

L'attrito: croce e delizia della nostra vita

Iniziamo questa trattazione sulle forze di attrito motivando la scelta del titolo. Perché gli attriti sono croce e delizia della nostra vita? Tutti noi siamo abituati a pensare all'attrito come a qualcosa di fortemente negativo, che ha come risultato la dissipazione di energia, cosa che consideriamo dannosa (uno spreco).

Ma siamo sicuri che è proprio così, o meglio, che è solo così? È vero, gli pneumatici delle automobili costano tanto e si consumano a causa degli attriti. Un ciclista che corre controvento dovrà compiere uno sforzo maggiore per mantenere una certa velocità, perché è sottoposto all'attrito dell'aria. In acqua facciamo fatica a muoverci perché l'attrito la rende "pesante". Gli aerei consumiamo tanto più carburante per effetto degli attriti. Questi sono tutti aspetti negativi dell'attrito. Ma diciamo le cose come stanno. Gli pneumatici della macchina costano e si consumano a causa dell'attrito, ma questa causa è anche quella che ci permette di mantenere la macchina stabile su una curva o sulla strada (a particolari condizioni). Il ciclista si sforza a causa dell'attrito, ma senza di esso neanche si muoverebbe, le ruote girerebbero a vuoto senza provocare alcun avanzamento (e cosa conviene di più?). In acqua facciamo fatica a muoverci a causa dell'attrito, ma senza di esso le navi non potrebbero navigare e noi non potremmo nemmeno nuotare. Nel biglietto dell'aereo paghiamo anche la tassa per il carburante consumato a causa dell'attrito, ma senza di esso l'aereo neanche si levrebbe in volo.

Abbiamo visto che ogni aspetto negativo è bilanciato da uno positivo. Ma la cosa certa è che senza attriti, comunque vada, la vita sarebbe impossibile!

Ora iniziamo una trattazione più approfondita degli attriti. Diciamo subito che gli attriti, provocando delle variazioni di velocità dei corpi, sono forze a tutti gli effetti, ma che si oppongono sempre al moto. Come vettori, essi vanno rappresentati con dei segmenti orientati aventi la stessa direzione dello spostamento, ma verso opposto. La forza di attrito si verifica solo quando esiste un'altra forza che tenta di "vincere" l'inerzia di un corpo, ossia quando tenta di mettere in movimento un corpo. Forza motrice e forza d'attrito appaiono in "coppia" e contemporaneamente; non può esistere l'una senza l'altra.

Esistono tre tipi di attriti a seconda dell'ambiente in cui ci si trova.

Se due corpi hanno un moto relativo di strisciamento l'uno sull'altro, la forza di attrito che compare prende il nome di **attrito radente o di strisciamento**.

Se un corpo rotola su di una superficie senza strisciare, è soggetto ad un attrito detto **attrito volvente o di rotolamento**.

Se un corpo si muove liberamente in un qualsiasi fluido, come l'acqua o l'aria, esso è sottoposto ad un attrito detto **attrito del mezzo**.

In questa breve discussione prenderemo in considerazione solo il primo tipo di attrito, cioè l'attrito radente. Diciamo solo qualche parola sugli altri due. L'attrito volvente è inferiore a quello radente e per questo motivo nelle applicazioni meccaniche si fa spesso uso dei *cuscinetti a sfera*, proprio perché assicurano un attrito, quindi un tasso di usura, minore dello strisciamento. L'attrito del mezzo invece è fondamentale, per esempio, per i paracadutisti e per gli aerei.

Iniziamo la nostra trattazione sull'attrito radente. L'attrito radente si manifesta in due momenti diversi. Se su un corpo non agiscono forze motrici abbiamo già detto che l'attrito non si manifesta. Vediamo cosa accade quando invece c'è una forza motrice che agisce su un corpo. Se a seguito dell'applicazione di una forza motrice il corpo è ancora fermo, esso lo è per effetto della forza di attrito che si oppone a quella motrice bilanciandola perfettamente. In questo caso l'attrito radente si dice **statico**. Aumentando man mano l'intensità della forza motrice il corpo inizia lentamente a muoversi; l'attrito radente in questo caso non scompare ma cambia e diventa **dinamico**. Facciamo qualche osservazione a riguardo. L'esperienza mostra che la forza motrice impiegata per mettere in moto un oggetto è sempre maggiore di quella che serve per mantenerlo in moto, e questo dipende dall'intensità della forza d'attrito. Per questo motivo possiamo dire che l'attrito radente statico è sempre maggiore dell'attrito radente dinamico:

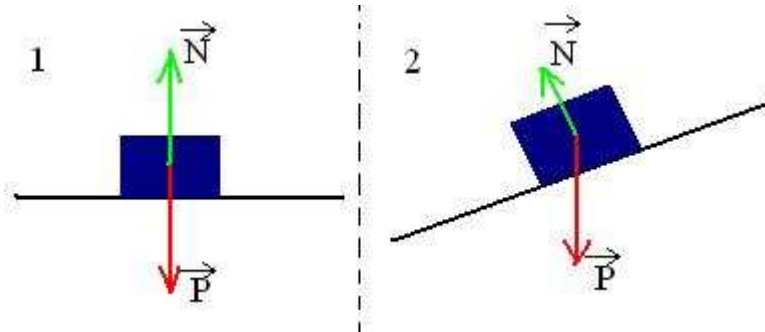
$$\vec{f}_{as} > \vec{f}_{ad}$$

dove con \vec{f}_{as} e \vec{f}_{ad} abbiamo indicato rispettivamente l'attrito radente statico e quello dinamico.

Siamo soliti indicare la forza di attrito con una “effe” minuscola, proprio a evidenziare la sua natura di opporsi alla forza motrice.

In precedenza abbiamo parlato dell'attrito come di una forza, quindi un vettore, e ne abbiamo definiti già direzione e verso; manca da capire quale sia il suo modulo o intensità.

Diamo un'occhiata alla figura seguente:



Nella figura sono rappresentate due situazioni differenti. Nella 1 abbiamo un corpo in equilibrio su un piano orizzontale. Su di esso agiscono due forze perfettamente bilanciate: la forza peso \vec{P} e la **forza normale** \vec{N} , che è la forza che il piano oppone al peso del corpo, permettendo al corpo di non sprofondare (la forza normale è sempre perpendicolare al piano). Nella situazione 2 è rappresentato un corpo su un piano inclinato (non ci interessa la sua condizione di equilibrio). Anche in questo caso sono rappresentate le due stesse forze descritte per la situazione 1. L'unica cosa che notiamo di diverso è che mentre il peso ha sempre direzione verticale, questa volta la forza normale non ha la stessa direzione del peso, essendo il piano inclinato.

La forza normale è anche considerata, in un certo senso, **forza premente**, e scopriremo che essa è legata in modo determinante alla forza di attrito radente.

Che l'attrito non sia legato al peso del corpo lo capiamo perfettamente notando che un corpo fermo su un piano orizzontale si mette in moto se incliniamo il piano di un certo angolo, pur mantenendosi costante, ovviamente, il peso del corpo. Ma quando cambia l'inclinazione del piano è proprio la forza normale a cambiare: all'aumentare dell'inclinazione la forza normale diminuisce (essendo sempre perpendicolare al piano), fino ad annullarsi nel caso in cui il piano viene inclinato di 90° .

Facciamo un piccolo semplice esperimento. Consideriamo un corpo in equilibrio su un piano orizzontale e, tramite un dinamometro, applichiamo ad esso una forza motrice man mano più intensa finché il corpo non si mette in moto. Notiamo che fino ad un certo valore della forza motrice il corpo rimane fermo per effetto dell'attrito. Ora prendiamo nota della forza premente minima che permette al corpo di muoversi; chiamiamola **forza di distacco**. *La forza di distacco coincide in intensità (pur essendo opposta) proprio all'intensità della forza di attrito radente statico che agisce tra corpo e superficie di contatto.*

Osserviamo sperimentalmente che questa particolare forza di distacco (che, ricordiamo, coincide con la forza di attrito radente statico) dipende dalla forza normale che il piano esercita sul corpo. In particolare le due forze sono direttamente proporzionali. Ma essendo la forza di distacco uguale in modulo alla forza di attrito radente statico, abbiamo

$$\frac{f_{as}}{N} = \mu_s$$

dove μ_s è una costante detta **coefficiente di attrito radente statico**. Possiamo ora scrivere in forma vettoriale la forza di attrito radente statico come segue:

$$\vec{f}_{as} = \mu_s \vec{N} \quad (1)$$

In modo del tutto equivalente possiamo dare l'equazione vettoriale della forza di attrito radente dinamico come segue:

$$\vec{f}_{aD} = \mu_d \vec{N} \quad (2)$$

dove con μ_d abbiamo indicato il **coefficiente di attrito dinamico**.

Essendo l'attrito statico maggiore di quello dinamico abbiamo, per uno stesso corpo su una stessa superficie, la seguente relazione:

$$\mu_s > \mu_d$$