

## SCHEDA PER LO STUDENTE

L'OSCILLATORE ARMONICO VERTICALE AL LABORATORIO RTL

### I

#### Titolo dell'esperienza

## L'OSCILLATORE ARMONICO VERTICALE AL LABORATORIO RTL

#### Autori

Paola Cattaneo, Savina Ieni, Lorella Liberatori e Marco Litterio

Docenti del **L.S.S. Labriola (Ostia, Roma)**

### II

#### Descrizione del fenomeno fisico

La forza esercitata da una molla è una forza di richiamo la cui intensità è proporzionale allo spostamento dalla sua posizione di equilibrio, cioè  $F = -kx$  dove  $F$  è la forza,  $k$  la costante elastica della molla e  $x$  lo spostamento dall'equilibrio. Un corpo di massa  $m$  attaccato ad una molla esegue, in assenza di attrito, delle oscillazioni periodiche di periodo  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ , che costituiscono un moto armonico: un moto caratterizzato da una accelerazione proporzionale allo spostamento del corpo rispetto alla posizione di equilibrio e di segno opposto allo spostamento.

### III

#### Descrizione dell'esperienza e obiettivi

L'esperienza consiste nell'analizzare il moto di un corpo attaccato ad una molla in posizione verticale. Il laboratorio RTL consente di seguire il moto del corpo nella sua evoluzione, analizzando il moto armonico a partire dai dati acquisiti: grafici di posizione, velocità e forza. Dai grafici si ricavano i vari parametri quali ampiezza, periodo, fase iniziale, relazione di fase fra posizione e velocità etc.

Nell'esperienza da effettuare, il corpo di massa  $m$  che viene attaccato alla molla verticale ne provoca l'allungamento ed effettua delle oscillazioni di tipo armonico attorno ad una posizione di equilibrio determinata dalla condizione che il peso della massa sia uguale alla forza della molla. Le oscillazioni essendo di tipo armonico sono descritte matematicamente da funzioni sinusoidali, in particolare se prendiamo un riferimento che abbia come origine

dell'asse verticale la posizione a riposo della molla, allora lo spostamento verticale  $y$  è espresso dalla seguente relazione  $y = y_0 + A \cos(\omega t)$  dove  $y_0$  è la posizione di equilibrio,  $A$  l'ampiezza e  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  la frequenza angolare. La velocità invece è espressa dalla seguente relazione  $v = -A\omega \sin(\omega t)$ .

Le misure che si effettueranno durante l'esperienza serviranno a raggiungere i seguenti obiettivi:

1. Verificare dal grafico della posizione che la distanza picco-picco è costante e definire il moto periodico.
2. Misurare dal grafico dei dati il periodo del moto e verificare che la velocità istantanea e la forza variano con lo stesso periodo della posizione
3. Misurare dal grafico i valori iniziali e le ampiezze massime di posizione, velocità e forza.
4. Stimare dai grafici i valori della posizione e della forza di equilibrio.
5. Confrontare i grafici di posizione e velocità ricavare la relazione di fase
6. Verificare la formula del periodo dell'oscillatore armonico  $T = 2\pi\sqrt{m/k}$

#### IV Materiali occorrenti

- Sostegno con asta
- Molla di costante elastica nota
- Massa di valore noto
- CBL (fig. 1)
- CBR (fig. 2)
- Sensore di forza (fig. 3) [sensibilità 0,01 N; portata  $\pm 10$  N]
- Calcolatrice (fig. 4)

Foto dei vari materiali e del loro assemblaggio

fig. 1



fig. 2



fig. 3



fig. 4



fig. 5



fig. 6



fig. 7



fig. 8



fig. 9



fig. 10



fig. 11



## V Accorgimenti

1. La massa del peso deve essere molto maggiore di quella della molla altrimenti nella formula del periodo occorre tener conto, nel modo opportuno, anche della massa della molla.
2. Le oscillazioni avvengono intorno ad un punto di equilibrio che è l'allungamento della molla con la massa appesa, quindi il valor medio della forza non sarà zero
3. Il CBR misura la posizione del peso rispetto a terra e non l'allungamento della molla.
4. Il CBR non misura correttamente le distanze inferiori a 40 cm, quindi occorre fare in modo che la distanza minima della massa oscillante sia abbastanza più grande di tale valore
5. Per mettere in oscillazione il peso spostarlo solo di poco (altrimenti le oscillazioni non sono più armoniche) dal suo punto di equilibrio, preferibilmente verso l'alto.

6. Avviare l'acquisizione dopo che il peso ha effettuato alcune oscillazioni e non contemporaneamente all'avvio del moto.
7. I valori di equilibrio di posizione e forza possono essere ottenuti con una misura diretta, prima di mettere in oscillazione il sistema, tramite la funzione MONITOR INPUT del menù COLLECT DATA del programma Physics.
8. Attenzione ad evitare che si producano torsioni o oscillazioni orizzontali della molla o vibrazioni del sostegno del sistema

## VI

### Istruzioni per l'assemblaggio

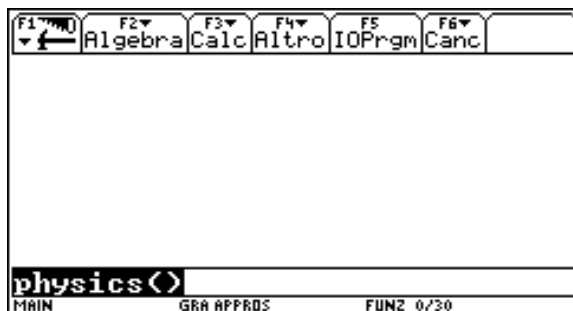
Alimentate il CBL col suo trasformatore (fig. 5) o con le sue batterie. Collegate: il CBL alla calcolatrice tramite l'apposito cavetto (fig. 6); il CBR alla porta sonic del CBL tramite il cavetto fornito insieme al CBR (fig. 7); il sensore di forza al canale CH1 del CBL (fig. 8). La fig. 9 mostra la configurazione finale dei collegamenti fra i dispositivi.

Posizionate il CBR sotto la verticale della molla che sarà stata appesa al sensore di forza a sua volta sistemato sull'asta di sostegno (fig. 10).

## VII

### Esecuzione delle misure

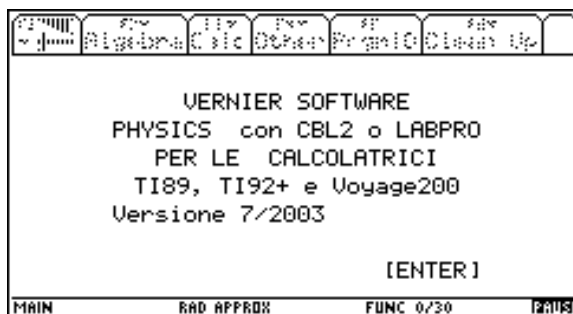
- 1) Al prompt della calcolatrice digitare physics() e premere <ENTER>



- 2) Dopo qualche secondo di apparente inattività (la scritta <BUSY> in basso a destra indica che la calcolatrice sta caricando il software) compare la schermata per la selezione del modello di calcolatrice: selezionare Ti92+ e premere <ENTER>



- 3) La schermata successiva dà informazioni sul software: premere <ENTER>



4) Comparare il menù principale e la prima operazione da compiere è predisporre la sonda



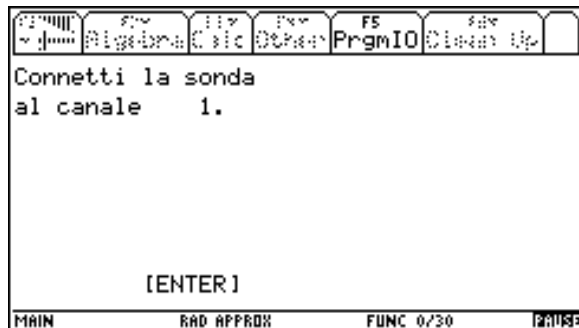
5) Selezionare il numero (2)



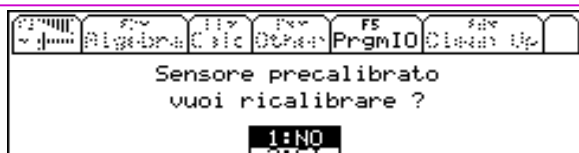
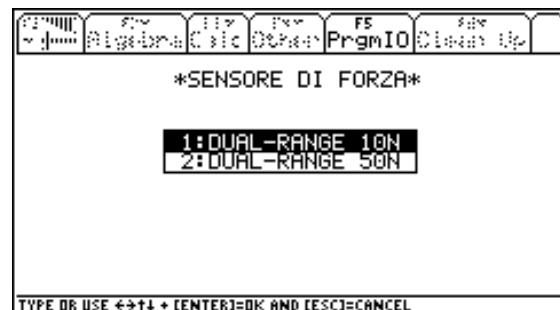
6) Impostare la sonda di forza



7) procedere a collegare il sensore in CH1 del CBL qualora non fosse stato già fatto precedentemente



8) Sono previste due configurazioni operative, diverse per portata e sensibilità (in figura sono mostrate le portate), del sensore di forza. Si passa da una portata all'altra con un selettore posto sulla sonda. In questo caso selezionare come in figura



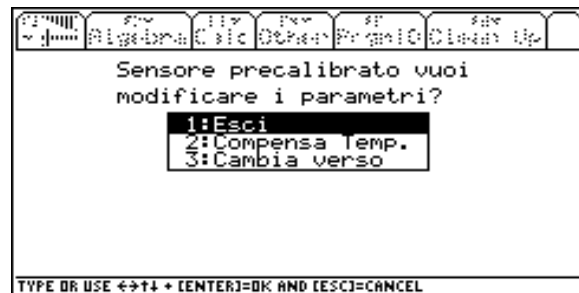
9) Non ricalibrare il sensore a meno che non siano presenti evidenti problemi nel qual caso attenersi alle procedure indicate sul manuale.



10) Selezionare il SONAR



11) premere ESCI



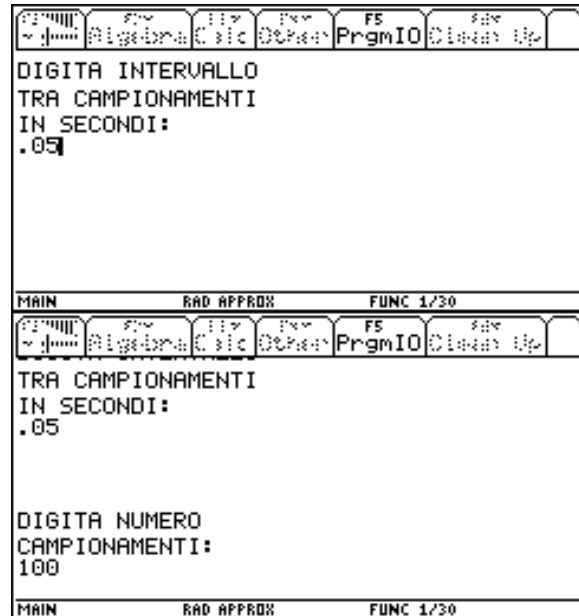
12) Ricompare il menù principale e si procede con l'acquisizione dei dati



In questo esperimento vogliamo graficare gli andamenti in funzione del tempo delle grandezze fisiche: selezioniamo la modalità GRAFICO vs TEMPO.

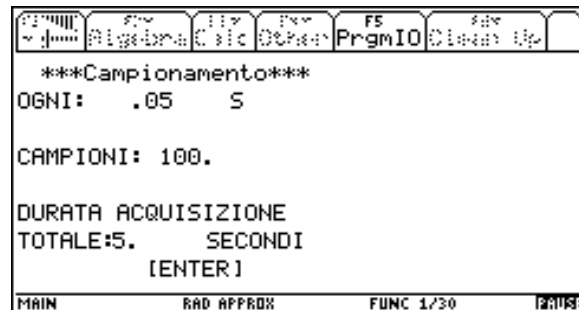


Successivamente viene proposto di fissare l'intervallo di tempo fra le misurazioni ed il numero totale dei dati da acquisire.



Questi valori vanno fissati sulla base di una stima preventiva del periodo dell'oscillazione in modo da avere più acquisizioni durante ogni oscillazione.

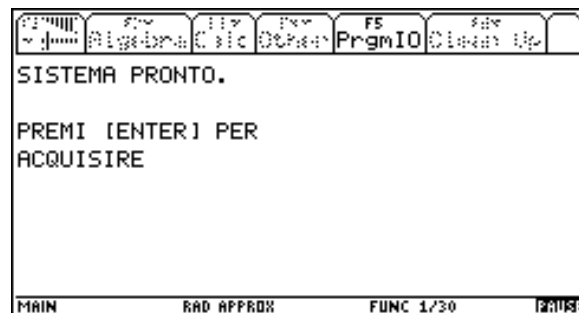
Le due schermate successive offrono un riepilogo delle scelte effettuate ...



... e la possibilità di modificarle. Se tutto è ok premere ENTER

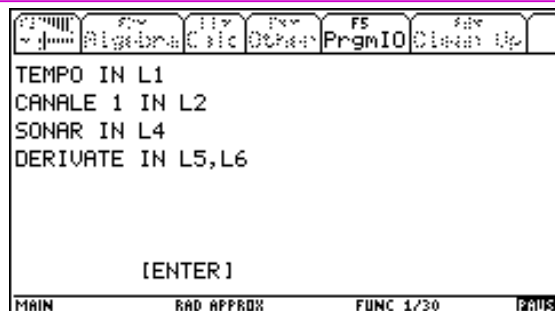


Se tutto è in ordine si procede all'esecuzione dell'esperimento. Spostare la molla dalla posizione di equilibrio e rilasciarla evitando di provocare oscillazioni orizzontali.





Terminata l'acquisizione compare una schermata riassuntiva che informa che la prima colonna (L1) di dati è il tempo; la seconda (L2), la grandezza misurata dal sensore collegato al canale CH1 del CBL, nel nostro caso la forza; la quarta (L4) è il sonar cioè la posizione; la quinta e la sesta (L5) e (L6) contengono la velocità e l'accelerazione.



Con la schermata successiva (SCELTA GRAFICO) si può selezionare la grandezza di cui visualizzare il grafico. Negli esempi in figura sono mostrate la distanza, la velocità e la forza

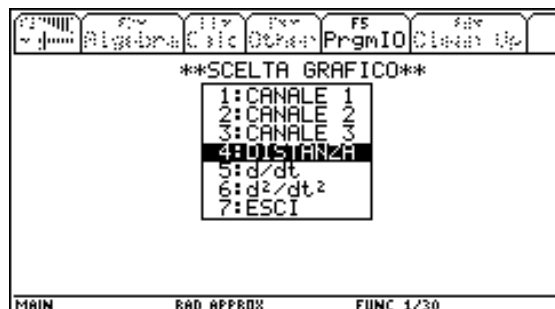


Grafico della distanza dal sonar: si ottiene selezionando la voce **DISTANZA** dalla schermata **SCELTA GRAFICO**

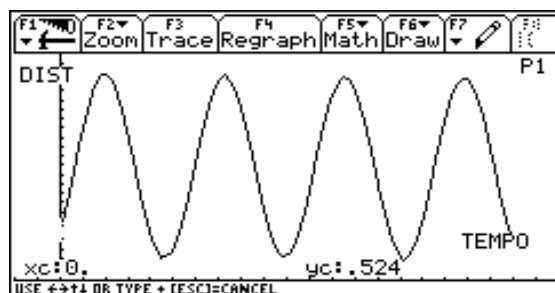


Grafico della velocità: si ottiene selezionando la voce **d/dt** dalla schermata **SCELTA GRAFICO**

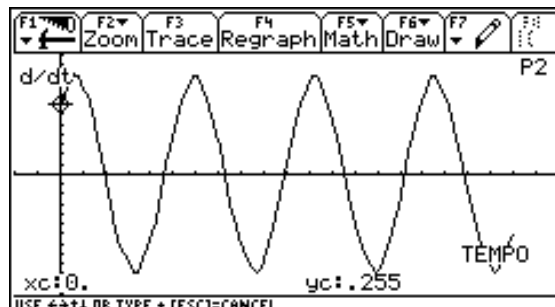
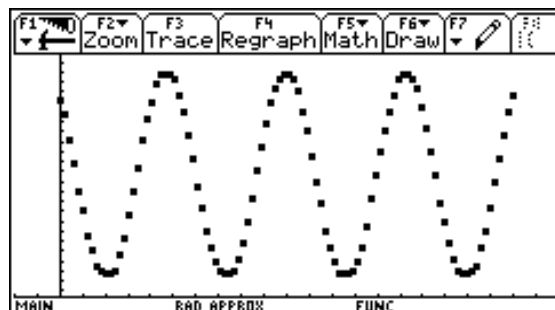


Grafico della forza: si ottiene selezionando il **CANALE 1** della schermata **SCELTA GRAFICO**



**Attenzione: per procedere con la relazione dovrai utilizzare i grafici che hai appena ottenuto, quindi non spegnere la calcolatrice e non utilizzarla in alcun altro modo.**



## VIII Elaborazione dei dati

I dati possono essere letti direttamente dai grafici spostando il cursore col mouse. In tal caso si può assumere come incertezza sulle misure la variazione che si ottiene spostandosi dalla posizione desiderata sul grafico a quella immediatamente vicina.

La prima tabella da produrre è quella con i valori di riferimento, ed è la seguente:

**Tabella 1: valori di riferimento**

Forza misurata a riposo (molla + massa)	$F_0 =$
Costante elastica	$K =$
Massa del peso	$M =$
Distanza del peso dal CBR a riposo (molla+massa)	$D_0 =$

Nella tabella seguente sono riportati i valori riferiti ai massimi della distanza misurata dal CBR.

Nella colonna T vanno riportate le differenze degli istanti di tempo corrispondenti a due massimi consecutivi.

**Tabella 2: valori dei picchi massimi della distanza.**

N° picco massimo	t (s)	$\Delta t$ (s)	T (s)	$\Delta T$ (s)	D (m)	$\Delta D$ (m)	$D - D_0$ (m)	$\Delta D_0$ (m)
1								
2								
3								
4								

Analoga analisi va condotta per la velocità. Nella tabella seguente vanno riportate oltre alle misure della velocità anche i valori corrispondenti della forza e della posizione, corretti per i rispettivi valori di riposo del sistema massa – molla. Per l'incertezza sulla velocità si può prendere per ogni valore il più grande dei due scarti dai primi vicini. Le ultime due colonne dovrebbero contenere solo valori zero.

**Tabella 3: valori dei picchi massimi della velocità.**

N° picco massimo	t (s)	$\Delta t$ (s)	T (s)	$\Delta T$ (s)	V (m)	$\Delta V$ (m)	$D - D_0$ (m)	$F - F_0$ (N)
1	0,15	0,05	-----	-----	0,36	0,02	-0,004	0,08
2	1,45	0,05	1,3	0,1	0,35	0,04	-0,007	0,10
3	2,80	0,05	1,35	0,1	0,36	0,03	0,009	-0,04
4	4,10	0,05	1,3	0,1	0,36	0,04	0,006	0,01

Infine consideriamo le misure di forza.

**Tabella 4: valori dei picchi massimi della forza.**

N° picco massimo	t (s)	$\Delta t$ (s)	T (s)	$\Delta T$ (s)	F (N)	V (m/s)	$F - F_0$ (N)	$\Delta F - F_0$ (N)
1								
2								
3								
4								

## IX Guida all'analisi dei dati

Stimare dai grafici i valori della posizione e della forza di equilibrio.

Dai dati della Tabella 2, relativi alla distanza, ricavare gli intervalli di tempo tra i valori massimi della distanza e individuare il periodo.

Dai dati della Tabella 3, relativi alla velocità, ricavare gli intervalli di tempo tra i valori massimi della velocità e individuare il periodo.

Individuare lo sfasamento temporale tra la velocità e la distanza, e tra la forza e la distanza.

Dai dati della Tabella 4 ricavare il periodo della forza .

## X Conclusioni (confronto tra i risultati ottenuti e attesi)

Confrontare i valori misurati della posizione e della forza all'equilibrio con quelli aspettati.

Stabilire dal grafico della posizione se si tratta di moto periodico.

Verificare che la velocità istantanea e la forza variano con lo stesso periodo della posizione.

Confrontare tra loro i periodi della distanza, della velocità e della forza, e verificare che gli sfasamenti temporali tra la velocità e la distanza e la forza e la distanza sono quelli aspettati nel caso di moto armonico.

Infine, utilizzando i dati della tabella 1 ricavare il periodo usando la formula  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$  con

$\Delta T = \frac{\Delta\pi}{\pi} + \frac{T}{2}\left(\frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta k}{k}\right)$  e confrontarlo con i periodi ricavati dalle misure di distanza, velocità e forza.

## XI Questionario

1. L'equazione oraria di un moto armonico è la seguente:  $s = (6m)\cos\left[\left(\frac{\pi}{16}\text{rad/s}\right)t\right]$ .

Determinare l'ampiezza, il periodo e la pulsazione.

2. Esprimere la velocità e l'accelerazione in funzione del tempo del moto armonico dell'esercizio precedente.

3. Un punto materiale si muove di moto armonico con pulsazione  $\omega = 4\pi\text{rad/s}$ , e ampiezza  $R = 10\text{cm}$ . Determinare il massimo valore del modulo della velocità e dell'accelerazione.

4. Quando un corpo di massa pari a  $0,80\text{kg}$  è attaccato ad una molla verticale, la molla si allunga di  $20\text{cm}$ . Quanta massa si deve attaccare alla molla perché essa abbia un periodo di oscillazione di  $1,2\text{s}$ ?

5. Un corpo di massa pari  $200\text{g}$  è attaccato ad una molla situata su un piano orizzontale. Se si sposta il corpo di  $10\text{cm}$  dalla posizione di equilibrio esso risente di una forza pari a  $1,2\text{N}$ . Nell'ipotesi di attriti trascurabili, determinare la legge oraria.