

# Misura della velocità del suono

Alessandro Costanzo Ciano, Matricola: 654532

Luca Palumbo, Matricola: 639750  $m^3C^{-1}$  Alessandro Tassoni, Matricola: 637374

Tabella 1: D

$I_M = (300 \pm 3) \text{ [mA]}$	$I_M = (500 \pm 3) \text{ [mA]}$	$I_M = (700 \pm 4) \text{ [mA]}$
$B = (-326 \pm 3) \text{ G}$	$B = (-544.8 \pm 4) \text{ G}$	$B = (-764 \pm 4) \text{ G}$
$a = (-6.327 \pm 0.004) \Omega$	$a = (-10.569 \pm 0.006) \Omega$	$a = (-14.84 \pm 0.06) \Omega$
$b = (-0.08 \pm 0.02) \text{ mV}$	$b = (-0.07 \pm 0.02) \text{ mV}$	$b = (-0.1 \pm 0.2) \text{ mV}$
$r_H = (0.23 \pm 0.02) m^3C^{-1}$	$r_H = (0.23 \pm 0.02) m^3C^{-1}$	$r_H = (0.23 \pm 0.02) m^3C^{-1}$
$\chi_{\text{red}}^2 = 0.03$	$\chi_{\text{red}}^2 = 0.06$	$\chi_{\text{red}}^2 = 0.10$

Tabella 2: D

$I_S = (7.00 \pm 0.003) \text{ [mA]}$	$I_S = (5.00 \pm 0.003) \text{ [mA]}$	$I_S = (3.00 \pm 0.003) \text{ [mA]}$
$a = (0.135 \pm 0.001) \text{ mV/G}$	$a = (0.096 \pm 0.001) \text{ mV/G}$	$a = (0.058 \pm 0.001) \text{ mV/G}$
$b = (-0.3 \pm 0.3) \text{ mV}$	$b = (-0.2 \pm 0.3) \text{ mV}$	$b = (-0.08 \pm 0.3) \text{ mV}$
$r_H = (0.23 \pm 0.02) m^3C^{-1}$	$r_H = (0.23 \pm 0.02) m^3C^{-1}$	$r_H = (0.23 \pm 0.02) m^3C^{-1}$
$\chi_{\text{red}}^2 = 0.20$	$\chi_{\text{red}}^2 = 0.13$	$\chi_{\text{red}}^2 = 0.09$

Seconda calibrazione

$I_S \text{ [mA]}$	$U_H \text{ [mV]}$
$0.00 \pm 0.02$	$0.0 \pm 0.2$
$1.00 \pm 0.02$	$-0.2 \pm 0.2$
$2.00 \pm 0.02$	$-0.5 \pm 0.2$
$3.00 \pm 0.02$	$-0.8 \pm 0.2$
$4.00 \pm 0.02$	$-1.1 \pm 0.2$
$5.00 \pm 0.02$	$-1.4 \pm 0.2$
$6.00 \pm 0.02$	$-1.8 \pm 0.2$
$7.00 \pm 0.02$	$-2.1 \pm 0.2$
$8.00 \pm 0.02$	$-2.4 \pm 0.2$
$9.00 \pm 0.02$	$-2.7 \pm 0.2$
$10.00 \pm 0.02$	$-3.0 \pm 0.2$

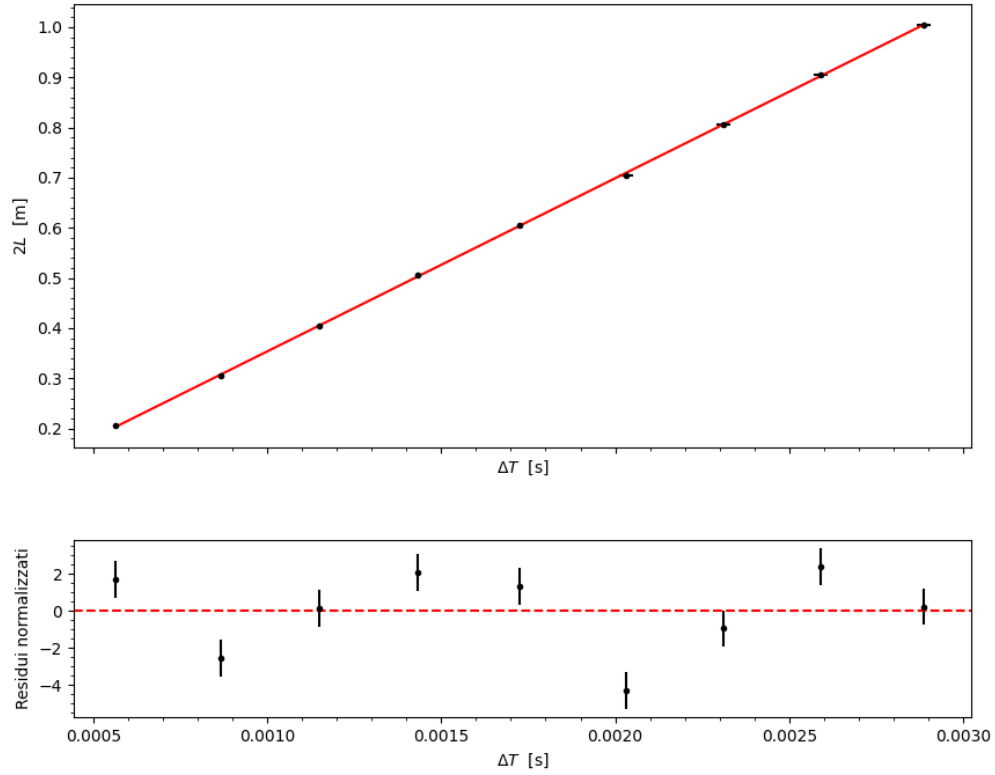


Figura 1: Fit a due parametri del tipo  $y = ax + b$ . La velocità del suono risulta  $(345 \pm 2)$  m/s e l'intercetta è compatibile con zero. Tale risultato è compatibile con quello atteso alla temperatura data, ossia di  $(343.7 \pm 0.3)$  m/s. Si ha  $\chi^2/ndof = 5$ . Fit relativo ai dati di Alessandro C. Ciano.

Tabella 3: Dati relativi alle misure di velocità e temperatura. Gli errori sulle misure di distanza e tempo sono stati stimati analogamente alle misure precedenti; la temperatura invece è stata determinata tramite un partitore di tensione. Dati relativi al circuito di Alessandro C. Ciano.

$v$ (m/s)	$T$ ( $^{\circ}\text{C}$ )
$344 \pm 2$	$20.65 \pm 0.3$
$344 \pm 2$	$19.55 \pm 0.3$
$346 \pm 2$	$21.55 \pm 0.3$
$348 \pm 2$	$22.0 \pm 0.3$
$348 \pm 2$	$19.85 \pm 0.3$

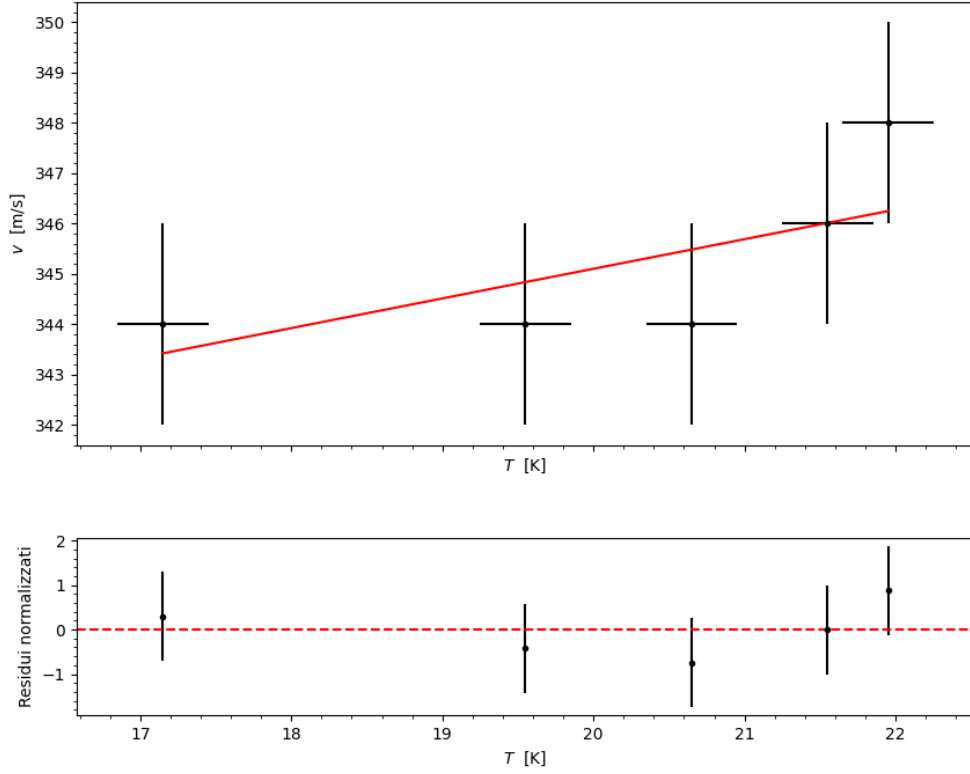


Figura 2: Fit a un parametro del tipo  $y = a\sqrt{(x + 273.15)/273.15}$ . Si ha  $v_{s,0} = (333.1 \pm 0.5) \text{ m/s}$ ,  $\chi^2/ndof = 0.4$ . Fit relativo ai dati di Alessandro C. Ciano.

Tabella 4: Riportiamo di seguito le misure effettuate da Luca Palumbo riguardo la relazione distanza-tempo. Per questa fase si sono usate distanze sensore-ostacolo da 20cm fino a 1m. Dato che non si conosce la posizione del cristallo piezoelettrico all'interno del dispositivo a ultrasuoni, l'incertezza associata a questa misura di distanza è stata scelta di 0.5cm. Le misure sul tempo impiegato dal suono sono state effettuate tramite l'utilizzo dei cursori nella funzionalità dell'AD2, quindi le incertezze associate dipendono dal fondo scala utilizzato durante la visualizzazione. Si veda figura per il grafico e i risultati del best fit.

$D$ (cm)	$\Delta T$ (millisecondi)
$20 \pm 0.5$	$1.15 \pm 1$
$25 \pm 0.5$	$1.42 \pm 1$
$30 \pm 0.5$	$1.74 \pm 1$
$35 \pm 0.5$	$2.04 \pm 3$
$40 \pm 0.5$	$2.28 \pm 3$
$45 \pm 0.5$	$2.57 \pm 3$
$50 \pm 0.5$	$2.83 \pm 3$
$55 \pm 0.5$	$3.11 \pm 3$
$60 \pm 0.5$	$3.39 \pm 3$
$65 \pm 0.5$	$3.75 \pm 3$
$70 \pm 0.5$	$4.04 \pm 3$
$75 \pm 0.5$	$4.33 \pm 3$
$80 \pm 0.5$	$4.64 \pm 3$
$85 \pm 0.5$	$4.92 \pm 6$
$90 \pm 0.5$	$5.22 \pm 6$
$95 \pm 0.5$	$5.53 \pm 6$
$100 \pm 0.5$	$5.84 \pm 6$

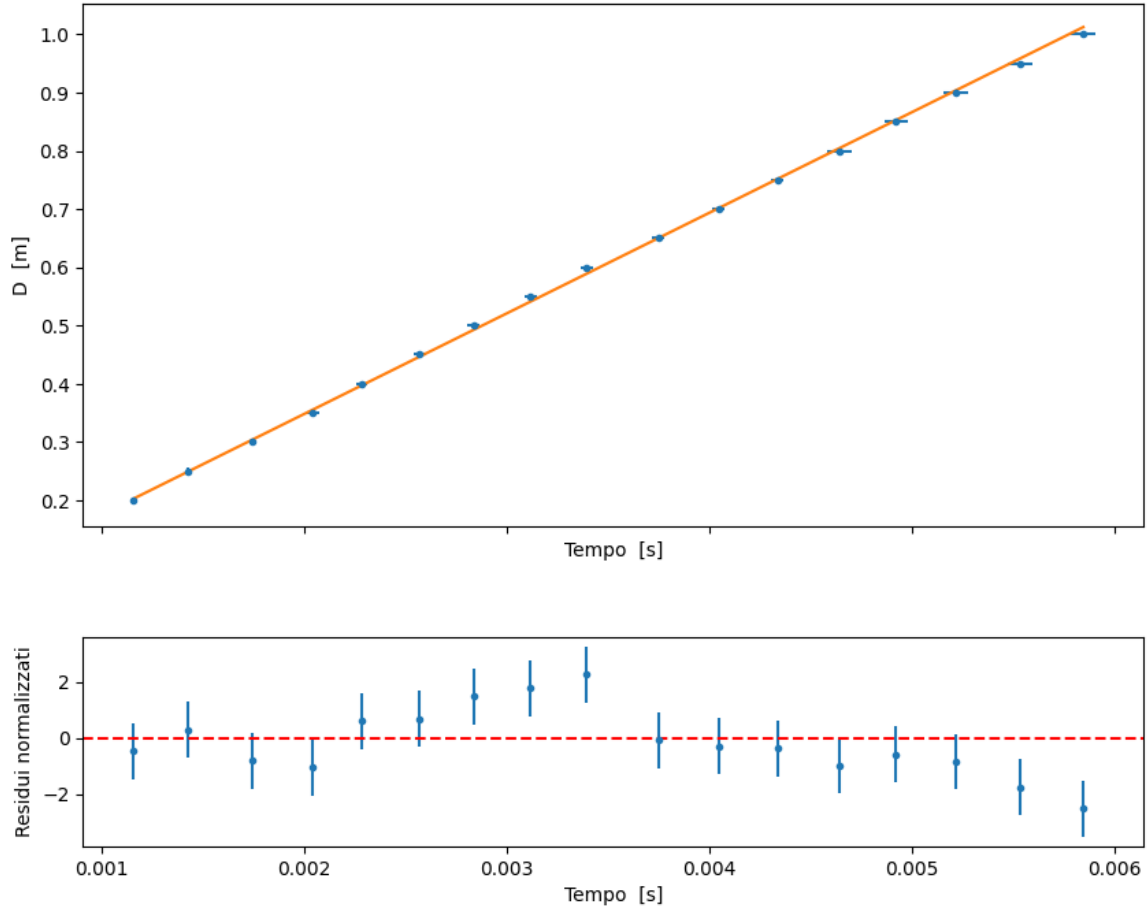


Figura 3: Riportiamo di seguito il fit relativo alla relazione distanza-tempo di Luca Palumbo. Si è utilizzato come modello per il best fit la funzione  $f(T) = VT/2 + k/2$ . Si è ottenuto  $V = 345 \pm 2\text{m/s}$  e  $k = 0.004 \pm 0.005$ . La velocità ottenuta è quella che ci attendevamo, e l'intercetta  $k$  è compatibile con 0. Si ha inoltre  $\chi^2/ndof = 25/15 = 1.6$

Tabella 5: Riportiamo di seguito le misure effettuate da Luca Palumbo riguardo la relazione velocità-temperatura. Per questa fase si è mantenuta fissa la distanza sensore ostacolo a  $D = 60.0 \pm 0.5\text{cm}$  (l'incertezza è conseguenza del fatto che non si conosce la posizione esatta del cristallo all'interno del sensore). Per ricavare la velocità si è misurato il tempo impegnato dal suono per rimbalzare sull'ostacolo e tornare al sensore e diviso tale quantità per  $2D$ . L'incertezza sulla misura del tempo è quella associata ai cursori, quindi dipende dal fondo scala utilizzato. Per misurare la temperatura invece si è costruito un partitore di tensione così fatto: una resistenza da  $10.0 \pm 0.1\text{kOhm}$  seguita dal termistore. Alimentando con 5 volt la resistenza e misurando la tensione tra questa e il termistore è possibile ricavare la resistenza del termistore ( $R_t = \frac{RV_t}{R_1 - R_t}$ ). Questa si è poi usata per determinare la temperatura ( $\frac{1}{T} = 1/T_0 + \frac{\ln R/R_0}{B}$ ). Si veda figura per il grafico e il bestfit.

$T$ (ms)	$V_t$ (V)
$3.48 \pm 0.03$	$2.75 \pm 0.03$
$3.47 \pm 0.03$	$2.90 \pm 0.03$
$3.53 \pm 0.03$	$3.090 \pm 0.01$
$3.355 \pm 0.001$	$3.218 \pm 0.01$
$3.508 \pm 0.001$	$3.305 \pm 0.01$

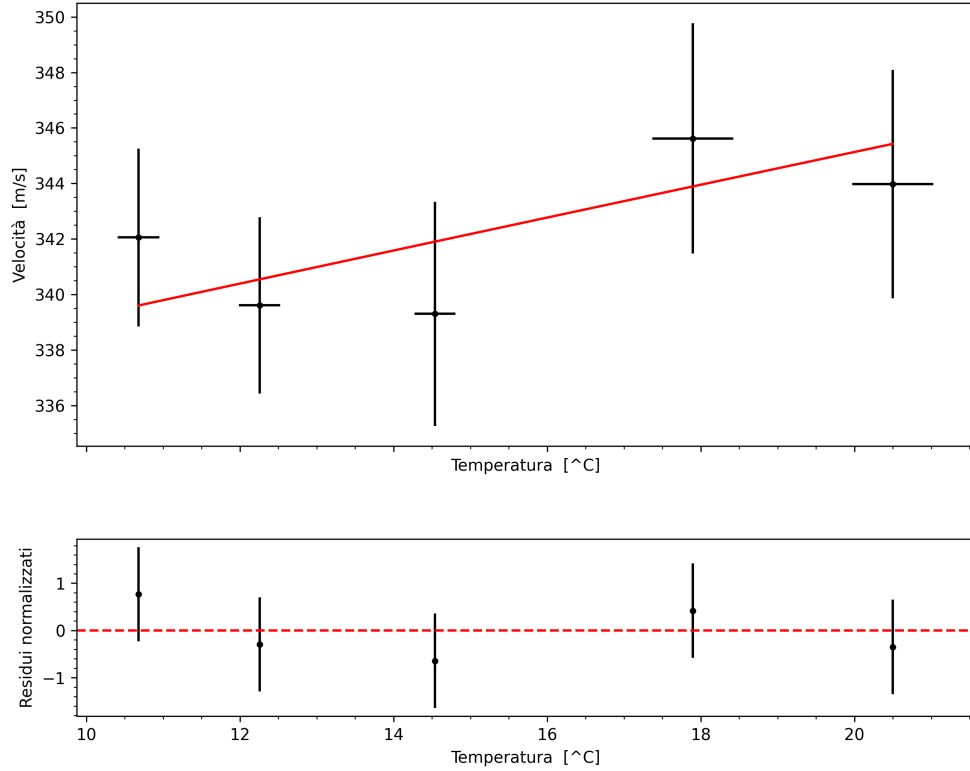


Figura 4: Riportiamo quà il fit relativo alla relazione velocità-temperatura di Luca Palumbo. Si è utilizzato come modello per il best fit la funzione  $v(T) = v_0 \sqrt{(T + 273.15)/273.15}$ . Si è ottenuto  $V_0 = 333 \pm 1 \text{ m/s}$ . La velocità  $v_0$  ottenuta non è perfettamente compatibile con quella attesa dal valore di 331. Si ha inoltre  $\chi^2/\text{ndof} = 1.3/4$ : questo è molto basso, dovuto alle incertezze sulle misure elevate.

Tabella 6: Per la prima parte dell'esperienza si è scelto di fissare la basetta ad un supporto (nel caso specifico una scatola) e di prendere le misure dal bordo della scatola. In questo modo si evita di considerare come errore sulla misura il (circa) mezzo centimetro di lunghezza del dispositivo a ultrasuoni che non permette di capire dove esattamente sia posizionato il rilevatore. Così facendo infatti la distanza misurata presenta un offset che influisce unicamente sulla intercetta della retta di best fit che ci si aspetta dunque essere diversa da zero. Le misure sono state effettuate utilizzando la funzione PosWidth della sezione Measurements prestando attenzione che la traccia fosse stabile e che non oscillasse visibilmente a causa di un cattivo posizionamento della basetta. In questo modo è stato possibile ridurre l'errore sulle misure di tempi escludendo l'uso dei cursori. (Alessandro Tassoni)

$2L$ (cm)	$\Delta T$ ( $\mu\text{s}$ )
$20.0 \pm 0.1$	$1.1223 \pm 0.0004$
$25.0 \pm 0.1$	$1.4119 \pm 0.0004$
$30.0 \pm 0.1$	$1.7051 \pm 0.0004$
$35.0 \pm 0.1$	$1.9948 \pm 0.0004$
$40.0 \pm 0.1$	$2.2810 \pm 0.0004$
$44.8 \pm 0.1$	$2.5606 \pm 0.0004$

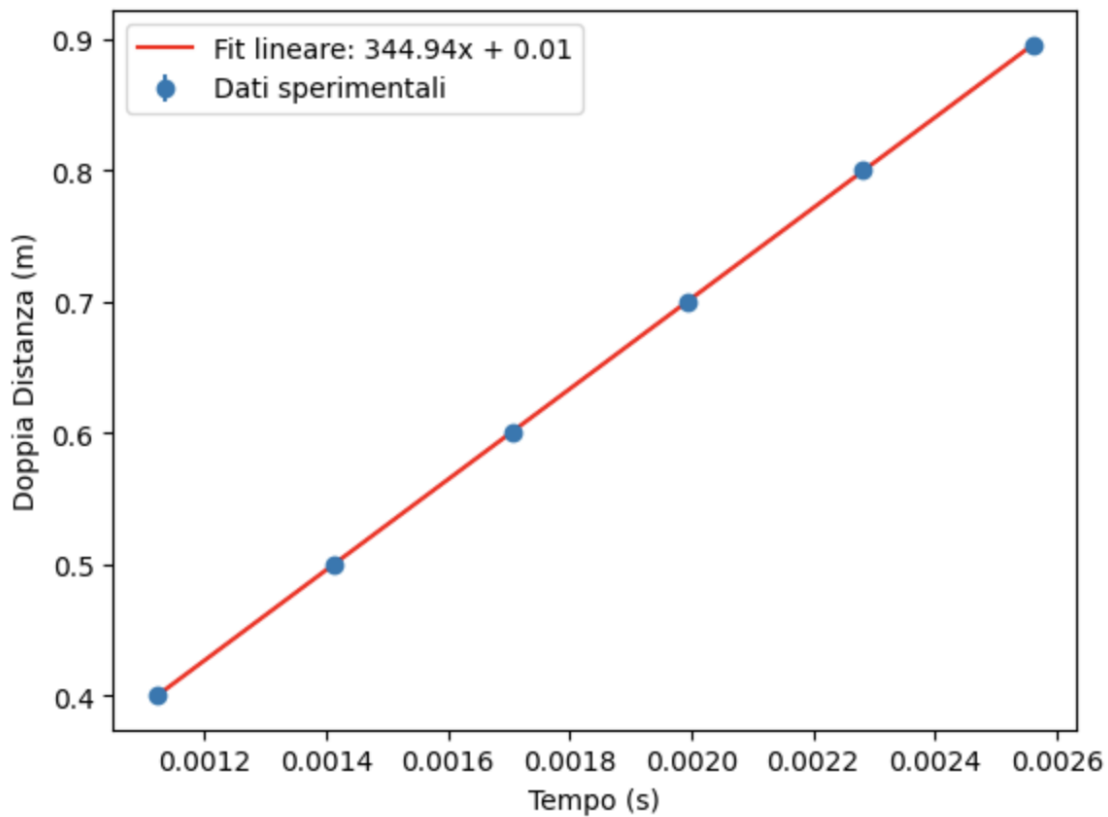


Figura 5: Riportiamo di seguito il fit relativo alla relazione distanza-tempo di Alessandro Tassoni. Si è utilizzato come modello per il best fit la funzione di una retta adue parametri  $f(T) = vT + q$ . Si è ottenuto  $v = 344.94 \pm 1.66\text{m/s}$  e  $q = 0.013 \pm 0.003\text{m}$ . La velocità ottenuta è compatibile con quella attesa, e l'intercetta  $k$  risulta come previsto in base al metodo usato diversa da 0. Si ha inoltre  $\chi^2/ndof = 0.41$

Tabella 7: Per la seconda parte dell'esperienza non si è potuto usare il metodo di prima per ridurre l'errore dovuto all'incertezza sulla posizione del rilevatore dunque si è considerato un errore sulle distanze di  $0.3\text{cm}$  che risulta molto maggiore del contributo d'errore derivante dalla misura di tempi (che è stata come prima effettuata con PosWidth). Per quanto riguarda la temperatura essa è stata misurata con un partitore di tensione alimentato a  $5\text{ V}$  e costituito da una resistenza da  $10\text{kohm}$  e dal termistore. Si è considerato come errore la tolleranza dell'1 % del termistore. La misura è stata fatta sufficientemente in fretta da non apprezzare sostanziali variazioni nella resistenza del termistore. Le misure sono state effettuate per la maggior parte all'aperto dunque potrebbero aver risentito degli influssi dell'ambiente sebbene si sia cercato, per quanto possibile, di eseguirle in momenti relativamente calmi dal punto di vista delle condizioni atmosferiche. (Alessandro Tassoni)

Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Velocità ( $\text{m/s}$ )
$4.15 \pm 0.19$	$337 \pm 3$
$10.63 \pm 0.20$	$339 \pm 33$
$13.46 \pm 0.21$	$341 \pm 3$
$18.21 \pm 0.21$	$347 \pm 3$
$23.74 \pm 0.21$	$349 \pm 3$

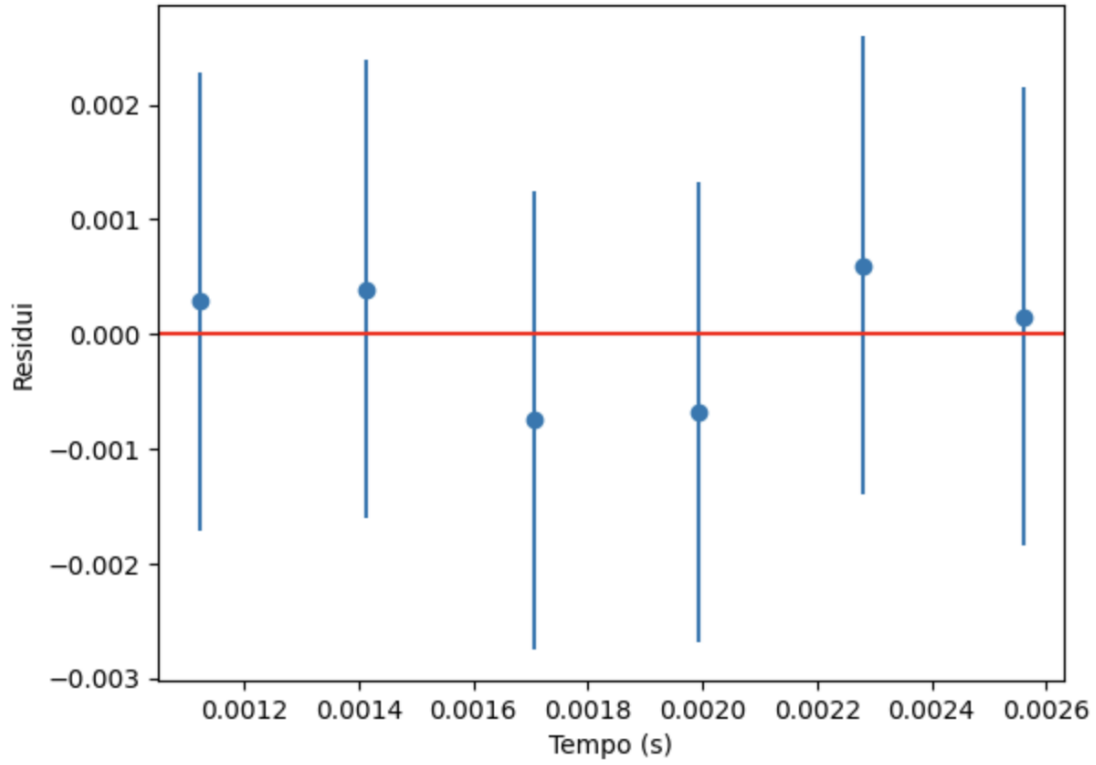


Figura 6: Plot dei residui relativo al grafico tempo/distanza (Alessandro Tassoni)

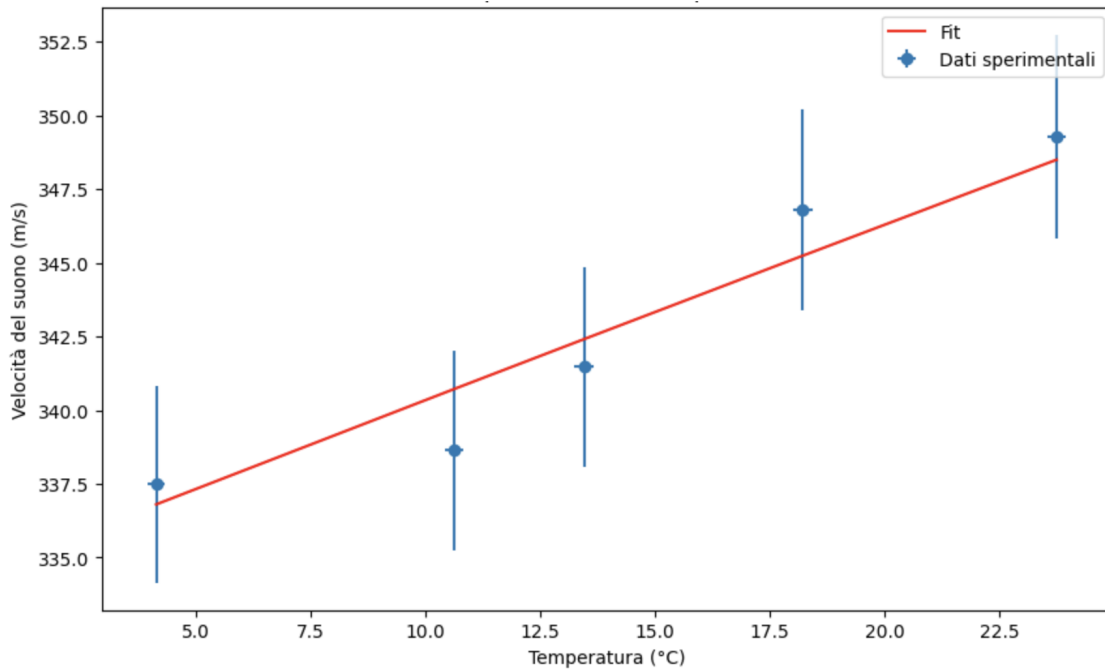


Figura 7: Riportiamo di seguito il fit relativo alla relazione velocità-temperatura di Alessandro Tassoni. Si è utilizzato come modello per il best fit la funzione  $f(T) = v_{s0} \sqrt{\frac{T+273.15}{273.15}}$ . Si è ottenuto  $v_{s0} = 334.3 \pm 1.5 \text{ m/s}$ . La velocità ottenuta non è perfettamente compatibile con quella attesa, probabilmente a causa della modalità in cui sono state fatte le misure trovandosi in un ambiente, quello esterno, poco controllato. Si ha inoltre  $\chi^2/ndof = 0.19$

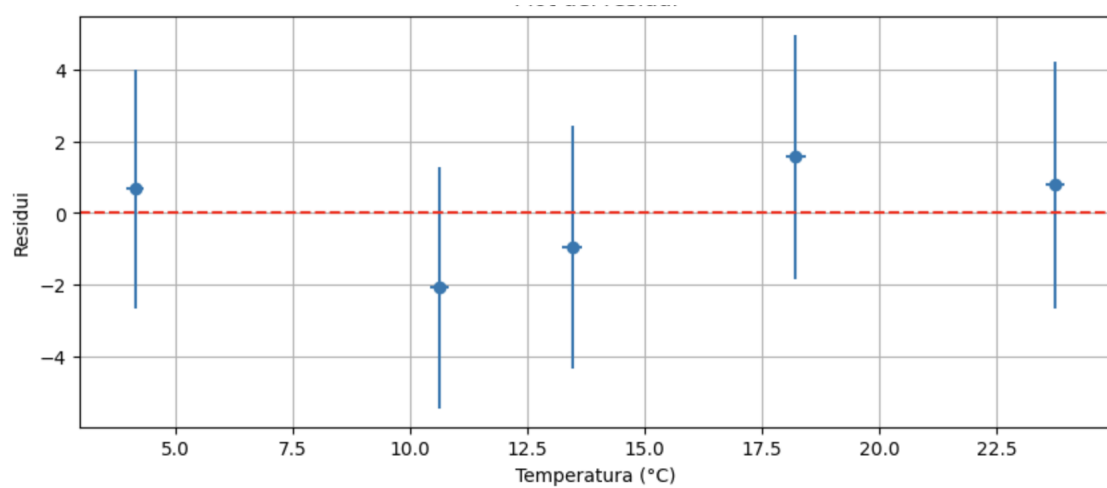


Figura 8: Plot dei residui relativo al grafico temperatura/velocità (Alessandro Tassoni)