

Esperimento di misura del coefficiente di attrito statico - piano inclinato

Lorenzo Mauro Sabatino*

Sommario

Gli obiettivi dell'esperienza sono:

- trovare la legge di attrito statico per il piano inclinato
- trovare il coefficiente di attrito statico tra due superfici

Introduzione

1.1 Ricaviamo la legge

In questo secondo esperimento, **generalizziamo** il caso di un oggetto appoggiato su un piano orizzontale e mettiamolo su un piano inclinato tenendo conto della presenza di attrito. Partiamo ora dallo schema delle forze:

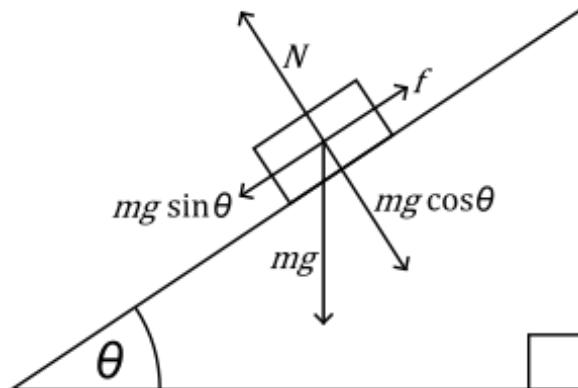


Figura 1: Diagramma delle forze su piano inclinato

*Email: lorenzo.sabatino@collegifacec.it
Pagina web: <https://lorenzosabatino03.github.io/lab-fisica/>

Sapendo che la situazione rappresentata è quella di un oggetto in **equilibrio**, con calma scriviamo la legge che ci permetterà di trovare il coefficiente di attrito statico.

Per prima cosa: gli assi. Infilziamo la nostra bella scatola sul piano con due assi cartesiani:

- quello x sarà parallelo al piano inclinato
- quello y sarà perpendicolare al piano inclinato

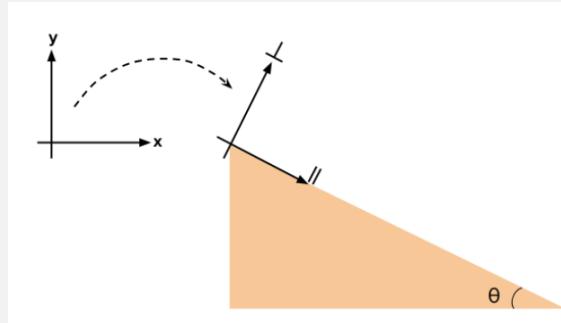


Figura 2: Proprio così

Benissimo. Ora, siamo tutti d'accordo che lungo la direzione y la scatola è ferma? La risposta è sì, perchè il piano inclinato la sorregge, con la forza normale, lungo la direzione ortogonale. Fine della storia. Dovremo interessarci solo alla **direzione x**.

Intanto l'angolo θ è definito come in figura. Studiando l'equilibrio dei corpi, avete imparato che, se un corpo è fermo lungo una certa direzione, allora la somma delle forze agenti in quella direzione deve fare **zero**. Ci chiediamo, che forze agiscono lungo l'asse x?

.....
.....
.....

Via con le formule per togliere ogni ambiguità:

$$\begin{aligned} F_{\parallel} &= F_a \\ m \cdot g \cdot \sin \theta &= \mu_s \cdot N \\ m \cdot g \cdot \sin \theta &= \mu_s \cdot m \cdot g \cdot \cos \theta \end{aligned} \tag{1}$$

Fino a qui, sei d'accordo?

Sì No

Se i passaggi non ti convincono, prova a rifarli, vedrai che capirai.

E quindi? Cos'è questa cosa che abbiamo ottenuto? Che me ne faccio? Attenzione, non fermarti mai quando vedi che le cose si complicano. Spesso accade, in fisica, che le leggi che studiamo vadano solo "rimodellate" e "massaggiate" un pochino, per renderle più leggibili. È così che manifestano la loro **bellezza e semplicità**.

Cosa puoi semplificare nell'ultimo passaggio della formula ottenuta? Prova a scriverlo qui:

.....
.....

Ora facciamo un ultimo passaggio:

$$\mu_s = \tan \theta \quad (2)$$

Ti piace? Magari ora no, ma a breve apprezzerai la sua efficacia.

1.2 La legge e il suo significato

La legge ti parla se ti chiedi cosa sta dicendo. Ci sta dicendo: se abbiamo un piano inclinato, il coefficiente di attrito statico si trova in una maniera facilissima, ovvero dalla tangente dell'angolo. Tutto qui. Non ci interessa misurare la massa dell'oggetto che poggiamo sul piano; non ci interessa sapere il valore della forza di attrito. Questa cosa è incredibile nella sua semplicità.

Ok, ma che angolo devo considerare? Uno a caso?
Certo che NO!

Abbiamo già detto che stiamo cercando la situazione di equilibrio, ovvero quella situazione che si instaura quando la forza di attrito (statico) è **appena sufficiente** da impedire all'oggetto posto sul piano di scivolare giù soggetto alla sua forza peso parallela. Quindi, l'angolo in questione, sarà quello misurato subito prima che il corpo inizi a muoversi.

Ora però non corriamo troppo, verifichiamolo sperimentalmente.

N.B. come puoi capire in modo intuitivo, anche per angoli più piccoli il corpo rimane in equilibrio. Noi però cerchiamo il valore **massimo** di forza di attrito possibile, oltre il quale tale forza non riesce più a impedire all'oggetto di muoversi.

1.3 Da dove comincio?

Ora, ripartiamo dagli obiettivi dell'esperimento. Vogliamo trovare il coefficiente di attrito statico. Per prima cosa osserviamo le **quantità** che abbiamo a disposizione: θ e μ_s .

Poniamoci le seguenti domande:

1. Quali quantità posso direttamente misurare?
2. Quali quantità non posso direttamente misurare con gli strumenti che ho in laboratorio?

Risposta 1:

Risposta 2:

Ora non ci resta che trovare una procedura sperimentale.

Procedimento

2.1 Andiamo con ordine

Ha senso buttarsi subito a fare misure in modo caotico? Certo che no. Per lavorare in laboratorio bisogna avere un metodo, cioè bisogna avere ben in mente gli step da fare e poi procedere in maniera ordinata e chiara.

Abbiamo detto che l'obiettivo del mio esperimento è
quindi avrà senso fare una serie di misure utili che mi permetteranno di vedere come si **comportano i dati** che sto raccogliendo e di ricavare quanto vale il coefficiente che voglio tanto trovare.

Ecco cosa ci fornisce il nostro fantastico laboratorio per fare ciò: un piano inclinato, un blocco di legno con una superficie normale e una di gomma.



Figura 3: Materiali

2.2 Dalla teoria all'esperimento

E quindi? Che me ne faccio?

Possiamo farci un'idea di ciò che dobbiamo fare grazie alla **teoria**. I passaggi li abbiamo già visti prima. Abbiamo scoperto che:

Nel momento in cui forza di attrito e forza peso parallela sono uguali, il valore di coefficiente di attrito statico è massimo. Ciò si verifica subito prima che il corpo sul piano inclinato inizi a muoversi verso il basso.

Allora è chiaro che con il mio apparato sperimentale voglio cercare questa configurazione, per poter fare la misura corretta. Spiega a parole come faresti ciò:

.....
.....
.....

2.3 Costruiamo un modello

Usiamo i nostri strumenti per ricostruire la situazione illustrata in figura 1, ovvero quella di un oggetto che è semplicemente appoggiato su una superficie inclinata e soggetto a delle forze lungo la direzione parallela al piano. Così facendo realizziamo un **"modello"** in laboratorio della situazione che vogliamo studiare. La figura 3 illustra già bene ciò, provate voi a fare il diagramma delle forze.

2.4 Passaggi del procedimento

1. Appoggia il blocco di legno sul piano inclinato, inizialmente mantenuto in orizzontale
2. Lentamente alza il piano: quando il blocco di legno inizia a scivolare, segna il valore dell'angolo (misurato con un goniometro)
3. Raccogli i dati in una tabella

Secondo te, ci basta fare questa misura? Sì No

Ormai avete capito che per fare le cose fatte bene, avrà senso **ripetere** le misure più volte e tenere traccia dei dati raccolti.

Qualcuno chiederà: «Ok, ma tanto ripetendo le misure ottengo sempre la stessa cosa!». Sì, potrebbe accadere. È per questo motivo che un'indagine fatta così potrebbe non dirci molto. È molto più interessante verificare se la legge rimane valida se **cambio** la superficie a contatto con il piano inclinato.

Per nostra fortuna, il blocco di legno dispone di **un'altra superficie di materiale diverso**, utile per fare le nostre verifiche sperimentali! Sarebbe interessante anche cambiare la massa del blocco: per chi vuole, provi a ricavare i passaggi della formula per farsi un'idea di che legge si dovrebbe verificare :)

2.5 Raccolta dei dati del procedimento completo

Durante l'esperimento esegui almeno **5 misure** ripetute. Per ogni misura:

1. appoggia il blocco di legno sul piano inclinato chiuso
2. alza lentamente il piano inclinato
3. nel momento in cui il blocco inizia a muoversi, segna l'angolo del piano
4. ripeti girando il blocco e usando l'altra superficie

Tabella e analisi dati

Tabella dei dati sperimentali

Superficie	Misura	Angolo θ ($^{\circ}$)	$\tan \theta$
A	1		
	2		
	3		
	4		
	5		
B	1		
	2		
	3		
	4		
	5		

Bene, ora hai tutti i dati che ti servono. Perché? Perché finalmente hai in mano qualcosa di concreto che ti permetterà di trovare il coefficiente di attrito statico. Naturalmente hai ottenuto tanti valori simili di coefficiente di attrito statico, ciascuno per ogni misura fatta. Inoltre, hai ottenuto due coefficienti diversi (uno per la superficie 'A', uno per la 'B').

Notiamo una cosa. La relazione $\mu_s = \tan \theta$ non è una legge empirica da verificare, ma il risultato dell'equilibrio delle forze al limite dell'attrito statico. Questa volta non dobbiamo fare grafici, anche perché non abbiamo raccolto coppie di due grandezze legate da una certa proporzionalità. Tuttavia, soltanto seguendo quanto ci dice la teoria, abbiamo trovato una maniera semplice per calcolare il coefficiente di attrito statico.

Conclusioni

1. In merito al coefficiente di attrito statico, hai ottenuto tanti valori ripetuti rifacendo la misura. Come puoi riassumere in un unico dato coerente? Cosa puoi calcolare? Cosa ottieni?
.....
2. Cerca su internet il coefficiente di attrito statico tra le due superfici e confrontalo con il valore che hai ottenuto sperimentalmente. Fallo per entrambi i valori ottenuti
.....
3. Quali sono le principali fonti di errore dell'esperimento?
.....

Commenti finali

Benissimo! Esperimento concluso. Ricorda che lo **schema di ragionamento** di questa scheda è applicabile a qualsiasi altro esperimento che faremo in laboratorio. Parti dal chiederti cosa vuoi verificare, che quantità hai a disposizione, che strumenti hai e ricorda cosa dice la teoria. Lavora sempre "step by step" e in maniera ordinata. Questo ti facilita nel costruire un "modello" che ti permette di passare dalla teoria all'esperimento.

Buona fortuna con i prossimi esperimenti!