**ATTRITO CON FORZE 2D**

Noi abbiamo già studiato l’attrito nel trimestre: siamo arrivati alla conclusione che esistono diverse forme di attrito: in particolar modo vi è **l’attrito radente** che appare quando due oggetti solidi strusciano l’uno con l’altro. L’attrito radente, come ogni altra forma di attrito, si divide in due sotto-tipi:

* attrito statico, che tiene immobile un corpo spinto da una forza F0 finché il modulo di F0 supera un valore minimo chiamato Fs,max: se F0 supera il valore Fs,max allora il corpo inizia a muoversi.
* attrito dinamico (**FD**), che rallenta il movimento di un corpo in moto.

**Sia FD che FS,max sono proporzionali alla forza premente** perciò posso scrivere:

**FD = μD∙F⊥**

**Fs,max = μs∙F⊥**

μD e μS sono i coef. di attrito dinamico e statico, che cambiano al cambiare delle proprietà delle superfici di contatto. Nel nostro caso, la direzione perpendicolare (⊥) è la direzione “Y” (vedi figura1), cosicché posso scrivere:

**FD = μD∙FY (1)**

**Fs,max = μs∙FY (2)**

Le eq. (1) e (2) sono quelle che ci saranno utili per risolvere i problemi sull’attrito.

Esempio: una scatola di peso P=100N è posta su di una superficie scabra: i coef. sono μS=0,40 e μD=0,30. Su di essa è applicata una forza orizzontale $\vec{F}$0 (Figura1, ignora per adesso la forza verde $\vec{F}$u e la forza rossa $\vec{F}$D).

1. Riesco a spostare il peso con una forza orizzontale F01 = 30N? E con una forza F02 = 50N? [**con F01 no** ; **con F02 sì**]
2. Nel caso si muovesse, qual è il valore dell’attrito dinamico? (Figura1, $\vec{F}$D è la forza rossa) [**FD = -30**$\hat{x}$]
3. Nel caso la scatola venisse mossa, con quanta forza sarebbe spinta lungo il piano? Tieni conto che agisce anche $\vec{F}$D [**FtotX = 20N**]

**Figura 1**

1. Qual è il valore della forza vincolare Rv? [**Rv = 100Nŷ**]
2. Come cambiano le risposte a), b), c) d) se oltre ad essere spinta orizzontalmente da $\vec{F}$0 la scatola viene anche sollevata con una forza verticale Fu = 35N? (Figura1)

[**a) sposto la scatola con entrambe le forze** ; **b)** $\vec{F}$**D = -19,5N**$\hat{x}$; **c) FtotX = 10,5N con F01** ; **FtotX = 30,5N con F02**]

**SOLUZ**:

1. affinché la scatola inizi a spostarsi su di essa deve agire una forza orizzontale F0 > Fs,max.

 Calcolo Fs,max: **Fs,max =** μ**S∙FY** → (Fy = Peso = -100N) → **Fs,max = 0,40∙100N = 40N** (nota che per il calcolo di Fs,max si usa solo il modulo di Fy e non il segno)

 Confronto la forza che spinge il corpo con Fs,max:

 **F01 < FS,max** → con F01 non sposto la scatola.

 **F02 > Fs,max** → con F02 riesco a spostare la scatola.

1. Con **F02** il corpo è in movimento e perciò su di esso agisce la forza di attrito dinamico **F**D **= μ**D**∙FY** →

**FD = 0,30∙100N = 30N in modulo** (nota che anche per il calcolo di FD si usa solo il modulo di Fy e non il segno). Il corpo è spinto a destra e perciò $\vec{F}$D punta a sinistra e dunque è negativa: $\vec{F}$**D = -30N**$\hat{x}$

1. Attenti! Adesso sulla scatola agiscono due forze: **F02** e **FD**. Esse sono parallele ma di verso opposto e perciò devono sottrarsi: **FtotX = F02 + FD = 50N + (-30N) = 20N**
2. $\vec{R}$v bilancia la forza premente sul tavolo, che in questo caso è il peso $\vec{P}$ **= -100Nŷ →** $\vec{R}$**v = +100Nŷ**.
3. La forza $\vec{F}$u è applicata verso l’alto, perciò la forza premente diminuisce.

**FtotY = Peso + Fu = -100N + 35N = -65N**. A questo punto, ripeti tutti i calcoli ma con la forza premente = -65N. Otterrai queste soluzioni:

a) adesso anche F01 è in grado di spostare la scatola (Fs,max= 26N).

b) $\vec{F}$D = -19,5N$\hat{x}$

c) FtotX = 10,5N con F01 ; FtotX = 30,5N con F02

d) $\vec{R}$v bilancia la forza premente sul tavolo, che in questo caso è FtotY = -65N → $\vec{R}$v = +65Nŷ.

Bene: adesso ripetiamo la stessa analisi nel caso di forze 2D.

Problema1: la scatola spinta. Una scatola di peso P=100N è posta su di una superficie scabra: i coef. sono μS=0,40 e μD=0,30. Su di essa agisce una forza $\vec{F}$0 = 80N inclinata di 30° sul piano orizzontale (vedi Figura2).

1. Scomponi $\vec{F}$0 in F0x e F0y e poi calcola FtotX e FtotY applicata alla scatola. [**FtotX = 69,3N** ; **FtotY = -60N**]
2. Qual è il valore Fs,max? [**Fs,max = 24N**]
3. La forza $\vec{F}$0 riesce a spostare la scatola? [**Si**]
4. Nel caso si muovesse, qual è il valore dell’attrito dinamico?

[$\vec{F}$**D = -18N**$\hat{x}$]

**Figura 2**

1. Nel caso la scatola venisse mossa, con quanta forza sarebbe spinta lungo il piano? Tieni conto che c’è anche FD. [**FtotX = 51,3N**]
2. Qual è il valore della forza vincolare Rv? [**Rv = 60Nŷ**]

**Soluz:** vi do solo la traccia. E’ evidente che dovete calcolare la forza orizzontale che spinge la scatola (FtotX) e quella verticale che preme sulla superficie (FtotY) sommando $\vec{F}$0 con il peso $\vec{P}$. Dopodiché calcolate FD e Fs,max con le eq. (1) e (2), tenendo conto che la forza premente è FtotY. Il fatto che FtotY sia negativo non ha alcuna importanza! L’eq. (1) e (2) calcolano i moduli e perciò dovete mettere solo il valore assoluto. FD è negativa perché punta a sinistra ed il (+) è a destra.

Come cambiano le risposte a), b), c), d) se $\vec{F}$0 fosse inclinata di 60°?

[**FtotX = 40N**  ; **FtotY = -30,7N** ; **b) Fs,max = 12,3N** ; **c) Sì** ; **d)** $\vec{F}$**D = -9,2N**$\hat{x}$; **e) FtotX = 30,8N** ;

 **f) Rv = 30,7Nŷ**]

Problema2: la scatola con doppia spinta. Una scatola di peso P=100N è posta su di una superficie: i coef. sono μS=0,40 e μD=0,30. Su di essa agisce una forza $\vec{F}$1 di modulo 80N inclinata di 30° sul piano orizzontale e una forza $\vec{F}$2 di modulo 60N inclinata di 50° (vedi Figura3).

1. Scomponi $\vec{F}$1 e $\vec{F}$2 nelle loro componenti e poi calcola FtotX e FtotY sommandole con il peso $\vec{P}$

[**FtotX = 30,7N** ; **FtotY = -14,0N**]

1. Qual è il valore Fs,max? **[Fs,max = 5,6N]**
2. Le forze $\vec{F}$1 e $\vec{F}$2 riescono a spostare la scatola? **[Si]**
3. Nel caso si muovesse, qual è il valore dell’attrito dinamico?

**Figura 3**

**[**$\vec{F}$**D = -4,2N**$\hat{x}$**]**

1. Nel caso la scatola venisse mossa, con quanta forza sarebbe spinta lungo il piano? Tieni conto che c’è anche FD. **[FtotX = 26,5N]**

**Soluzione del Problema1:** Siamo in un caso 2D: la prima cosa da fare è disegnare il SdR e scomporre le forze. Ottengo:

**F**0**x = F**0**∙cos(30°) = 69,3N** ; F0**y = F**0**∙sen(30°) = 40,0N** ; **Py = -100N** (il peso è solo verticale)

1. **FtotX = F**0**x = +69,3N** ; **FtotY = Py + F**0**y = -100N + 40N = -60N**
2. **Fs,max = μS∙FtotY = 0,40∙60N = 24N**
3. Affinché la scatola si muova la spinta orizzontale (FtotX) deve superare Fs,max: perciò calcolo Fs,max:

**Fs,max = μS∙FtotY = 0,40∙60N = 24N**.

**FtotX > Fs,max** → la scatola si muove.

1. **FD = μD∙F⊥** → **FD = 0,30∙60N = 18N →** $\vec{F}$**D = -18N**$\hat{x}$($\vec{F}$D punta a sinistra, cioè nel verso del “-“)
2. **FtotX = F0x + FD = 69,3N + (-18N) = 51,3N**
3. $\vec{R}$v bilancia la forza premente sul tavolo, che in questo caso è FtotY = -60N → $\vec{R}$v = +60Nŷ.