

LA LEGGE DI BOYLE E LE ISOTERME

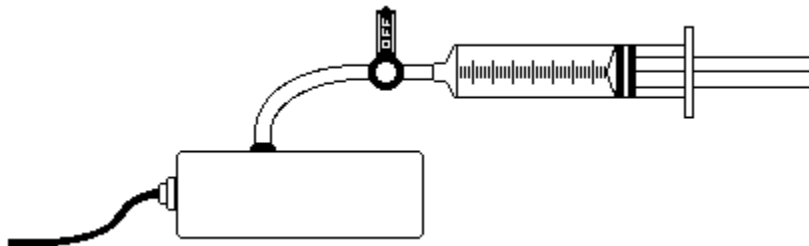
Maria Rita Rizzo - Liceo Scientifico "A. Gramsci" Ivrea

Nei corsi di discipline sperimentali come la Fisica e la Chimica, lo studio del comportamento dei gas viene affrontato più volte a vari livelli di approfondimento dipendentemente dall'età degli allievi.

Nel corso di laboratorio di Fisica e Chimica del biennio dello Scientifico Tecnologico, le leggi dei gas offrono la possibilità di indagare un sistema fisico individuato in termini di pressione, volume e temperatura, con il metodo della separazione delle variabili, applicando modelli matematici già noti, come la relazione lineare o di proporzionalità inversa.

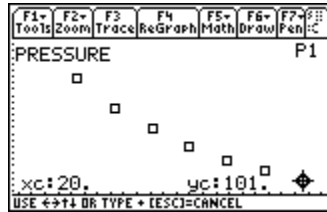
La legge di Boyle è uno dei primi esempi di legge di proporzionalità inversa in cui si possono applicare tecniche già studiate di riconoscimento del tipo di relazione che esiste tra le due grandezze misurate: rappresentazione grafica dei dati rilevati, ipotesi sul modello matematico che lega le grandezze, ricerca di una legge lineare per confermare la proporzionalità inversa.

La calcolatrice grafica TI-89, con CBL e il sensore pressione, offre la possibilità di rilevare i dati relativi a pressione e volume su un sistema semplice, cioè l'aria contenuta in una siringa.



L'esperimento proposto prevede una modalità di acquisizione prevista da programma physics() : ACQUIS./DIGITA. Si tratta di una modalità "semiautomatica" che rileva il valore della pressione ma che richiede allo sperimentatore di digitare il valore corrispondente del volume e permette agli studenti poco esperti del primo anno di liceo di avere un controllo sul sistema sperimentale e di conseguenza una maggiore comprensione dell'esperimento stesso.

Si comprime il gas contenuto nella siringa, e mentre si acquisiscono, i dati vengono rappresentati sul display della calcolatrice. Sul display appare il seguente grafico della pressione in funzione del volume:



L'andamento dei dati suggerisce un'ipotesi di proporzionalità inversa tra le grandezze in esame, quindi si prosegue in ambiente Data/Matrix Editor della calcolatrice per calcolare il prodotto $p \cdot V$ e ricercare una relazione lineare fra V e $1/p$.

F1- Tools	F2- Plot Setup	F3- Cell Header	F4- Calc	F5- Util	F6- Stat
DATA	U(cm ³)	p(kPa)			
	c1	c2	c3		
1	20.	102.53	21.024		
2	18.	113.43			
3	16.	123.25			
4	14.	135.25			
c3>Title=					
MAIN DEGAPPROX FUNC					

F1- Tools	F2- Plot Setup	F3- Cell Header	F4- Calc	F5- Util	F6- Stat
DATA	U(cm ³)	p(kPa)	p*kU		
	c1	c2	c3		
1	20.000	102.53	2050.5		
2	18.000	113.43	2041.8		
3	16.000	123.25	1972.0		
4	14.000	135.25	1893.5		
c3=c1*c2					
MAIN DEGAPPROX FUNC					

F1- Tools	F2- Plot Setup	F3- Cell Header	F4- Calc	F5- Util	F6- Stat
DATA	p(kPa)	p*kU	1/p		
	c2	c3	c4		
5	150.52	1806.2	.007		
6	171.24	1712.4	.006		
7	194.15	1553.2	.005		
8	225.78	1354.7	.004		
R5c4=.0066437236742449					
MAIN DEGAPPROX FUNC					

L'elaborazione e l'analisi dei dati mette in evidenza che il sistema non è costituito solo dal gas contenuto nella siringa, ma anche dal gas contenuto nel tubicino di raccordo fra la siringa e il sensore, che va calcolato e inserito nei dati relativi al volume. Con questa correzione, applicando le funzioni statistiche dell'ambiente di calcolo Data/Matrix Editor, si ottengono i risultati rappresentati nelle figure seguenti.

F1- Tools	F2- Plot Setup	F3- Cell Header	F4- Calc	F5- Util	F6- Stat
DATA	p*kU	1/p	U2(Cm ³)		
	c3	c4	c5		
1	2050.5	.010	25.600		
2	2041.8	.009	23.600		
3	1972.0	.008	21.600		
4	1893.5	.007	19.600		
c5=c1+5.6					
MAIN DEGAPPROX FUNC					

main\boyle24x Calculate

Calculation Type... LinRe3 →

X... c4

Y... c5

Store ResEQ to... y3(x) →

Use Free and Categories? [N] →

File →

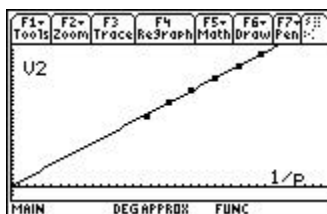
Print →

Print to: C:\23379...

Enter=SAVE ESC=CANCEL

USE ← AND → TO OPEN CHOICES

F1- Tools	F2- Plot Setup	F3- Cell Header	F4- Calc	F5- Util	F6- Stat
DATA	y=a*x+b				
	a				
1					
2					
3					
4					
c5=c1					
MAIN DEGAPPROX FUNC					

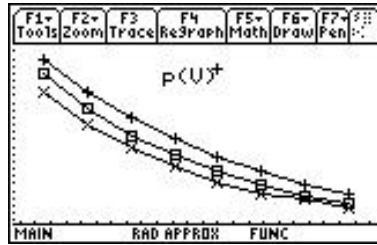


Come si può notare dai risultati del calcolo statistico l'ipotesi di una legge di proporzionalità diretta è confermata e messa in evidenza dalla linearità del grafico $V(1/p)$.

Si può verificare inoltre che se la trasformazione è lenta, la curva che si ottiene comprimendo il gas è la stessa che si ottiene dilatando il volume.

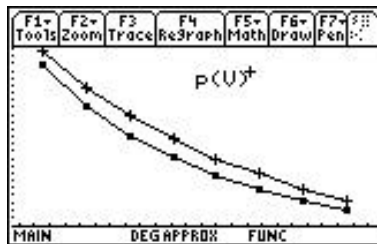
Un altro aspetto interessante è quello di visualizzare le curve ottenute comprimendo il gas a temperature diverse.

L'esperimento è stato ripetuto immergendo la siringa in acqua e ghiaccio a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, in acqua scaldata a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ e in una soluzione di ghiaccio e sale alla temperatura $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. I grafici sono stati sovrapposti inserendoli in un unico file in ambiente di Data /Matrix Editor. In questo modo si può notare che le tre curve sono individuate ciascuna da un

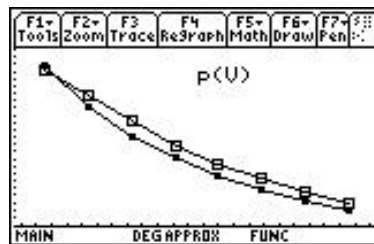


Square: 0°C Plus: 40°C Cross: -15°C

Esaminando i due grafici successivi si mette in evidenza che nel secondo grafico la trasformazione a 27°C non è stata isoterma.



Square: 0°C Plus: 40°C



Box: 27°C (non isoterma)

BIBLIOGRAFIA:

Scheda ADT - Fisica *on-line* con la TI-92 e il CBL - Torzo, Pecori, Pezzi *La legge dei gas ideali*

SEMPLICI ESPERIMENTI DI TERMOLOGIA

Maria Rita Rizzo, Liceo Scientifico "Gramsci" Ivrea (To)

Il laboratorio di Fisica e Chimica per il biennio dell'indirizzo scientifico tecnologico si propone come finalità educativa quella di assicurare all'allievo la conoscenza delle basi della Fisica e della Chimica necessarie alla comprensione della realtà di oggi, in stretta connessione con la matematica e le scienze naturali.

Attualmente il corso presenta la duplice esigenza di una formazione culturale di base, dovuta all'innalzamento dell'obbligo scolastico, e di una formazione propedeutica per la prosecuzione degli studi.

L'insegnante deve scegliere metodi adeguati per poter coniugare al meglio le due esigenze. L'uso dei mezzi, che la tecnologia mette a disposizione, può aiutare soprattutto nella gestione dei tempi necessari allo sviluppo di un percorso didattico efficace e coerente.

Di seguito sono descritti solo alcuni esperimenti, proposti in laboratorio agli allievi una prima Liceo Scientifico-Tecnologico della sperimentazione "Brocca". Si tratta di esperimenti, sia qualitativi che quantitativi, che vengono svolti con lo scopo di introdurre lo studio sul comportamento delle sostanze durante gli scambi di energia termica.

Il percorso didattico può essere sviluppato in circa tre ore.

sottoposti ad una analisi collettiva in cui la classe in modo guidato li discute in riferimento alle osservazioni effettuate durante l'esecuzione degli esperimenti e ai risultati ottenuti.

La verifica sulla comprensione in genere viene fatta chiedendo agli allievi di redigere una breve relazione sul quaderno di laboratorio, dopo aver fornito eventualmente un file di grafici registrati sulla calcolatrice e scaricati tramite TI-Graph Link, il software che collega la calcolatrice al PC.

1) ACQUA TEMPERATURA E PASSAGGI DI STATO

Riscaldando o raffreddando l'acqua è possibile osservare il passaggio di stato in relazione con la temperatura del sistema osservato.

Raffreddando l'acqua contenuta in una provetta in una miscela refrigerante di ghiaccio e sale si sono ottenuti i seguenti grafici intorno alla temperatura di solidificazione

I grafici (Figg. 1 e 2) riportano la temperatura in funzione del tempo e sono stati tracciati in esperimenti diversi con parametri di acquisizione e di visualizzazione grafica differenti scelti a discrezione dell'operatore:

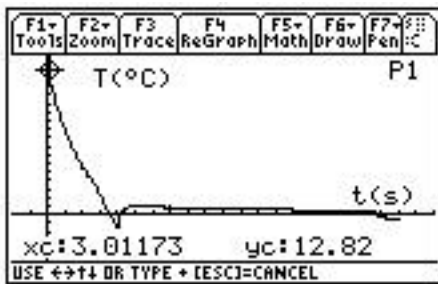


Fig.1

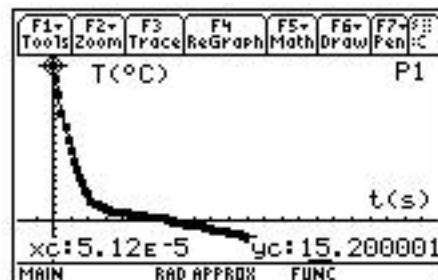


Fig.2

In entrambi si può notare la sosta termica in concomitanza con il passaggio di stato dell'acqua da liquido a solido, corrispondente a una temperatura di 0 °C. Per la misura è stata utilizzata acqua di rubinetto, non acqua distillata, quindi la sosta termica si è verificata a una temperatura compresa fra 0 °C e 1°C.

Nel primo grafico è visibile anche una fase transitoria prima del “pianerottolo”, abbastanza comune in esperimenti di questo tipo.

2) ACQUA RISCALDAMENTO ED EBOLLIZIONE

Riscaldando una piccola quantità d'acqua fino all'ebollizione si ottiene un grafico temperatura in funzione del tempo in cui è possibile determinare la temperatura di ebollizione della sostanza. E' possibile confrontare grafico di riscaldamento di più sostanze.

I grafici di Figg.3 e 4 confrontano il comportamento dell'acqua (traccia più spessa) con quello dell'alcol denaturato di uso domestico.

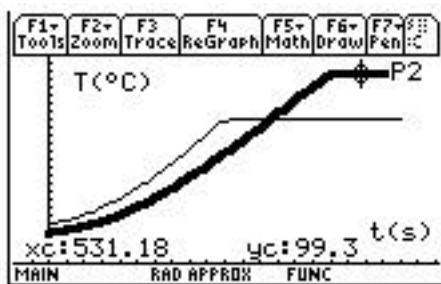


Fig.3

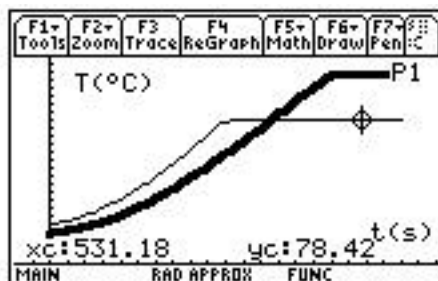


Fig.4

La stessa quantità ($V = 100 \text{ cm}^3$) di acqua e di alcol contenuta in due becher viene messa a scaldare su un riscaldatore elettrico.

I dati sono stati rilevati usando il programma physics(), con due sonde di temperatura, selezionando la modalità TIME GRAPH, con acquisizione ogni 5 s, per 120 punti.

La temperatura di ebollizione cambia da sostanza a sostanza, e in una soluzione dipende dalla quantità di soluto. Riscaldando fino a ebollizione una soluzione satura di acqua e cloruro di sodio si può misurare una temperatura di ebollizione diversa da quella dell'acqua distillata, rilevando i dati nel modo descritto in precedenza. Il grafico che si ricava durante l'ebollizione di uguali quantità di acqua (traccia spessa) e soluzione è mostrato in Fig. 5:

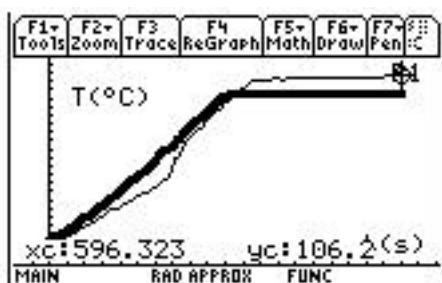


Fig.5

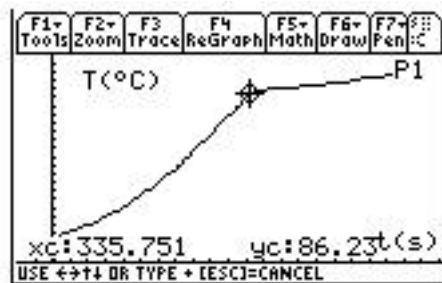


Fig.6

La traccia sottile è relativa alla soluzione e la sosta termica si verifica ad una temperatura di $106 \text{ }^\circ\text{C}$. Si può osservare che durante l'ebollizione l'acqua evapora e la fase solida della soluzione aumenta.

In Fig. 6 è riportato il grafico relativo al riscaldamento di una soluzione di acqua e alcol (20 % di alcol). Essa comincia a bollire ad una temperatura di circa 86°C , dove è possibile individuare un primo pianerottolo, quindi la temperatura aumenta fino a $100 \text{ }^\circ\text{C}$.

L'andamento del grafico ottenuto permette di dire che il liquido esaminato è costituito da due sostanze, inoltre dall'odore, alla fine dell'esperimento, è possibile stabilire anche che tutto l'alcol è evaporato ed individuare così una possibile tecnica di separazione delle soluzioni con il metodo della distillazione.

3)ENERGIA TEMPERATURA E PASSAGGI DI STATO

La "velocità" di evaporazione

E' noto che bagnando la nostra pelle con acqua, in giornate particolarmente calde, è possibile ottenere refrigerio, come è nota la sensazione di freschezza quando ci

vaporizzano, assorbendo energia e dando origine alla sensazione momentanea di freschezza.

Per analizzare il comportamento di alcune sostanze volatili si propone l'esperimento descritto nel seguito.

Si sono usati: TI-89, CBL con due sonde di temperatura, cotone idrofilo, alcol, acqua, solvente, trielina, ammoniacca.

Si avvolgono i bulbi delle sonde con pochissimo cotone idrofilo, successivamente, si bagna in alcol il bulbo della prima sonda e con gli altri liquidi in sequenza il bulbo della seconda sonda. Si acquisiscono i dati e si confrontano i grafici ottenuti.

Nei grafici di Figg. 7,8,9,10 è mostrato l'andamento della temperatura rilevata in funzione del tempo: la traccia più spessa, rappresenta i dati relativi all'alcol, mentre la traccia più sottile è relativa alle altre sostanze indicate.

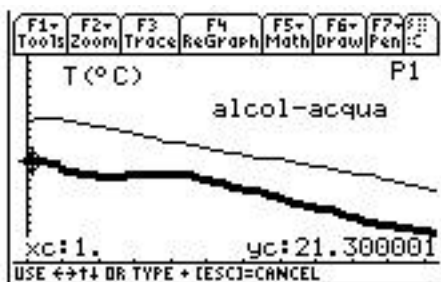


Fig.7

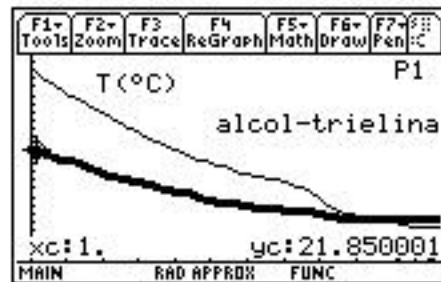


Fig.9

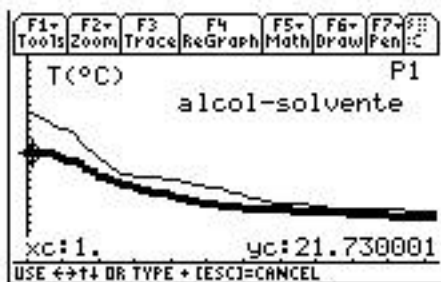


Fig.8

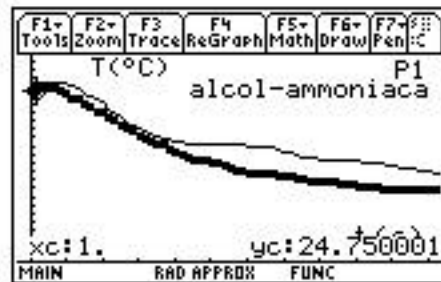


Fig.10

Per tutte le sostanze si verifica una diminuzione di temperatura, corrispondente allo scambio di energia, con l'ambiente esterno, che produce la vaporizzazione.

In passato si usava mettere l'acqua da bere in recipienti di terracotta porosa o in sacche di tela o di cuoio. L'acqua, filtrando attraverso i pori verso l'esterno del recipiente, evapora e raffredda il sistema. Il processo è molto lento, ma l'acquisizione dei dati con la calcolatrice permette di evidenziare l'andamento della curva di raffreddamento di una quantità di acqua in una piccola anfora di terracotta.

I dati mostrati nelle Figg. 11 e 12 sono stati ottenuti usando una piccola anfora di terracotta, riempita d'acqua e con le pareti esterne umide: si immerge il termometro nell'acqua e si acquisiscono i dati per 15 minuti. Si osserva una diminuzione della temperatura di circa 0.7 °C.

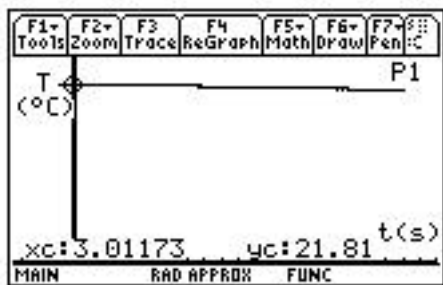


Fig.11

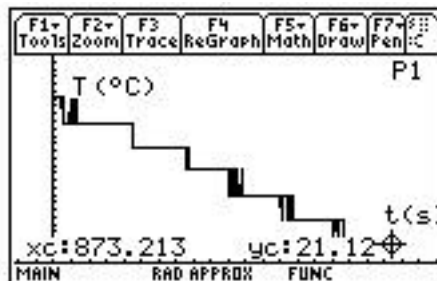


Fig.12

In Fig. 11 è rappresentata anche l'origine del sistema di riferimento e si vede che temperatura iniziale è 21.8 °C, in Fig. 12 la scala è espansa per evidenziare il raffreddamento ed è mostrata la temperatura finale 21.1°C.

BIBLIOGRAFIA

E. Boni , F. De Michele, M. Mayer, Approccio alla fisica , PARAVIA-Torino 1990
M. Palladino Bosia, Fisica, PETRINI- Torino - 1993

OSCILLATORE ARMONICO con RTL

Maria Rita Rizzo - Liceo Scientifico "A. Gramsci" Ivrea

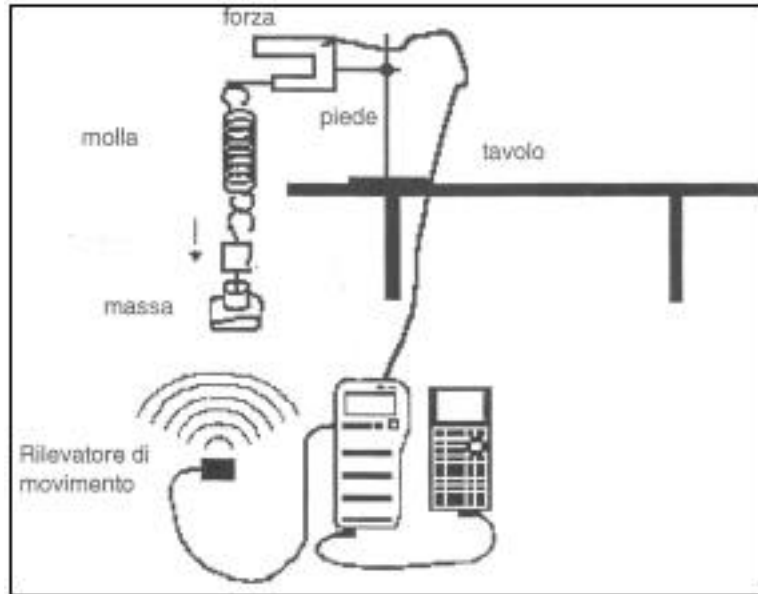
La meccanica dei moti oscillatori può essere studiata in modo vantaggioso con un sistema di acquisizione di dati in tempo reale (RTL), perché esso offre la possibilità di cogliere l'evoluzione temporale del fenomeno oscillatorio e di analizzare i grafici orari di posizione, velocità e accelerazione per valutare in modo immediato le caratteristiche essenziali del particolare tipo di oscillazione.

Il sistema sensore - interfaccia - elaboratore consente di caratterizzare in modo qualitativo il sistema in esame individuando dalla forma del grafico le relazione tra le grandezze osservate e consente di confrontare "a colpo d'occhio" grafici di fenomeni simili per individuarne le differenze.

I dati sperimentali, disponibili interamente, consentono di procedere ad un'analisi quantitativa per la definizione del modello matematico che descrive il moto armonico, anche lontano dal laboratorio.

Nel caso di oscillatori armonici i dati sperimentali permettono di ricostruire che l'analogia riscontrata sperimentalmente nei grafici $d(t)$, $v(t)$, $a(t)$ corrisponde ad una analogia formale riconoscibile nella forma dell'andamento temporale, senza passare necessariamente attraverso la soluzione dell'equazione differenziale del moto, improponibile a studenti di una classe quarta della scuola superiore.

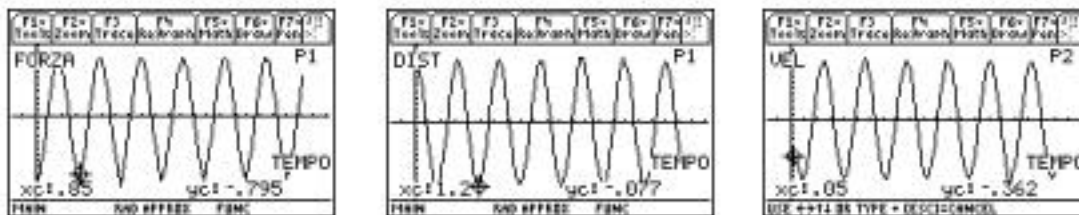
Schema di misura



L'oscillatore è costituito da una molla di costante elastica $k = 10 \text{ N/m}$ e da una massa $m = 174 \text{ g}$.

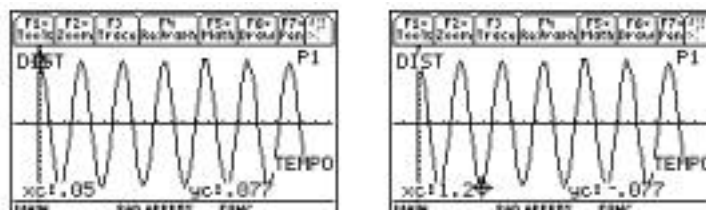
In ambiente physics() si configurano due sensori: FORZA e il SONAR, quindi si azzerano quando il sistema è in equilibrio. Si mette in oscillazione il sistema dopo aver predisposto per la misura in modalità **2:GRAFICO vs TEMPO**, con intervallo tra campionamenti $0,05 \text{ s}$ e 100 campionamenti, per una durata complessiva di 5 s .

Dei dati acquisiti è possibile visualizzare sempre un grafico temporale, per confrontare gli andamenti dei diagrammi orari di forza e posizione e velocità. Si verifica che le prime due grandezze sono sempre in opposizione di fase.

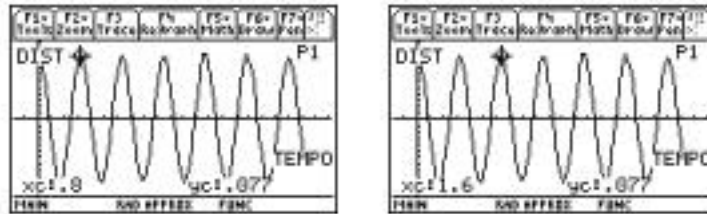


Il problema ora è quello di stabilire se una funzione sinusoidale opportuna possa essere un modello corretto per descrivere il fenomeno. Si cerca quindi una funzione del tipo: $d(t) = A \cos(\omega t + \phi)$.

Si procede alla misura dei parametri sul grafico orario della distanza:

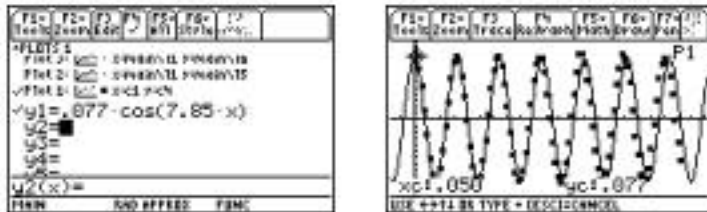


Dai primi due grafici risulta $\phi = 0$; $A = 0.077\text{m}$;



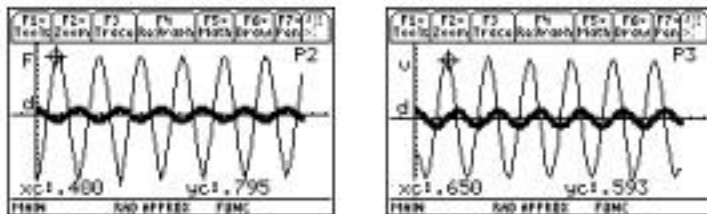
Il periodo di oscillazione vale $T=0,8\text{ s}$, quindi la pulsazione $\omega = 7.85\text{ rad/s}$.

Per verificare il modello matematico, è necessario abbandonare physics() per usare gli ambienti di Data/Matrix Editor per visualizzare i dati sperimentali $d(t)$ e Y= Editor per visualizzare la funzione sinusoidale.

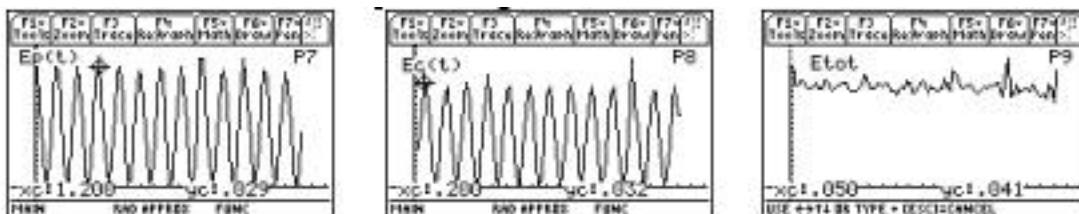


Nella figura precedente i dati sperimentali sono rappresentati dai quadrati, mentre la curva teorica è la linea continua. Come si può notare il modello matematico sinusoidale approssima bene i dati sperimentali, almeno nelle prime oscillazioni.

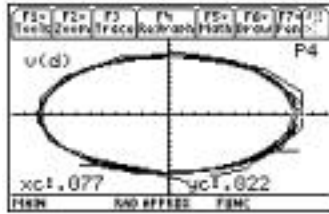
In ambiente Data/Matrix Editor si può procedere ad un confronto tra $F(t)$ e $d(t)$, oppure tra $v(t)$ e $d(t)$.



Si calcola quindi l'energia cinetica $E_c = m [v(t)]^2 / 2$ e l'energia elastica $E_p = k [d(t)]^2 / 2$ e si osserva che l'energia totale del sistema, $E_{tot} = E_c + E_p$, si conserva:

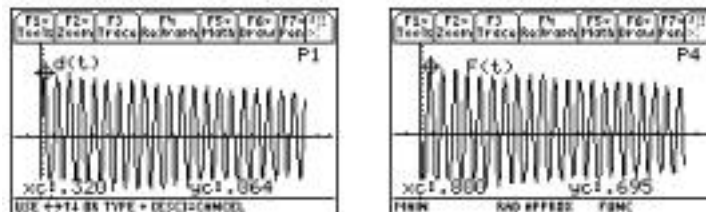


Nello spazio delle fasi la velocità in funzione della posizione risulta:

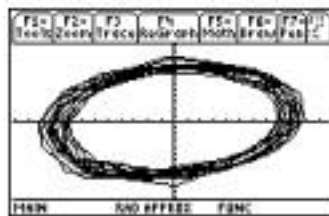


OSCILLATORE ARMONICO SMORZATO

Un oscillatore armonico smorzato si realizza ad esempio con un CD in fondo al portapesi per accentuare lo smorzamento delle oscillazioni. Di seguito è riportato l'andamento nel tempo delle grandezze posizione, forza.



Lo smorzamento del sistema è messo in evidenza riportando in ascissa $d(t)$ e in ordinata $v(t)$: l'ellissi si trasforma in una spirale.



BIBLIOGRAFIA:

- 1) Scheda ADT - Fisica *on-line* con la TI-92 e il CBL - **Oscillatore armonico verticale** , di Giovanni Pezzi, Liceo "Torricelli" , Faenza
- 2) Materiale ADT CD-2° edizione - Relazione di tirocinio corso abilitante: *Oscillazioni anarmoniche ed armoniche : uno studio dei fenomeni oscillatori con le calcolatrici grafiche per analizzare le caratteristiche e per costruire il modello matematico* di Maria Rita Rizzo, Liceo Scientifico "Gramsci", Ivrea