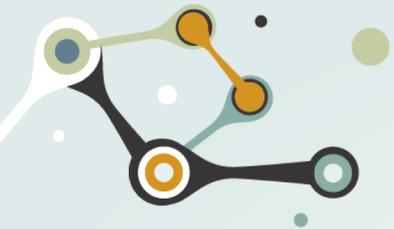


# ESPERIMENTO DI MILLIKAN

Tommaso Bonalumi  
Niccolò Comiotto  
Michele Massarotti  
Matilde Mordà  
Flavio Sabelli



Liceo Scientifico Delle Scienze Applicate "G. Cardano" - Pavia



01

SCOPO

02

CENNI STORICI

03

FISICA DEL FENOMENO

04

STRUMENTAZIONE

05

DESCRIZIONE ESPERIMENTO

06

ELABORAZIONE E ANALISI DATI

07

CONCLUSIONE



# SCOPO

Misurare la carica elettrica trasportata da goccioline d'olio, accelerate da un campo elettrico uniforme.

- Questo esperimento permette inoltre di verificare che la carica elettrica è quantizzata: esiste una carica fondamentale  $e^-$  di cui tutte le cariche elettriche sono multiple.

# CENNI STORICI

I primi tentativi sperimentali vennero fatti da **Townsend** che, osservando l'elettrolisi di acido solforico, determinò la carica dell'elettrone, e da **Thompson**, che utilizzò un metodo simile. L'esperimento venne migliorato da **Wilson**, che aggiunse due piatti di ottone collegati ad una batteria di 2000 volt, ottenendo un risultato ritenuto valido di  $3 \times 10^{-10}$  e.s.u..

Millikan utilizzò l'esperimento di Wilson aumentando la potenza tra i due piatti così da far muovere le goccioline dall'alto al basso e viceversa, riuscendo anche a bilanciare le forze che agiscono tra i piatti **fermando la gocciolina**; questo gli permise di studiare le proprietà di **un solo ione**. Nel 1909 realizzò un nuovo apparato che gli permise di studiare una singola gocciolina d'olio per un periodo di tempo prolungato.

Dopo centinaia di misurazioni su diverse goccioline d'olio, Millikan ottenne come valore della carica di un elettrone  $4,774 \times 10^{-10}$  e.s.u., valore accettato fino al 1928 quando venne condotto un nuovo esperimento usando i raggi X che indica come valore  $4,803 \times 10^{-10}$  e.s.u., ovvero circa  $-1,602 \times 10^{-19}$  C.

A decorative graphic on the right side of the page. It features a large orange teardrop shape containing a white circle with the number '02' in white. To the right, there is a green teardrop shape containing a black circle with a teal center. Further right, a black teardrop shape contains a teal circle. The background is light blue with several small circles in teal, blue, and black. The overall style is modern and scientific.

02

## 03

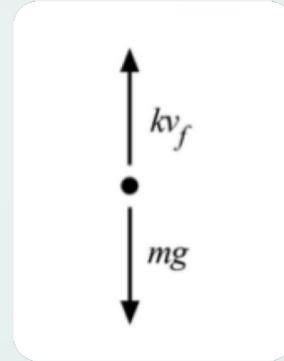
## FISICA DEL FENOMENO

La gocciolina subisce quattro forze:

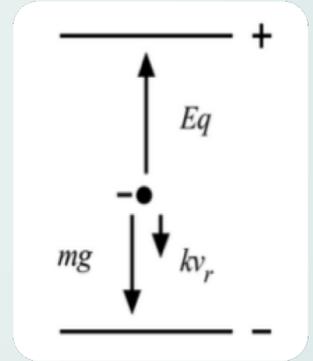
- **Forza peso:**  $F_G = mg$
- **Forza di Archimede:**  $F_A = \frac{4\pi}{3}(\rho_{olio} - \rho_{aria})gr^3$
- **Forza di attrito viscoso:**  $F_V = 6\pi\eta rv_0$
- **Forza elettrostatica:**  $F_E = q\left(\frac{\Delta V}{d}\right) = qE$

L'equazione finale la si ottiene eliminando  $k$  e risolvendo per  $q$ :

$$q = \frac{mg(v_f + v_r)}{Ev_f}$$



Senza campo elettrico  
 $mg = kv_f$

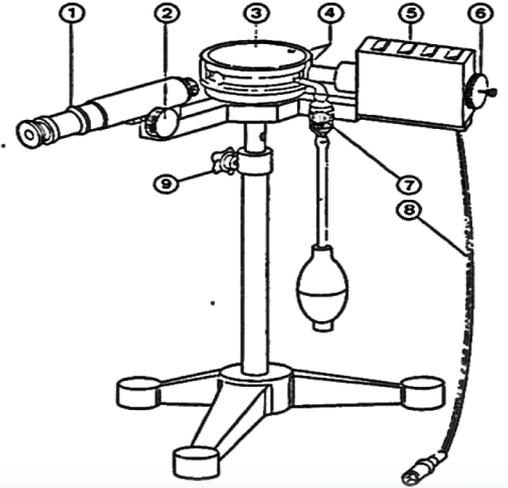


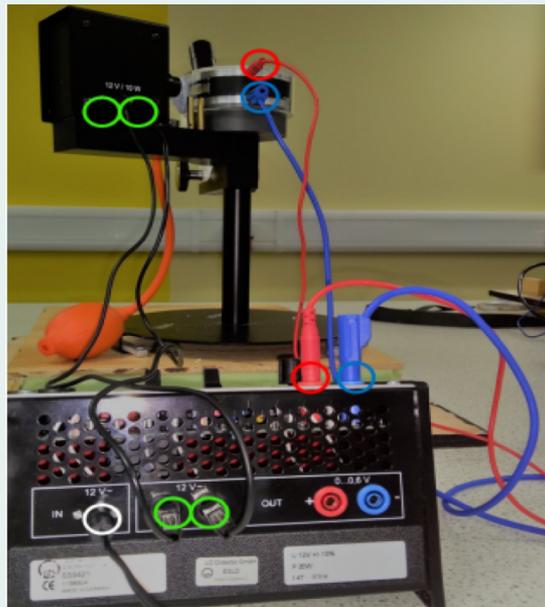
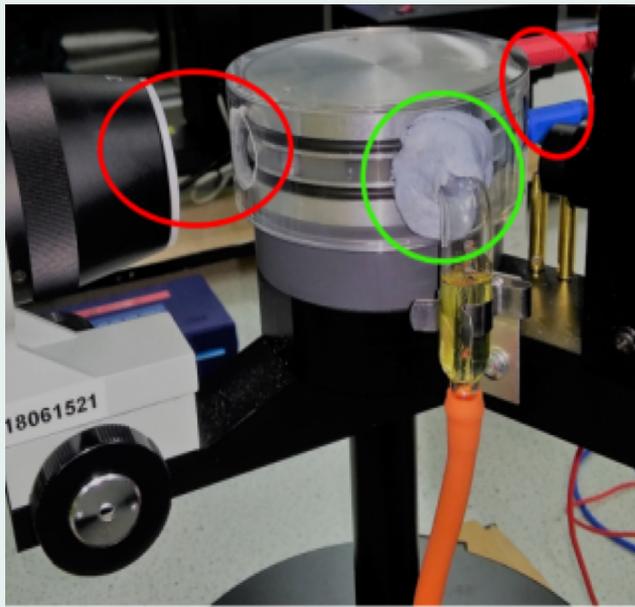
Con campo elettrico  
 $qE = mg + kv_r$

# STRUMENTAZIONE

- 1) Microscopio con scala graduata grazie al quale potremmo guardare all'interno della camera di Millikan.
- 2) Manopola per la messa a fuoco.
- 3) Camera di Millikan (costituita dalle due armature di un condensatore caricato ad un potenziale regolabile).
- 4) Boccole per applicare la tensione continua al condensatore creando così il campo elettrico.
- 5) Dispositivo di Illuminazione.
- 6) Manopola per regolare la posizione della lampadina.
- 7) Nebulizzatore d'olio.
- 8) Cavo di connessione per la tensione della lampada.
- 9) Manopola per la regolazione dell'altezza del microscopio.

04

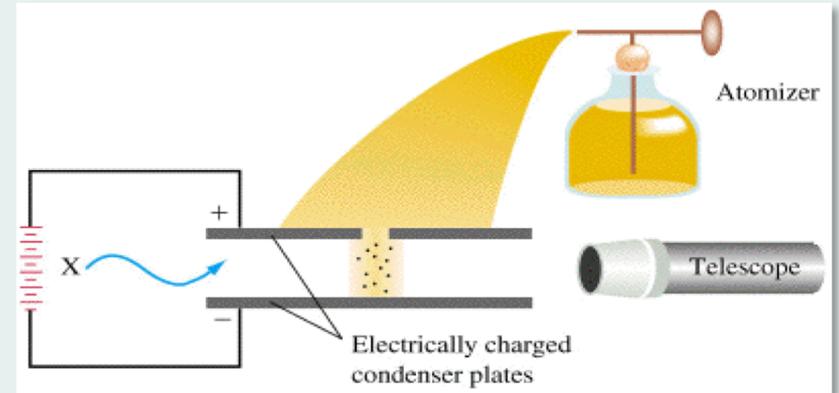




Il microscopio può essere attaccato un dispositivo che trasmette l'immagine a uno schermo.

[https://www.lancaster.ac.uk/media/lancaster-university/content-assets/images/physics/lab-in-a-box/LabInABox\\_Milikans.pdf](https://www.lancaster.ac.uk/media/lancaster-university/content-assets/images/physics/lab-in-a-box/LabInABox_Milikans.pdf)

La camera sarà collegata ad un **generatore** che creerà il **campo elettrico**. Tramite l'uso del **voltmetro** potremo misurare la **tensione elettrica**.





05

# DESCRIZIONE ESPERIMENTO

- ❑ Per effettuare l'esperimento con l'apparecchiatura di Millikan e di conseguenza individuare i dati per determinare la carica di un elettrone si assembla dapprima tutto l'apparato, montando:
  - il treppiede
  - l'asta di supporto
  - il dispositivo di illuminazione
  - il microscopio ottico.
  - l'atomizzatore con un olio fluido, non volatile.

- ❑ Si collega poi l'alimentatore all'apparecchio e si nebulizza un piccolo quantitativo d'olio nella camera.
- ❑ Le goccioline che entrano nella camera di Millikan sono soggette alla **forza elettrostatica** in aggiunta a quella di **gravità**, alla **spinta di Archimede** e alla forza di **attrito viscoso**, e possono quindi risalire o scendere a seconda della **differenza di potenziale**.
- ❑ Ora, con l'ausilio di microscopio e cronometro è possibile determinare i tempi di salita e discesa delle singole gocce (misurando spazio percorso e tempi di volo).
- ❑ Per ogni goccia verranno effettuate quattro misurazioni
  - a) Goccia in **equilibrio** dove la **velocità è pari a zero**;
  - b) Campo elettrico **nullo** dove la goccia **scende** per effetto di gravità;
  - c) Goccia in **risalita** per effetto di un aumento della **tensione positiva** impressa;
  - d) Goccia in **discesa** per effetto di un aumento della **tensione negativa** impressa;
- ❑ Prima di procedere è importante però determinare la distanza del percorso effettuato da una goccia di olio attraverso l'utilizzo di una scala graduata.
- ❑ Ora possiamo iniziare quindi con procedura di misurazione vera e propria, ricordando di rilevare:
  - i. tempo di salita e discesa della goccia;
  - ii. la tensione necessaria affinché la goccia rimanga in equilibrio;
  - iii. la tensione necessaria per la salita e la discesa;
- ❑ E' importante effettuare diverse misurazioni della stessa gocciolina e considerare poi il **valore medio** delle singole misure, per avere una **precisione maggiore**.

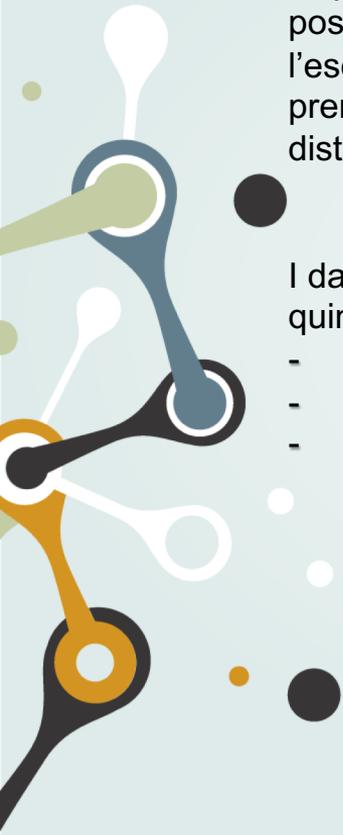
# ELABORAZIONE E ANALISI DATI

L'esperimento di Millikan è stato eseguito utilizzando la camera di Millikan con le seguenti condizioni sperimentali:

Separazione fra le piastre del condensatore (m)	0,0075
Densità dell'olio (kg/m <sup>3</sup> )	886,000
Viscosità dell'aria (poise)	1,856E-05
Pressione barometrica (Pascal)	101325,000
Differenza di potenziale (volt)	500,000



06



Dopo aver delineato i parametri sperimentali, possiamo evidenziare i dati raccolti durante l'esecuzione dell'esperimento che si è svolto prendendo in considerazione due gocce di olio distinte.

I dati sono stati riportati in tabella. Si sono quindi calcolati:

- raggio della goccia;
- massa della goccia,
- caricato totale con tempo di salita e discesa.

Risultati sperimentali:

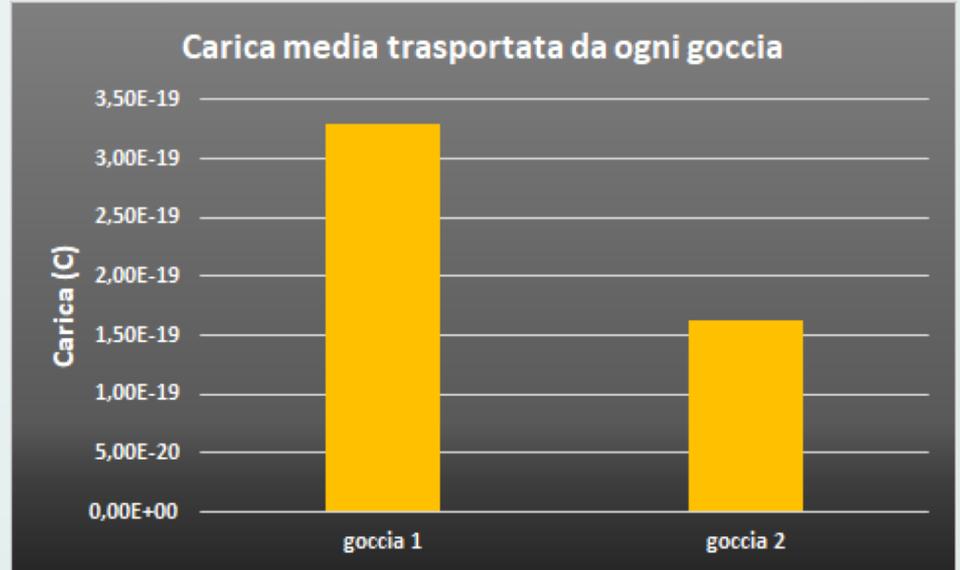
	Goccia 1			Goccia 2			
	Cad. libera	Cad. in E	Risalita in E		Cad. libera	Cad. in E	Risalita in E
Tempo (s)				Tempo (s)			
1	22,66	6,20	13,50	1	45,25	9,50	14,82
2	24,86	6,05	12,84	2	44,70	9,30	15,40
3	23,93	5,75	12,89	3	45,90	9,10	14,80
4	25,90	6,02	13,18	4	44,40	9,60	14,90
5	23,15	6,30	12,92	5	43,50	9,30	15,10
Tempo medio	24,10	6,06	13,07		44,75	9,36	15,004
Deviazioni standard	1,31	0,21	0,28				
Spazi di misura (mm)	1,0	1,0	1,0		1,0	1,0	1,0
Velocità (m/s)	4,149E-05	1,649E-04	7,653E-05		2,235E-05	1,068E-04	6,665E-05
Raggio della goccia(m)	5,923E-07				4,247E-07		
Massa della goccia(kg)	7,707E-16				2,841E-16		
$\eta$ eff	1,633E-05				1,559E-05		
$\gamma$	1,116E-05				8,001E-06		
k	1,822E-10				1,247E-10		
E (V/m)	6,667E-04				6,667E-04		
Carica totale con t di salita in E (C)	3,226E-19				1,665E-19		

Nell'istogramma sono rappresentati i valori ottenuti per la carica media trasportata da ogni goccia.

In particolare è possibile eseguire una media dei valori delle cariche di salita e discesa di entrambe le gocce come segue:

$$\begin{aligned} & \text{Goccia 1} \\ &= \frac{Q(\tau_{salita}) + Q(\tau_{discesa})}{2} = \\ &= \frac{(3,226 + 3,373) \cdot 10^{-19}}{2} = \\ &= 3,2995 \cdot 10^{-19} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Goccia 2} \\ &= \frac{Q(\tau_{salita}) + Q(\tau_{discesa})}{2} = \\ &= \frac{(1,665 + 1,581) \cdot 10^{-19}}{2} = \\ &= 1,623 \cdot 10^{-19} \end{aligned}$$





# CONCLUSIONE

Da questi esperimenti, durante i quali abbiamo potuto misurare le velocità di caduta e le forze all'equilibrio di due goccioline ionizzate, abbiamo potuto notare che esistono, come sostenuto da Millikan, **unità elementari di carica** e che la natura fornisce grani di carica tutti della stessa grandezza che sono sempre **multipli interi** della carica elementare.



Grazie per l'attenzione



Ora è possibile quindi procedere con l'elaborazione dei dati ottenuti, per poi trarre le opportune conclusioni.

### Calcoli (goccia 1):

Velocità di caduta libera:  $v=s/t$   $0,001\text{m}/24,10\text{s}=4,149\text{E}-05\text{m/s}$ ;

Velocità di caduta in E:  $v=s/t$   $0,001\text{m}/6,06\text{s}=1,649\text{E}-04\text{m/s}$ ;

Velocità di risalita in E:  $v=s/t$   $0,001\text{m}/13,07\text{s}=7,653\text{E}-05\text{m/s}$ ;

Raggio della goccia(r):  $r=9\eta v^2 dg= 5,923\text{E}-07\text{m}$ ;

Massa della goccia:  $m=43a^3d=7,707\text{E}-16\text{kg}$ ;

$\eta_{\text{eff}}=\eta_{11}+bda=1,633\text{E}-05$ ;

$E= v/d=6,667\text{E}+04$ ;

Misura della carica totale della goccia con t di salita e di discesa in E:

$q=43\pi\rho gb^2p^2+9\eta vf^2gp -b^2p^3vf+viEvf$

$q(\text{salita})= 3,226\text{E}-19$ ;      $q(\text{discesa})= 3,373\text{E}-19$ ;

### Calcoli (goccia 2):

Velocità di caduta libera:  $v=2,235\text{E}-05\text{m/s}$

Velocità di caduta in E:  $v=1,068\text{E}-04\text{m/s}$

Velocità di risalita in E:  $v=6,665\text{E}-05\text{m/s}$

Raggio della goccia(r):  $r=4,247\text{E}-07$ ;

Massa della goccia:  $m=2,841\text{E}-16\text{kg}$ ;

$\eta_{\text{eff}}=1,559\text{E}-05$ ;

$E= 6,667\text{E}+04$ ;

Misura della carica totale della goccia con t di salita e di discesa in E:

$q(\text{salita})= 1,665\text{E}-19$ ;      $q(\text{discesa})= 1,581\text{E}-19$ ;