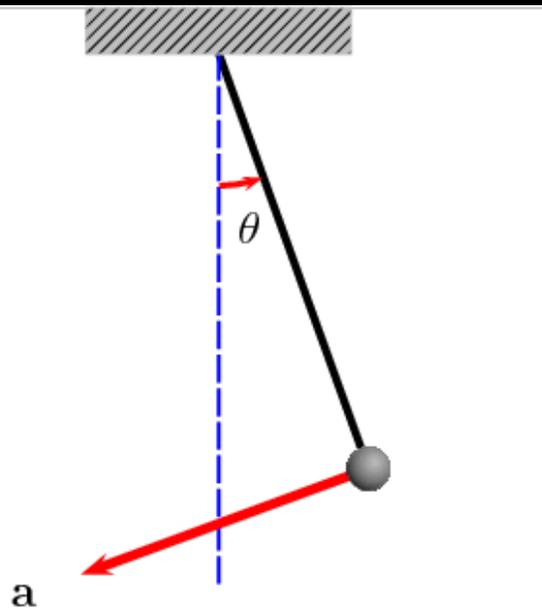


# Laboratorio di fisica sperimentale

[adalberto.sciubba@uniroma1.it](mailto:adalberto.sciubba@uniroma1.it)

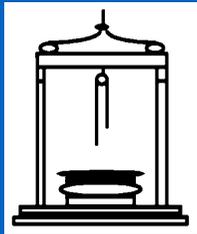
meccanica Ingegneria



# LABORATORIO DI FISICA SPERIMENTALE

Ingegneria meccanica

A.A. 2021-2022

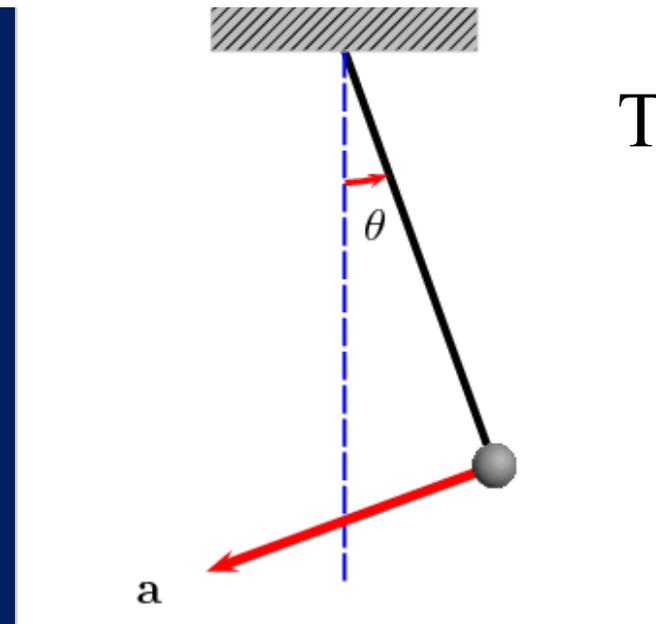
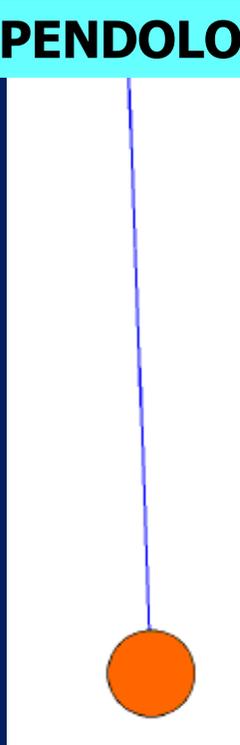
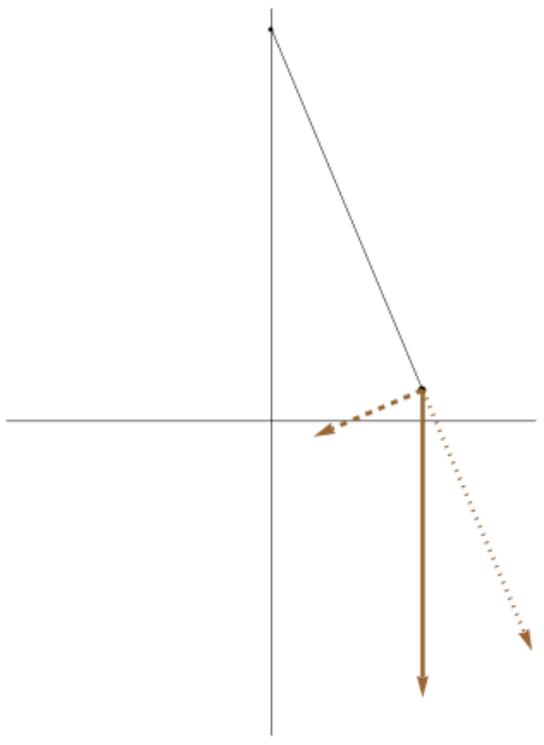


## Quarta esperienza: il pendolo semplice

ma è veramente semplice ?

lasciate il tavolo di laboratorio in ordine e pulito;  
ne siete responsabili (anche della strumentazione)

## PENDOLO



accelerazione  
velocità

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

scomposizione forza peso  
tensione filo → accelerazione centripeta

$$-mg \sin(\vartheta) = ma = m\ell\ddot{\vartheta} \rightarrow \ddot{\vartheta} + \frac{g}{\ell} \sin(\vartheta) = 0$$

$$\text{se } \vartheta \text{ è "piccolo"} \rightarrow \ddot{\vartheta} + \frac{g}{\ell} \vartheta = 0 \rightarrow \ddot{\vartheta} + \omega^2 \vartheta = 0$$

$$\arcsin(3,5 \text{ cm}/35 \text{ cm}) = 5,7^\circ = 0,10017 \text{ rad}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{g}{\ell}}$$

## PROMEMORIA:

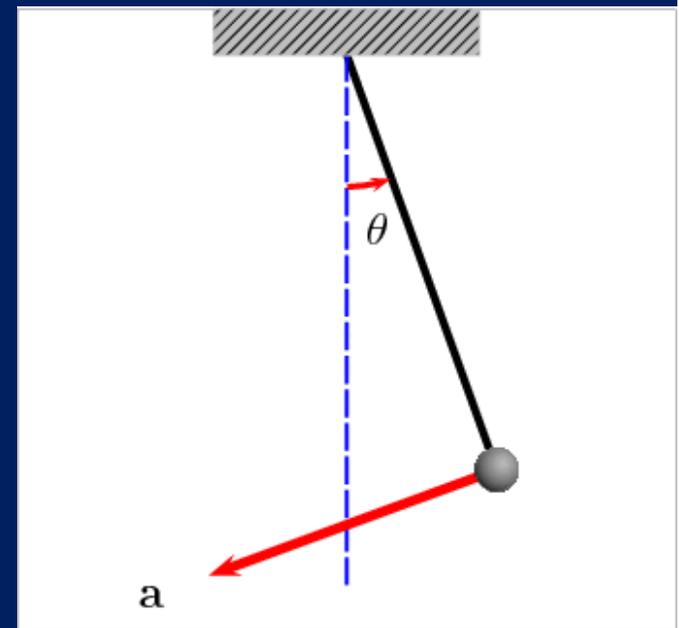
nome, cognome, FIRMA

dati → foglio

grafici (con excell)

valutazione di p e di q → (con LabCalc)

conclusioni → foglio



In questa esercitazione sul pendolo verrà studiata la dipendenza del **periodo di oscillazione**:

- 1) dalla lunghezza
- 2) dal tempo
- 3) dall'attrito con l'aria

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

**1) Dipendenza dalla lunghezza**

**2) Dipendenza dal tempo**

**3) Effetto dell'attrito con l'aria**



$$\arcsin(3,5 \text{ cm}/35 \text{ cm}) = 5,7^\circ = 0,10017 \text{ rad}$$

## PENDOLO [1/3]

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

T



Studiare la relazione fra  $T^2$  e  $L$   
Determinare il valore di  $g$

$t_{10}$  = durata di 10 oscillazioni

tabella con misure di  $L$ ,  $t_{10}$  e  $T^2$   
grafico con excell  $T^2$  vs  $L$

se il grafico è lineare  $p$  e  $\sigma_p$   
con LabCalc

$$T^2 = 4\pi^2/g L \rightarrow g$$

Variare  $L$  fra 20 cm e 40 cm (NOMINALI) a passi di 4 cm

1) Stabilire se la misura della pendenza della relazione  $T^2$  vs  $L$  è stata più o meno precisa:

$$p = 4\pi^2/g$$

- molto precisa:  $\sigma_p/|p| < 1\%$
- precisa:  $1\% < \sigma_p/|p| < 5\%$
- poco precisa:  $5\% < \sigma_p/|p| < 20\%$
- imprecisa:  $\sigma_p/|p| > 20\%$

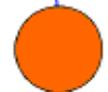
2) Ricavare dalla pendenza il valore  $g$  dell'accelerazione di gravità

3) Calcolare lo **scarto relativo**  $S = \frac{g - g_N}{g_N}$  che dà un'indicazione

dell'accuratezza della misura:

- molto accurata:  $|s| < 1\%$
- accurata:  $1\% < |s| < 5\%$
- poco accurata:  $5\% < |s| < 20\%$
- inaccurata:  $|s| > 20\%$

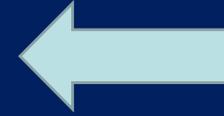
**RISULTATO ATTESO**  $g_N = 9,80665 \text{ m/s}^2$



1) Dipendenza dalla lunghezza

2) Dipendenza dal tempo

3) Effetto dell'attrito con l'aria



*il periodo delle piccole oscillazioni  
è costante: ISOCRONISMO  
Galilei 1602*

$\arcsin(3,5 \text{ cm}/35 \text{ cm}) = 5,7^\circ = 0,10017 \text{ rad}$  **PENDOLO [2/3]**



**Verificare l'isocronismo delle piccole oscillazioni con  $L = 35 \text{ cm}$  circa.  
Misurare  $t_3$  (ogni 30 s, fino all'arresto o per 5 minuti)**

$$T = t_3/3$$



$t$

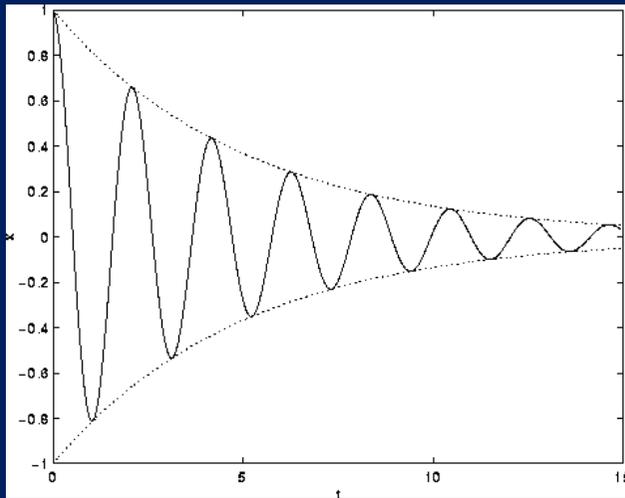
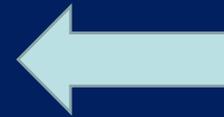


Se le oscillazioni fossero isocrone allora  $t_3$  *vs*  $t$  avrebbe l'andamento di una retta di pendenza nulla.

LabCalc  $|p| < \sigma_p$ ? è verificato sperimentalmente?

fatto?

- 1) Dipendenza dalla lunghezza
- 2) Dipendenza dal tempo
- 3) Effetto dell'attrito con l'aria

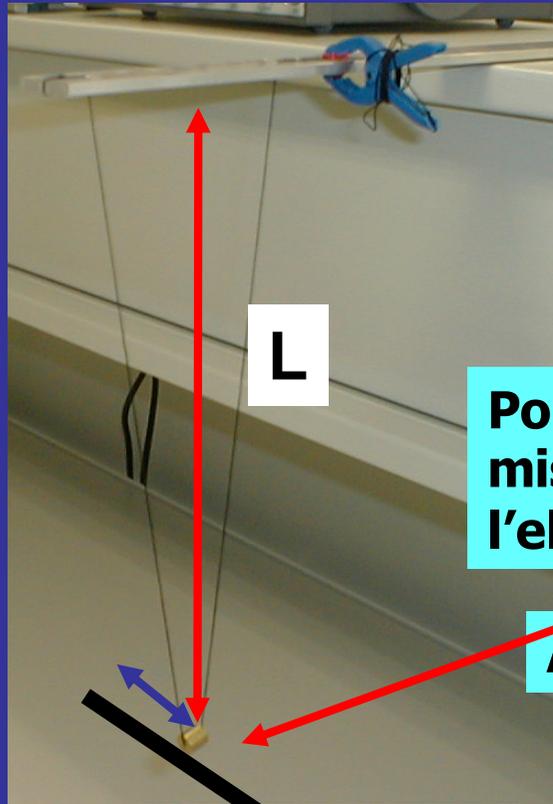


Ipotesi:  $\vec{F}_A = -b\vec{v}$

$\rightarrow \ddot{\vartheta} + \beta \dot{\vartheta} + \omega^2 \vartheta = 0$

$$\arcsin(3,5 \text{ cm}/35 \text{ cm}) = 5,7^\circ = 0,10017 \text{ rad}$$

## PENDOLO [3/3]

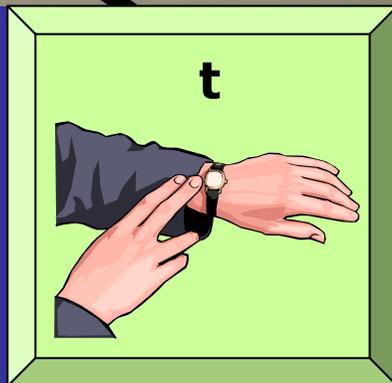
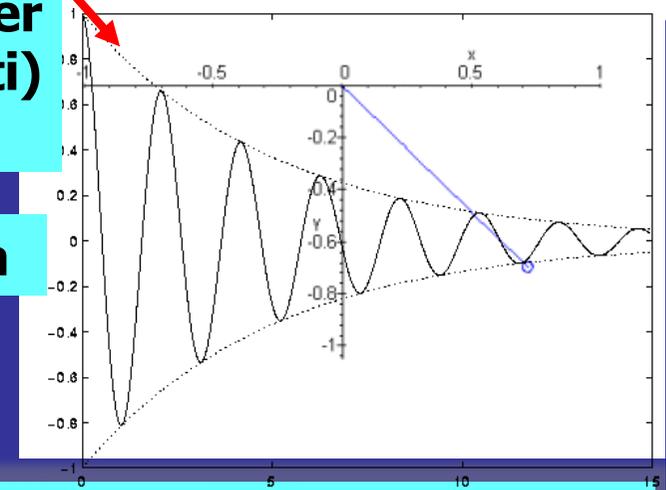


relazione fra  $A(t)$  e  $t$ :  $A(t) = A_0 e^{-t/\tau}$

allungare  $L$  fino a sfiorare il righello (circa 40 cm)

Porre un righello sul tavolo per misurare (ogni 30 s per 5 minuti) l'elongazione massima

**A T T R I T O** viscoso con l'aria



La relazione  $A(t) = A_0 e^{-t/\tau}$  non è lineare  
Per linearizzarla si inverte l'esponenziale:

$$\ln[A(t)] = \ln[A_0 e^{-t/\tau}] = \ln(A_0) - t/\tau$$

Graficare  $\ln [A(t)/1\text{cm}]$  vs  $t$

Ricavare  $\tau$  dalla pendenza  $p = -1/\tau$



- 1) Dipendenza dalla lunghezza
- 2) Dipendenza dal tempo
- 3) Effetto dell'attrito con l'aria


$$T \text{ costante}$$


$$A(t) = A_0 e^{-t/\tau}$$



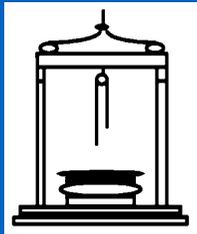
$$v(t) = v_0 e^{-t/\tau}$$

**CONCLUSIONI:** qual è l'effetto dell'attrito sull'ampiezza, sulla velocità massima, sul periodo?

# LABORATORIO DI FISICA SPERIMENTALE

Ingegneria meccanica

A.A. 2021-2022



a giovedì 28 APRILE

