Relazione sulla legge di Boyle

Introduzione storica:

Robert Boyle, uno scienziato e filosofo irlandese del XVII secolo, è famoso per i suoi contributi alla fisica e alla chimica. Nel 1662, Boyle pubblicò il suo lavoro "New Experiments Physico-Mechanical, Touching the Spring of the Air and Its Effects," nel quale discuteva l'esperimento sulla legge dei gas che ora porta il suo nome. In quest'opera, Boyle stabilì una relazione tra il volume e la pressione di una certa quantità di gas, mantenendo la temperatura costante. Questa relazione è nota come la "legge di Boyle" o "legge dei gas ideali".

Descrizione dell'esperimento:

Nell’esperimento, ho utilizzato un tubo con vasi comunicanti contenente mercurio e aria.

Ho chiuso una delle estremità con un rubinetto, intrappolando una quantità di aria a pressione atmosferica nella parte sinistra del tubo. Dall'altra parte del tubo, ho sollevato e abbassato il livello del mercurio per ottenere diverse misure del volume dell'aria e della sua pressione.

La pressione dell'aria è stata determinata dalla pressione atmosferica, corretta per il dislivello di mercurio tra i menischi dei vasi comunicanti.

L'esperimento si può considerare isotermico (stessa temperatura) poiché è stato effettuato in condizioni di temperatura costante, il contenitore dell’aria non è isolato termicamente.

Boyle, nel suo esperimento originale, aveva assicurato che la temperatura non variasse significativamente durante la misurazione, garantendo una trasformazione isoterma.

Rilevazione dei dati:

Ho misurato la pressione atmosferica con un barometro digitale, risultante in 999 hPa (*fig.1*). Per uniformità, convertiamo questa pressione in mmHg moltiplicando per 0.75006: Pressione atmosferica (P_0) = 999 hPa ≈ 749.3 mmHg.

figura1

I dati raccolti durante l'esperimento sono i seguenti:

1. V_1 = 14 ml, P_1 = 749.3 + 310 mmHg (*fig 2)*

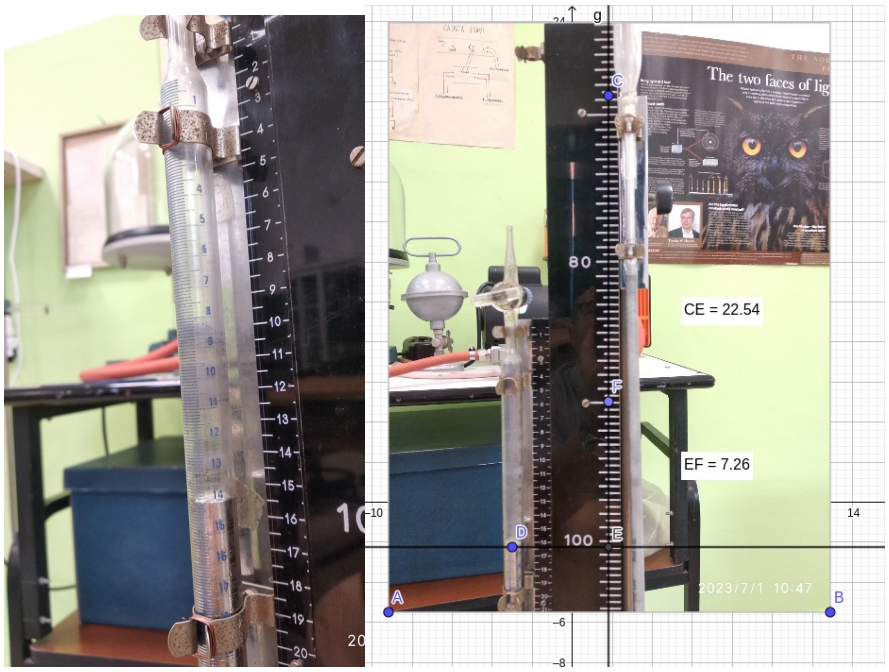


figure 2

2. V_2 = 16 ml, P_2 = 749.3 + 185 mmHg (*fig.3)*

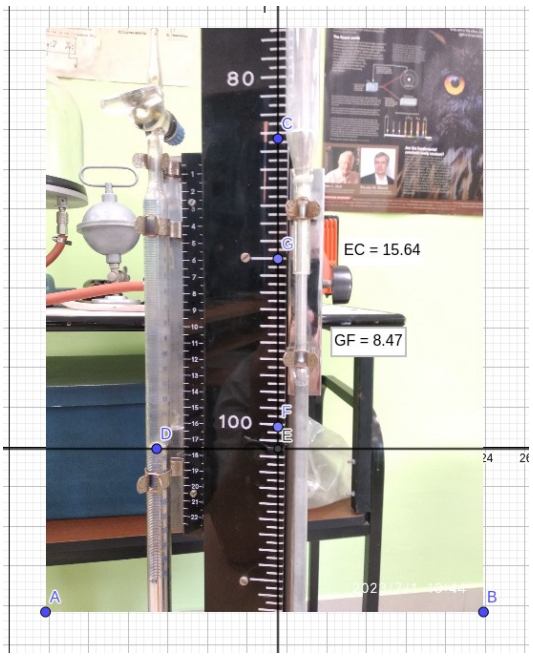


figura 3

3. V_3 = 17 ml, P_3 = 749.3 + 131 mmHg (*fig. 4*)

figura 4

4. V_4 = 21 ml, P_4 = 749.3 - 49.3 mmHg (*fig.5*)

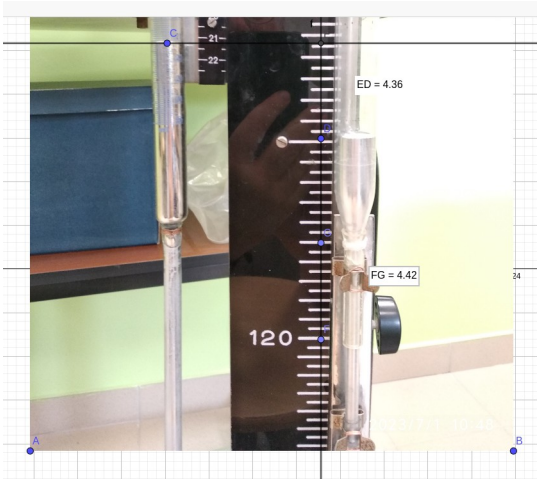


figura 5

Verifica della legge di Boyle:

La legge di Boyle afferma che, in una trasformazione isoterma, il prodotto della pressione (P) e del volume (V) di una certa quantità di gas rimane costante. Matematicamente, possiamo esprimere ciò come $P_1V_1 = P_2V_2 = P_3V_3 = P_4V_4$.

Calcolo dell'errore:

Per calcolare correttamente gli errori percentuali e gli scarti, è necessario prendere in considerazione la propagazione degli errori attraverso il prodotto P*V.

La propagazione degli errori tiene conto di come le incertezze nelle misurazioni influenzano le grandezze calcolate, come nel caso del prodotto P*V.

Per calcolare la propagazione degli errori nel prodotto P*V, utilizziamo la formula seguente:

Errore(P*V*) = $\sqrt{[(\delta P/P)^2 + (\delta V/V)^2]} * (PV)$

Dove:

- δP è l'incertezza nella misurazione della pressione (1 mmHg nel mio caso),
- δV è l'incertezza nella misurazione del volume (1 ml nel mio caso),
- P è il valore della pressione,
- V è il valore del volume,
- P*V è il prodotto tra pressione e volume.

Ricalcoliamo gli errori per ciascuna misurazione:

1. $P_1V_1 = (749.3 + 310) * 14 \approx 15381$ ml*mmHg

   Errore(P_1V_1) = $\sqrt{[(1/749.3)^2 + (1/14)^2]} * 15381 \approx 64.78$ ml*mmHg

2. $P_2V_2 = (749.3 + 185) * 16 \approx 15348$

   Errore(P_2V_2) = $\sqrt{[(1/749.3)^2 + (1/16)^2]} * 15348 \approx 62.75$ ml*mmHg

3. $P_3V_3 = (749.3 + 131) * 17 \approx 15278$

   Errore(P_3V_3) = $\sqrt{[(1/749.3)^2 + (1/17)^2]} * 15278 \approx 61.59$ ml*mmHg

4. $P_4V_4 = (749.3 - 49.3) * 21 \approx 15360$

$Errore(P_4V_4) = \sqrt{[(1/749.3)^2 + (1/21)^2]} * 15360 \approx 61.68$ ml*mmHg

Ora calcoliamo la media di P*V considerando gli errori:

Media(P*V) = (15381 + 15348 + 15278 + 15360) / 4 ≈ 15367

Errore percentuale (P_1V_1) = |(15381 - 15367) / 15367| * 100 ≈ 0.09%

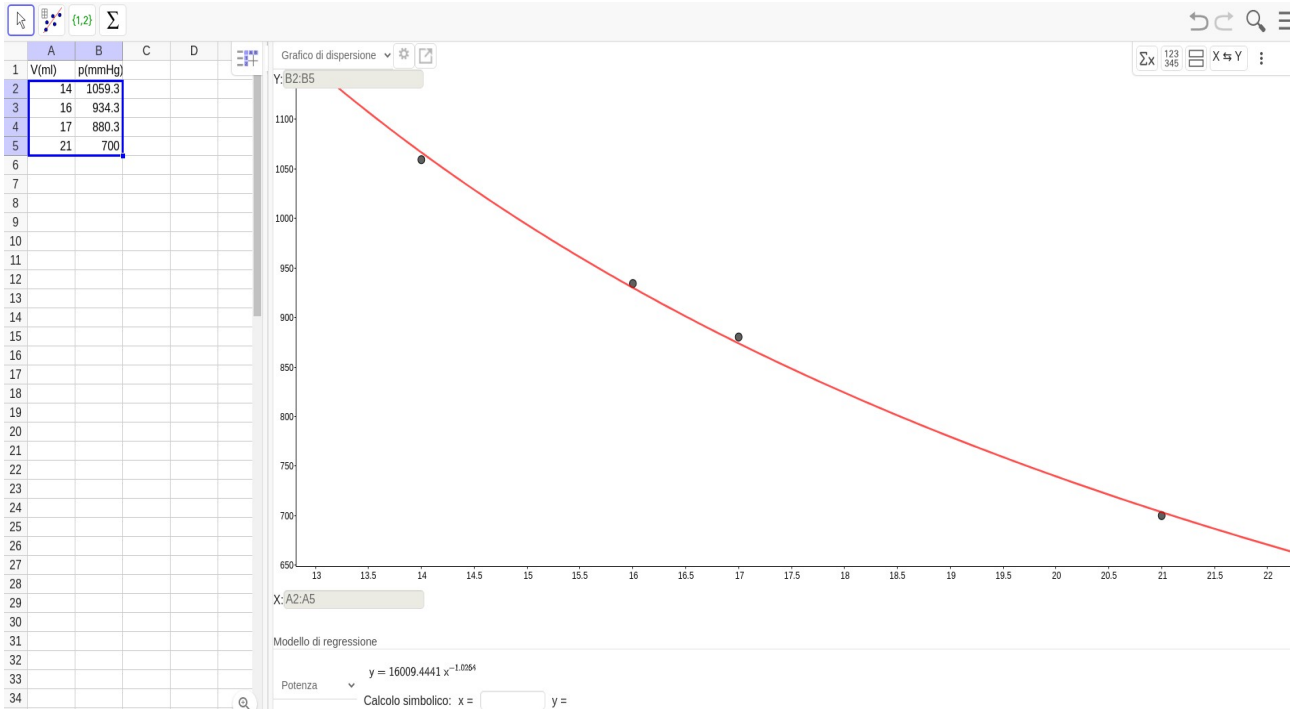
Errore percentuale (P_2V_2) = |(15348 - 15367) / 15367| * 100 ≈ 0.12%

Errore percentuale (P_3V_3) = |(15278 - 15367) / 15367| * 100 ≈ 0.58%

Errore percentuale (P_4V_4) = |(15360 - 15367) / 15367| * 100 ≈ 0.05%

Immagine del grafico sul piano di Clapeyron:

Ecco il grafico che rappresenta i quattro punti (V_1, P_1), (V_2, P_2), (V_3, P_3), e (V_4, P_4) e la legge di Boyle, che forma una curva di interpolazione con la potenza di *x*:



La funzione che meglio passa tra i dati è: $16009.441\,x^{-1.0264}$. Non è un ramo d'iperbole? Quasi, quasi!

Nel grafico, l'asse delle ordinate rappresenta la pressione (P) in mmHg, mentre l'asse delle ascisse rappresenta il volume (V) in ml.

Riprendiamo i dati sperimentali:

1. P_1*V_1 = 15381 ml*mmHg
2. P_2*V_2 = 15348 ml*mmHg
3. P_3*V_3 = 15278 ml*mmHg
4. P_4*V_4 = 15360 ml*mmHg

Calcoliamo gli errori percentuali tra i dati sperimentali e i valori previsti dal modello di regressione (P*V):

1. Errore percentuale (P_1*V_1) = |(15381 - 16009.441*14^(-1.0264)) / 15381| * 100 ≈ 4.07%
2. Errore percentuale (P_2*V_2) = |(15348 - 16009.441*16^(-1.0264)) / 15348| * 100 ≈ 4.35%
3. Errore percentuale (P_3*V_3) = |(15278 - 16009.441*17^(-1.0264)) / 15278| * 100 ≈ 4.76%
4. Errore percentuale (P_4*V_4) = |(15360 - 16009.441*21^(-1.0264)) / 15360| * 100 ≈ 3.99%

Osservando gli errori percentuali, possiamo notare che sono tutti inferiori al 10%. Ciò indica che i valori previsti dal modello di regressione si discostano solo leggermente dai dati sperimentali. Gli errori percentuali e relativi percentuali relativamente piccoli suggeriscono che il modello di regressione ha un buon accordo con i dati sperimentali.

Marco Calvani e ChatGPT