

## Esperienza 4

# Misura del coefficiente di attrito statico

**Obiettivi** - Comprendere la natura delle forze di attrito.

**Concetti** - Composizione e scomposizione di forze; attrito e forze di attrito; equilibrio tra forze; principi di Newton.

**Materiali e Strumenti** - Piano inclinato regolabile; blocchi di legno; riga graduata; goniometro.

### 4.1 Cenni teorici

L'attrito si manifesta come una forza che si oppone allo scorrimento di due superfici a contatto, in seguito all'azione di una forza esterna. Fin quando le superfici sono ferme l'una rispetto all'altra, la forza di attrito è di tipo *statico*; quando invece le due superfici sono in moto relativo l'una rispetto all'altra, la forza di attrito è di tipo *dinamico*. La forza di attrito massima  $f_a$  che si esercita tra le due superfici, ancora ferme, è proporzionale alla forza normale  $N$  esercitata dal piano sul corpo

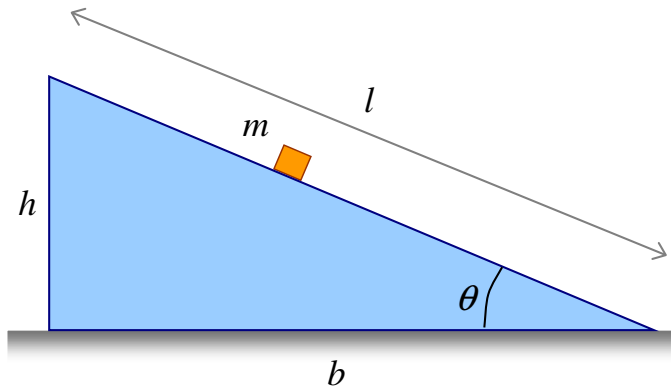
$$f_a = \mu_s N, \quad (4.1)$$

dove  $\mu_s$  è il coefficiente di attrito statico.

In questa esperienza, misureremo sperimentalmente il coefficiente di attrito statico.

## 4.2 Attività, misure e calcoli

Si dispone il piano inclinato orizzontalmente con il blocco poggiato su di esso. Si aumenta, quindi, l'angolo  $\theta$ , che il piano inclinato forma con il piano orizzontale, come mostrato in Figura 4.1. Si continua ad aumentare l'angolo  $\theta$  fino a quando il blocco non inizia a scivolare; misurando questo angolo critico  $\theta_c$  si determina il coefficiente di attrito.



**Figura 4.1:** Piano inclinato.

Le relazioni che permettono di calcolare il coefficiente di attrito statico  $\mu_s$  si ricavano nel seguente modo. La forza di attrito  $f_a$  è data dall'Eq. (4.1); la reazione vincolare  $N$  del piano è uguale alla componente perpendicolare al piano inclinato  $F_1$ , come si vede in Figura 4.2. Quindi

$$F_1 = mg \cos \theta_c \quad (4.2)$$

e

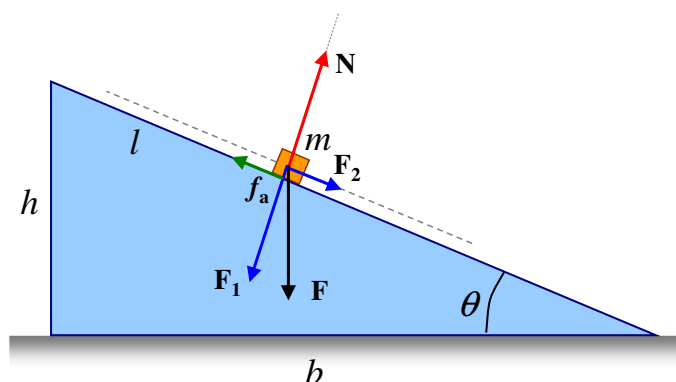
$$f_a = \mu_s N = \mu_s mg \cos \theta_c . \quad (4.3)$$

Un istante prima che il blocco cominci a scivolare, la forza di attrito è uguale alla componente della forza peso  $F_2$  parallela al piano inclinato

$$f_a = F_2 \Rightarrow \mu_s mg \cos \theta_c = mg \sin \theta_c , \quad (4.4)$$

da cui si ricava il coefficiente di attrito statico

$$\mu_s = \frac{mg \sin \theta_c}{mg \cos \theta_c} = \tan \theta_c . \quad (4.5)$$



**Figura 4.2:** Scomposizione delle forze sul piano inclinato.

Quindi, misurando l'angolo critico  $\theta_c$ , formato dal piano inclinato rispetto al piano orizzontale, per il quale il blocco comincia a scivolare, si può determinare il coefficiente di attrito statico delle due superfici a contatto.

Abbiamo eseguito questa esperienza con un piano di plexiglas di lunghezza  $l = 41$  cm e un blocco di legno levigato. I risultati delle misurazioni sono riportati in Tabella 4.1.

**Tabella 4.1:** Valori misurati dell'altezza del piano inclinato  $h$ ; valori calcolati della base del piano inclinato  $b$ ; valori del coefficiente di attrito calcolato con l'Eq. (4.5).

$h$ (cm)	$b = \sqrt{l^2 - h^2}$	$\mu_s = \tan \theta_c = h/b$
14.8	38.2	0.387
16.0	37.7	0.424
15.4	38.0	0.405
14.0	38.5	0.363

Per determinare il valore migliore del coefficiente di attrito e la sua indeterminazione calcoliamo, rispettivamente, il valore medio

$$\bar{\mu}_s = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 \mu_i = 0.395 \quad (4.6)$$

e la semidispersione

$$\delta\mu_s = \frac{\mu_{max} - \mu_{min}}{2} = \frac{0.424 - 0.363}{2} = 0.03. \quad (4.7)$$

Dopo avere calcolato l'indeterminazione  $\delta\mu_s$  del valore del coefficiente d'attrito, approssimiamo correttamente il valore di  $\mu_s$ , che risulta

$$\mu_s = \bar{\mu}_s \pm \delta\mu_s = 0.40 \pm 0.03 \quad (4.8)$$

È da notare che in queste misurazioni, gli errori strumentali sono trascurabili rispetto agli errori casuali.

Emilio Fiordilino, Aurelio Agliolo Gallitto, *Il laboratorio di fisica nel Progetto 'Lauree Scientifiche'*, Aracne, Roma 2010.

---

**Un esperimento illustrativo.** Un esperimento che mostra le proprietà delle forze di attrito statico e dinamico è il seguente. Disporre orizzontalmente una riga graduata (quella lunga 60 cm) sopra gli indici delle mani. All'inizio si posizionano gli indici alle estremità della riga e successivamente si avvicinano l'uno all'altro, senza fare cadere la riga. Si vedrà la riga scivolare prima su un dito e poi sull'altro, alternativamente, fin quando le dita si posizioneranno l'uno accanto all'altro al centro della riga. Questo si ha perché quando si cerca di avvicinare le dita, la riga scivolerà su quello dove la forza d'attrito statico è minore. Supponiamo che inizi a scivolare il dito destro; mentre esso si sposta verso il centro, su di esso agirà una frazione maggiore della forza peso della riga (inizialmente è distribuita in modo circa uguale sulle due dita) e quindi la forza di attrito dinamico crescerà fin quando essa sarà maggiore della forza di attrito statico che si esercita sul dito sinistro. A quel punto, il dito destro si ferma e il dito sinistro inizierà a scivolare. Il ciclo si ripete finché le dita si avvicinano al centro della riga fino a toccarsi.

---