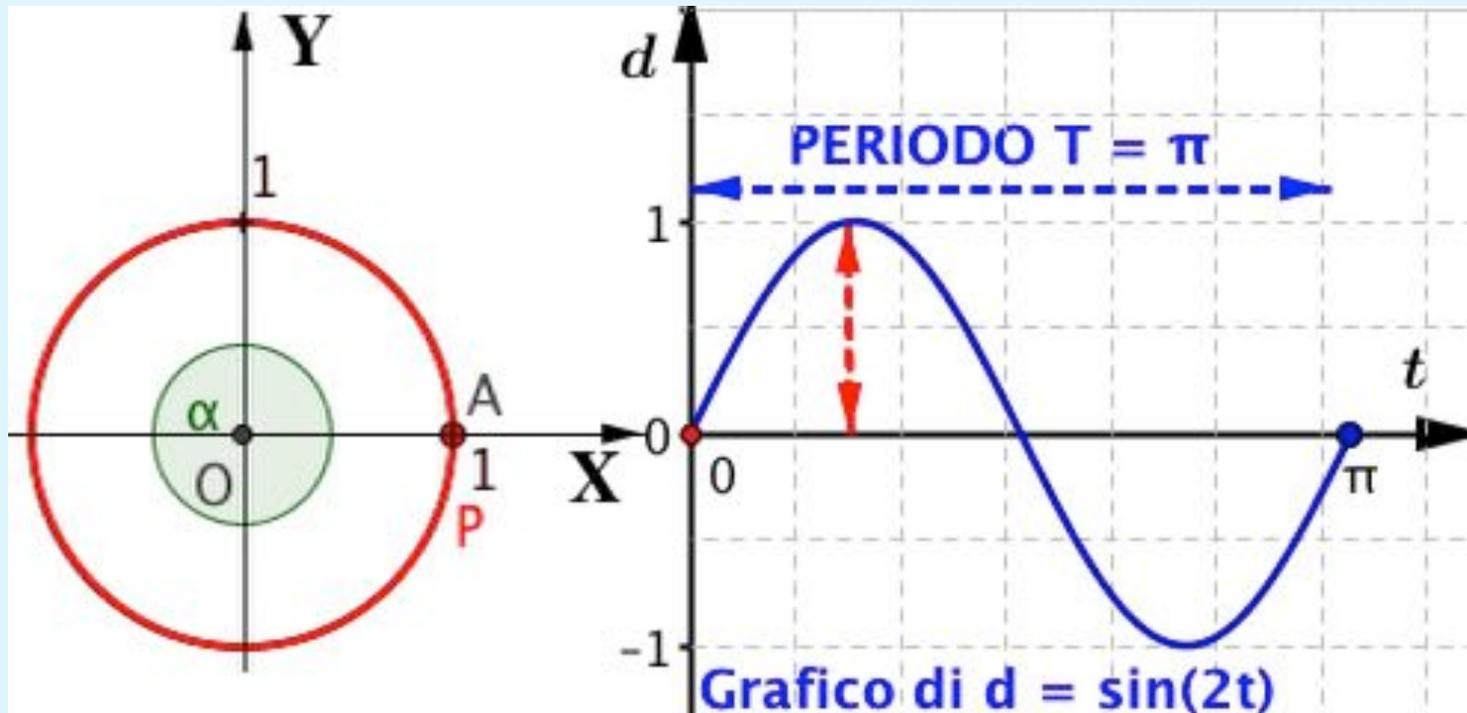
Che cosa succede se mantengo $r = 1$, ma modifico ω ?



Legge del moto armonico con $r = 1$ e $\omega = 2$

Raddoppia la velocità angolare ω , perciò dimezza il tempo impiegato a percorrere un'intera circonferenza, cioè **dimezza** il periodo **T** del moto armonico.

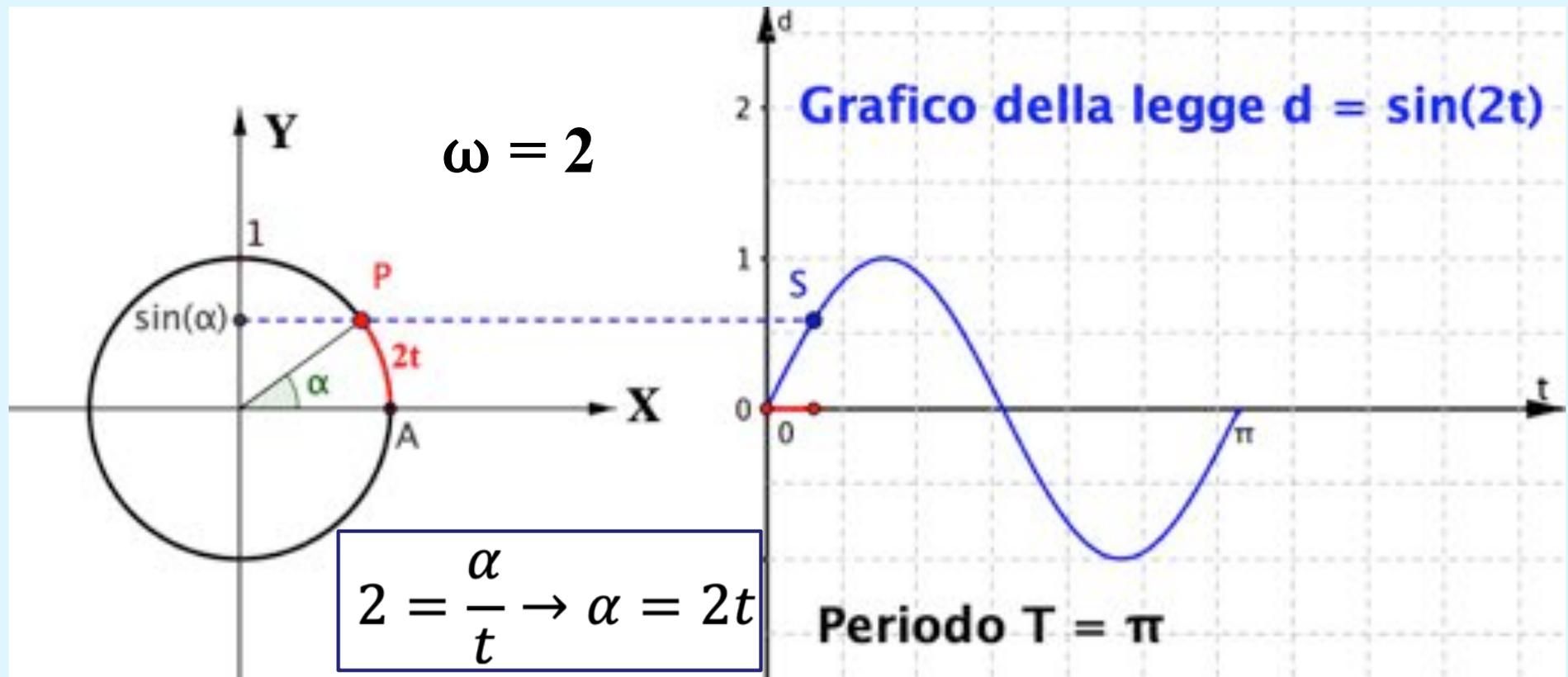
$$2 = \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = \pi$$



La pallina gira più veloce e la sua proiezione oscilla più rapidamente sul diametro.

ω è la pulsazione del moto armonico

Legge del moto armonico con $r = 1$ e $\omega = 2$



Rimane $r = 1$ e quindi $d = \sin(\alpha)$
Ma ora $\omega = 2$ e perciò $\alpha = 2t$ $\left. \vphantom{\begin{matrix} d = \sin(\alpha) \\ \alpha = 2t \end{matrix}} \right\} d = \sin(2t)$

Due grafici a confronto



$$d = \sin(2t)$$

- Periodo $T = \pi$;
- Ampiezza $A = 1$

$$d = \sin(t)$$

- Periodo $T = 2\pi$;
- Ampiezza $A = 1$

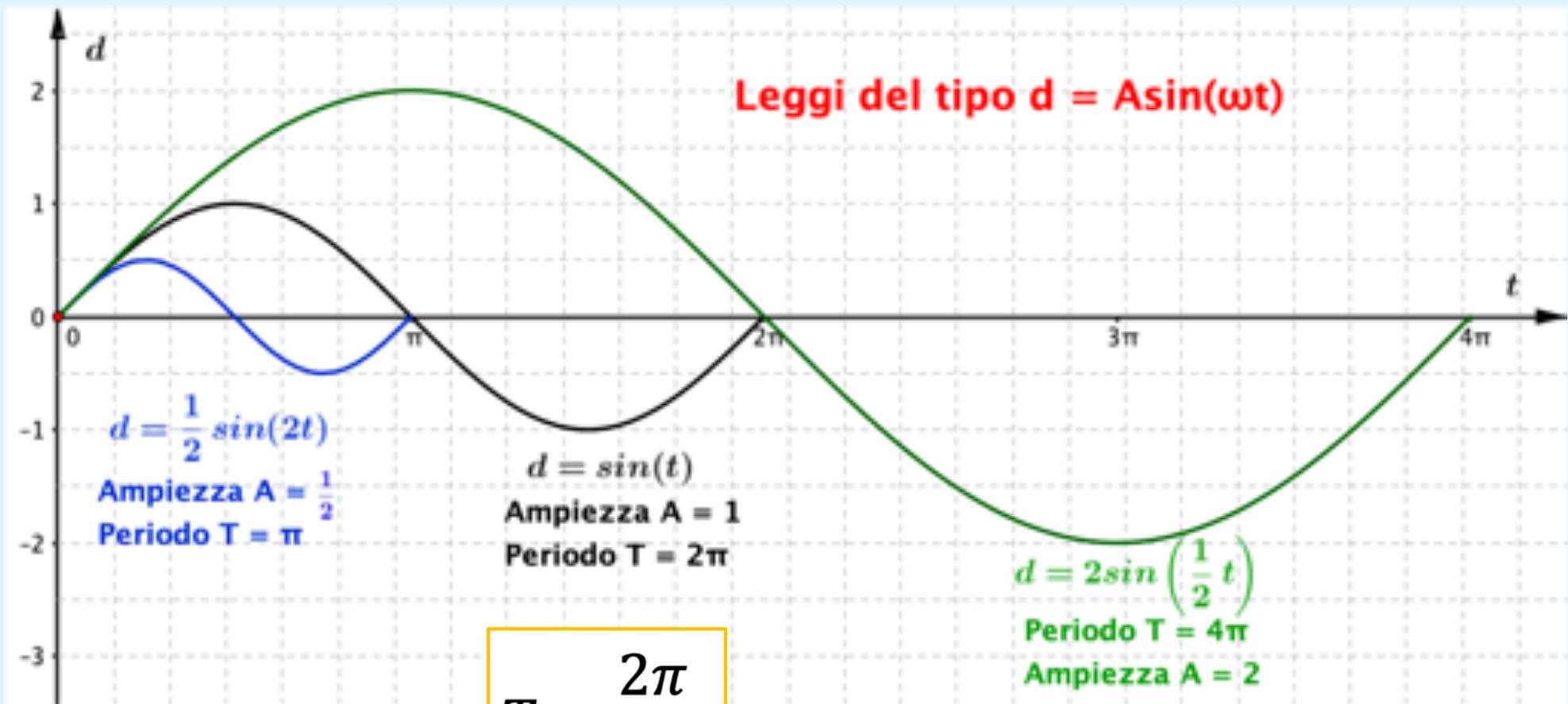
La legge del moto armonico più generale



La legge del moto armonico più generale

A e ω possono essere diversi da 1 e la legge diventa

$$d = A \sin(\omega t)$$



$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

Frequenza del moto armonico

Una grandezza importante nel moto armonico:

frequenza f = numero di oscillazioni complete in 1 secondo.

ESEMPI

$$f = \frac{1}{T}$$

f si misura in *Hertz* (Hz)
 T si misura in secondi

Frequenza f	Significato	Periodo $T = \frac{1}{f}$
1	In 1 secondo 1 oscillazione completa	1
2	In 1 secondo 2 oscillazioni complete	$\frac{1}{2}$
$\frac{1}{2}$	In 1 secondo $\frac{1}{2}$ oscillazione completa	2
$\frac{1}{2\pi} \approx \frac{1}{6}$	In 1 secondo circa $\frac{1}{6}$ di oscillazione completa	2π

Pulsazione e frequenza nella legge del moto armonico

Legge del moto armonico

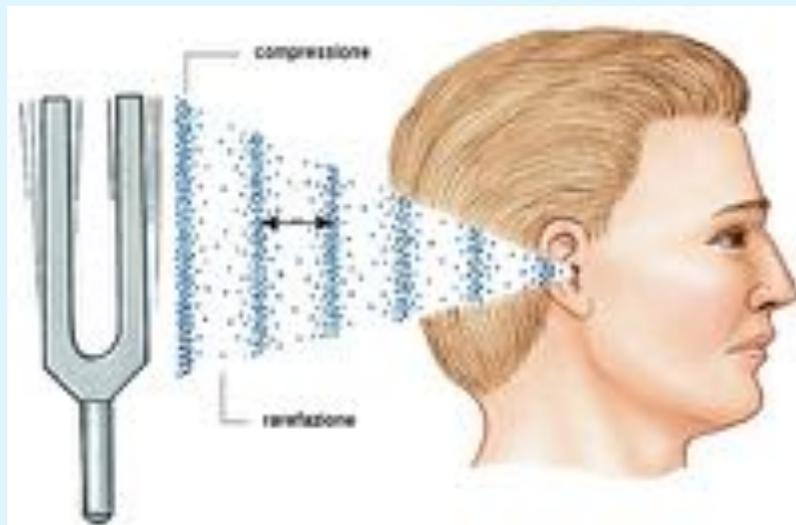
$$d = A \sin(\omega t)$$


$$\left. \begin{array}{l} \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot \frac{1}{T} \\ f = \frac{1}{T} \end{array} \right] \omega = 2\pi f$$

La legge più generale del moto armonico per descrivere suono

Un suono emesso da un diapason arriva all'orecchio; il timpano, raggiunto dal suono, comincia a oscillare: fissiamo l'attenzione sul centro O del timpano e troviamo che O si muove di moto armonico, regolato dalla legge

$$d = A \cdot \sin(\omega t) \text{ con } \omega = 2\pi f$$



La frequenza nello studio dei suoni

La frequenza di un moto armonico è particolarmente importante nello studio dei suoni.

Produrre suoni con un software

Produciamo suoni di diversa frequenza con un software.

Il software simula diapason di varie frequenze ed emette un suono che arriva al nostro orecchio tramite altoparlanti.



Ascoltare e 'vedere' suoni di varie frequenze

Il software mostra anche il grafico di ogni suono prodotto.

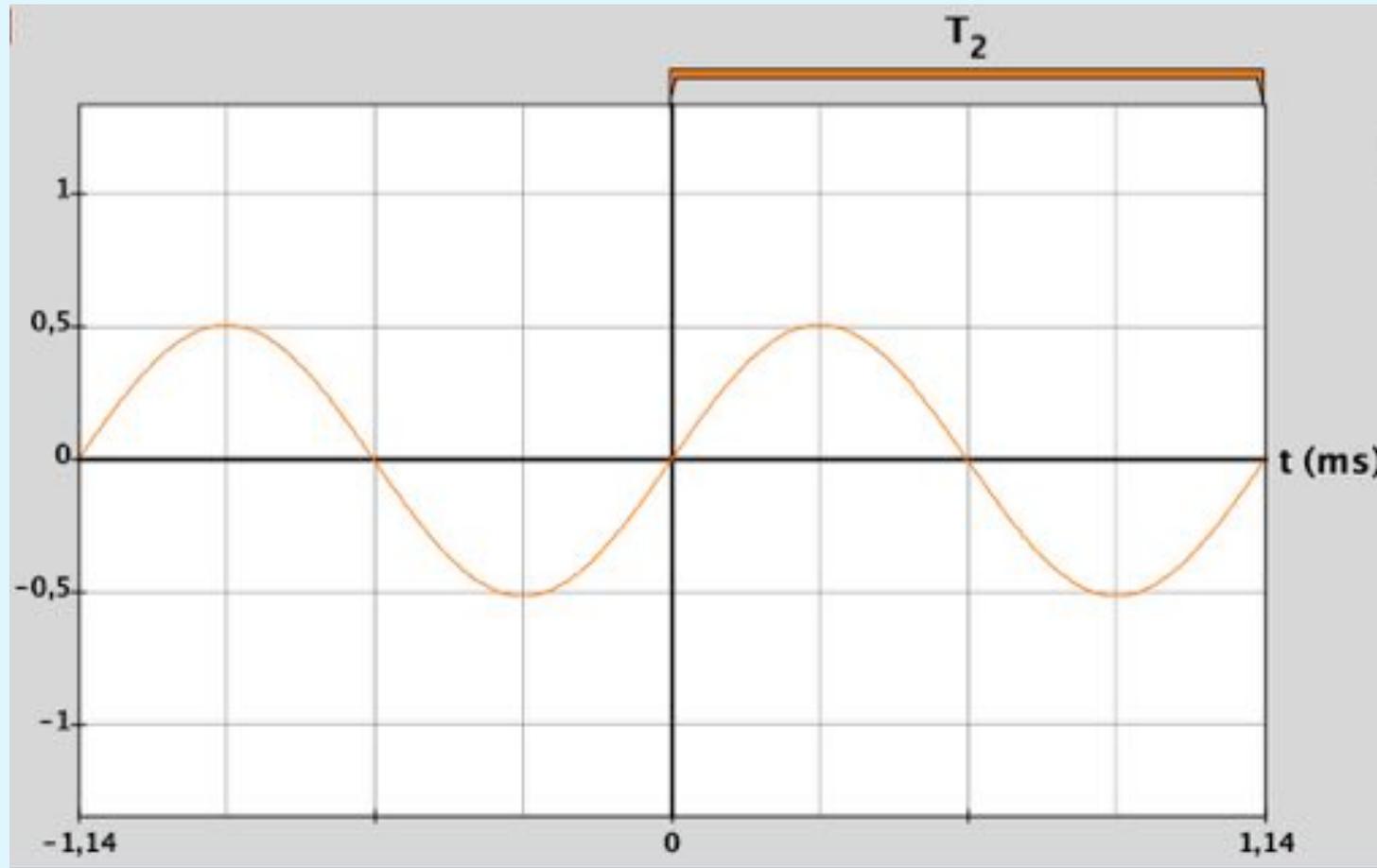
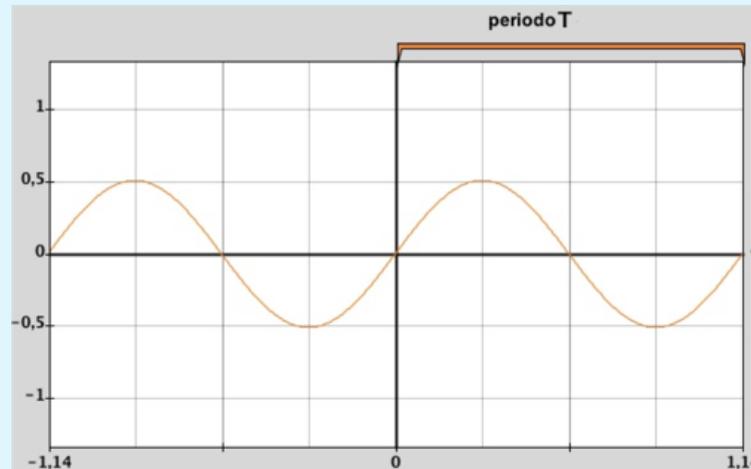


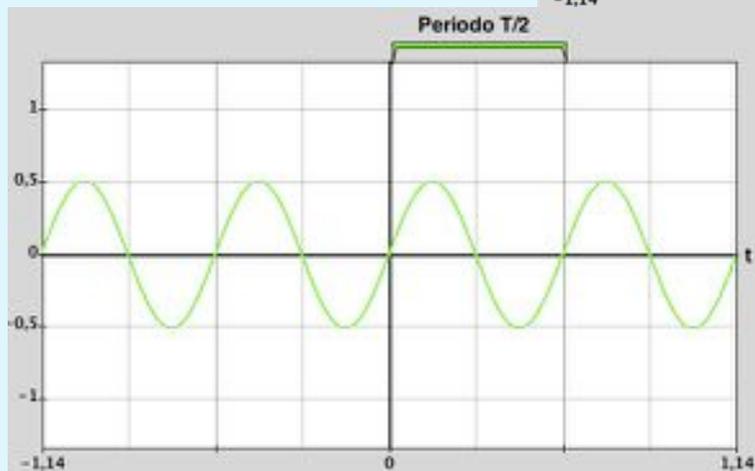
Grafico della legge che regola il moto armonico del centro O del timpano, quando il suono dell'altoparlante arriva ad O.

Altezza di un suono e periodo della sinusoide

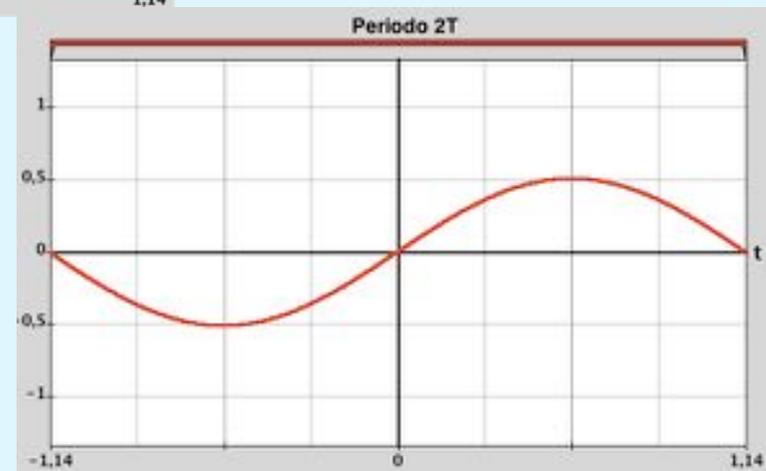
Così esploro una prima caratteristica fisica dei suoni: *l'altezza*, che distingue i suoni in *acuti* e *gravi*.



Suono base 



Suono più acuto 



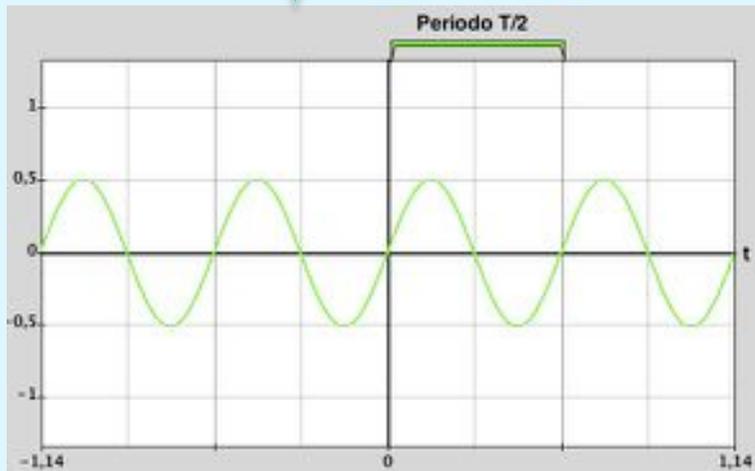
Suono più grave 

Confronto le frequenze f dei suoni

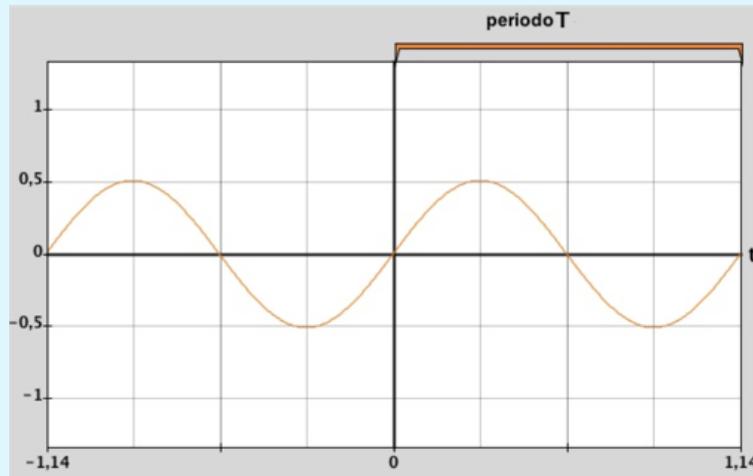
Dimezza il periodo T .

Raddoppia la frequenza f .

Raddoppia $\omega = 2\pi f$



Suono più acuto 

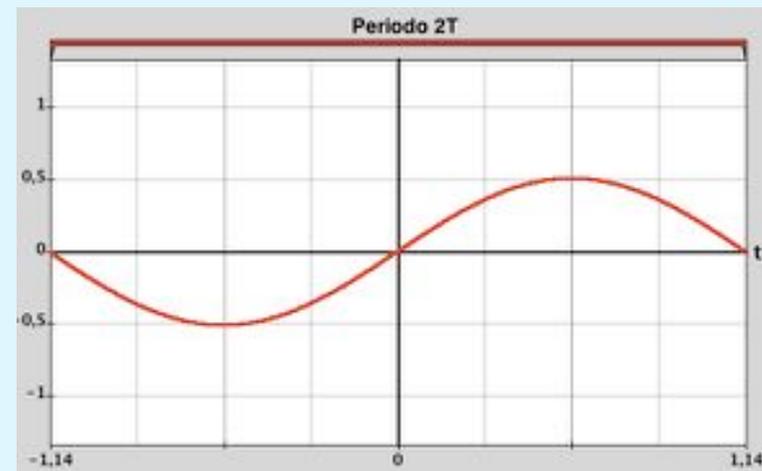
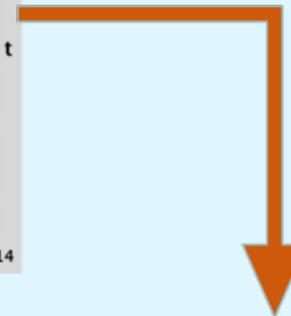


Suono base 

Raddoppia il periodo T .

Dimezza la frequenza f .

Dimezza $\omega = 2\pi f$



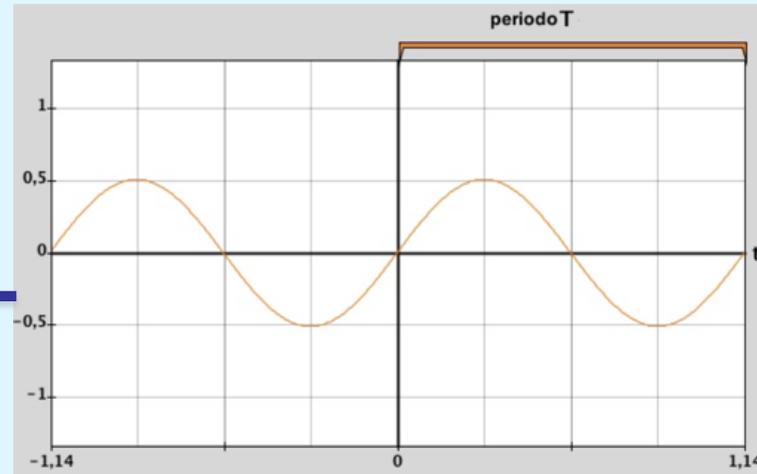
Suono più grave 

Ascoltare e 'vedere' suoni di varie intensità

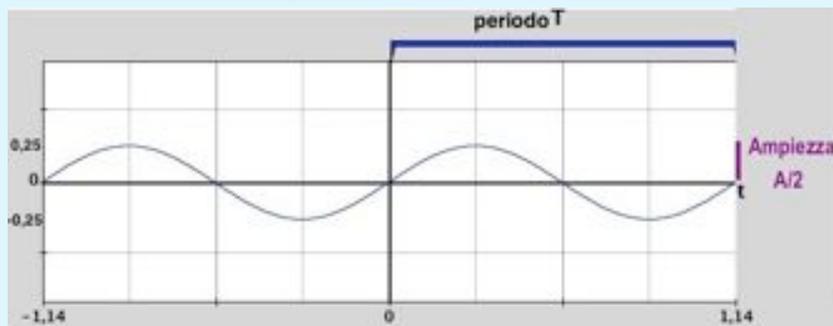
Posso percuotere uno stesso diapason debolmente, per ottenere un suono debole, oppure energicamente per ottenere un suono forte. Ripeto l'esperienza con un software che simula il diapason e mostra il grafico di ogni suono prodotto.

Intensità di un suono e ampiezza della sinusoide

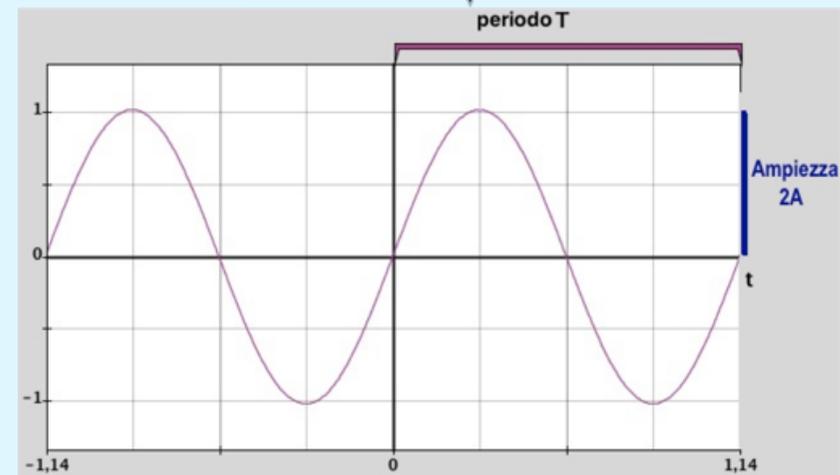
Ora esploro una seconda caratteristica fisica dei suoni: *l'intensità*, che distingue i suoni in *deboli* e *forti*.



Suono base 



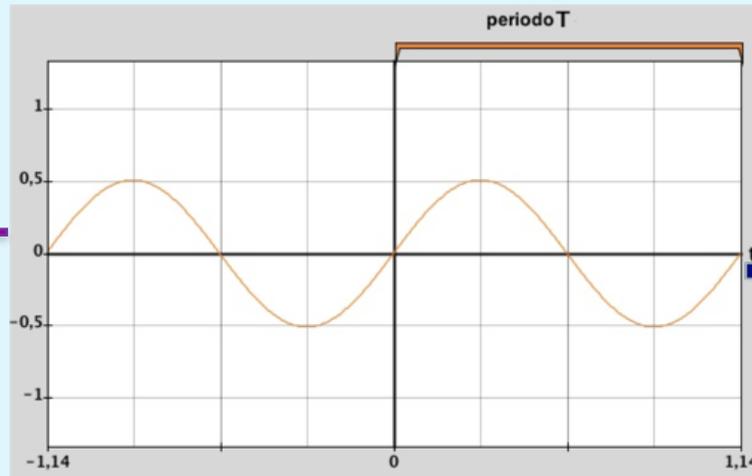
Suono più debole 



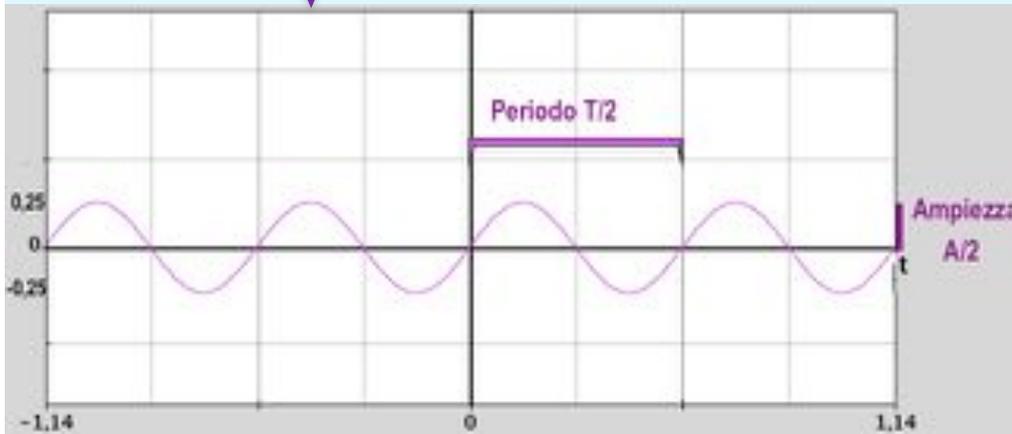
Suono più forte 

Varia l'altezza E l'intensità di un suono

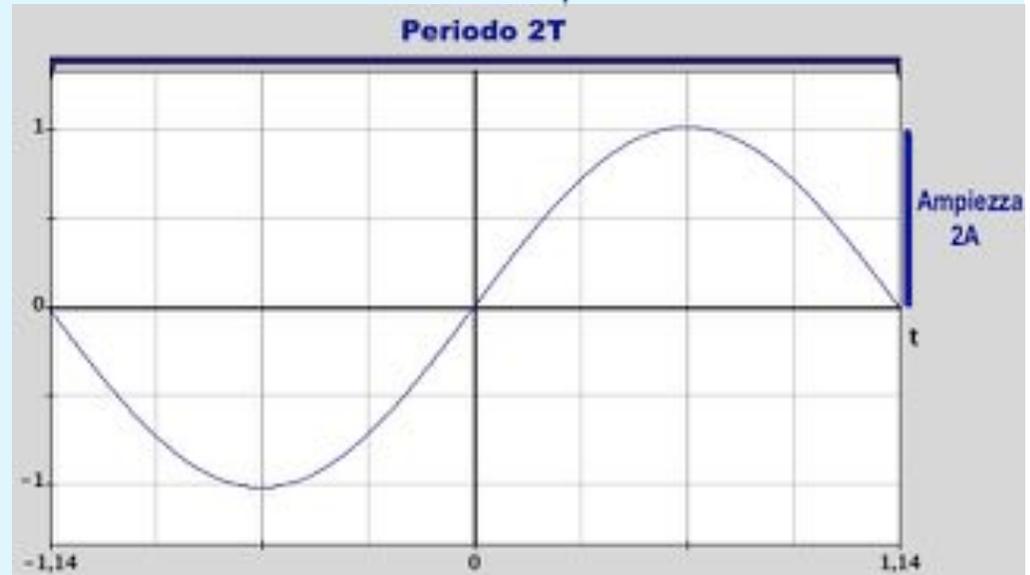
Ecco due esempi da ascoltare e 'vedere'



Suono base 



Suono più acuto E più debole 



Suono più grave E più forte 

Intensità e frequenza dei suoni per l'udito umano

Intensità dei suoni per l'udito umano

Qualcosa è noto a tutti sulle intensità dei suoni per l'udito umano: i suoni molto forti possono produrre danni alle persone.



Misurare l'intensità dei suoni per l'udito

Il livello di intensità sonora

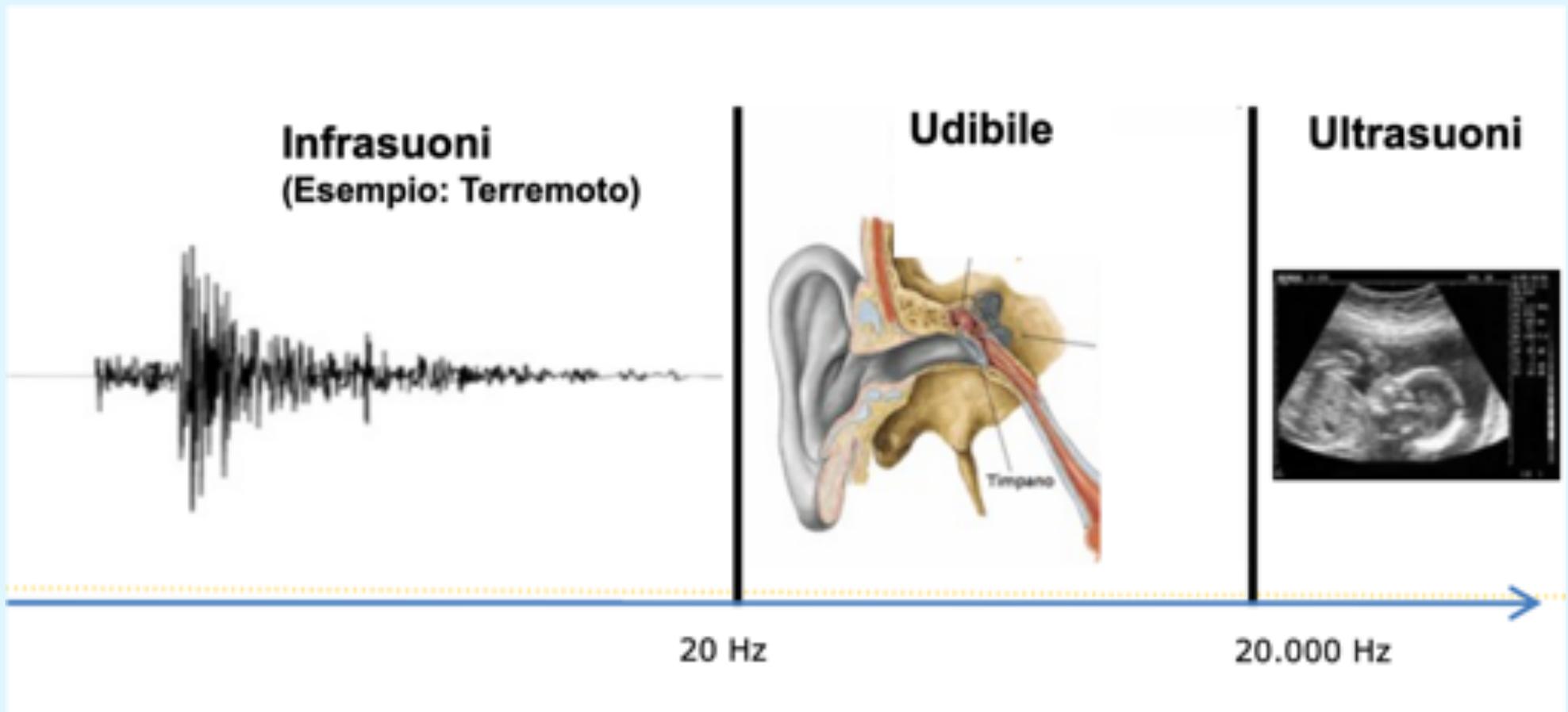


Il **livello di intensità sonora**, che misura la nostra percezione dell'intensità del suono, si misura in **decibel (dB)**.

Frequenza dei suoni per l'udito umano

Le frequenze udibili dall'orecchio umano

Il software offre una scelta ristretta di frequenze, ma l'orecchio umano percepisce una maggior ricchezza di suoni.



Le frequenze udibili dall'orecchio umano

Le frequenze udibili dall'orecchio umano variano da una persona all'altra.

E, per una stessa persona, variano con l'età.



Attività

Completa la scheda di lavoro per consolidare quello che hai imparato

Controlla le tue risposte

Quesito 1

1. Un moto armonico ha ampiezza $A = 4$ e frequenza $f = 0,5\text{Hz}$.

a. Calcola il periodo $T = \frac{1}{f}$ da cui $T = \frac{1}{0,5} = 2$

b. Calcola la pulsazione $\omega = 2\pi f$ da cui $\omega = 2\pi \cdot 0,5 = \pi$

c. Scrivi la legge del moto: $d = 4\sin(\pi t)$

Quesiti 2 e 3

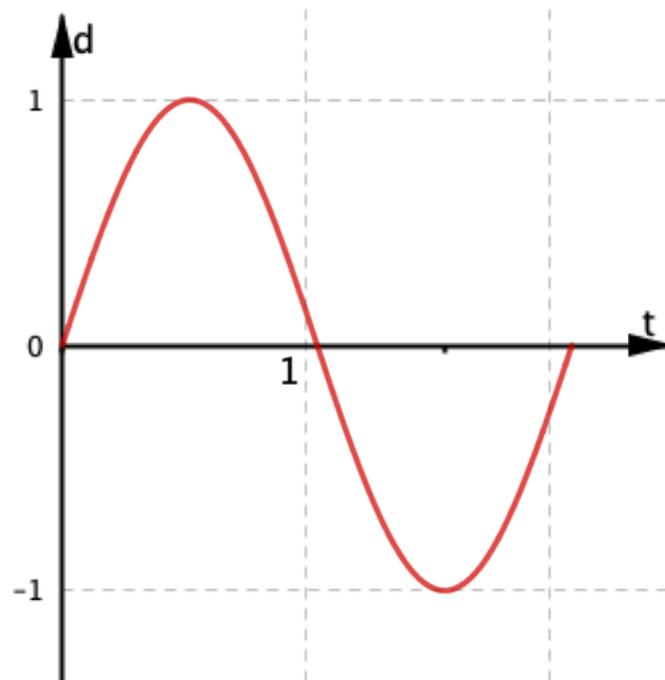
2. È data la legge $d = \sin(3t)$.

Qual è l'ampiezza A del moto? $A = 1$

Qual è il periodo T del moto?

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \text{ da cui } T = \frac{2\pi}{3}$$

Grafico



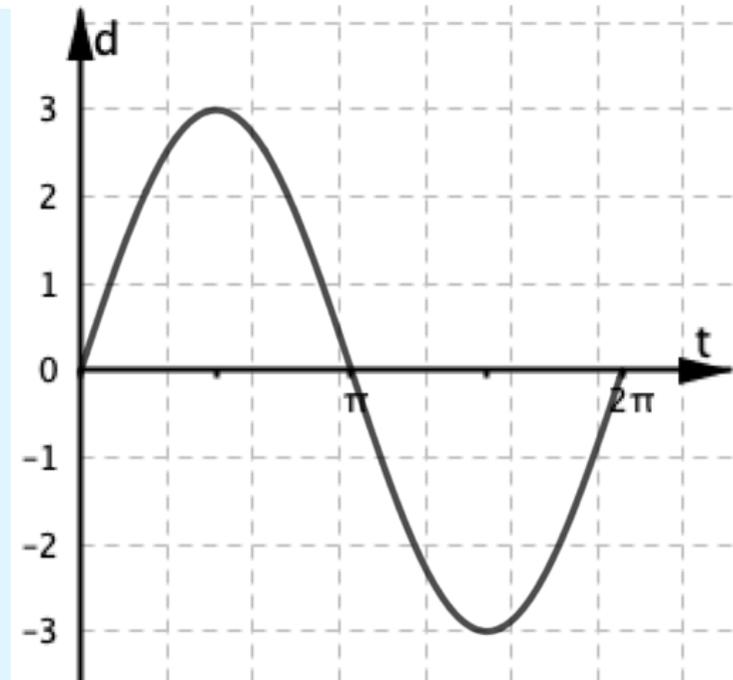
3. È data la legge: $d = 3\sin(t)$

Qual è l'ampiezza A del moto? $A = 3$

Qual è il periodo T del moto?

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \text{ da cui } T = \frac{2\pi}{1} = 2\pi$$

Grafico



Quesito 4

4. Nella figura seguente il grafico a tratto spesso rappresenta la legge $d = \sin(t)$.
Il grafico a tratto sottile rappresenta:

- A. $d = 2\sin(t)$ **B. $d = \sin(2t)$** C. $d = \sin\left(\frac{t}{2}\right)$ D. $d = \frac{1}{2}\sin(t)$ E. $d = 2\sin\left(\frac{t}{2}\right)$

