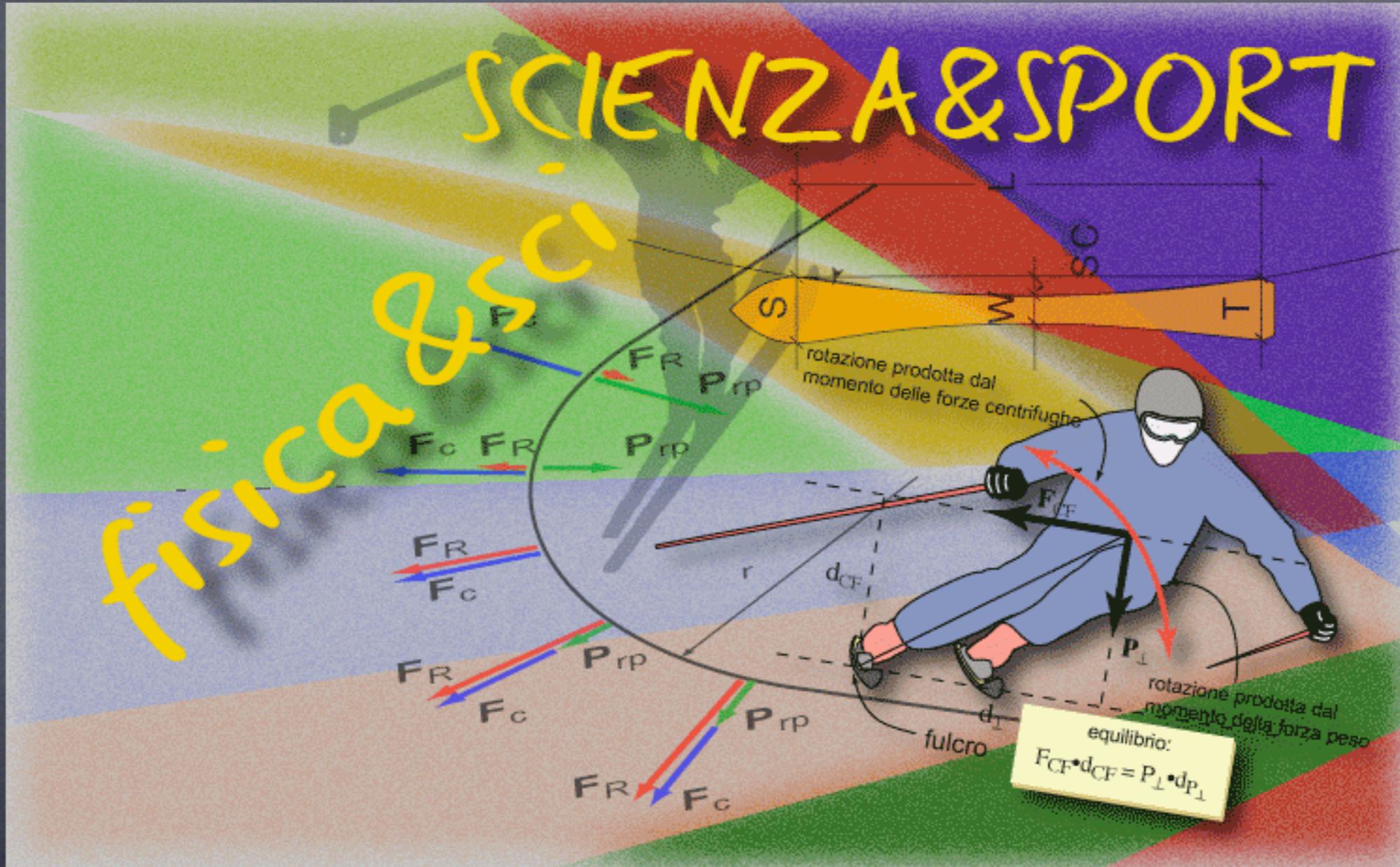




# SCIENZA & SPORT

fisica & sci



“Gli sci hanno quella forma che ognuno più o meno conosce: osserviamo però che alle loro estremità sono un po’ più larghi che non nel mezzo: da ciò deriva che gli spigoli sono ‘falcati’...questo spigolo morde la neve e per la sua forma falcata, tende a descrivere la circonferenza di cui è un segmento e perciò volta. ...basterebbe, per eseguire una curva, mettere entrambi gli sci di costa per lo stesso verso; ma una tale curva sarebbe troppo larga data la lunghezza del raggio del cerchio di cui gli spigoli sono segmenti ed è perciò che bisogna aiutarsi con vari movimenti che danno luogo alle voltate d’appoggio, «telemark», etc...”

Ugo Ottolenghi di Vallepiana, 1931

“Sciare è antiistintivo per eccellenza... fate perciò sempre il contrario di ciò che vi suggerisce l'istinto.”

“Più il pendio è ripido più dovrai assumere una posizione avanzata! Un secolo di progresso dimostra questa necessità.”



Der Weisse Rausch, ca. 1927



Leo Gasperl, 1955

Partendo dall'analisi di queste affermazioni, alcuni anni fa si è proposta una strada per introdurre aspetti legati alla fisica nell'ambito della didattica dello sci.

Parallelamente si è iniziato un lavoro di insegnamento della fisica agli allievi dei corsi di formazione maestri di sci utilizzando un metodo che permettesse di arrivare ai concetti a partire dalle sensazioni, evitando, per quanto possibile, il formalismo matematico.

## LIVELLO

## ASPETTI DOMINANTI

### AMBIENTE

caratteristiche generali

### GRAVITÀ - ATTRITI

forze naturali: uguali per tutti

### ATTREZZO

caratteristiche specifiche

### GEOMETRIE - PROPRIETÀ MECCANICHE

tecnologie costruttive: variabili da attrezzo ad attrezzo

### CORPO UMANO

caratteristiche atletiche

### MOVIMENTI

biomeccanica: abilità individuali

Ognuno di questi livelli permette di strutturare attività pratiche sul campo, luogo dove gli allievi maestri possiedono le capacità per eseguire un gran numero di esercizi, chiedendo di focalizzare l'attenzione sulle sensazioni percepite.

Successivamente, in aula, vengono analizzate queste sensazioni e le condizioni in cui si sono manifestate, arrivando, con l'aiuto dell'insegnante, a collegare le proprie esperienze con la terminologia, i concetti ed i principi della fisica.

Oltre a dare ai maestri una maggiore conoscenza della fisica, questo metodo fornisce loro un gran numero di suggerimenti per la creazione individuale di esercitazioni utili ai fini didattici.

Le moderne teorie didattiche dello sci suggeriscono infatti di far sperimentare l'allievo, in particolare attraverso il gioco, piuttosto che imporgli schemi precostituiti.

Da queste esperienze abbiamo la possibilità di proporre agli studenti delle scuole medie, superiori e dell'Università l'attività dello sci come un mezzo per poter apprendere concetti di fisica divertendosi, utilizzando piste, attrezzi ed esperienze motorie come un grande laboratorio a cielo aperto, dove ognuno è al centro dell'esperimento, utilizzando i propri sensi come veri e propri strumenti di misura.

## Alcuni modelli e concetti matematici usati per lo studio degli aspetti fisici dello sci:

- Piano inclinato
- Sistemi di coordinate usati nello studio della fisica dello sci e loro confronto con la terminologia usata per l'insegnamento
- Equilibrio statico e dinamico dello sciatore rigido su un piano inclinato
- Traiettoria curvilinea percorsa da una massa puntiforme
- Equilibrio di un corpo esteso che percorre, vincolato alla base, una traiettoria curvilinea su un piano inclinato
- Calcolo delle forze agenti su due sciatori di massa diversa nella discesa sulla massima pendenza
- Variazione del raggio di curva in funzione della geometria (forma) e dinamica (deformazioni) dello sci
- Traiettoria balistica nei salti senza rotazioni; calcolo dell'angolo di stacco nei cambiamenti di pendenza

Basi matematiche necessarie per lo studio degli aspetti fisici dello sci  
che possono essere presentate mediante esempi derivati dal mondo  
dello sci:

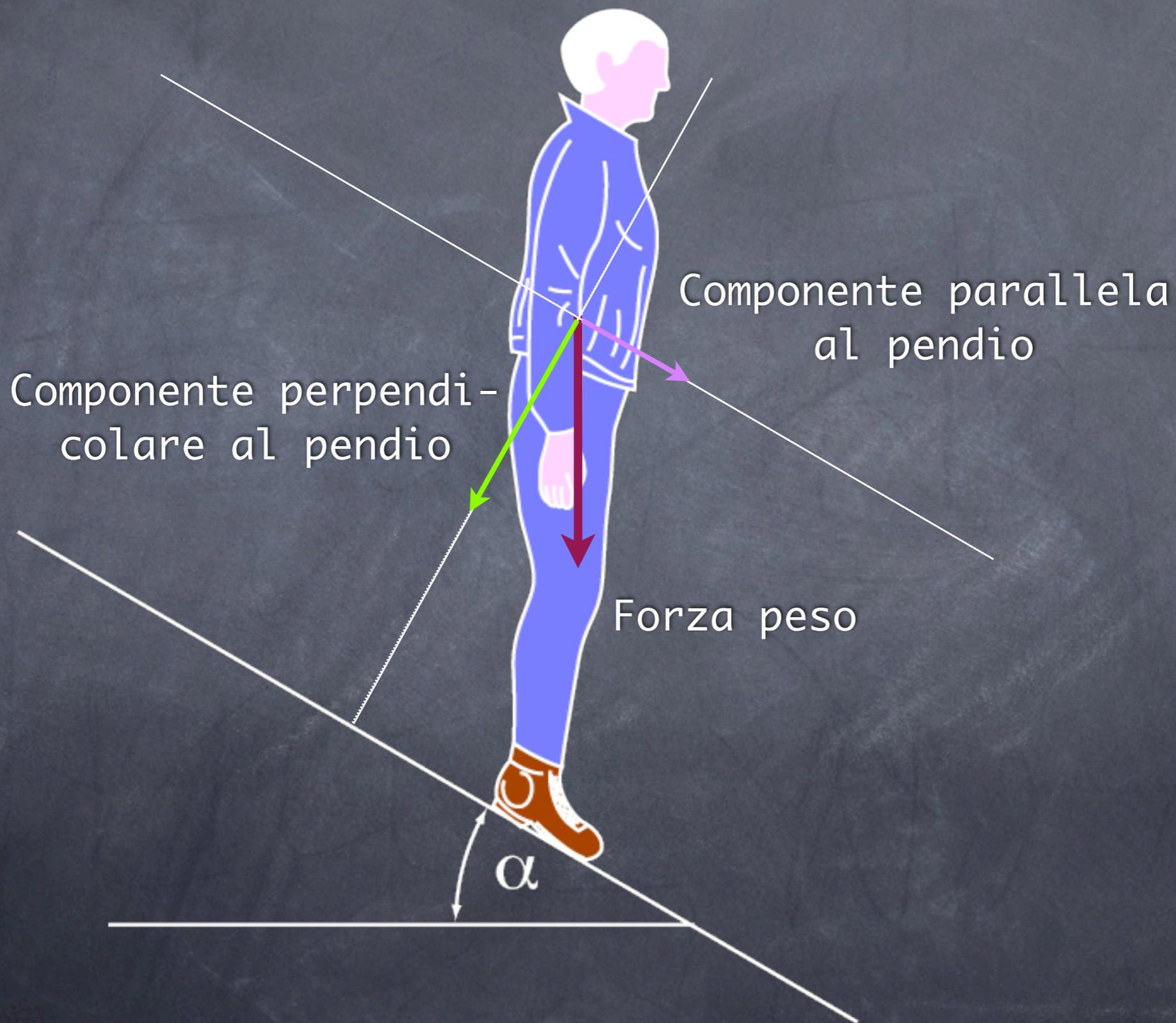
- Elementi di trigonometria
- Concetto di vettore, somma, differenza, componenti di un vettore
- Sistemi di riferimento, coordinate polari
- Funzioni espresse in forma parametrica
- Curve nel piano e nello spazio: traiettoria, curvatura, raggio di curvatura

Concetti di fisica che trovano utilizzo nello studio dello sci e che possono essere spiegati attraverso esempi ricavati da esso:

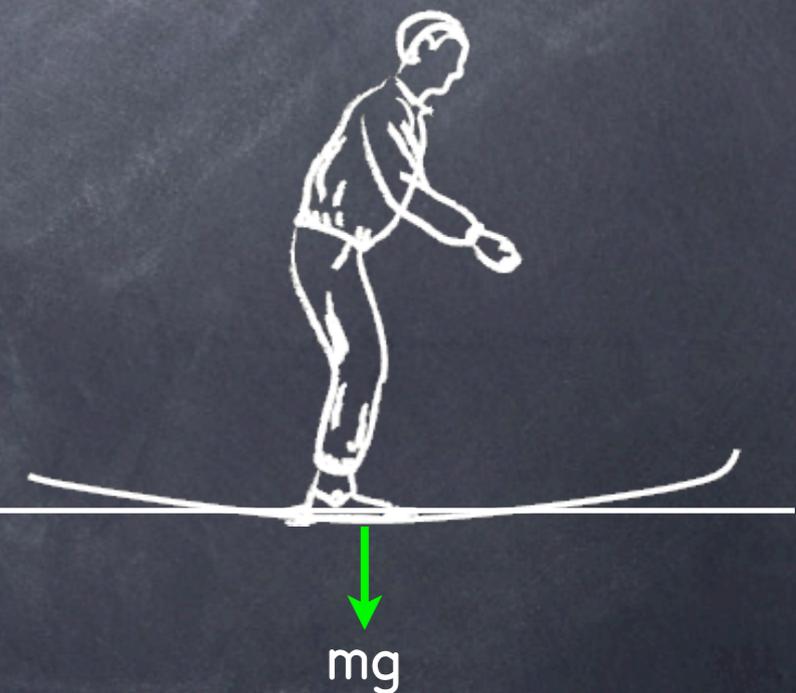
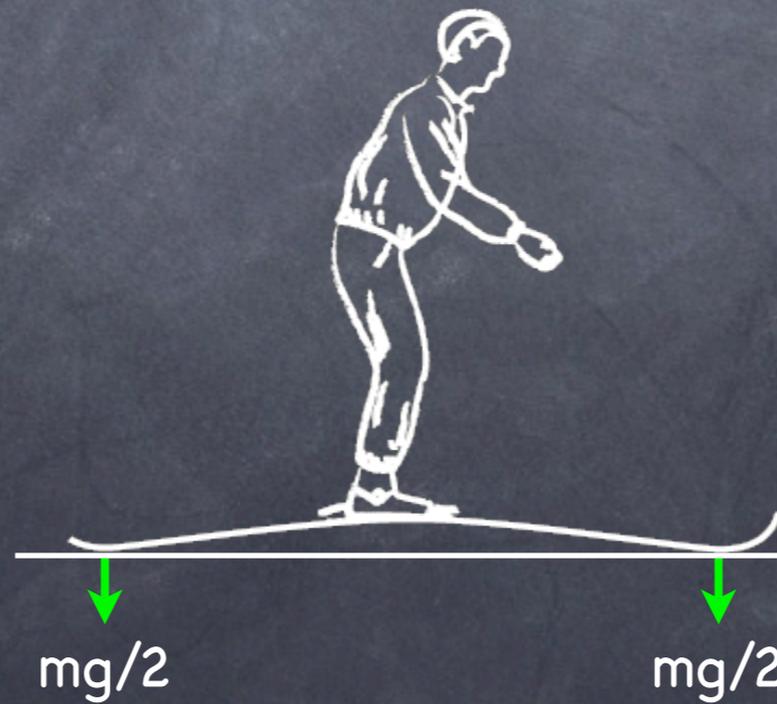
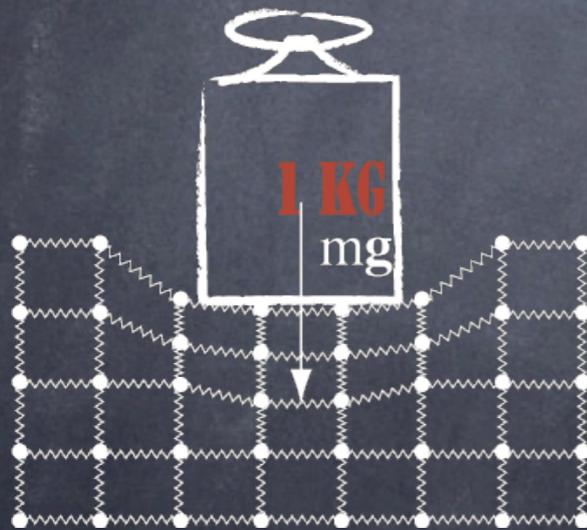
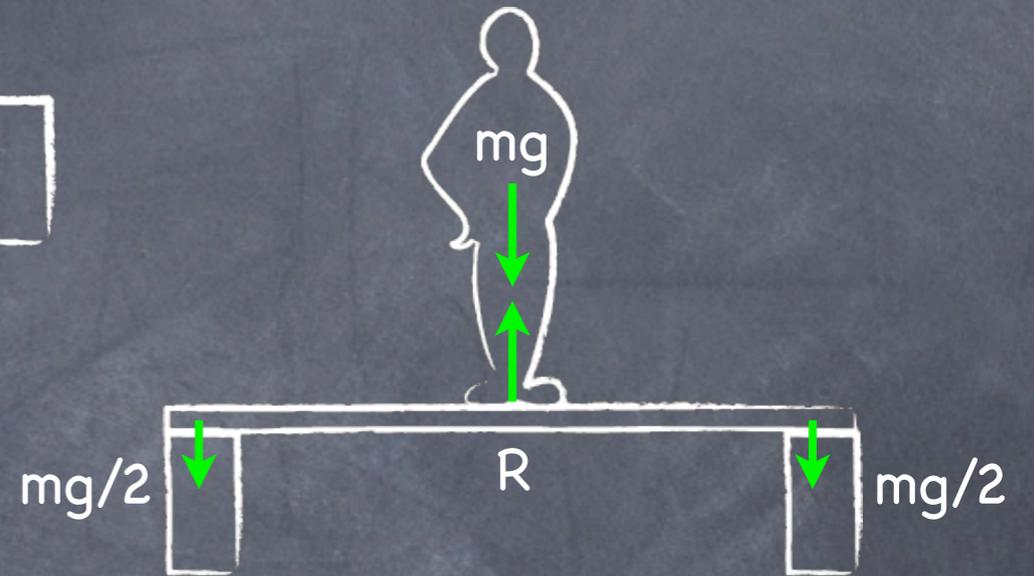
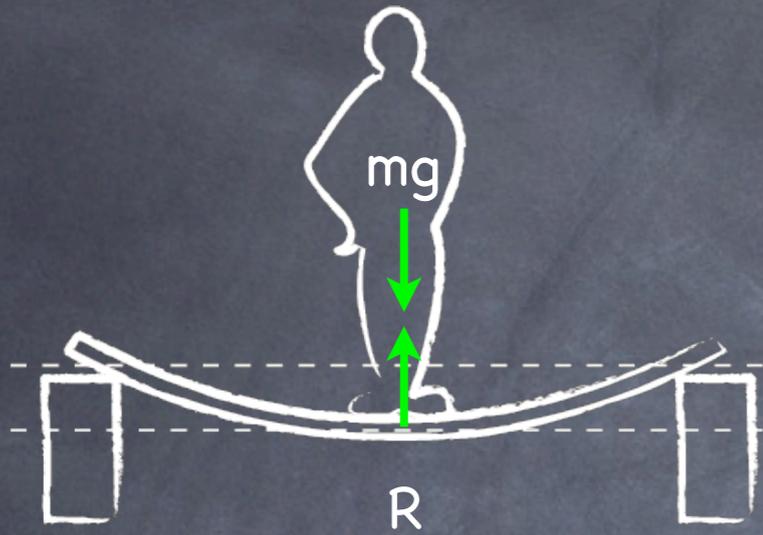
- Sistemi di riferimento inerziali e non inerziali
- Forze inerziali
- Equivalenza tra forze inerziali e gravitazionali, centro di massa, baricentro
- Reazioni vincolari
- Momento di una forza
- Condizioni per l'equilibrio di un corpo esteso
- Forze di tipo elastico
- Attriti
- Conservazione dell'energia



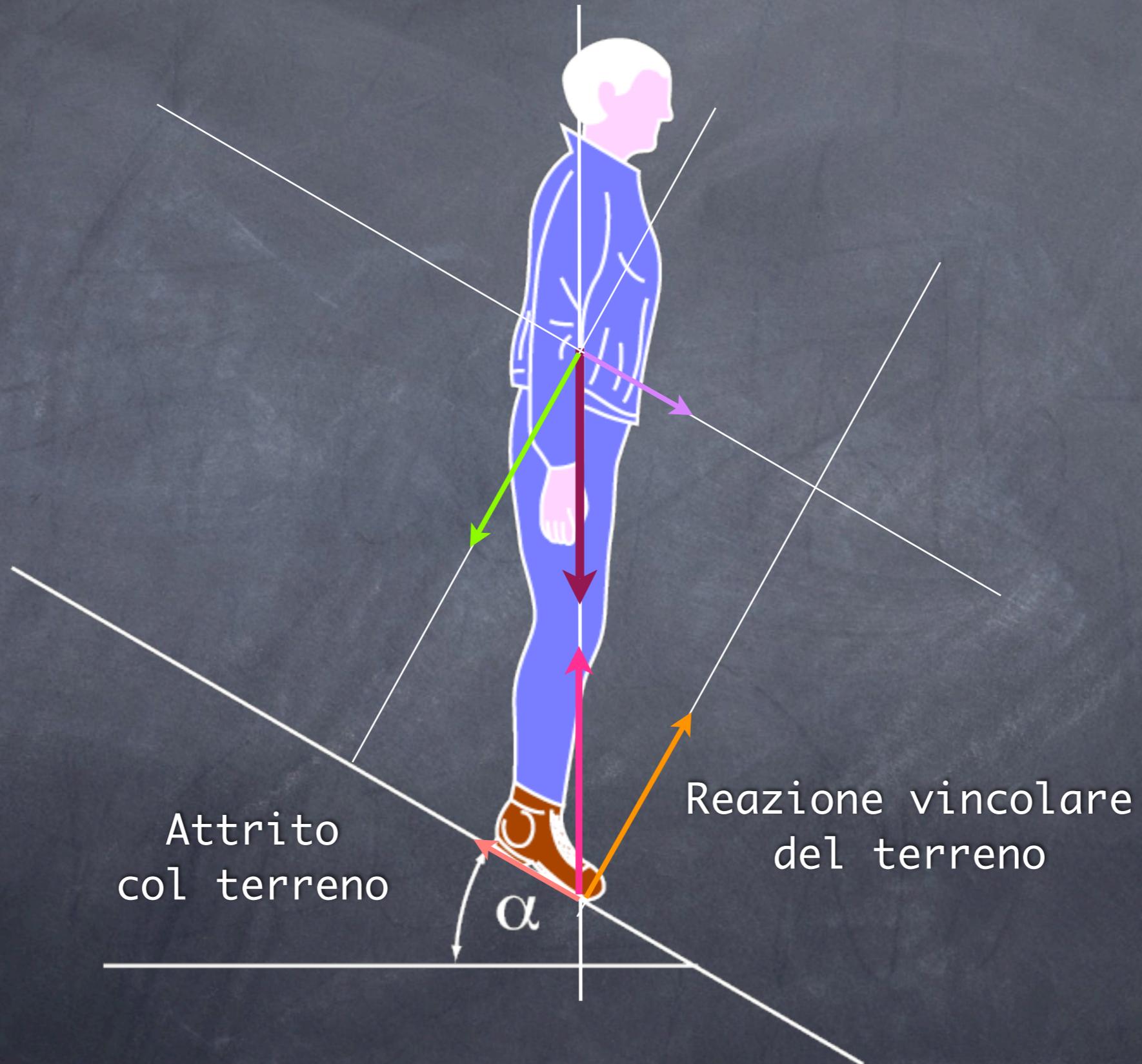
# Forza di gravità su un piano inclinato



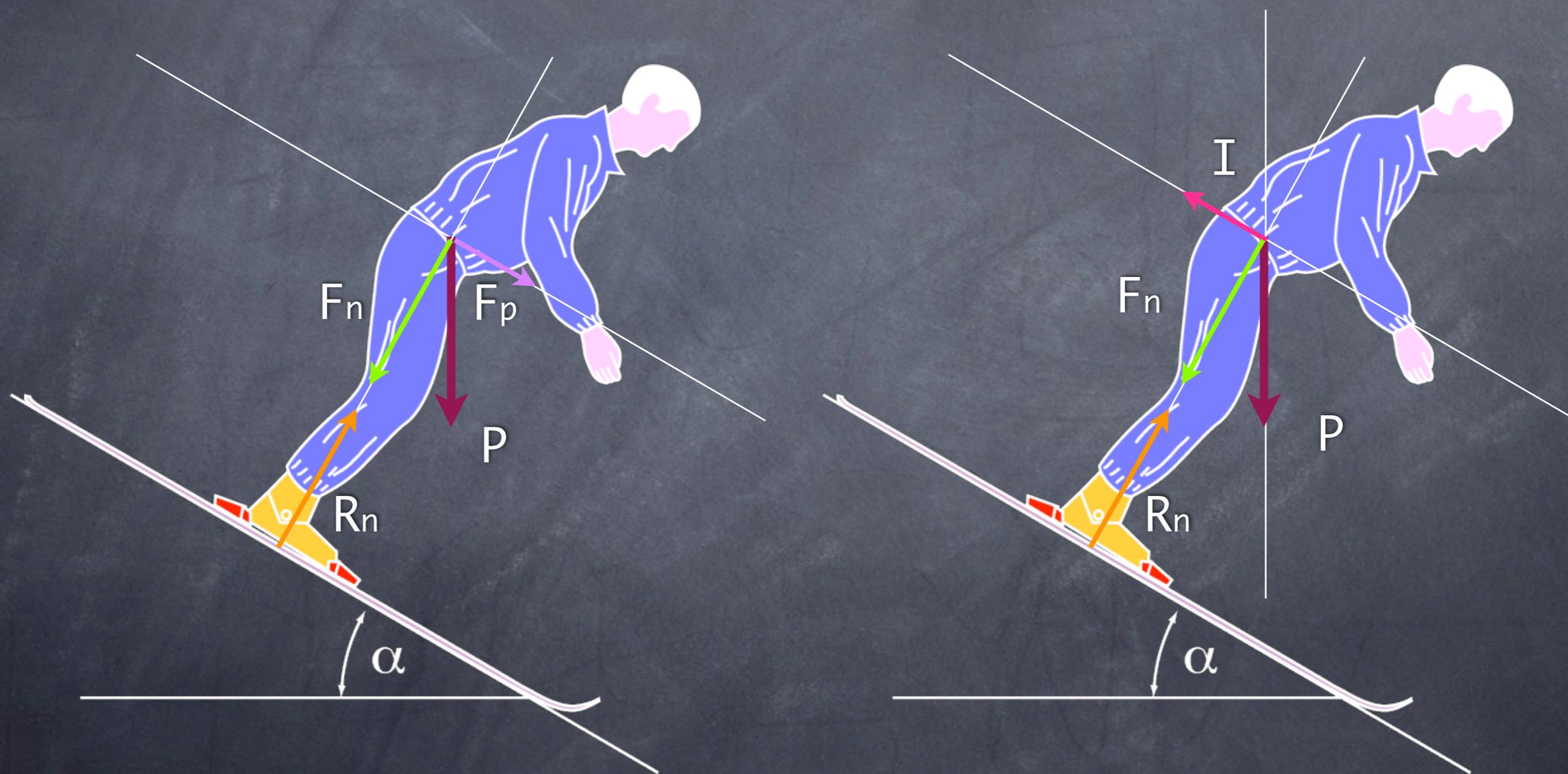
# Reazioni vincolari e proprietà meccaniche dello sci



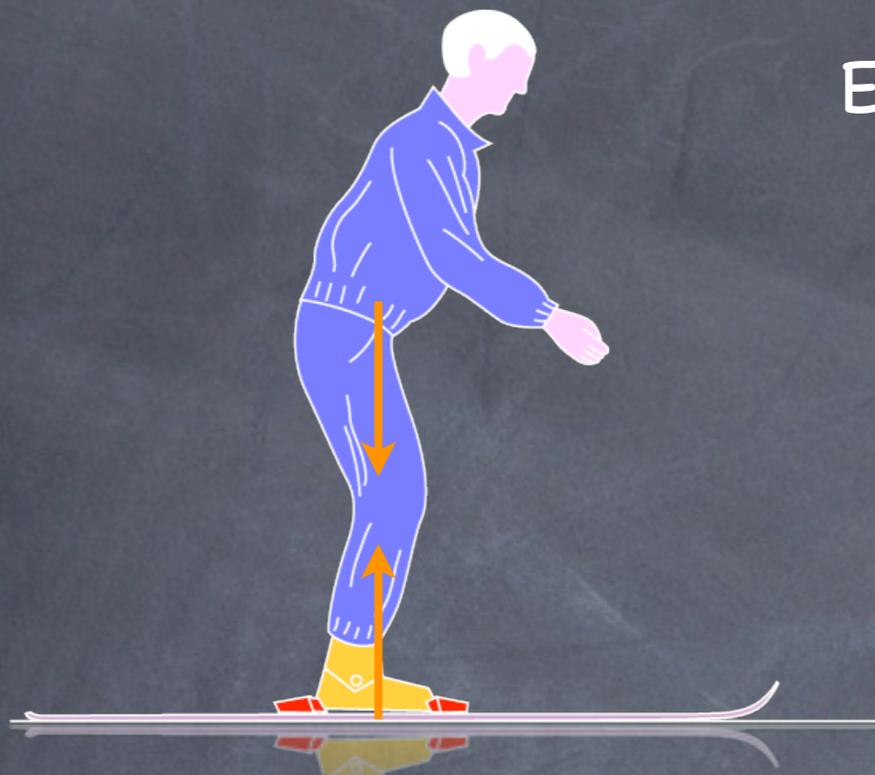
# Equilibrio statico su un piano inclinato



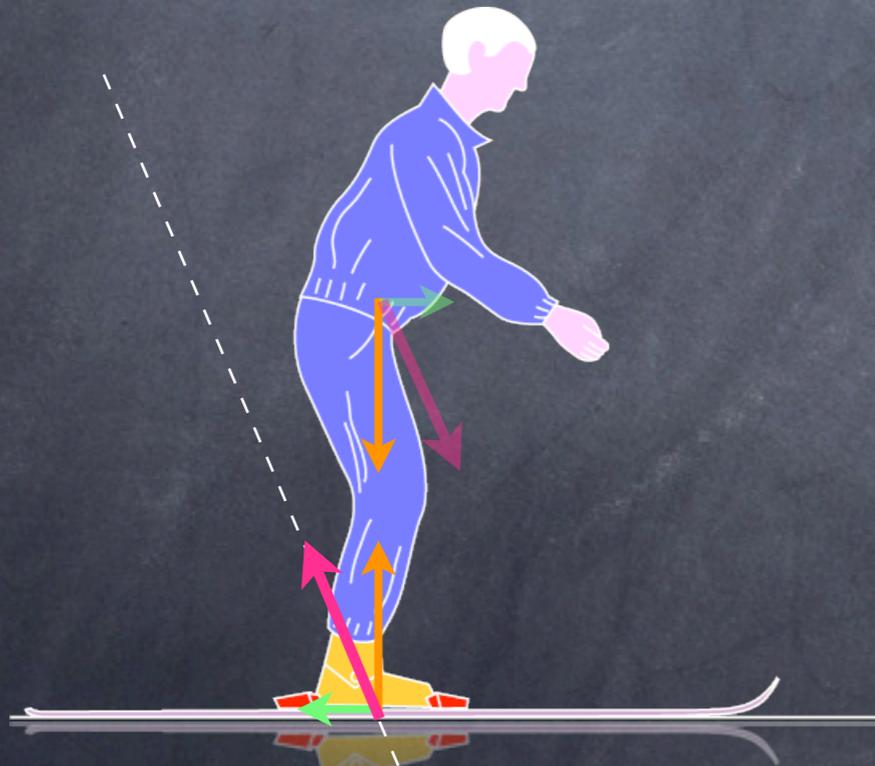
# Equilibrio dinamico su un piano inclinato



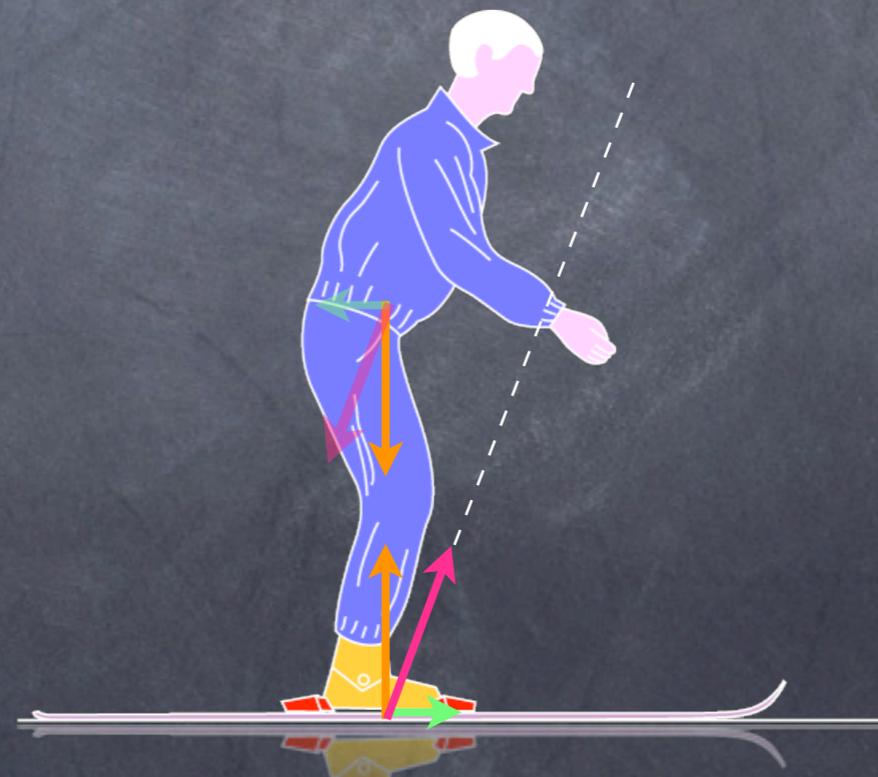
# Effetti inerziali dovuti alla variazione nell'attrito sci-neve



scivolamento in equilibrio sul piano

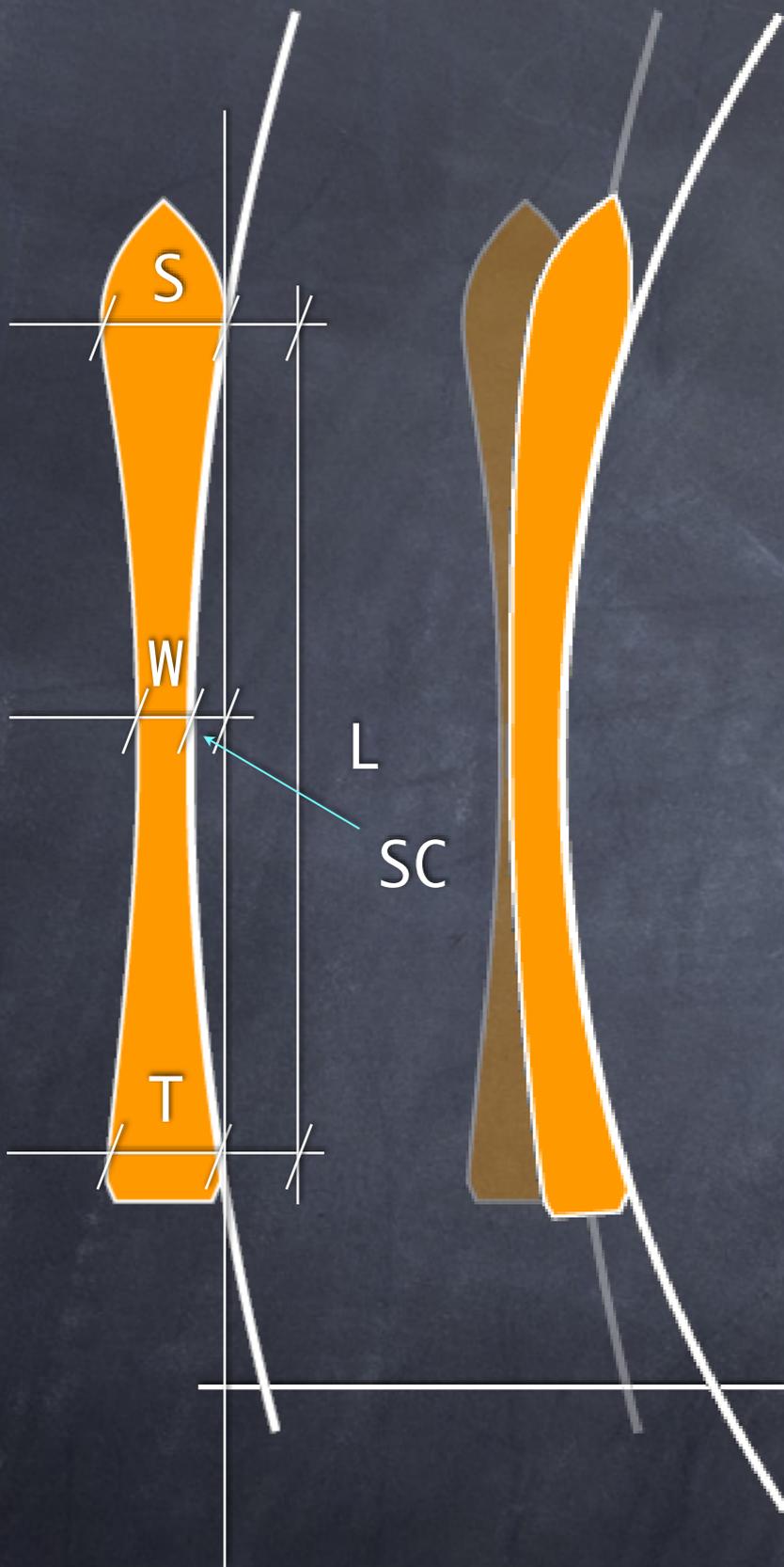


aumento dell'attrito



diminuzione dell'attrito

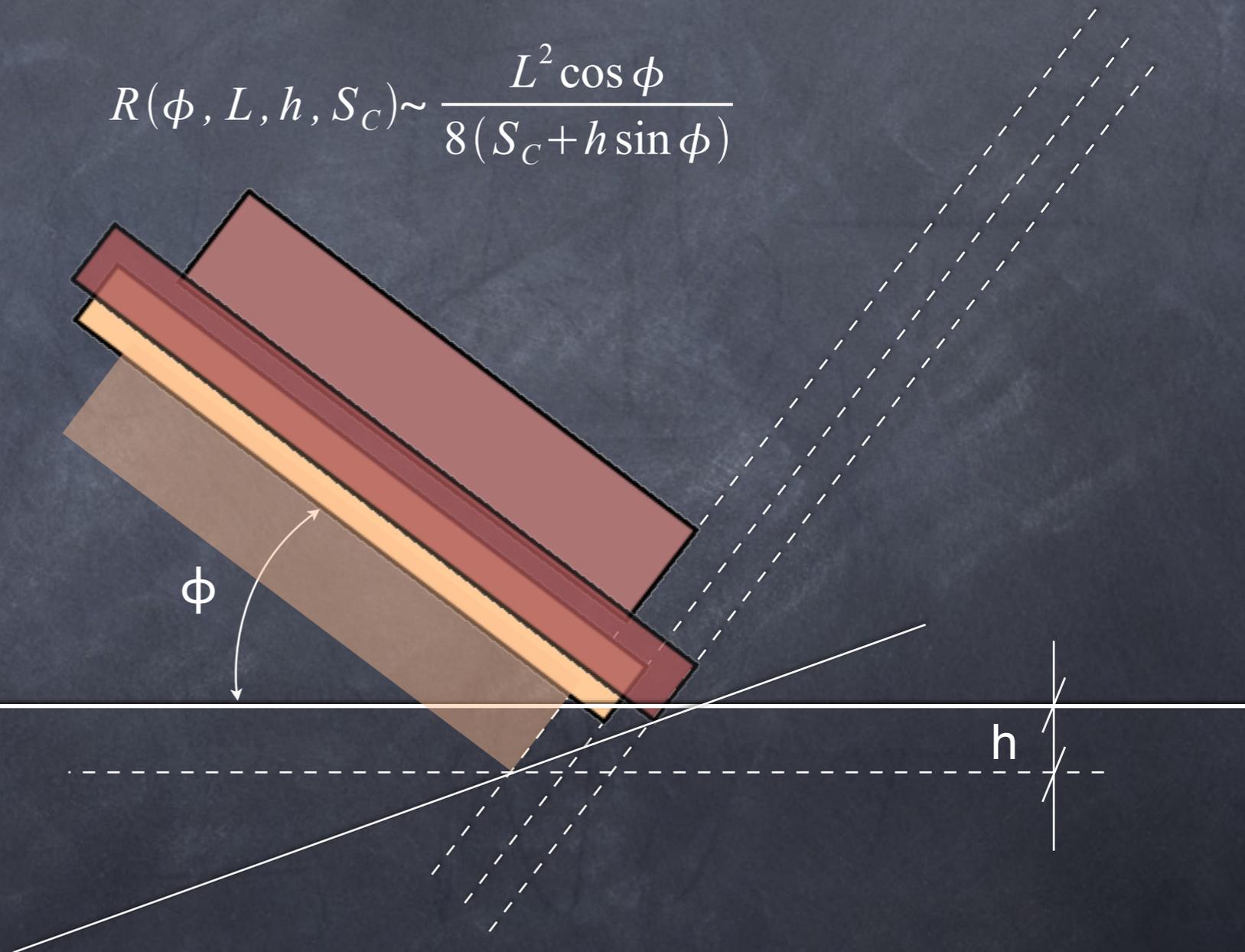
# Geometria dello sci e raggio di curva



$$S_C = \frac{S + T - 2W}{4}$$

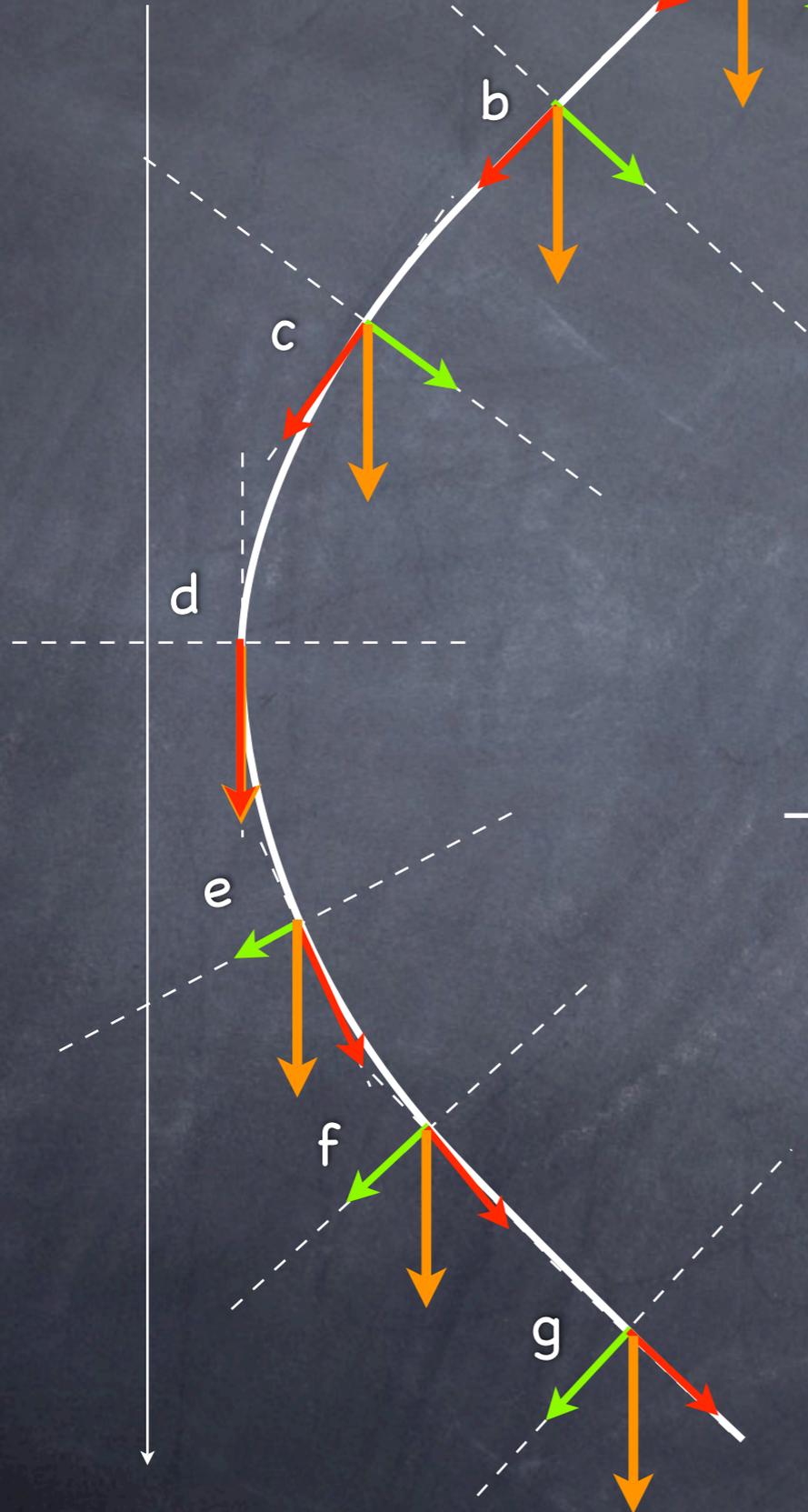
$$R_0 \sim \frac{L^2}{8S_C}$$

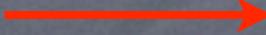
$$R(\phi, L, h, S_C) \sim \frac{L^2 \cos \phi}{8(S_C + h \sin \phi)}$$

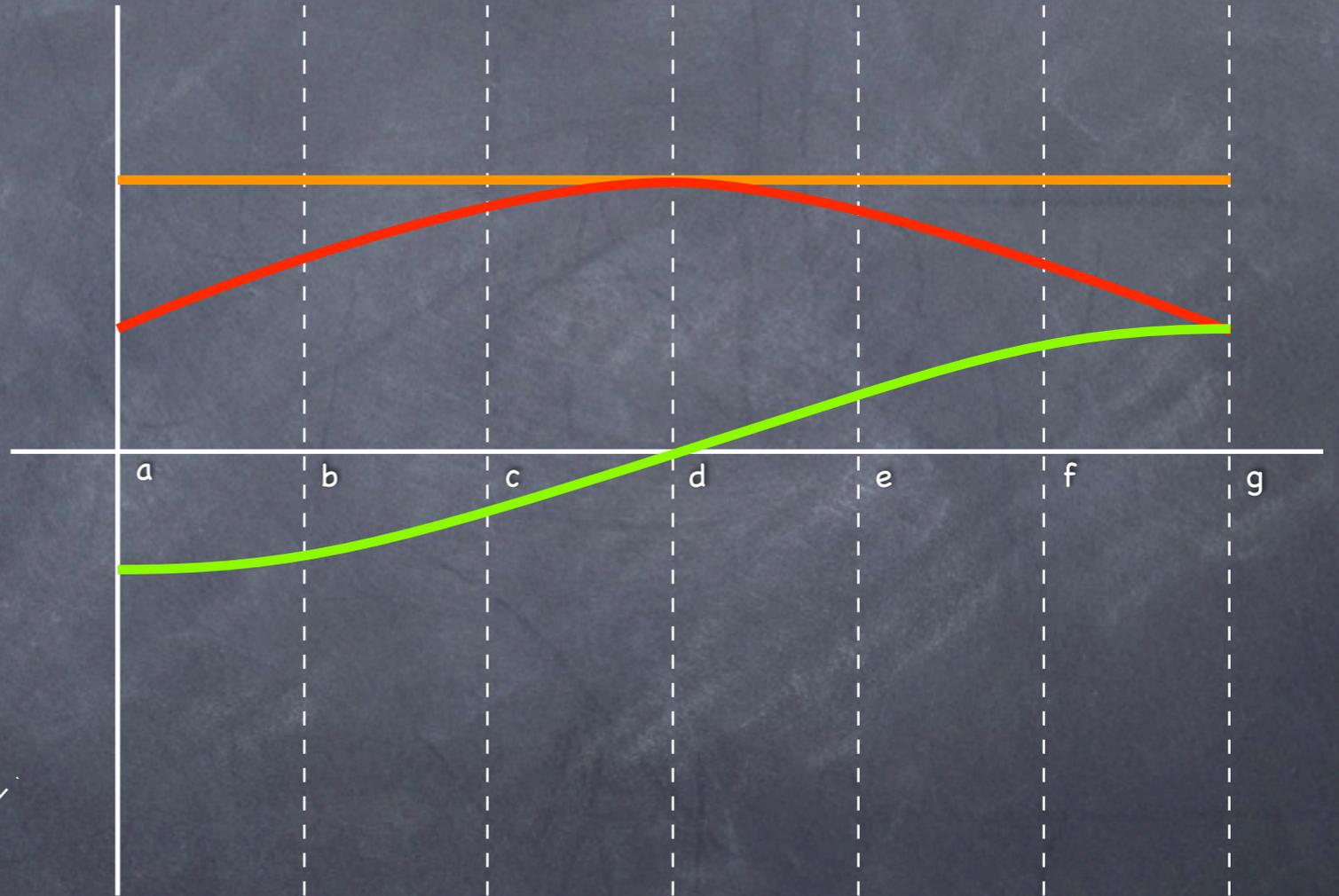


# Analisi della forza peso parallela al pendio lungo una traiettoria curvilinea

linea di massima pendenza

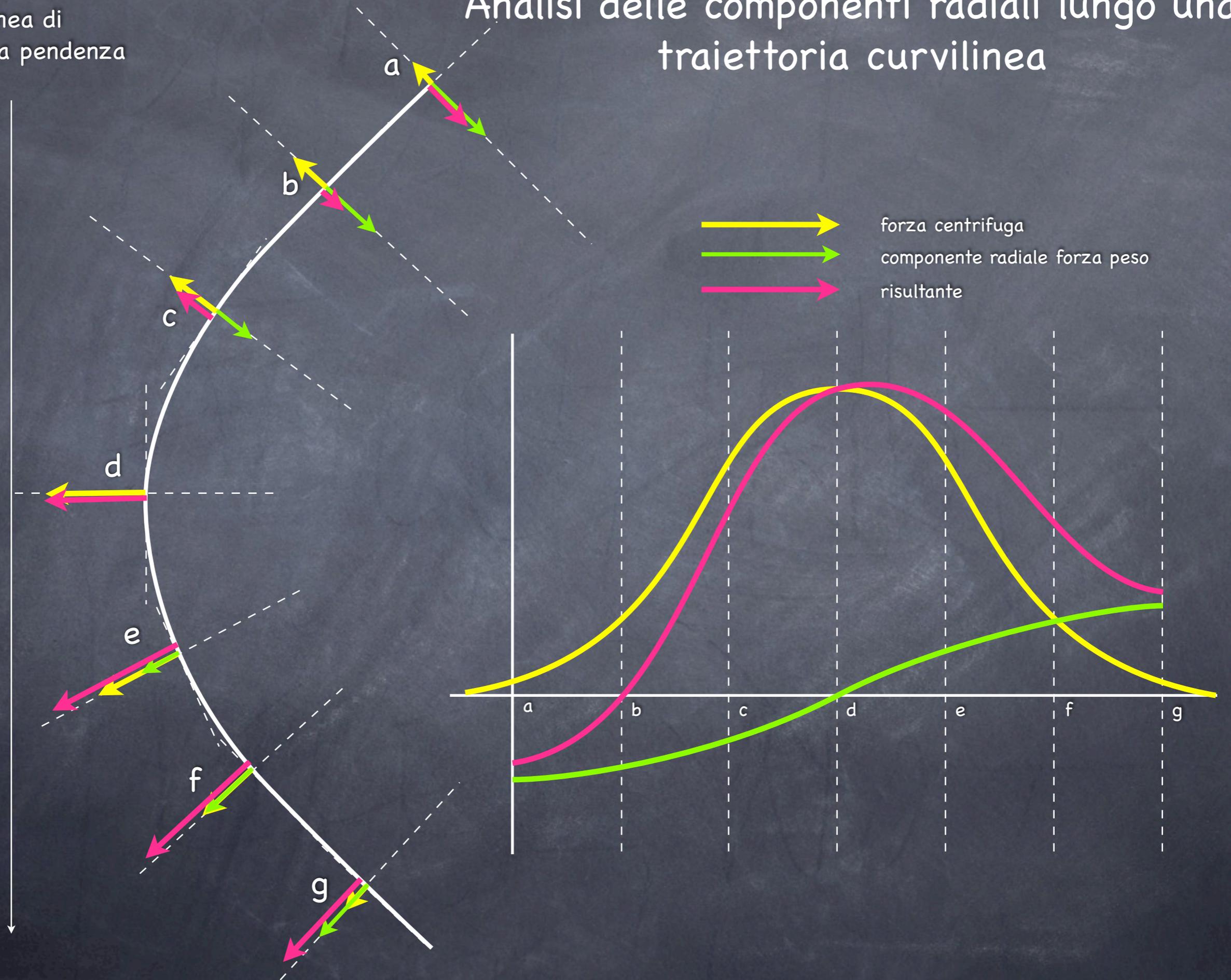


-  forza peso parallela al terreno
-  componente tangenziale
-  componente radiale



# Analisi delle componenti radiali lungo una traiettoria curvilinea

linea di massima pendenza

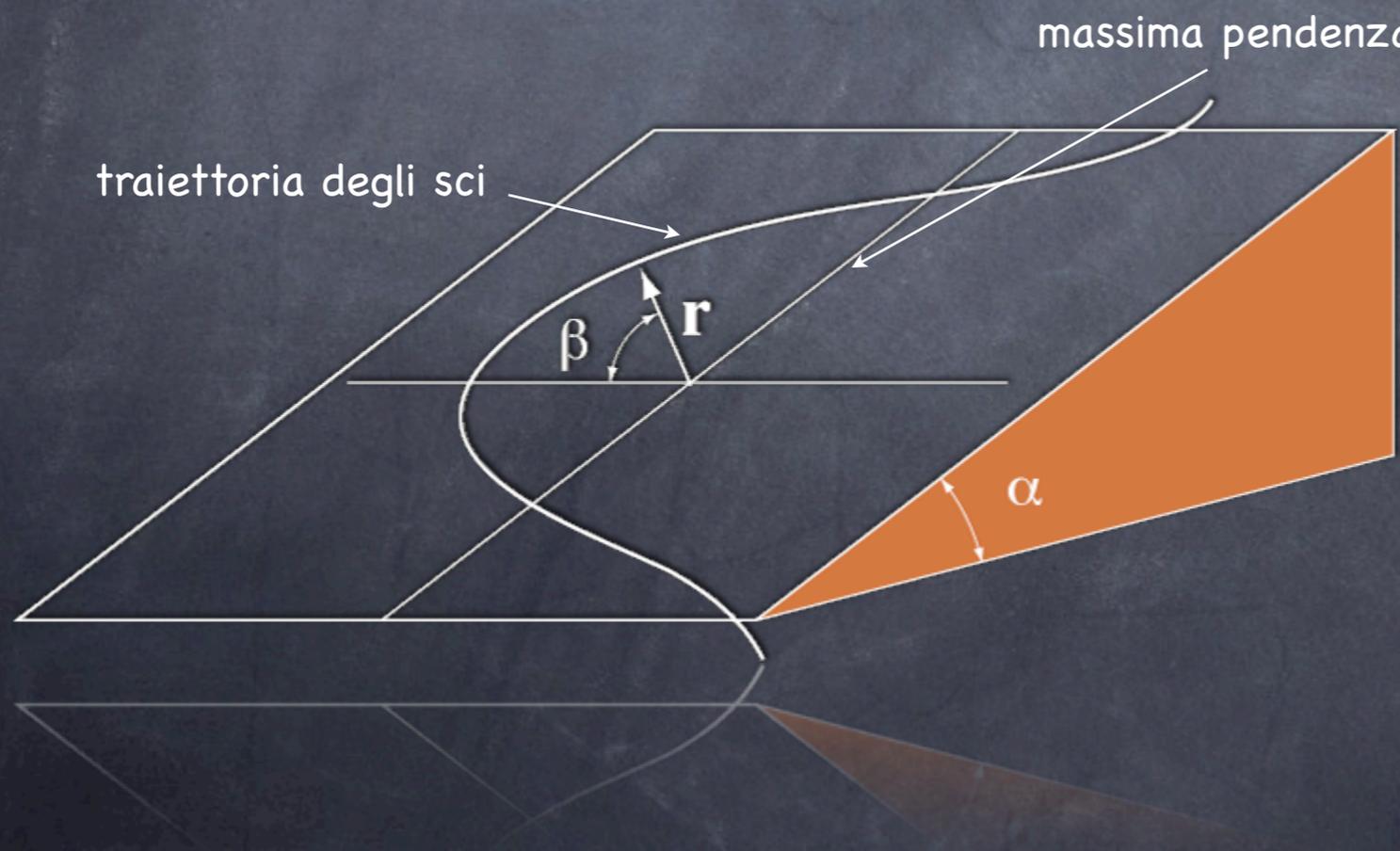
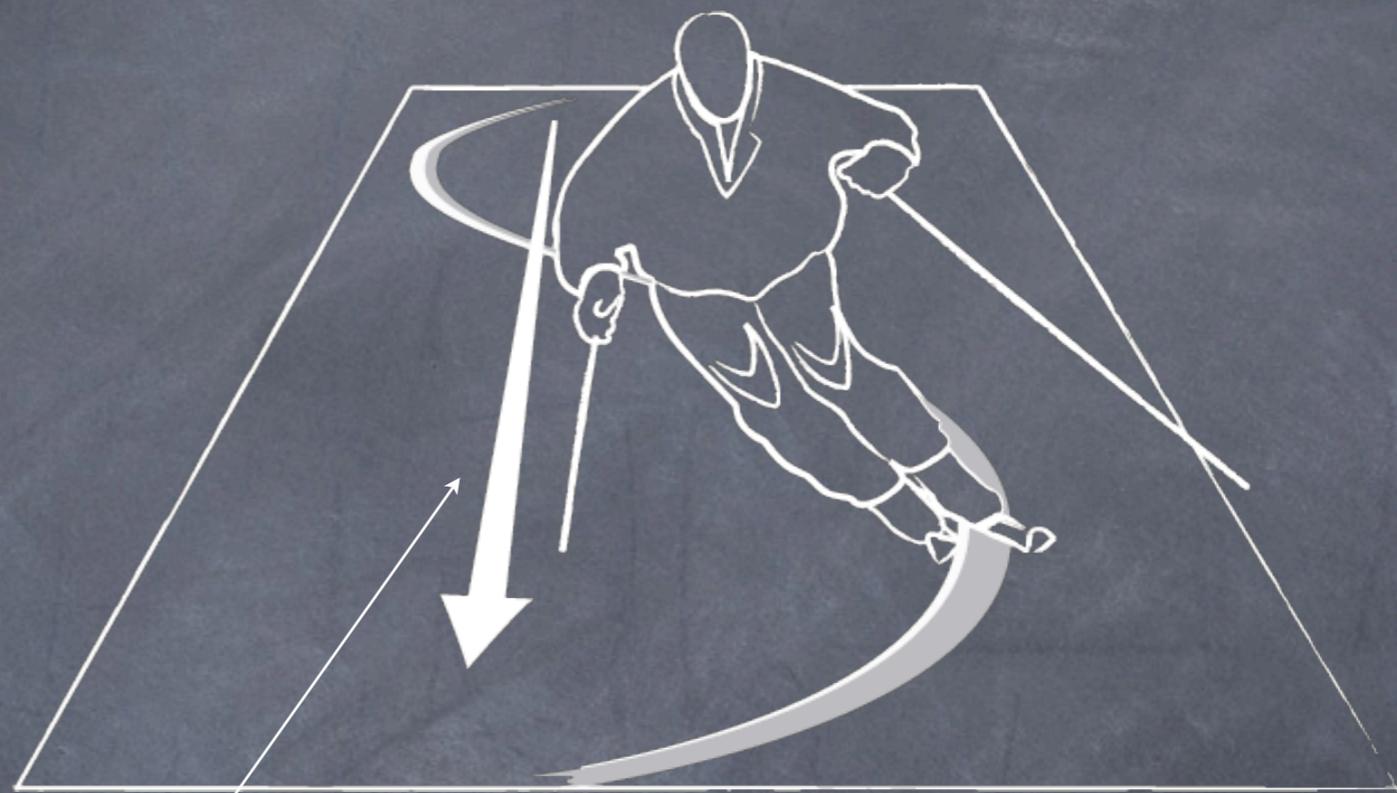
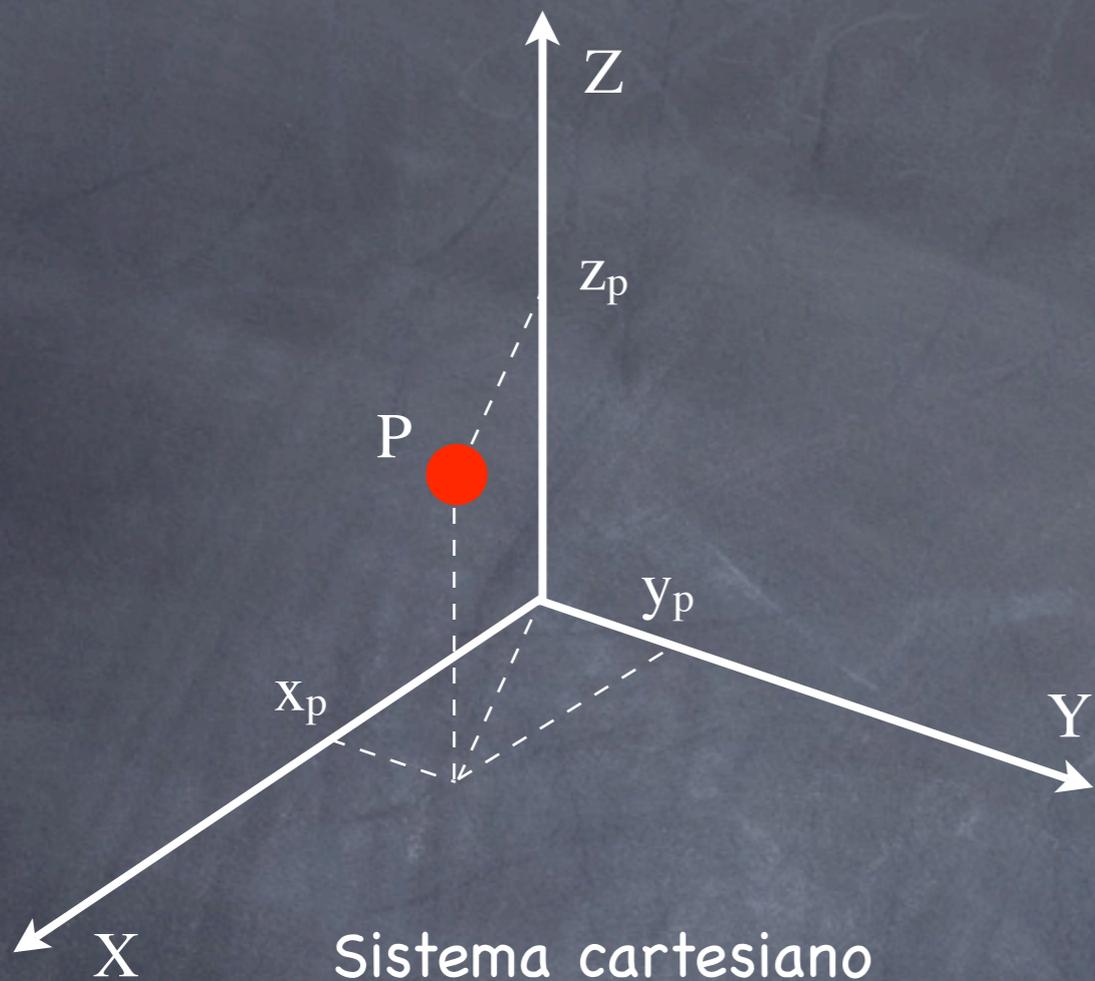


# Equivalenza tra forze inerziali e forze gravitazionali



forza peso  
forza centrifuga  
risultante

# Sistemi di riferimento



Sistema di riferimento usato per descrivere la traiettoria di uno sciatore

# Studio della dinamica attraverso modelli di traiettoria definiti mediante funzioni parametriche

$$C = \begin{cases} x(t) = \frac{2b}{\pi} t \\ y(t) = a \cos(t) \end{cases}$$

$$\vec{r}(t) = \frac{2b}{\pi} t \vec{i} + a \cos(t) \vec{j}$$

$$\left| \frac{d\vec{r}(t)}{dt} \right| = \sqrt{\frac{4b^2}{\pi^2} + a^2 \sin^2 t}$$

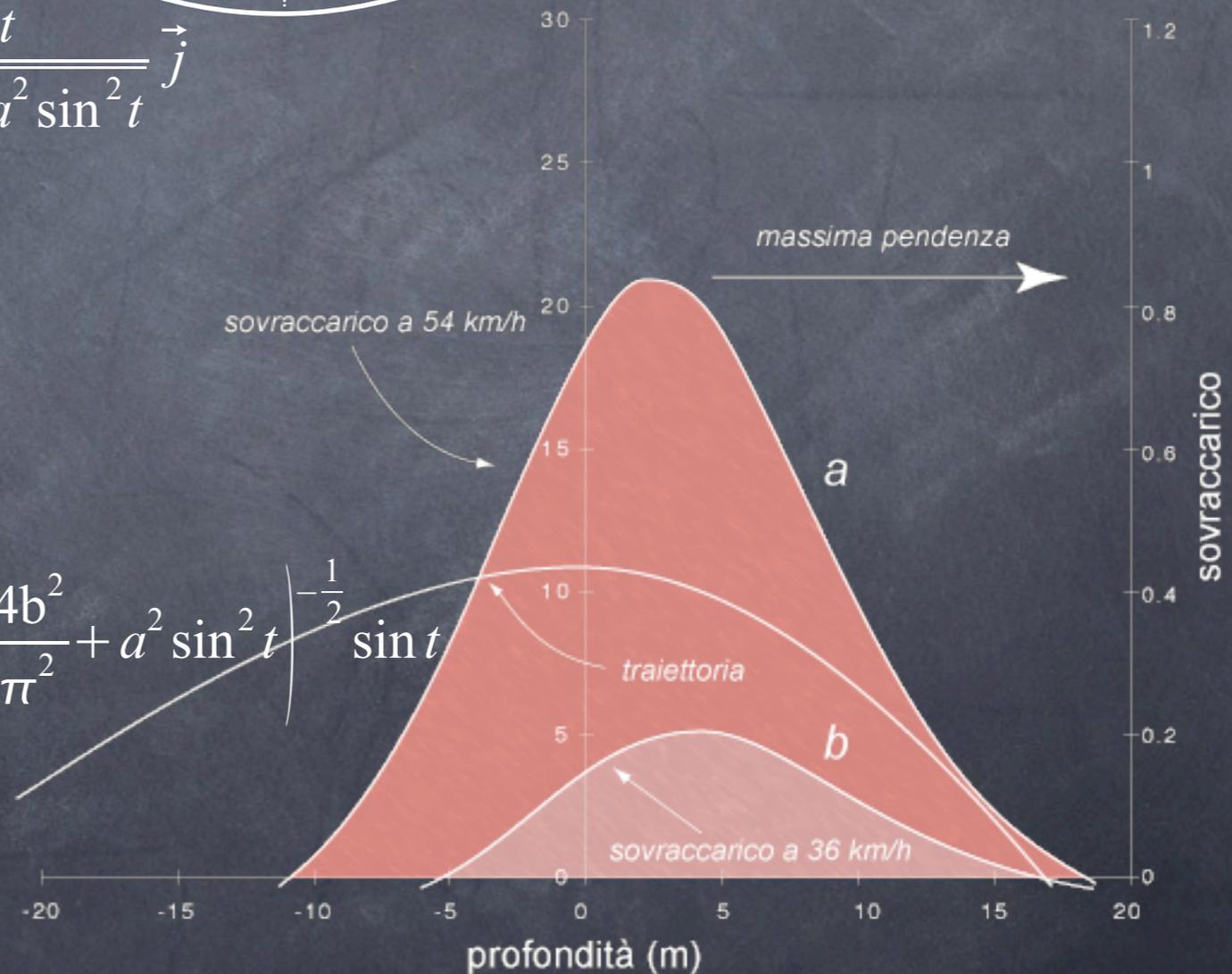
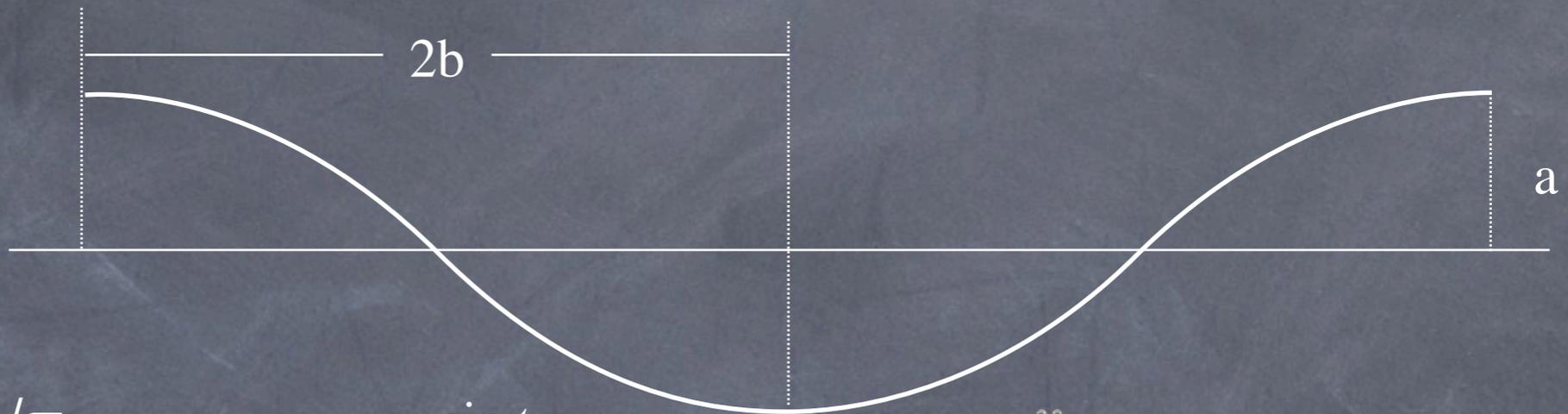
$$\vec{T}(t) = \frac{d\vec{r}/dt}{|d\vec{r}/dt|} = \frac{2b/\pi}{\sqrt{4b^2/\pi^2 + a^2 \sin^2 t}} \vec{i} - \frac{a \sin t}{\sqrt{4b^2/\pi^2 + a^2 \sin^2 t}} \vec{j}$$

$$\frac{d\vec{T}}{ds} = \alpha \vec{N}$$

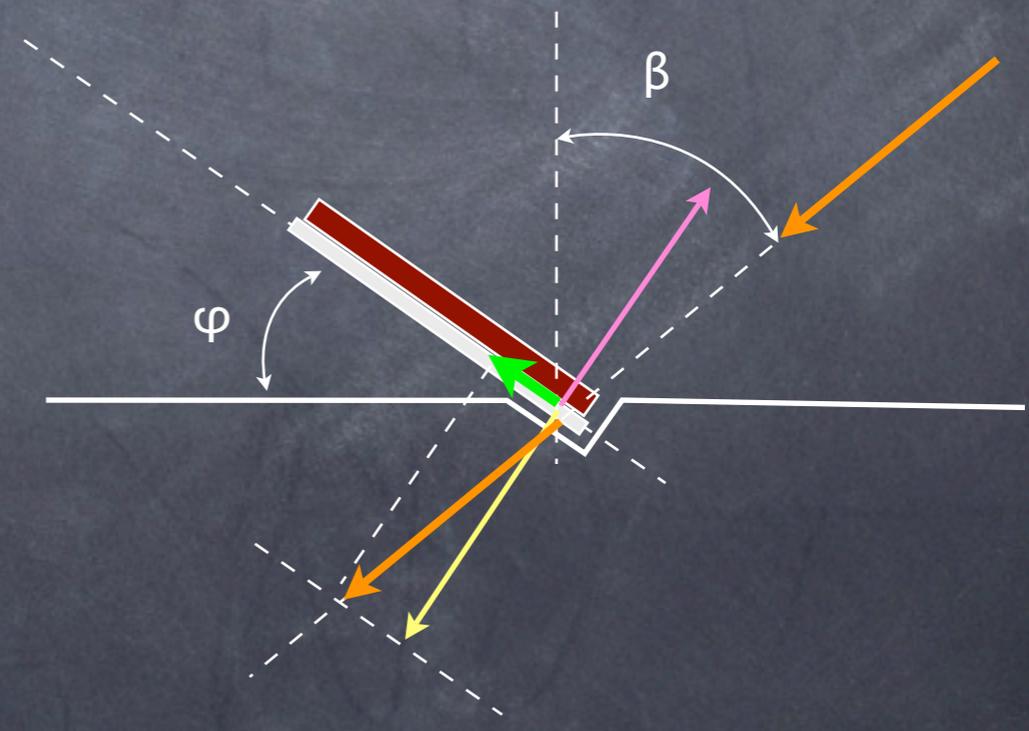
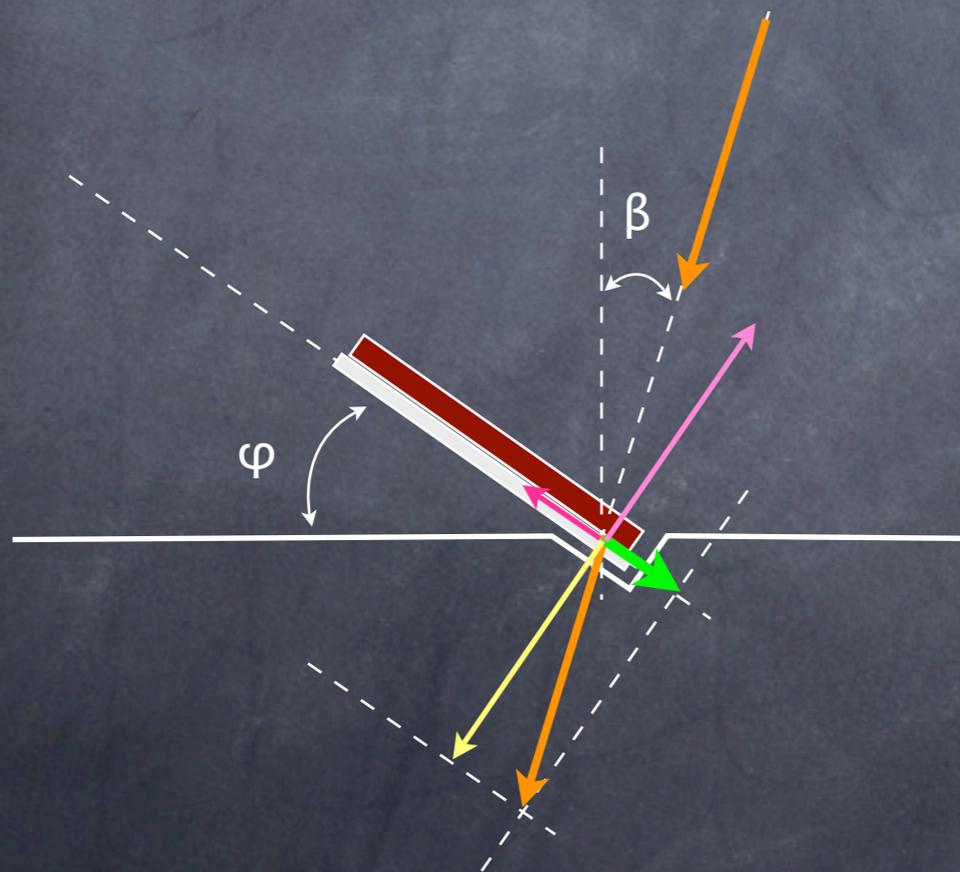
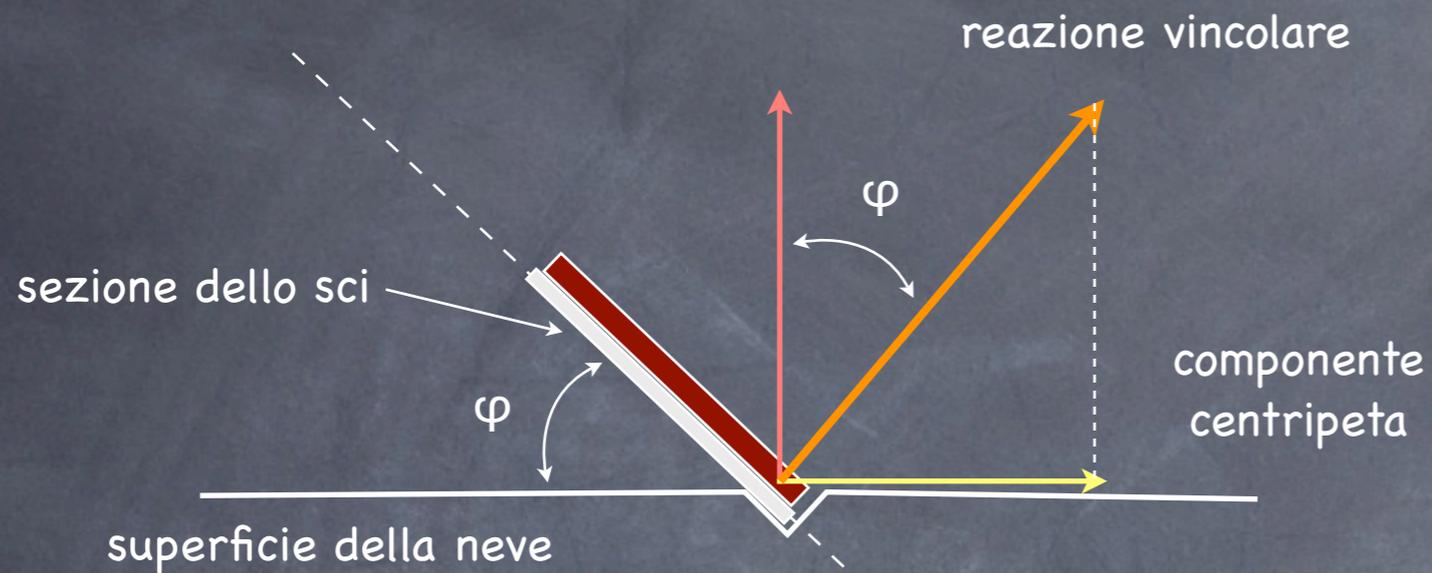
$$\rho = \frac{\pi (4b^2/\pi^2 + a^2 \sin^2 t)^{3/2}}{2ab \cos t}$$

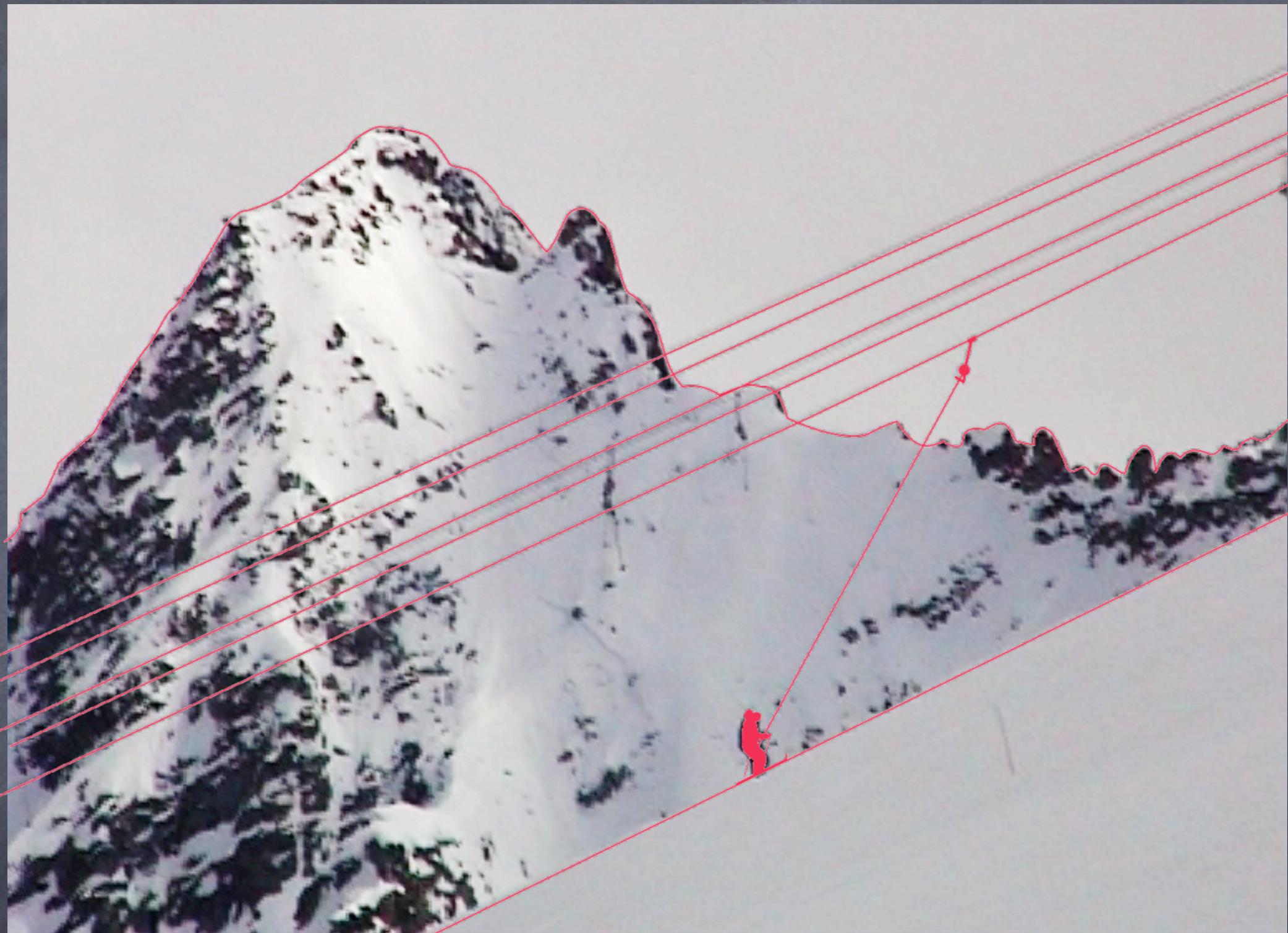
$$F_{cp} = mv^2 \frac{2ab}{\pi} \left( \frac{4b^2}{\pi^2} + a^2 \sin^2 t \right)^{-3/2} \cos t - mga \sin \alpha \left( \frac{4b^2}{\pi^2} + a^2 \sin^2 t \right)^{-1/2} \sin t$$

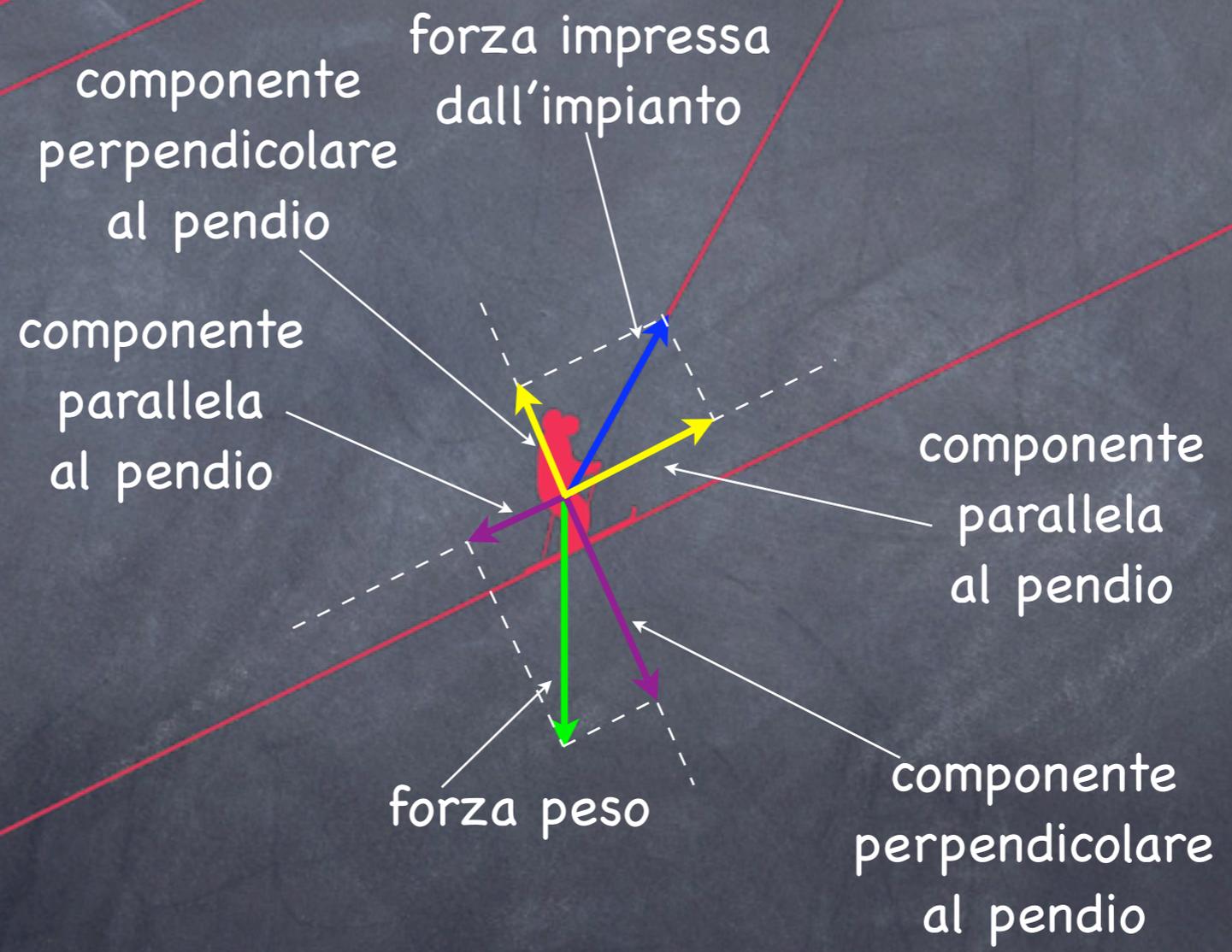
$$|\vec{R}|^2 = F_{cp}^2 + (mg \cos \alpha)^2$$



# Studio del vincolo: forza centripeta, condizioni di equilibrio in funzione della posizione del centro di massa

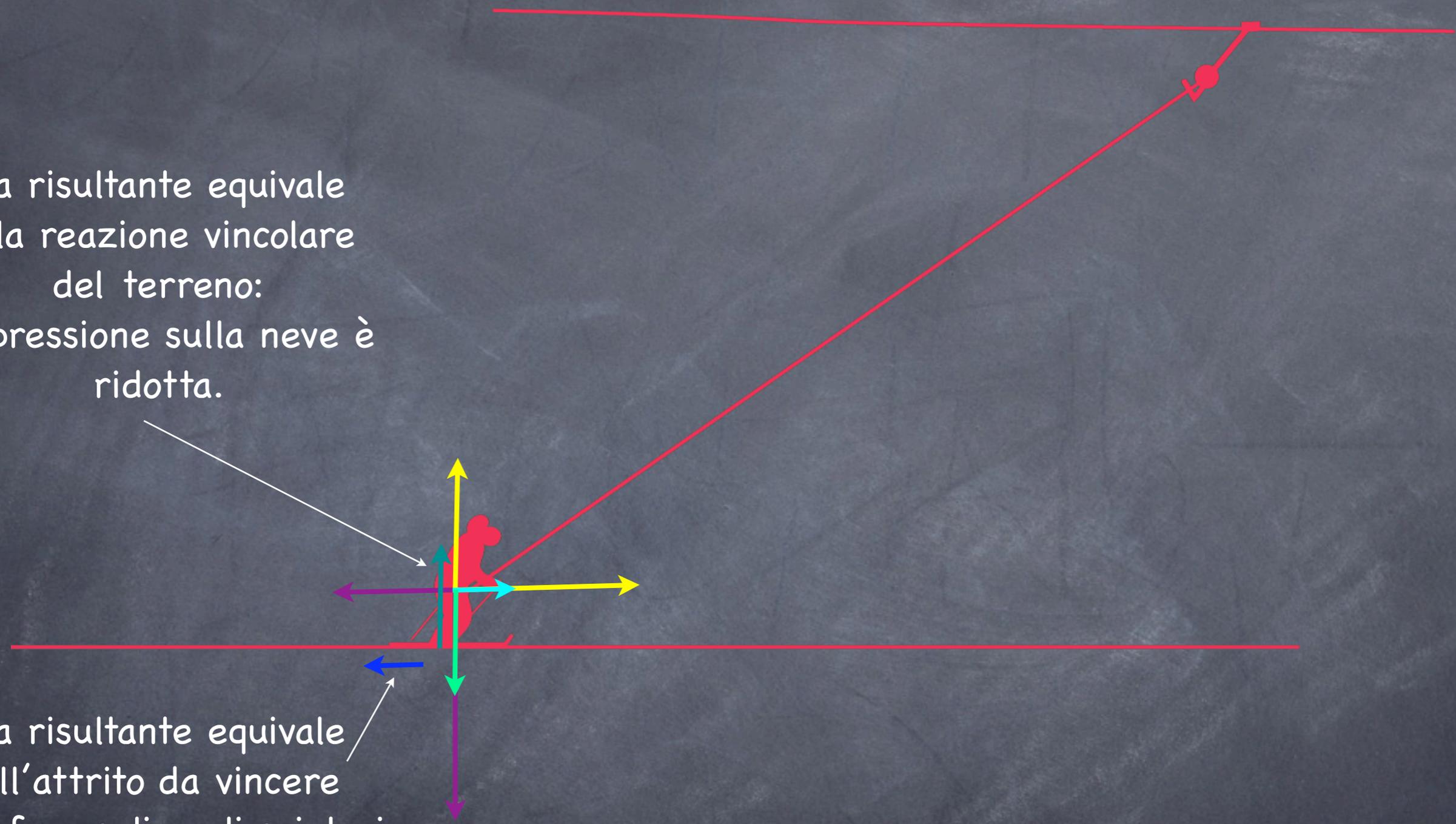






La risultante equivale  
alla reazione vincolare  
del terreno:  
la pressione sulla neve è  
ridotta.

La risultante equivale  
all'attrito da vincere  
per fare salire gli sciatori  
a velocità costante



# Studio della conversione tra energia potenziale e cinetica attraverso il piano inclinato



Energia potenziale =  $mgh$

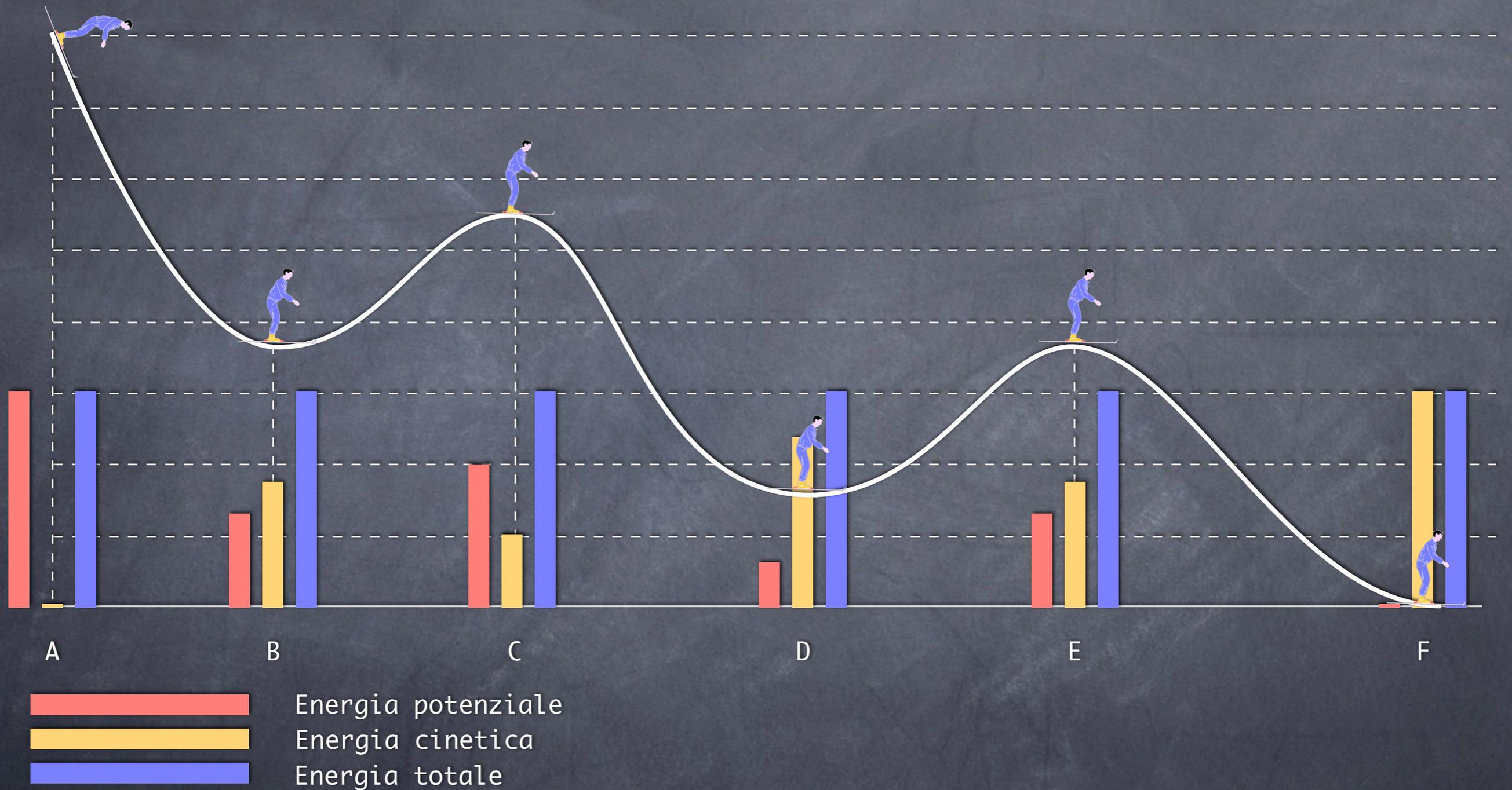
Energia cinetica = 0

Energia potenziale = 0  
Energia cinetica =  $\frac{1}{2}mv_f^2$

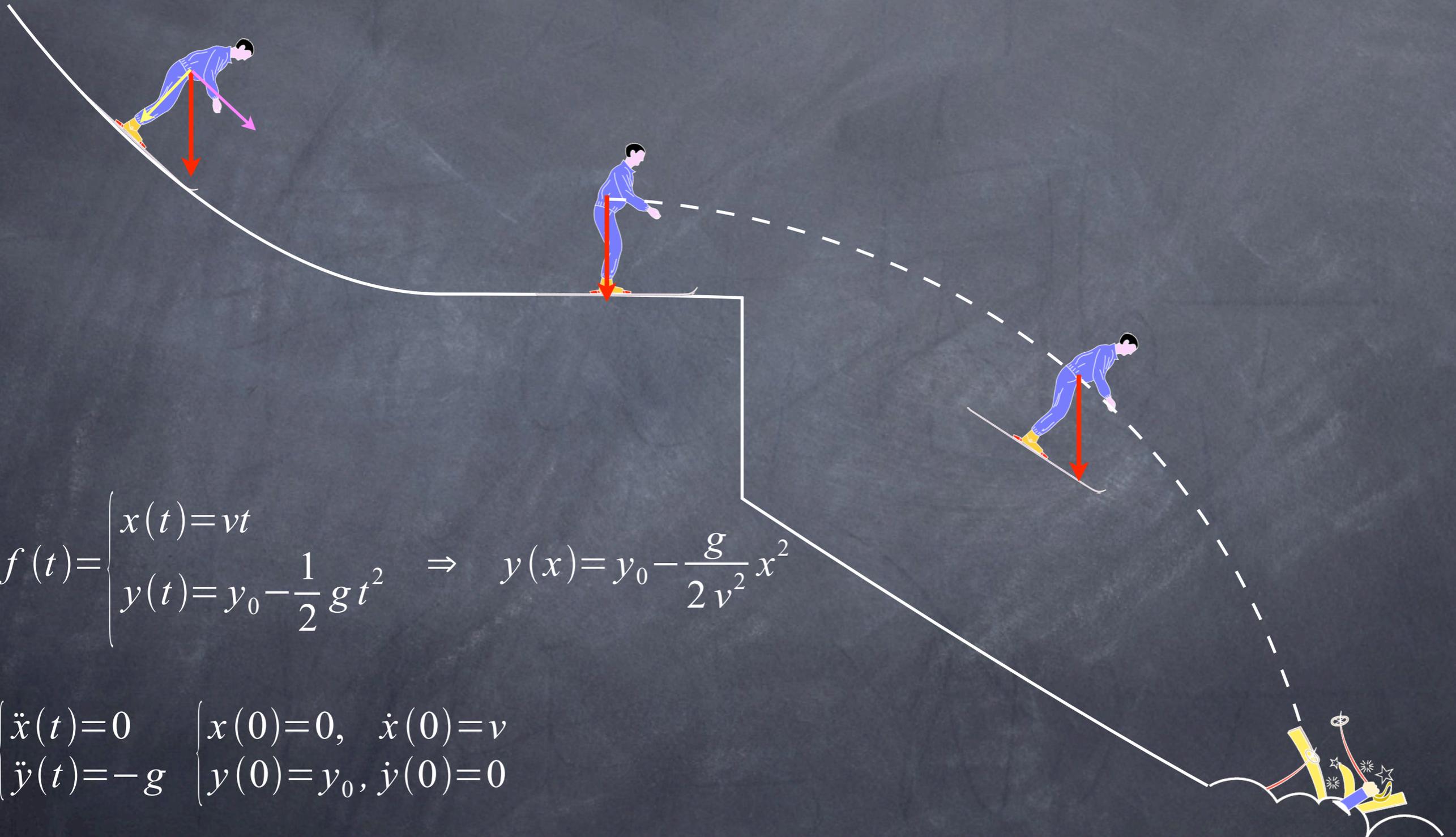
Energia totale =  $mgh = \frac{1}{2}mv_f^2$

$v_f = \sqrt{2gh}$

# Studio della conversione tra energia potenziale e cinetica su un pendio con andamento variabile



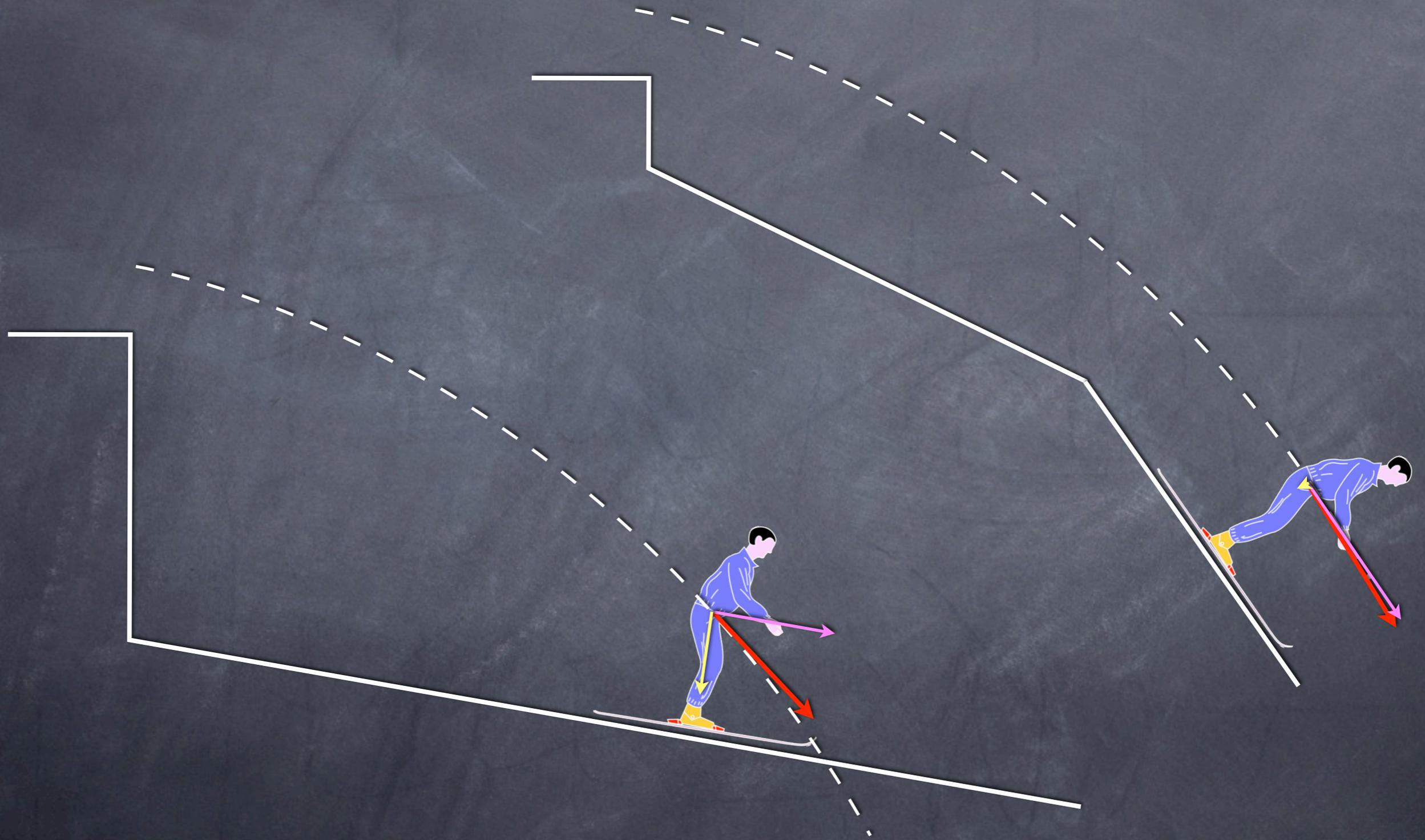
# Traiettorie nei salti, composizione di moti in più direzioni



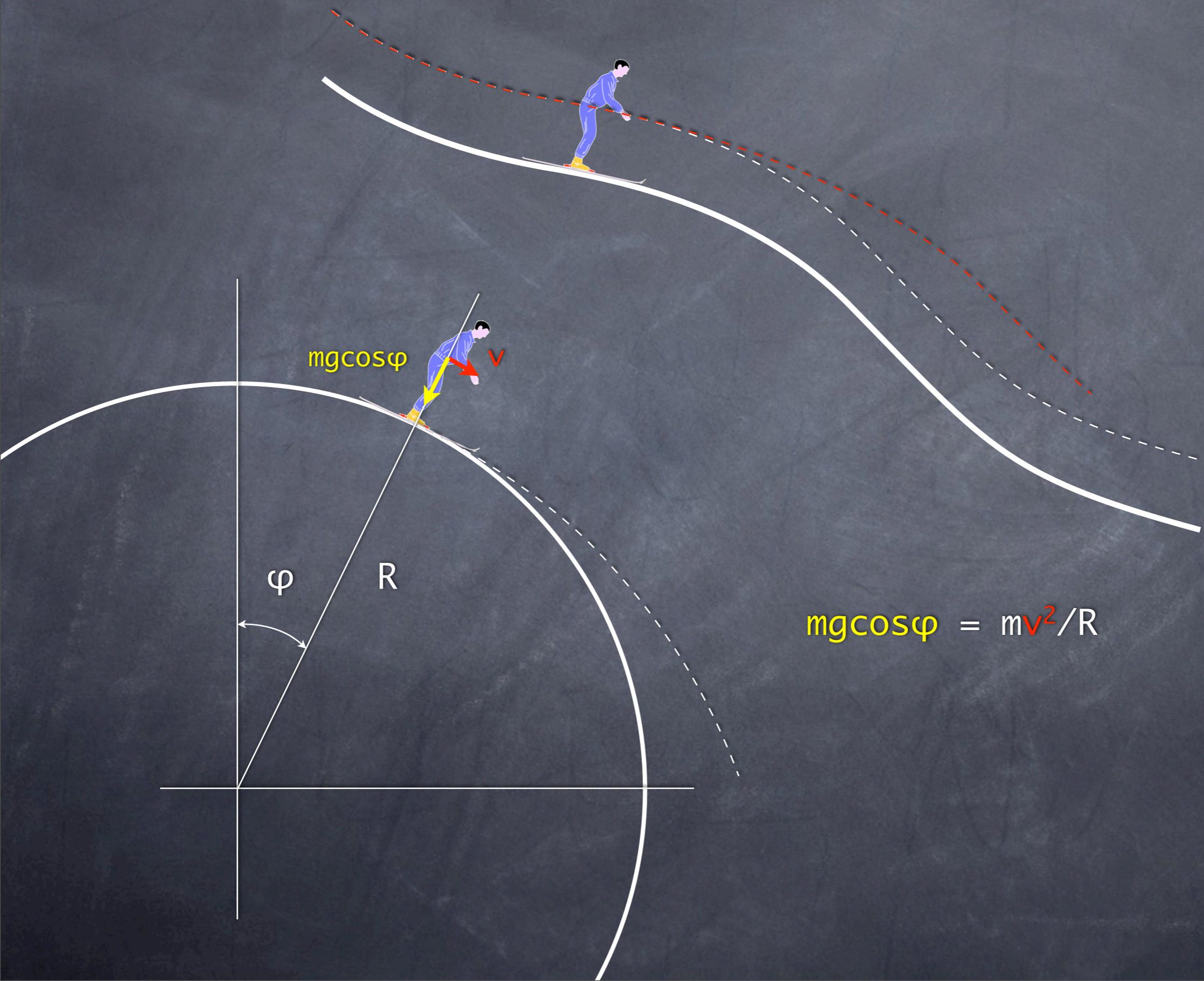
$$f(t) = \begin{cases} x(t) = vt \\ y(t) = y_0 - \frac{1}{2}gt^2 \end{cases} \Rightarrow y(x) = y_0 - \frac{g}{2v^2}x^2$$

$$\begin{cases} \ddot{x}(t) = 0 \\ \ddot{y}(t) = -g \end{cases} \begin{cases} x(0) = 0, \dot{x}(0) = v \\ y(0) = y_0, \dot{y}(0) = 0 \end{cases}$$

# Traiettorie nei salti, studio della zona di atterraggio



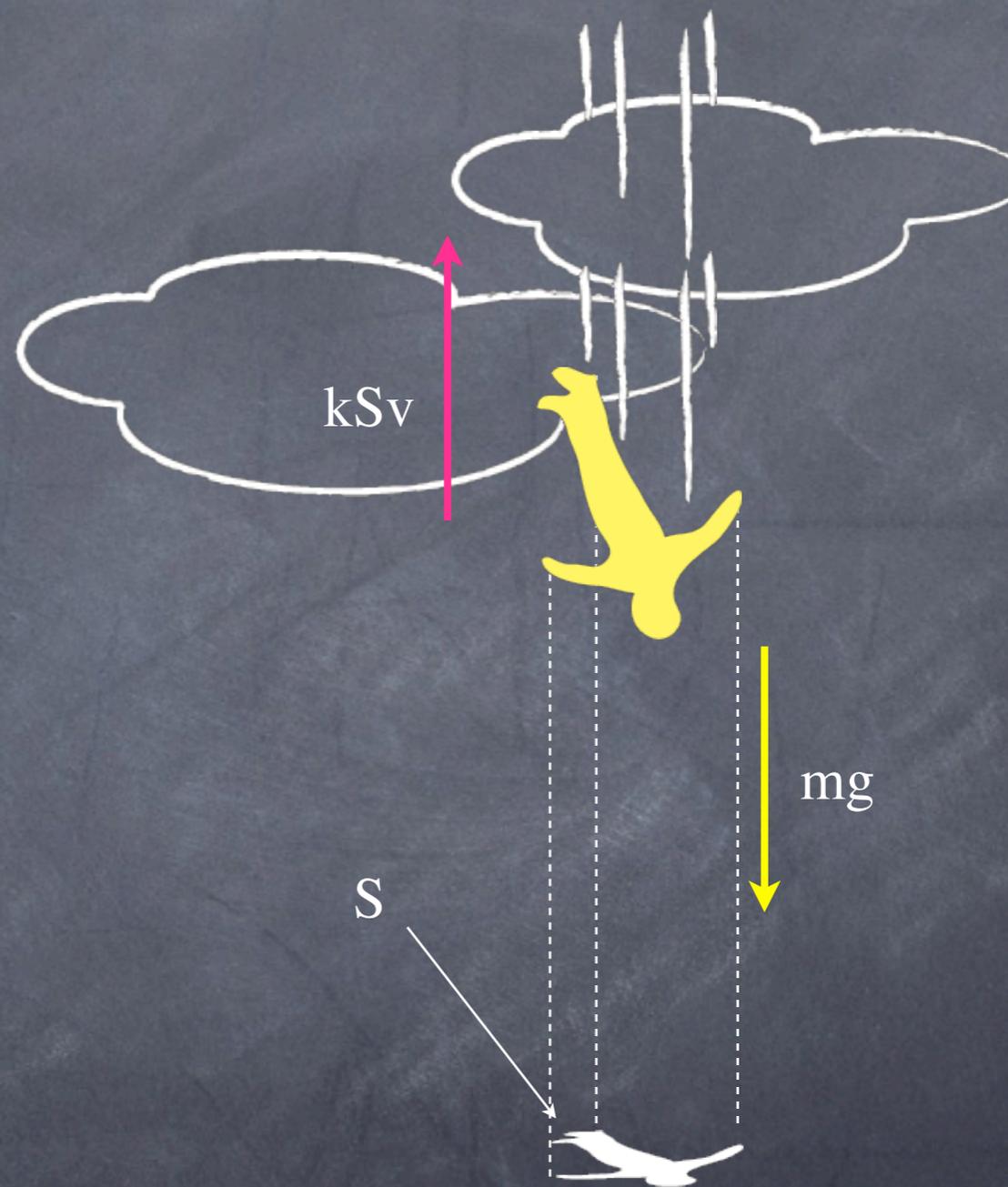
# Condizioni di distacco dalla superficie di scorrimento



# Attrito



Attrito neve-soletta



Attrito sciatore-aria

## Suggerimenti per attività teoriche e di laboratorio

- Calcolo del raggio di curvatura su sci moderni e su sci di vecchio modello attraverso la misura dei parametri geometrici
- Misura della forza necessaria per annullare la centina di uno sci
- Misura della torsione di uno sci rispetto al suo asse longitudinale
- Misura della posizione del baricentro di uno sci con e senza attacchi
- Confronto tra sci di tipologia diversa attraverso i parametri misurati
- Studio dei diversi tipi di neve, loro classificazione e processi di trasformazione
- Studio dell'attrito tra soletta dello sci e acqua

# Implementazione di strumenti operativi per il lavoro in collaborazione

- Realizzazione di un wiki sullo sci e la neve o integrazione con un analogo sistema creato per tutti gli sport inclusi nel progetto Scienza&Sport

# Grazie per l'attenzione!



SCIE  
Mario Fabretto



Associazione Maestri  
di Sci FVG



AMSI  
for Kids



Collegio Maestri  
di Sci FVG