

# Esperienza introduttiva: Misura della viscosità della glicerina

Gruppo 3

Febbraio 2023

Data esperienza: Gennaio 2023  
Gruppo: Marta ARNOLDI  
Ceci ILIA  
Giovanni CARMINATI  
Istruttore: Prof. LA MARTA

## Contents

<b>1 Obiettivi:</b>	<b>2</b>
<b>2 Cenni Teorici</b>	<b>2</b>
2.1 Sfera in caduta in un fluido . . . . .	2
2.2 Legge di Stokes . . . . .	2
2.3 Misurazione di $\eta$ . . . . .	2
<b>3 Materiale e strumenti di misura usati</b>	<b>3</b>
<b>4 Svolgimento dell'esperienza</b>	<b>3</b>
4.1 Parte A: studio degli errori di misura . . . . .	3
4.2 Parte B: misura della viscosità . . . . .	3
<b>5 Dati raccolti</b>	<b>4</b>
5.1 raccolta dati 13 gennaio . . . . .	4
5.2 raccolta dati 23 gennaio . . . . .	4
<b>6 Analisi Dati</b>	<b>5</b>
6.1 PARTE A . . . . .	5
6.2 PARTE B . . . . .	6
6.3 Stima $\eta$ . . . . .	7
<b>7 Results and Conclusions</b>	<b>7</b>
<b>8 Discussion of Experimental Uncertainty</b>	<b>7</b>
<b>9 Answers to Definitions</b>	<b>7</b>

# 1 Obiettivi:

## Primo Obiettivo

attraverso una serie di misure ripetute evidenziare la presenza degli errori casuali

## Secondo Obiettivo

misura della viscosità della glicerina

# 2 Cenni Teorici

## 2.1 Sfera in caduta in un fluido

Una sfera in caduta libera in un fluido è sottoposta a forza peso ( $F_p$ ), spinta di archimede ( $S_a$ ) e forza resistiva dipendente dal fluido ( $F_r$ )

La risultante delle forze ( $R$ ) considerando verso positivo la forza di gravità:

$$R = F_p - S_a - F_r \quad (1)$$

## 2.2 Legge di Stokes

la legge di Stokes determina la forza resistiva del fluido

$$F_r = 6\pi\eta r v \quad (2)$$

dove  $r$  e  $v$  sono raggio e velocità della sfera e  $\eta$  la viscosità del fluido

## 2.3 Misurazione di $\eta$

Sapendo che  $F_p = mg = V\rho_{sfera}g$  e  $S_a = V\rho_{fluido}g$  e che la velocità della sfera è costante quando le forze si uguagliano si ricava:

$$\eta = \frac{2r^2(\rho_{sfera} - \rho_{fluido})g}{9v} \quad (3)$$

### 3 Materiale e strumenti di misura usati

- sfere da 2,3,4,5,6mm di diametro
- glicerina
- cilindro graduato 100cl
- cronometro
- bilancia
- corno per misurare il diametro delle sfere
- carta per pulire le sfere
- magneti per estrarre le sfere dal cilindro

### 4 Svolgimento dell'esperienza

L'esperienza consiste nel misurare il tempo di caduta di sfere di diversi diametri nella glicerina, calcolare la velocità media di caduta e stimare la viscosità della glicerina

**ATTENZIONE:** dato che la viscosità della glicerina varia significativamente in base alla temperatura è fondamentale prendere nota della temperatura del laboratorio e accertarsi che resti costante

L'esperienza si articola in due:

#### 4.1 Parte A: studio degli errori di misura

- misurare diametro delle sfere
- misurare la massa delle sfere (consigliato misurare la massa di più sfere contemporaneamente e dividere per il numero di sfere)
- Lasciare cadere le sfere di diametro 3 mm nel cilindro contenente la glicerina e misurare il tempo impiegato a percorrere una distanza di 10 cm. (raccolte 100 misure)
- ripetere l'esperimento su una distanza di 20cm (raccolte 10 misure)

#### 4.2 Parte B: misura della viscosità

- ripetere le misurazioni con tutte le sfere su una distanza di 20cm (raccolte 10 tempi per ogni sfera)

## 5 Dati raccolti

La raccolta dati è avvenuta in due giorni distinti a temperature differenti

### 5.1 raccolta dati 13 gennaio

Temperatura laboratorio 24.5 °C  
Massa sfere 3mm 0.11 g

#### PARTE A

Spazio percorso 0.1 m  
numero di misurazioni 100  
tempo medio  $2.985 \pm 0.007$  sec

#### PARTE B

diametro sfere 2mm,3mm,4mm,5mm,6mm  
Spazio percorso 0.2 m  
numero di misurazioni per sfera 10  
tempi medi per sfera:

$d$	2	3	4	5	6
	12.01	5.87	3.43	2.32	1.85

[link per csv contenente le misurazioni parte A](#)

[link per csv contenente le misurazioni parte B](#)

### 5.2 raccolta dati 23 gennaio

Temperatura laboratorio 18.5 °C  
Massa sfere 5mm 0.51 g

#### PARTE B

come 13 gennaio  
tempi medi per sfera:

$d$	2	3	4	5	6
	21.75	10.07	5.97	4.03	2.95

[link per csv contenente le misurazioni parte B](#)

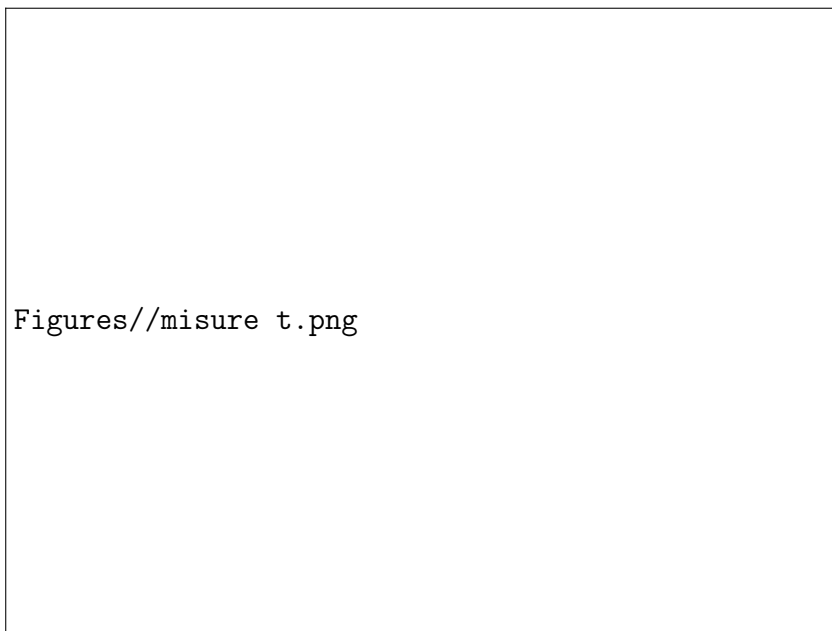
## 6 Analisi Dati

### 6.1 PARTE A

dalle 100 misure del tempo di caduta della sferetta di diametro 3mm ricaviamo:

tempo medio	$\bar{t}$	2.985 s
varianza	$\sigma^2$	0.006 s
deviazione standard	$\sigma$	0.075 s
deviazione std della media	$\bar{\sigma}$	0.008 s

segue il grafico della distribuzione ottenuta confrontata con la distribuzione normale  $G(x, \mu, \sigma)$



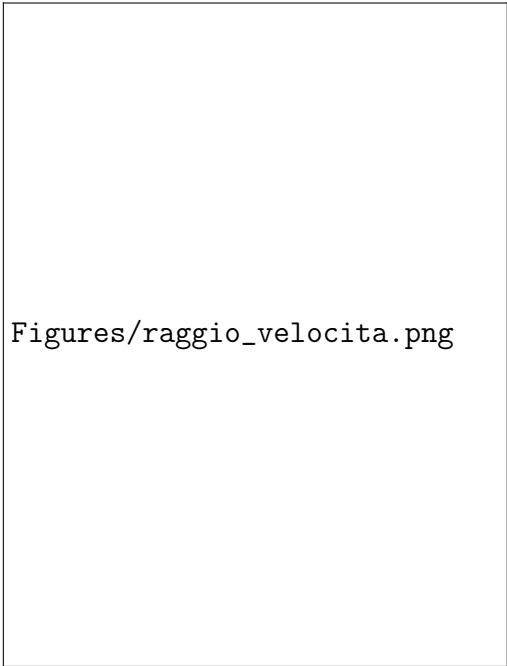
il test del chiquadro svolto usando *chisquare* della libreria *scipy.stats*

$\tilde{\chi}_o^2 = 0.19$  (per l'accordo con una distribuzione normale *chisquare* usa  $d = 100$ )

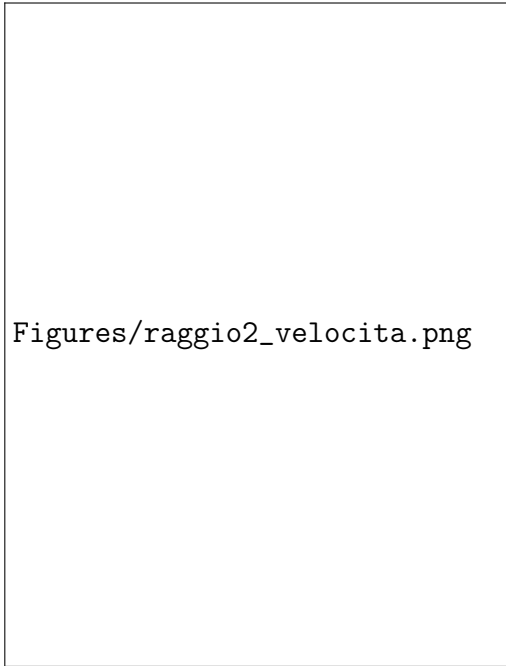
$P(\chi^2 > \tilde{\chi}_o^2) = 100\%$

## 6.2 PARTE B

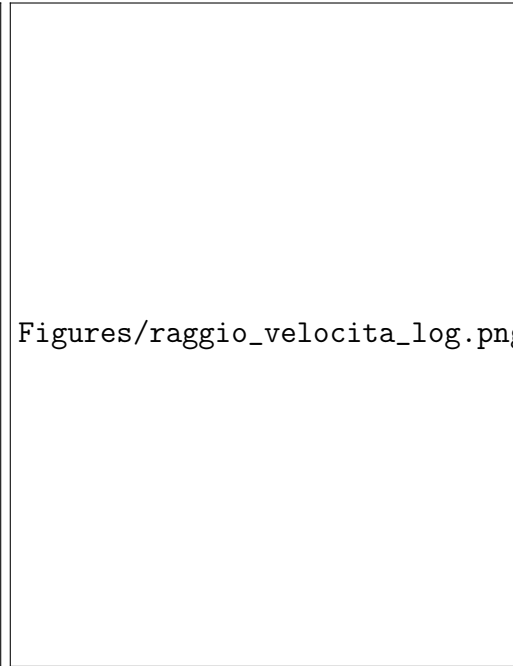
dopo aver ripetuto 10 misure del tempo di caduta delle sfere per ogni diametro, vengono ora confrontate le velocità di caduta delle sfere in relazione al raggio



Figures/raggio\_velocita.png




Figures/raggio2\_velocita.png



Figures/raggio\_velocita\_log.png

dai grafici si deduce che  $v \propto r^2$  come conferma dell'equazione (4)

$$v = \frac{2(\rho_{\text{sfera}} - \rho_{\text{fluido}})g}{9\eta} r^2 \quad (4)$$



Figures/accordo\_punti\_retta.png

	18.5 °C	24.5 °C
A	0.0032	0.0086
$\sigma_A$	0.0011	0.0042
B	0.0073	0.0116
$\sigma_B$	0.0002	0.0008
y	0.0013	0.005

### 6.3 Stima $\eta$

## 7 Results and Conclusions

The atomic weight of magnesium is concluded to be  $24 \text{ g mol}^{-1}$ , as determined by the stoichiometry of its chemical combination with oxygen. This result is in agreement with the accepted value.

## 8 Discussion of Experimental Uncertainty

The accepted value (periodic table) is  $24.3 \text{ g mol}^{-1}$  (Smith and Jones 2022). The percentage discrepancy between the accepted value and the result obtained here is 1.3%. Because only a single measurement was made, it is not possible to calculate an estimated standard deviation (see Jones and Smith (2021)).

The most obvious source of experimental uncertainty is the limited precision of the balance. Other potential sources of experimental uncertainty are: the reaction might not be complete; if not enough time was allowed for total oxidation, less than complete oxidation of the magnesium might have, in part, reacted with nitrogen in the air (incorrect reaction); the magnesium oxide might have absorbed water from the air, and thus weigh "too much." Because the result obtained is close to the accepted value it is possible that some of these experimental uncertainties have fortuitously cancelled one another.

## 9 Answers to Definitions

- The *atomic weight of an element* is the relative weight of one of its atoms compared to C-12 with a weight of 12.0000000. . . , hydrogen with a weight of 1.008, to oxygen with a weight of 16.00. Atomic weight is also the average weight of all the atoms of that element as they occur in nature.
- The *units of atomic weight* are two-fold, with an identical numerical value. They are g/mole of atoms (or just g/mol) or amu/atom.
- Percentage discrepancy* between an accepted (literature) value and an experimental value is:

$$\frac{\text{experimental result} - \text{accepted result}}{\text{accepted result}}$$

## References

- Jones, A. B. and J. M. Smith (Mar. 2021). "Article Title". In: *Journal title* 13.52, pp. 123–456. DOI: [10.1038/s41586-021-03616-x](https://doi.org/10.1038/s41586-021-03616-x).
- Smith, J. M. and A. B. Jones (2022). *Chemistry*. 7th. Publisher.