# Note sulla
# 2-nda esperienza di laboratorio
# con il carrello

# Modifiche sul sistema del carrello:

A) Disponibilita' di una molla di massa trascurabile, fissata da una parte all'estremita' superiore del piano inclinato e dall'altra sul carrello.

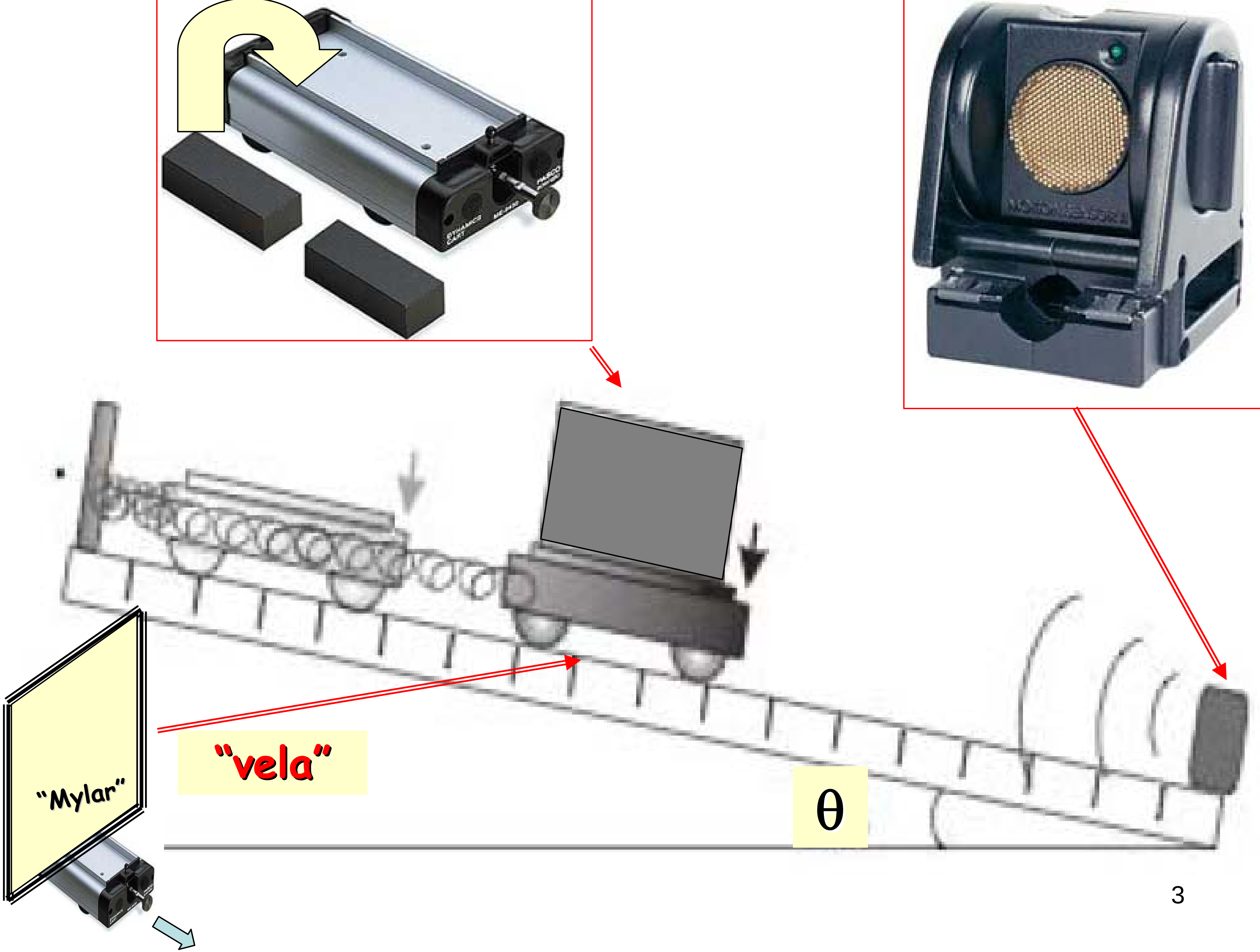
B) Sensore ad ultrasuoni per la misura della posizione del carrello in funzione del tempo $x = x(t)$ spostato all'estremita' opposta del piano inclinato ("fine discesa") rispetto alla volta precedente.

C) Eliminazione del respingente con "spugnetta assorbi urto" per fare posto al sensore ad ultrasuoni.

… **attenzione alla "incolumita'" del sonar…**

D) Disponibilita' di 2 masse aggiuntive posizionabili nel vano del carrello come carico aggiuntivo (ciascuna di ≈ 0.5 kg).

E) Disponibilita' di una "vela" costituita da un pannellino in mylar su telaio leggero con funzione di incrementare il contributo di tipo "viscoso" all'attrito ($\vec{F} \propto -\vec{v}$).


"vela"
"Mylar"
θ

# Funzionamento statico:

… con il piano inclinato di un angolo $\theta$ rispetto all'orizzontale, la molla si allunghera' da $x_0(\theta)$ fino a raggiungere una posizione di equilibrio $x_{eq}(\theta)$

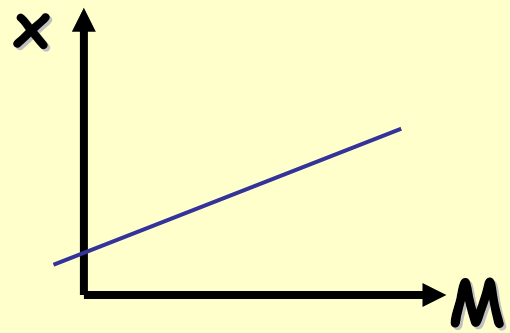
… trascurando le forze di attrito del carrello sul piano inclinato:

$$M\,g \sin\theta = k\,(x - x_0)$$

$k\,x = k\,x_0 + M\,g \sin\theta$ … se $\theta$ "piccolo" ➔ $k\,x \approx k\,x_0 + M\,g\,\theta$

$$x = x_0 + (g\,\theta / K)\,M$$

… dal fit lineare su $x(M) = a + b\,M$




➔ **Term. Noto = a= lunghezza a riposo della molla = $x_0$**

➔ **Coeff. Ang. = b = $(g\,\theta / K)$**

## Funzionamento statico:

$$\text{"Termine Noto"} = a = x_0$$

$$\sigma_{x_0} = \sigma_a$$

$$\text{"}SLOPE\text{"} = b = \frac{g}{K}\vartheta \Rightarrow \boxed{K = \frac{g}{b}\vartheta}$$

$$\sigma_K = \sqrt{\left(\frac{\partial K}{\partial \vartheta}\right)^2 \sigma_\vartheta^2 + \left(\frac{\partial K}{\partial b}\right)^2 \sigma_b^2} = \sqrt{\left(\frac{g}{b}\right)^2 \sigma_\vartheta^2 + \left(-\frac{g\vartheta}{b^2}\right)^2 \sigma_b^2} =$$

$$\boxed{\sigma_K = \left(\frac{g}{b}\right)\sqrt{\sigma_\vartheta^2 + \left(\frac{\vartheta}{b}\right)^2 \sigma_b^2}}$$

# Funzionamento dinamico:

… con il piano inclinato di un angolo $\theta$ rispetto all'orizzontale, si sposta il carrello dalla posizione di equilibrio $x_{eq}(\theta)$, quindi lo si rilascia con velocita' iniziale nulla;

… si ottiene un **moto oscillatorio, smorzato a causa dell'attrito**

1) sia tra il carrello ed il piano inclinato
   attrito radente e/o volvente ➔ smorzamento lineare,

2) sia tra il carrello e l'aria
   attrito viscoso ➔ smorzamento esponenziale;

# Funzionamento dinamico:

… va scelto e misurato l'angolo $\theta$ tale da avere un buon numero di oscillazioni prima che il carrello si fermi in una posizione di equilibrio $x_\infty$ che puo' essere anche diversa dalla posizione di equilibrio statico $x_{eq}(\theta)$ per via degli attriti.

… configurazioni possibili per la misura con "carrello + molla":

- carrello vuoto;
- carrello con 1 pesetto;
- carrello con 2 pesetti;
- carrello con 2 pesetti + "vela"

… non si puo' "incollare" la vela direttamente sul carrello ma solo sui 2 pesett

… per una data configurazione, ripetere l'acquisizione della legge oraria $x(t)$ un numero statisticamente significativo di volte ($N > 10 - 20$).

## Da ciascuna legge oraria x(t) ricavare:

- periodo delle oscillazioni **T**
- posizione di equilibrio a fine oscillazione smorzata $\mathbf{x}_\infty$
- ampiezze dei massimi rispetto alla $\mathbf{x}_\infty$ ➔ $(\mathbf{xmax(t)} - \mathbf{x}_\infty)$ vs. t
- ampiezze dei minimi rispetto alla $\mathbf{x}_\infty$ ➔ $|\mathbf{xmin(t)} - \mathbf{x}_\infty|$ vs. t

➔ valutare se lo smorzamento segue una legge lineare o esponenziale…

## Dalle N leggi orarie x(t) ricavare:

- distribuzione di T ➔ $\langle T \rangle$, $\sigma(T)$ ➔ $\langle T \rangle \approx 2\pi (m/K)^{1/2}$ ?
- distribuzione di $\mathbf{x}_\infty$ ➔ $\langle \mathbf{x}_\infty \rangle$, $\sigma(\mathbf{x}_\infty)$ ➔ $\mathbf{x}_\infty = \mathbf{x}_{eq}$ ?

➔ $\mathbf{x}_\infty$ **e' riproducibile** ?