

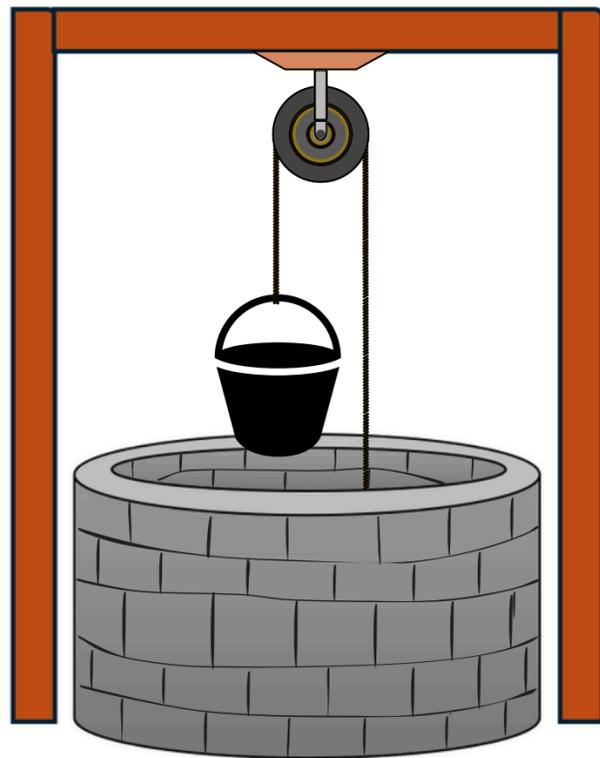
Le carrucole...

e il lavoro diventa un gioco da ragazzi!

LE CARRUCOLE

Introduzione

Avete mai visto una gru in azione o qualcuno che usa un pozzo per tirare su un secchio d'acqua? Cosa rende queste operazioni meno faticose?



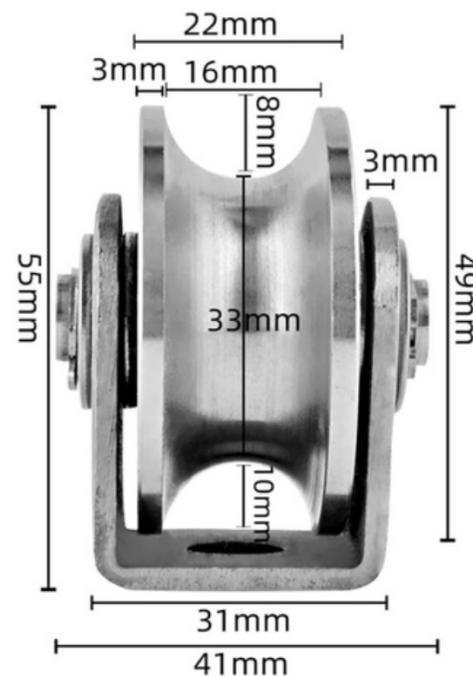
In questa lezione vedremo alcuni dispositivi in grado di sollevare carichi, riducendo lo sforzo necessario!



LE CARRUCOLE

Definizione

La **carrucola** è una macchina semplice costituita da una ruota (“*puleggia*”) con una scanalatura (“*gola*”) lungo il bordo, in cui scorre una corda, una fune o un cavo. Si vedano le figure in basso (le misure sono indicative).



LE CARRUCOLE

Funzione

Le carrucole vengono utilizzate per **sollevare** (o spostare) **carichi**, facilitando il lavoro umano attraverso:

la **riduzione**
dello **sforzo necessario**

e/o

il **cambiamento di direzione**
della **forza applicata**

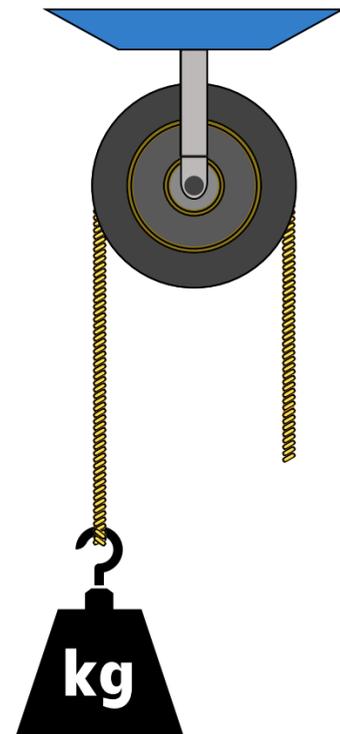


LE CARRUCOLE

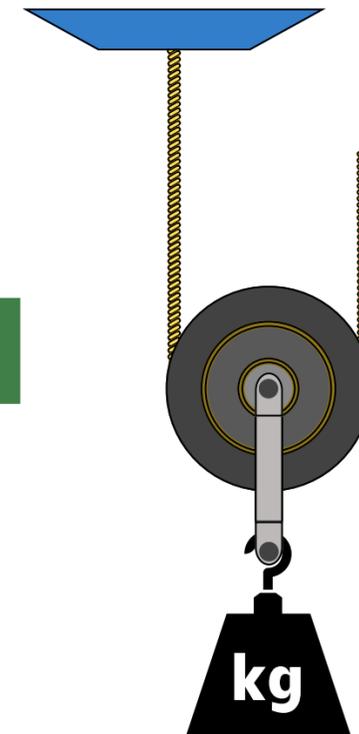
Tipologie

Le carrucole possono essere:

FISSE



MOBILI



LE CARRUCOLE FISSE

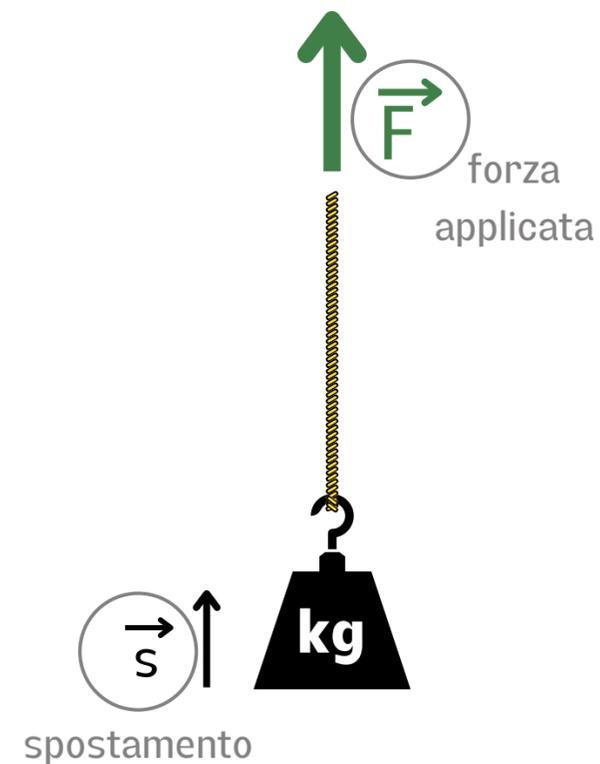
Descrizione

Una carrucola fissa è **ancorata ad un punto stabile** e non si muove durante l'uso (può solo ruotare attorno a tale punto).

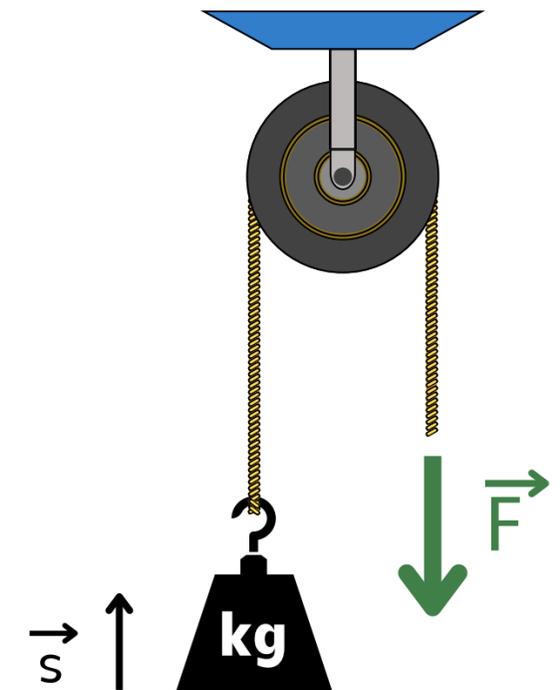
La carrucola fissa **cambia semplicemente la direzione della forza applicata**, risultando utile per sollevare carichi direttamente verso l'alto.

Invece di tirare verso l'alto, tiriamo verso il basso e il carico sale!

SENZA CARRUCOLA



CON CARRUCOLA



LE CARRUCOLE FISSE

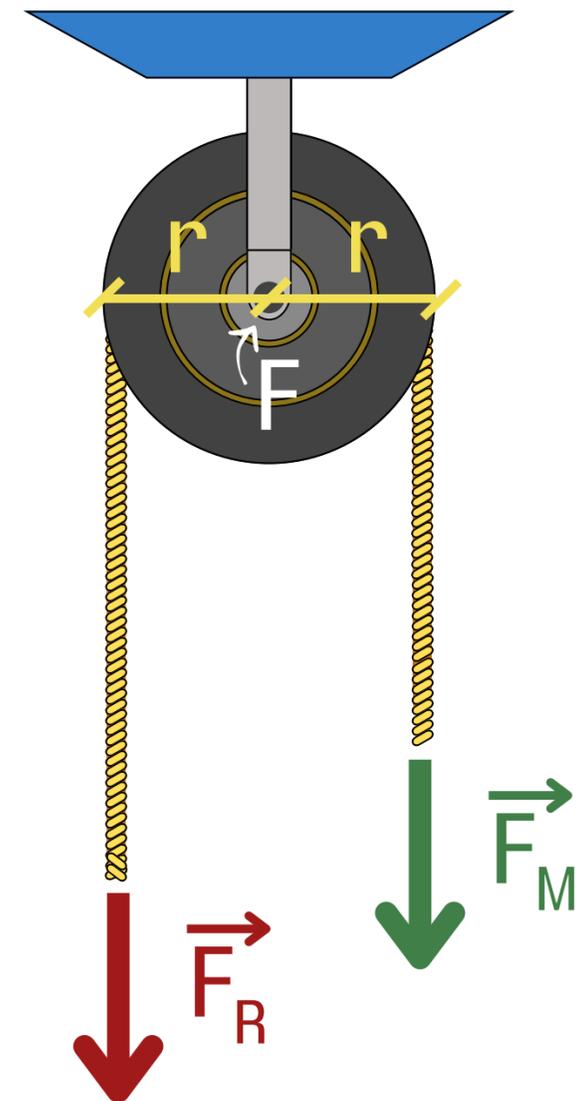
Vantaggio meccanico

Qual è il vantaggio meccanico di una carrucola fissa?

Per rispondere a questa domanda, possiamo rivedere la carrucola come una sorta di leva.

Indichiamo con:

- F_M il modulo della **forza motrice** (forza che applichiamo per sollevare il carico);
- F_R il modulo della **forza resistente** (il peso dell'oggetto da sollevare).
- r il **raggio** della carrucola;
- F il punto intorno al quale la carrucola ruota.



LE CARRUCOLE FISSE

Vantaggio meccanico

Ma come ricaviamo la leva equivalente?

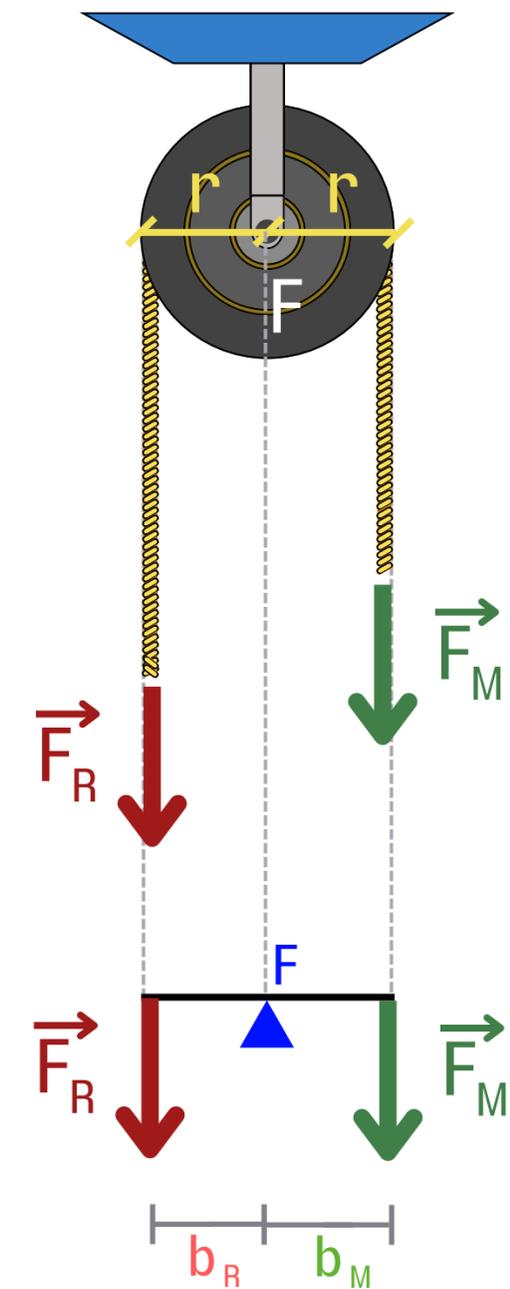
Basta tracciare le proiezioni come in figura!

Si vede subito (graficamente) che:

- il fulcro è in posizione intermedia (\rightarrow leva di 1° genere);
- i bracci delle due forze sono uguali al raggio della carrucola ($b_M = b_R = r$).

La leva equivalente, dunque, è una leva di **1° genere indifferente!** \rightarrow **VANTAGGIO MECCANICO = 1**

$$V.M. = \frac{b_M}{b_R} = \frac{r}{r} = 1$$



LE CARRUCOLE FISSE

Vantaggio pratico

Ma allora perché usiamo la carrucola fissa?

Il **vantaggio pratico** è dato dal cambiamento della direzione di applicazione della forza. Questo vantaggio dipende da fattori ergonomici e fisici:

1. Forza di gravità

Quando tiriamo verso il basso, la forza muscolare che applichiamo si somma alla forza di gravità che agisce sul nostro corpo. Questo ci permette di sfruttare il nostro peso come aiuto naturale, rendendo l'azione più facile e meno faticosa rispetto a spingere o tirare verso l'alto.



LE CARRUCOLE FISSE

Vantaggio pratico

2. Postura e ergonomia

Tirare verso il basso permette di assumere una posizione più stabile ed efficiente:

- possiamo utilizzare la schiena e le gambe per aiutare i muscoli delle braccia;
- è più naturale lavorare con il peso corporeo verso il basso rispetto a tirare sopra la testa, dove i muscoli sono in una posizione meno vantaggiosa.

3. Controllo del carico

Tirare verso il basso offre maggiore controllo e precisione sul movimento del carico, perché possiamo regolare la forza applicata più facilmente rispetto a una trazione verso l'alto.



LE CARRUCOLE FISSE

Vantaggio pratico

4. Distribuzione dello sforzo

Quando tiriamo verso il basso, il lavoro viene distribuito su più gruppi muscolari (spalle, braccia, schiena e gambe), riducendo lo stress sulle varie parti del corpo. Tirare verso l'alto, invece, coinvolge principalmente i muscoli delle braccia e delle spalle, che si affaticano più rapidamente.

Un esempio pratico:

Immagina di sollevare una scatola pesante con una corda legata direttamente al carico:

- senza carrucola: devi tirare verso l'alto, contro la forza di gravità, facendo tutto il lavoro con le braccia.
- con carrucola fissa: tirando verso il basso, puoi sfruttare il tuo peso corporeo e distribuire meglio lo sforzo, anche se il lavoro totale è lo stesso.



LE CARRUCOLE MOBILI

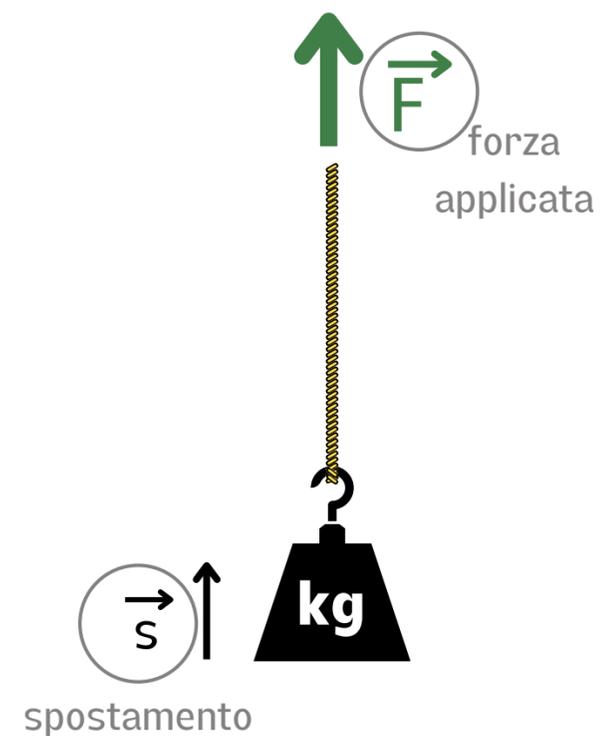
Descrizione

Una carrucola mobile **si muove insieme al carico** (il carico è collegato direttamente alla carrucola).

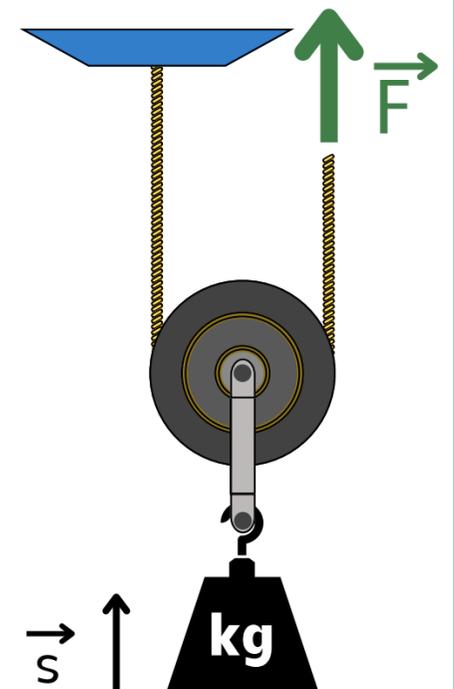
La carrucola mobile non cambia la direzione della forza applicata (tirando verso l'alto, la carrucola ruota e trasla, "avvolgendosi" attorno alla fune → il carico sale)!

Tale carrucola, tuttavia, è vantaggiosa in quanto **riduce lo sforzo necessario per sollevare l'oggetto**.

SENZA CARRUCOLA



CON CARRUCOLA



LE CARRUCOLE MOBILI

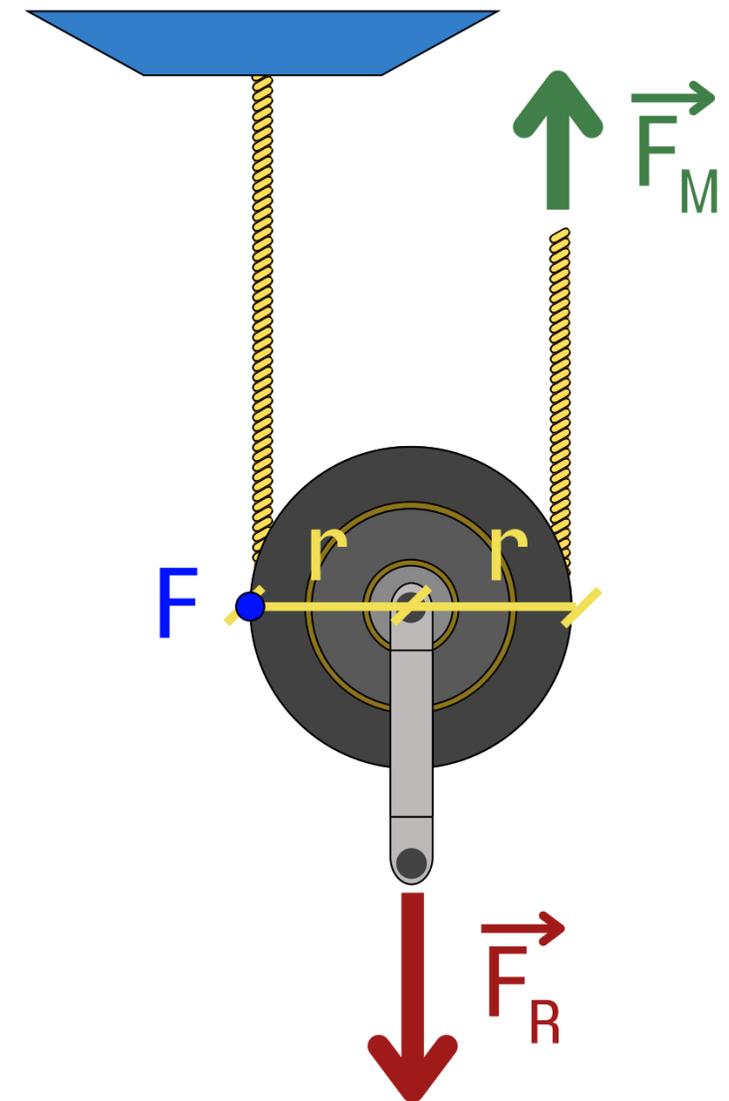
Vantaggio meccanico

Qual è il vantaggio meccanico di una carrucola mobile?

Per rispondere a questa domanda, possiamo rivedere la carrucola come una sorta di leva.

Indichiamo con:

- F_M il modulo della **forza motrice** (forza che applichiamo per sollevare il carico);
- F_R il modulo della **forza resistente** (il peso dell'oggetto da sollevare).
- r il **raggio** della carrucola;
- F il **punto di istantanea rotazione** attorno al quale la carrucola "si avvolge".



LE CARRUCOLE MOBILI

Vantaggio meccanico

Ma come ricaviamo la leva equivalente?

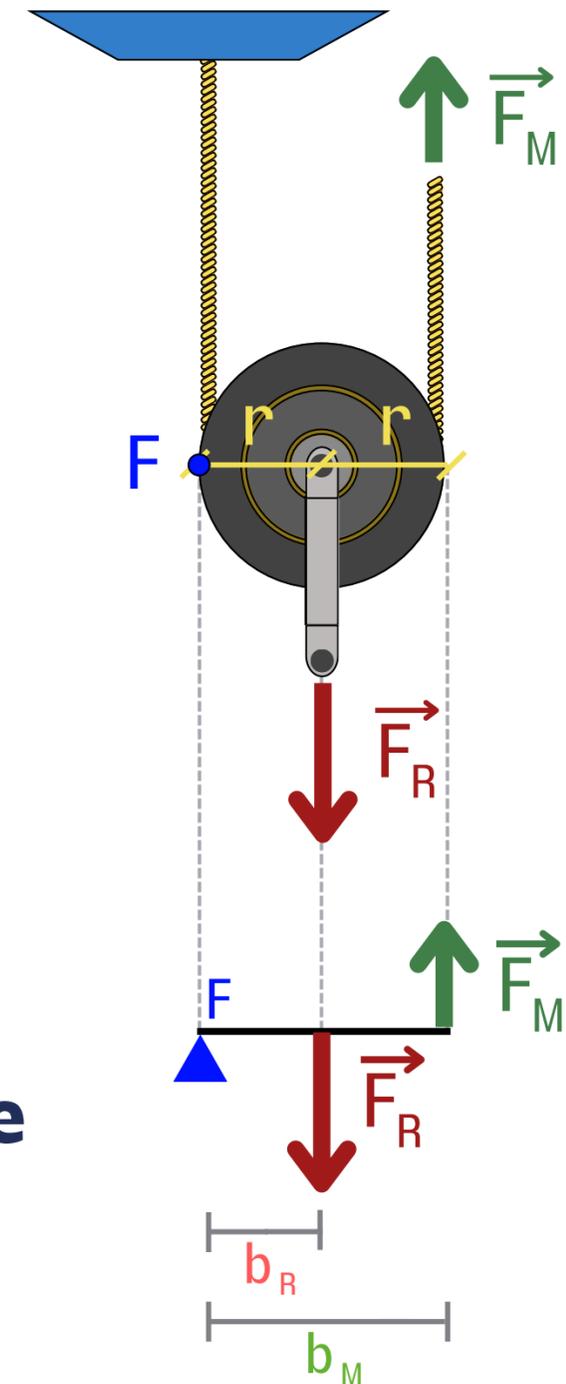
Basta tracciare le proiezioni come in figura!

Si vede subito (graficamente) che:

- la forza resistente è in posizione intermedia (\rightarrow leva di 2° genere);
- il braccio della forza motrice è uguale al diametro della carrucola ($b_M = 2r$);
- il braccio della forza resistente è uguale al raggio della carrucola ($b_R = r$).

La leva equivalente, dunque, è una leva di **2° genere vantaggiosa!** \rightarrow **VANTAGGIO MECCANICO = 2**

$$V.M. = \frac{b_M}{b_R} = \frac{2r}{r} = 2$$



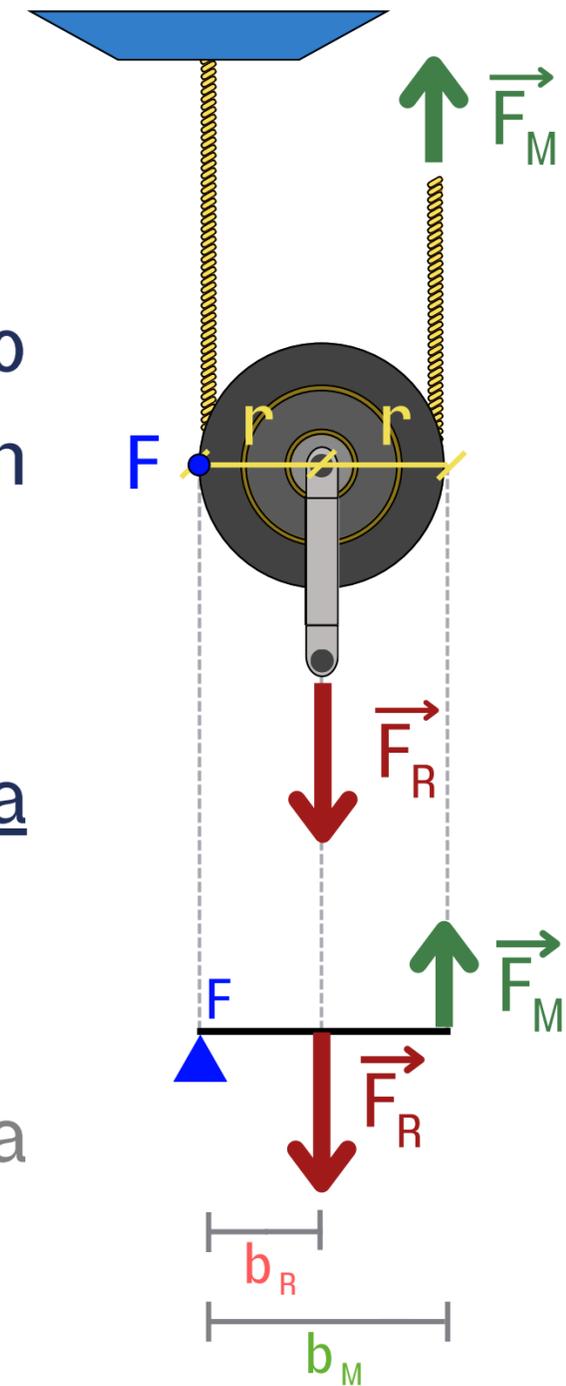
LE CARRUCOLE MOBILI

Vantaggio meccanico

Con la carrucola mobile, in definitiva, perdiamo il vantaggio pratico di sollevare il carico in modo “comodo” (come avviene con la carrucola fissa), ma riduciamo lo sforzo.

Avere un vantaggio meccanico pari a 2, infatti, equivale a raddoppiare la nostra forza!

(Si ricordi che il V.M. indica quanto la leva moltiplica la forza applicata per vincere la resistenza).



CARRUCOLE FISSE VS CARRUCOLE MOBILI

Sintesi:

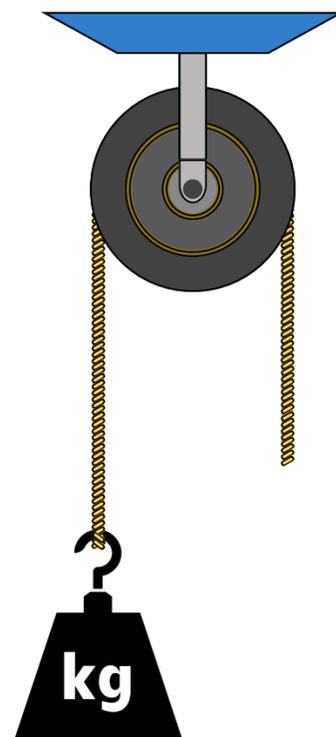
CARRUCOLE FISSE

VANTAGGIO MECCANICO = 1

Per sollevare un carico si applica una forza pari al peso dell'oggetto!

VANTAGGIO PRATICO: SI

Il sollevamento del carico avviene in posizione "comoda"!



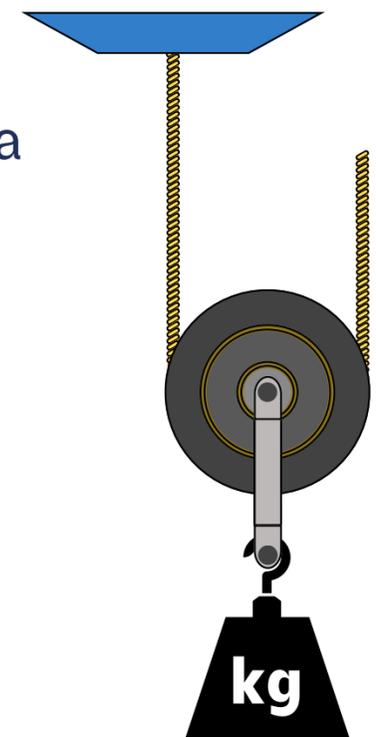
CARRUCOLE MOBILI

VANTAGGIO MECCANICO = 2

Per sollevare un carico si applica una forza pari a metà del peso dell'oggetto!

VANTAGGIO PRATICO: NO

Il sollevamento del carico avviene in posizione "scomoda"!



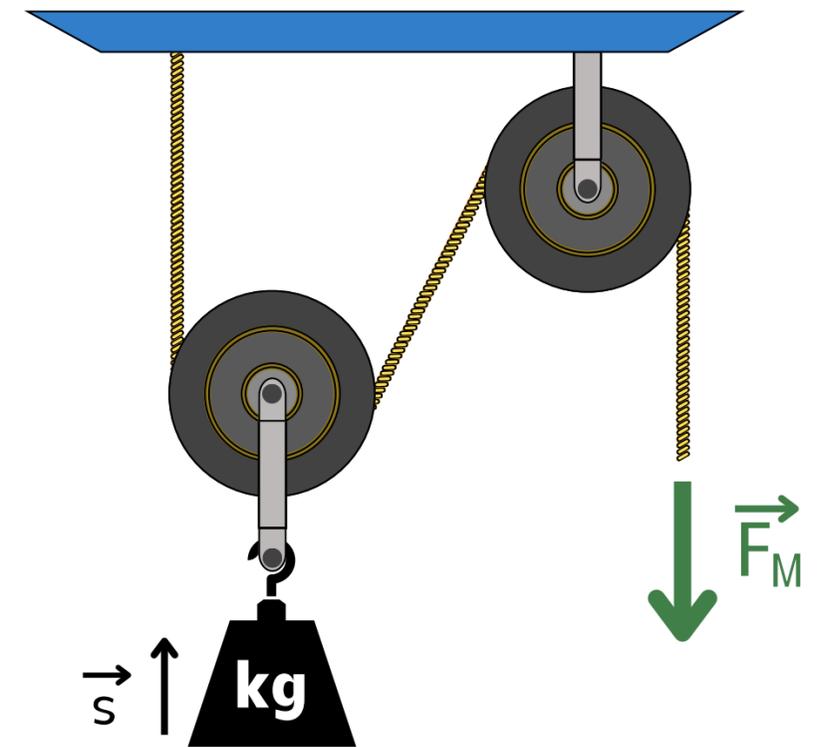
SISTEMI DI CARRUCOLE

Descrizione

Combinando una carrucola fissa con una mobile, è possibile ottenere sia il **vantaggio meccanico** di applicare uno sforzo minore, sia quello **pratico** di sollevare il carico in posizione “comoda”.

Come si vede dallo schema a lato, infatti, la carrucola mobile ci consente di dimezzare la forza motrice necessaria per sollevare il carico. Allo stesso tempo, la carrucola fissa ci consente di “tirare verso il basso”!

Su questo principio si basa il funzionamento del **paranco**!



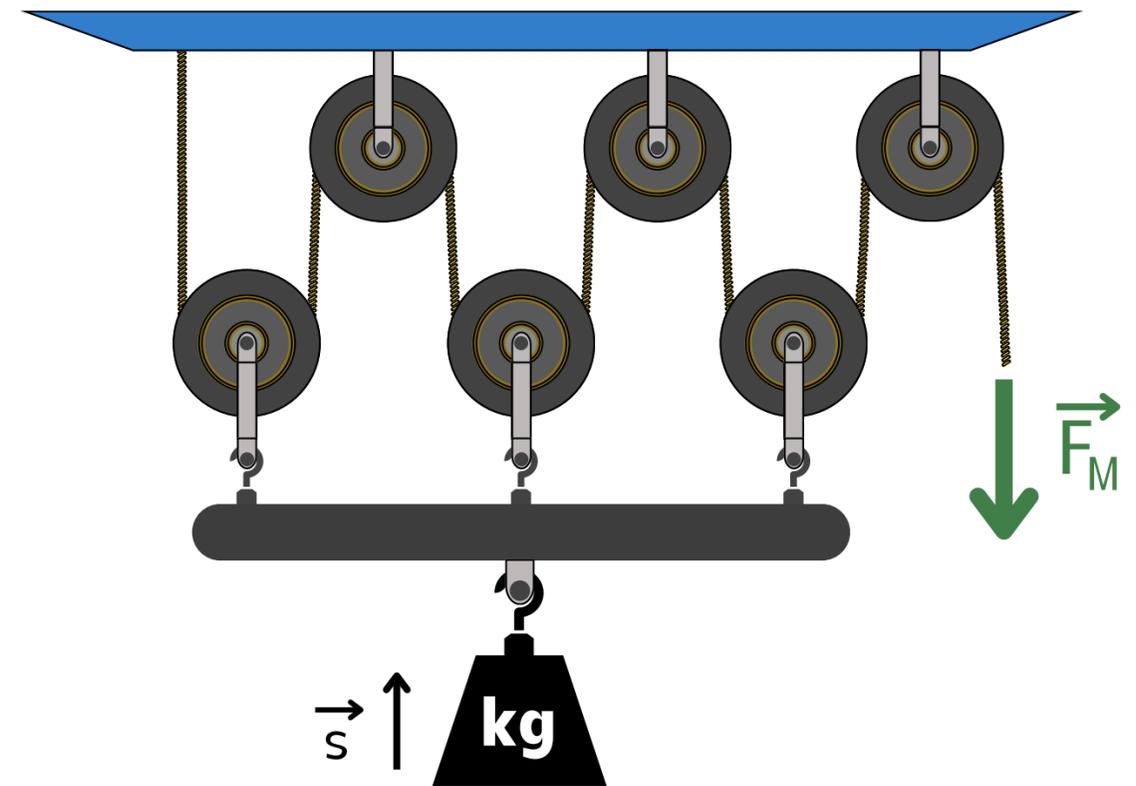
PARANCO

Descrizione

Il **paranco** è un sistema di carrucole composto da più carrucole fisse e mobili. Consente di sollevare carichi molto pesanti utilizzando una combinazione di vantaggi meccanici e pratici.

La forza necessaria per sollevare il carico, infatti, è nettamente inferiore rispetto al peso del carico stesso.

Il sollevamento, inoltre, avviene in posizione “comoda”.



PARANCO

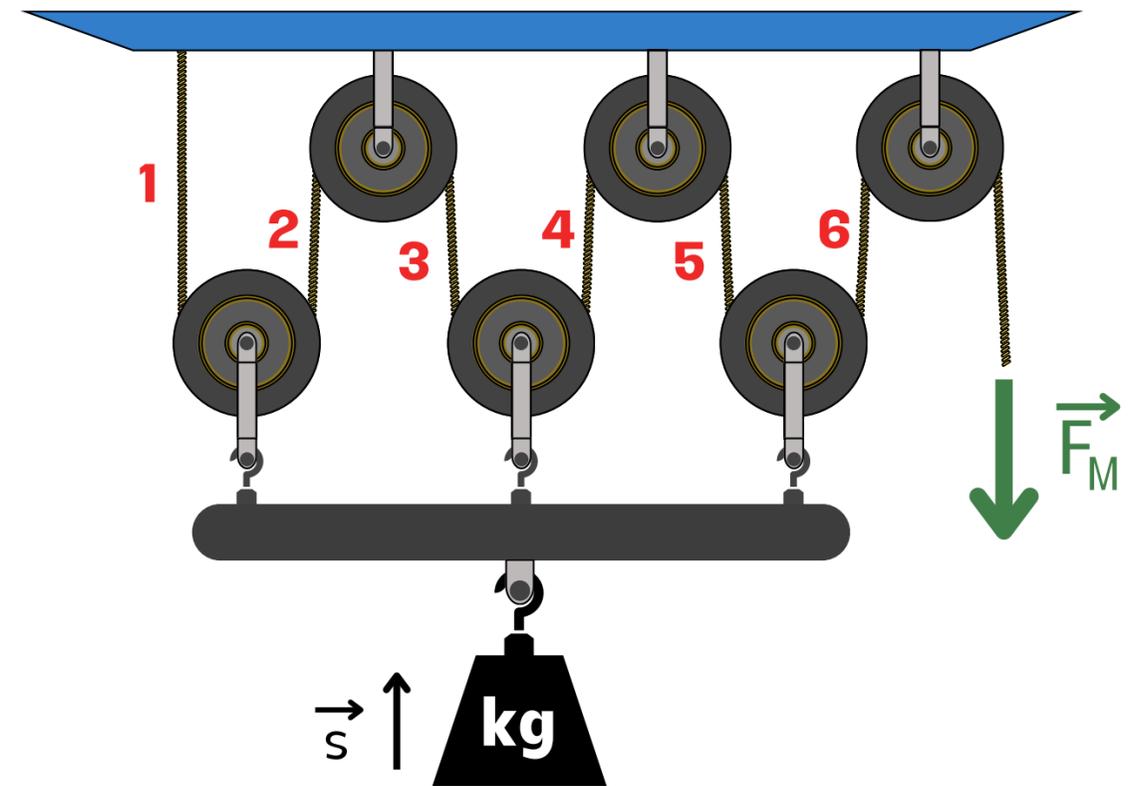
Vantaggio meccanico

Per valutare il vantaggio meccanico di un paranco, è sufficiente contare il **numero di sezioni di corda che supportano il carico** (non si considera il tratto della corda che viene tirato manualmente, perché non "sostiene" il carico, ma lo muove.)

$$V.M. = N \rightarrow \text{numero di sezioni di corda che supportano il carico}$$

Nell'esempio in figura, è facile constatare che il vantaggio meccanico è pari a 6! Quindi se **P** è il peso dell'oggetto da sollevare, la forza motrice è pari a:

$$F_M = \frac{P}{6}$$



PARANCO

Vantaggio meccanico

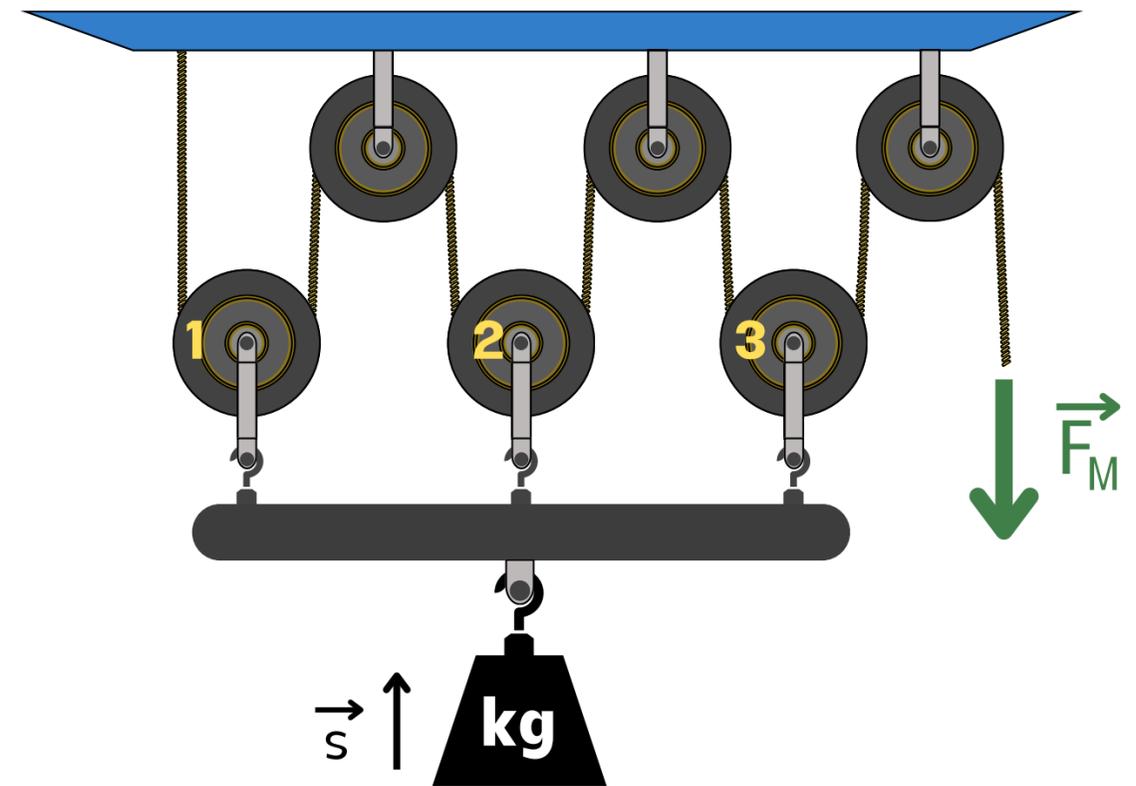
In alternativa, potremmo calcolare il V.M. del paranco moltiplicando il numero delle carrucole mobili per 2:

Nell'esempio in figura, infatti, avremmo ottenuto nuovamente un vantaggio meccanico pari a 6!

$$V.M. = 2 \cdot n_{cm} = 2 \cdot 3 = 6$$

Se, tuttavia, alcune carrucole mobili non sostengono direttamente il carico (ad esempio, se sono incluse per cambiare la direzione della corda ma non agiscono sul carico), non contribuiscono al V.M.! Quindi attenzione all'applicazione di questo metodo!!!

$$V.M. = 2 \cdot n_{cm} \rightarrow \text{numero carrucole mobili}$$

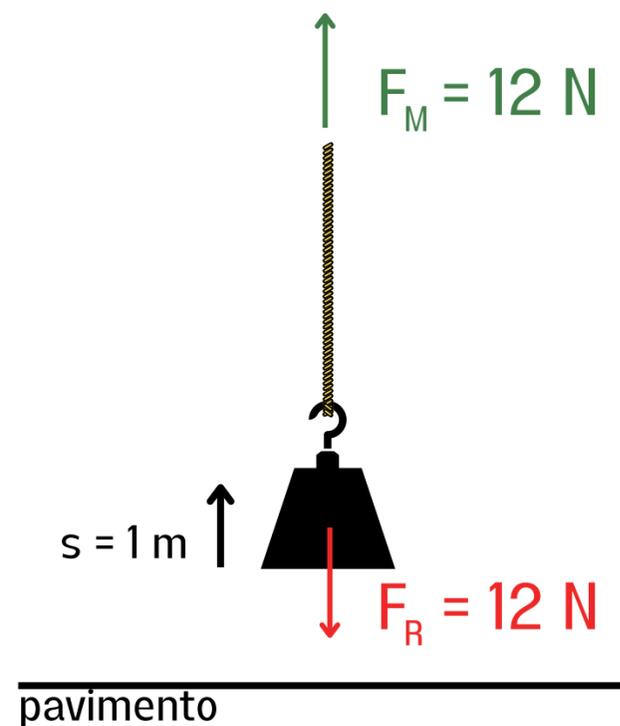


PARANCO

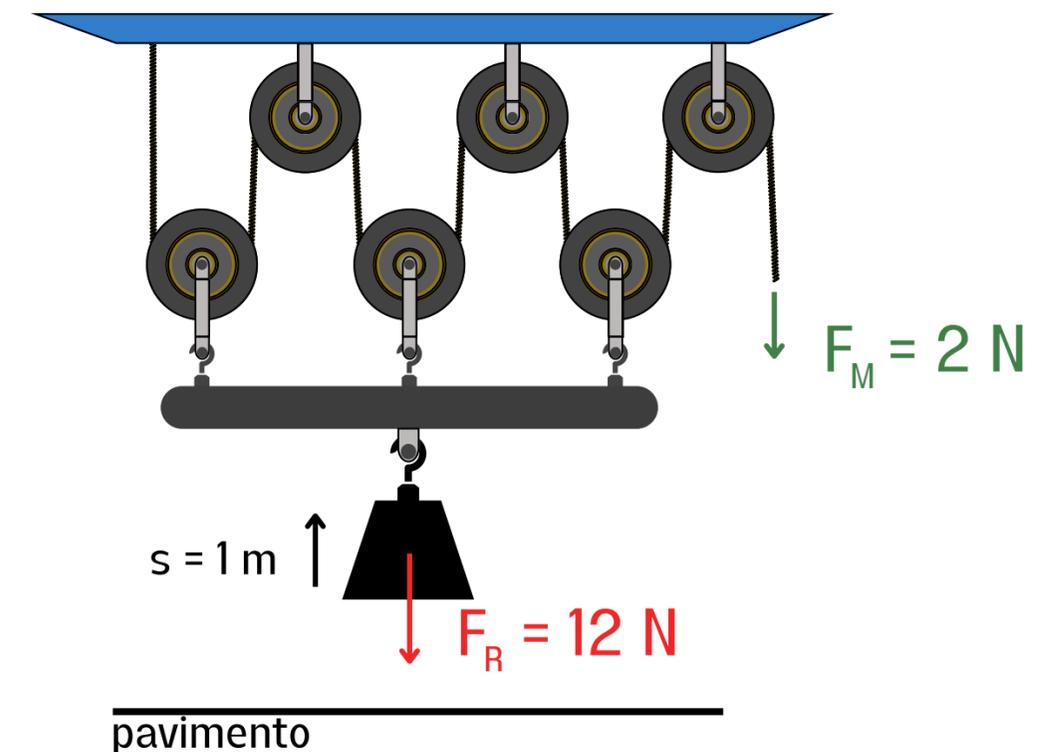
Osservazione n. 1:

Immaginiamo di sollevare lo stesso carico ($P = 12 \text{ N}$) ad un metro d'altezza ($h = 1 \text{ m}$), in due modi diversi:

1) tirandolo semplicemente verso l'alto:



2) utilizzando un paranco:

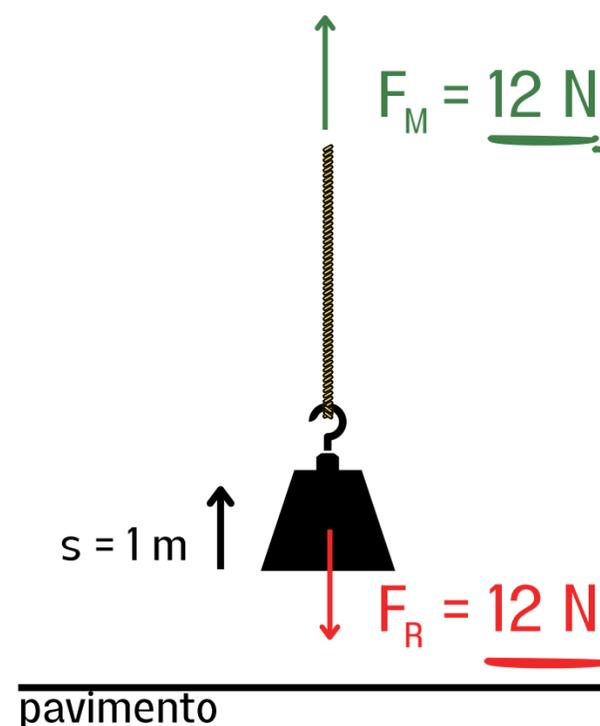


PARANCO

Osservazione n. 1:

Valutiamo il lavoro compiuto nel caso 1 (quando tiriamo semplicemente verso l'alto).

Per sollevare il carico di 1 metro, tiriamo la corda di 1 metro!



$$L = F_M \cdot s = 12 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} = 12 \text{ J}$$

Alla fine del percorso, il carico avrà un'energia potenziale gravitazionale pari a:

$$U_g = P \cdot h = 12 \text{ N} \cdot 1 \text{ m} = 12 \text{ J}$$

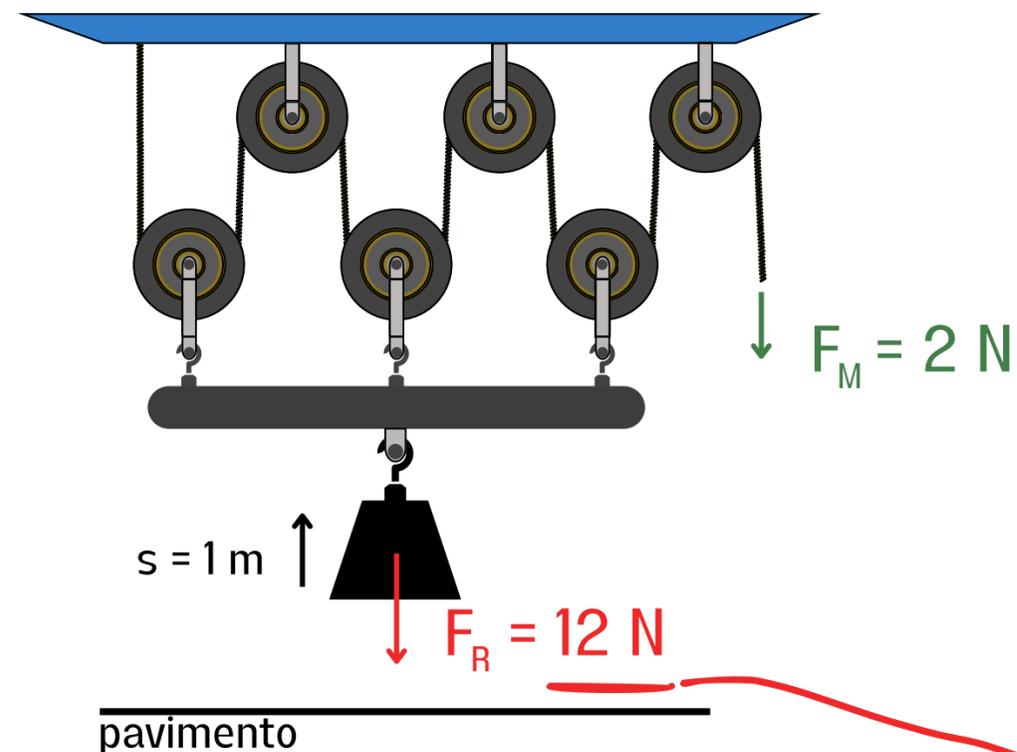


PARANCO

Osservazione n. 1:

Valutiamo ora il lavoro compiuto nel caso 2 (quando usiamo il paranco).

Per sollevare il carico di 1 metro, tiriamo la corda di ... ?!?



Per rispondere alla domanda dobbiamo ragionare sul fatto che **il lavoro è lo stesso del caso precedente**, ma lo stiamo eseguendo in modo diverso!

E d'altra parte il carico, alla fine del percorso, avrà un'energia potenziale gravitazionale sempre pari a:

$$U_g = P \cdot h = 12\text{ N} \cdot 1\text{ m} = 12\text{ J}$$

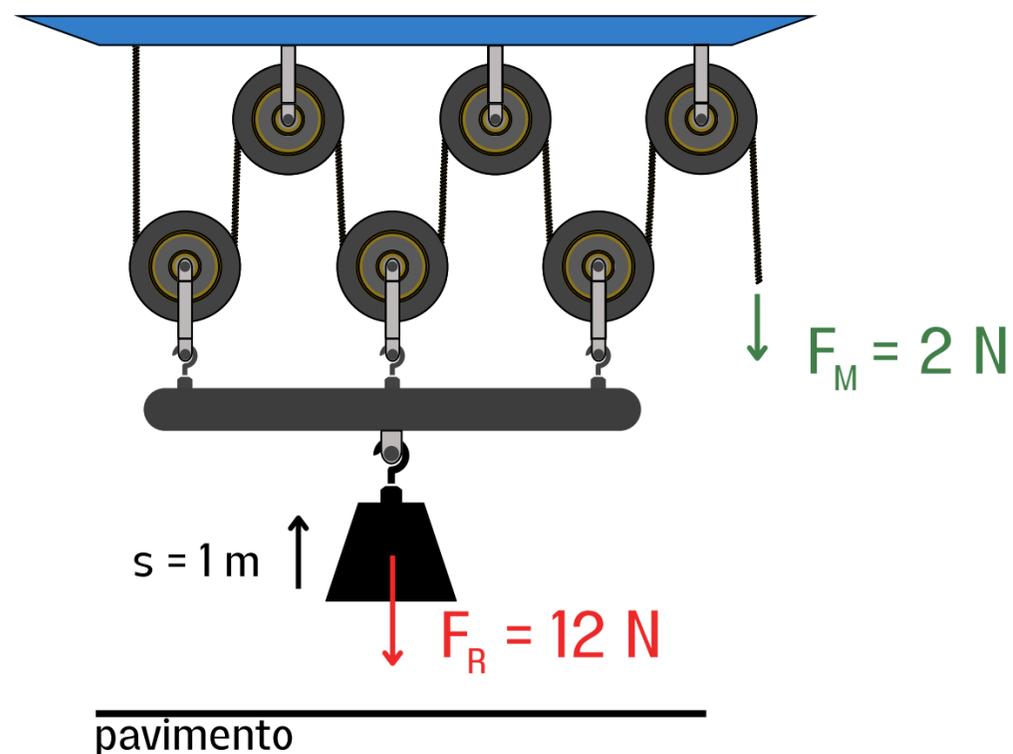


PARANCO

Osservazione n. 1:

E' facile allora valutare di quanto dobbiamo tirare la corda per sollevare il carico di 1 metro.

E' sufficiente ricavarlo dalla formula del lavoro!



$$L = F_M \cdot s \quad \Rightarrow \quad s = \frac{L}{F_M} = \frac{12\text{ J}}{2\text{ N}} = 6\text{ m}$$

Per sollevare il carico di 1 metro, dobbiamo tirare 6 metri di corda! Come dire: per compiere lo **stesso lavoro**, applichiamo una **forza minore** a fronte di un **percorso maggiore!**

La conseguenza è che il **sollevamento** avverrà in modo **più lento** rispetto al caso 1.



CARRUCOLE E SISTEMI DI CARRUCOLE

Osservazione n. 2:

Quando parliamo di vantaggio meccanico, dovremmo più correttamente definirlo come **vantaggio meccanico teorico**!

Questo perché il **vantaggio meccanico reale** è sempre leggermente inferiore a quello teorico a causa di diversi fattori che determinano dissipazione di energia:

- attrito tra la corda e le carrucole;
- deformazione elastica della corda.



Fine lezione