

# Laboratorio di Fisica

Esperienza: coefficiente di attrito statico  
– Liceo Massimo D’Azeglio di Torino –

**Descrizione** Esperienza di laboratorio di fisica in cui lo studente applica i concetti di forza di attrito, di forza premente (o reazione vincolare), verifica alcune proporzionalità relative ai coefficienti di attrito sia con dinamometro che con approccio geometrico, sperimentando così anche il calcolo di seno e coseno di un angolo.

## Scopi dell’esperimento

1. Verificare la proporzionalità diretta tra forza di attrito e forza premente
2. Verificare che il coefficiente di attrito statico dipende solo dall’angolo di inclinazione del piano inclinato
3. Calcolare in due modi il valore del coefficiente di attrito statico di un oggetto che scivola su un binario di alluminio e confrontare i risultati

## Strumenti e materiale:

- dinamometro
- metro a nastro
- carrello o scatoletta, binario di alluminio, pesetti con gancio

**Richiami teorici** La forza di attrito  $F_a$  è direttamente proporzionale alla forza premente  $F_p$  e il coefficiente di proporzionalità (attrito statico)  $\mu_s$  dipende soltanto dalle superfici a contatto.

Per verificare questa legge, si eserciterà una forza di trazione su una scatoletta libera di muoversi su un binario di alluminio. La forza massima che si può applicare alla scatoletta senza che essa si muova corrisponde alla forza di primo distacco o forza di attrito statico  $F_s$ . Si aggiungeranno pesetti all’interno della scatola per aumentare il peso e si misurerà nuovamente la forza. In questo modo si potrà verificare su un grafico la proporzionalità diretta e il coefficiente angolare della retta che approssima i punti corrisponderà al valore di  $\mu_s$  cercato.

Si può ottenere lo stesso valore, sfruttando la condizione di equilibrio di un oggetto su un piano inclinato. Inclinando il binario, infatti, si raggiungerà un angolo limite  $\vartheta$  oltre il quale la scatoletta inizierà a scivolare verso il basso. Per la condizione di equilibrio si ha:

$$F_e = F_p \sin(\vartheta) \qquad F_a = \mu_s F_p \cos(\vartheta) \qquad (1)$$

dove  $F_e$  è la forza equilibrante che deve essere uguale in modulo alla componente della forza peso parallela al piano; mentre la forza di attrito  $F_a$  è uguale al coefficiente di attrito statico per la componente della forza peso perpendicolare al piano. All’equilibrio  $F_e = F_a$  quindi:

$$F_p \sin(\vartheta) = \mu_s F_p \cos(\vartheta) \quad \Rightarrow \quad \mu_s = \frac{\sin(\vartheta)}{\cos(\vartheta)} \qquad (2)$$

I valori di seno e coseno possono essere calcolati come rapporto tra lunghezze dei lati del triangolo rettangolo che si forma tra binario e piano di appoggio. La misura può essere ripetuta al variare della forza peso, consentendo così di verificare contemporaneamente la non dipendenza dalla forza peso e di avere più valori per ridurre l’incertezza di misura del coefficiente di attrito statico.

## Svolgimento: presa dati

1. Descrivere gli strumenti utilizzati e per ognuno determinare sensibilità e portata.
2. N.B. Se si usa il computer per l'analisi diretta, TUTTI i valori vanno comunque riportati su carta e poi messi sul computer, NON solo sul computer!
3. Misurare il peso della scatoletta  $F_{p0}$  col dinamometro, effettuando 5 misure
4. Posizionare la scatoletta vuota sul binario, tirarla col dinamometro esercitando una forza orizzontale e leggere sul dinamometro la forza massima  $F_{a0}$  che si può applicare senza muovere la scatoletta (sempre 5 misure)
5. Misurare col dinamometro il peso della scatola insieme al primo pesetto (aggacciandoli)  $F_{p1}$  che sarà poi inserito nella scatola (sempre 5 misure)
6. Mettere il pesetto nella scatola e ripetere la misura della forza orizzontale massima  $F_{a1}$
7. Ripetere il procedimento dei due punti precedenti per almeno 4 pesetti e costruire una tabella come segue<sup>1</sup>

	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$\bar{x}$	$\Delta x$
$F_{p0}$ [N]	1,20	1,25	1,15	1,00	1,15	1,22	0,13
$F_{a0}$ [N]	3,20	3,15	2,90	3,00	3,10	3,08	0,14
$F_{p1}$ [N]	1,80	1,85	1,75	1,10	1,25	1,72	0,23
$F_{a1}$ [N]	3,90	3,95	3,10	3,10	3,70	3,18	0,18
...	...	...	...	...	...	...	...

8. Mentre due componenti del gruppo procedono con la presa dati, un terzo componente si occupa di calcolare i valori medi e le incertezze (semi-dispersione massima) per riempire le ultime due colonne della precedente tabella.
9. Per la seconda parte dell'esperienza, misurare la lunghezza del binario  $l$  col metro a nastro (3 misure)
10. Disporre la scatoletta sul binario nello stesso punto usato in precedenza (il binario potrebbe non essere ruvido in modo uniforme), quindi sollevare lentamente un'estremità del binario finché la scatoletta non inizia a scivolare.
11. Misurare l'altezza massima  $h_0$  dell'estremità del binario sollevata alla quale la scatoletta non scivolava e ripetere la procedura di sollevamento e misura per almeno 5 volte.
12. Ripetere il tutto con la scatoletta riempita con uno, due, tre e quattro pesetti, riportando le varie misure  $h_1, h_2, \text{etc.}$  in una tabella come segue:

	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$\bar{x}$	$\Delta x$
$h_0$ [cm]	76	75	77	75	78	76	2
$h_1$ [cm]	76	75	77	75	78	76	2
...	...	...	...	...	...	...	...

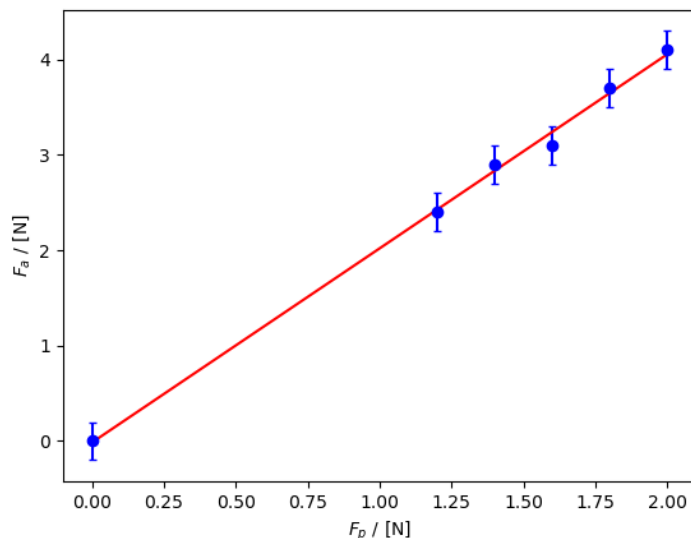
13. Osservare che le misure sono affette da grande incertezza, quindi la sensibilità del millimetro non è significativa, anche se il metro a nastro lo permetterebbe. Si consiglia di usare le sole tacche dei centimetri.

---

<sup>1</sup>Attenzione: tutti i dati nelle tabelle sono valori casuali utili per scopo esplicativo, NON devono corrispondere a quelli reali!

## Svolgimento: analisi dati

1. Rappresentare sul piano cartesiano i valori medi di forza di attrito  $F_a$  in funzione dei valori di forza peso  $F_p$  con opportune barre di incertezza e aggiungendo come punto l'origine degli assi.



2. Trarre delle conclusioni sulla relazione tra le due grandezze.
3. Tracciare una retta che interpoli i dati, usando eventualmente lo strumento del foglio di calcolo *linea di tendenza*, determinarne il coefficiente angolare che corrisponde al coefficiente di attrito statico  $\mu_s$  e stimarne l'incertezza.
4. Con i dati della seconda parte, creare la tabella seguente, ricavando la lunghezza dell'altro cateto  $d$  con il teorema di Pitagora, i valori di seno e coseno come rapporti tra ipotenusa e cateti (rispettivamente opposto e adiacente), il valore del coefficiente di attrito statico come rapporto tra seno e coseno (tangente).

	$l$ [cm]	$h$ [cm]	$d$ [cm]	$\sin(\vartheta)$	$\cos(\vartheta)$	$\mu_s$
1	121	76	94	0,63	0,77	0,8
1	121	78	93	0,65	0,72	0,7
3	...	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...	...

5. Trarre delle conclusioni sui valori del coefficiente di attrito statico (è costante? se non lo è, come varia e perché?)
6. Calcolare la media dei valori di coefficiente di attrito e incertezza come semi dispersione massima.
7. Confrontare i valori di  $\mu_s$  ottenuti con i due metodi e trarre conclusioni sul lavoro svolto.
8. Immaginare modalità per migliorare l'accuratezza delle misure e altri grafici che possano evidenziare eventuali effetti fisici non previsti.