

SCHEDA PER LO STUDENTE

LA LEGGE DI BOYLE AL LABORATORIO RTL

I

Titolo dell'esperienza

LA LEGGE DI BOYLE AL LABORATORIO RTL

Autori

Paola Cattaneo, Savina Ieni, Lorella Liberatori e Marco Litterio

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

II

Descrizione generale dell'esperienza

L'esperienza ha lo scopo di verificare la Legge di Boyle che è la relazione che lega i valori della pressione e del volume di un gas ideale in una trasformazione isoterma. In altri termini, se viene cambiato il valore del volume occupato da un gas facendo in modo che il gas non fuoriesca dal suo contenitore e che non cambi la temperatura del gas stesso (basta per questo che sia in buon contatto termico con l'aria dell'ambiente esterno), si osserva che anche la sua pressione cambia.

III

Breve descrizione del fenomeno fisico

La relazione che lega pressione e volume è $pV = k$ con k una costante che, utilizzando l'equazione di stato dei gas perfetti, risulta essere data da $k = nRT$ essendo n è il numero di moli contenuto nel volume di gas, $R=8,315 \text{ J}/(\text{mol K})$ e T la temperatura (alla quale eseguiamo l'esperienza) espressa in gradi Kelvin. La legge di Boyle $pV = k$ esprime il fatto che i valori di pressione e volume sono inversamente proporzionali.

IV

Materiale occorrente e istruzioni per l'assemblaggio

1. Sonda di pressione: portata da 0 a 210 kPa (max 4 atm); sensibilità 0,2 kPa; tempo di risposta 100 μ s.
2. Siringa: portata 20 cc; sensibilità 1 cc.
3. CBL2, alimentatore per CBL2, calcolatrice Ti92+, cavetto per la connessione del BL2 alla Ti92+

- Fissa la siringa alla sonda di pressione (Fig. 1)
- Alimenta il CBL2 (se non è provvisto di batterie) con un trasformatore di 6V (Fig. 2)
- Collega il CBL2 alla calcolatrice Ti92+ con l'apposito cavetto (Fig. 3)
- La situazione finale, con l'esperimento allestito e pronto per l'esecuzione delle misure, è mostrata in Fig. 4.



Fig. 1 – La siringa fissata alla sonda di pressione



Fig. 2 – Il CBL2 correttamente alimentato



Fig. 3 –La connessione fra CBL2 e Ti92+

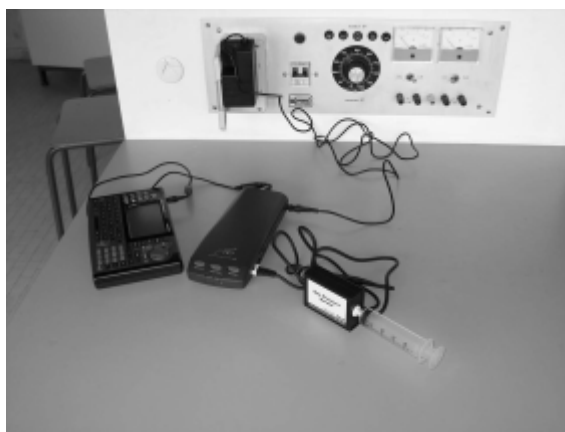


Fig. 4 – L'allestimento finale

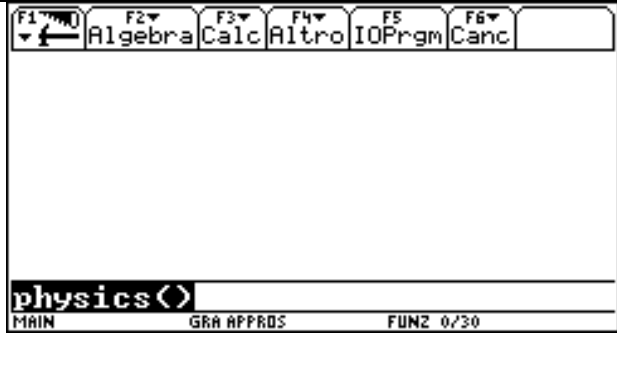

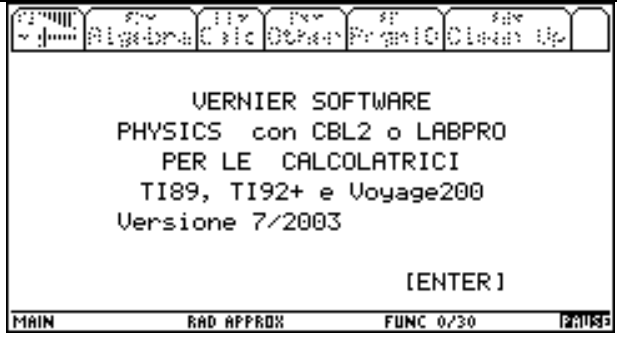
V






Descrizione generale del procedimento di misura e grandezze da misurare direttamente, unità di misura, errori

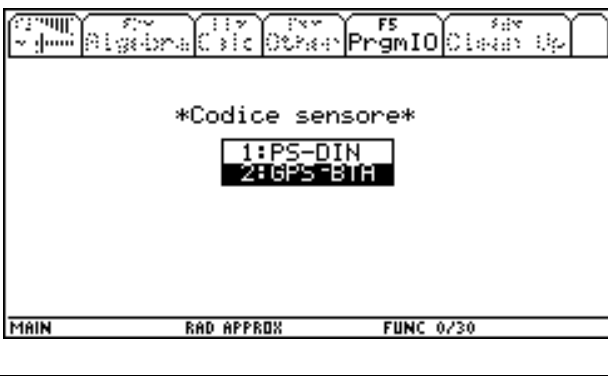


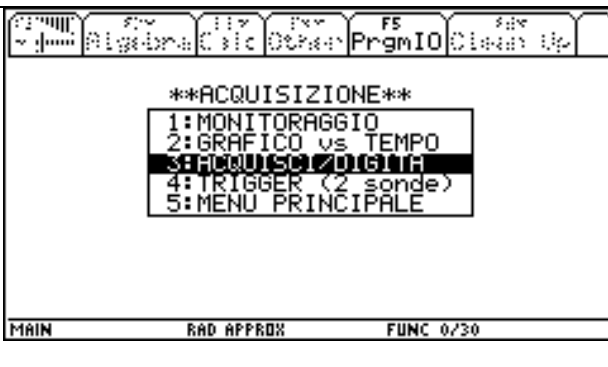
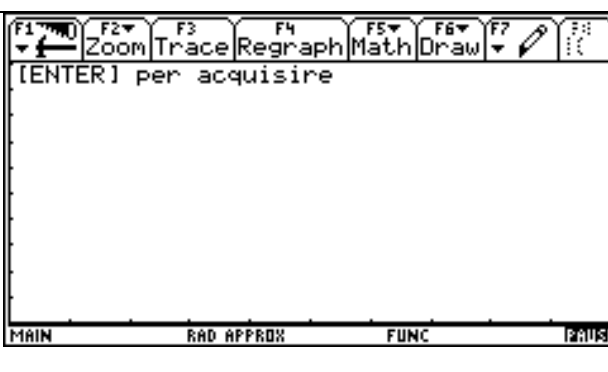
Misureremo il valore del volume dell'aria contenuta nella siringa leggendolo direttamente sulla scala graduata della siringa stessa, mentre la sonda eseguirà la misura del valore della pressione. Per utilizzare il software per la grafica e l'analisi dei dati selezioneremo la modalità di acquisizione <ACQUISISCI/DIGITA> che consente di inserire il dato del volume durante l'acquisizione e subito dopo la lettura della pressione da parte del CBL2.

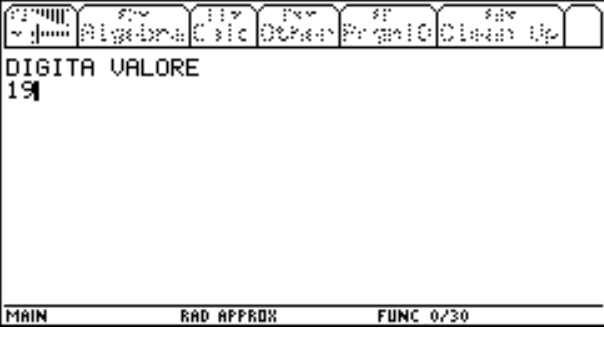

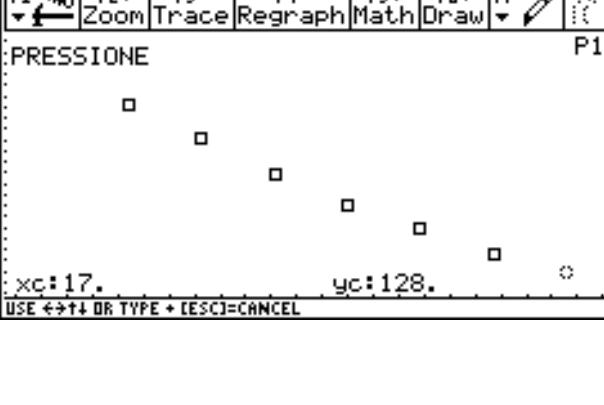
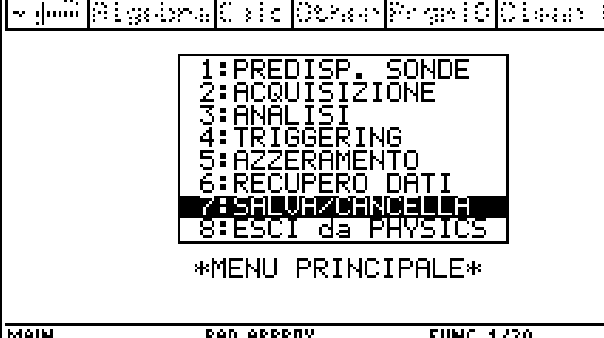
Accorgimenti

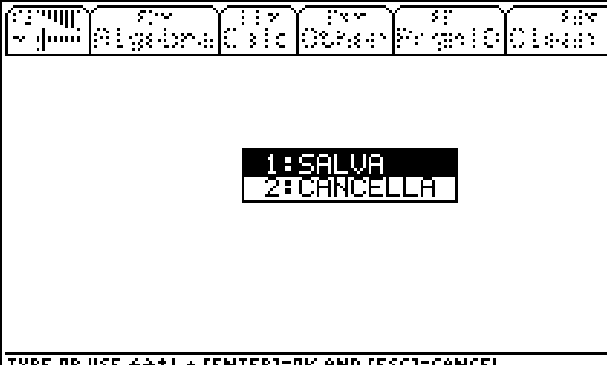

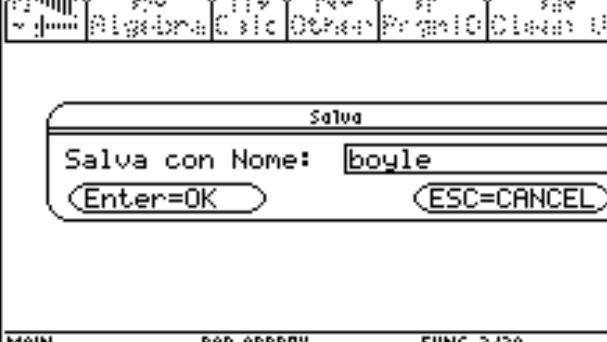
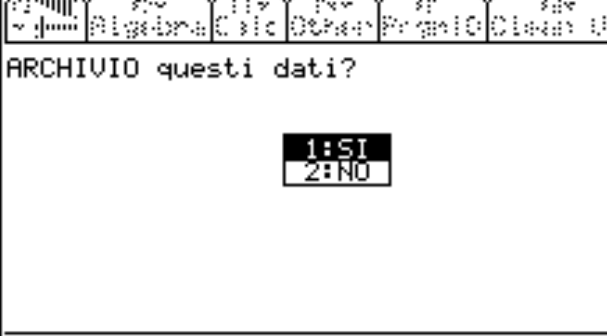
- E' possibile eseguire le misure sia aumentando il volume che diminuendolo.
- Attenzione al fatto che affondando troppo il pistone la pressione aumenta tanto che viene meno la tenuta della siringa: il volume diminuisce, ma la pressione non aumenta più e varia il numero di moli di aria nel volume. Conviene, se si lavora diminuendo il volume e si parte da 20 cc, non scendere sotto i 10 cc.
- Attenzione anche al fatto che tenendo troppo saldamente la siringa tra le mani potresti aumentare la temperatura dell'aria contenuta ed uscire dalla condizione di trasformazione isoterma

| | |
|--|--|
| <p>1) Al prompt della calcolatrice digita physics() e premi <ENTER></p> |  |
| <p>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: seleziona Ti92+ e premi <ENTER></p> |  |
| <p>3) La schermata successiva dà informazioni sul software: premi <ENTER></p> |  |

| | |
|---|--|
| <p>4) Compare il menù principale e la prima operazione da compiere è predisporre la sonda</p> |  |
| <p>5) Seleziona il numero (1) ...</p> |  |
| <p>6) ... ed il tipo di sonda</p> |  |
| <p>7) Controlla che la sonda sia connessa correttamente.</p> |  |
| <p>8) Seleziona l'unità di misura</p> |  |

| | |
|---|--|
| <p>9) Il codice del sensore è facilmente leggibile sulla sonda stessa</p> |  |
| <p>10) Non ricalibrare il sensore a meno che non siano presenti evidenti problemi nel qual caso rivolgiti all'insegnante.</p> |  |
| <p>11) Ricompare il menù principale e si procede con l'acquisizione dei dati</p> |  |
| <p>12) Seleziona la modalità <ACQUISISCI/DIGITA></p> |  |
| <p>13) I led del CBL lampeggiano ad indicare che la misura è stata effettuata e ti viene richiesto di premere <ENTER> per memorizzare il dato. NOTA: a questo punto, e cioè prima di premere <ENTER>, la misura è già stata eseguita. Nelle misure successive imposta il nuovo valore della pressione alla schermata precedente a questa.</p> |  |

| | |
|--|--|
| <p>14) Immetti il valore del volume</p> |  <p>DIGITA VALORE 19</p> <p>MAIN RAD APPROX FUNC 0/30</p> |
| <p>15) Seleziona <ALTRI DATI> e ripeti le due operazioni precedenti per il numero di misure previste (attenzione a spostare il pistone della siringa sulla nuova posizione prima di premere <ENTER> su questa schermata, vedi nota al punto 13)</p> |  <p>**ACQUISIZIONE** 1:ALTRI DATI 2:STOP: GRAFICO 3:PAUSA</p> <p>TYPE OR USE ←→↑↓ + [ENTER]=OK AND [ESC]=CANCEL</p> |
| <p>16) Quando hai eseguito un congruo numero di misure (almeno 6 o 7) seleziona STOP:GRAFICO e ti compare il grafico del piano (V,p) con i valori delle misure, come nell'esempio qui a fianco. Utilizzando il MOUSE della calcolatrice il cursore si sposta da un dato al successivo. Ogni volta sullo schermo compaiono i valori di xc, il volume, e yc, la pressione, che puoi così leggere e trascrivere nella tabella dei dati. Premendo ENTER si torna al MENU' PRINCIPALE</p> |  <p>P1</p> <p>PRESSIONE</p> <p>xc:17. yc:128.</p> <p>USE ←→↑↓ OR TYPE + [ESC]=CANCEL</p> |
| <p>Prima di uscire da physics salva i dati per elaborarli successivamente.</p> |  <p>1:PREDISP. SONDE 2:ACQUISIZIONE 3:ANALISI 4:TRIGGERING 5:AZZERAMENTO 6:RECUPERO DATI 7:ESCI da PHYSICS 8:ESCI da PHYSICS</p> <p>*MENU PRINCIPALE*</p> <p>MAIN RAD APPROX FUNC 1/30</p> |

| | |
|--|--|
| <p>Coneferma che vuoi salvare i dati</p> |  |
| <p>Seleziona ALTRO per salvare un nuovo file di dati.</p> |  |
| <p>Inserisci il nome del file e premi due volte ENTER</p> |  |
| <p>Seleziona SI per proteggere il file da cancellazioni involontarie</p> |  |

VI

Elenco delle tabelle e dei grafici da produrre

LEGENDA

p = pressione

V = volume

K = p V = n R T = costante

Δp = incertezza su p

ΔV = incertezza su V

ΔK = incertezza su K

x = 1/V

Δx = incertezza su x

FORMULE

Errore relativo sulla grandezza K = p V: $\frac{\Delta K}{K} = \frac{\Delta p}{p} + \frac{\Delta V}{V}$

Errore relativo sulla grandezza x=1/V : $\frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta V}{V}$

Elaborazione algebrica

Dalle caratteristiche degli strumenti ricava i valori delle incertezze di misura

$\Delta p =$

$\Delta V =$

Riempi la tabella seguente indicando nelle parentesi le unità di misura in cui le grandezze sono espresse

| n° | p () | V () | p V = K () | $\Delta p/p$ | $\Delta V/V$ | $\Delta K/K$ | ΔK () | x () | $\Delta x/x$ | x () |
|----|----------|----------|----------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|----------|--------------|----------|
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

Costruzione dei grafici

Si possono costruire i seguenti grafici:

- a. (V,p) dove riportiamo in ascissa V (m³) e in ordinata p (in Pa)
- b. (x,p) dove x(m⁻³) = 1/V è riportato in ascissa e p (Pa) in ordinata

VII

Guida all'analisi dei dati e alla determinazione delle grandezze derivate con relativi errori

Indica il procedimento di calcolo delle formule degli errori relativi e di quelli assoluti.
Il grafico al punto a) non è un grafico lineare: qual è la curva che meglio approssima i dati sperimentali?
Il grafico al punto b) è lineare: trova l'equazione della retta che meglio approssima l'andamento dei dati sperimentali.

VIII

Indicazioni per la relazione

Nella relazione dovrebbero essere trattati i seguenti punti

1. Descrizione del dispositivo sperimentale e degli strumenti di misura utilizzati
2. Descrizione dell'esperienza effettuata
(Descrivere come si è proceduto per effettuare la misura e gli accorgimenti usati).
3. Riepilogo dei dati sperimentali in tabella
4. Grafico e deduzione da esso del modello matematico che descrive il fenomeno analizzato
5. Conclusioni: confronto tra le conclusioni dell'esperienza e le previsioni teoriche.

IX

Indicazioni per il confronto tra i risultati ottenuti e quelli aspettati

Dalla lettura dei grafici prodotti si può ricavare la relazione esistente tra p e V . Tale relazione, entro gli errori di misura, è in accordo con i dati sperimentali?
In caso affermativo, indicare il valore della costante k derivante dalle misure effettuate.
In caso negativo, suggerire i motivi che a tuo avviso hanno condotto a tale discrepanza.

X

Questionario

1. Mostra il calcolo della fortuna dell'errore assoluto sulla grandezza $x = 1/V$
2. Indica il significato fisico del coefficiente angolare della retta di interpolazione del tuo grafico (x,p) .
3. Fai un'analisi dimensionale di x .
4. Il prodotto $k = p V$ entro gli errori sperimentali è costante?
5. A quale curva teorica corrisponde la legge di Boyle? Disegna l'isoterma ottenuta alla temperatura T dell'esperienza, utilizzando il valore di K misurato.
6. Supponendo $t = 20^\circ\text{C}$ il valore della temperatura alla quale hai eseguito l'esperienza, calcola il numero di moli di aria contenuti nella siringa.
7. Il numero di moli cambia se facciamo la trasformazione ad una temperatura diversa da T ? Giustifica adeguatamente la risposta.
8. Se avessimo eseguito la misura ad una temperatura diversa avremmo ottenuto un andamento grafico (V, p) diverso? E i valori di k ?
9. Calcola, con i dati ricavati dalle risposte precedenti i valori k_1 e k_2 che avremmo dovuto ottenere per trasformazioni isoterme alle temperature $T_1 = 283^\circ\text{K}$ e $T_2 = 303^\circ\text{K}$.
10. Disegna sullo stesso grafico le isoterme a temperature T, T_1, T_2