Misura di g

OBIETTIVO : 1 misura di g attraverso lo studio del moto del pendolo
2 verificare la legge del pendolo $g = \frac{4\pi^2 \ell}{T^2}$

MATERIALI : costruzione → peso (30-50 g) di plastilina
→ filo o spago $\ell \sim 150$ cm
inestensibile, non elastico
peso filo << peso della massetta
→ perno (chiodo lungo)

almeno ×10

misura → cronometro (cellulare?) $\delta t = 0.01$ s
→ metro estensibile $\delta x = 0.001$ m
→ bilancia $\delta m = 1$ g

L di partenza $\simeq 100$ cm VA MISURATA! $L = 55.9$ cm

M del pesetto $m_p = 35.8$ g

M del filo → misura il peso del filo con lunghezza nota → ricava $\lambda = \frac{m}{\ell}$

→ stima massa filo appeso da L

PRINCIPI DI MISURA

misura di T è affetta da errore dovuto ai riflessi

$T \pm \delta_T$ ← STATISTICO: mi servono TANTE MISURE

→ misuro 10 PERIODI : $\tau = 10T$

→ misuro 20 τ diversi

angolo apertura $\sim 5^\circ$

$\delta x = \ell/10$

NON far partire il cronometro quando parte il moto

assicurarsi che il pendolo si muova con traiettoria lineare!

$n=1 \quad \tau_1:$ $\overset{\tau_{11}}{15{,}11}$ / $\overset{\tau_{12}}{15{,}08}$ / $\overset{\tau_{13}}{15{,}03}$ / $\overset{\tau_{14}}{\dots}$ / 10 volte

$n=2 \quad \tau_2:$ ... / ... / ... / ... 10 volte

$\vdots$

$n=20 \quad \tau_{20}:$ ... / ... / ... / ... 10 volte

per ogni n $\quad \bar{\tau}_1 = \frac{1}{10}\sum_{i=1}^{10} \tau_{1i}$

$$\sigma_1^2 = \frac{1}{10-1}\sum_{i=1}^{10}\left(\tau_{1i}-\bar{\tau}_1\right)^2$$

poi calcolo $\bar{\tau} = \frac{1}{20}\sum_{i=1}^{20} \bar{\tau}_i$

$$\sigma_{\bar{\tau}}^2 = \frac{\sigma^2}{20}$$

σ della singola misura

ottengo

$\bar{\tau} \pm \sigma_{\bar{\tau}}$

$\downarrow$

faccio $:10$

$\bar{T} \pm \sigma_T$

alla fine devo avere

- $\bar{T} \pm \sigma_T$
- $m_p \pm \Delta m$ sensibilità bilancia $= 1g$
- $L \pm \Delta L$ $2 \times$ sensibilità metro $= 2mm$
- $m_p \pm \Delta m$ propagazione errore da stima λ $< 1g$

calcolo g

$L \pm \Delta L$

$\downarrow$

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$$

$\leftarrow L \pm \sigma_L$

$\leftarrow T \pm \sigma_T$

devo calcolare errore g

$$\boxed{g \pm \sigma_g}$$

PRIMO OBIETTIVO

devo avere tutti gli errori di tipo STATISTICO

$\sigma_T \rightarrow$ OK

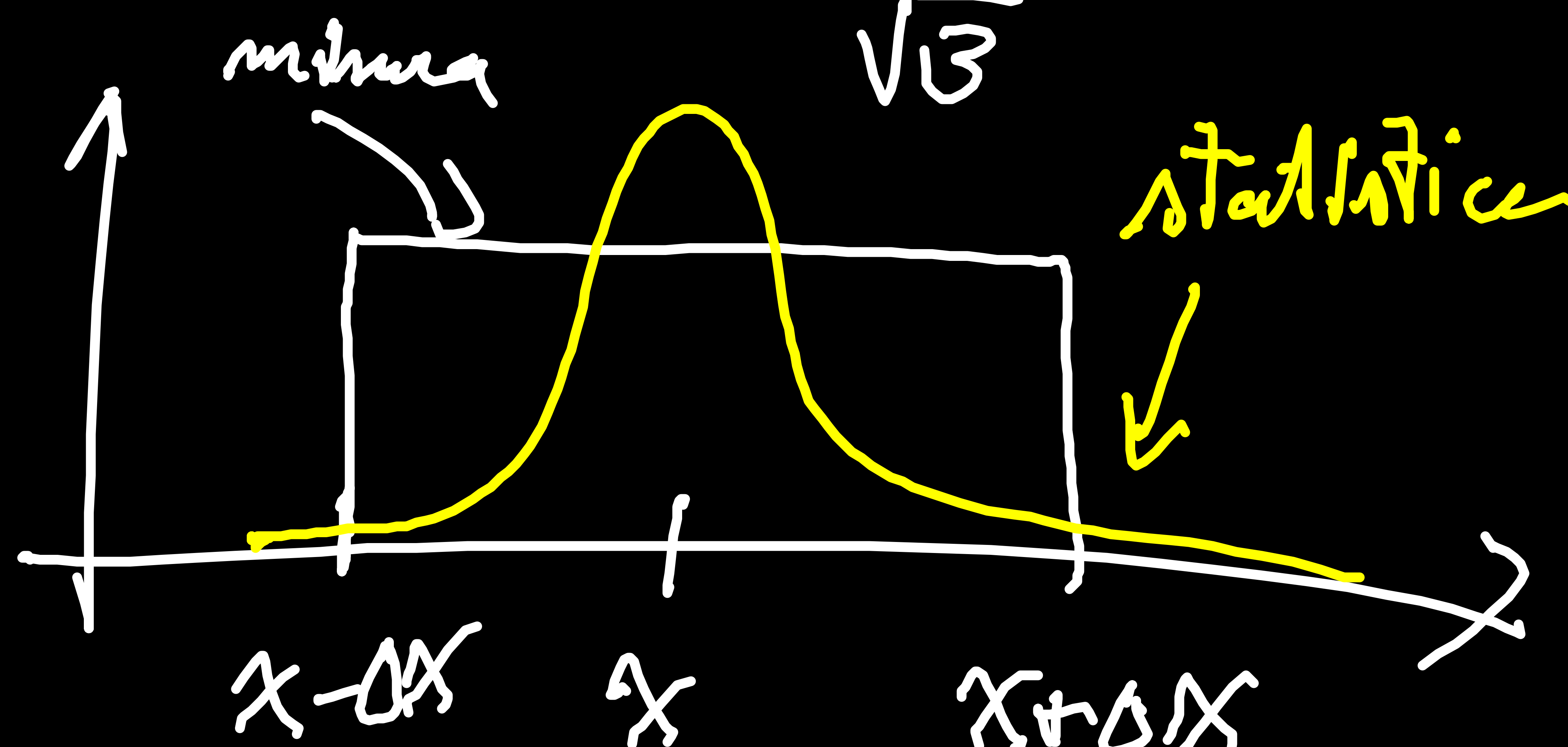
$$\Delta L \longrightarrow \sigma_L = \frac{\Delta L}{\sqrt{3}}$$

incertezze di misura → 100%

incertezze statistiche → 68%

Faccio in modo che l'incertezza di una misura abbia un livello di confidenza del 68%

→ $\sigma_x = \dfrac{\Delta x}{\sqrt{3}}$



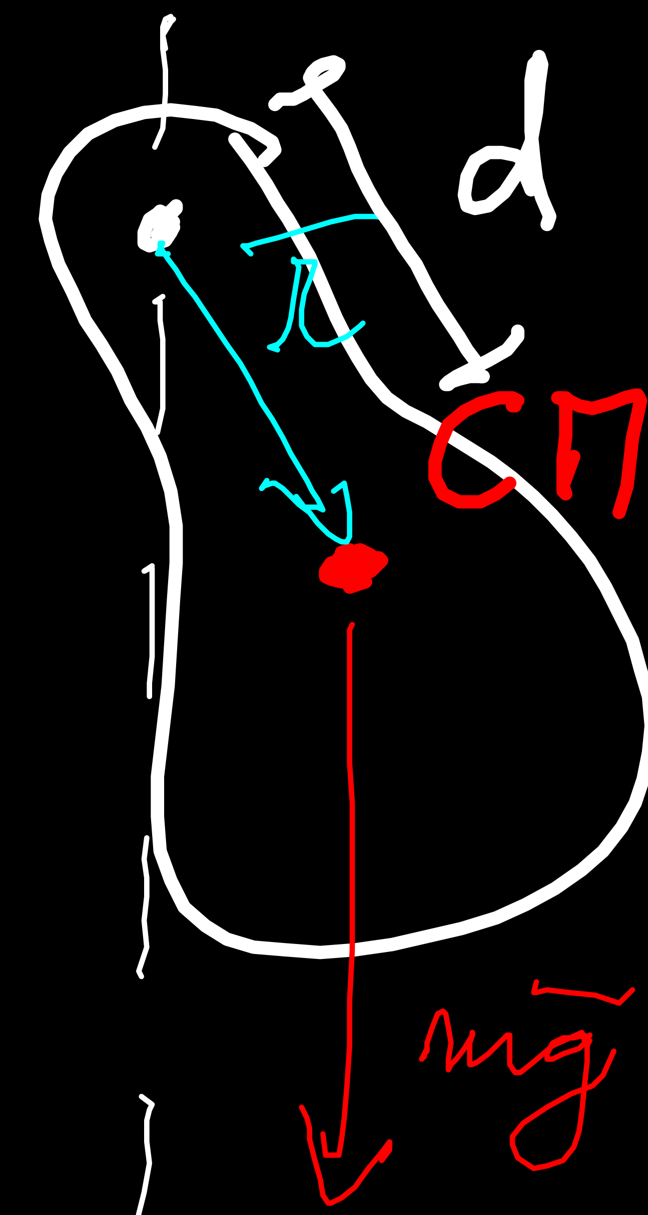
COROLLARIO

discussione su quello che si è trovato

- comparare con 9.81 m/s²
- eventuali errori non considerati
- discutere sulla validità della formula

(pendolo SEMPLICE vs pendolo FISICO)

PENDOLO FISICO



$$\omega = \sqrt{\frac{mgd}{I}}$$

$$\frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{mgd}{I}$$

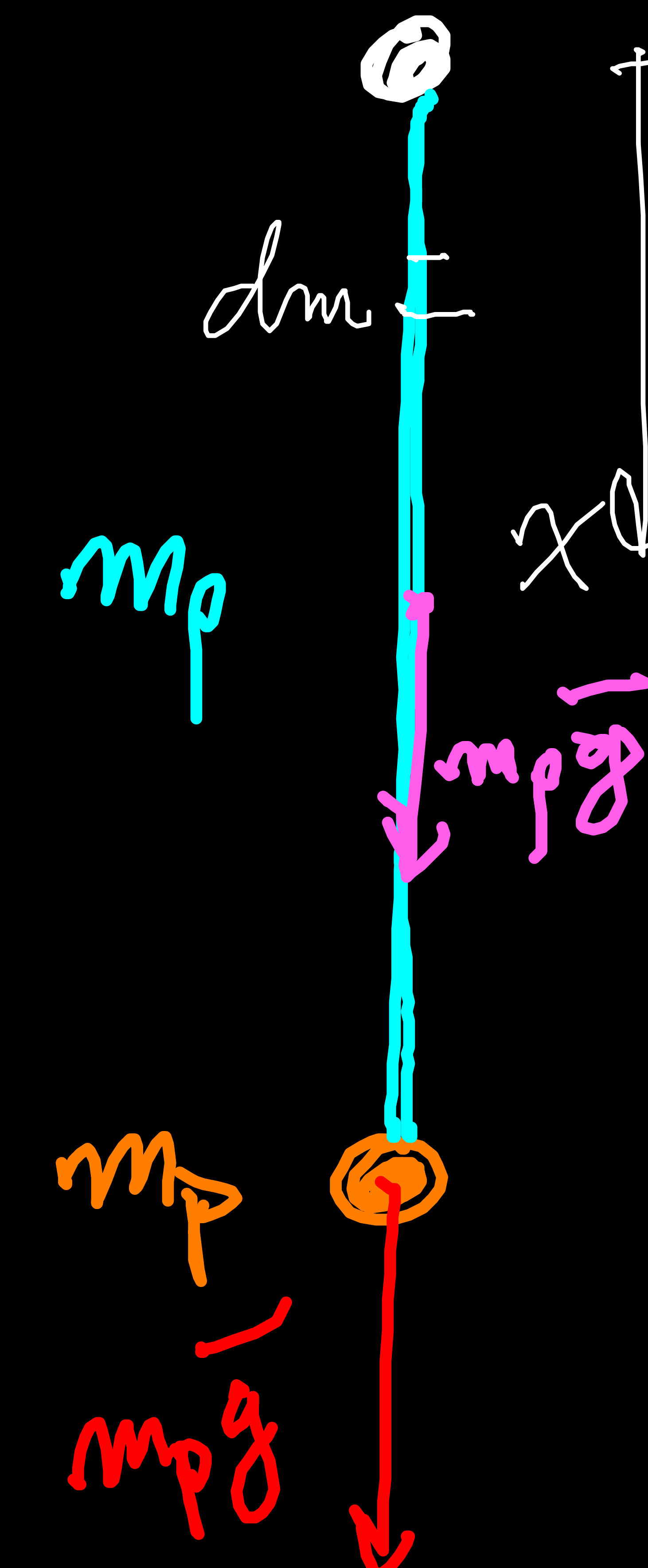
$$g = 4\pi^2 \frac{I}{m d T^2}$$

$d \simeq$ distanza fulcro-pesetto

$$m = m_p + m_f$$

$$I = I_{filo} + I_{peso}$$

$$I_{filo} = \int_0^L x^2 \, dm = \int_0^L x^2 \frac{m_f}{L} dx = \frac{1}{3} m_f L^2$$



$$I_{peso} = I_{peso}^{CM} + I_{CM}^{fulcro} = \frac{2}{5} m_p R^2 + m_p L^2$$

prima avere $g \pm \delta_g$ con pendolo semplice

col pendolo fisico g' ← valore più aderente al vero

il valore di g' rispetto a g mi dà indicazione di

dove mi porta una formula più precisa

2ª parte

Verificare la legge del pendolo significa verificare la dipendenza di g da T e da L

$$g = 4\pi^2 \frac{L}{T^2} \text{ è corretta}$$

Ho bisogno di misure con diverse L e diverse T

- Ho già in mano la misura con $L \simeq 100$ cm
- devo fare altre 4 misure a diverse L

$L \simeq 140, 120, 80, 60$ cm

ottengo $T_{140}, T_{120}, T_{80}, T_{60}$

per ottenere T

- faccio una singola misura della media

→ misuro τ (10 oscillazioni) 20 volte

→ $\bar{\tau}$ e δ_τ

$$\bar{g} = \sum g = \frac{1}{5}\left(g_{140} + g_{120} + \dots\right) \leftarrow \text{NON VA BENE}$$

Mi ritrovo con

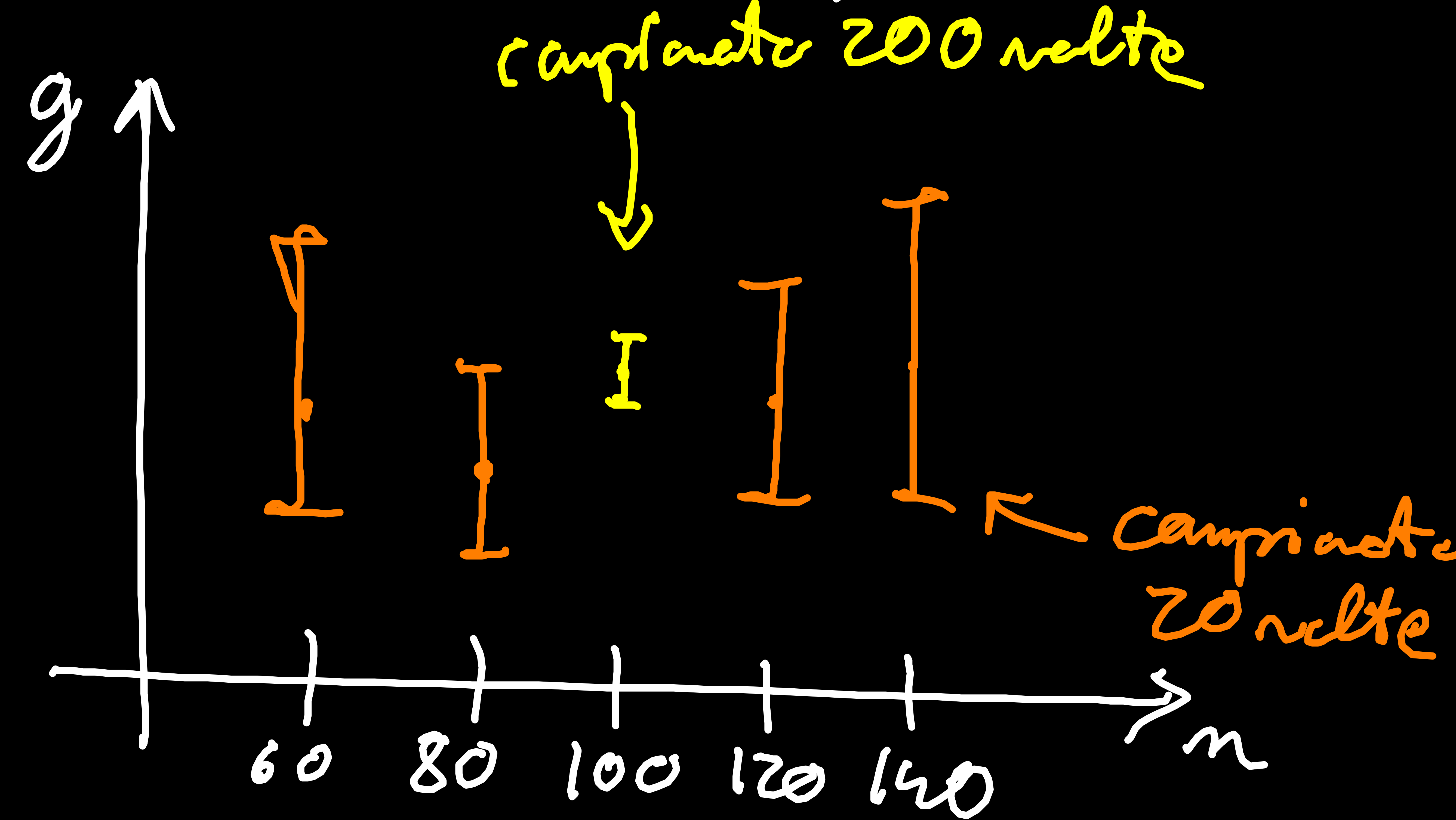
$T_{140} \pm \sigma_{140}$

$T_{120} \pm \sigma_{120}$

$T_{100} \pm \sigma_{100}$ molto più piccola

$T_{80} \pm \sigma_{80}$

$T_{60} \pm \sigma_{60}$



quando calcolo la media, ogni valore deve avere un peso inversamente proporzionale alla VARIANZA

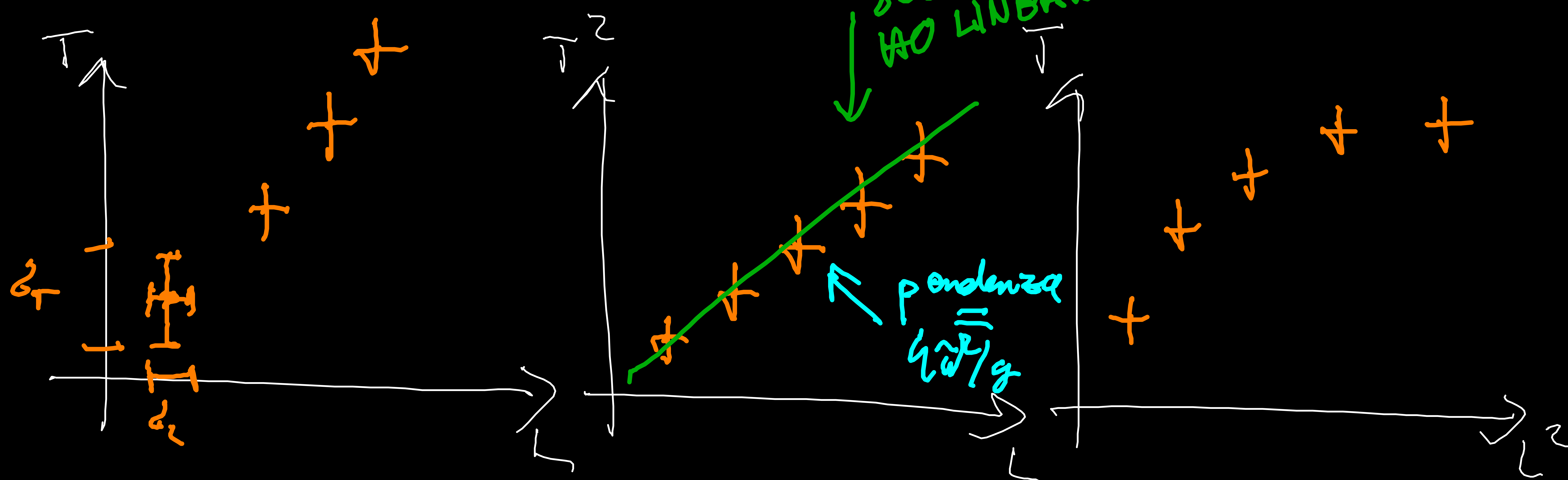
$$w_i = \text{peso} = \frac{1}{\sigma_i^2} \qquad \bar{g} = \frac{\sum w_i g_i}{\sum w_i} \qquad \frac{1}{\sigma_{\bar{g}}^2} = \sum_i \frac{1}{\sigma_i^2} \Rightarrow \bar{g} \pm \sigma_{\bar{g}}$$

Per verificare che la legge sia corretta $\quad g = 4\pi^2 \dfrac{L}{T^2}$

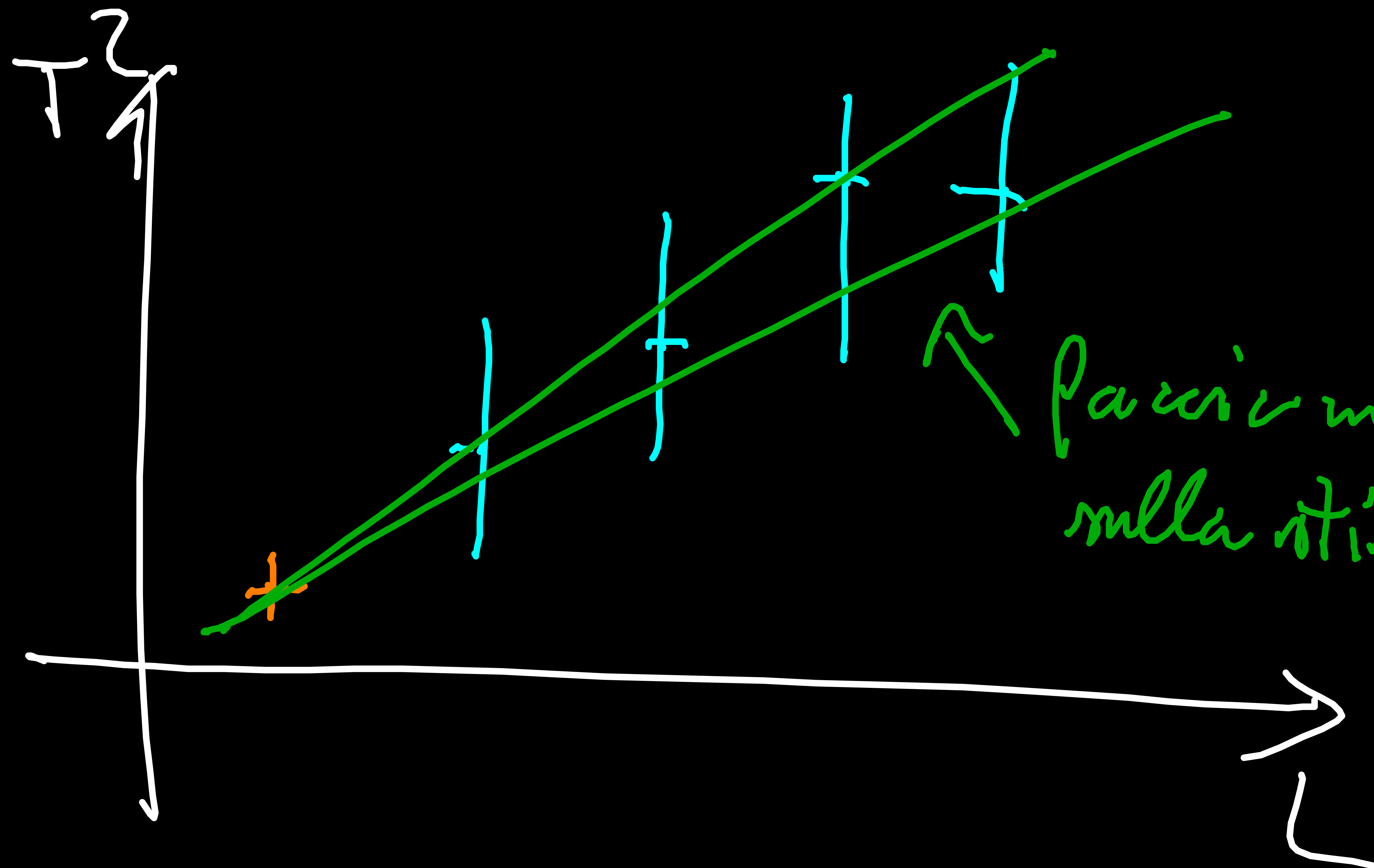
$g \propto L$ e $g \propto \dfrac{1}{T^2}$ $\qquad T^2 = \left(\dfrac{4\pi^2}{g}\right) L$

$\longrightarrow$ verifico il rapporto che c'è tra L e T $\qquad T^2 \propto L$

PENDENZA



se altre misure hanno L più piccole



portano un errore maggiore sulla stima di g