



# La catena di assicurazione



A cosa serve la corda ?



A trattenere una eventuale caduta

Solo questo ?

Che cosa succede al momento dell'arresto di una caduta ?

L'arrampicatore avverte uno "strappo"

Quanto è violento questo "strappo" ?

Può essere dannoso ?

Può essere evitato ?

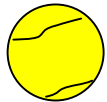
Può essere reso meno traumatico ?



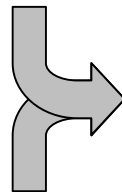
# Che cosa succede quando un oggetto cade ?



## Oggetto libero o svincolato



Un oggetto fermo sollevato rispetto al terreno possiede una certa energia



Dove "va a finire" l'energia "mancante" ?

Un oggetto fermo sul terreno possiede energia = 0



L'energia si conserva à non può andare "persa"

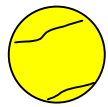
L'energia si trasferisce al **terreno** e all'**oggetto** sotto forma di calore e deformazione generati dall'**impatto**



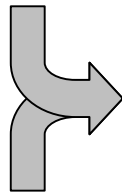
# Che cosa succede quando un oggetto cade ?



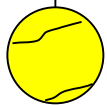
## Oggetto vincolato



Un oggetto fermo sollevato rispetto al terreno possiede una certa energia



Dove "va a finire" l'energia "mancante" ?



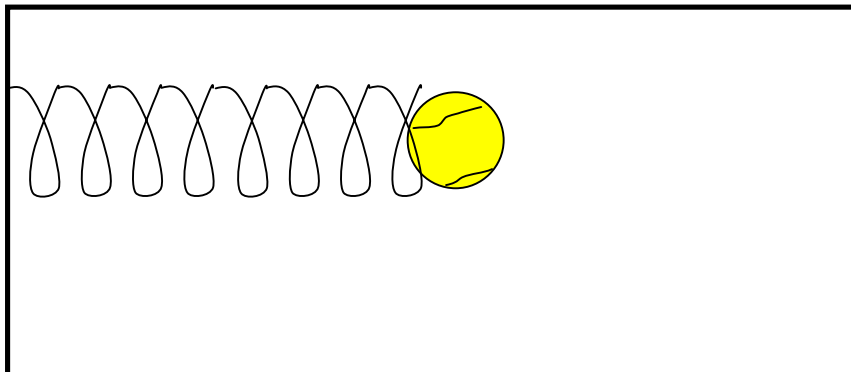
Se l'oggetto cade e rimane sospeso ad un filo ad altezza minore possiede energia minore

L'energia si conserva à non può andare "persa"

L'energia si trasferisce al **vincolo** e all'**oggetto** sotto forma di calore e deformazione generati dallo "**strappo**" avvertito sul vincolo e sull'oggetto

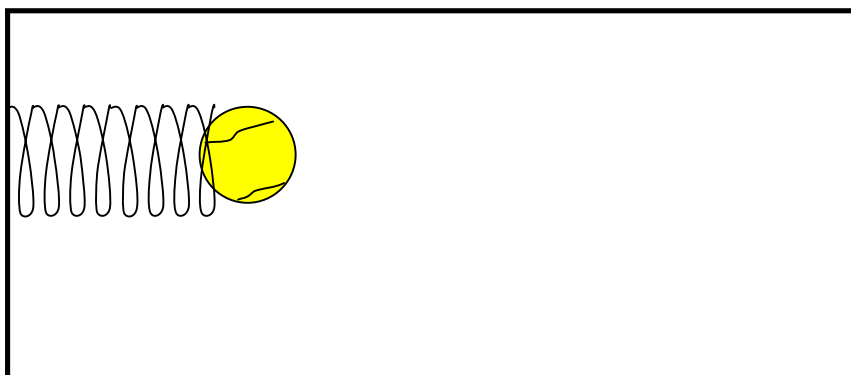


## L'energia



La pallina possiede una certa energia: se rilascio la molla questa verrà lanciata con una certa velocità

Una volta lanciata la pallina rimbalzerà contro le pareti: ad ogni rimbalzo "perderà" un po' di energia fino a che si fermerà



Maggiore energia "potenziale"

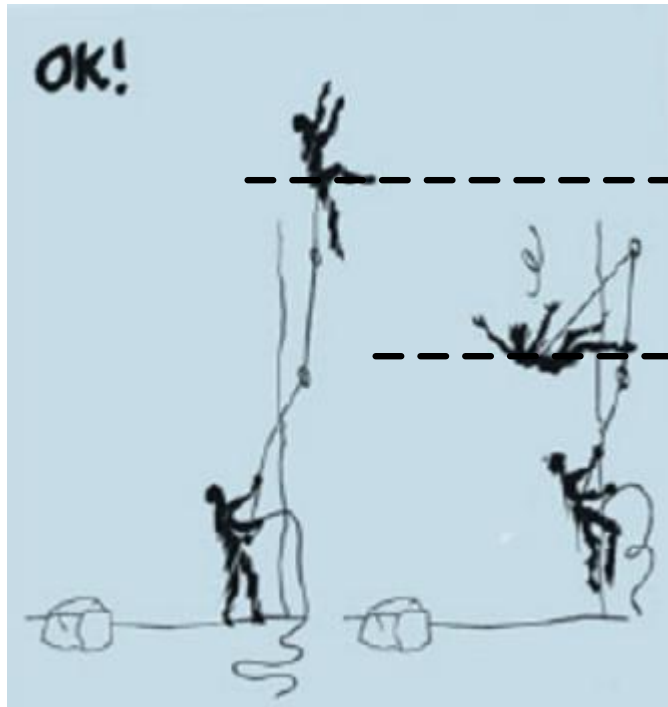
La pallina sarà scagliata con maggiore velocità

Ci vorranno più urti con le pareti rispetto a prima per esaurire la velocità della pallina

L'energia si "trasforma"

energia potenziale  $\rightarrow$  energia cinetica  $\rightarrow$  calore/deformazione  
**posizione** **velocità** **dissipazione**

# Che cosa è veramente lo "strappo" ?



L'arrampicatore ha una certa energia

L'arrampicatore ha energia minore

L'energia "di posizione" che si "perde" nella caduta si trasferisce all'arrampicatore, alla corda, all'imbracatura sotto forma di calore e/o deformazione generati dallo "strappo"

**Lo "strappo" è una FORZA che si sviluppa contestualmente alla dissipazione di energia**



# La forza



## Le unità di misura

---

**N** - Newton, unità di misura della forza nel sistema internazionale S.I.; forza che applicata ad una massa di 1 kg, le imprime l'accelerazione di  $1 \text{ m/s}^2$ .

---

**daN** deca Newton cioè 10 N; spesso usato perchè equivale a circa 1 kg peso.

---

**kN** kilo Newton cioè 1000 N.

---

**kg peso** unità di misura della forza, nel sistema tecnico, fuori norma ma ancora frequentemente usata nella pratica; viene definito come il peso del campione di platino-iridio depositato a Sevres, in un luogo dove l'accelerazione di gravità ha un valore di  $9,80665 \text{ m/s}^2$ .

Valgono a proposito le seguenti relazioni:

$$1 \text{ kg peso} = 9.81 \text{ N} = 0.981 \text{ daN},$$
$$1 \text{ N} = 0.102 \text{ kg peso},$$
$$1 \text{ daN} = 1.02 \text{ kg peso},$$
$$1 \text{ kN} = 102 \text{ kg peso}$$


## Riassumiamo

caduta  $\rightarrow$  passaggio da uno stato ad energia maggiore ad uno stato ad energia minore

La differenza di energia fra i due stati può essere vista in termini di

- posizione: un oggetto che sta più in alto possiede più energia di un oggetto che sta più in basso
- velocità: un oggetto che ha una certa **velocità**, possiede più energia di un oggetto fermo o che ha velocità inferiore

Durante la caduta l'energia di posizione si trasforma in energia di movimento; al termine della caduta rimane una energia di posizione minore di quella di partenza

L'energia totale del "sistema" si conserva

La differenza di energia viene assorbita dal vincolo (corda) e dall'oggetto che cade (arrampicatore)  $\rightarrow$  conseguente **sviluppo di una forza** che agisce sul vincolo e sull'oggetto, loro deformazione e dissipazione di calore



# Riassumiamo



**Prima del volo:** energia = E

tutta di posizione (energia di moto = 0)

**Dopo il volo:** energia < E

tutta di posizione (energia di moto = 0)

**Durante il volo:** energia = E

decrece mano a mano l'energia di posizione  
cresce mano a mano l'energia di moto

L'energia mancante è finita nella catena di sicurezza e nel corpo dell'arrampicatore



## Energia e forza



**Energia** = capacità di un oggetto di compiere una azione

↳ **accumulo**

(proporzionale alla quantità di calore accumulata, alla velocità acquistata, all'altezza raggiunta...)

**Forza** = sollecitazione generata dal compimento dell'azione

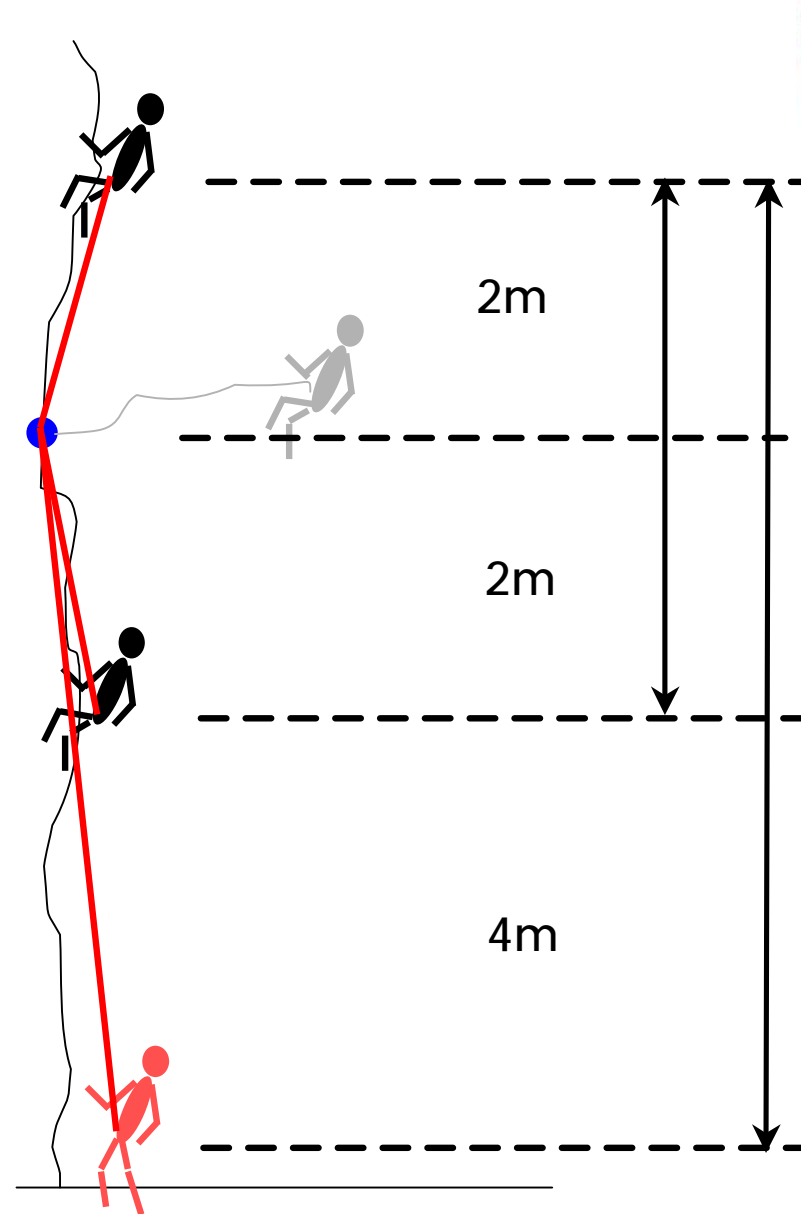
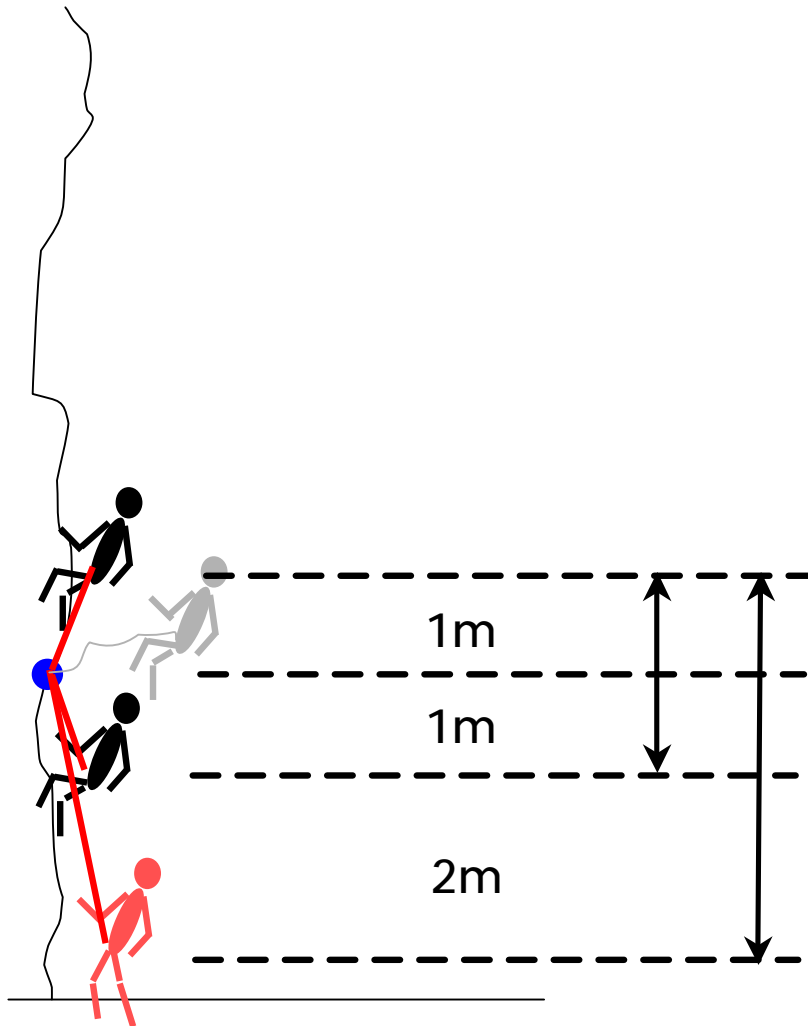
↳ **sfogo**

# Più energia = più forza ?

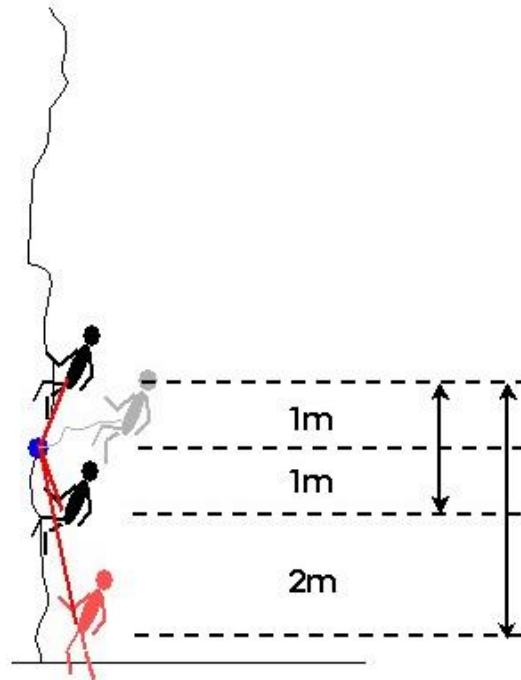
Ad un maggiore accumulo corrisponde un maggiore sfogo ?



Più energia = più forza ?



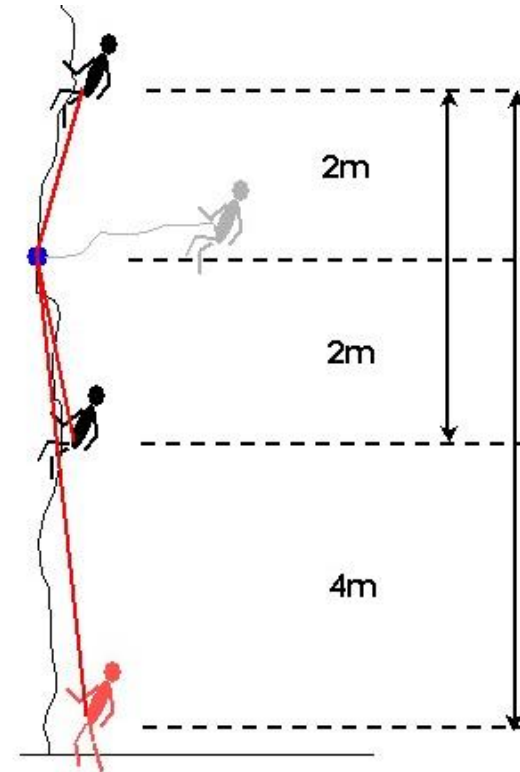
# Più energia = più forza ?



2 metri di volo

4 metri di corda sviluppata

Energia da dissipare: dipende dall'altezza della caduta



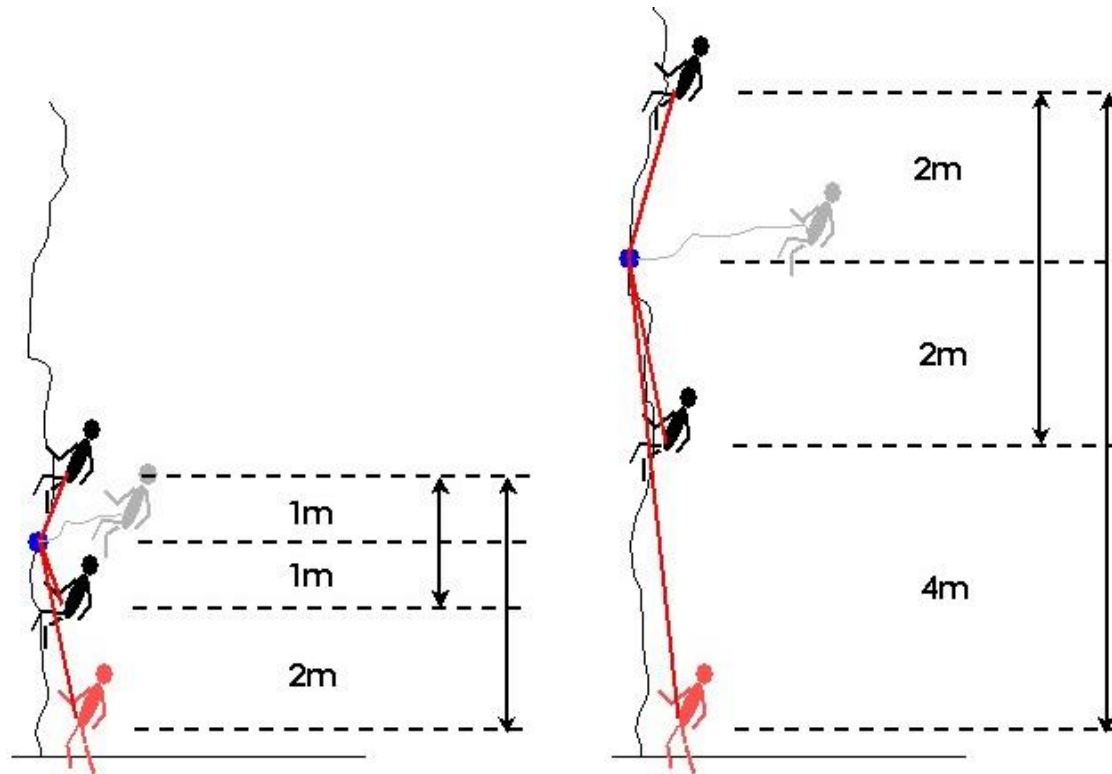
4 metri di volo

8 metri di corda sviluppata

L'energia da dissipare è doppia rispetto a prima !



Più energia = più forza ?



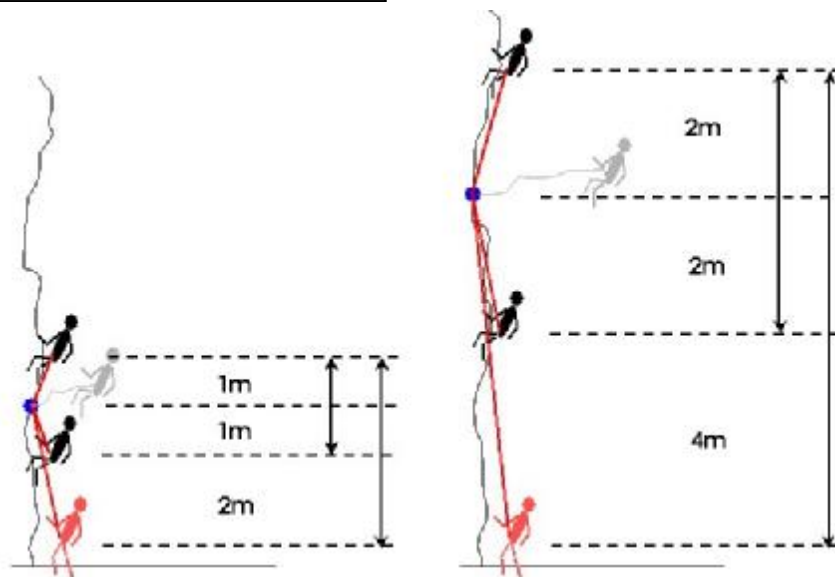
Da che cosa dipende la forza sviluppata sulla corda e sull'arrampicatore ?

Dall'energia ? Solo da questa ?

Dove va a finire l'energia da dissipare ?



Più energia = più forza ?



Dove va a finire l'energia da dissipare ?

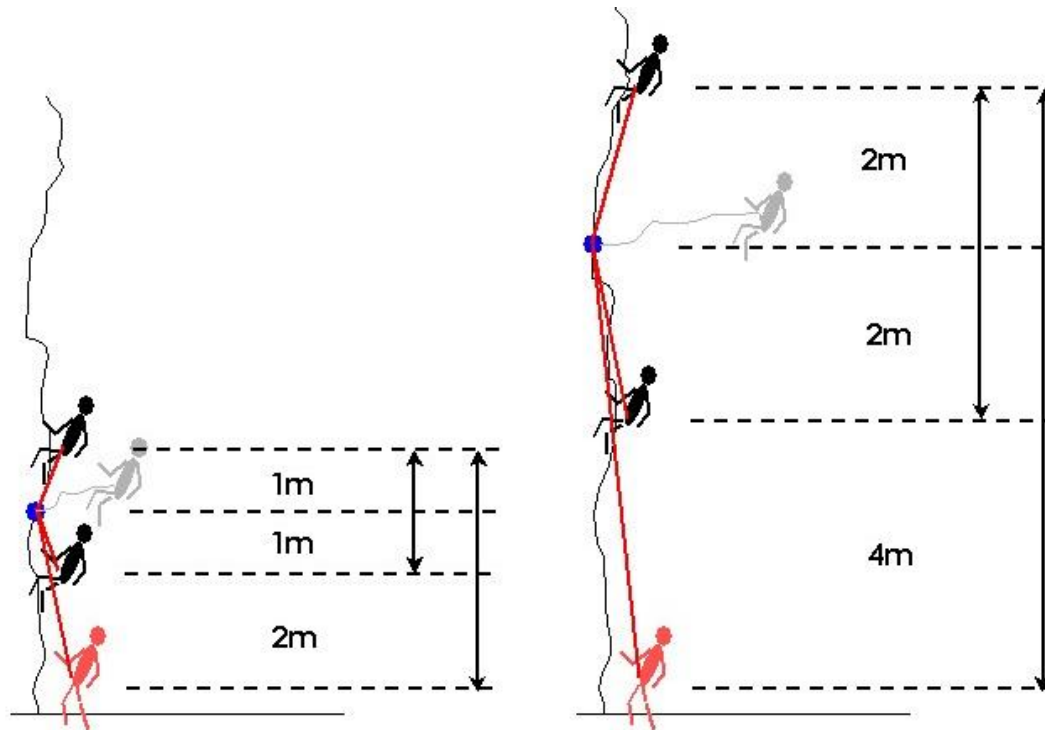
Nella catena di sicurezza (soprattutto nella **corda** !)

E come fa la corda a dissipare l'energia ? Si allunga ! Più si allunga, minore è la forza che si sviluppa nelle sue fibre (pensa all'elastico...)

Ok... leggo sulle specifiche che la corda si allunga di un 8% massimo. Questo vuol dire che ad una maggiore lunghezza di corda interessata dal volo corrisponderà un maggiore allungamento...



Più energia = più forza ?



... quindi: maggiore il tratto di corda su cui volo, migliore è la dissipazione, minore è la forza sviluppata

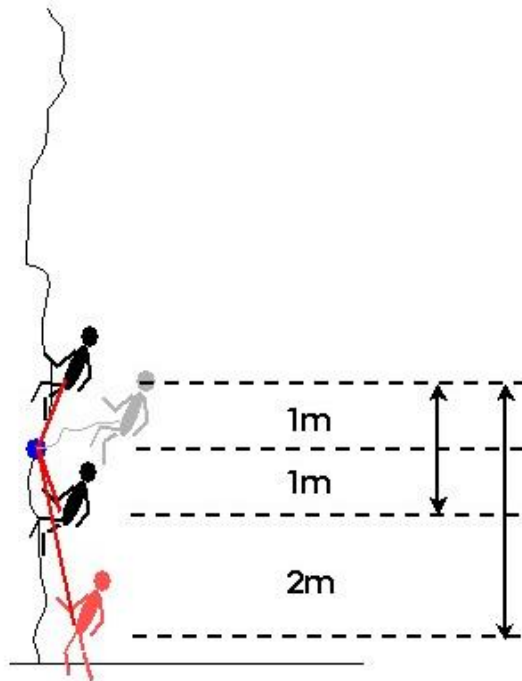
E quanti sono i metri di corda su cui si dissipa l'energia nei due casi ?

Ahhh... nel caso 2 la quantità di corda che assorbe l'energia dissipata è doppia rispetto al caso 1...

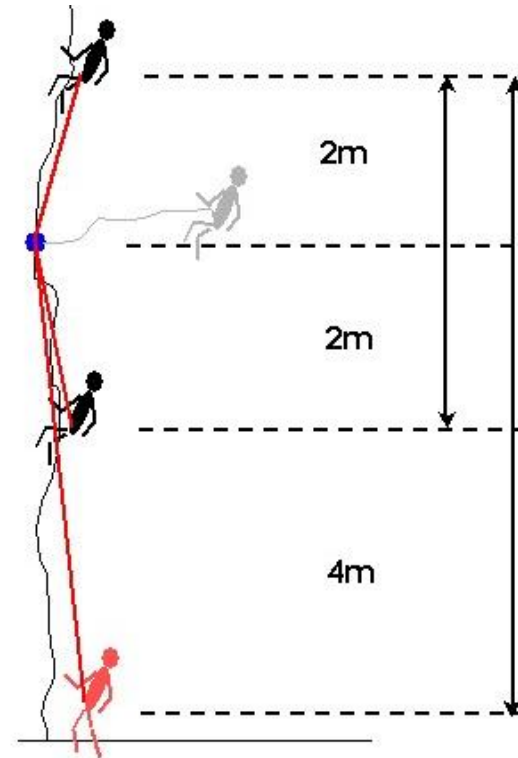


Più energia = più forza ?

...quindi...



Energia  $E$  da assorbire  
in 4m di corda

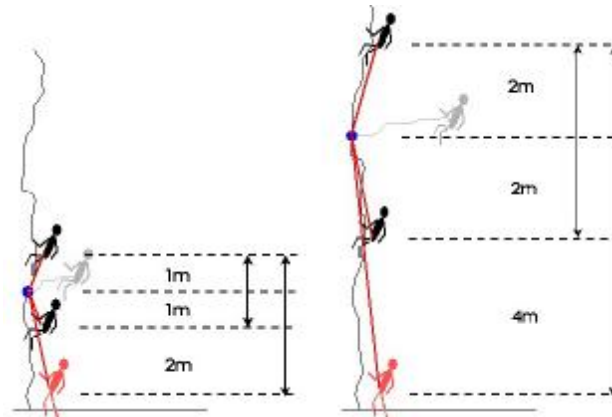


Energia  $2E$  da assorbire  
in 8m di corda

... vuoi vedere che la forza sviluppata nella corda è la stessa ? ...



# La forza di arresto



Dipende da:

- quant'è l'energia da dissipare

↳ cioè dall'altezza del volo e dal peso dell'arrampicatore

- quanto efficacemente si può distribuire l'energia nel mezzo che la deve dissipare → qual è la lunghezza del tratto di corda che entra in tensione

↳ cioè dalla lunghezza del tratto di corda interessato (e dall'elasticità della corda)

La corda assorbe energia deformandosi (allungandosi) → maggiore è la lunghezza di corda interessata, maggiore l'allungamento → dissipazione di energia più efficace !

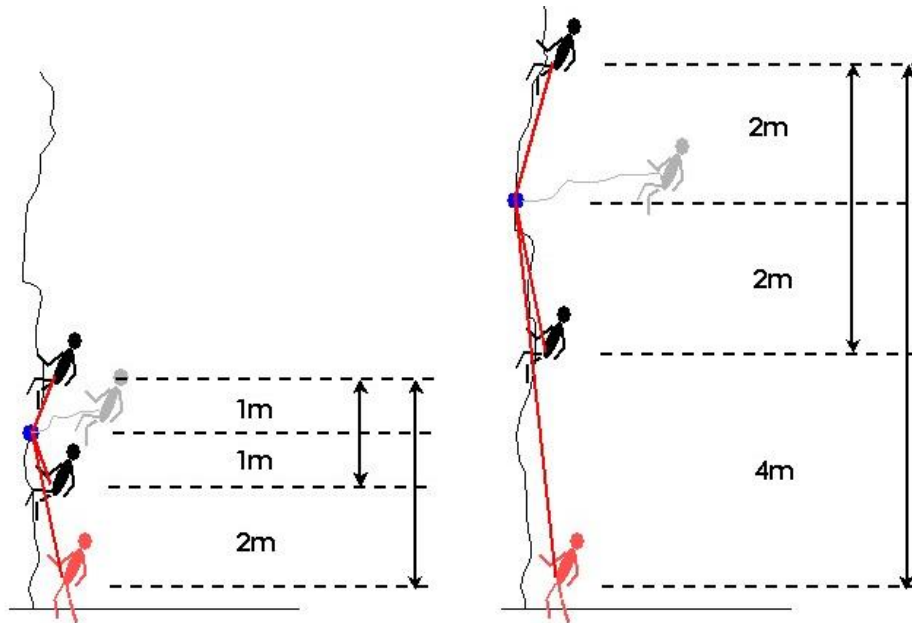


# Il fattore di caduta



Per esprimere il concetto che la forza di arresto non dipende solo dall'energia (lunghezza del volo) ma dal rapporto fra questa e la lunghezza del tratto di corda che la deve assorbire, si usa parlare di:

$$\text{FATTORE DI CADUTA} = \frac{\text{LUNGHEZZA DEL VOLO}}{\text{LUNGHEZZA DEL TRATTO DI CORDA INTERESSATO}}$$



In entrambi i casi:

$$\text{FATTORE DI CADUTA} = 0,5$$



## Abbiamo fatto una assunzione



l'energia dissipata nella caduta se la prende per la quasi totalità la corda

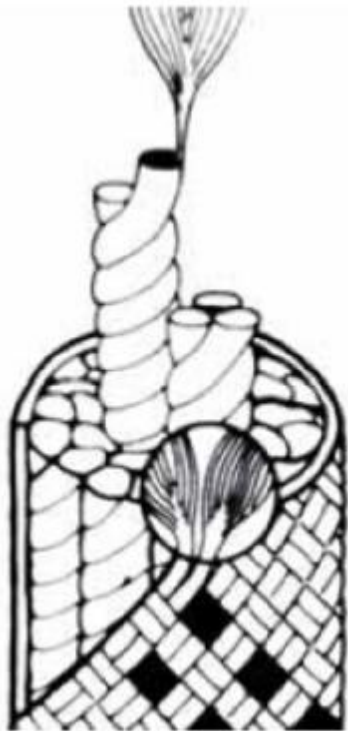
Perché ?

- 1) la corda è dinamica
- 2) chi assicura usa un bloccante

Vediamo di approfondire un po'...



La corda è dinamica (= elastica)



Tanto più la corda è elastica tanto maggiore è l'allungamento

à maggiore efficacia nell'assorbire energia (l'energia viene dissipata per attrito fra fibra e fibra)

= minore forza di arresto sviluppata

à minore "strappo" trasferito al corpicino dell'arrampicatore !

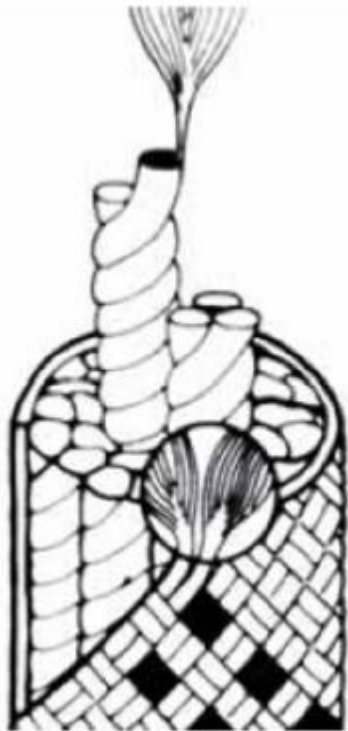


## La corda



Corda più elastica significa:

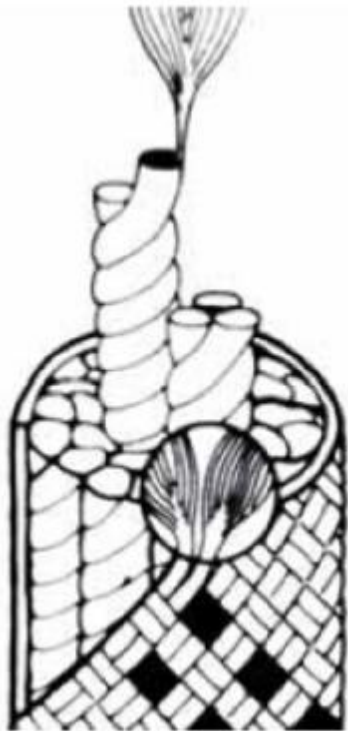
- minore "strappo" = minore forza di arresto sviluppata nella corda e trasferita al corpo dell'arrampicatore



- maggiore allungamento della corda à può essere pericoloso quando l'arrampicatore rischia di sbattere (quando è vicino a terra o a dei terrazzi)



## La corda



Il corpo umano può sopportare decelerazioni massime intorno ai 15g

Un arrampicatore di peso 80Kg può sopportare quindi una forza massima di:

$$80\text{Kg} * 15\text{g} = 1200 \text{ daN} = 1200 \text{ Kg}$$

Le corde intere sono fabbricate per sviluppare una forza di arresto non superiore ai 1200 Kg; una forza superiore sarebbe dannosa per il corpo umano



## Corda bloccata



Abbiamo detto che l'energia di una caduta si dissipa principalmente nella corda se il volo avviene a corda bloccata

Nel caso in cui l'assicuratore utilizzi un FRENO, ciò che determina la forza che si sviluppa nella catena di assicurazione non è più solo la corda ma anche il freno stesso, su cui si sviluppa buona parte della dissipazione di energia.

Per questo motivo, il concetto di **FATTORE DI CADUTA** perde di significato se la corda non è bloccata.



## Corda bloccata

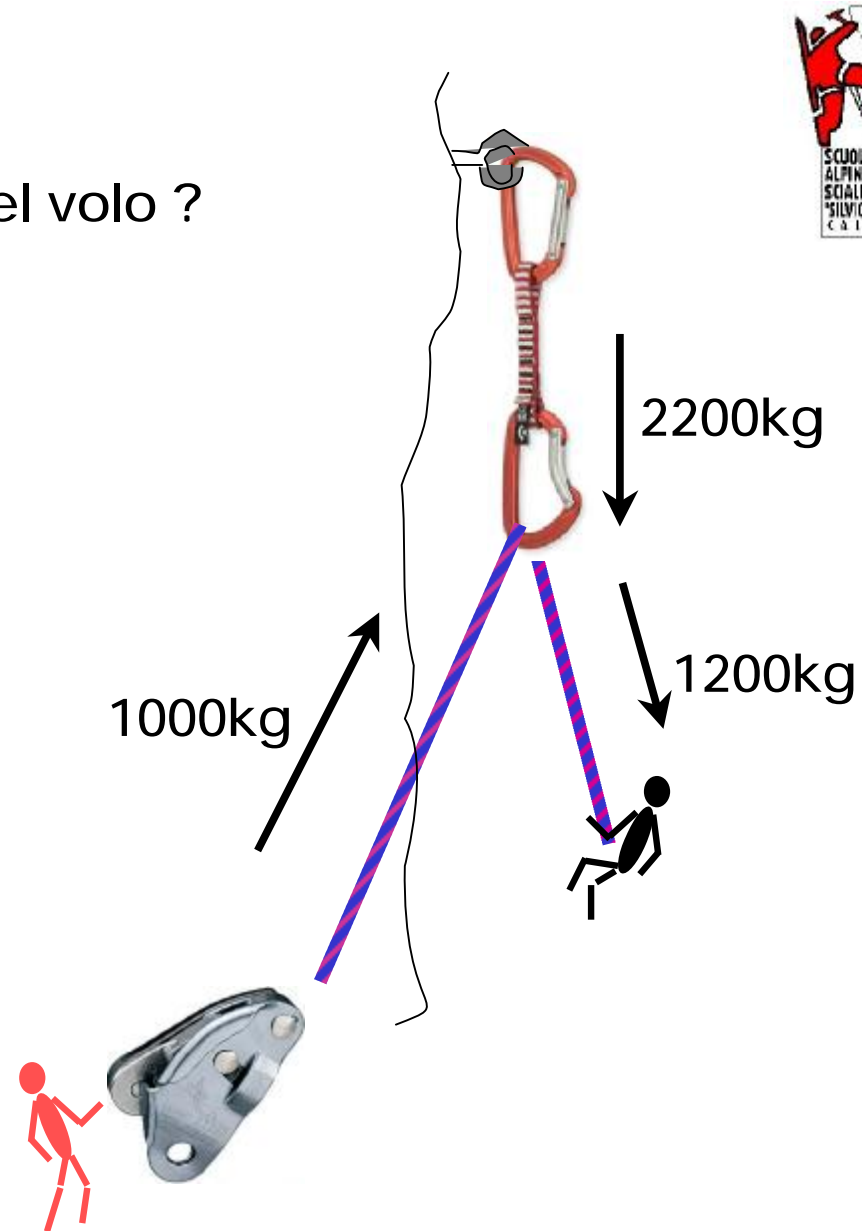
Da chi viene assorbita l'energia del volo ?

Principalmente dalla corda  
(**ALLUNGAMENTO =  
DEFORMAZIONE ELASTICA**) !

Forza massima determinata  
dalle caratteristiche costruttive  
della corda (1200Kg max)

E quei 2200Kg che deve  
sopportare il rinvio ?

Oops, ora abbiamo scoperto  
perché scrivono quel  
numerino sui rinvii... e sulle  
fettucce...



# Corda frenata

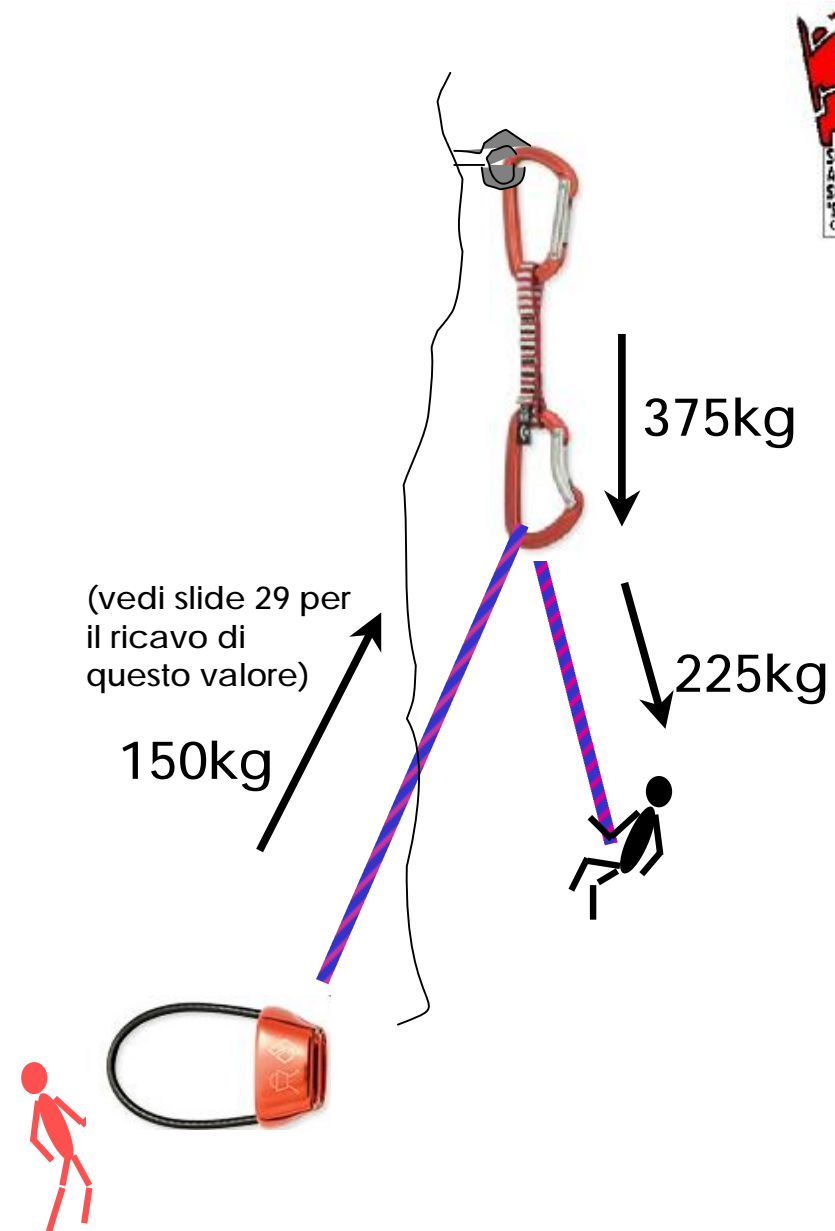
Da chi viene assorbita l'energia del volo ?

Principalmente dal freno  
(**ATTRITO** che avviene durante lo **SCORRIMENTO** della corda nel freno) !

Perché ?

Perché la corda scorre nel freno

Forza massima sviluppata nell'istante precedente l'inizio dello scorrimento: dipende dalla tenuta di chi assicura e dalle caratteristiche del freno



## Lo scorrimento



La vera differenza sta proprio qui !

In fondo, perché cambiano le forze e gli assorbimenti ?

Perché il freno permette alla corda di scorrere.

Aspetta aspetta... ma se la corda scorre nel freno ed il freno è nelle mie mani... Aristotele mi dice che...

LA CORDA SCORRE NELLA MIA MANO !

Eh sì... per questo ci vuole molta attenzione e...

... magari un paio di **GUANTI** !



# Riassumiamo



## Corda bloccata:

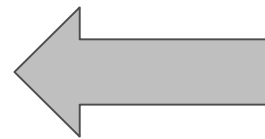
- **NO** scorrimento → tutta l'energia assorbita dalla corda
- dissipazione per **DEFORMAZIONE ELASTICA** della corda
- **chi "comanda" è la corda**; la forza d'arresto massima è quella che sviluppa la corda (1200kg)

## Corda frenata:

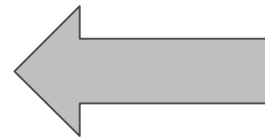
- **SCORRIMENTO** → energia assorbita da corda + freno
- dissipazione per **ATTRITO** corda – freno
- **chi "comanda è il freno**; la forza d'arresto massima è quella che sostiene il freno prima che la nostra mano "conceda" alla corda di scorrere



## I freni



Il freno "moltiplica"  
la nostra forza  
attraverso l'attrito



La nostra mano  
riesce a reggere  
circa 20/30kg

L'efficacia varia a seconda del tipo di freno; ad esempio il tubo ha un fattore di "moltiplicazione" che può andare da 3 a 5



# I freni



L'efficacia varia a seconda del tipo di freno; ad esempio il tubo ha un fattore di "moltiplicazione" che può andare da 3 a 5

Tipo di freno	Fattore di moltiplicazione Rami paralleli	Fattore di moltiplicazione Rami a 180°
Mezzo barcaiolo	8 - 12	6 - 8
Otto	2 - 3	4 - 6
Tuber	1,5 - 2	3 - 5
Piastrina Sticht	1,5 - 2	3 - 5

Questo significa che:

- con la mia mano riesco a tenere fino a 20/30kg
- a valle del tubo avrò una forza massima di 20/30kg \* 3/5 à 60/150kg
- tutto il resto dell'energia andrà dissipata in attrito generato dallo scorrimento della corda à **se l'energia sviluppata dal volo è tanta avrò tanto scorrimento à rischio di bruciarmi la mano (e di mollare tutto !)**



## Bloccante o freno ?



Ma in definitiva devo usare il tubo o il gri-gri ?

In falesia:

- distanza spesso (ma non sempre) ridotta fra le protezioni (< 3m)
- tenuta spesso (ma non sempre) molto buona delle stesse (<sup>3</sup> 2200Kg)

↳ l'utilizzo del **gri-gri** non è generalmente problematico e può essere consigliato per la sua comodità

↳ può essere utilizzato senza alcun problema anche il tubo

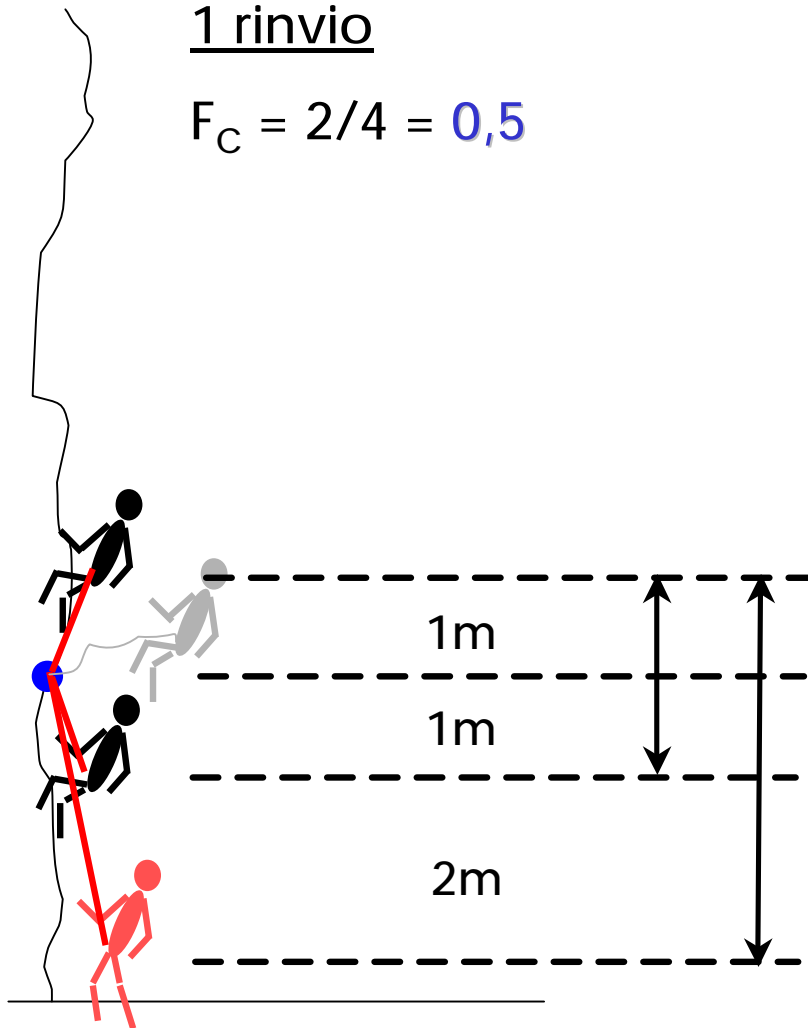


# Torniamo al fattore di caduta



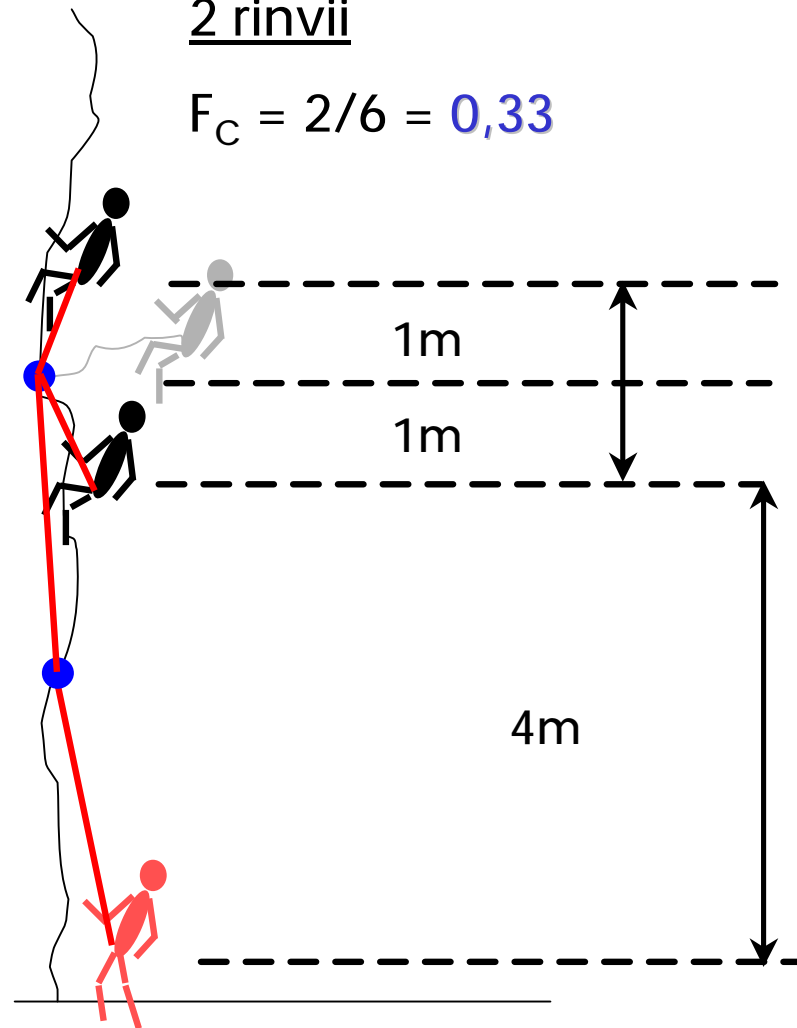
1 rinvio

$$F_C = 2/4 = 0,5$$

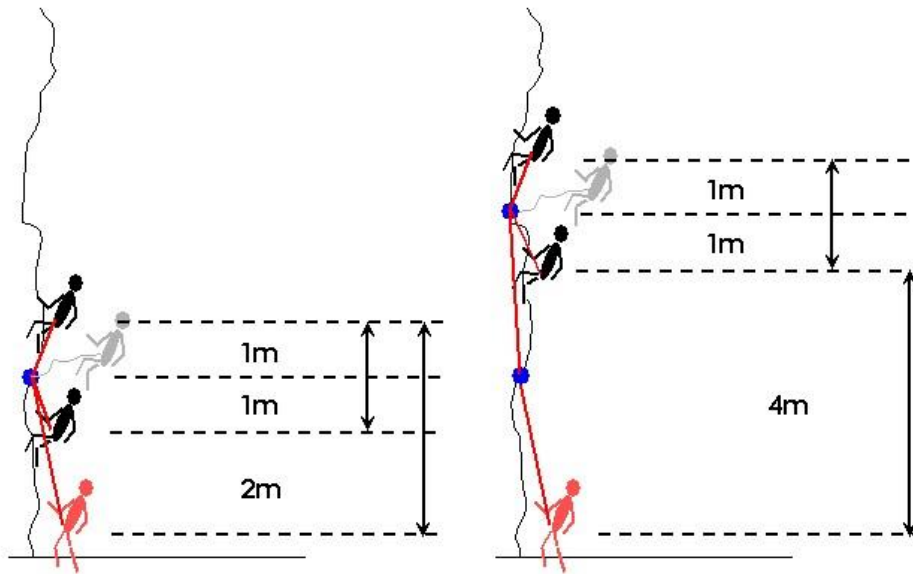


2 rinvii

$$F_C = 2/6 = 0,33$$



## Torniamo al fattore di caduta



Mano a mano che aumentano i rinvii che passo diminuisce il fattore di caduta a pari lunghezza del volo

à diminuisce la forza di arresto e quindi lo “strappo” su chi cade, su chi assicura e sulla catena di sicurezza

à ecco perché i momenti più CRITICI, per tutti (chi scala, chi assicura, i materiali) sono quelli iniziali (i primi 3/4 rinvii)



A cosa serve la corda ?



A trattenere una eventuale caduta...

...e a dissipare elasticamente l'energia sviluppata dal volo

Che cosa succede al momento dell'arresto di una caduta ?

L'arrampicatore avverte uno "strappo" ...

...è la forza d'arresto, e viene avvertita da tutta la catena di sicurezza





## A cosa serve la corda ?

Quanto è violento questo "strappo" ?

Dipende da:

- fattore di caduta, peso dell'alpinista e caratteristiche della corda se il volo è a corda bloccata
- caratteristiche del freno e comportamento di chi assicura se il volo è a corda frenata

Può essere dannoso ? CERTO !

Può essere evitato ? NO !

Può essere reso meno traumatico ?

SI... utilizzando una corda più dinamica oppure un freno più dinamico oppure adottando un comportamento più dinamico da parte di chi assicura



# Come scegliere la corda ?



Considerate soprattutto:

- sezione
- forza di arresto massima (ora siamo attorno ai 900Kg)
- numero di voli massimali sostenibili
- costo



## Come scegliere la corda ?



Tenete conto che:

- alcuni attrezzi vanno bene solo per un intervallo limitato di valori della sezione della corda (es. il gri-gri lavora solo con sezioni > 10mm)
- generalmente più la corda è sottile minore è la forza di arresto (corda più elastica)
- una corda molto sottile (< 9.8mm) può dare vantaggi in un uso alpinistico sportivo più che in falesia (dove fattori quali peso e dinamicità sono meno rilevanti)
- di contro una corda molto sottile può rovinarsi più facilmente in un uso intensivo come quello in falesia

**Il mio consiglio è quello di stare su corde attorno ai 10/10.5mm, che sono generalmente più robuste, e di non spendere cifre eccessive à la corda si rovina molto in fretta !**

