Misura della viscosità di una soluzione di acqua e glicerina

Stefano Doria, Giuseppe Luciano, Emanuele Camponesco
5 Maggio 2023

Riassunto

In questo esperimento si è tentato di determinare la viscosità della glicerina lasciando cadere alcune sferette al suo interno e, tramite valutazioni sulla dinamica del fenomeno, abbiamo derivato il valore desiderato. Nello specifico, abbiamo utilizzato due metodi per misurare i tempi di caduta: con un cronometro e una telecamera connessa ad un software di analisi dati. Inoltre, essendoci ignota anche la purezza del fluido, ci siamo premurati anche di determinare la percentuale di glicerina che meglio si adattava alle nostre misure. In particolare, per le condizioni alle quali è stato svolto l'esperimento ci aspettavamo che il coefficiente di viscosità fosse pari a $\eta = (1,15 \pm 0,05 Pa\ s)$ per glicerina pura, mentre quelli ottenuti sono stati di $\eta = (0.50 \pm 0,04 Pa\ s)$ e $\eta = (0,52 \pm 0.05 s)$ per cronometro e telecamera rispettavamente, che ci hanno permesso di stimare una percentuale di glicerina di circa il 95.5%.

Introduzione

1 Metodo Sperimentale

1.1 Apparato Sperimentale

Nel nostro esperimento abbiamo misurato la viscosità di una soluzione di acqua e glicerina, misurando direttamente la velocità di alcune sferette in caduta libera nella soluzione. In particolare, abbiamo utilizzato quattro tipi di sferette diverse: una di plastica e tre di metallo, tutte con diverse dimensioni, e ne abbiamo usate tre per ciascuna tipologia. Le abbiamo immerse in un tubo riempito con la soluzione di glicerina presa in esame, di fronte al quale, per avere una misura accurata della velocità, abbiamo messo una telecamera(fig.1). Quest'ultima era collegata ad un computer su cui erano installati due programmi per la presa dati e la loro analisi, permettendoci di valutare la posizione delle sferette nel tubo ogni decimo di secondo. Abbiamo anche ottenuto la velocità misurando, con un cronometro , il tempo impiegato dalla sferetta per passare tra due nastri, la cui distanza abbiamo misurato con una riga. Inoltre, ci siamo serviti di un metro per misurare il diametro del tubo, con sensibilità di 1mm, di un micrometro, con sensibilità del centesimo di millimetro, per i diametri delle sferette, di una bilancia di precisione al centesimo di grammo per le loro masse e di una termocoppia, con sensibilità di un decimo di grado. per avere la temperatura all'interno del tubo prima, dopo e durante le misure. Infine, abbiamo misurato massa e volume di un campione di soluzione grazie a un tubo graduato e una bilancia, che, conoscendo la tara, ci ha permesso di calcolare la densità del fluido.

1.2 Svolgimento

Per iniziare l'esperimento abbiamo misurato, con un micrometro, i diametri delle sferette. Successivamente, ne abbiamo ottenuto la massa con una bilancia di precisione, misurando ogni volta 3 sferette uguali insieme per diminuire l'errore sulla massa. In seguito, abbiamo ottenuto con un metro il diametro del tubo, e abbiamo misurato la massa e il volume di un altro tubo graduato contenente la soluzione. A seguire, abbiamo iniziato a misurare il tempo di caduta delle sferette all'interno del fluido, utilizzando tre sferette per ognuno dei quattro tipi. Nella presa dati, abbiamo cercato di immergere le sfere nella posizione più centrale possibile, dato che la distanza dal centro è influente nel calcolo della viscosità. Inoltre abbiamo misurato la temperatura prima, durante e dopo le immersioni, con una termocoppia, vista la grande dipendenza della viscosità della soluzione da quest'ultima. Abbiamo misurato il tempo di caduta con due metodi: con un cronometro e con un programma di analisi delle immagini ottenute dalla telecamera. Quest'ultimo ci ha permesso di studiare la traiettoria delle sferette in caduta analizzando dieci immagini al secondo, permettendoci di trovarne con precisione la velocità. Invece, per le misure di tempo prese con il cronometro, per ottenere la velocità abbiamo diviso per il tempo misurato lo spazio percorso, che avevamo delimitato con del nastro e misurato precedentemente con una riga.

Per ottenere il risultato finale, abbiamo analizzato tutte le forze in gioco sulla sferetta in caduta:

$$F_{tot} = F_g + F_a + F_v \tag{1}$$

Dove F_g è la forza peso, F_a è la forza di Archimede e F_v è la forza di attrito viscoso. Per ottenere quest'ultima abbiamo utilizzato la legge di Stokes:

$$F_v = -6\pi\eta r v \tag{2}$$

dove η è la viscosità, r il raggio delle sfere e v la velocità. Abbiamo assunto questa legge nelle approssimazioni di corpo sferico, moto laminare e dimensioni infinite del recipiente.

In condizione di moto uniforme, con $F_{tot} = 0$ abbiamo che

$$\beta = \frac{2(\rho_s - \rho_f)gr^2}{9} = \eta v \tag{3}$$

dove ρ_s e ρ_f sono le densità di sferette e fluido rispettivamente, misurate indirettamente avendo massa e volume sia delle sfere che del tubo graduato.

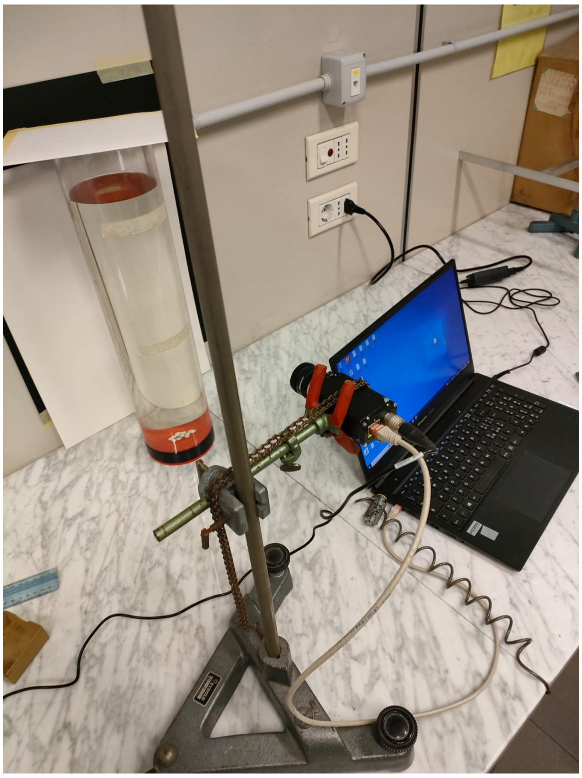

Figura 1: *Immagine dell'apparato sperimentale, con il tubo contenente la soluzione(sinistra) e la telecamera utilizzata per misurare la velocità delle sferette.*

Dal momento che l'approssimazione di recipiente di dimensioni infinite per la legge di Stokes causa un errore sistematico non trascurabile, abbiamo corretto la velocità misurata:

$$v_{corr} = v(1 + 2,4\frac{r}{R}) \tag{4}$$

dove v_{corr} è la velocità "corretta", cioè che elimina l'errore sistematico, v è la velocità misurata e R è il raggio del tubo contenente la soluzione.

A questo punto, abbiamo fatto due fit lineari del β rispetto alla velocità per ottenere la viscosità del fluido, sia considerando le velocità misurate con il cronometro sia quelle ottenute dal programma di analisi dati.

2 Risultati

2.1 Misure dirette

2.2 Risultati e misure indirette

Conclusioni

Bibliografia

Appendice

$F_{att} + F_{gal} + F_p = ma$

con accelerazione uguale a 0 $-6\pi\eta r v + \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_f g + mg = 0$

$-6\pi\eta r v + \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_f g + \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_s g = 0$

non capisco perchè faccia così la frazione

$\frac{4}{3}\pi r^3(\rho_s - \rho_f)g = 6\pi r \eta v$

$\frac{2}{9}\pi r^2(\rho_s - \rho_f) = \eta v$

formula regressione lineare data la retta

$\chi^2 = \sum_i^n \frac{(y_{i>} - bx_i)^2}{(\delta y_i)^2}$

con

$b = \frac{\sum_i^n w_i x_i y_i}{\sum_i^n w_i x_i^2}$

$w_i = \frac{1}{(\delta y_i)^2}$

pagina 183 fornasini

parte dell'integrale

$F_{att} + F_{gal} + F_p = ma$

$-6\pi\eta r v + \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_f g + mg = m\frac{\partial v}{\partial t}$