

Scivolare e rotolare

Quando un oggetto scivola, o quando rotola, per esempio su un piano inclinato, è in gioco la forza d'attrito radente. Nel primo caso si tratta dell'attrito radente dinamico, nel secondo caso è l'attrito radente statico che agisce sulla parte dell'oggetto a contatto con il piano mentre questa sta ferma un istante, e cambia continuamente nel tempo. Senza l'attrito radente non sarebbe possibile il movimento delle ruote sulla strada, e lo sa bene chi guida un veicolo su una strada ghiacciata.

In questa prova è in esame l'attrito radente al contatto tra sferette di acciaio e un piano di alluminio anodizzato.

L'attrito volvente è trascurabile in tutte le situazioni che ti vengono prospettate qui di seguito, e non devi tenerne conto.

Ti possono essere di aiuto le "Formule utili" a pag. 2.

Prima di iniziare leggi attentamente tutto il testo e le indicazioni contenute nell'elenco dei materiali.

- 1) Fissa un estremo dell'angolato di alluminio al bordo del tavolo (v. figura a pag. 2). Appoggialo poi all'apposito sostegno in modo che sia un piano inclinato. Fissa il goniometro alla faccia verticale dell'angolato; il filo a piombo che fa da indice deve pendere liberamente. Dopo aver assemblato le tre sferette come indicato a pag. 3, appoggiale sul piano inclinato, facendo attenzione che il nastro adesivo non entri in contatto con il piano stesso.
 - a. Determina la massima inclinazione a cui le tre sferette restano ferme. Per inclinazione si intende l'angolo tra il piano inclinato e un piano orizzontale. Ripeti la misurazione con le sferette in almeno altre quattro posizioni diverse sul piano inclinato.
 - b. Determina il coefficiente di attrito radente statico al contatto tra alluminio e sferette.
 - c. Una singola sferetta potrà avere un moto di puro rotolamento, cioè senza slittare, sul piano di alluminio solo se l'inclinazione di questo non supera un valore limite, che le leggi della dinamica permettono di prevedere. Quanto vale questa massima inclinazione? Indica il procedimento, puramente teorico, con cui arrivi al risultato.

- 2) Poni sulla sedia (v. figura a pag. 2) la scatola con la tavoletta di compensato, il foglio bianco e la carta carbone sovrapposti l'uno all'altro. Due fili a piombo fissati col nastro adesivo al bordo del tavolo serviranno per indicare, al livello dei fogli nella scatola, la linea di riferimento per la misurazione delle gittate. Con l'aiuto di squadretta e filo a piombo controlla l'orizzontalità del foglio; puoi correggerla con spessori di plastilina sistemati tra scatola e sedia. Lascia scivolare sul piano inclinato di alluminio, per una lunghezza $l = 30,0$ cm, le tre sferette assemblate rigidamente che andranno poi a cadere sopra i fogli nella scatola sulla sedia, dove verrà registrata la posizione dell'atterraggio. Uno stesso foglio potrà servire per più di una registrazione: basterà spostare un po' la sedia o la scatola. Fai attenzione che il piano di alluminio non sia inclinato lateralmente, altrimenti le sferette cadranno sul tavolo o sul pavimento.
 - a. Misura e annota l'altezza y del volo di caduta in aria.
 - b. Mantenendo invariati la lunghezza l e l'altezza y , misura le gittate x al variare dell'inclinazione θ del piano inclinato, fino a un valore massimo intorno a 45° . Come varia la gittata x in funzione dell'inclinazione θ ?
 - c. Come interpreti l'andamento della gittata x in funzione dell'inclinazione θ , in base alle trasformazioni di energia meccanica e alla cinematica delle sferette che prima scivolano e poi cadono?

- 3) Scegli per il piano un'inclinazione tale che la sferetta singola possa avere un moto di puro rotolamento. Se non hai risposto alla domanda 1c, regolati con il buon senso e scegli un'inclinazione θ non troppo alta, ma sufficiente ad avere gittate misurabili, che la sua ampiezza non superi per esempio 20° .
 - a. Quale inclinazione θ hai scelto? Giustifica la tua scelta.
 - b. Lascia andare la sferetta singola lungo il piano inclinato. Mantenendo invariata l'inclinazione θ , provvedi a variare invece la lunghezza l del percorso sul piano inclinato e a misurare le gittate x corrispondenti. Controlla che l'altezza di volo y non cambi durante le misurazioni, e sia la stessa che hai misurato e registrato al punto 2a. Determina un valore di lunghezza l' per cui la gittata della sferetta singola che rotola sia uguale a quella delle tre sferette che scivolavano con la stessa inclinazione (v. misure al punto 2b). Quanto vale l' ?
 - c. Dal valore l' della risposta precedente, e dagli altri dati che ritieni utili, ricava il coefficiente di attrito radente dinamico. Indica chiaramente il procedimento per arrivare al risultato. Tieni presente che a gittate uguali, ottenute con la stessa inclinazione, corrispondono velocità uguali all'inizio del volo.

Riporta le risposte in sintesi nel "Quadro riassuntivo" che consegnerai come parte integrante della relazione.

Scrivi nome e cognome anche sui fogli dove hai registrato gli "atterraggi", uniscili con il fermaglio e consegnali con la relazione.

Simboli, relazioni, formule utili:

F_R = Risultante delle forze applicate;

m = massa;

a_{cm} = accelerazione del centro di massa;

v_{cm} = velocità del centro di massa;

α = accelerazione angolare della rotazione attorno a un asse passante per il centro di massa;

ω = velocità angolare della rotazione attorno a un asse passante per il centro di massa;

M_R = momento risultante delle forze applicate rispetto al centro di massa;

I_{cm} = momento d'inerzia rispetto a un asse passante per il centro di massa;

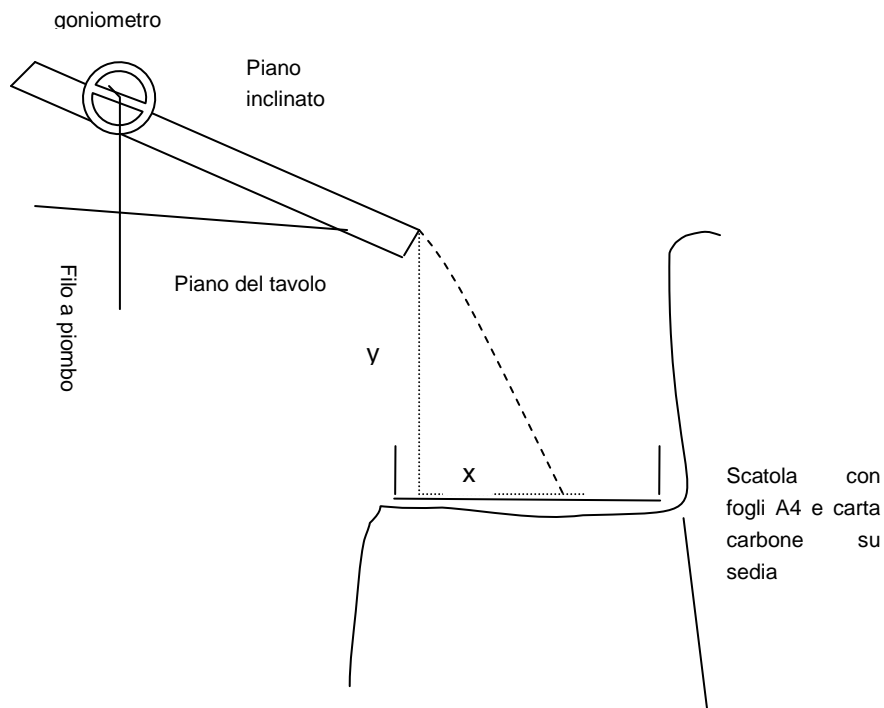
r = raggio di una sferetta.

$$F_R = m \cdot a_{cm} \quad ; \quad M_R = I_{cm} \cdot \alpha$$

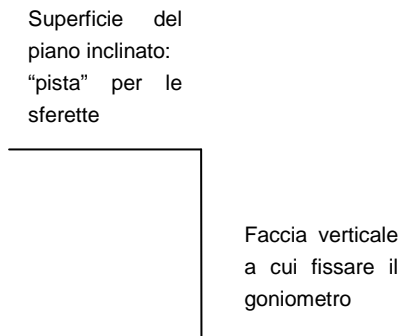
Per una sfera: $I_{cm} = \frac{2}{5} \cdot m \cdot r^2$

In caso di rotolamento puro su un piano: $a_{cm} = r \cdot \alpha$; $v_{cm} = r \cdot \omega$

In caso di rotolamento puro: lavoro della forza di attrito radente = 0



Materiali e indicazioni



Sul tavolo di lavoro:

- Angolato di alluminio anodizzato. Conviene far scivolare e rotolare le sferette su una faccia esterna (v. disegno qui sopra), in modo da evitare che la parete laterale possa frenarne il movimento. La faccia in questione va inizialmente pulita con alcol. Bisognerà fare qualche prova prima di lasciar andare le sferette, per controllare che non cadano lateralmente.

Attenzione all'eventuale inclinazione del piano del tavolo: lo spigolo di base del piano inclinato deve essere fissato ad uno spigolo orizzontale del tavolo. Conviene fissare una striscia di nastro adesivo sul tavolo fino al bordo e ripiegarlo incollandolo sotto il piano inclinato, in modo da fare una specie di cerniera. L'altro tavolo a disposizione, accostato alla faccia verticale, può aiutare a bloccare l'angolato nella sua posizione.

- pacchetto di sale a forma di parallelepipedo, come appoggio per il piano inclinato

- nastro adesivo

- plastilina

- 4 sferette uguali di acciaio – Tre sferette vanno unite rigidamente a triangolo con un pezzetto di nastro adesivo e/o con plastilina che facciano da copertura, così che l'insieme possa poggiare o scivolare sul piano di alluminio, senza che il nastro adesivo o la plastilina entrino in contatto con questo. La sferetta singola sarà quella che rotolerà. Le sferette vanno inizialmente pulite con alcol.

- goniometro – si consiglia di apprezzare fino a $0,5^\circ$ nelle letture. Il goniometro va fissato alla faccia verticale dell'angolato con nastro adesivo. Un po' di nastro adesivo sul retro della scala graduata ne facilita la lettura.

- 3 occhioli da legno e filo da cucito. Con tre pezzi di filo di lunghezza opportuna, ciascuno infilato e annodato nell'anello di un occhio, vanno realizzati tre fili a piombo - L'estremo di uno dei fili va infilato nel foro centrale del goniometro e poi fissato con nastro adesivo sul retro del goniometro stesso. Questo filo a piombo farà da indice per la lettura dell'inclinazione. Gli altri due vanno fissati al bordo del tavolo, sotto la "fine" del piano inclinato in corrispondenza dell'inizio del volo delle sferette, e servono per posizionare i fogli di carta nella scatola per le registrazioni degli "atterraggi" e la misurazione delle gittate.

- metro flessibile

- foglio di carta carbone, da porre sopra i fogli di carta bianca. Si consiglia di unirli con un fermaglio da carta.

- tavoletta di compensato da porre sotto il foglio su cui saranno registrate le tracce, per meglio evidenziarle

- scatola da montare seguendo le istruzioni

- 5 fogli bianchi A4 da usare eventualmente fronte-retro

- fermagli da carta

- stecca millimetrata

- squadretta

- matita per fare segni sull'alluminio

Sul tavolo di servizio:

- Alcol e batuffoli di cotone per ripulire il piano di alluminio e le sferette da eventuali tracce di grasso o altro

- forbici

- carta millimetrata

- sferette di riserva

- fogli bianchi di riserva

NOME

QUADRO RIASSUNTIVO DELLE RISPOSTE

1 a	Massima inclinazione per equilibrio
1 b	Coefficiente di attrito radente statico
1 c	Massima inclinazione per rotolamento puro Formula per calcolare la massima inclinazione
2 a	Altezza di caduta y
2 b	Andamento della gittata
2 c	Interpretazione
3 a	Inclinazione scelta e motivazione
3 b	Lunghezza l'
3 c	Coefficiente di attrito radente dinamico Formula per ricavare il coefficiente di attrito radente dinamico