



## VELOCITÀ DI PROPAGAZIONE DEL SUONO <sup>[\*]</sup>

La velocità di propagazione del suono è un parametro molto importante in diversi settori oltre che quelli direttamente coinvolti nell'ambito del rumore. Nella tabella sottostante sono riportati alcuni valori tipici:

Mezzo	Velocità (m/s)
Aria	344
Acqua	1370
Legno	3350
Piombo	1220
Acciaio	4880

### *Velocità del suono nei fluidi*

Come visto nelle sezioni precedenti, la velocità del suono in un fluido è data dalla relazione:

$$c = \sqrt{\frac{K_s}{\rho_0}}$$

che per un gas diventa

$$c = \sqrt{\gamma \frac{P_0}{\rho_0}}$$

In entrambi i casi è immediato notare che  $c$  dipende da pressione, densità, e quindi nel caso dell'aria anche dall'umidità, e temperatura.

A titolo di esempio si può calcolare la velocità del suono in aria in condizioni tipiche, che indicheremo utilizzando il pedice  $_0$ :

$$\rho_0 = 1.29 \text{ kg m}^{-3}, \quad \gamma = 1.40, \quad T = 0 \text{ }^\circ\text{C}, \quad P_0 = 1 \text{ atm} = 1.01 \cdot 10^5 \text{ Pa}, \quad \text{si ottiene:}$$

$c_0 = 331.6 \text{ m/s}$  (spesso come valore standard viene dato  $c_0 = 344 \text{ m/s}$ , che è riferito alla temperatura media ambientale)

E' da notare che nel caso dell'aria, trascurando le variazioni dovute all'umidità, la velocità del suono dipende solo dalla temperatura. Infatti, ricordando l'equazione di stato dei gas:

$$PV = NRT$$

$$P = \rho \frac{N}{M} RT = \rho \frac{R}{P_M} T$$

dove  $P_M$  è il peso molecolare dell'aria. Sostituendo:

---

[\*] Questi appunti sono tratti in maggior parte dal testo "Manuale di acustica applicata, R. Spagnolo, UTET Ed." e sono da considerarsi come supporto agli argomenti trattati nel Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria per la Sostenibilità dell'Ambiente, della Facoltà di Ingegneria di Modena



$$c = \sqrt{\gamma \frac{P_0}{\rho_0}} = \sqrt{\gamma \left( \rho_0 \frac{R}{P_M} T \right) \frac{1}{\rho_0}} = \sqrt{\left( \gamma \frac{R}{P_M} \right) T}$$

dalla quale si ottiene una relazione pratica molto utilizzata:

$$c(T) = \sqrt{\left( \gamma \frac{R}{P_M} \right) T} = \sqrt{\left( \gamma \frac{R}{P_M} \right) T_0 \frac{T}{T_0}} = c(T_0) \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

Se come temperatura di riferimento si utilizza  $T_0 = 0^\circ\text{C}$  si ottiene (ricordare che le temperature si misurano in  $K$ ):

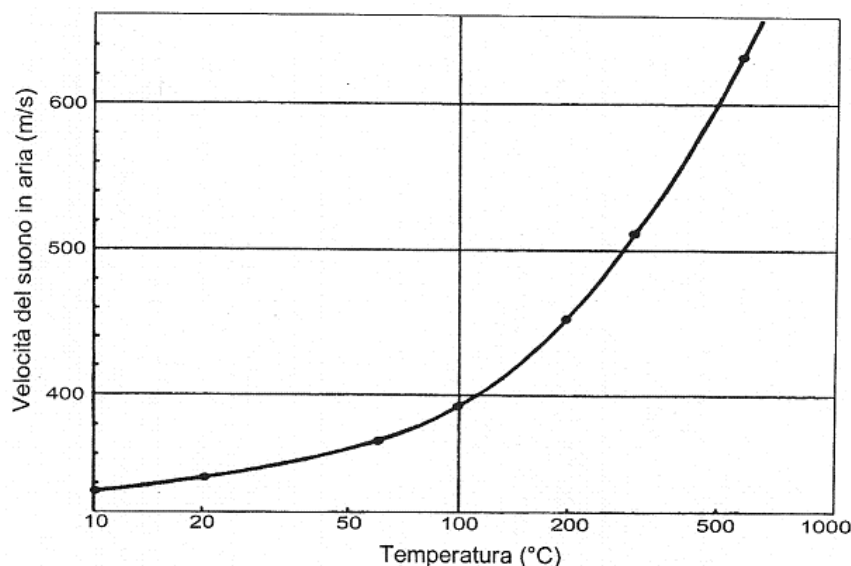
$$c(T) = 331.6 \text{ m/s} \sqrt{\frac{T}{273.16}} = 331.6 \text{ m/s} \sqrt{\frac{T(^{\circ}\text{C}) + 273.16}{273.16}} = 331.6 \text{ m/s} \sqrt{1 + \frac{T(^{\circ}\text{C})}{273.16}}$$

La frazione sotto radice è un numero molto piccolo, quindi la relazione può essere approssimata con lo sviluppo in serie di Taylor arrestato al primo ordine:

$$\sqrt{1+x} \approx \sqrt{1+x} \Big|_{x=0} + \frac{1}{2} \frac{1}{\sqrt{1+x}} \Big|_{x=0} x = 1 + \frac{x}{2}$$

da cui (andamento riportato in figura):

$$c(T) \approx 331.6 + 0.6 T(^{\circ}\text{C}) \quad [\text{m/s}]$$



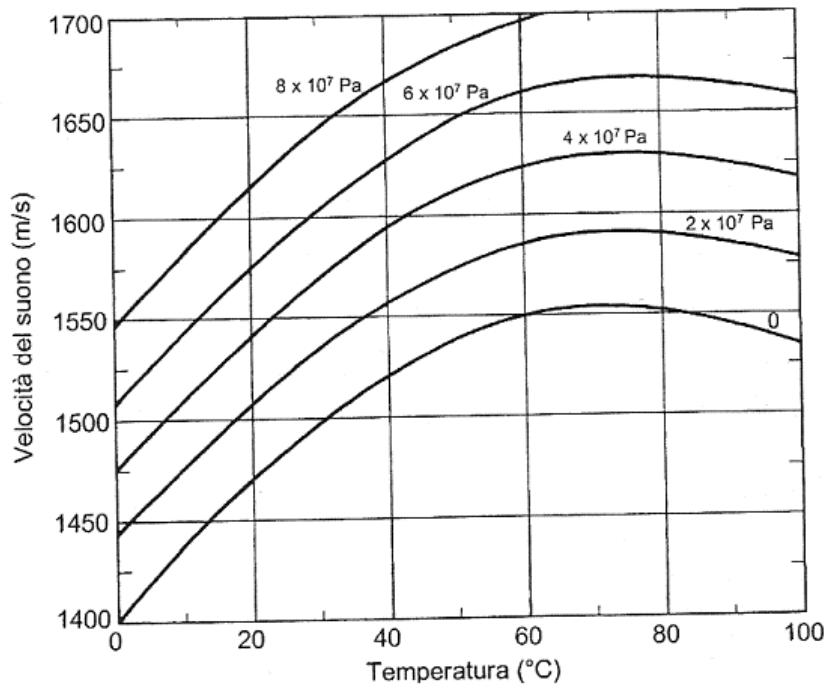
Andamento della velocità del suono in aria in un ampio campo di variazione della temperatura, espressa in gradi centigradi

Anche nel caso dei liquidi spesso vengono utilizzate delle relazioni approssimate le quali però non sono di facile derivazione. Una relazione semiempirica (andamento riportato in figura) molto utilizzata per l'acqua pura (o quasi) è:



$$c = 1441 + 4(T(^{\circ}C) - 10) + 1.6 \cdot 10^{-6} P_0 \quad [m/s]$$

Che nel caso tipico di  $T = 20^{\circ}C$  e  $P_0 = 1.01 \cdot 10^5 Pa$  fornisce  $c = 1481 m/s$



Andamento della velocità del suono in acqua distillata in funzione della temperatura, per diversi valori della pressione statica

### *Velocità del suono nei solidi*

La propagazione delle onde sonore nei solidi è molto più complessa rispetto al caso dei fluidi. In questo caso infatti il corpo solido non è affatto isotropo (basti pensare alle pareti di un edificio) e le onde assumono forme più complesse, compaiono ad esempio delle onde trasversali che nei fluidi non si verificano.

Data la complessità del problema questo argomento non viene trattato rimandando eventualmente a valori tabulati o a relazioni pratiche laddove queste servano.