

Associazione per l'Insegnamento della Fisica  
Sezione di Mantova

Corso di aggiornamento su "I nuovi programmi di Fisica : II parte"  
Anno scolastico 1988-89

Primo incontro : Martedì 15 novembre 1988 (M. FRANCESIO)

## PARTE PRIMA : LA FISICA NEL BIENNIO

### 1. L'insegnamento della Fisica nel PNI

E' certamente nota a tutti l'esistenza del PNI, che prevede l'introduzione di metodi e contenuti informatici nel biennio della scuola secondaria superiore (sss) attraverso un notevole rinnovamento degli insegnamenti della matematica e della fisica.

Il piano ha comportato, e comporta tuttora, l'aggiornamento dei docenti, la revisione dei programmi, l'avvio di una sperimentazione che si va estendendo in tutto il paese.

Gli elementi di informatica vengono introdotti all'interno dell'insegnamento della matematica e, poichè la disciplina figura nel biennio di tutti gli ordini di scuola, la sperimentazione può inserirsi senza troppe difficoltà nel solco dell'esperienza didattica precedente.

Per la fisica le cose vanno un po' diversamente : nell'ambito del suo insegnamento, infatti, entrano solo alcuni aspetti applicativi dell'informatica, nemmeno strettamente necessari, mentre il fatto notevole è che la sperimentazione viene introdotta in molte scuole, soprattutto dell'ordine classico, nelle quali l'insegnamento della disciplina al biennio non figurava in precedenza.

Questo processo di unificazione dei bienni dei diversi ordini di scuola, per lo meno per quanto riguarda la fisica, è certamente molto importante, tuttavia comporta una serie di problemi che non sempre sono stati affrontati dal Ministero nel modo migliore. Vediamo alcuni esempi.

-- Le ore settimanali riservate alla disciplina, e quindi le cattedre, sono diverse a seconda del tipo di istituto : in particolare, mentre nei licei la fisica fa la sua comparsa nel biennio (al triennio era già presente), negli ITIS (dove non figura al triennio) il MPI ha cercato, almeno in un primo momento, di ridurre l'orario.

-- I programmi proposti sono gli stessi per tutte le scuole e vengono continuamente modificati, a differenza di quelli di matematica che sono stati stabiliti una volta per tutte fin dal gennaio 1986. Un caso a parte è quello degli IPSIA dove il MPI ha imposto un programma di fisica diverso, ma assai poco dimensionato sui ragazzi di questa fascia di età scolare.

-- Le autorizzazioni del MPI sono concesse in modo differenziato alle scuole : risulta, per esempio, che a certi licei è stata imposta la sperimentazione sia per la matematica sia per la fisica, mentre ad altri è stata consentita la sperimentazione per la sola matematica.

-- Il Ministero si è mostrato più attento ai laboratori di informatica che non a quelli di fisica, lasciando una situazione sguarnita soprattutto nelle scuole della Direzione Classica dove le risorse di attrez-

zature e personale sono più scarse.

Tutto considerato penso si possa affermare che l'iniziativa del PNI è lodevole, ma non sempre è gestita in modo adeguato.

## 2. I nuovi programmi di Fisica

La storia dei nuovi programmi di fisica è piuttosto triste : si sono succedute proposte diverse, elaborate da altrettante commissioni ministeriali, che sono state sommerse ogni volta da valanghe di critiche e regolarmente bocciate dal CNPI!

Una delle ultime stesure conteneva quattro temi :

- 1) Introduzione alle scienze sperimentali, osservazione e misura di parametri caratteristici delle proprietà dei corpi
- 2) Equilibrio e processi stazionari
- 3) Il movimento
- 4) L'energia : sue forme e sue trasformazioni.

Questa edizione figurava ancora nella circolare del marzo 1988 come riferimento per tutti i colleghi che attuavano la sperimentazione dell'insegnamento della fisica nel biennio nell'ambito del PNI.

Una stesura successiva, elaborata nel 1987 da una commissione costituita, fra l'altro, anche da rappresentanti dell'AIF, della SIF, del GNDF, contiene due soli temi

- 1) Proprietà della materia
- 2) Energia e sue trasformazioni.

Questa versione è stata senza dubbio quella finora più apprezzata, anche qui a Mantova dove il corso di aggiornamento organizzato dalla locale Sezione AIF, nell'anno scolastico 1987-88, è stato dedicato al primo tema. Al secondo tema è dedicato il corso che inizia oggi.

Agli stessi temi si riferiscono anche i corsi di aggiornamento organizzati a livello nazionale dall'AIF : il primo si è tenuto a Lugo dal 7 all'11 novembre e vi hanno partecipato anche i colleghi Govoni e Vioni, il secondo si terrà Foligno in dicembre.

Attualmente è al lavoro una nuova commissione (Commissione Brocca) che si sta occupando di tutti gli aspetti dell'insegnamento scientifico nel biennio (discipline, orari, programmi). Non si hanno informazioni precise sui lavori della commissione, tuttavia circolano voci poco tranquillizzanti sulle proposte che sarebbero state discusse finora (compresa quella di una salomonica spartizione a tre, chimica, fisica, scienze, delle 12 ore complessive disponibili al biennio).

## 3. Proprietà della materia ed energia

I due temi proposti non sono emersi per caso o per improvvisazione dell'addetta commissione Ministeriale, ma sono il risultato di

un'ampia sperimentazione in Italia dei corsi IPS e PS2, fatta negli ultimi quindici anni in molte scuole sperimentali, e di un serio sforzo di ricerca didattica operata nello stesso periodo da parte di docenti della sss e dell'università.

Fra questi anche diversi colleghi all'interno dell'AIF hanno dato il loro contributo, tant'è vero che i due temi figuravano già in un documento dell'Associazione uscito nel 1983.

A) Il primo tema è inizialmente rivolto allo studio delle proprietà caratteristiche dei corpi e delle sostanze, alla individuazione tra esse di quelle che si conservano, all'analisi dell'influenza delle condizioni ambientali come temperatura e pressione. Viene quindi introdotta la nozione di forza come causa di deformazione e si studiano in particolare le forze elastiche e la forza peso.

Dalle proprietà di corpi e sostanze si passa alle ipotesi sulla loro costituzione e al modello atomico della materia. L'interpretazione del comportamento dei gas sulla base di tale modello porta a considerazioni di carattere cinematico sul moto delle particelle costituenti e di carattere dinamico sull'effetto degli urti delle particelle contro le pareti del recipiente e tra loro.

B) Il secondo tema è incentrato sul concetto di energia e sulle sue trasformazioni. Il calore e il lavoro sono visti come modi diversi di trasferire energia nei fenomeni termici, elettrici, meccanici.

La trasmissione di energia attraverso onde apre il discorso verso i fenomeni ondulatori e l'ottica.

La conservazione e la degradazione dell'energia introducono ai principi della termodinamica, al rendimento delle macchine, al problema delle fonti di energia con tutte le relative implicazioni sulla vita sociale.

E' certamente un fatto di rilievo che, per la prima volta, siano state formulate delle proposte di contenuti centrate su alcuni temi che sono trasversali rispetto alle parti in cui viene di solito suddivisa la fisica, cioè Meccanica, Acustica, Termologia, Elettromagnetismo, Ottica; temi che dovranno essere trattati in modo elementare, su basi sperimentali, abbastanza lontane dalle impostazioni formali caratteristiche di certi libri di testo che circolano nel nostro paese.

Ed è anche importante che i programmi proposti siano accompagnati da un commento introduttivo, da indicazioni metodologiche generali e da indicazioni curriculari sull'insegnamento della disciplina in questa fascia di età scolare.

A chi non lo avesse ancora fatto consiglieréi di leggere il documento perché troverà sicuramente in esso utili indicazioni per il proprio lavoro didattico (e per il proprio piano di lavoro).

Non si possono però tacere alcune riserve :

a) i contenuti sono eccessivi, anche in considerazione del fatto che nelle indicazioni curriculari vengono spesso suggeriti approfondimenti ed estensioni (attività sperimentali sulla scomposizione di miscugli e sostanze pure, sul comportamento delle onde, sulla interpretazione ondulatoria dei fenomeni ottici);

b) fra i contenuti del primo tema si fatica a cogliere un impianto coerente come si trova invece nel secondo;

c) alcuni argomenti, come la dinamica impulsiva e il principio di conservazione della quantità di moto, sono a mio avviso troppo difficili per un ragazzino del primo anno.

Si ha l'impressione che sia mancato il coraggio di puntare decisamente sugli aspetti metodologici anche a costo di dovere fare tagli drastici sui contenuti, o sia mancata la consapevolezza che sono ormai tramontati i tempi in cui si riteneva necessario trattare tutta la fisica classica, magari integrandola anche con cenni di fisica moderna, in tutti gli ordini di scuola (sappiamo tutti con quali risultati).

Se si fa un confronto tra il documento ministeriale e quello approvato dall'Assemblea dei soci dell'AIF al Congresso di Gaeta (vedi LFNS n.3/86) ci si rende conto degli inevitabili compromessi che sono stati fatti all'interno della commissione, perchè essa ha recepito i due temi dal documento AIF, ma ha cercato di integrarli e rimpinzarli in vario modo.

Un altro aspetto da considerare, al quale è già stato fatto un cenno, è la mancanza, in certi ordini di scuola, di proseguimento al triennio dell'insegnamento della Fisica: ciò penalizza soprattutto gli istituti tecnici creando problemi didattici non indifferenti per la disciplina.

Inoltre va detto che se si vuole ottenere una sperimentazione seria, adeguata ai nuovi programmi proposti con i due temi sulle proprietà della materia e sull'energia, occorre effettuare una massiccia operazione di aggiornamento del personale docente per metterlo in condizioni di lavorare bene. Ciò era stato suggerito al Ministro dalla stessa commissione, ma per il momento sembra che solo l'AIF si sia fatta carico del problema, cercando di fare quello che può.

Attualmente sembra che vi sarà una revisione dei due temi da parte della Commissione Brocca, in particolare riguardo alla dinamica che si vorrebbe meglio inserita nel curriculum. Anche queste però sono voci di corridoio.

#### 4. Il laboratorio di fisica del biennio

Gli esperimenti in laboratorio comportano attività a gruppi di due o tre allievi con dieci o dodici gruppi di lavoro. Questa ripartizione fornisce una serie di vantaggi dal punto di vista didattico in quanto ogni alunno:

- è coinvolto direttamente nell'attività sperimentale;
- viene indotto a riflettere non solo su concetti astratti, ma anche su operazioni concrete;
- apprende una certa manualità;
- effettua misure, da solo o in collaborazione con qualche compagno;
- mette i propri risultati a disposizione di tutta la classe e con ciò viene responsabilizzato, più verso i compagni che verso l'insegnante;
- partecipa con maggiore interesse alla discussione dopo l'esperimento perchè l'analisi dei risultati ottenuti dalla classe è stata assicurata anche dalla sua collaborazione;
- si rende conto che gli alunni sono protagonisti del loro processo di apprendimento.

Affinchè tutto ciò si realizzi è necessario che gli esperimenti siano trasparenti, cioè eseguiti con apparecchiature e strumenti sem-

plici, tali da non mascherare o nascondere i fenomeni che si intendono osservare e studiare. Apparecchi sofisticati, così preziosi e necessari per tanti importanti esperimenti che si possono eseguire nella scuola secondaria, sono inadatti, per non dire dannosi, in questa fascia di età scolare.

I ragazzi usano molto cordelle metriche, cilindri graduati, termometri, bilance, molle, ecc. oltre a carta, corda, nastro adesivo, forbici, e via dicendo.

Molto di questo materiale è facilmente reperibile nei negozi, altro va procurato presso ditte specializzate, qualche apparecchio particolare finalizzato a un determinato corso di fisica per il biennio va cercato presso la ditta che lo ha prodotto oppure bisogna costruirlo nell'officina dell'istituto.

Il materiale dei corsi IPS e PS2 è stato originariamente prodotto negli USA e, ad esempio, le bilancine costruite dalla Damon sono tra gli strumenti a mio avviso meglio riusciti per la sperimentazione da parte degli allievi.

Un esempio di apparecchio progettato e costruito in Italia per l'insegnamento della Fisica nel biennio è quello di Dalla Valle e Cortesi che dovremmo vedere in funzione nelle prossime lezioni.

### B) I corsi di aggiornamento organizzati dall'AIF

L'anno scorso la sezione AIF di Mantova ha organizzato un corso di aggiornamento incentrato sul primo tema dei nuovi programmi di fisica per il biennio. Era articolato in sei incontri di laboratorio, con attività sperimentali a gruppi, e due relazioni, una di introduzione ai nuovi programmi, l'altra di presentazione e analisi del PNI.

Per il laboratorio sono stati proposti i seguenti argomenti :

- 1) introduzione alla misura,
- 2) molle ed elastici,
- 3) comportamento di volume e massa nelle trasformazioni,
- 4) densità di solidi, liquidi e gas,
- 5) legge di Boyle - Mariotte,
- 6) ordine di grandezza delle dimensioni delle molecole.

che insegnavano Fisica nel biennio, in particolare a quelli che iniziavano la sperimentazione, un punto di riferimento e un supporto.

Tranne la prima relazione, tutte le altre attività sono state preparate e coordinate da colleghi della sezione. Gli incontri si sono svolti presso i laboratori di alcune scuole della città.

Il corso iniziato oggi avrà caratteristiche molto simili a quello dello scorso anno, salvo il fatto che è incentrato sul secondo tema dei nuovi programmi per il biennio. Esso infatti, secondo le intenzioni degli organizzatori, vorrebbe suggerire indicazioni curriculari sul

Gli argomenti proposti sono :

- 1) uso dell'elaboratore nella <sup>analisi</sup> elaborazione dei dati sperimentali,
- 2) energia e sue trasformazioni nella proposta attuata presso il Liceo Scientifico di Lugo,
- 3) relazione tra energia termica e temperatura, capacità termica come proprietà caratteristica dei corpi, calore specifico dell'acqua,
- 4) calore specifico come proprietà caratteristica delle sostanze, scambi di calore tra liquidi diversi,
- 5) scambi di calore tra corpi liquidi e corpi solidi.

6. Introduzione

Dopo le osservazioni precedenti sull'insegnamento della Fisica nel biennio della sss e sui corsi della nostra Sezione AIF vorrei fare alcune considerazioni sulla nozione di temperatura, una grandezza che fa in un certo senso da ponte tra il corso del 1987 e quello del 1988.

Sappiamo benissimo tutti che la temperatura si misura con il termometro e che lo strumento viene realizzato mediante un termoscopio, di solito a mercurio o ad alcool, sul quale è stata opportunamente costruita una scala. Quest'ultima si prepara segnando due livelli di riferimento del liquido termometrico, chiamati anche punti fissi, che corrispondono alle temperature del ghiaccio fondente e dell'acqua bollente, in condizioni normali di pressione. A seconda dei valori attribuiti ai punti fissi si hanno diversi tipi di scale termometriche. La scala centigrada attribuisce ai due punti fissi rispettivamente 0 gradi e 100 gradi.

Le operazioni descritte ci danno una definizione empirica di temperatura, basata sulle variazioni di volume di un liquido, che è univoca in quanto non dipende dai particolari costruttivi dello strumento. Ad esempio, due termoscopi a mercurio di diversa costruzione, con bulbi e capillari differenti, se tarati con cura secondo le modalità descritte sopra forniranno in ogni ambiente gli stessi valori di temperatura.

Essa però dipende dalla sostanza termometrica usata. Se, per esempio, si costruisse con gli stessi criteri un termometro che utilizzasse glicerina al posto del mercurio, troveremmo che esso segna, nell'aula in cui ci troviamo, una temperatura diversa. In altri termini i due termometri, a mercurio e a glicerina, non andrebbero d'accordo.

Infatti l'esperienza dimostra che nella fase liquida le sostanze dipendono in modo diverso dalle condizioni ambientali, in particolare variano di volume in modo differente. Eseguendo l'esperimento proposto nel corso IPS sulla dilatazione termica dei liquidi sono stati ottenuti i grafici rappresentati nella figura 1.

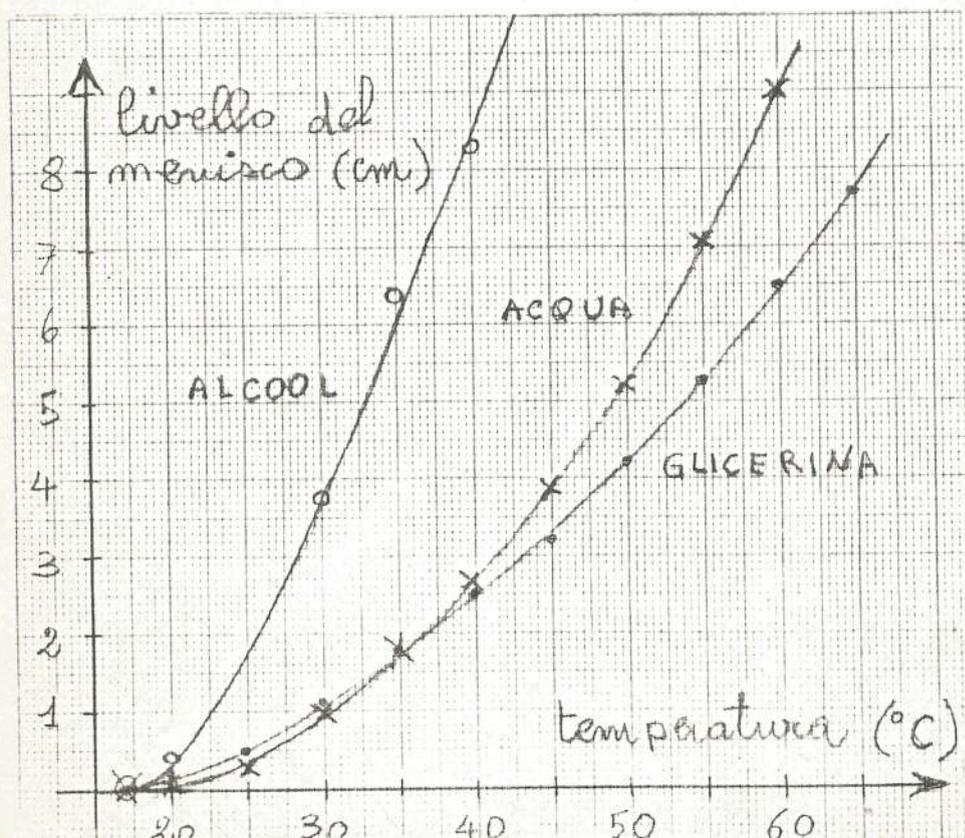


FIGURA 1

I grafici ci dicono che acqua, alcool e glicerina sono caratterizzati da una diversa dilatazione termica; in particolare, la glicerina non ha una dilatazione termica lineare o, meglio, non è lineare la relazione tra la dilatazione della glicerina e quella del mercurio.

Ritornando allora ai due termometri citati sopra, se in un altro grafico si riportano in ascisse le dilatazioni del mercurio e in ordinate quelle della glicerina, vale a dire le temperature lette sulle due scale, si trova che esse non si corrispondono tranne che nei due punti fissi. Il fatto è illustrato nel grafico di figura 2.

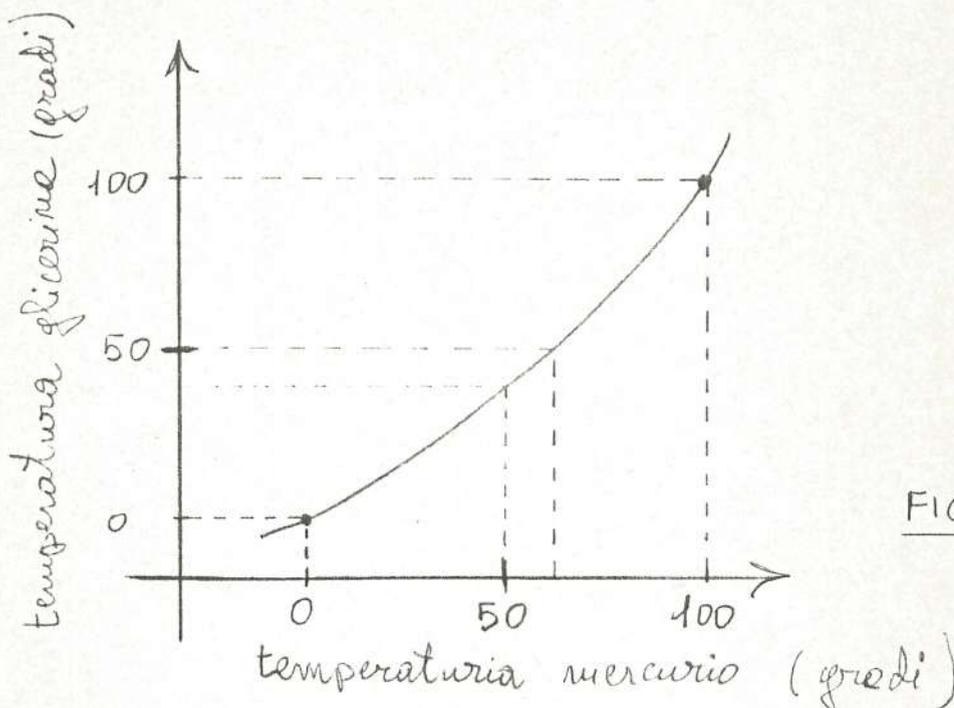


FIGURA 2

Sorgono quindi alcune domande.

-- Quale sarà la temperatura di quest'aula : quella letta sul termometro a mercurio o quella letta sul termometro a glicerina ?

-- Poiché la dilatazione termica è una proprietà caratteristica delle sostanze nella fase liquida, costruendo termometri con diverse sostanze termometriche, avremmo altrettante temperature ?

-- La maggior parte dei termometri utilizza il mercurio come sostanza termometrica : c'è qualche ragione particolare per preferire questo ad altri liquidi ?

## 7. Costruiamo un termoscopio a gas

Proviamo a costruire un termoscopio nel quale la sostanza termometrica sia un gas anziché un liquido. Un modo semplice per costruirlo è descritto in [1] a pag. 9.36 e segg.. Quelli realizzati per questo scopo sono stati costruiti seguendo nell'ordine le seguenti operazioni:

a) tagliare per una lunghezza di 20 - 25 cm, aiutandosi con una lima da ferro o una limetta per le unghie, un tubo di vetro del diametro di un paio di millimetri;

b) smussare con la lima le parti taglienti;

- c) utilizzando una siringa pulire più volte l'interno con alcool;
- d) asciugare bene sulla fiamma di un bunsen, sostenendo il tubo con una molletta da bucato (di legno, non di plastica);
- e) introdurre il tubo di vetro pulito, asciutto e freddo in un piccolo recipiente contenente un po' di mercurio, chiudere l'altra estremità con un dito ed estrarre il tubo dal recipiente;
- f) inclinando il tubicino fare scorrere per un certo tratto la gocciolina di mercurio rimasta intrappolata in modo che possa entrare dell'aria : la gocciolina funge da pistone a tenuta;
- g) sigillare l'estremità libera con mastice al silicone;
- h) fissare, con lo stesso mastice, il tubo di vetro a una scala di riferimento, di legno o di metallo.

E' possibile introdurre nel tubo di vetro anche gas diversi dall'aria. Il gas di città (miscuglio contenente in prevalenza metano), per la sua bassa pressione può essere introdotto direttamente mediante un opportuno raccordo tra il tubicino e la presa del gas, aprendo pochissimo e molto lentamente il rubinetto. Il biossido di carbonio, o altri gas contenuti in bombole ad alta pressione, richiedono invece un passaggio intermedio, attuato riempiendo per esempio una siringa da 2 cm<sup>3</sup> e poi introducendo con questa il gas nel tubo servendosi di un piccolo raccordo in gomma.

## 8. Il termoscopio a gas diventa un termometro

Il dispositivo così realizzato è un termoscopio che può fungere da termometro attraverso le misure del volume occupato dal gas nelle diverse condizioni ambientali. Data la simmetria cilindrica del sistema, per la lettura del volume basta leggere l'altezza indicata dalla posizione della goccia di mercurio.

Se si immerge il termoscopio in una bagno di ghiaccio fondente, realizzato con una provetta piena di ghiaccio tritato e acqua a sua volta immersa in un becker contenente lo stesso miscuglio, la gocciolina di mercurio scende di un piccolo tratto e si posiziona in un punto che può essere letto sulla scala millimetrata ed eventualmente segnato con una penna vetrografica.

Se si immerge il termoscopio in una bagno di acqua bollente, realizzato con un'altra provetta piena di acqua riscaldata in modo opportuno, la gocciolina di mercurio si sposta verso l'alto in una nuova posizione che verrà letta sulla scala ed eventualmente segnata.

Ecco i valori letti con cinque diversi dispositivi contenenti aria :

*livelli a temperatura*

ambiente (cm)	ghiaccio fondente (cm)	acqua bollente (cm)
11,7	10,5	14,5
11,9	10,7	14,6
11,4	10,4	14,3
8,8	8,1	11,1
7,6	7,0	9,7

TABELLA 1

$$V = V_0(1 + \alpha \cdot t) \quad pV = nRT \quad V = \frac{nR}{p} T \quad V_0 = V_{\text{fondente}}$$

$$\frac{V}{273K} \cdot (273K + t) = \frac{V_0}{273K} \cdot T \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \alpha \cdot T \text{ oppure } \frac{V - V_0}{V_0} = \alpha \cdot t$$

Se si confrontano fra loro i valori dei livelli raggiunti dalla gocciolina di mercurio nei tre diversi bagni termici si trovano i risultati mostrati nella successiva tabella dove i dati delle ultime due righe hanno un'incertezza di almeno un paio di centesimi sull'ultima cifra.

$l_{\text{ambiente}}$	$l_{\text{bollente}}$
$l_{\text{fondente}}$	$l_{\text{fondente}}$
1,11	1,38
1,11	1,36
1,10	1,38
1,09	1,37
1,09	1,39

TABELLA 2

La costanza dei rapporti ci assicura che l'aria nei cinque termoscopi si comporta allo stesso modo, nel senso che le sue variazioni di volume relative sono le stesse indipendentemente dal dispositivo considerato. Come nel caso dei termoscopi a mercurio, oppure di quelli a glicerina, possiamo allora dare una nuova definizione empirica di temperatura, basata questa volta sulle variazioni di volume dell'aria, che risulterà anch'essa univoca perchè indipendente dai particolari costruttivi dello strumento.

La nuova temperatura, tuttavia, a differenza di quanto accade per i termometri a liquido, è indipendente anche dalla sostanza termometrica: infatti, se sostituissimo l'aria con qualunque altra sostanza, o miscuglio di sostanze, che nelle condizioni ambientali di lavoro si trovasse nella fase gassosa, otterremmo gli stessi risultati poichè, com'è noto, tutti i gas si comportano allo stesso modo quando vengono modificate le condizioni esterne. Ciò è del resto confermato dai dati riportati nella tabella seguente ottenuti con altri due termoscopi a gas, il primo contenente biossido di carbonio e il secondo gas di città. (\*)

TABELLA 3

gas utilizzato	ghiaccio fondente (cm)	acqua bollente (cm)	$l_{\text{bollente}}$ $l_{\text{fondente}}$
CO <sub>2</sub>	8,8	12,5	1,42
CH <sub>4</sub>	9,8	13,6	1,39

La uniformità di comportamento dei gas suggerisce l'idea che essa

(\*) Ulteriori letture di controllo dei livelli della gocciolina di mercurio quando il termoscopio era immerso nel bagno freddo e in quello caldo hanno confermato i valori riportati in tabella per il metano, ma non per il biossido di carbonio il cui rapporto  $l_{\text{bollente}}/l_{\text{fondente}}$  è andato peggiorando con il numero delle prove fino a raggiungere il valore 1,47. E' probabile che sia stato commesso qualche errore nella fase di costruzione del termoscopio, ma non vi sono elementi per stabilirlo.

Un'altra verifica dell'uniformità di comportamento delle sostanze nella fase gassosa è fornita dall'esperimento descritto e dai dati riportati nel testo del PSSC, Cap. 9, tabella 1.

evidenzi una proprietà caratteristica della materia che può essere vantaggiosamente utilizzata per la definizione della temperatura.

Essa verrà definita come quella grandezza che è direttamente proporzionale all'altezza della goccia di mercurio  $h$ , il che è lo stesso, direttamente proporzionale al volume del gas. La temperatura sarà sempre positiva e assumerà il valore zero solo quando si ridurrà a zero il volume: sarà per questo denominata temperatura assoluta. Naturalmente tutto ciò sarà valido fino a quando la sostanza termometrica si comporterà nel modo descritto, come un gas ideale: infatti, quando si raggiunge il punto di liquefazione, un po' di sostanza cambia di fase e il volume di gas che resta non fornisce più la temperatura corretta.

Prendendo l'intervallo  $\Delta l$ , tra i livelli dell'acqua bollente e del ghiaccio fondente, come unità di misura e confrontandolo con i valori dei livelli nei due bagni si otterranno le corrispondenti temperature.

$\Delta l$ (cm)	$l_{fonda} / \Delta l$	$l_{boll} / \Delta l$
4,0	2,6	3,6
3,9	2,7	3,7
3,9	2,7	3,7
3,0	2,7	3,7
2,7	2,6	3,6
3,7	2,4	3,4
3,8	2,6	3,6

TABELLA 4

La temperatura del ghiaccio fondente risulta tra 2,6 e 2,7 unità, quella dell'acqua bollente tra 3,6 e 3,7 unità.

Prendendo 1/100 della nostra unità di misura si ottiene un valore molto vicino al grado kelvin che è l'unità di temperatura del S. I.

#### 9. Uso del termometro a gas per misurare una bassa temperatura

Se si prepara del ghiaccio secco (biossido di carbonio solido) e lo si mescola con alcool si ottiene una miscela frigorifera spesso usata nei nostri laboratori.

Qual'è la temperatura della miscela? Si può cercare di misurarla immergendo i nostri termometri a gas nella miscela contenuta in una provetta, immersa a sua volta nello stesso bagno freddo, dentro a un becker, per ridurre gli scambi di calore con l'ambiente. L'operazione è un po' delicata perchè si opera ad una temperatura inferiore al punto di solidificazione del mercurio e la gocciolina che fa da stantuffo può bloccarsi se diventa solida.

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella seguente:

gas utilizzato	$\Delta l$ (cm)	$l_{miscela}$ (cm)	$l_{miscela} / \Delta l$
aria	3,0	6,5	2,2
CO <sub>2</sub>	3,7	6,6	1,8
CH <sub>4</sub>	3,8	8,1	2,1

TABELLA 5

dalla quale risulta che, mentre due dati sono in accordo tra loro, quello del biossido di carbonio si scosta abbastanza : ciò non deve sorprendere perchè la sostanza termometrica utilizzata si trova ad operare a temperature assai vicine al suo punto di solidificazione e pertanto non si comporta più come un gas ideale.

La temperatura della miscela frigorifera risulta uguale a 2,1 o 2,2 unità. La misura, pur fatta in modo grossolano, non sarebbe stata possibile con i soliti termometri.

## 10. Considerazioni conclusive

A) Una definizione rigorosa di temperatura assoluta viene fatta solo per via termodinamica [2], tuttavia la temperatura così introdotta risulta coincidente con quella definita servendosi di un termometro a gas.

B) I termometri a gas utilizzati nei laboratori di ricerca misurano la pressione a volume costante e non, come nel nostro caso, il volume a pressione costante. La temperatura assoluta è quindi definita come una grandezza direttamente proporzionale alla pressione del gas.

La sostanza utilizzata è generalmente elio perchè si comporta come un gas ideale fino a temperature bassissime, prossime allo zero assoluto.

C) Il grado kelvin è definito, nel S. I., in modo un po' diverso da quello qui presentato perchè è riferito ad un unico punto fisso. Esso è la frazione  $1/273,16$  della temperatura termodinamica del punto triplo dell'acqua ed ha per simbolo K.

D) Per garantire la scala di temperature assolute su una estensione che vada da 0 K a oltre 1300 K sono stati determinati diversi punti fissi di riferimento per la taratura dei termometri come, ad esempio, il punto triplo dell'idrogeno, il punto triplo dell'ossigeno, il punto di ebollizione dell'acqua, il punto di fusione dello zinco, il punto di fusione dell'argento, ecc..

E) Per motivi essenzialmente pratici accanto alla scala assoluta di temperatura il S. I. ammette anche la scala Celsius. Indicando con T la temperatura assoluta, la temperatura Celsius t è stabilita dalla relazione

$$t = T - T_0$$

dove  $T_0 = 273,15$  K per definizione. Il grado celsius è uguale al grado kelvin ed ha per simbolo °C.

E) Le note leggi di Gay - Lussac hanno oggi ormai soltanto significato dal punto di vista storico. Infatti esse sono implicite nella definizione di temperatura assoluta fatta con il termometro a gas. Ci sono infatti direttamente proporzionali alle corrispondenti variazioni di volume di una data quantità di mercurio.

Ciò significa che il mercurio si dilata linearmente con la temperatura e quindi può essere utilizzato come sostanza termometrica : i termometri a mercurio possono essere impiegati nell'intervallo da circa 240 K a quasi 600 K.

10. Gli esperimenti qui proposti, se opportunamente presentati, potrebbero costituire un modo di introdurre la temperatura e la sua misura agli allievi del biennio: il metodo è praticabile dal punto di vista didattico e in linea con quanto stabilito nel §. 1.

Forse non sarebbe del tutto inutile aprire una discussione su questo punto.

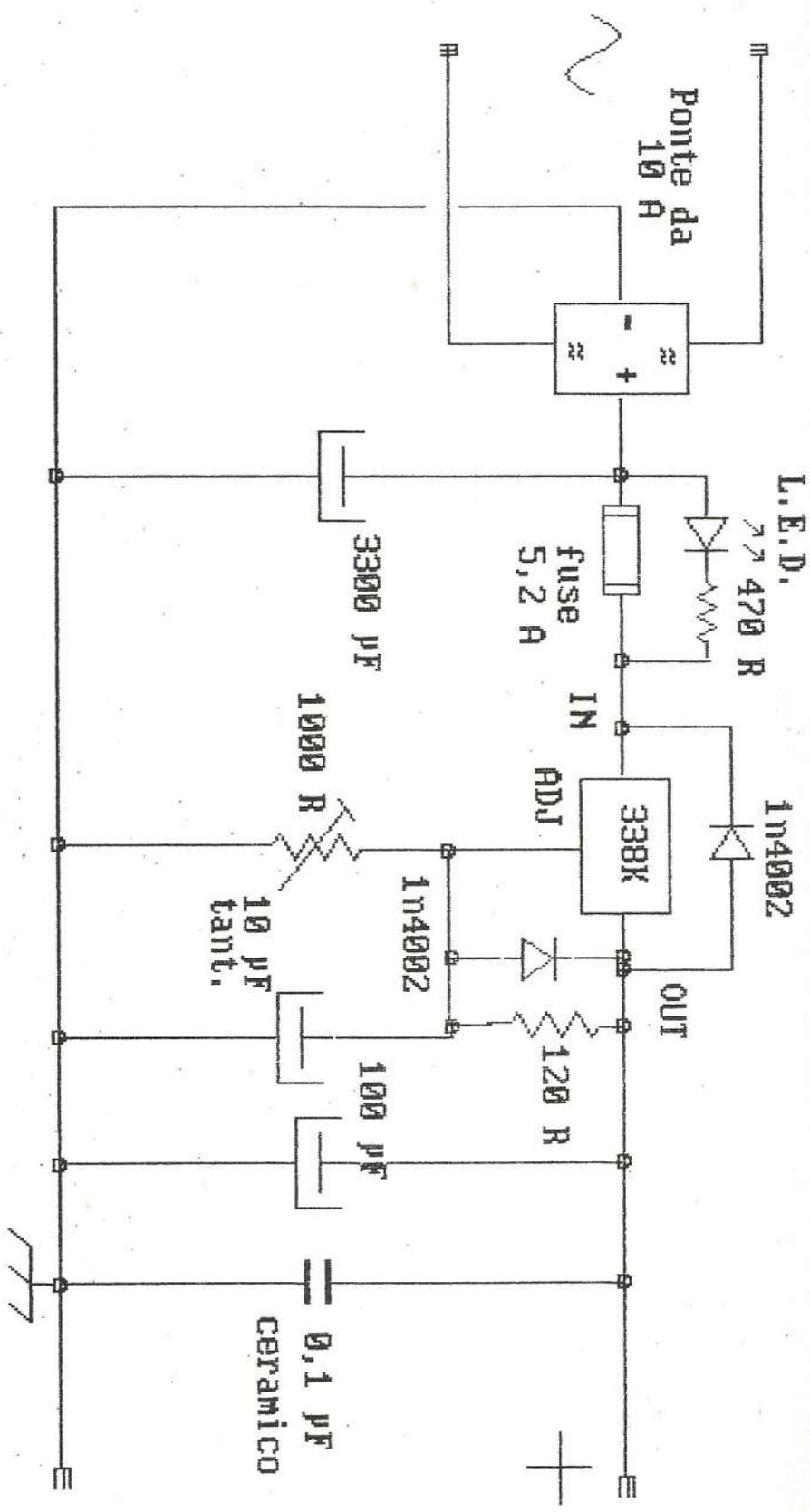
#### 11. Bibliografia per la seconda parte

1. Progetto Fisica, seconda edizione italiana del Project Physics Course, vol. 2, Zanichelli, Bologna
2. E. Fermi : Termodinamica, Boringhieri, Torino
3. A. Cromer : fisica per Medicina, Farmacia e Scienze Biologiche, Piccin Editore, Padova
4. Ya. A. Smorodinsky : Temperature, Mir Publishers, Moscow
5. Prima parte del film didattico "Energia meccanica ed energia termica" del corso PSSC.

Altri testi consultati e consigliabili (non solo per questo argomento):

6. E. Rogers : Physics for the Inquiring Mind, Princeton University Press, USA
7. D. Halliday, R. Resnick : Fundamentals of Physics, John Wiley & Sons, USA
8. B. Yovovskiy, B. Prasly : Fundamentals of Physics, MIR Publishers Moscow

# ALIMENTATORE STABILIZZATO



1,2 - 35 V<sub>cc</sub>

I<sub>MAX</sub> = 5 A

V<sub>in</sub> - V<sub>out</sub> = 5 V

*Stagioni*

LOTUS 123 è un programma di tipo integrato della LOTUS DEVELOPMENT CORPORATION che si presenta sotto la forma di foglio ( o tabellone) elettronico (spreadsheet), ma racchiude in sé la possibilità di essere usato sia come elaboratore di testi ( wordprocessor) che come archiviatore di dati (data base) .  
LOTUS 123 mette a disposizione dell' utente oltre 2 milioni di caselle da 9 caratteri ciascuna : è ovvio che se tutte le caselle venissero occupate (per esempio da un testo o da un archivio) vi sarebbero insormontabili difficoltà nell' elaborare i dati se non si dispone di una sistema hardware adeguato . Penso comunque che questa situazione sia ben lontana dall' uso reale di questo programma in un corso di Fisica a livello di scuole medie superiori ( errori degli operatori esclusi).

Da quanto detto si evince facilmente che LOTUS 123 non è stato creato appositamente e specificatamente per la Fisica ( o per qualunque altra disciplina a livello scolastico) ma si rivolge ad un' utenza ben più vasta grazie alla sua elasticità ; è allora obiettivo di queste righe non illustrare tutti i comandi del LOTUS 123 , ma solo quelli che, secondo la nostra esperienza, possono essere di un qualche aiuto nell' insegnamento della disciplina.

Iniziamo dai tasti funzionali (F1..F10) .

**F1 GUIDA** Si accede ad una potente e decisamente ben fatta guida che contiene indicazioni utili e puntuali su LOTUS 123 e i suoi comandi.

**F2 MODIFICA** Consente di modificare il contenuto di una cella.

**F4 ASSOLUTO** Consente di fissare il contenuto di una cella come "costante " e non venir indicizzato .

**F5 POSIZIONA** Premendo questo tasto il programma chiede all'utente in quale zona del foglio ( cella ) si deve posizionare il cursore , si può così "saltare" in modo molto rapido da una parte all' altra del tabellone.

**F10 GRAFICO** Visualizza un grafico dopo che si sono impostati i valori con l' opzione Grafico . Se faremo variare alcuni valori nei dati del grafico e premeremo F10 il diagramma ci verrà mostrato già aggiornato .

Anche i tasti funzionali omessi provocano una particolare azione (che si può apprendere consultando la così decantata GUIDA [F1]): ci siamo attenuti ai tasti di più largo uso per le nostre esigenze , come specificato nella nostra ipotesi di lavoro.

Una volta avviato il programma (da DOS digitando semplicemente 123 ) ci si troverà davanti il tabellone nella sua configurazione primaria con le celle ,ciascuna con nove caratteri visualizzabili ( ne può contenere sino a 240 e tutti visualizzabili) , dalla A1 alla H20 . Con le frecce di cursore potremo spostarci a destra , a sinistra , in alto o in basso di una casella alla volta per quante caselle si vuole ; con i tasti **PG UP** e **PG DN** si può spostare il cursore di una pagina ( circa 20 righe )

rispettivamente in alto o in basso . Premendo il tasto HOME ci si porterà automaticamente sempre alla casella A1. Il tasto END , in associazione con una delle frecce di cursore, ci porterà alla fine delle celle in quella direzione indicata dalla freccia. Attenzione per fine si intende la fine delle celle nello stesso stato (vuote o piene ) di quella successiva a quella di partenza : cioè se siamo ,per esempio ,in una cella che racchiude una formula e vogliamo copiarla per un certo numero di celle lungo una colonna e questa colonna ( di celle vuote ) termina con una cella occupata , quando dovremo selezionare , nel modo che dirò più oltre , la zona in cui copiare , basterà premere END e la freccia direzionale che ci vedremo evidenziate automaticamente tutte le celle tra quella di partenza e la prima nuovamente piena. Se non ci sono variazioni (vuoto /pieno) il cursore si porrà sull' ultima cella della colonna o riga selezionata.

Ora che abbiamo delle indicazioni , anche se sommarie , di come muoversi sul foglio elettronico è necessario sapere quali opzioni ci offre il programma . Premendo il tasto [F1] (o su alcune tastiere il tasto con i simboli di maggiore e minore ) si accede al modo MENU . La struttura del MENU è tipicamente ad albero . Il MENU principale presenta le seguenti opzioni :

**FOGLIO ZONA COPIA MUOVE ARCHIVI STAMPA GRAFO DATI O.S.DOS USCITA**  
e ciascuna di queste opzioni ne prevede , in numero maggiore o minore , altre, che a loro volta ne possono ulteriormente contenere . Unica eccezione è l' opzione **O.S.DOS** con la quale si torna immediatamente ai comandi DOS, senza uscire completamente dall' ambiente 123 . La prima operazione che consiglio di fare è quella di scegliere il **driver** su cui lavorare , ovvero su cui leggere o registrare i **files**. Per fare ciò portatevi sull'opzione **ARCHIVI** e battete **enter** ; compariranno altre opzioni, scegliete **INDICE**.La riga di commento vi mostrerà su quale **driver** state lavorando, e in quale **directory** o **sottodirectory** vi trovate (verosimilmente sarà quella dalla quale avete caricato l'123 ).

Digitate **A:** se lavorate con il disco rigido, o l' identificatore dell'altro **driver** ,se lavorate con un sistema a due dischi.

Ora siete nuovamente davanti al tabellone elettronico di partenza e potete cominciare a riempire le caselle . Queste possono essere piene di:

**ETICHETTE** ovvero parole o simboli sui quali non si può operare matematicamente ( commenti o fincature ).

**VALORI** Simboli o cifre sulle quali si può operare matematicamente .

Qualunque lettera , battuta per prima , classifica la cella come **ETICHETTA** ; qualunque numero , battuto per primo , classifica la cella come **VALORE** .

Si possono comunque impostare delle **FORMULE** se il primo carattere introdotto è uno dei seguenti:

**+ - ( # \$** o il carattere "funzione" **@** (vedere appendice A)

Se , per esempio , nella casella A1 digiteremo:

**+B5-C7\*2\*@PI**

123 porrà in A1 il risultato dell' operazione:

numero che si trova nella cella B5 meno numero che si trova nella cella C7 per due per  $\pi$  .

Si possono usare dei VALORI come ETICHETTE se il primo carattere battuto è ' , carattere che non verrà evidenziato nella cella. Le etichette vengono automaticamente allineate a sinistra , se si vogliono Allineare a destra si fa precedere l' etichetta dal segno " .

Per avere la CENTRATURA l' etichetta si fa precedere da ^.

Per RIEMPIRE una cella di un certo carattere si digita per prima la barra inversa [\] e poi il simbolo da riprodurre.

ATTENZIONE se si tenta di allineare o centrare un numero (VALORE) il programma lo interpreta immediatamente come ETICHETTA!

Vediamo ora quali sono le più comuni " procedure " per cominciare ad operare con 123.

#### DIMENSIONARE LE CELLE :

Richiamare il MENU (che da ora in avanti sintetizzeremo con / ) e Foglio Colonna Imposta

è sufficiente battere in sequenza la prima lettera di ogni scelta così si avrà : /FCI

ed a questo punto si digita il numero di caratteri che prevediamo per quella cella.

#### COPIARE LE CELLE :

La sequenza sarà / Copia [ /C ]

il programma vi chiederà la zona da cui copiare (potete selezionarla col cursore) e poi la zona a cui copiare e potete selezionare anche questa col cursore.

Tutte le volte che un MENU ci chiederà di **selezionare delle zone** e vorremo selezionare un certo numero di colonne o di righe dovremo scegliere la zona di partenza ,col cursore, e quindi **fissarla col tasto** . dopo di che , col cursore andremo alla zona di arrivo e si conferma .

#### SEGLIERE IL FORMATO DEI NUMERI :

La sequenza opportuna è / Zona Formato [ / ZF ]

A questo punto si può scegliere tra i seguenti formati

Fisso Scientifico Valuta ecc..ecc..

Le prime due opzioni sono quelle che maggiormente vengono usate e consentono rispettivamente di poter scegliere il numero di cifre decimali che si vogliono usare e la notazione esponenziale.

Non appena scelto il tipo di formato si dovrà specificare la zona in cui renderlo attivo con le modalità viste precedentemente .

#### CANCELLARE UNA ZONA :

Sequenza / Zona Svuota [ /ZS ]

quindi si specifica la zona da cancellare.

#### MUOVERE UNA ZONA :

Sequenza / Muove [ /M ]

Si evidenzia la zona da cui muovere e si specifica la zona a cui muovere .

#### RIEMPIRE UNA ZONA DI DATI :

Sequenza / Dati Riempie [ /DR ]

Il programma chiederà la zona da riempire e quindi il dato iniziale , il passo ed il dato finale ; questi ultimi tre parametri possono essere anche espressi mediante la casella dove

il dato che ci interessa si trova .

```
*****  
*  
*   Da qualunque azione intrapresa si può recedere premendo   *  
*   il tasto ESC                                               *  
*****
```

## 1.2 possibili usi del Lotus 123 per la Fisica

Due sono le applicazioni di 123 che maggiormente interessano la didattica della Fisica : le simulazioni e l'elaborazione dei dati sperimentali.

Prendiamo in considerazione le **simulazioni** ed intendo , in questo contesto, la simulazione come l'utilizzo di 123 e di appropriati algoritmi per ottenere delle tabelle e dei grafici che in qualche modo rappresentino l'andamento di fenomeni fisici reali.

Riteniamo , genericamente , che esistano due tipi di simulazioni. Quelle " banali " , ovvero data una formula , che descrive un fenomeno sotto certe particolari condizioni (sistema di laboratorio) , la si usa per creare delle tabelle di dati [facendo uso dei comandi **Dati Riempie** e **Copia** il tutto è piuttosto facile] e dei grafici.

E quelle " sofisticate " dove gli algoritmi che interpretano i fenomeni sono in genere equazioni integro-differenziali e dove si cerca di non trascurare alcun aspetto significativamente rilevante del fenomeno in esame. E' ovvio che la risoluzione di tali algoritmi , con il calcolatore , non potrà che essere di tipo numerico e solitamente una delle tecniche maggiormente in uso per affrontare questo problema è il così detto **metodo ricorsivo o ricorsività** .

Dopo un certo numero di prove ci siamo resi conto che 123 non soddisfa in quest' ultima applicazione , poichè l'impostazione del tabellone si fa complicata e necessita di soluzioni tutt'altro che immediate : l'esecuzione diviene inesorabilmente lenta sui sistemi correnti.

Intendiamoci , non si vuol dire con questo che non siano possibili buone simulazioni con 123 , afferriamo che sono più "semplici" e soprattutto più **veloci** quelle effettuate con programmi scritti in altri linguaggi (Pascal o Basic ).

Qualcuno potrà obiettare che la rappresentazione grafica del Basic e ancor più del Pascal è molto meno elastica , raffinata e maneggevole di quella ottenibile con 123 . Vero , ma attendere più del doppio di tempo per ottenere una simulazione che sia paragonabile a quella conseguibile in altri linguaggi ed avere , come effetto collaterale , un rallentamento generale delle funzioni di 123 è un fatto da considerare attentamente.

A titolo di esempio abbiamo simulato la caduta di una goccia di pioggia da 4000 m ottenendo, tre tabelle , tempo , spazio , velocità . La simulazione era abbastanza raffinata e teneva conto

del differente valore dell' accelerazione di gravità in funzione della quota , dell' attrito con l' aria , del variare della densità dell' aria con la quota , della spinta di Archimede . L' equazione differenziale del secondo ordine che rappresenta il fenomeno in esame è stata affrontata col metodo di Runge-Kutta e il calcolo è stato impostato per avere una precisione dell'ordine dello 0.04 % . Il programma è stato svolto sia in ambiente 123 che in Basic (non compilato) .

Il programma in 123 ha "girato" in circa 13' contro i 7' della versione Basic. 123 è risultato , al termine dell' elaborazione , pieno per circa il 70 % della memoria disponibile e la sola funzione di svuotamento richiede più di un minuto (i tempi si riferiscono ad un M24 in configurazione standard).

L' altra importante applicazione, alla quale si è già accennato , è la sistemazione e l' elaborazione dei dati sperimentali. Sicuramente un modo di usare i dati sperimentali è quello di correlarli mediante un grafico . Vediamo quindi alcuni comandi per ottenere un GRAFICO .

### GRAFICI

Selezionate il Menu [/] e quindi Grafico Tipo, ora potrete scegliere tra Lineare Istogramma XY Pila Torta .

Una volta scelto il tipo di grafico che ci interessa 123 torna al sottomenu di Grafico ed ora si devono selezionare le zone che costituiranno i dati lungo i nostri assi. Selezionate X per poter evidenziare i dati dell' ascissa . Le altre lettere ci faranno selezionare le zone dati. Questi sono i comandi minimi per ottenere un grafico ; infatti ora se si preme il comando Via si visualizza il grafico scelto. Naturalmente mancano ancora i titoli , sia del grafico che di ogni asse . Uscite dal grafico premendo un tasto qualunque e selezionate Opzioni Titoli e seguite le indicazioni che 123 vi pone.

Unica avvertenza sarà quella di non confondere il tipo di grafico XY (che è quello da noi usato normalmente ) e il Lineare . Supponiamo di avere le seguenti coppie di dati:

X	:	0	:	1	:	3	:	5	:	10
-----										
Y	:	0	:	4	:	8	:	11	:	15

I grafici comparativi tra il tipo Lineare e quello XY , ottenuti coi dati in tabella , sono riportati nelle figure in appendice.

## 1.3 proposta di lavoro

### 1.3.1 costruire un grafico partendo da dati sperimentali

E' stato eseguito un esperimento per misurare la fem generata da una termocoppia Fe-Cn tipo J , al variare della temperatura . Il giunto freddo è stato posto a 0 °C . La temperatura era affetta da un errore di 0,1 °C su tutte le misure effettuate come

l'incertezza sulla fem fu di 0,1 mV.

Usando i dati della sottostante tabella createne una piu corretta in ambiente 123 e ottenete il relativo grafico dei punti sperimentali ( usando del sottomenu Grafico le Opzioni Formato Simboli specificando la zona interessata ).

### 1.3.2 tabella dati sperimentali

Temp. °C	fem (mV)
0	0
20	1
25	1,3
30	1,5
35	1,8
40	2,1
45	2,3
50	2,6
55	2,8
60	3,1
65	3,4
70	3,6
75	3,9
80	4,2
85	4,5
90	4,7

## 2 analisi dei dati sperimentali

### 2.1 comandi per la costruzione di una retta di regressione

E' abbastanza evidente, dall' analisi dei dati della proposta di lavoro del paragrafo precedente, che le due grandezze sono linearmente correlate, ovviamente entro gli errori sperimentali. Avere anche fare con grandezze che sono esprimibili mediante una relazione del tipo  $y=a+bx$  è abbastanza facile in Fisica, per cui sarà opportuno avvantaggiarsi della possibilità di 123 di effettuare la regressione lineare (verosimilmente usando il metodo dei minimi quadrati) e trovare quindi i coefficienti a e b della nostra espressione tipo.

**Regressione lineare** : dalla tabella digitate menu [/] Dati Statist X-Zona ed evidenziate la zona delle ascisse, Y-Zona evidenziate la zona delle ordinate .Con Zona-emiss selezionerete la zona dove volete che 123 vi ponga i dati della regressione. Ora digitate Via e a partire dalla cella che avete prescelto come zona di emissione compariranno i dati elaborati.

E' ora possibile costruire una retta di regressione, basterà creare una colonna (magari a fianco di quella che contiene i dati sperimentali) in cui inserire l' equazione della retta . Ponetevi nella cella prescelta e digitate + in modo tale che 123 interpreti i caratteri come **formula** e spostatevi col cursore sul termine che rappresenta la **Costante**; fissatelo premendo F4. Ripremete + e rispostate il cursore sul termine che rappresenta X **Coefficienti**, fissatelo con F4 . Premete il tasto di moltiplicazione (\*), infine spostate il cursore sulla prima

cella delle X e premete l' invio. Copiate questa formula lungo la colonna e avrete così i dati teorici con cui ottenere il grafico della nostra retta. Questi costituiranno una nuova zona dati (la B per esempio) di Grafo e con le Opzioni Formato B Righe otterrete di vedere visualizzata sul grafico la sola retta di regressione.

## 2.2 proposta di lavoro

Usate i dati della tabella proposta precedentemente per ottenere la retta di regressione.

Sapreste anche rappresentare gli errori sui dati sperimentali? (almeno quelli sulla fem) .

## 2.3 analisi dei dati di regressione

I termini **X coefficienti** e **Costante** non credo che abbiano bisogno di spiegazioni (per altro li abbiamo già usati), degli altri termini richiamerò il significato solo di quelli che ritengo più interessanti.

**Errore standard di stima Y** : esso possiede proprietà analoghe a quelle della deviazione standard. Se costruiamo coppie di rette parallele alla retta di regressione, rispettivamente alle distanze dell'errore standard di stima, di due volte l' errore standard di stima e di tre volte l' errore standard di stima, troveremo, con un numero di dati sufficientemente grande, che tra queste coppie di rette saranno inclusi circa il 68%, il 95% e il 99,7% dei dati misurati.

**Errore standard del coefficiente** : Il termine non è usuale, ma ragionevolmente penso si possa riferire all'errore da associare al termine noto. Dovrà essere confrontato con gli errori di misura.

## 2.4 proposta di lavoro

La regressione può essere utilizzata anche in altri casi che non diano come soluzione una dipendenza lineare.

Dovremo ovviamente linearizzare i dati prima di usare la regressione di 123 .

Provate quindi a linearizzare le seguenti funzioni:

$$y = a - x^b$$

$$y = a - e^{bx}$$

$$y = \log x$$

$$y = \sin x$$

### 3 stesura e stampa di relazioni

#### 3.1 preparazione della colonna di scrittura

Una volta che si saranno immessi ed analizzati i dati con 123 sarà il momento, presumibilmente, di stendere la relazione dell'esperimento usando l'elaboratore. 123 ci offre una buona possibilità di impaginazione, per cui faremo in modo che sia rispettata la sequenza logica in fase di stampa della relazione. Detto questo, è chiaro che sarà sufficiente scegliere una certa zona del nostro foglio elettronico e quindi cominciare a prepararla per battere i nostri testi. La prima considerazione da fare è che solitamente si hanno a disposizione al massimo 80 caratteri di larghezza di stampa, per cui, pensando di lasciare un congruo margine sia a sinistra che a destra, direi di predisporci ad avere 65 caratteri per riga.

Spostiamo quindi il cursore a **destra**, rispetto all'area dati, di alcune colonne e sulla colonna prescelta digitiamo [ / ] Foglio Colonna Imposta Larg. e allarghiamo la colonna sino a 65 caratteri. Passiamo alla cella di fianco a quella scelta e facciamola diventare larga 3 (in modo che compaia sul nostro schermo). Immettiamo, in quest'ultima cella, i seguenti caratteri: ^\* e diamo l'invio. Nella nostra cella comparirà un asterisco al centro. **Copiamo** questa cella per il numero di righe che riteniamo necessarie al nostro scritto. Riportiamoci ora sulla colonna lunga 65 caratteri e cominciamo a digitare la relazione: quando penseremo di aver battuto una riga si porta il cursore verso il basso. La cella considerata si riempirà con i caratteri appena battuti e noi potremo vedere se si sono superate o meno le 65 battute. **Ogni battuta superiore alla 65° non comparirà e dovremo ribatterla alla riga successiva.**

Se si saranno evidenziati degli errori o delle mancanze in una riga, sarà sufficiente spostarsi col cursore sulla riga "incriminata" e pigiare il tasto F4; la riga sarà pronta per la **modifica**.

Per eventuali centrature o allineamenti a destra si vedano i simboli indicati in 1.1.

## Appendice (a)

A1:

GUIDA

---

### Funzioni matematiche

@ARROT(x;n)	Arrotonda x a n cifre	@COS(x)	Coseno di x
@ABS(x)	Valore assoluto di x	@ESP(x)	Esponenziale di x
@ACOS(x)	Arcocoseno di x	@INT(x)	Parte intera di x
@ASEN(x)	Arcoseno di x	@LOGN(x)	Logaritmo naturale di X
@ATAN(x)	Arcotangente in 2 quadranti di x	@LOG(x)	Logaritmo in base 10 di x
@ATAN2(x;y)	Arcotangente in 4 quadranti di x/y	@MOD(x/y)	x modulo y
@CAS	Numero casuale compreso fra 0 e 1	@PI	Il numero $\pi$ (3,14159...)
		@RADQ(x)	Radice quadrata di x
		@SEN(x)	Seno di x
		@TAN(x)	Tangente di x

Nota: tutte le funzioni trigonometriche sono espresse in radianti e non in gradi. Quando una funzione matematica darebbe come risultato infinito, per esempio @TAN(@PI/2), 1-2-3 genera un numero molto grande in notazione scientifica.

---

Funzioni @                      Indice di guida  
5/11/88 12:16

A1:

GUIDA

---

### Funzioni statistiche

@CONT(lista)	Numero valori in lista
@MAX(lista)	Valore massimo in lista
@MEDIA(lista)	Media dei valori in lista
@MIN(lista)	Valore minimo in lista
@SCARTO(lista)	Scostamento quadratico medio dei valori in lista
@SOMMA(lista)	Somma dei valori in lista
@VAR(lista)	Varianza dei valori in lista

---

 Funzioni di stringa

@CAR(x)	Indica il carattere ASCII/LICS rappresentato da x
@CODICE(stringa)	Indica il codice ASCII/LICS per il primo carattere di una stringa
@ESATTO(stringa1; stringa2)	1 (VERO) se i caratteri delle due stringhe sono gli stessi, 0 (FALSO) se non lo sono
@LUNGH(stringa)	Dà la lunghezza di stringa
@MEZZO(stringa;numero- inizio;n)	Estrae n caratteri da stringa iniziando dal carattere numero-inizio
@MINUSC(stringa)	Converte i caratteri di stringa in minuscoli
@N(zona)	Valore numerico della cella in alto a sinistra di zona
@NOMEPRO(stringa)	Converte le lettere di stringa in minuscole con l'iniziale maiuscola
@RICER(stringa-ricerca; stringa;numero-inizio)	Indica la posizione di stringa-ricerca in stringa; la ricerca inizia dal carattere numero-inizio
@RIPETI(stringa;n)	Duplica la stringa n volte
@SINISTRA(stringa;n)	Estrae n caratteri da sinistra in stringa

---

Continua	Funzioni @	Indice di guida
15/11/88	12:19	

---

 Funzioni di stringa (continua)

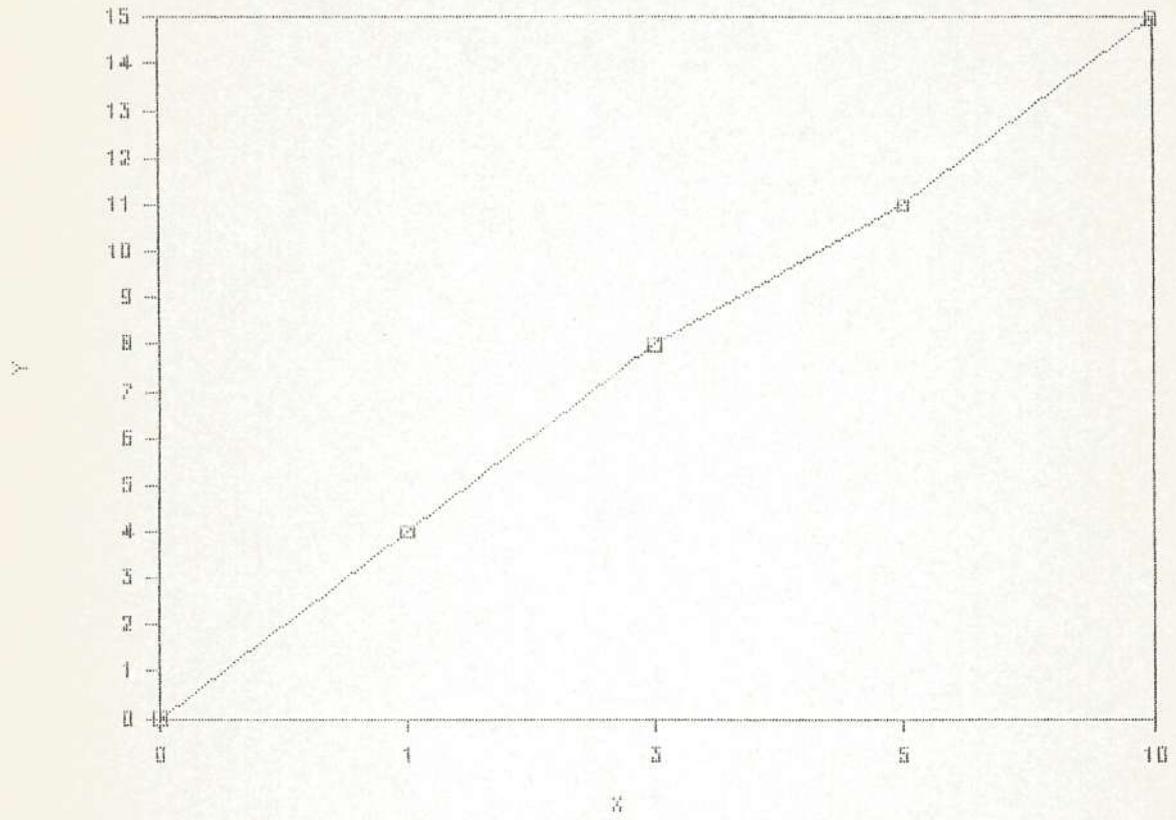
@DESTRA(stringa;n)	Estrae n caratteri da destra in stringa
@MAIUSC(stringa)	Converte i caratteri di stringa in maiuscolo
@S(zona)	Valore della stringa di cella
@SOSTIT(stringa-origine; numero-inizio;n; nuova-stringa)	Cancella n caratteri di stringa-origine iniziando dalla posizione numero-inizio ed inserisce nuova-stringa.
@STRINGA(x;n)	Converte x in una stringa, utilizzando il formato Fisso con n posizioni decimali
@TRONCA(stringa)	Elimina gli spazi iniziali e finali di stringa; comprime gli spazi intermedi in un unico spazio
@VALORE(stringa)	Trasforma stringa nel valore numerico da essa rappresentato

---

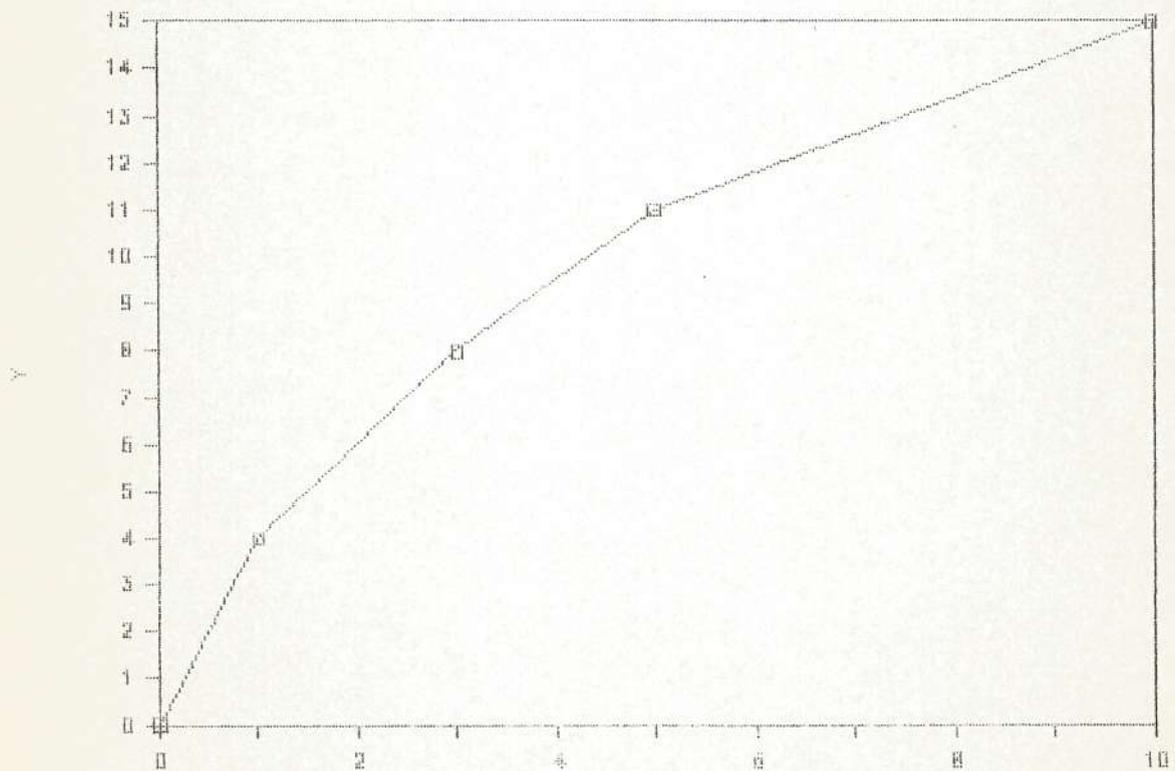
Funzioni @	Indice di guida
15/11/88	12:19

Confronto tra grafico Lineare e XY

TIPO LINEARE



TIPO XY



(30.11.88)

Alberini

Alberini, Mantovani, Vioni  
sez. AIF di Mantova

## I PARTE

## Obiettivo:

- 1) Ricerca della relazione tra il calore fornito a un certo corpo e l'innalzamento di temperatura da esso subito
- 2) Ricerca di un invariante caratteristico del corpo in quella trasformazione (definizione di capacità termica di una certa massa d'acqua)

## Prerequisiti:

- Legge zero della termodinamica
- Uso di un termometro a mercurio
- Saper costruire e interpretare un grafico cartesiano

## Strumenti:

- 1 bollitore da 330w *resistenza*
- 1 agitatore (bastoncino di legno o di vetro)
- doppio contenitore di alluminio con intercapedine di polistirolo sul fondo
- 1 termometro (sensibilità 1°C, portata 100°C)
- 1 cronometro (1/10 s)
- carta millimetrata
- diverse masse d'acqua (600 g; 650 g; 700 g; ....fino a 1000 g)



## Metodo

*si fa parte quando  $t = 25^\circ\text{C}$* 

Si lavora in piccoli gruppi, ognuno dei quali opererà con una diversa massa d'acqua secondo le seguenti fasi:

- Immergere il bollitore nell'acqua (almeno fino alla tacca) e inserire la spina nella presa elettrica
- Leggere la prima temperatura dopo 1 minuto circa facendo partire il cronometro in questo istante
- Eseguire le successive letture ogni 30 s fino alla temperatura di 50°C mescolando con l'agitatore

## Elaborazione dati

- **Costruire una tabella con calore (Q) (espresso in J) fornito e variazione di temperatura (DT) ottenuta**
- Costruire il grafico corrispondente (Q in ordinata, DT in ascissa)

## Traccia per trarre le conclusioni

- Che relazione matematica avete trovato tra Q e DT?
- Quant'è il calore assorbito per ottenere un innalzamento di temperatura di 1°C? (definizione di capacità termica come invariante)

## II PARTE

### Obiettivo:

- 1) Ricerca della relazione tra capacità termica e massa dell'acqua
- 2) Ricerca di un invariante caratteristico dell'acqua (definizione di calore specifico dell'acqua)
- 3) Determinazione della relazione  $Q=m*c*DT$  per l'acqua

### Metodo

Si elaborano in intergruppo i dati ottenuti dai singoli gruppi secondo le seguenti modalità:

- Raccogliere i dati di tutta i gruppi in una tabella con massa d'acqua usata e relativa capacità termica calcolata
- Costruire il grafico mettendo massa in ascissa e capacità termica in ordinata

### Traccia per trarre le conclusioni

Si vuole arrivare a definire il calore specifico dell'acqua come pendenza della retta. In seguito, utilizzando la definizione di capacità termica, si può arrivare alla relazione fondamentale della calorimetria riferita alla situazione particolare dell'acqua.

## III PARTE

La relazione trovata con l'esperimento precedente permette di determinare quale quantità di calore è stato necessario somministrare a una certa massa d'acqua per farle subire una variazione di temperatura desiderata. Tale relazione d'ora in avanti permetterà di valutare, utilizzando l'acqua come sostanza di riferimento, il calore fornito da qualsiasi altra sorgente termica. A questo punto porremo agli studenti la seguente domanda: masse uguali di sostanze diverse hanno bisogno dello stesso calore per subire la stessa variazione di temperatura? Risponderemo a questa domanda con un esperimento in cui scaldiamo glicerina invece di acqua.

### Obiettivi:

- 1) Confronto tra le quantità di calore necessarie per ottenere una stessa variazione di temperatura in due masse uguali, una di acqua e una di glicerina
- 2) Determinazione della capacità termica della massa utilizzata di glicerina
- 3) Determinazione del calore specifico come proprietà caratteristica delle sostanze
- 4) Estensione della validità della relazione fondamentale della calorimetria a tutte le altre sostanze (ad altri liquidi)

#### Strumenti:

- 1 bollitore da 330w
- 1 agitatore (bastoncino di legno o di vetro)
- doppio contenitore di alluminio con intercapedine di polistirolo sul fondo
- 1 termometro (sensibilità 1°C, portata 100°C)
- 1 cronometro (1/10 s)
- massa prefissata di glicerina misurata con bilancia a bracci uguali di portata 10 Kg, sensibilità 2 g

#### Metodo

Per il raggiungimento degli obiettivi 1 e 2 è previsto il lavoro di gruppo prima in laboratorio di fisica (raccolta dati e osservazioni) poi in laboratorio di informatica. Si passa poi a un intergruppo (in laboratorio di informatica) che permette la costruzione della tabella massa/capacità termica.

Le fasi del lavoro in laboratorio di fisica sono le seguenti:

- Immergere il bollitore nella glicerina fino alla tacca e inserire la spina nella presa elettrica
- Leggere la prima temperatura quando la glicerina è sufficientemente fluida facendo partire il cronometro
- Eseguire le successive letture ogni 15 s fino alla temperatura di 60°C mescolando con l'agitatore

#### Elaborazione dati

- Costruire con LOTUS una tabella con calore fornito (Q) e variazione di temperatura (DT) ottenuta
- Costruire il grafico corrispondente (Q in ordinata, DT in ascissa)
- Costruire la retta di regressione e ricavare la capacità termica
- Trasferire la tabella costruita in intergruppo in LOTUS e costruire il relativo grafico
- Mediante la retta di regressione determinare il calore specifico della glicerina

## Suggerimenti pratici

Supponendo di voler ripetere questi esperimenti servendosi di calorimetri di polistirolo di capacità variabile tra i 100 e i 200 cc, non sarebbe possibile l'uso dei riscaldatori da 300 W alimentati con la tensione di rete.

Pertanto sarebbe consigliabile disporre di sorgenti di potenza da circa 30 W, per esempio alimentando una resistenza da  $5,6 \Omega$  5 W, con 13 V.

Esistono tre tipi di condizioni per ottenere lo scopo (supponendo 10 posti di lavoro):

- a) Un trasformatore unico 220 - 13 V ac (eff) 400 W
- b) 10 alimentatori stabilizzati da 220 V ac a 13 V dc (variabili) da 40 W l'uno (3 A)
- c) Due trasformatori 220 - 15 V ac da 200 W e 10 stabilizzatori da 15 V ac a 13 V dc variabili, ciascuno da 40 W.

La soluzione a) ha il vantaggio di alimentare i banchi di lavoro in bassa tensione, ma presenta due svantaggi: il primo è che se il trasformatore unico va in avaria (è sufficiente un corto circuito in un bancone) tutti i banchi restano bloccati; il secondo, e più importante, è che la tensione di rete non è stabile (l'ENEL infatti la garantisce entro il  $\pm 20\%$ ) ed è quindi facile trovarsi in situazioni di voltaggio differente dal nominale (si pensi al caso in cui il laboratorio è sulla stessa linea di qualche grosso impianto).

La soluzione b) tende ad ovviare alle instabilità di rete, ma alimenta i banchi con i 220 V ac, cosa che non lascia del tutto tranquilli, anche se esistono sul mercato dei salvavita rapidi ed efficienti.

La soluzione c) è una via di mezzo tra le prime due: ha il vantaggio di avere un voltaggio stabilizzato e di non alimentare i banchi di lavoro con la tensione di rete; inoltre i due trasformatori separati garantiscono una certa autonomia rispetto ai guasti. Lo svantaggio, in questo caso, è dovuto al fatto che gli stabilizzatori citati non sono normalmente in commercio, ma andrebbero o autocostruiti (uno schema possibile è riportato in allegato) o richiesti specificatamente a qualche artigiano: il rapporto prestazioni prezzo sarà comunque favorevole rispetto ad analoghe apparecchiature in vendita presso le ditte di prodotti per laboratorio.

## BIBLIOGRAFIA

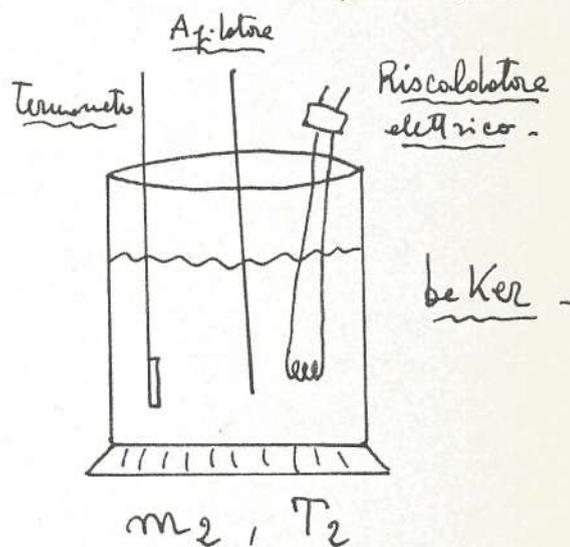
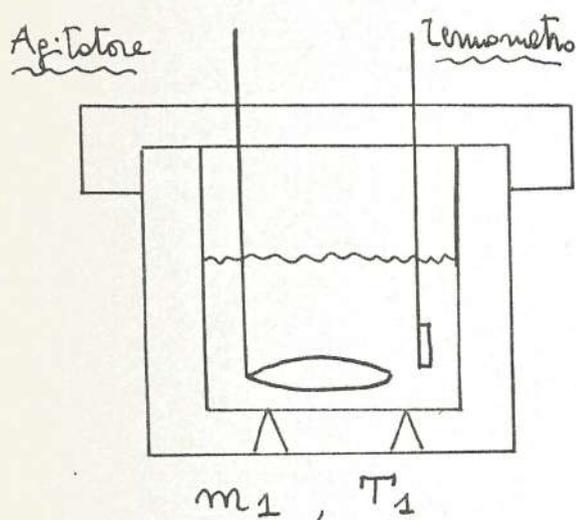
S. W. Sears	Thermodynamics	Addison - Wesley
M. W. Zemansky	Calore e termodinamica	Zanichelli
La fisica nella scuola	Ottobre - Dicembre	1985 n° 4
La fisica nella scuola	Aprile - Giugno	1982 n° 2
IPS GROUP	PS II	Zanichelli
Silvia Pugliese Jona	Fisica e lab.	Vol. 1 Loescher

Scambi di calore tra liquido e liquido e tra solido e liquido.

Obiettivi: determinazione delle quantità di calore scambiate da due masse di acqua a temperature diverse quando vengono miscelate tra loro.

Prerequisiti: conoscenza della relazione tra quantità di calore, massa e aumento di temperatura di un corpo; conoscenza dei metodi di misura della temperatura e della massa.

Strumenti: cilindro graduato, bilancia a bracci uguali, vaso calorimetrico con coperchio isolato termicamente, beker da 1000 cc, due termometri (meglio se al  $1/10$  °C), scaldino a resistenza, cilindretti di materiale metallico: ferro, alluminio e ottone.



Procedura sperimentale: (prima parte): una massa nota di acqua  $m_1$  (massata) viene posta in un vaso calorimetrico e se ne misura la temperatura  $T_1$  (temperatura ambiente); un'altra massa di acqua  $m_2$  viene scaldata con uno scaldino a resistenza, in un altro vaso calorimetrico o in un comune beker e portata ad una temperatura non superiore ai  $50^\circ\text{C}$   $T_2$ .

Rapidamente la massa d'acqua  $m_2$  viene versata nel calorimetro contenente la massa  $m_1$  alla temperatura  $T_1$ : Il calorimetro viene chiuso e mescolando si determinerà la temperatura  $T$  di equilibrio (possibilmente con un termometro al  $1/10$  di °C).

Raccolta dati.

I dati raccolti dai vari gruppi vengono riportati nella seguente tabella (alla lavagna):

$m_1 (kg)$	$T_1 (°C)$	$m_2 (kg)$	$T_2 (°C)$	$T (°C)$	$\Delta T_1 (°C)$	$\Delta T_2 (°C)$	$Q_1 (Joule)$	$Q_2 (Joule)$

Note:  $T$  è la temperatura di equilibrio sperimentale. Ricordare che la somma di  $m_1 + m_2$  non deve superare 1 Kg (altrimenti fuoriesce dal vaso calorimetrico). Inoltre  $m_2$  non deve essere inferiore a 0,4 Kg (lo scaldino deve essere sommerso dall'acqua durante il riscaldamento).

#### Discussione dei dati sperimentali.

Confrontare la quantità di calore  $Q_1$  e  $Q_2$  rispettivamente ricevuta dalla massa  $m_1$  e ceduta dalla massa  $m_2$  determinate con la  $Q = csm \Delta T$  ( $\Delta T$  è sempre determinato sottraendo la temperatura minore da quella maggiore e quindi risulta sempre  $> 0$ ).

#### Procedura sperimentale (seconda parte).

Si procede come nella prima parte con l'avvertenza che nel calorimetro, questa volta, la massa  $m_1$  viene scaldata ad una temperatura  $T_1$  e la massa  $m_2$  è alla temperatura  $T_2$  (ambiente); naturalmente la massa di acqua  $m_2$  viene versata nel calorimetro e si misura la temperatura di equilibrio  $T$ .

#### Raccolta dei dati.

I dati raccolti dai vari gruppi vengono riportati nella seguente tabella

$m_1 (kg)$	$T_1 (°C)$	$m_2 (kg)$	$T_2 (°C)$	$T (°C)$	$\Delta T_1 (°C)$	$\Delta T_2 (°C)$	$Q_1 (Joule)$	$Q_2 (Joule)$

#### Discussione dei dati sperimentali.

Confrontare le quantità di calore  $Q_1$  e  $Q_2$  rispettivamente ceduta dalla massa  $m_1$  e ricevuta dalla massa  $m_2$  determinate con la  $Q = csm \Delta T$ .

Si osserva nella prima parte che sistematicamente (e quindi non è dovuto agli errori) risulta dalla tabella  $Q_1 < Q_2$ .

Mentre nella seconda parte si osserva che sistematicamente risulta dalla relativa tabella  $Q_1 < Q_2$ .

Non è solamente l'acqua presente nel calorimetro a cedere o assorbire energia, ma in parte, la struttura interna del vaso partecipa allo scambio.

Abbiamo:

$$Q_2 = Q_1 + q$$

la quantità  $q$  è l'energia scambiata dal vaso nei due casi.

Possiamo introdurre la massa equivalente (in acqua) del calorimetro:

$$m_e = q / c_{H_2O} \cdot \Delta T$$

( $m_e$  è quell'ipotetica massa di acqua che ha la stessa capacità termica del vaso calorimetrico).

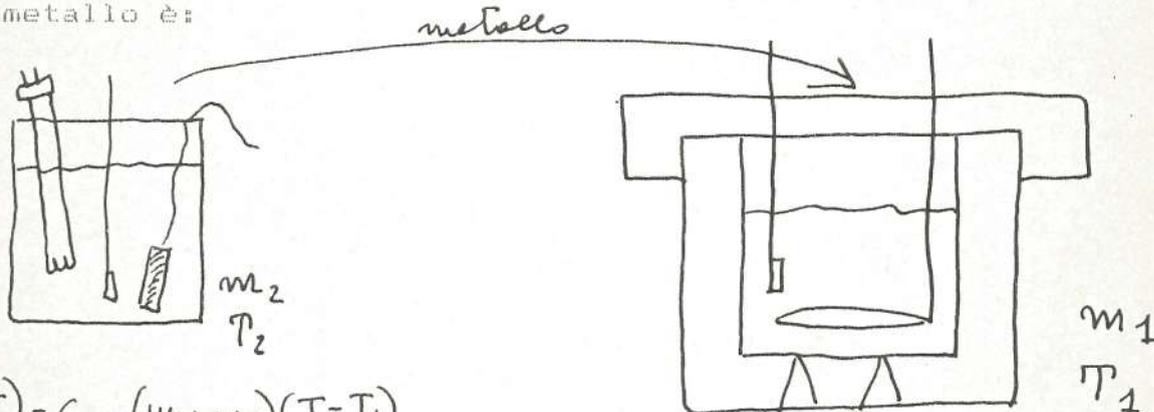
$\Delta T$  nel primo caso risulta  $(T - T_1)$ , mentre nel secondo caso risulta essere  $(T_1 - T)$ .

Confrontare i valori determinati di  $m_e$  con il valore dato dal costruttore che risulta circa di 20 g.

Estensione.

Determinazione del calore specifico di alcuni solidi (Fe, Al e ottone).

Un cilindretto di metallo viene portato ad una temperatura  $T_2$  in un bagno termico (acqua riscaldata con lo scaldino); rapidamente s'immerge il metallo nell'acqua del calorimetro a temperatura ambiente  $T_1$ ; indicando con  $m_2$  e  $m_1$  rispettivamente la massa del metallo e dell'acqua e con  $T$  la temperatura d'equilibrio, il calore specifico del cilindretto di metallo è:



$$c_s m_2 (T_2 - T) = c_{H_2O} (m_1 + m_e) (T - T_1)$$

$$c_s = \frac{c_{H_2O} (m_1 + m_e) (T - T_1)}{m_2 (T_2 - T)}$$

In questo modo si possono determinare i calori specifici di alcuni metalli.

## INTRODUZIONE ALLE FORZE (Prof. M. Frauceno)

## 1. Scopo :

- a) introdurre le forze come causa di deformazione, senza ricorrere alla nozione di peso (trattazione statica e non dinamica);
- b) sfruttare tutti gli spunti per affrontare diversi problemi come i sistemi di molle in serie o in parallelo, la composizione di più forze, i vettori, ecc. .

## 2. Percorso :

- a) deformazione e azione deformante (trasmessa in vari modi);
- b) confronto fra molle e scelta di una molla campione
  - molle uguali al campione
  - molle diverse dal campione
    - più rigide
    - meno rigide
- c) uso di molle uguali per disporre di forze note multiple di una forza unitaria, il man;
- d) dipendenza degli allungamenti della molla campione dalle forze applicate : legge di Hooke;
- e) costruzione di un dinamometro;
- f) costante elastica di molle diverse
  - meno rigide del campione
  - più rigide del campione
 e corpi elastici privi di costante (non obbediscono alla legge di Hooke);
- g) sistemi costituiti da più molle : molle in serie e molle in parallelo;
- h) composizione di tre forze concorrenti in un punto, in condizioni di equilibrio : i vettori;
- i) la forza peso;
- l) peso e massa;
- m) confronto tra pesi e masse di oggetti diversi : il campo gravitazionale;
- n) l'unità di forza nel S. I.