

LABORATORIO DI FISICA SPERIMENTALE  
Ingegneria meccanica  
A.A. 2022-2023



Quarta esperienza:  
il piano inclinato

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




2

SENSORI PER QUESTA ESPERIENZA

## SONAR

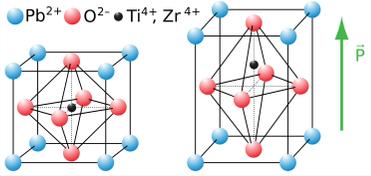


| Sensor Specifications     |  |
|---------------------------|--|
| Sensor Range:             | 0.15 to 8 meters ( $\pm 0.001$ m accuracy)   |
| Minimum Distance:         | 15 cm - false readings when closer   |
| Range Switch Settings:    |  |
| Cart Setting:             | For cart or short-range activities   |
| People Setting:           | For people or long-range activities  |
| Target Indicator LED OFF: | No target detected. Realign target and try again or use a flat, reflective board as a target to improve detection. |
| Surface Reflections:      | Tilt the sensor up 5–10 degrees to avoid reflections from a table surface or the sensor housing.                   |

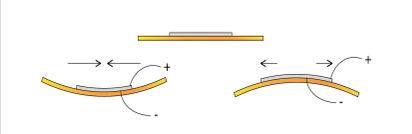
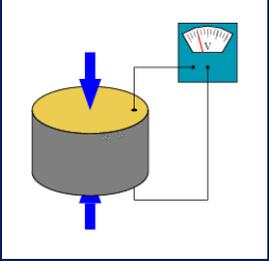
3

## PIEZOELETRICITÀ

$\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{O}^{2-}$ ,  $\text{Ti}^{4+}$ ,  $\text{Zr}^{4+}$



LO ZIRCONATO TITANATO DI PIOMBO  $\text{Pb}[\text{Zn}_x\text{Ti}_{1-x}]\text{O}_3$   $\{0 < x < 1\}$  (PZT)  
E' UNO DEI MATERIALI PIEZOELETRICI OGGI PIÙ UTILIZZATI

4

Il sonar PASCO determina la distanza inviando un treno di 16 impulsi a 49,4 kHz (**ultrasuoni**) e rilevando il loro eco.

Il tempo  $t$  necessario per percorrere due volte la distanza  $d$  fra il trasmettitore/ricevitore e la superficie ecoriflettente dipende dalla **velocità (costante)** del suono  $v = 2d/t$ :

$$d = \frac{1}{2} v t$$

Ad ogni treno inviato si accende il **LED verde**.

C'è un **tempo morto** di circa 0,85 ms durante il quale il sensore non riesce a ricevere impulsi dopo averli tramessi ...

L'**accuratezza** della misura dipende dalla velocità del suono:  
331 m/s a 0°C con 0% di umidità  
351 m/s a 30°C con 100% di umidità  
Valore di riferimento: 344 m/s

Le **distanze** sono misurate a partire dal trasduttore posto dietro la griglia di protezione

5

**1) taratura del sonar** ← **PIANO [1/3]**

**2) studio delle accelerazioni**

**3) urto quasi elastico**

PROMEMORIA:  
**nome, cognome, FIRMA**  
 dati → foglio  
 grafici (con excel)  
 valutazione di q e di p → (con LabCalc)  
**conclusioni** → foglio

6

**SONAR →  $d_s$**

**GRAFICARE CON EXCEL LA RETTA DI TARATURA**

$d_s = p d_m + q$

$p = \Delta y / \Delta x$

**VALORE MINIMO MISURABILE COL SONAR (TEMPO MORTO)**

**RIPORTARE SUL FOGLIO:**

1. TABELLA CON LE COPPIE DI MISURE (cm con un decimale)
2. DISTANZA MINIMA MISURABILE
3. COMMENTARE I PARAMETRI OTTENUTI CON LabCalc

**p = 1? q = 0?**

7

**GRAFICARE  $T^2$  vs L CON EXCEL** **PENDOLO [2/4]**

CLICK DESTRO SU UN PUNTO E "AGGIUNGI LINEA DI TENDENZA"

**RICORDATE?**

**"INSERISCI 'GRAFICO' A DISPERSIONE"**

|       |      |       |
|-------|------|-------|
| 13,47 | 44,0 | 1,814 |
| 12,78 | 39,9 | 1,633 |
| 12,13 | 35,9 | 1,471 |
| 11,41 | 31,8 | 1,302 |
| 10,94 | 28,2 | 1,197 |
| 10,08 | 23,8 | 1,016 |
| 9,37  | 20,5 | 0,878 |

Formato linea di tendenza

- Lineare
- Logaritmica
- Polinomiale
- Potenza
- Media mobile

Nome linea di tendenza

- Automatica
- Personalizza

Previsione

Futura: 0,0 periodi

Retrospectiva: 0,0 periodi

Imposta intercetta

Visualizza l'equazione sul grafico

8

**Position (m)**

**DIGITS**

**Position (cm)**

**CIFRE**

**AVVIO**

**25,17cm**

**26,6cm**

PASCO capstone

9

1) taratura del sonar  
 2) studio delle accelerazioni  
 3) urto quasi elastico

PIANO INCLINATO →

FORZE COSTANTI

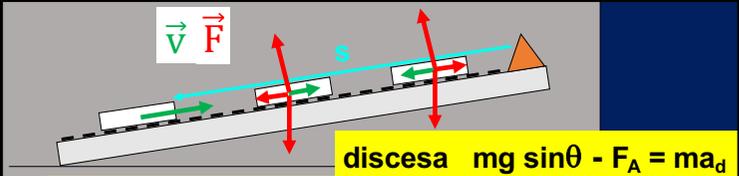
MOTO RETTILINEO UNIFORMEMENTE ACCELERATO

$a = \text{costante}$   
 $v = v_0 + a t$   
 $s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$



PIANO [2/3]

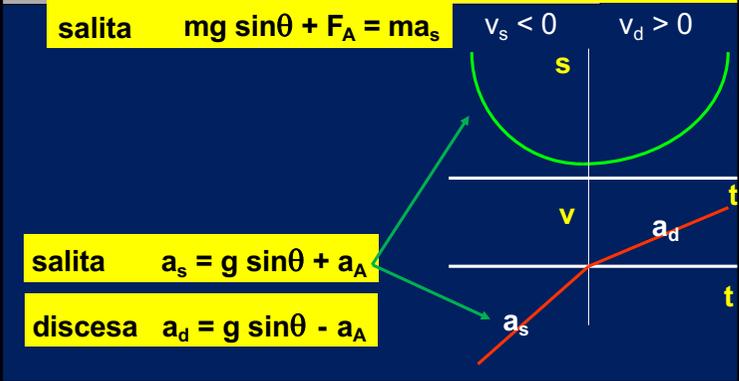
10



discesa  $mg \sin\theta - F_A = ma_d$

salita  $mg \sin\theta + F_A = ma_s$

$v_s < 0$   $v_d > 0$



salita  $a_s = g \sin\theta + a_A$

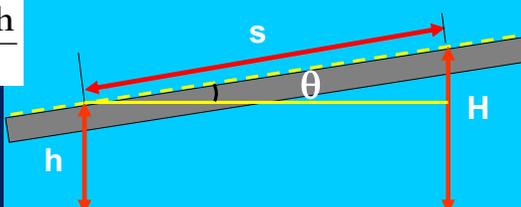
discesa  $a_d = g \sin\theta - a_A$

11

MISURA DELL'INCLINAZIONE DELLA GUIDA

Il moto del carrello lungo la guida può essere trattato come quello di un punto materiale in moto rettilineo uniformemente accelerato. L'accelerazione dipende dall'inclinazione della guida: risulta utile conoscere il seno dell'angolo

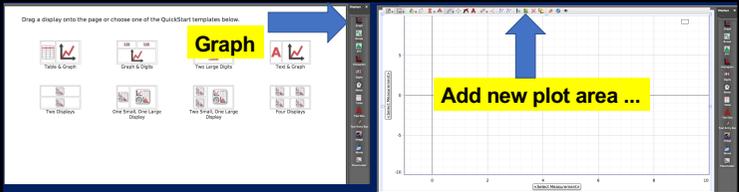
Calcolare il seno dell'angolo a partire dalle misure di s, h e H:

$$\sin \vartheta = \frac{H - h}{s}$$


RIPORTARE SUL FOGLIO:

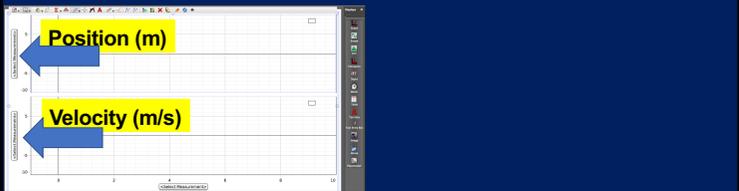
1. LE MISURE DI H, h, s (cm con una cifra decimale)
2. IL VALORE DI SIN  $\theta$  (con tre cifre decimali)

12



Graph

Add new plot area ...



Position (m)

Velocity (m/s)

13

imposta scala con origine  
 rettangolo per selezione dei dati (spostarlo per far comparire i cursori)  
 menù con le funzioni per l'elaborazione dei parametri  
 aggiunge un altro grafico  
 coordinate dei punti

lasciare andare il carrello da una distanza dal sonar poco superiore al minimo misurabile

tenere ferma la guida durante il rimbalzo per evitare il deragliamento

**Position (m)**

**Velocity (m/s)**

14

$a_s = 0,320 \text{ m/s}^2$   
 $a_d = 0,223 \text{ m/s}^2$

$a_s = g \sin\theta + a_A$

$\frac{a_s + a_d}{2} = g \sin\theta$   
 $\frac{a_s - a_d}{2} = a_A$

$a_d = g \sin\theta - a_A$

15

$a_s = 0,320 \text{ m/s}^2$   
 $a_d = 0,223 \text{ m/s}^2$

$a_s = g \sin\theta + a_A$   
 $a_d = g \sin\theta - a_A$

$\frac{a_s + a_d}{2} = g \sin\theta$   
 $\frac{a_s - a_d}{2} = a_A$

- eseguire 5 misure di  $g$  e  $a_A$
- calcolarne media e  $\sigma$  con LabCalc

riportare sul foglio tutte le accelerazioni:  
 $a_s(5) \ a_d(5) \rightarrow g(6) \ a_A(6)$

16

parlando di energia...

$U_1 + K_1 = U_2 + T_2 + F_A 2S_0$

$\frac{1}{2}mv_1^2 - \frac{1}{2}mv_2^2 = ma_A 2S_0$

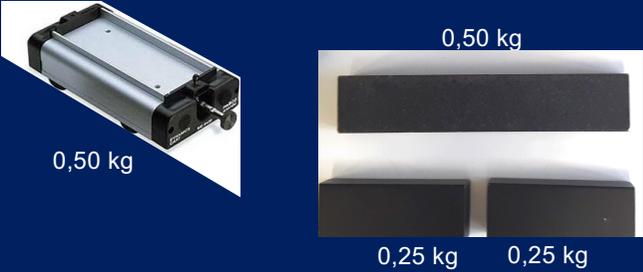
Sapendo che  $m = 0,5 \text{ kg}$  determinare (in un solo caso) l'accelerazione  $a_A$  anche dal lavoro svolto della forza di attrito fra due punti (1 e 2) con la stessa quota

utilizzare il cursore per leggere le coordinate

17

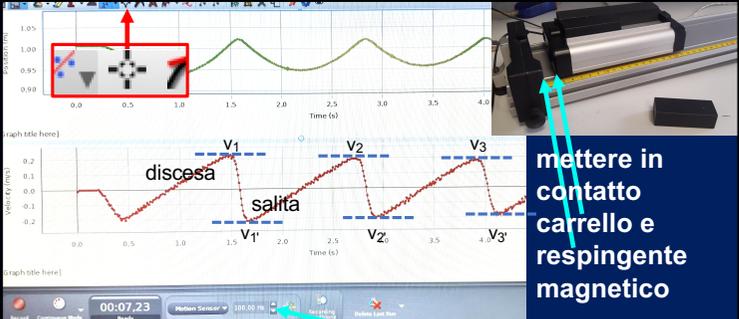
**1) taratura del sonar**  
**2) studio delle accelerazioni**  
**3) urto quasi elastico**

**PIANO [3/3]**



0,50 kg  
 0,50 kg  
 0,25 kg 0,25 kg

18



mettere in contatto carrello e respingente magnetico

Lasciare andare mentre si acquisisce a 100 Hz

$$K_i = \frac{1}{2} m v_i^2$$

$$K_i' = \frac{1}{2} m v_i'^2 \quad \epsilon_i = \sqrt{\frac{K_i'}{K_i}} = \frac{v_i'}{v_i}$$

$\epsilon_i$  è il COEFFICIENTE DI RESTITUZIONE i-esimo  
 urto completamente elastico  $\rightarrow \epsilon = 1$   
 urto completamente anelastico  $\rightarrow \epsilon = 0$

19

$$K_i = \frac{1}{2} m v_i^2$$

$$K_i' = \frac{1}{2} m v_i'^2 \quad \epsilon_i = \sqrt{\frac{K_i'}{K_i}} = \frac{v_i'}{v_i}$$

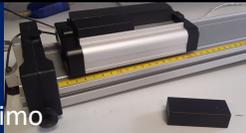
$\epsilon_i$  è il COEFFICIENTE DI RESTITUZIONE i-esimo  
 urto completamente elastico  $\rightarrow \epsilon = 1$   
 urto completamente anelastico  $\rightarrow \epsilon = 0$

Riportare sul foglio tutti i valori  $v_i$  e  $v_i'$ !

Calcolare media e  $\sigma$  di  $\epsilon_i$  da 5 rimbalzi

Ripetere "caricando" il carrello con 0,25 0,5 0,75 1 kg

COMMENTARE: sperimentalmente il coefficiente di restituzione dipende dalla massa?



20

LABORATORIO DI FISICA SPERIMENTALE  
 Ingegneria meccanica  
 A.A. 2022-2023



a giovedì 4 MAGGIO

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



21