Scuola di specializzazione interateneo per la formazione degli insegnanti di scuola secondaria

Indirizzo Fisico-Informatico-Matematico

Tesina di tirocinio

IL LABORATORIO DI FISICA CON ACQUISIZIONI DATI IN TEMPO REALE (RTL)

Supervisore: CACCIATORE PIETRO Tutor: MADDALOZZO ANTONELLA

Specializzando: FARRONATO MICHELA Matricola: R02887 Classi di abilitazione: A038 – Fisica A049 – Matematica e Fisica

Anno Accademico 2003/2004



Indice

Motivazione del laboratorio e del lavoro di gruppo4
Motivazione e articolazione della proposta del laboratorio di fisica con sistema di
acquisizione dati in tempo reale (<i>RTL</i>)5
I vantaggi del sistema RTL realizzato con calcolatrici grafiche6
La rappresentazione grafica7
Percorso7
<i>L'esperienza del tirocinio diretto</i> 8
La classe
Alcune considerazioni
Una scheda informativa con guida al docente10
Come impostare il lavoro sull'esperimento del tè al latte
Le schede di termologia15
Raffreddamento di un corpo
Esperimenti di termologia
Dilatazione termica: il comportamento anomalo dell'acqua
Equilibrio termico
Realizzazione di una trasformazione isoterma dell'aria contenuta in una siringa
Raffreddamento "Il tè al latte"
Conclusioni
Alcuni dei grafici ottenuti dai vari gruppi della classe 3 ^A F del liceo scientifico "J. da
Ponte" di Bassano del Grappa con alcune affermazioni degli studenti43
Bibliografia45
<i>Appendice</i> 47
Moto lungo il piano inclinato
Oscillatori armonici ed anarmonici
Studio di componenti elettrici non lineari
Esperimenti introduttivi di elettrodinamica: RC, RL
Studio delle risonanze in un circuito R-L-C
<i>Estratto per riassunto della tesi</i>

Motivazione del laboratorio e del lavoro di gruppo

Se si guarda indietro nella Storia della Fisica si scopre che lo studio di questa disciplina nasce essenzialmente in risposta ad esigenze pratiche, dal bisogno di comprendere perché succedono le cose, perché gli oggetti cadono, perché il cielo è azzurro, perché il fuoco brucia, etc. Nel tempo questa disciplina ha a tal punto ampliato il suo ambito di studio da investire campi che a prima vista nulla hanno in comune fra loro (si pensi, per esempio, alle applicazioni in Astrofisica da un lato e in Fisica Medica dall'altro), ma che si intrecciano sulla base di principi comuni capaci di offrire innumerevoli spunti di discussione e di approfondimento.

In corrispondenza all'ampliamento dei campi di interesse della Fisica anche le funzioni educative di questa disciplina hanno conosciuto una forte crescita, e attualmente si esplicano in vari ambiti, da quello più strettamente culturale a quello sociale e relazionale. Non è possibile descrivere in poche righe tutte le funzioni educative della fisica ma vorrei richiamarne alcune legate all'utilizzo del laboratorio.

Prima di tutto è importante stimolare nello studente la capacità di cogliere i collegamenti fra le leggi o gli esperimenti che studia in classe e la realtà quotidiana di ogni giorno, e quindi, in senso molto più generale, il nesso profondo fra scuola e vita. In effetti non c'è argomento di fisica classica che, in una forma o nell'altra, non tocchi o non abbia toccato gli studenti da vicino, per esempio quando bevono un tè, cucinano, osservano il tramonto, quando guardano una sorgente di luce, quando ascoltano musica. La Fisica permette loro di inserirsi meglio negli eventi di ogni giorno, arricchendo il piacere della contemplazione estetica con quello della comprensione intellettuale. Un compito fondamentale dell'insegnante è appunto quello di fare in modo che lo studente prenda contatto concretamente con i problemi e i temi tipici della disciplina, per evitare il pericolo sempre presente che una trattazione teorica sviluppata solo sui libri di testo, perda - nella mente degli studenti - il contatto col mondo reale che quella teoria cerca di interpretare. Gli studenti hanno bisogno di sperimentare con gli oggetti del mondo di tutti i giorni. E' quindi molto importante agevolare la costruzione di quello che Bruner chiamava "ponte fra scuola e vita".

La realtà quotidiana ci offre moltissime possibilità di condurre semplici verifiche sperimentali delle leggi fisiche, fornendoci così l'occasione di affinare i nostri meccanismi di ragionamento, e un ruolo fondamentale per lo sviluppo di questo connubio tra sapere e saper fare è il laboratorio di Fisica, dove, attraverso gli esperimenti, gli studenti imparano a concretizzare i principi teorici studiati.

Inoltre, come si legge nei programmi ministeriali e in molti articoli, come ho potuto ascoltare nel corso delle lezioni alla SSIS (soprattutto nelle lezioni dei corsi di laboratorio e del tirocinio indiretto) e come ho potuto sperimentare durante le ore di tirocinio diretto passate in laboratorio assieme alle classi 2[^] e 3[^] F del liceo scientifico "Jacopo da Ponte" di Bassano del Grappa, la professoressa A. Maddalozzo e il tecnico A. Rattin, l'utilizzo del laboratorio di Fisica aiuta la classe a costituirsi come gruppo perché promuove la capacità di relazione fra gli studenti e stimola lo sviluppo di atteggiamenti di solidarietà, di confronto e di collaborazione fra i membri dello stesso gruppo o fra un gruppo di lavoro e l'altro.

In laboratorio gli studenti imparano a riflettere criticamente su ciò che osservano, ad interpretare e a problematizzare ciò che vedono, a dialogare e a discutere con gli altri, a mettersi in discussione avanzando ipotesi, a confrontarsi con i compagni e con l'insegnante, ad accogliere o a respingere i suggerimenti degli altri motivando di volta in volta le loro scelte, ad esporre con coraggio le loro perplessità senza timore di essere presi in giro. Il laboratorio educa quindi all'ascolto e all'apertura mentale, sviluppa la capacità di concentrarsi, di analizzare i problemi sotto più punti di vista (dal momento che gli

esperimenti che si studiano, di solito, vedono l'applicazione contemporanea di più principi teorici), insegna a prendere l'iniziativa, ad imparare a rischiare, ad imparare a fare a meno del docente e quindi a lavorare in maniera autonoma. Cosa che i ragazzi non sembrano abituati a fare (come ho potuto rendermi conto nel tirocinio diretto).

La realizzazione pratica degli esperimenti promuove negli studenti la capacità di operare in maniera ordinata e precisa, prestando la dovuta attenzione ai dettagli; l'interpretazione dei risultati sviluppa la capacità di ragionare e il senso logico; la presentazione dell'esperienza ai compagni insegna ad utilizzare un linguaggio rigoroso.

La classe, come mi hanno ricordato i corsi di area comune, è un insieme di menti eterogenee; ognuna funziona un po' a modo suo: chi si trova meglio con le formulazioni tecnico-matematiche, chi va meglio nelle cose pratiche, chi è più interessato a un approccio storico... Probabilmente quindi non esiste una metodologia didattica ma più metodologie adeguate a momenti diversi del processo, a problemi diversi, a diversi stili cognitivi. E' utile quindi utilizzare una mescolanza di tecniche. Considerando le differenze individuali e culturali degli studenti, occorre adottare forme molteplici di attività didattica, esplicitate in una molteplicità di metodi di lavoro e di strumenti/sussidi da usare nel lavoro con gli studenti. Per quanto riguarda i metodi, alla lezione frontale devono accompagnarsi fasi di discussione in classe, ricerca e sperimentazione, lavori di gruppo con la creazione di gruppi multi-livello per promuovere l'apprendimento cooperativo e la socializzazione a scuola. Per quanto riguarda gli strumenti, all'apporto dei libri di testo (che andrebbero scelti dai docenti in modo accurato e congruente con una didattica innovativa), vanno affiancate forme di attività che stimolino apprendimenti anche attraverso l'uso degli audiovisivi e delle nuove tecnologie che vanno considerate nella scuola, prima di tutto come mezzi per educare e stimolare la conoscenza degli studenti.

Ripeto che l'insegnante si trova di fronte un gruppo. Ecco quindi che, oltre all'intelligenza, la scuola dovrebbe favorire l'intelligenza sociale. Non è detto che una persona molto intelligente accademicamente sia intelligente anche socialmente. Così non è detto che sappia adattarsi all'ambiente, sappia vivere nel mondo, sappia lavorare con gli altri. Per questo secondo me è molto importante creare collaborazione all'interno della classe considerando attività di gruppo.

Tra l'altro c'è una concordanza praticamente unanime tra gli studiosi sul fatto che nelle scuole medie gli aspetti competitivi sono eccessivi e che sarebbe opportuno favorire una maggiore cooperazione, ad esempio attraverso ampie e articolate discussioni collettive e lavori di gruppo.

Motivazione e articolazione della proposta del laboratorio di fisica con sistema di acquisizione dati in tempo reale RTL

Da molti anni, nei nuovi programmi della Scuola Secondaria Superiore, è stata introdotta l'informatica ad affiancare le altre discipline.

Numerosi Personal Computer sono oggi installati nei laboratori scolastici, ma il loro utilizzo nell'ambito dell'insegnamento delle scienze si è spesso limitato a navigazioni in Internet, a composizione di testi o a impiego di fogli elettronici per simulazioni di esperimenti.

Per quanto riguarda le scienze *sperimentali* solo di recente si è iniziata in alcune scuole una sperimentazione che vede *il calcolatore al servizio dell'esperimento reale*: si tratta dell'uso del calcolatore per acquisizione dati in tempo reale (Real Time Laboratory, in breve RTL)

Tale sperimentazione, attuata a volte per iniziativa di singoli insegnanti, a volte stimolata e guidata in progetti nazionali appoggiati da MPI, MURST, e spesso aiutata da associazioni

disciplinari (AIF, ADT) sembra offrire qualche speranza che le scienze possano riprendere ad essere insegnate nelle scuole secondarie anche "in laboratorio".

La facilità e l'immediatezza d'uso del sistema RTL possono offrire agli studenti un sostanziale supporto allo studio permettendo un'integrazione più solida e articolata fra attività sperimentali e trattazione teorica.

Con tale sistema, è possibile non solo ridurre i tempi necessari per un'efficace analisi *qualitativa* dei fenomeni investigati, e quindi gestire l'attività sperimentale in tempi compatibili con il ristretto orario scolastico, ma anche ottenere una analisi *quantitativa* ricca di nuovi spunti per una comprensione approfondita dei problemi affrontati. Si offre così allo studente una palestra che stimola la sua iniziativa permettendogli al contempo di gustare un "assaggio" dei metodi di indagine della fisica. Egli amplia la conoscenza sviluppata sui libri di testo, troppo astratta se non sperimentata con gli oggetti del mondo di tutti i giorni.

In particolare in questo lavoro sono riportati alcuni esperimenti attuati nel corso del tirocinio diretto con un particolare tipo di RTL (un sistema portatile, costituito da una calcolatrice grafica tascabile connessa, tramite interfaccia, a diversi sensori).

L'uso di calcolatrici grafiche nella scuola non è nuovo in Italia. Esso è iniziato nell'anno scolastico 1997/1998, in 20 licei scientifici, con il progetto LabClass avviato dalla Direzione per l'Istruzione Classica, Scientifica e Magistrale nel Programma di Sviluppo delle Tecnologie Didattiche. L'obiettivo proposto concerneva l'uso sperimentale di calcolatrici grafiche per l'insegnamento della *matematica*.

Successivamente è stato avviato un secondo progetto nazionale (LabTec) che si propone di estendere l'uso delle calcolatrici grafiche con sistemi RTL per l'insegnamento di fisica, biologia e fisiologia nella scuola.

I vantaggi del sistema RTL realizzato con calcolatrici grafiche

- La facilità d'uso del sistema permette agli alunni di sfruttare in maniera intelligente le risorse informatiche, senza troppa fatica, consentendo loro di focalizzare l'attenzione esclusivamente sul problema connesso al fenomeno oggetto di studio.

- La portabilità, legata alle dimensioni ridotte del sistema completamente autoalimentato, ne permette l'utilizzo ovunque, anche in luoghi normalmente considerati inadatti alla didattica sperimentale¹.

- La possibilità di proiettare lo schermo della calcolatrice su una parete dell'aula mediante un data display autoalimentato e una lavagna luminosa non richiede neppure l'aiuto di un tecnico di laboratorio.

- La rapidità con cui tale sistema può acquisire i dati consente un notevole risparmio di tempo nell'organizzazione delle attività sperimentali. La calcolatrice grafica consente anche di ottenere rappresentazioni grafiche di fenomeni *durante* la loro evoluzione temporale.

- Il linguaggio di programmazione di cui è dotata la TI 89 consente di realizzare programmi semplici ma significativi gestendo la calcolatrice in base alle proprie esigenze. E' possibile scaricare ed installare i programmi già pronti da web, da computer o da altra calcolatrice grafica. Tale software di pubblico dominio, tuttavia, resta "aperto" e modificabile, e non "scatola nera" immodificabile come la maggior parte dei software commerciali.

¹ O.Foà, A.Rambelli, B.Pecori, G.Torzo: "Dalla palestra al laboratorio: come coinvolgere una classe nello studio delle oscillazioni", La Fisica nella Scuola. XXXIII, 2000; A. Foschi, G. Guerrini, L. Paglialonga. G. Pezzi, L. Resta "Esperimenti di fisica on-line nel parco giochi di Mirabilandia" Atti del IV Convegno Nazionale ADT

- I sensori progettati per essere collegati ad una calcolatrice grafica tramite un'interfaccia sono molti. Non è necessario utilizzare i sensori in dotazione ma è possibile scegliere anche fra quelli realizzati da varie ditte (Vernier, Pasco, Edumad). Il numero elevato di sensori lascia così libero sfogo alla fantasia di scegliere quale esperimento effettuare e con quale sonda.

- La predisposizione per il collegamento con un computer permette di salvare i file degli esperimenti eseguiti, copiare le schermate della calcolatrice e stampare i grafici.

- I costi contenuti delle calcolatrici grafiche e della interfaccia rendono il sistema RTL portatile accessibile a qualsiasi insegnante e istituto scolastico, ed anche ad ogni singolo alunno.

La rappresentazione grafica

Scrivono G. Marucci del Ministero della Pubblica Istruzione e Adrian Oldknow del Chichester Institute of Higher Education, Brighton (Inghilterra): "La scelta delle

calcolatrici grafiche introduce prepotentemente il mezzo grafico come elemento essenziale per raccordare modello e realtà. In particolare i grafici cartesiani giocano un ruolo facilitatore nella comprensione e nel chiarimento delle relazioni che esistono tra esperienza simulata ed esperienza reale, tra dati sperimentali e leggi fisiche, tra esperienza e sua matematizzazione, tra dati,



grafici e funzioni. Una modalità di rappresentazione, quella grafico-cartesiana, dalle enormi potenzialità, ancora poco sfruttate nella scuola attuale, nonostante la massiccia invasione dei messaggi grafico-visuali presenti nella nostra società".

Come suggerisce poi Arnold B. Arons "i grafici offrono un'alternativa o un completamento molto validi alle trattazioni verbali e algebriche, offrendo così agli studenti un modo alternativo per lavorare con i concetti che si stanno sviluppando".

Percorso

Le potenzialità di questo metodo per un percorso didattico per il laboratorio di fisica sono molteplici e non sono sufficienti queste pagine per riportare tutte le possibili applicazioni. Riporto quindi alcuni esempi (in appendice) per indicare alcune potenzialità del metodo. Gli esempi che si possono realizzare con questo sistema sono molteplici e spaziano in diversi settori. Per esempio nel settore meccanica (moti su piano inclinato, pendolo, oscillatore massa-molla,...), termodinamica (raffreddamento, passaggi di stato, equilibro termico, dilatazione termica – il comportamento anomalo dell'acqua,...) l'elettromagnetismo (carica/scarica di condensatore e induttanza, filtri, risonanza RLC, studio di elementi non lineari e di dispositivi opto-elettronici,...).

Alcuni di questi esperimenti sono utilizzati comunemente nelle scuole secondarie; ma con il sistema qui proposto sottolineo un modo nuovo di eseguirli. Ad esempio accanto allo studio dell'oscillatore armonico è possibile affrontare quello dell'oscillatore anarmonico, oltre al classico moto di una "massa puntiforme senza attrito" si può studiare il moto di un reale carrello dotato di ruote massive e di attrito, accanto allo studio della curva di raffreddamento dell'acqua si può studiare la curva di raffreddamento di un foglio di alluminio, invece della tradizionale analisi con l'oscilloscopio della funzione risposta di un circuito RLC si possono misurare direttamente le curve di risonanza ai capi di R, di L e di C. E' possibile affrontare, con il sistema RTL proposto, anche la sperimentazione di argomenti meno tradizionali quali

lo studio di dispositivi non lineari (diodi, celle fotovoltaiche, termistori, fotoresistenze...) sia in regime stazionario che in transiente.

Gli esperimenti indicati vogliono essere esempi non esaustivi, ma tuttavia efficaci nell'indicare le potenzialità del metodo, che bene si presta per un insegnamento flessibile e poco prescrittivo.

La meccanica, ed in particolare il piano inclinato, è normalmente il primo argomento che viene affrontato in laboratorio. Il modo di affrontare questa esperienza da parte di un insegnante condiziona subito l'idea che un alunno si fa della "fisica". Quando l'insegnante dice: <<Supponiamo che il piano orizzontale sia effettivamente tale... supponiamo che l'attrito non ci sia... Supponiamo che i vari corpi siano puntiformi... Supponiamo...>> l'apparato sperimentale risulta privato di ogni legame con gli oggetti della vita quotidiana e appare in fondo un particolare "giocattolo" che interessa quasi esclusivamente l'insegnante. Analoghe considerazioni valgono nel caso delle oscillazioni del pendolo ove tradizionalmente ci si limita alle "piccole" oscillazioni per restare nel mondo ideale dei sistemi lineari. Purtroppo però i sistemi reali sono quasi sempre *non lineari*.

L'elettromagnetismo resta ancora quello meno affrontato nei laboratori delle scuole secondarie e, a nostra conoscenza, ancora abbastanza inesplorato con la tecnica RTL.

Oltre ad uno studio approfondito del fenomeno della risonanza RLC, è possibile affrontare l'analisi di vari componenti non lineari nel trasporto di carica elettrica puntando, da un lato a coprire un settore potenzialmente interessante per gli studenti appassionati alla tecnologia, dall'altro ad abbattere le tradizionali barriere tra diversi "comparti" nell'insegnamento della fisica. Lo studio del comportamento elettro-ottico di una lampadina a filamento, di un diodo LED, di una cella fotovoltaica, di un termistore impongono infatti allo sperimentatore di servirsi di competenze pertinenti a "comparti" diversi per capire a fondo il fenomeno studiato.

In questo lavoro voglio puntare però l'attenzione sulla termologia, argomento affrontato nel corso del tirocinio diretto. Per quanto riguarda tale argomento presento alcune schede che guidano gli alunni a realizzare l'esperimento in completa autonomia. Nello specifico sono state utilizzate dalla 3[^] F del Liceo Scientifico "J. da Ponte" di Bassano del Grappa. Si tratta di esperimenti resi possibili grazie all'utilizzo di questo semplice ma efficace sistema RTL portatile. Oltre alle curve di raffreddamento, abbiamo affrontato argomenti quali l'equilibrio termico, i passaggi di stato, la dilatazione termica e anche alcuni esperimenti che hanno stimolato la curiosità dei ragazzi come l'esperienza "il tè al latte".

L'esperienza del tirocinio diretto

La classe

La classe in cui si è svolta questa mia esperienza di tirocinio è la 3[^] F del Liceo Scientifico "Jacopo da Ponte". Aderisce al Piano Nazionale Informatico che prevede, per quanto riguarda la fisica, 3 ore settimanali per tutto il quinquennio.

E' composta da 25 alunni di cui solo 4 sono ragazze (una delle quali è straniera).

Gli studenti di 3[^] F sono molto dotati da un punto di vista non solo delle conoscenze ma anche delle competenze unite ad un costante impegno e una buona motivazione allo studio. E' molto piacevole e stimolante lavorare con questa classe ed è possibile mantenere un livello alto durante le ore di lezione. Il clima è sereno sebbene gli alunni siano molto vivaci, soprattutto durante le ore in laboratorio. Non vi sono incomprensioni né tensioni né intolleranza verso la compagna straniera, anzi vi sono molti atteggiamenti di collaborazione. Il clima di lavoro all'interno della classe è quindi certamente molto positivo. Viste le ottime capacità dei ragazzi, la lezione frontale è ridotta al minimo. L'insegnante coinvolge molto gli alunni ponendo loro domande o invitandoli a porre essi stessi delle domande o ad esplicitare i loro dubbi e perplessità.

Il fatto che con questa classe si possa lavorare mantenendo un ritmo elevato ha permesso alla docente di ipotizzare per loro un percorso che prevede diverse attività extracurricolari molto stimolanti e un numero cospicuo di ore da passare in laboratorio.

Alcune considerazioni

Nel corso dell'esperienza di tirocinio ho cercato di dare risposta ad alcuni quesiti, inerenti il lavoro di laboratorio, che mi ero posta: come vengono preparati gli esperimenti; quanto impegno richiedono; cosa viene chiesto agli studenti alla fine dell'esperienza...; capire se sia utile introdurre la teoria prima o dopo; sapere cosa ne pensano gli studenti, se ritengono utili le esperienze oppure no.

...come vengono preparati gli esperimenti e quanto impegno richiedono ...

Mi sono resa conto che prima di far fare una esperienza ai ragazzi è necessario provarla, correggerla se necessario e riprovarla nuovamente soprattutto se si tratta di un esperienza con uno strumento nuovo.

Questo per permettere ai ragazzi di concentrarsi sull'esperimento e quindi sulla fisica più che sui problemi dati da un qualche software.

...cosa viene chiesto agli alunni alla fine dell'esperienza...

Generalmente quando i ragazzi vanno in laboratorio a fare un'esperienza si chiede loro di stendere una relazione. Questo soprattutto perché in genere sono esperimenti che fa il tecnico mentre i ragazzi osservano, quindi lo scrivere una relazione serve anche perché si fissino in testa quello che hanno visto. Nel caso degli esperimenti di termologia presentati i ragazzi fanno tutto da soli, pur seguendo delle schede già pronte, per cui oltre che a ricordare "se vedo, ricordo" capiscono "se faccio, capisco". E' utile comunque prevedere una lezione di presentazione dell'esperienza ai compagni; questo per permettere loro di rendersi conto dei possibili errori commessi e di imparare ad utilizzare un linguaggio rigoroso.

... capire se sia utile introdurre la teoria prima o dopo...

Non è che da un solo argomento affrontato in laboratorio si possa dedurre una regola ma in base all'esperienza nel tirocinio (diretto e indiretto), ho confermato la mia ipotesi che è più facile e più fruttuoso introdurre la teoria dopo che gli studenti hanno già affrontato alcune esperienze di laboratorio inerenti il tema che si vuole presentare. E' più facile perché mentre si spiega si riprende quello che è stato osservato: "Vi ricordate quando avete fatto così e così in laboratorio e cosa avete trovato?". Partendo dalle esperienze eseguite dai ragazzi tutto è più semplice.

E' più fruttuoso perché i ragazzi si rendono conto che i concetti spiegati nei libri non sono cose astratte o slegate dalla realtà. Inoltre il riferirsi, durante la spiegazione, al lavoro fatto, coinvolge molto più i ragazzi alla lezione stessa perché si sentono spronati a dare la loro interpretazione di quello che hanno fatto. Se la teoria invece viene introdotta prima dell'attività di laboratorio la lezione risulta la "solita" lezione e i ragazzi vedono il laboratorio semplicemente come un ambiente dove perdere un po' di tempo "tanto sai già cosa deve venire".

Nel primo caso invece i ragazzi sono molto più stimolati a osservare il fenomeno e ad interpretarlo.

L'ideale forse sarebbe affrontare lo stesso argomento sia prima che dopo la spiegazione teorica. Prima perché così osservano il fenomeno senza sapere "cosa deve venire", dopo perché possono rivedere l'esperimento alla luce di quello che hanno studiato.

... sapere cosa ne pensano gli studenti, se ritengono utili le esperienze oppure no...

Ho interagito molto con gli studenti passando tra i diversi gruppi, osservando le loro azioni e ascoltando i loro commenti e interpretazioni del fenomeno osservato.

Gli studenti sono stati entusiasti di utilizzare le calcolatrici grafico-simboliche per tanti esperimenti insieme e soprattutto di poter fare "tutto da soli". Le nuove tecnologie informatiche hanno un impatto notevole sui giovani studenti! L'unico problema è che i ragazzi, al momento di agire, sembrano un po' disorientati.

Ho potuto anche notare che i ragazzi non sono per niente abituati a lavorare senza essere seguiti dall'insegnante, infatti già prima di leggere le schede informative degli esperimenti chiedono spiegazioni oppure vanno un po' a caso. Bastano però poche lezioni di laboratorio perché l'entusiasmo cresca come anche la familiarità con il sistema RTL.

I ragazzi lavorano freneticamente spinti da un grande entusiasmo per quello che riescono a rilevare, si fanno domande sul perché di quei risultati, si propongono di svolgere qualche altro esperimento. Il clima in laboratorio è molto vivace.

Una scheda informativa con guida al docente

Riporto ora una scheda di lavoro per introdurre in classe le schede "Esperimenti di termologia" e "Equilibrio termico", e di seguito un'idea di come impostare il lavoro sull'esperimento di "Il tè al latte".

Scheda informativa

- Scansione oraria prevista per lo sviluppo del percorso: 8 ore per la preparazione, verifica e correzione delle schede da parte dell'insegnante, 4 ore per l'attività di laboratorio, 1 ora per la lezione guidata sull'attività svolta. Da qui poi l'insegnante parte per introdurre la teoria.
- eventuali compresenze: nessuna
- **tipologia del progetto:** curricolare
- livelli di competenza in entrata: si suppone che siano già stati affrontati (e compresi e assimilati dagli alunni) i temi inerenti la temperatura e la proprietà dei corpi e i livelli attesi:

- la consapevolezza della possibilità di descrivere in termini di trasformazioni fisiche e chimiche molti eventi osservabili anche al di fuori dei laboratori scolastici;

- la capacita di osservare in modo sistematico, di raccogliere dati e di esaminarli criticamente;

- la capacità a cogliere ed apprezzare l'utilità del confronto di idee e dell'organizzazione del lavoro di gruppo;

- la comprensione dei procedimenti caratteristici dell'indagine scientifica, che si articolano in un continuo rapporto tra costruzione teorica e attività sperimentale;

 il periodo dell'anno scolastico in cui l'attività si inserisce: prima di trattare la teoria inerente la calorimetria e i passaggi di stato quindi approssimativamente fine primo quadrimestre, inizio secondo.

GUIDA PER IL DOCENTE

Titolo del tema:

Esperimenti di termologia con un approccio innovativo

Inquadramento sintetico delle conoscenze oggetto dell'attività.

L'attività si propone di introdurre alcuni concetti di termologia partendo dalla sperimentazione, sfruttando un particolare tipo di RTL portatile, costituito da una calcolatrice grafica TI 89 connessa, tramite interfaccia, a diversi sensori di temperatura.

E' più facile e più fruttuoso, infatti, introdurre la teoria dopo che gli studenti hanno già affrontato alcune esperienze di laboratorio inerenti il tema che si vuole presentare.

E' più facile perché mentre si spiega si riprende quello che è stato osservato: "Vi ricordate quando avete fatto così e così in laboratorio e cosa avete trovato?". Partendo dalle esperienze eseguite dai ragazzi tutto è più semplice.

E' più fruttuoso perché i ragazzi si rendono conto che i concetti spiegati nei libri non sono cose astratte o slegate dalla realtà. Inoltre far riferimento, durante la spiegazione, al lavoro fatto, coinvolge molto più i ragazzi alla lezione stessa perché si sentono spronati a dare la loro interpretazione di quello che hanno visto in laboratorio.

Propongo quindi di svolgere l'attività dopo che l'insegnante ha affrontato in classe il modulo relativo alla temperatura e le proprietà dei corpi (e quindi in particolare ha trattato: il modello atomico; la temperatura; il gas perfetto; la teoria cinetica dei gas), ma prima di trattare il modulo relativo al calore e ai cambiamenti di stato.

Descrizione sintetica delle fasi di lavoro:

Riporto tra parentesi le fasi di lavoro che svolge l'insegnante senza il coinvolgimento dei ragazzi.

- (preparazione della scheda da consegnare ai ragazzi sull'attività di laboratorio)
- (prova della scheda e sua eventuale modifica)
- (prenotazione del laboratorio di fisica in modo che all'arrivo dei ragazzi siano già pronti sui banchi gli strumenti e il materiale necessario all'esperimento)
- consegna della scheda ai ragazzi
- i ragazzi leggono la scheda ed in gruppi di 2 o 3 persone eseguono l'esperimento
- durante le ore previste ogni gruppo esegue tutti gli esperimenti
- lezione dedicata alla discussione sulle esperienze di laboratorio da cui l'insegnante parte per introdurre la teoria

Obiettivi disciplinari

In termini di conoscenze:

- La temperatura di equilibrio
- I passaggi tra gli stati di aggregazione e le loro proprietà
- In termini di competenze
- Saper analizzare le condizioni di equilibrio termico tra due corpi
- Saper analizzare le proprietà dei cambiamenti di stato

In termini di capacità

- Saper raccogliere dati
- Saper ricavare informazioni dai grafici
- Saper fare un'analisi critica dei risultati ottenuti
- Saper trarre delle conclusioni dai risultati ottenuti

- Saper cogliere ed apprezzare l'utilità del confronto di idee e dell'organizzazione del lavoro di gruppo;

Obiettivi legati all'utilizzo del sistema RTL

La facilità e l'immediatezza d'uso del sistema RTL possono offrire agli studenti un sostanziale supporto allo studio permettendo un'integrazione più solida e articolata fra attività sperimentali e trattazione teorica.

Con tale sistema, è possibile non solo ridurre i tempi necessari per un'efficace analisi *qualitativa* dei fenomeni investigati, e quindi gestire l'attività sperimentale in tempi compatibili con il ristretto orario scolastico, ma anche ottenere una analisi *quantitativa* ricca di nuovi spunti per una comprensione approfondita dei problemi affrontati. Si offre così allo studente una palestra che stimola la sua iniziativa permettendogli al contempo di gustare un "assaggio" dei metodi di indagine della fisica. Egli amplia la conoscenza sviluppata sui libri di testo, troppo astratta se non sperimentata con gli oggetti del mondo di tutti i giorni.

Sfruttando le potenzialità di calcolo numerico-grafico offerte dalla moderna tecnologia, questa proposta punta ad avvicinare la fisica che si studia a scuola alla comprensione dei fenomeni della vita reale.

Prerequisiti di gestione del software:

Non è necessario che gli allievi sappiano già utilizzare le calcolatrici grafico-simboliche. Tutto quello che devono sapere per queste attività proposte lo trovano spiegato passo per passo nelle schede consegnate loro prima dell'esperienza.

La facilità d'uso del sistema permette agli alunni di sfruttare in maniera intelligente le risorse informatiche, senza troppa fatica, consentendo loro di focalizzare l'attenzione esclusivamente sul problema connesso al fenomeno oggetto di studio.

Tempi:

Sono necessarie circa 8 ore per preparare le schede, provare l'attività in laboratorio ed eventualmente correggere le schede. Questo ovviamente è un lavoro che va fatto dall'insegnante in orario extrascolastico.

Per l'attività prevista in laboratorio con i ragazzi sono previste quattro ore.

Per la lezione di discussione sulle esperienze di laboratorio da cui l'insegnante parte per introdurre la teoria inerente gli esperimenti fatti è prevista un'ora.

Materiali e software richiesti:

In ogni scheda è specificato il materiale e il software utilizzati per eseguire l'esperienza.

Come iniziare l'attività:

Poiché il sistema RTL portatile ha molte potenzialità è impensabile spiegare, in una sola volta, tutti i comandi di tale sistema e neppure descrivere tutto ciò che con esso si può fare. Una brevissima presentazione del sistema è più che sufficiente.

Inizierei l'attività vera e propria semplicemente consegnando ai ragazzi le schede proposte. Esse sono molto dettagliate tanto che questi, anche se non hanno mai utilizzato tale sistema, possono lavorare in completa autonomia. Gli esperimenti vengono eseguiti a gruppi di due o tre persone, ciò favorisce l'interazione sociale, utile per l'apprendimento.

La portabilità del sistema RTL realizzato con calcolatrici grafiche, legata alle dimensioni ridotte del sistema completamente autoalimentato ne permetterebbe l'utilizzo ovunque. Tuttavia gli esperimenti vengono eseguiti in laboratorio semplicemente per la facilità con cui si possono reperire i materiali e gli strumenti necessari.

Come estendere e sviluppare l'attività:

L'attività può essere estesa aumentando il numero di schede da consegnare ai ragazzi inerenti sempre ad argomenti di termologia. Oppure mantenendo le schede date, è possibile prevedere uno studio quantitativo sfruttando le calcolatrici grafiche e in particolare l'ambiente Data Matrix Editor o anche utilizzando un PC. E' infatti possibile trasferire i dati, mediante la predisposizione per il collegamento con un computer salvando i file degli esperimenti eseguiti, copiare direttamente le schermate della calcolatrice o ancora stampare i grafici. Successivamente si potrà fare un'analisi dei dati (per esempio a casa) utilizzando EXCEL.

E' possibile, attraverso un qualsiasi motore di ricerca, individuare diversi siti che trattano argomenti di fisica (ma anche di matematica, di biologia, di chimica, ...) con l'uso di queste tecnologie. Vi sono ricerche didattiche sull'uso delle calcolatrici grafiche nella scuola, in corso da tempo presso varie università italiane e non; nell'ambito di associazioni varie come l'Associazione per la Didattica con le Tecnologie (ADT) o l'Associazione degli Insegnanti di Fisica (AIF). Vi sono poi progetti internazionali come il progetto L.E.P.L.A.

Le nuove tecnologie informatiche hanno un impatto notevole sui giovani studenti, abituati ad usarle con una certa naturalezza, (anche in modo poco adeguato nonostante tutto il tempo che ad esse dedicano), ma usate intelligentemente possono comunque stimolare il loro interesse verso la scoperta scientifica e lo studio della natura; questa proposta ne è un esempio.

Come valutare l'attività:

Affinché gli alunni si sentono più liberi di esprimersi, di provare e di tentare ulteriori esperienze, non valuterei l'attività di laboratorio in sé, evitando così di mettere ansia nel sapere che ciò che fanno andrà valutato. L'attività di laboratorio è un modo per stimolare i ragazzi all'indagine e sviluppare la loro conoscenza troppo astratta se sviluppata solo sui libri di testo e non sperimentata. La facilità e l'immediatezza d'uso del sistema RTL possono offrire agli studenti un sostanziale supporto allo studio permettendo un'integrazione più solida e articolata fra attività sperimentali e trattazione teorica. E' preferibile quindi, alla relazione, una discussione aperta in classe con lo scopo di costringere ad un riesame delle ragioni per cui si è operato in un certo modo e ad una verifica sulla coerenza dei risultati (introducendo la teoria).

La prova di verifica verterà quindi sull'intero modulo: "calore e cambiamenti di stato" che è stato introdotto partendo da esperienze di laboratorio.

Come impostare il lavoro sull'esperimento del tè al latte

Incuriosiamo i ragazzi ponendo loro il problema² del viaggiatore che vuole bere un tè al latte ed ha molta fretta. Le soluzioni date dai ragazzi sono varie.

Alcuni studenti ritengono che aggiungendo subito il latte al tè, il liquido ottenuto si raffreddi molto più velocemente perché il salto di temperatura è maggiore e poi ipotizzano che le curve proseguano parallelamente.

Per altri, è vero che le curve proseguono parallelamente ma i salti di temperatura sono gli stessi per cui il risultato finale è esattamente lo stesso.

Secondi altri il risultato corretto è che aggiungendo il latte pochi secondi prima della fine dell'esperimento si giunge ad una temperatura più bassa perché la quantità di liquido che si deve raffreddare è più bassa.

Ognuno ha la sua idea sul risultato che potrebbe avere l'esperienza e i ragazzi, euforici, vogliono subito verificare chi ha ragione.

E' chiaro che sulle interpretazioni date dai ragazzi ci sono diversi errori. Come correggere tali errori? Innanzitutto è opportuno che tutti gli alunni eseguano l'esperienza per "toccare

² Cfr. scheda "Il tè al latte"

con mano" il risultato. Se eseguono correttamente l'esperienza già eliminano alcune soluzioni sbagliate, come il fatto che le due curve siano parallele. Purtroppo dalla fretta di "sapere" qualcuno non segue la scheda con attenzione e non mette nei due bicchieri quantità d'acqua uguali e quindi il risultato è un po' anomalo: "Qualsiasi scelta avesse fatto il viaggiatore sarebbe stato lo stesso".

Questo dimostra come sia importante prevedere, dopo l'esperienza una discussione guidata sulla stessa facendo ragionare i ragazzi sulla fisica che sta sotto l'esperimento ma anche sul loro modo di operare. Vista la rapidità dell'esperienza è utile che la discussione sia fatta subito dopo, in modo che i ragazzi abbiano ancora davanti a sé i due bicchieri con i "tè al latte".

In questo modo essi stessi si rendono subito conto del perché di quel risultato un po' anomalo. La quantità di latte aggiunta poco prima della fine dell'esperienza è minore della quantità di latte aggiunta nel primo bicchiere. Il confronto non può quindi essere fatto.

Una volta stabilita la risposta corretta al problema presentato si può, iniziando a introdurre la teoria coinvolta nell'esperimento, portare i ragazzi alle seguenti considerazioni:

- Un corpo prede energia (per irraggiamento, convenzione, conduzione, evaporazione) ad un ritmo tanto più sostenuto quanto maggiore è la differenza di temperatura con l'ambiente, a parità di tutte le altre condizioni
- Dal momento in cui si è aggiunta l'acqua fredda nel primo bicchiere (a) a quello in cui si aggiunge acqua al secondo bicchiere (b), la temperatura nella curva (b) è maggiore che nella curva (a). Per tutto questo tempo la perdita di energia è maggiore in (b) che in (a) (allora le due curve non possono essere parallele).
- La quantità di calore ceduta in (b) è complessivamente maggiore che in (a) e la temperatura finale dell'acqua è minore in (b) che in (a).

Scheda n. 1

Scopo dell'esperienza

Studiare l'andamento della temperatura di un corpo che, dopo essere stato sottoposto a riscaldamento, viene lasciato raffreddare nell'ambiente.

Strumenti e materiali utilizzati

Calcolatrice grafico-simbolica TI 89 CBL Cavo di collegamento CBL – TI 89 Sensore di temperatura (in grado di apprezzare 0.1°C) Asciugacapelli Foglio di alluminio (del tipo di alimenti di circa 20 cm x 20 cm)



Programma

Sulla calcolatrice è caricato il programma Physics, versione 7/2003

Modalità

Si riscalda con un asciugacapelli un foglio di alluminio che in pochi minuti raggiunge una temperatura sufficientemente alta e poi lo si lascia raffreddare all'aria. Poiché il raffreddamento è abbastanza rapido è utile servirsi di un sistema di acquisizione dati in tempo reale capace di registrare un congruo numero di misure in un breve intervallo di tempo.

Preparazione del sistema di acquisizione dati

- Collegare la calcolatrice con CBL mediante l'apposito cavetto
- Accendere la calcolatrice e il CBL
- Sulla riga di comando dell'ambiente HOME della calcolatrice digitare la parola physics()
- Premere ENTER → Compare una schermata in cui viene richiesto il modello di calcolatrice che si sta utilizzando. Muovendosi con il cursore (o digitando direttamente il numero 1) scegliere l'opzione 1: TI 89. Schiacciare il tasto ENTER per confermare il modello TI 89.
- La finestra che si apre indica la versione del software physics caricato nella TI 89 che si sta utilizzando. Premendo ENTER compare il MENU PRINCIPALE

Predisposizione sonda

- La prima opzione del MENU PRINCIPALE è PREDISPOSIZIONE SONDE. Premere ENTER. Si arriva ad una finestra nella quale viene richiesto quante sonde si intendono usare. Scegliere l'opzione 1:UNO e premere ENTER per conferma.
- La successiva finestra consente di scegliere il tipo di sensore che si intende utilizzare. Premere 8:ALTRO e quindi 6: TEMPERATURA.
- Seguire le istruzioni scritte sul display della calcolatrice collegando il sensore di temperatura al canale CH1 del CBL.

Acquisizione dati

- Dal MENU PRINCIPALE selezionare l'opzione 2: ACQUISIZIONE che offre una scelta tra diverse modalità di acquisizione dei dati.
- Digitare 2: GRAFICO vs TEMPO per registrare i dati in funzione del tempo. Tale scelta porta ad una schermata che richiede l'intervallo di tempo tra i campionamenti (in secondi) e il numero di punti che si desiderano campionare. Per esempio scegliere 5 secondi e 36 campionamenti (Dopo ogni digitazione premere ENTER per conferma).
- Dopo una schermata di controllo che visualizza la durata complessiva dell'esperimento (in questo caso 180 secondi) confermare la scelta con ENTER e poi con l'opzione 1: OK. (Se non si è soddisfatti della scelta fatta premere l'opzione 2: MODIFICA VALORI)
- Nella finestra in cui si giunge c'è la possibilità di scegliere tra un grafico tracciato al termine dell'acquisizione o durante l'acquisizione. Nel secondo caso è necessario impostare i valori minimo e massimo della temperatura attesi per il segnale nonché il valore di scala. Per esempio si possono scegliere i valori 20 °C, 70 °C e 1 come fattore di scala.

Confermare la scelta premendo ENTER e il sistema è pronto per l'acquisizione dei dati vera e propria.

- Misurare la temperatura ambiente (es: Ta = 21.2 + 0.1 °C) utilizzando il CBL in modalità "Multimeter" (premendo una volta il tasto MODE del CBL)
- Porre la sonda di temperatura al centro del foglio di alluminio
- Piegare lo stesso in due parti, perpendicolarmente alla sonda, cercando di far aderire il più possibile il foglio al sensore stesso per assicurarsi un buon contatto.
- Scaldare il foglio con l'asciugacapelli finché non raggiunge una temperatura compresa fra 50 °C e 70 °C. (E' possibile leggere sul display del CBL i valori della temperatura durante la fase di riscaldamento mantenendo il sistema in modalità "Multimeter").
- Spegnere l'asciugacapelli.
- Attendere alcuni secondi per la stabilizzazione del sistema termico (data l'inerzia termica della sonda e del foglio di alluminio da cui è circondata, è bene aspettare che venga raggiunta una distribuzione il più possibile uniforme del calore prima di iniziare l'acquisizione dei dati).
- Premere il tasto MODE del CBL per uscire dalla modalità "Multimeter".
- Premendo ENTER sulla calcolatrice si fa partire l'acquisizione dati predisposta.
- Durante l'acquisizione, sullo schermo compare la curva che descrive la variazione della temperatura in funzione del tempo e in basso a destra la scritta BUSY.

Osservazione dei dati raccolti

- Terminata l'acquisizione il programma comunica di aver memorizzato i tempi nella lista L1 e i valori corrispondenti alla temperatura nella lista L2.
 Premendo ENTER è possibile osservare il grafico temperatura in funzione del tempo scegliendo l'opzione 2 e quindi l'opzione 1.
- Premendo il tasto 7: ESCI viene chiesto se si desidera ripetere oppure no l'acquisizione dei dati. Se si è soddisfatti dei dati raccolti scegliere l'opzione 1: NO e confermare premendo ENTER.

Salvare i dati raccolti

- A questo punto si può richiedere il salvataggio dei dati selezionando l'opzione 7: SALVA /CANCELLA dal MENU PRINCIPALE.
 La finestra che compare, dotata di un pop-up menù permette di sovrascrivere variabili DATA (files) già esistenti in memoria oppure di scegliere un nuovo nome col quale salvare i dati appena acquisiti. Selezionando ALTRO compare infatti la seconda finestra SALVA CON NOME, mentre scegliendo ESCI si torna al menu principale senza salvare.
- Il passo successivo è scegliere se archiviare o no i dati salvati. Nel secondo caso è possibile modificare i dati ma essi vengono salvati nella memoria RAM riducendone lo spazio libero. Normalmente è consigliabile archiviare i dati (è sempre possibile eliminare l'archiviazione premendo l'opzione 9:Unarchive Variable in VAR-LINK).

Analisi dei dati senza l'uso di logaritmi ed esponenziali.

- Al termine dell'acquisizione dei dati osservare l'andamento del grafico.
- La velocità di variazione della temperatura, che diminuisce man mano che la temperatura si avvicina alla temperatura dell'ambiente Ta, sembra essere proporzionale alla differenza tra la temperatura registrata T e la temperatura ambiente.

Verificarlo riportando in grafico la variazione di temperatura tra due acquisizioni successive ΔT in funzione del salto di temperatura T-Ta

Infatti, al posto della velocità di variazione della temperatura si può considerare ΔT essendo costante l'intervallo di tempo tra una rilevazione e l'altra.

Che tipo di andamento si troverà?

- Uscire dal programma physics
- Analizzare i dati su un foglio elettronico entrando nell'ambiente DATA MATRIX EDITOR. Premere il tasto APPS (applications), selezionare l'opzione 6: Data/Matrix Editor e quindi l'opzione 3: New.
- Digitare un nome per il file che si vuole creare e premere ENTER.
- Inserire nelle colonne c1 e c2 i valori della temperatura.

Posizionandosi sulla cella c1 digitare L2 (lista della temperatura) quindi posizionarsi sulla cella c2 e digitare L2. Inseriti i dati cancellare le due digitazioni fatte; in questo modo i valori delle due colonne restano invarianti anche se effettuiamo ulteriori acquisizioni.

Nelle celle immediatamente sopra le due celle c1 e c2 si possono scrivere le intestazioni, per esempio: T(°C).

- Nella colonna c3 inserire i valori di T-Ta posizionandosi nella cella c3 e digitando c2 – 21.2
- Cancellare la prima cella della colonna c2 e l'ultima cella della colonna c1 e quindi, nella colonna c4, inserire (posizionandosi sulla cella c4 e digitando c1-c2) le variazioni di temperatura Δ T relative ad ogni intervallo di tempo
- Costruire il grafico di ΔT in funzione di T-Ta. Premere F2: Plot Setup; selezionare, spostandosi con il cursore, Plot 2 e poi premere F1: Define. Si giunge ad una finestra in cui è possibile impostare il grafico: tipo di grafico (es:scatter), simbolo utilizzato per i punti (es: Box), le variabili sull'asse delle ascisse (c3 per T-Ta) e sull'asse delle ordinate (c4 per ΔT). Premere ENTER per salvare le impostazioni. (Se non è presente il simbolo √ prima di Plot 1, premere F4: √ per selezionare).

- Visualizzare il grafico premendo il tasto APPS e di seguito selezionando l'opzione
 4: Graph (o premendo il tasto diamond ♦ e il tasto F3)
- L'andamento lineare conferma l'ipotesi formulata. E' possibile determinare l'equazione della retta dei minimi quadrati (retta che meglio approssima i dati sperimentali). Per fare questo tornare al foglio elettronico premendo i tasti APPS e 6: Data Matrix Editor e quindi 1: Current. Premere F5: Calc. Scegliere l'opzione LinReg per Calcutation Type, c3 per l'asse x e c4 per l'asse. Con il pulsante direzionale, nella riga "StoreRegEQ to", selezionare y1(x) e premere ENTER per conferma. Premere nuovamente ENTER per salvare le impostazioni.

Il software fornisce l'equazione della retta dei minimi quadrati, il coefficiente di correlazione e il suo quadrato.

Un coefficiente di correlazione molto vicino a 1 indica l'esistenza di una relazione lineare tra i valori delle colonne c3 e c4.

- Dopo aver premuto ENTER, premere ♦ ed F3 per visualizzare la retta dei minimi quadrati insieme ai dati sperimentali.

Scheda n. 2

Esperimenti di termologia

Scopo dell'esperienza

Introdurre lo studio sul comportamento delle sostanze durante gli scambi di energia termica.

- 1° esperimento: osservare il passaggio di stato in relazione con la temperatura del sistema analizzato raffreddando l'acqua.
- 2° esperimento: trovare il grafico temperatura in funzione del tempo riscaldando una certa quantità di acqua; determinare la temperatura di ebollizione di una sostanza; confrontare grafici di riscaldamento di più sostanze; osservare che durante l'ebollizione di una soluzione la fase solida aumenta; individuare una possibile tecnica di separazione delle soluzioni
- 3° esperimento: analizzare il comportamento di alcune sostanze volatili

Strumenti e materiali utilizzati

Calcolatrice grafico-simbolica TI 89 CBL Cavo di collegamento CBL – TI 89

Poi, a seconda degli esperimenti vengono utilizzati:

- 1° esperimento:

sensore di temperatura; provetta; acqua; miscela refrigerante di ghiaccio e sale

- 2° esperimento:

2 sensori di temperatura; 2 becher; riscaldatore elettrico versione A:

 100 cm^3 di acqua; 100 cm^3 di alcool denaturato di uso domestico versione B:

soluzione satura di acqua e cloruro di sodio; acqua distillata versione C:

soluzione di acqua e alcool (20% di alcool); acqua distillata

- 3° esperimento

2 sensori di temperatura; cotone idrofilo; alcool; acqua; ammoniaca; solvente;

Programma

Sulla calcolatrice è caricato il programma Physics, versione 7/2003

1° esperimento

Modalità

Si raffredda l'acqua contenuta in una provetta in una miscela refrigerante di ghiaccio e sale.

Preparazione del sistema di acquisizione dati

- Collegare la calcolatrice con CBL mediante l'apposito cavetto
- Accendere la calcolatrice e il CBL
- Immergere il sensore di temperatura nell'acqua



- Sulla riga di comando dell'ambiente HOME della calcolatrice digitare la parola physics()



Premere ENTER → Compare una schermata in cui viene richiesto il modello di calcolatrice che si sta utilizzando. Muovendosi con il cursore (o digitando direttamente il numero 1) scegliere l'opzione 1: TI 89. Schiacciare il tasto ENTER per confermare il modello TI 89.



- La finestra che si apre indica la versione del software physics caricato nella TI 89 che si sta utilizzando. Premendo ENTER compare il MENU PRINCIPALE



Predisposizione sonda

- La prima opzione del MENU PRINCIPALE è PREDISPOSIZIONE SONDE. Premere ENTER. Si arriva ad una finestra nella quale viene richiesto quante sonde si intendono usare. Scegliere l'opzione 1:UNO e premere ENTER per conferma.

	57 - 57 - 1130 1100 515 511 2001: 622: 620: 600: 61 50: 81: 82: 81
2:ACQUISTIZIONE 3:ANALISI 4:TRIGGERING	1:UNO 2:DUE
5: AZZERAMENTO 6: RECUPERO DATI 7: SALVA/CANCELLA	3:TRE 4:MENU PRINCIPALE
MENU PRINCIPALE	**NUMERO DI SONDE**
TYPE OR USE ++++ (ENTER) OR (ESC)	MAIN RAD APPROX FUNC 0/3

- La successiva finestra consente di scegliere il tipo di sensore che si intende utilizzare. Premere 8:ALTRO e quindi 6: TEMPERATURA.



- Seguire le istruzioni scritte sul display della calcolatrice collegando il sensore di temperatura al canale CH1 del CBL.



Acquisizione dati

- Dal MENU PRINCIPALE selezionare l'opzione 2: ACQUISIZIONE che offre una scelta tra diverse modalità di acquisizione dei dati.
- Digitare 2: GRAFICO vs TEMPO per registrare i dati in funzione del tempo. Tale scelta porta ad una schermata che richiede l'intervallo di tempo tra i campionamenti (in secondi) e il numero di punti che si desiderano campionare. Per esempio scegliere 5 secondi e 120 campionamenti (Dopo ogni digitazione premere ENTER per conferma).



 Dopo una schermata di controllo che visualizza la durata complessiva dell'esperimento (in questo caso 600 secondi) confermare la scelta con ENTER e poi con l'opzione 1: OK. (Se non si è soddisfatti della scelta fatta premere l'opzione 2: MODIFICA VALORI)



Nella finestra in cui si giunge c'è la possibilità di scegliere tra un grafico tracciato al termine dell'acquisizione o durante l'acquisizione. Scegliere l'opzione che si preferisce facendo attenzione però che nel primo caso è possibile che l'acquisizione termini prima di essere giunti alla sosta termica in corrispondenza del passaggio di stato dell'acqua da liquido a solido; nel secondo caso è necessario impostare i valori minimo e massimo della temperatura attesi per il segnale nonché il fattore di scala (si possono prendere per esempio i valori -5; 25; 1).

Confermare la scelta premendo ENTER e il sistema è pronto per l'acquisizione dei dati vera e propria.



- Premere ENTER per far partire l'acquisizione dati predisposta.
- Se è stata scelta la modalità DOPO ACQUISIZIONE sulla calcolatrice appare la scritta IN CORSO DI ACQUISIZIONE e in basso a destra la scritta BUSY, se è stata scelta la modalità DURANTE ACQUISIZIONE sulla calcolatrice compare il grafico temperatura in funzione del tempo.

Osservazione dei dati raccolti

- Terminata l'acquisizione il programma comunica di aver memorizzato i tempi nella lista L1 e i valori corrispondenti alla temperatura nella lista L2.

Premendo ENTER è possibile osservare il grafico temperatura in funzione del tempo scegliendo l'opzione 2 e quindi l'opzione 1.

Dovrebbe essere visibile la sosta termica in concomitanza con il passaggio di stato dell'acqua da liquido a solido, corrispondente a una temperatura di 0 °C. (Qualora si utilizzi acqua di rubinetto anziché acqua distillata la sosta termica si verifica ad una temperatura compresa tra 0 °C e 1 °C).

- Premendo il tasto 7: ESCI viene chiesto se si desidera ripetere oppure no l'acquisizione dei dati. Se si è soddisfatti dei dati raccolti scegliere l'opzione 1: NO e confermare premendo ENTER.

Salvare i dati raccolti

- A questo punto si può richiedere il salvataggio dei dati selezionando l'opzione 7: SALVA /CANCELLA dal MENU PRINCIPALE.

La finestra che compare, dotata di un pop-up menù permette di sovrascrivere variabili DATA (files) già esistenti in memoria oppure di scegliere un nuovo nome col quale salvare i dati appena acquisiti. Selezionando ALTRO compare infatti la seconda finestra SALVA CON NOME, mentre scegliendo ESCI si torna al menu principale senza salvare.

- Il passo successivo è scegliere se archiviare o no i dati salvati. Nel secondo caso è possibile modificare i dati ma essi vengono salvati nella memoria RAM riducendone lo spazio libero. Normalmente è consigliabile archiviare i dati (è sempre possibile eliminare l'archiviazione premendo l'opzione 9:Unarchive Variable in VAR-LINK).

2° esperimento

Modalità

Si scaldano su un riscaldatore elettrico la stessa quantità contenuta in due becher di:

- acqua e alcool (versione A)
- acqua e una soluzione di acqua e cloruro di sodio (versione B)
- acqua e una soluzione di acqua e alcool (versione C)

Preparazione del sistema di acquisizione dati

- Collegare la calcolatrice con CBL mediante l'apposito cavetto
- Accendere la calcolatrice e il CBL
- Porre a scaldare sul riscaldatore i due becher riempiti con i due liquidi
- Immergere i sensori di temperatura nei due becher
- Sulla riga di comando dell'ambiente HOME della calcolatrice digitare la parola physics()
- Premere ENTER → Compare una schermata in cui viene richiesto il modello di calcolatrice che si sta utilizzando. Muovendosi con il cursore (o digitando direttamente il numero 1) scegliere l'opzione 1: TI 89. Schiacciare il tasto ENTER per confermare il modello TI 89.
- La finestra che si apre indica la versione del software physics caricato nella TI 89 che si sta utilizzando. Premendo ENTER compare il MENU PRINCIPALE

Predisposizione sonda

- Confermare l'opzione evidenziata 1: PREDISPOSIZIONE SONDE premendo il tasto ENTER. Scegliere l'opzione 2:DUE per poter utilizzare due sonde di temperatura e premere ENTER per conferma.
- A questo punto si devono indicare i tipi di sensore che si intendono utilizzare. Premere 8:ALTRO e quindi 6: TEMPERATURA per la prima sonda.
- Seguire le istruzioni scritte sul display della calcolatrice collegando il sensore di temperatura al canale CH1 del CBL
- Ripetere la scelta delle opzioni 8: ALTRO e 6: TEMPERATURA e connettere il secondo sensore al canale CH2 del CBL.

Acquisizione dati

- Dal MENU PRINCIPALE selezionare l'opzione 2: ACQUISIZIONE che offre una scelta tra diverse modalità di acquisizione dei dati.
- Digitare 2: GRAFICO vs TEMPO per registrare i dati in funzione del tempo. Tale scelta porta ad una schermata che richiede l'intervallo di tempo tra i campionamenti (in secondi) e il numero di punti che si desiderano campionare. Per esempio scegliere 5 secondi e 120 campionamenti (Dopo ogni digitazione premere ENTER per conferma).
- Dopo una schermata di controllo che visualizza la durata complessiva dell'esperimento (in questo caso 600 secondi) confermare la scelta con ENTER e poi con l'opzione 1: OK. (Se non si è soddisfatti della scelta fatta premere l'opzione 2: MODIFICA VALORI)
- Nella finestra in cui si giunge c'è la possibilità di scegliere tra un grafico tracciato al termine dell'acquisizione o durante l'acquisizione. Scegliere l'opzione che si preferisce facendo attenzione però che nel primo caso è possibile che l'acquisizione termini prima di essere giunti alla temperatura di ebollizione; nel secondo caso è necessario impostare i valori minimo e massimo della temperatura attesi per il segnale nonché il fattore di scala (si possono prendere per esempio i valori 20; 110; 1).

Confermare la scelta premendo ENTER e il sistema è pronto per l'acquisizione dei dati vera e propria.

- Premere ENTER per far partire l'acquisizione dati predisposta.

- Se è stata scelta la modalità DOPO ACQUISIZIONE sulla calcolatrice appare la scritta IN CORSO DI ACQUISIZIONE e in basso a destra la scritta BUSY, se è stata scelta la modalità DURANTE ACQUISIZIONE sulla calcolatrice compare il grafico temperatura in funzione del tempo.

Osservazione dei dati raccolti

- Terminata l'acquisizione il programma comunica di aver memorizzato i tempi nella lista L1 e i valori corrispondenti alla temperatura rispettivamente nella lista L2 (per la sonda collegata al canale 1 del CBL) e nella lista L3 (per la sonda collegata al canale 2 del CBL)..

Premendo ENTER è possibile scegliere quale variabile vedere disegnata in un grafico in funzione del tempo:

la temperatura rilevata dalla prima sonda la temperatura rilevata dalla seconda sonda entrambe le temperature

- Scegliere la voce 3: ENTRAMBI per confrontare i grafici di riscaldamento delle due sostanze.
- Premendo l'opzione ESCI viene chiesto se si desidera ripetere oppure no l'acquisizione dei dati. Se si è soddisfatti dei dati raccolti scegliere l'opzione 1: NO e confermare premendo ENTER.

Alcune considerazioni

Versione A:

- La temperatura di ebollizione cambia da sostanza a sostanza.

Versione B:

- La temperatura di ebollizione, in una soluzione, dipende dalla quantità di soluto.
- Durante l'ebollizione l'acqua evapora e la fase solida della soluzione aumenta.

Versione C:

- La soluzione comincia a bollire ad una temperatura (dove si individua una prima sosta termica) e poi la temperatura aumenta ancora.

L'andamento del grafico permette di dire che il liquido esaminato è costituito da due sostanze.

Dall'odore è possibile stabilire che l'alcool è evaporato. Questo esperimento permette di individuare così una possibile tecnica di separazione delle soluzioni con il metodo della distillazione.

Salvare i dati raccolti

Come nell'esperimento 1 è possibile salvare i dati.

3° esperimento

Bagnando la nostra pelle con acqua, in giornate particolarmente calde, è possibile ottenere refrigerio. Anche quando ci strofiniamo con l'alcool è nota la sensazione di freschezza. A contatto con il calore del corpo l'alcool o l'acqua vaporizzano, assorbendo energia e dando origine alla sensazione momentanea di freschezza.

Modalità

- Avvolgere i bulbi delle sonde con pochissimo cotone idrofilo.
- Bagnare in alcool il bulbo della prima sonda
- In sequenza bagnare con altri liquidi il bulbo della seconda sonda.

Preparazione del sistema di acquisizione dati

- Collegare la calcolatrice con CBL mediante l'apposito cavetto
- Accendere la calcolatrice e il CBL
- Sulla riga di comando dell'ambiente HOME della calcolatrice digitare la parola physics()
- Premere ENTER → Compare una schermata in cui viene richiesto il modello di calcolatrice che si sta utilizzando. Muovendosi con il cursore (o digitando direttamente il numero 1) scegliere l'opzione 1: TI 89. Schiacciare il tasto ENTER per confermare il modello TI 89.
- La finestra che si apre indica la versione del software physics caricato nella TI 89 che si sta utilizzando. Premendo ENTER compare il MENU PRINCIPALE

Predisposizione sonda

- Confermare l'opzione evidenziata 1: PREDISPOSIZIONE SONDE premendo il tasto ENTER. Scegliere l'opzione 2:DUE per poter utilizzare due sonde di temperatura e premere ENTER per conferma.
- A questo punto si devono indicare i tipi di sensore che si intendono utilizzare. Premere 8:ALTRO e quindi 6: TEMPERATURA per la prima sonda.
- Seguire le istruzioni scritte sul display della calcolatrice collegando il sensore di temperatura al canale CH1 del CBL
- Ripetere la scelta delle opzioni 8: ALTRO e 6: TEMPERATURA e connettere il secondo sensore al canale CH2 del CBL.

Acquisizione dati

- Dal MENU PRINCIPALE selezionare l'opzione 2: ACQUISIZIONE che offre una scelta tra diverse modalità di acquisizione dei dati.
- Digitare 2: GRAFICO vs TEMPO per registrare i dati in funzione del tempo. Tale scelta porta ad una schermata che richiede l'intervallo di tempo tra i campionamenti (in secondi) e il numero di punti che si desiderano campionare. Per esempio scegliere 5 secondi e 120 campionamenti (Dopo ogni digitazione premere ENTER per conferma).
- Dopo una schermata di controllo che visualizza la durata complessiva dell'esperimento (in questo caso 600 secondi) confermare la scelta con ENTER e poi con l'opzione 1: OK. (Se non si è soddisfatti della scelta fatta premere l'opzione 2: MODIFICA VALORI)
- Nella finestra in cui si giunge c'è la possibilità di scegliere tra un grafico tracciato al termine dell'acquisizione o durante l'acquisizione. E' consigliabile osservare i grafici in tempo reale ma, in questo caso, è necessario impostare i valori minimo e massimo della temperatura attesi per il segnale nonché il fattore di scala (si possono prendere per esempio i valori 15; 25; 1).

Confermare la scelta premendo ENTER e il sistema è pronto per l'acquisizione dei dati vera e propria.

- Premere ENTER per far partire l'acquisizione dati predisposta.
- Se è stata scelta la modalità DOPO ACQUISIZIONE sulla calcolatrice appare la scritta IN CORSO DI ACQUISIZIONE e in basso a destra la scritta BUSY, se è stata scelta la modalità DURANTE ACQUISIZIONE sulla calcolatrice compare il grafico temperatura in funzione del tempo.

Osservazione dei dati raccolti

- Terminata l'acquisizione il programma comunica di aver memorizzato i tempi nella lista L1 e i valori corrispondenti alla temperatura rispettivamente nella lista L2 (per la sonda collegata al canale 1 del CBL) e nella lista L3 (per la sonda collegata al canale 2 del CBL).

Premendo ENTER è possibile scegliere quale variabile vedere disegnata in un grafico in funzione del tempo:

la temperatura rilevata dalla prima sonda la temperatura rilevata dalla seconda sonda entrambe le temperature

- Scegliere la voce 3: ENTRAMBI per confrontare i grafici di riscaldamento delle due sostanze.
- Premendo l'opzione ESCI viene chiesto se si desidera ripetere oppure no l'acquisizione dei dati. Se si è soddisfatti dei dati raccolti scegliere l'opzione 1: NO e confermare premendo ENTER.

Alcune considerazioni

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

Salvare i dati raccolti

Come nell'esperimento 1 è possibile salvare i dati.

Scheda n. 3

Dilatazione termica: il comportamento anomalo dell'acqua

Scopo dell'esperienza

- Illustrare una semplice procedura sperimentale per lo studio della variazione della densità dell'acqua e di altri fluidi al variare della temperatura.

- Mostrare sperimentalmente che l'acqua ha un comportamento diverso dagli altri liquidi per quanto riguarda la dilatazione termica.

- Seguire l'andamento nel tempo della temperatura a diversi livelli di profondità e confrontarlo con il comportamento di altri liquidi.

Cosa dice la teoria

Normalmente quando si aumenta la temperatura di un liquido, si osserva che il suo volume aumenta; ciò accade anche per l'acqua a temperature superiori ai 4 °C. Nell'intervallo compreso tra 0 °C e 4 °C l'acqua presenta un comportamento anomalo: il suo volume invece di aumentare diminuisce. Alla temperatura di 4 °C si raggiunge quindi la massima densità. L'acqua a tale temperatura tende a depositarsi verso il fondo.

Strumenti e materiali utilizzati

Calcolatrice grafico-simbolica TI 89. CBL. Cavo di collegamento CBL – TI 89. 3 sensori di temperatura. Un cilindro da 500 cc, di altezza pari a circa 35 cm Acqua a bassa temperatura Ghiaccio tritato Altri liquidi come: alcool denaturato, olio, ... Panno per coibentare.



Programma

Sulla calcolatrice è caricato il programma Physics, versione 7/2003

Modalità

Legare tra loro tre sonde di temperatura in modo che le parti sensibili si trovino ad una distanza di circa 10 cm l'una dall'altra. Preparare in un recipiente una miscela di acqua e ghiaccio con temperatura intorno ai 0°C, quindi versare la miscela all'interno del cilindro. Inserirvi le tre sonde e prestare attenzione al fatto che il sensore più basso sia molto vicino al fondo del recipiente e che non scivoli durante la misura.

E' consigliabile avvolgere il cilindro con un panno (in modo che gli scambi di calore con l'esterno non siano troppo rapidi) e coprirne la sommità (per minimizzare l'evaporazione del liquido che raffredderebbe lo strato superficiale).

Una volta terminata la misura con l'acqua ripetere la misura utilizzando altri liquidi preventivamente raffreddati.

Preparazione del sistema di acquisizione dati

- Collegare la calcolatrice con CBL mediante l'apposito cavetto
- Accendere la calcolatrice e il CBL
- Sulla riga di comando dell'ambiente HOME della calcolatrice digitare la parola physics()
- Premere ENTER → Compare una schermata in cui viene richiesto il modello di calcolatrice che si sta utilizzando. Muovendosi con il cursore (o digitando direttamente il numero 1) scegliere l'opzione 1: TI 89. Schiacciare il tasto ENTER per confermare il modello TI 89.
- La finestra che si apre indica la versione del software physics caricato nella TI 89 che si sta utilizzando. Premendo ENTER compare il MENU PRINCIPALE

Predisposizione sonda

- La prima opzione del MENU PRINCIPALE è PREDISPOSIZIONE SONDE. Premere ENTER. Si arriva ad una finestra nella quale viene richiesto quante sonde si intendono usare. Scegliere l'opzione 3:TRE e premere ENTER per conferma.
- A questo punto si devono indicare i tipi di sensore che si intendono utilizzare. Premere 8:ALTRO e quindi 6: TEMPERATURA per la prima sonda.
- Seguire le istruzioni scritte sul display della calcolatrice collegando il sensore di temperatura al canale CH1 del CBL.
- Ripetere la scelta delle opzioni 8: ALTRO e 6: TEMPERATURA e connettere il secondo sensore al canale CH2 del CBL.
- Ripetere la stessa scelta ancora una volta e connettere il terzo sensore al canale CH3 del CBL.

Acquisizione dati

- Dal MENU PRINCIPALE selezionare l'opzione 2: ACQUISIZIONE che offre una scelta tra diverse modalità di acquisizione dei dati.
- Digitare 2: GRAFICO vs TEMPO per registrare i dati in funzione del tempo. Tale scelta porta ad una schermata che richiede l'intervallo di tempo tra i campionamenti (in secondi) e il numero di punti che si desiderano campionare. Per esempio scegliere 30 secondi e 90 campionamenti (Dopo ogni digitazione premere ENTER per conferma).
- Dopo una schermata di controllo che visualizza la durata complessiva dell'esperimento (in questo caso 2.7×10^3 secondi, vale a dire 45 minuti) confermare la scelta con ENTER e poi con l'opzione 1: OK. (Se non si è soddisfatti della scelta fatta premere l'opzione 2: MODIFICA VALORI)
- Nella finestra in cui si giunge c'è la possibilità di scegliere tra un grafico tracciato al termine dell'acquisizione o durante l'acquisizione. E' consigliabile scegliere la seconda opzione per osservare in tempo reale l'andamento della temperatura dell'acqua a diversi livelli di profondità. E' necessario impostare i valori minimo e massimo della temperatura attesi per il segnale nonché il fattore di scala (si possono prendere per esempio i valori -2; 10; 1).

Confermare la scelta premendo ENTER e il sistema è pronto per l'acquisizione dei dati vera e propria.

- Premere ENTER per far partire l'acquisizione dati predisposta.

- Con la modalità DURANTE ACQUISIZIONE sulla calcolatrice compare il grafico temperatura in funzione del tempo.

Osservazione dei dati raccolti

- Terminata l'acquisizione il programma comunica di aver memorizzato i tempi nella lista L1 e i valori corrispondenti alla temperatura rispettivamente nella lista L2 (per la sonda collegata al canale 1 del CBL), nella lista L3 (per la sonda collegata al canale 2 del CBL), nella lista L4 (per la sonda collegata al canale 3 del CBL).

Premendo ENTER è possibile scegliere quale variabile vedere disegnata in un grafico in funzione del tempo:

la temperatura rilevata dalla prima sonda

la temperatura rilevata dalla seconda sonda

la temperatura rilevata dalla terza sonda

tutte tre le temperature

- Scegliere la voce 4: TUTTI per confrontare i grafici della temperatura nei tre diversi livelli di profondità.
- La schermata successiva indica con quale segno grafico verranno indicati i dati sperimentali delle tre acquisizioni.
- Premendo l'opzione ESCI viene chiesto se si desidera ripetere oppure no l'acquisizione dei dati. Se si è soddisfatti dei dati raccolti scegliere l'opzione 1: NO e confermare premendo ENTER.

Salvare i dati raccolti

- A questo punto si può richiedere il salvataggio dei dati selezionando l'opzione 7: SALVA /CANCELLA dal MENU PRINCIPALE.

La finestra che compare, dotata di un pop-up menù permette di sovrascrivere variabili DATA (files) già esistenti in memoria oppure di scegliere un nuovo nome col quale salvare i dati appena acquisiti. Selezionando ALTRO compare infatti la seconda finestra SALVA CON NOME, mentre scegliendo ESCI si torna al menu principale senza salvare.

- Il passo successivo è scegliere se archiviare o no i dati salvati. Nel secondo caso è possibile modificare i dati ma essi vengono salvati nella memoria RAM riducendone lo spazio libero. Normalmente è consigliabile archiviare i dati (è sempre possibile eliminare l'archiviazione premendo l'opzione 9:Unarchive Variable in VAR-LINK. Per entrare nell'ambiente VAR-LINK premere il tasto giallo e successivamente il tasto -).

Alcune considerazioni

Per l'acqua si dovrebbe osservare una forma irregolare delle tre curve, che dovrebbero intersecarsi in più punti.

Si dovrebbero individuare nel grafico tre parti interessanti:

- Una parte iniziale in cui nella parte inferiore del cilindro la temperatura si mantiene pressoché costante intorno ad un valore di circa 4 °C. Nella parte superiore invece, a causa dei moti convettivi, le temperature variano di qualche grado, tra 2 °C e 5 °C. Questo conferma che la densità dell'acqua presenta un massimo in prossimità di 4 °C. All'inizio gli strati superiori si trovano a temperature più basse di 4 °C, poi cessa l'anomalia e la

temperatura registrata per l'acqua degli strati superiori aumenta. L'acqua a temperatura superiore è anche meno densa e si trova nella parte superiore del cilindro.

- Una parte intermedia in cui si assiste ad una fase di riassestamento in cui le temperature degli strati fluttuano sino a portarsi in una condizione vicina all'equilibrio termico nel quale le sonde rilevano praticamente la stessa temperatura.

- Una parte finale in cui ridiventa visibile il fatto che l'acqua a temperatura superiore si trova negli strati superiori del cilindro.

Per l'alcool si dovrebbe osservare una forma più regolare delle tre curve. La sonda che si trova più in alto dovrebbe misurare sempre una temperatura superiore rispetto alle altre due. Questo significa che per tutto l'intervallo di temperature esplorato, all'aumentare della temperatura aumenta il volume del liquido e la sua densità diminuisce.

Scheda n. 4

Equilibrio termico

Scopo dell'esperienza

- Fornire una semplice procedura sperimentale che possa essere utile a illustrare e far comprendere il fenomeno dell'equilibrio termico.

Strumenti e materiali utilizzati

Calcolatrice grafico-simbolica TI 89. CBL.

Cavo di collegamento CBL – TI 89. 2 sensori di temperatura.



Un thermos o un contenitore cilindrico di polistirolo con coperchio

Un palloncino di gomma che possa contenere una quantità d'acqua di almeno 100 cm³ Un recipiente graduato, fornito di beccuccio, che permetta di misurare le quantità d'acqua e di riempire agevolmente il palloncino

100 cm³ di acqua fresca (per esempio ad una temperatura di 18 °C)

100 cm³ di acqua tiepida (per esempio ad una temperatura di 30 °C)

Programma

Sulla calcolatrice è caricato il programma Physics, versione 7/2003

Modalità

Versare dentro il thermos una certa quantità di acqua tiepida (per esempio 100 cm^3 e immergervi una sonda di temperatura.

Riempire il palloncino con la stessa quantità d'acqua fresca, presa dal frigorifero. (se il thermos ha un'imboccatura stretta occorrerà riempire il palloncino quando esso si trova già all'interno del thermos). Inserire la seconda sonda di temperatura all'interno del palloncino e quindi chiuderlo con un elastico in modo che l'acqua rimanga confinata all'interno del palloncino. Adagiarlo poi sul fondo del thermos.

Chiudere il thermos con un panno o con un tappo di sughero bucato (per far uscire le sonde)

Preparazione del sistema di acquisizione dati

- Collegare la calcolatrice con CBL mediante l'apposito cavetto
- Accendere la calcolatrice e il CBL
- Sulla riga di comando dell'ambiente HOME della calcolatrice digitare la parola physics()
- Premere ENTER → Compare una schermata in cui viene richiesto il modello di calcolatrice che si sta utilizzando. Muovendosi con il cursore (o digitando direttamente il numero 1) scegliere l'opzione 1: TI 89. Schiacciare il tasto ENTER per confermare il modello TI 89.
- La finestra che si apre indica la versione del software physics caricato nella TI 89 che si sta utilizzando. Premendo ENTER compare il MENU PRINCIPALE

Predisposizione sonda

- La prima opzione del MENU PRINCIPALE è PREDISPOSIZIONE SONDE. Premere ENTER. Si arriva ad una finestra nella quale viene richiesto quante sonde si intendono usare. Scegliere l'opzione 2:DUE e premere ENTER per conferma.
- A questo punto si devono indicare i tipi di sensore che si intendono utilizzare. Premere 8:ALTRO e quindi 6: TEMPERATURA per la prima sonda.
- Seguire le istruzioni scritte sul display della calcolatrice collegando il sensore di temperatura al canale CH1 del CBL.
- Ripetere la scelta delle opzioni 8: ALTRO e 6: TEMPERATURA e connettere il secondo sensore al canale CH2 del CBL.

Acquisizione dati

- Dal MENU PRINCIPALE selezionare l'opzione 2: ACQUISIZIONE che offre una scelta tra diverse modalità di acquisizione dei dati.
- Digitare 2: GRAFICO vs TEMPO per registrare i dati in funzione del tempo. Tale scelta porta ad una schermata che richiede l'intervallo di tempo tra i campionamenti (in secondi) e il numero di punti che si desiderano campionare. Per esempio scegliere 12 secondi e 200 campionamenti (Dopo ogni digitazione premere ENTER per conferma).
- Dopo una schermata di controllo che visualizza la durata complessiva dell'esperimento (in questo caso 2.4 x 10³ secondi, vale a dire 40 minuti) confermare la scelta con ENTER e poi con l'opzione 1: OK. (Se non si è soddisfatti della scelta fatta premere l'opzione 2: MODIFICA VALORI)
- Nella finestra in cui si giunge c'è la possibilità di scegliere tra un grafico tracciato al termine dell'acquisizione o durante l'acquisizione. E' consigliabile scegliere la seconda opzione per osservare in tempo reale l'andamento della temperatura dell'acqua registrata dai due sensori. E' necessario impostare i valori minimo e massimo della temperatura attesi per il segnale nonché il fattore di scala (si possono prendere per esempio i valori 18; 30; 1).

Confermare la scelta premendo ENTER e il sistema è pronto per l'acquisizione dei dati vera e propria.

- Premere ENTER per far partire l'acquisizione dati predisposta.
- Con la modalità DURANTE ACQUISIZIONE sulla calcolatrice compare il grafico temperatura in funzione del tempo.

Osservazione dei dati raccolti

- Terminata l'acquisizione il programma comunica di aver memorizzato i tempi nella lista L1 e i valori corrispondenti alla temperatura rispettivamente nella lista L2 (per la sonda collegata al canale 1 del CBL) e nella lista L3 (per la sonda collegata al canale 2 del CBL).
- Premendo ENTER è possibile scegliere quale variabile vedere disegnata in un grafico in funzione del tempo:
 - la temperatura rilevata dalla prima sonda
 - la temperatura rilevata dalla seconda sonda
 - entrambe le temperature
- Scegliere la voce 3: ENTRAMBI per confrontare i grafici della temperatura nelle due situazioni considerate.

- La schermata successiva indica con quale segno grafico verranno indicati i dati sperimentali delle due acquisizioni.
- Usando il comando F3 (TRACE), si possono leggere nel grafico i valori della temperatura nei vari punti. E' utile per esempio conoscere la temperatura iniziale dell'acqua inizialmente tiepida, la temperatura iniziale dell'acqua inizialmente fresca, la temperatura raggiunta all'quilibrio.
- Premendo l'opzione ESCI viene chiesto se si desidera ripetere oppure no l'acquisizione dei dati. Se si è soddisfatti dei dati raccolti scegliere l'opzione 1: NO e confermare premendo ENTER.

Salvare i dati raccolti

- A questo punto si può richiedere il salvataggio dei dati selezionando l'opzione 7: SALVA /CANCELLA dal MENU PRINCIPALE.
 La finestra che compare, dotata di un pop-up menù permette di sovrascrivere variabili DATA (files) già esistenti in memoria oppure di scegliere un nuovo nome col quale salvare i dati appena acquisiti. Selezionando ALTRO compare infatti la seconda finestra SALVA CON NOME, mentre scegliendo ESCI si torna al menu principale senza salvare.
- Il passo successivo è scegliere se archiviare o no i dati salvati. Nel secondo caso è possibile modificare i dati ma essi vengono salvati nella memoria RAM riducendone lo spazio libero. Normalmente è consigliabile archiviare i dati (è sempre possibile eliminare l'archiviazione premendo l'opzione 9:Unarchive Variable in VAR-LINK. Per entrare nell'ambiente VAR-LINK premere il tasto giallo e successivamente il tasto -).

Alcune considerazioni

Visto che le quantità d'acqua usate sono le stesse, come mai le due curve non risultano perfettamente simmetriche?

Questo fatto si può interpretare tenendo conto che in realtà gli scambi temici non avvengono tra due oggetti ma tra tre, perché bisogna considerare anche il contenitore.

Se il sistema fosse perfettamente adiabatico tutto il calore ceduto dal corpo inizialmente a temperatura superiore verrebbe acquistato dal corpo inizialmente a temperatura inferiore.

Scheda n. 5

Realizzazione di una trasformazione isoterma dell'aria contenuta in una siringa

Scopo dell'esperienza

Ricercare la relazione tra pressione e volume per un gas mantenuto a temperatura costante.

Strumenti e materiali utilizzati

Calcolatrice grafico-simbolica TI 89. CBL. Cavo di collegamento CBL – TI 89. Sensore di pressione Vernier con siringa da 20 cm³. Cavetto adattatore. Il gas è l'aria racchiusa nella siringa.



Programma

Sulla calcolatrice è caricato il programma Physics, versione 7/2003

Preparazione del sistema di acquisizione dati

- Collegare la calcolatrice con CBL mediante l'apposito cavetto
- Accendere la calcolatrice e il CBL
- Sulla riga di comando dell'ambiente HOME della calcolatrice digitare la parola physics()
- Premere ENTER → Compare una schermata in cui viene richiesto il modello di calcolatrice che si sta utilizzando. Muovendosi con il cursore (o digitando direttamente il numero 1) scegliere l'opzione 1: TI 89. Schiacciare il tasto ENTER per confermare il modello TI 89.
- La finestra che si apre indica la versione del software physics caricato nella TI 89 che si sta utilizzando. Premendo ENTER compare il MENU PRINCIPALE
- Collegare mediante il cavetto adattatore il sensore di pressione al canale CH1 del CBL.
- Sollevare il pistone della siringa fino alla tacca corrispondente al massimo volume: 20 cm³.
- Inserire la siringa nella valvola a due vie del tubicino di plastica che sporge dal sensore.

Predisposizione sonda

- La prima opzione del MENU PRINCIPALE è PREDISPOSIZIONE SONDE. Premere ENTER. Si arriva ad una finestra nella quale viene richiesto quante sonde si intendono usare. Scegliere l'opzione 1:UNO e premere ENTER per conferma.
- La successiva finestra consente di scegliere il tipo di sensore che si intende utilizzare. Muovendosi con il cursore o digitando direttamente il numero 5 scegliere l'opzione 5: PRESSIONE e premere ENTER per conferma.
- Seguire le istruzioni scritte sul display della calcolatrice collegando il sensore di pressione al canale CH1 del CBL e premere ENTER.

- Nella finestra successiva viene richiesta l'unità di misura della pressione. Selezionare kPa per rimanere nell'ambito delle unità del S.I.
- Viene richiesto il codice del sensore a disposizione. Selezionare l'opzione 2: GPS-BTA
- Il sensore di pressione è un sensore già calibrato per cui rispondere scegliendo l'opzione 1:NO alla richiesta di ricalibrazione.

Acquisizione dati

- Dal MENU PRINCIPALE selezionare l'opzione 2: ACQUISIZIONE che offre una scelta tra diverse modalità di acquisizione dei dati.
- Scegliere l'opzione 3: ACQUISISCI/DIGITA per associare ai valori di pressione misurati dal sensore quelli del volume della siringa immessi manualmente quando viene richiesto.
- Se il pistone della siringa è in posizione, premere ENTER e, quando compare la scritta DIGITA VALORE, digitare sulla calcolatrice il valore del volume letto sulla siringa. Il messaggio successivo propone di continuare la raccolta di dati (1: ALTRI DATI), di terminare e tracciare il grafico (2: STOP: GRAFICO) o di effettuare una pausa.
- Ripetete lo stesso procedimento più volte fino a comprimere il gas in un piccolo volume.
- Scegliere l'opzione 2: STOP: GRAFICO per terminare la raccolta dei dati.
- A questo punto si può considerare un grafico in cui la pressione è in funzione del volume scegliendo l'opzione 1: CANALE 1.
- Premendo ENTER viene chiesto se si desidera ripetere oppure no l'acquisizione dei dati. Se si è soddisfatti dei dati raccolti scegliere l'opzione 1: NO e confermare premendo ENTER.
- A questo punto si richiede il salvataggio dei dati selezionando l'opzione 7: SALVA/CANCELLA dal menu principale.

La finestra che compare, dotata di un pop-up menù permette di sovrascrivere variabili DATA (files) già esistenti in memoria oppure di scegliere un nuovo nome col quale salvare i dati appena acquisiti. Selezionando ALTRO compare infatti la seconda finestra SALVA CON NOME, mentre scegliendo ESCI si torna al munu principale senza salvare.

Analisi dei dati

L'andamento dei dati suggerisce un'ipotesi di proporzionalità inversa tra le grandezze in esame.

Come verificare tale ipotesi.

METODO 1:

Ricercare l'equazione e il grafico della curva di interpolazione.

- Per studiare la relazione che sussiste fra i diversi dati, dal MENU PRINCIPALE selezionare l'opzione 3: ANALISI
- Dal MENU ANALISI scegliere l'opzione 1: GRAFICA/INTERPOLA.
- Premendo l'opzione 2: INTERPOLAZIONE viene richiesto di scegliere la grandezza sull'asse X (1: tempo o manuale) e la grandezza sull'asse Y. (2: canale 1)
- E' possibile decidere le opzioni del grafico: se devono essere riportati solo i punti sperimentali, se la linea che li congiunge o se entrambe le opzioni.

Per esempio scegliere 1: SOLO PUNTI.

- Compare a questo punto una lista delle possibili interpolazioni.
 Scegliere l'opzione 4: POTENZA
 Compaiono l'equazione (nella forma Y = A*X^B dove Y è la pressione e X il volume) e i parametri della curva interpolante.
 E' utile appatera sul guadarno di laboratorio i parametri ottonuti
 - E' utile annotare, sul quaderno di laboratorio, i parametri ottenuti.
- Premendo nuovamente ENTER vengono tracciati i dati sperimentali assieme alla curva interpolante.

<u>Osservazione</u>: Per una conferma dell'ipotesi di proporzionalità inversa tra volume e pressione il parametro B dovrebbe essere esattamente -1. Perché se ne discosta?

METODO 2:

Determinare la costante PV = k

La proporzionalità inversa tra due grandezze, infatti, può essere verificata calcolando se il loro prodotto resta costante.

- Uscire dal programma physics scegliendo dal MENU PRINCIPALE l'opzione 8: ESCI da PHYSICS
- Analizzare i dati su un foglio elettronico entrando nell'ambiente DATA MATRIX EDITOR. Premere il tasto APPS (applications), selezionare l'opzione 6: Data/Matrix Editor e quindi l'opzione 1:Current.

Nella foglio elettronico compaiono i valori del volume nella prima colonna e quelli della pressione nella seconda.

- Nelle celle immediatamente sopra le due celle c1 e c2 si possono scrivere le intestazioni, per esempio: V(cm3) e P(kPa).
- Nella colonna c3 inserire i valori del prodotto PV posizionandosi nella cella c3 e digitando c2xc1.
- I valori del prodotto sono approssimativamente costanti. Per determinare il valore medio \overline{x} (e la sua deviazione standard) premere F5, selezionare l'opzione OneVar nella riga Calculation Type e digitare come unica variabile x la colonna c3, quindi premere ENTER.

<u>Osservazione</u>: Per una conferma dell'ipotesi di proporzionalità inversa tra volume e pressione i valori del prodotto PV dovrebbero mantenersi costanti invece diventano via via più piccoli diminuendo il volume. Perché succede questo?

METODO 3:

Ricercare una relazione lineare.

La proporzionalità inversa tra due grandezze, infatti, può essere verificata controllando se esiste una proporzionalità diretta tra una grandezza e il reciproco dell'altra.

- Uscire dal programma physics scegliendo dal MENU PRINCIPALE l'opzione 8: ESCI da PHYSICS
- Analizzare i dati su un foglio elettronico entrando nell'ambiente DATA MATRIX EDITOR. Premere il tasto APPS (applications), selezionare l'opzione 6: Data/Matrix Editor e quindi l'opzione 1:Current.
 - Nella foglio elettronico compaiono i valori del volume nella prima colonna e quelli della pressione nella seconda.
- Nelle celle immediatamente sopra le due celle c1 e c2 si possono scrivere le intestazioni, per esempio: V(cm³) e P(kPa).
- Nella colonna c3, se si è svolto il metodo 2, sono inseriti i valori del prodotto PV.

- Nella colonna c4 inserire i valori dell'inverso della pressione digitando 1/c2.
- Costruire il grafico del volume in funzione del reciproco della pressione. Premere F2: Plot Setup e poi premere F1: Define. Si giunge ad una finestra in cui è possibile impostare il grafico: tipo di grafico (es: Scatter), simbolo utilizzato per i punti (es: Box), le variabili sull'asse delle ascisse (c4 per il reciproco della pressione) e sull'asse delle ordinate (c1 per il volume). Premere ENTER per salvare le impostazioni. (Se non è presente il simbolo √ prima di Plot 1, premere F4: √ per selezionare).
- Visualizzare il grafico premendo il tasto APPS e di seguito selezionando l'opzione
 4: Graph (o premendo il tasto diamond ♦ e il tasto F3).
 - Se il grafico non appare sul display premere F2 e quindi l'opzione 9: Zoom Data
- L'andamento dei dati sembra indicare una relazione di proporzionalità diretta tra le due grandezze. E' possibile determinare la retta di interpolazione $y = a \cdot x + b$. Per fare questo tornare al foglio elettronico premendo i tasti APPS e 6: Data Matrix Editor e quindi 1: Current; premere F5: Calc. Scegliere l'opzione LinReg per Calcutation Type, c4 per l'asse x e c1 per l'asse y. Con il pulsante direzionale, nella riga "StoreRegEQ to", selezionare y1(x) e premere ENTER per conferma. Premere nuovamente ENTER per salvare le impostazioni.

Il software fornisce l'equazione della retta dei minimi quadrati, il coefficiente di correlazione e il suo quadrato. I parametri dell'equazione vengono salvati automaticamente nell'equazione y1(x) dell'ambiente Y= (ambiente che si raggiunge digitando il tasto diamond \blacklozenge e il tasto F1) ma è utile riportarli nel quaderno di lavoro. Un coefficiente di correlazione molto vicino a -1 indica l'esistenza di una relazione lineare tra i valori delle colonne c4 e c1.

- Premere APPS e digitare 4: Graph (oppure ♦ + F3). Viene disegnata la retta di interpolazione assieme ai dati sperimentali.

<u>Osservazione</u>: Per una conferma dell'ipotesi di proporzionalità inversa tra volume e pressione la retta di interpolazione dovrebbe passare per l'origine degli assi. Perché invece il coefficiente b della retta non è nullo?

Spiegazione alle osservazioni:

Si tratta di tenere conto di un "volume nascosto": il tubicino che collega il sensore alla siringa ha un diametro interno di 4 mm e una lunghezza di 175 mm, quindi il suo volume è di circa 2.2 cm³. Al volume iniziale contribuiscono probabilmente anche un'estremità della siringa e lo spazio all'interno alla scatola del sensore prima della membrana. Una differenza di 2 o 3 cm³ su un volume di 8 o 10 cm³ incide per una discreta percentuale.

Proviamo a tenere conto del "volume nascosto" negli ultimi due metodi considerati.

METODO 3:

- Ritornare ai dati sul foglio elettronico entrando nell'ambiente DATA MATRIX EDITOR. Premere il tasto APPS (applications), selezionare l'opzione 6: Data/Matrix Editor e quindi l'opzione 1:Current.
- Dall'equazione della retta di interpolazione $y = a \cdot x + b$, riportata sul quaderno, ricavare il valore assoluto di b.
- Aggiungere il valore assoluto di b ai dati della colonna c1 del volume. Posizionarsi nella colonna c1 e digitare la formula c1 + ...(valore assoluto di b)
- Premere F5: Calc e calcolare la nuova curva di interpolazione fra i dati delle colonne c4 e c1.

METODO 2:

- Dopo aver modificato i dati del volume come suggerito nel metodo 3 vengono automaticamente cambiati anche i dati nella colonna c3 (se non è stata cancellata la digitazione c2xc1 nella cella c3)

Si osservi che non si ha più il sistematico abbassamento del valore del prodotto PV al diminuire del volume.

Scheda n. 6



Problema

Un viaggiatore si reca al bar della stazione e chiede un tè bollente e un poco di latte freddo. Il viaggiatore ha pochi minuti a disposizione e può scegliere tra versare subito il latte freddo e aspettare che la miscela raggiunga una temperatura accettabile oppure aspettare e versare il latte quando il tè si è già un po' raffreddato spontaneamente.

Cosa gli conviene fare per non scottarsi e tuttavia non perdere il treno?

Generalizziamo

Se si vuole raffreddare un liquido caldo versandovi una certa quantità di liquido freddo, si raggiunge più velocemente il risultato voluto se si mescolano i due liquidi il più presto possibile o conviene aspettare un po' di tempo prima di mescolarli?

Scopo dell'esperienza

Risolvere il problema per via sperimentale confrontando l'andamento nel tempo della temperatura nelle due situazioni proposte.

Strumenti e materiali utilizzati

Calcolatrice grafico-simbolica TI 89. CBL.

Cavo di collegamento CBL – TI 89.

- 2 sensori di temperatura.
- 2 bicchieri uguali
- 2 quantità uguali di acqua bollente (il "tè")
- 2 quantità uguali di acqua a temperatura ambiente (il latte)

Programma

Sulla calcolatrice è caricato il programma Physics, versione 7/2003

Preparazione del sistema di acquisizione dati

- Collegare la calcolatrice con CBL mediante l'apposito cavetto
- Accendere la calcolatrice e il CBL
- Sulla riga di comando dell'ambiente HOME della calcolatrice digitare la parola physics()
- Premere ENTER → Compare una schermata in cui viene richiesto il modello di calcolatrice che si sta utilizzando. Muovendosi con il cursore (o digitando direttamente il numero 1) scegliere l'opzione 1: TI 89. Schiacciare il tasto ENTER per confermare il modello TI 89.
- La finestra che si apre indica la versione del software physics caricato nella TI 89 che si sta utilizzando. Premendo ENTER compare il MENU PRINCIPALE



Predisposizione sonda

- La prima opzione del MENU PRINCIPALE è PREDISPOSIZIONE SONDE. Premere ENTER. Si arriva ad una finestra nella quale viene richiesto quante sonde si intendono usare. Scegliere l'opzione 2: DUE e premere ENTER per conferma.
- A questo punto si devono indicare i tipi di sensore che si intendono utilizzare. Premere 8:ALTRO e quindi 6: TEMPERATURA per la prima sonda.
- Seguire le istruzioni scritte sul display della calcolatrice collegando il sensore di temperatura al canale CH1 del CBL.
- Ripetere la scelta delle opzioni 8: ALTRO e 6: TEMPERATURA e connettere il secondo sensore al canale CH2 del CBL.

Acquisizione dati

- Porre i sensori di temperatura in due bicchieri uguali.
- Versare uguali quantità di acqua bollente nei due recipienti e aspettare qualche secondo in modo che le sonde raggiungano l'equilibrio termico con l'acqua.
- Dal MENU PRINCIPALE selezionare l'opzione 2: ACQUISIZIONE che offre una scelta tra diverse modalità di acquisizione dei dati.
- Digitare 2: GRAFICO vs TEMPO per registrare i dati in funzione del tempo. Tale scelta porta ad una schermata che richiede l'intervallo di tempo tra i campionamenti (in secondi) e il numero di punti che si desiderano campionare. Per esempio scegliere 2 secondi e 200 campionamenti (Dopo ogni digitazione premere ENTER per conferma).
- Dopo una schermata di controllo che visualizza la durata complessiva dell'esperimento (in questo caso 4 x 10² secondi) confermare la scelta con ENTER e poi con l'opzione 1: OK. (Se non si è soddisfatti della scelta fatta premere l'opzione 2: MODIFICA VALORI)
- Nella finestra in cui si giunge c'è la possibilità di scegliere tra un grafico tracciato al termine dell'acquisizione o durante l'acquisizione. Per seguire sul display della calcolatrice l'andamento della temperatura durante il raffreddamento è consigliabile scegliere la seconda opzione E' necessario impostare i valori minimo e massimo della temperatura attesi per il segnale nonché il fattore di scala (si possono prendere per esempio come valore minimo la temperatura ambiente (circa 20 °C), come valore massimo una temperatura di poco inferiore a quella dell'acqua bollente (90 °C) e 1 come fattore di scala).

Confermare la scelta premendo ENTER e il sistema è pronto per l'acquisizione dei dati vera e propria.

- Premere ENTER per far partire l'acquisizione dati predisposta.
- Con la modalità DURANTE ACQUISIZIONE sulla calcolatrice compare il grafico temperatura in funzione del tempo.
- Dopo poco tempo dall'inizio dell'acquisizione (quanto basta per verificare che le temperature iniziali sono le stesse e che diminuiscono allo stesso modo) versare in uno dei due bicchieri dell'acqua a temperatura ambiente. Poco prima della fine del tempo a disposizione ripetere la medesima operazione nell'altro bicchiere.

Osservazione dei dati raccolti

- Terminata l'acquisizione il programma comunica di aver memorizzato i tempi nella lista L1 e i valori corrispondenti alla temperatura rispettivamente nella lista L2 (per

la sonda collegata al canale 1 del CBL) e nella lista L3 (per la sonda collegata al canale 2 del CBL).

- Premendo ENTER è possibile scegliere quale variabile vedere disegnata in un grafico in funzione del tempo:
 - la temperatura rilevata dalla prima sonda
 - la temperatura rilevata dalla seconda sonda
 - entrambe le temperature
- Scegliere la voce 3: ENTRAMBI per confrontare i grafici della temperatura nelle due situazioni considerate.
- La schermata successiva indica con quale segno grafico verranno indicati i dati sperimentali delle due acquisizioni.
- Si possono leggere nel grafico i valori della temperatura nei vari punti usando il comando F3 (TRACE)
- Premendo l'opzione ESCI viene chiesto se si desidera ripetere oppure no l'acquisizione dei dati. Se si è soddisfatti dei dati raccolti scegliere l'opzione 1: NO e confermare premendo ENTER.

Salvare i dati raccolti

- A questo punto si può richiedere il salvataggio dei dati selezionando l'opzione 7: SALVA /CANCELLA dal MENU PRINCIPALE.

La finestra che compare, dotata di un pop-up menù permette di sovrascrivere variabili DATA (files) già esistenti in memoria oppure di scegliere un nuovo nome col quale salvare i dati appena acquisiti. Selezionando ALTRO compare infatti la seconda finestra SALVA CON NOME, mentre scegliendo ESCI si torna al menu principale senza salvare.

- Il passo successivo è scegliere se archiviare o no i dati salvati. Nel secondo caso è possibile modificare i dati ma essi vengono salvati nella memoria RAM riducendone lo spazio libero. Normalmente è consigliabile archiviare i dati (è sempre possibile eliminare l'archiviazione premendo l'opzione 9:Unarchive Variable in VAR-LINK. Per entrare nell'ambiente VAR-LINK premere il tasto giallo e successivamente il tasto -).

Alcune considerazioni

- Un corpo prede energia (per irraggiamento, convenzione, conduzione, evaporazione) ad un ritmo tanto più sostenuto quanto maggiore è la differenza di temperatura con l'ambiente, a parità di tutte le altre condizioni
- Dal momento in cui si è aggiunta l'acqua fredda nel primo bicchiere (a) a quello in cui si aggiunge acqua al secondo bicchiere (b), la temperatura nella curva (b) è maggiore che nella curva (a). Per tutto questo tempo la perdita di energia è maggiore in (b) che in (a).
- La quantità di calore ceduta in (b) è complessivamente maggiore che in (a) e la temperatura finale dell'acqua è minore in (b) che in (a).

Conclusioni

Ho voluto inserire questo lavoro in un contesto di ricerca che riguarda la sperimentazione delle calcolatrici grafiche in ambito didattico, con l'intento di dimostrare i possibili vantaggi che tale strumento può offrire alla didattica sperimentale.

Negli anni recenti l'uso del laboratorio didattico nell'insegnamento della fisica si è notevolmente ridotto; in parte per la necessità di avere a disposizione molto tempo per la preparazione degli esperimenti e per l'acquisizione dei dati, in parte per il costo notevole degli apparati didattici tradizionali.

Con i sistemi RTL queste difficoltà possono essere superate. La facilità, l'immediatezza, la flessibilità d'uso e il costo contenuto di questi sistemi offrono agli insegnanti una vasta gamma di percorsi didattici, rendendo possibili anche integrazioni fra diversi settori della fisica.

In questo lavoro ho accennato ad un possibile percorso di laboratorio con RTL indicando alcuni classici argomenti di fisica e indagando altri aspetti raramente affrontati nella didattica tradizionale.

Disporre di un laboratorio RTL significa poter contare su una tecnica di esecuzione di esperimenti con le seguenti caratteristiche:

- rapidità e accuratezza nell'acquisizione di molti dati relativi al fenomeno in esame

- possibilità di registrare tali dati in formato facilmente duplicabile e trasferibile

- facilità e rapidità nella rappresentazione grafica di tali dati

- facilità nella manipolazione dei dati (grafici, interpolazioni, confronti, trasformazioni matematiche...).

Il laboratorio didattico può quindi articolarsi in un *processo ciclico* (riassumibile più brevemente come: modellizzazione del fenomeno - progettazione dell'esperimento - esecuzione dell'esperimento - analisi dei dati - confronto con le previsioni - revisione del modello - nuovo esperimento) che può essere attuabile anche senza RTL. Tuttavia l'uso di RTL consente di rendere tale processo più facilmente attuabile e nel contempo più efficace. La rapidità della acquisizione dati e la facilità della loro elaborazione riduce notevolmente la "distanza" tra la fase iniziale di elaborazione del modello e la fase finale del confronto tra risultati delle misure e previsioni teoriche.

Alla luce di ciò il presente elaborato può risultare utile ad un insegnante che voglia educare gli studenti al ragionamento scientifico.

L'insegnante che abbia acquisito una buona familiarità con la tecnica RTL, potrà utilizzarla sia in *lezioni frontali di tipo dimostrativo* (gli studenti assistono all'esperimento gestito dal docente su un singolo apparato e ne discutono collettivamente i risultati) sia in un *laboratorio di tipo interattivo* (gruppi di studenti eseguono l'esperimento in parallelo con diversi apparati, assistiti dal docente).

I risultati delle misure potranno essere riesaminati in lezioni successive per discussioni e approfondimenti e/o studiati a casa dagli allievi; i dati registrati possono infatti venire duplicati e consegnati a ciascuno, e mantengono tutta la ricchezza di informazione che avevano al momento della acquisizione.

Anche se in questo lavoro non tutte le potenzialità didattiche di RTL sono state esplorate, tuttavia mi sembra che la differenza tra l'approccio tradizionale al laboratorio di fisica e l'approccio che si avvale di RTL appaia chiara alla luce degli esempi forniti.

Alcuni dei grafici ottenuti dai vari gruppi della classe 3^AF del liceo scientifico "J. da Ponte" di Bassano del Grappa con alcune affermazioni degli studenti

Esperimenti di termologia:

- Esperimento 1:



M. "Si tratta di un passaggio di stato da liquido a solido. La temperatura infatti riamane costante per tutto il passaggio di stato e poi T scende ancora".

R. "Si, si tratta del fenomeno della solidificazione".

T. "Ma perché scende sotto lo zero?"

R. "Il fatto che sia andato un po' sotto lo zero non è sbagliato perché non abbiamo lavorato in condizioni ideali. Pensa al ghiaccio in un freezer. In un freezer di casa si può arrivare anche a -16 °C".

S. "Noi abbiamo ottenuto questo grafico (secondo disegno) dove la temperatura non rimane mai costante" Il fatto è che hanno scelto un tempo troppo breve, se avessero continuato avrebbero visto il fenomeno. Sono partiti da una temperatura troppo alta e quindi il tempo non è stato sufficiente per vedere il passaggio di stato.

Curioso! Un altro gruppo ha trovato un grafico diverso e E. lo disegna alla lavagna, non essendo riuscito a salvarlo sulla calcolatrice: "Secondo noi finché agisce il ghiaccio la T dell'acqua si raffredda e poi raggiunge un minimo che corrisponde alla temperatura di equilibrio e poi la temperatura risale perché sono nell'ambiente e quindi ad una temperatura di circa 20 °C". La curva di E. è un po' più strana ma il gruppo non ha letto correttamente la scheda dimenticandosi di utilizzare la provetta. L'interpretazione data da E. è quindi corretta ma hanno sbagliato l'esperimento.

- Esperimento 2:



S."L'alcool si riscalda più in fretta dell'acqua e a circa 70 °C si ferma e poi evapora tutto. La temperatura di evaporazione è diversa per i due liquidi. Anche finché si stanno scaldando la temperatura di conduzione è diversa per le due sostanze (per il calore specifico). Le due sostanze hanno massa uguale e vengono riscaldate allo stesso modo per cui ciò che influisce è il calore specifico".

A."Il grafico che appariva era proprio un pezzo di retta orizzontale?" S."No, in realtà saliva ancora un po' ma con una pendenza minore finché non era evaporato tutto l'alcool".

- Esperimento 3:



T."Con questa esperienza si intende studiare l'evaporazione della sostanza. Accade che la sonda di temperatura si raffredda perché assorbe calore. Se assorbe calore allora assorbe energia"

Esperimento: dilatazione termica: comportamento anomalo dell'acqua.



Esperimento: equilibrio termico.



C.: "Purtroppo abbiamo scaldato troppo l'acqua e quindi non abbiamo visto la curva perché i valori impostati erano troppo bassi". Questo sottolinea come i ragazzi non siano abituati a lavorare in maniera autonoma. Non hanno letto bene la scheda o comunque non hanno ragionato prima di iniziare l'esperimento.

L."Sebbene le quantità d'acqua usate siano le stesse le due curve non sono simmetriche perché in realtà il sistema non è perfettamente adiabatico e quindi gli scambi temici non avvengono tra due oggetti ma tra tre, perché bisogna considerare anche il contenitore".

Esperimento: legge di Boyle.



Questo è un esperimento che hanno visto tutti i gruppi. E tutti sanno esattamente cosa "doveva venire". E' l'esperimento che ha creato meno entusiasmo. Forse proprio perché già sapevano quale doveva essere il risultato

Esperimento: tè al latte.



Bibliografia

AA.VV.: "L'insegnamento della fisica, le professioni, l'Europa", Atti del XXXVIII Congresso Nazionale AIF, Ferrara, 1999, pubblicati in La fisica nella scuola, XXXIV, supplemento 2001.; "L'insegnamento della matematica e delle scienze sperimentali con le calcolatrici grafiche e simboliche", a cura di Brandolin P., Cerasoli M. e Torzo G., Atti del 1° convegno internazionale ADT, Preganziol (Tv), 1999.; "Le calcolatrici CBL nel laboratorio di fisica", Quaderni del Ministero della Pubblica Istruzione, in collaborazione con Texas Instruments, Pitagora Editrice (Bo), 1998; "Strategie dell'insegnamento della fisica: il ruolo del problema e il ruolo del laboratorio", dal VI e VII convegno Orlandini, La fisica nella scuola, XXVII, supplemento 1994.

ADT, "*Risorse per la didattica della matematica e delle scienze con le nuove tecnologie*", CD-rom edito da Ghisetti e Corvi Editori, 3[^] Ed.

Caforio A., Ferilli A., "*Physica*", volume 1 "La meccanica", volume 2 "Onde, ottica, termologia", volume 3 "Elettromagnetismo, fisica atomica e nucleare, fisica delle particelle", Testi per i licei scientifici, Le Monnier, 1989.

Foà O., Rambelli A. "Raffreddamento di un corpo", 1° Meeting ADT, Cervia 1998.

Mencuccini C., Silvestrini V., "Fisica I – Meccanica Termodinamica", Liguori Ed., 1992.

Moreno G., Pallottino G. V. "Manuale di fisica", volume unico per le scuole medie superiori, Le Monnier, 1983.

Pezzi G. "Esperimenti on-line sul raffreddamento di un corpo", Ipotesi 1, n. 1, 1998; "La legge di Boyle", 1° Meeting ADT, Cervia 1998

Ravanelli M. "Tè al latte", Ipotesi 5, n. 2, 2002.

Rizzo M. R. "Semplici esperimenti di termologia", Ipotesi 5, n. 1, 2002.

Sconza A., Torzo G. "*Esperimenti di meccanica e termologia on-line*", Corso di perfezionamento per insegnanti di fisica, Padova, settembre 1997.

Soletta I., Branca M. "Dilatazione termica: il comportamento anomalo dell'acqua", Ipotesi 5, n. 1, 2002; "Esperimenti on-line sull'equilibrio termico", Ipotesi 4, n. 1, 2001.

Torzo G., "Capire e sperimentare gli amplificatori operazionali", Zanichelli (Bo), 1991; "Introduzione ai sistemi di acquisizione dati in tempo reale", Atti della Scuola Nazionale Estiva AIF, L'Aquila, 23-28 Luglio 2001; "Studio di una lampada a incandescenza usando CBL come oscilloscopio", Ipotesi, 4, n. 3, 2001; "Tutto quello che vorreste sapere sull'RTL", pubblicato nel sito <u>http://www.ted-online.it/</u> Convegno TED2002, Genova, marzo 2002

Torzo G., Pecori B., Pezzi G. "La legge dei gas ideali: pV = nRT", CD-rom edito da Ghisetti e Corvi Editori, 3^{A} Ed.

Texas instruments, "Manuale del sistema CBL", 1997; "TI-89 Manuale di istruzioni", 1998.; "TI-Graph Link for windows & MS-DOS- Condesed guidebook", 1997.

Documenti consultati: Atti dei convegni nazionali ADT e AIF

Riviste consultate: La fisica nella scuola, Ipotesi

Siti internet consultati: <u>www.ADT.it</u> , <u>www.edumad.com</u> , <u>www.PASCO.com</u> , <u>www.Vernier.com</u> .

Appendice

Moto lungo il piano inclinato

Il moto lungo il piano inclinato di diversi corpi è un insieme "classico" di esperimenti che viene tradizionalmente eseguito praticamente in ogni laboratorio di fisica a livello introduttivo. Tuttavia sfruttando le possibilità offerte dai moderni sistemi di acquisizione dati in tempo reale (RTL) è possibile offrire un approccio innovativo su questo tema e un insieme di varianti dell'esperimento tradizionale. Ricerche didattiche su questo tema sono in corso da tempo sia presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Padova che nell'ambito della Associazione per la Didattica con le Tecnologie (ADT) e della Associazione degli Insegnanti di Fisica (AIF). Parte di questi studi è reperibile in letteratura. Un percorso sul piano inclinato si può articolare sostanzialmente in quattro passi che possono essere affrontati in momenti e tempi diversi: 1) studio del moto di un carrello che simula una massa puntiforme, vale a dire un carrello dotato di ruote con momento di inerzia trascurabile; 2) studio del rotolamento di cilindri pieni e cavi, per focalizzare l'attenzione sul ruolo del momento di inerzia; 3) studio del rotolamento di sfere, prima sul piano e poi su rotaia, per evidenziare il ruolo del raggio giratore; 4) studio del moto di un carrello con ruote massive, per giungere all'analisi di un sistema prossimo a fenomeni "quotidiani".

In questo argomento voglio aggiungere solamente come la calcolatrice grafico-simbolica permetta di ottenere, con estrema facilità e in tempi brevissimi, la velocità e l'accelerazione una volta acquisiti i dati della posizione. Questo oltre a permettere un notevole risparmio di tempo, permette ai ragazzi di avere subito davanti agli occhi le curve delle tre grandezze per il fenomeno appena osservato.

Come riportato nel testo "Didattica della fisica" a cura di M. Vicentini e M. Mayer, l'efficacia dell'approccio didattico con i rilevatori di movimento è stata valutata con test, questionari e metodi osservativi ed è stata confrontata con i tradizionali approcci allo studio del moto. Sono stati riscontrati forti miglioramenti, sia per quel che riguarda la comprensione dei concetti trattati, sia per quel che riguarda la comprensione e l'utilizzazione di rappresentazioni grafiche. Inoltre, cosa molto importante, è risultata evidente una notevole permanenza dei concetti appresi.

Oscillatori armonici ed anarmonici.

I modelli di pendolo semplice e di oscillatore massa - molla sono discussi in modo più o meno rigoroso in quasi tutti i testi di fisica e sono tra gli esperimenti più "gettonati" in un laboratorio di fisica.

Di solito ci si limita a spiegare agli allievi che il moto armonico è prodotto da una forza di richiamo proporzionale allo spostamento, che in tale sistema il periodo non dipende dall'ampiezza e che lo spostamento varia nel tempo in modo sinusoidale. Poco o niente viene detto sui moti *anarmonici* perché ritenuti troppo complessi e difficili da trattare.

Purtroppo però i sistemi reali sono quasi sempre *non lineari*. E così la "fisica sperimentata a scuola" rimane completamente svincolata dalla fisica del mondo reale. Per evitare in questo caso il contrasto tra il mondo artificioso del laboratorio didattico e il mondo reale basterebbe invece sfruttare appieno le possibilità offerte da un esperimento sul moto del pendolo e osservare le caratteristiche non solo del moto quasi-armonico (approssimazione valida per piccole oscillazioni) ma anche quelle del moto anarmonico (a grandi oscillazioni).

L'interesse di uno studente per un esperimento con oscillatori meccanici risulta assai limitato se egli si deve limitare ad osservare le oscillazioni e a misurare il periodo con un

cronometro. L'uso di una calcolatrice grafica interfacciata a sensori può invece offrire molte possibilità in più e stimolare l'inventiva dello sperimentatore.

Lo studio si può articolare in questo modo: 1) studio del moto di un oscillatore massa-molla; 2) studio del moto del pendolo a piccole e grandi elongazioni

Riporto alcuni dati in proposito:



Figura 1: Schema dell'apparato sperimentale per lo studio di un oscillatore massa-molla.



Figura 2: Andamento della posizione, della velocità, dell'accelerazione e della forza in funzione del tempo.

Questi grafici sottolineano la ricchezza didattica di un apparato sperimentale concettualmente e oggettivamente così semplice. Grafici di questo tipo non possono essere realizzati "a mano" durante l'osservazione del fenomeno. E su questi risultati si può far riflettere gli studenti. La prima cosa che possiamo osservare con gli studenti è che tutte le curve presentano un andamento di tipo sinusoidale. Tali oscillazioni ci suggeriscono perciò il carattere armonico del sistema massa-molla.

E' possibile, utilizzando la calcolatrice grafica, analizzare la relazione di fase. Infatti, è possibile osservare nello stesso grafico la forza e la posizione in funzione del tempo. Si troverà che le due curve sono in opposizione di fase.



Figura 3: Grafico della forza (linea) e della posizione (quadratini) in funzione del tempo. Le due curve sono in opposizione di fase.

E' possibile anche ricavare la costante elastica.

E' quello che ci aspettiamo dalla legge di Hooke F = -kx ossia la forza con cui la molla reagisce ad un allungamento x è proporzionale ed opposta in segno all'allungamento stesso. Per ricavare perciò la costante elastica k della molla si interpola linearmente la curva (x(t),F(t)). La pendenza, o meglio il suo modulo, è la costante k.



Figura 4: Dati dell'interpolazione lineare della curva (x(t),F(t)). A destra la curva sperimentale e la retta interpolante.

E' possibile determinare il periodo, la pulsazione, ...

Dall'interpolazione lineare della curva (a(t),F(t)), in base al secondo principio della dinamica, si ricava una misura della massa inerziale del sistema M



Figura 5: L'interpolazione lineare della forza in funzione della accelerazione.

Sono tutte determinazioni che "a mano" (supponendo di avere i dati iniziali dello spostamento) richiedono molto tempo da parte dei ragazzi.

Questi calcoli, infatti, possono essere fatti con carta e penna ma si tratta di un lavoro lungo e tedioso; si può ricorrere all'aiuto della TI 89. Durante una lezione, l'uso della calcolatrice grafica può servire per lasciare agli studenti più tempo per analizzare il problema in sé, senza impegnarli in lunghi calcoli che possono comunque essere svolti a casa o in un altro momento.

Ancora è possibile analizzare l'energia cinetica, potenziale e totale del sistema.

L'andamento delle singole forme di energia in funzione della posizione è mostrato nella figura seguente: qui la trasformazione di una forma di energia in quella complementare risulta evidente.



Figura 6: Grafico dell'energia potenziale (EP), cinetica (EC) e totale (ET) in funzione della posizione.

E' possibile effettuare una verifica dell'isocronismo. Una prova dell'armonicità del sistema è data dall'isocronismo delle oscillazioni (indipendenza del periodo dall'ampiezza).



Figura 7: Periodo e ampiezza: dati sperimentali su foglio elettronico e su assi cartesiani.

Si osserva assieme ai ragazzi che durante i 40 secondi di questa misura l'ampiezza cala sensibilmente (più del 50%), ma il periodo misurato resta sostanzialmente costante.



Figura 8: Andamento delle oscillazioni in funzione del tempo. Si vede che il sistema tende, seppur lentamente, a smorzarsi. Possiamo ricavare che tale andamento è di tipo esponenziale interpolando i massimi delle ampiezze delle oscillazioni successive.

Studio del moto del pendolo a piccole e grandi elongazioni



Figura 9: Schema dell'apparato sperimentale per lo studio del pendolo

Inclinando il pendolo ad un grande angolo e lasciandolo libero si dà inizio all'acquisizione. Affidando alla calcolatrice anche i calcoli della velocità e dell'accelerazione si ottengono delle schermate di questo tipo:



Figura 10: Andamento dell'angolo, della velocità e dell'accelerazione angolare in funzione del tempo.

Si può fare con i ragazzi una osservazione qualitativa dei grafici.

Il grafico dell'angolo in funzione del tempo potrebbe sembrare a prima vista quello di un moto armonico, seppur smorzato, ma le differenze rispetto ad un reale andamento sinusoidale appaiono chiaramente dal grafico della velocità angolare e ancor di più da quello dell'accelerazione angolare in funzione del tempo.

In particolare si nota che $\omega(t)$ e $\alpha(t)$ si discostano dell'andamento sinusoidale a grandi ampiezze mentre vi si avvicinano nell'ultima parte dei grafici quando l'angolo diventa più piccolo.

Un modo *quantitativo* per dimostrare che il moto di un pendolo non è armonico è misurare direttamente il periodo in funzione dell'ampiezza.



Figura 11: Periodo in funzione dell'ampiezza. Il marker mostra la variazione del periodo con l'ampiezza.

Si possono fare esperimenti vari in pochissimo tempo. Per esempio è possibile far analizzare ai ragazzi la dipendenza del periodo da massa e lunghezza.



Figura 3: A sinistra il periodo in funzione della elongazione per pendoli con masse diverse alla stessa distanza dal centro di oscillazione; a destra il periodo in funzione dell'ampiezza per pendoli con stessa massa ma diversa lunghezza dell'asta: 57 cm (square) e 36 cm (box).

E' possibile far studiare ai ragazzi l'andamento dell'energia cinetica, potenziale e totale del pendolo.



Figura 4: Andamento dell'energia cinetica, potenziale e totale in funzione del tempo.

Studio di componenti elettrici non lineari.

La legge di Ohm definisce la grandezza "resistenza elettrica" come rapporto tra la tensione ai capi di un elemento conduttore e la corrente che lo attraversa.

Questa definizione ovviamente vale solo se tale rapporto non dipende né dal verso della corrente né dalla sua intensità (o dalla frequenza, nel caso si tratti di corrente alternata).

Nei circuiti che compongono i dispositivi usati nella vita quotidiana sono sempre presenti componenti non lineari che non obbediscono alla legge di Ohm, ma lo studio sperimentale del loro comportamento non è frequente nei corsi tradizionali (che di solito si limitano a verifiche qualitative delle caratteristiche raddrizzanti dei diodi).

E' invece possibile presentare una proposta di percorso didattico che offre uno studio quantitativo di diversi componenti non lineari. Si studiano dapprima le "funzioni di trasferimento" di partitori di tensione (alimentati con corrente alternata) costituiti da una resistenza in serie all'elemento non lineare in esame (con il termine funzione di trasferimento si intende il grafico della tensione di uscita del partitore verso la tensione in ingresso). Poi si studiano le caratteristiche I-V (grafico della corrente che attraversa l'elemento in funzione della tensione applicata).

Esperimenti introduttivi di elettrodinamica: RC, RL

Con il sistema RTL proposto è possibile affrontare alcuni esperimenti per lo studio del comportamento di capacità e induttanze.

Diversamente dagli esperimenti in corrente continua (o in corrente alternata con componenti solo resistivi), che sostanzialmente si riducono a banali applicazioni della legge di Ohm, gli esperimenti in c.a. con capacità e induttanze non sono sempre di semplice esecuzione.

Ad esempio si consideri il caso dello studio di carica/scarica di un partitore RC.

Tradizionalmente se si sceglie una coppia resistenza-capacità con una *costante di tempo abbastanza lunga* (alcuni secondi), tale da poter essere agevolmente misurata leggendo manualmente la tensione durante il processo, sorgono difficoltà o per il fatto che i condensatori di grande capacità (decine o centinaia di μ F) sono elettrolitici (e quindi sensibili al valore della tensione di polarizzazione e richiedono attenzione con il segno della polarità), o per il fatto che valori troppo elevati della resistenza (centinaia di k Ω) rendono non sempre trascurabile l'impedenza di ingresso del voltmetro utilizzato.

Se invece la *costante di tempo è piccola*, il processo di carica/scarica avviene assai rapidamente e lo strumento che tradizionalmente si deve usare è l'oscilloscopio. Tuttavia (a meno di usare un costoso oscilloscopio digitale) in questo modo non si possono analizzare i dati con comodità anche in tempi successivi alla esecuzione dell'esperimento.

Il sistema RTL risulta particolarmente utile proprio quando i fenomeni da analizzare sono rapidi, in quanto consente di acquisire dati a frequenza di campionamento relativamente alta (qualche kHz) per brevi intervalli di tempo a partire da un istante che può essere opportunamente scelto mediante l'uso di un TRIGGER.

Queste caratteristiche possono semplificare la scelta dei componenti e dell'apparato sperimentale, ad esempio nel già citato esperimento di carica/scarica di un condensatore.

Nel caso poi del partitore RL, non è facile trovare in commercio induttori con valori elevati di L (frazioni di Henry) e con *resistenza parassita* Rs ad alta frequenza non troppo grandi (pochi Ohm), che consentano quindi di misurare lunghe costanti di tempo $\tau = L/R$, con valori di R non troppo piccoli (valori di R confrontabili con Rs renderebbero difficilmente apprezzabile la caduta di tensione sul ramo resistivo). In definitiva per il partitore RL misure manuali sono improponibili e resta solo la scelta tra oscilloscopio e RTL.



Figura 5: Apparato usato per studiare il circuito RC con batteria e un deviatore.

Studio delle risonanze in un circuito R-L-C

I sistemi risonanti sono una parte importante nell'insegnamento della fisica ma raramente essi vengono affrontati sperimentalmente.

In particolare, i circuiti risonanti RLC vengono quasi sempre trattati solo in modo teorico perché un loro studio sperimentale nel *laboratorio tradizionale* richiede un uso non banale dell'oscilloscopio e solo impiegando un costoso oscilloscopio digitale, dotato di memoria, si può affrontarne uno studio quantitativo esauriente.

Invece se si utilizza CBL o analoga interfaccia per uso didattico, collegata a PC o a calcolatrice grafica, la sperimentazione diventa assai più agevole e consente anche un'analisi successiva sui segnali raccolti. Essi infatti vengono memorizzati nella loro interezza e possono quindi venire rielaborati, numericamente o graficamente, anche dagli studenti lontani dal laboratorio.

Il solo accorgimento necessario è scegliere intervalli di frequenze adatti alla limitata velocità di campionamento dell'interfaccia. Qui la situazione è simmetrica a quella del laboratorio con oscilloscopio: la banda passante dei comuni oscilloscopi è dell'ordine dei MHz (qui dell'ordine dei kHz), ma con CBL non c'è limite a bassa frequenza, mentre per l'oscilloscopio tradizionale è necessario lavorare sempre a frequenze superiori a 50Hz per ottenere una immagine stabile sullo schermo



Figura 16: Circuito per misure della curva di risonanza

ESTRATTO PER RIASSUNTO DELLA TESI

Questo lavoro propone un esempio di percorso didattico per laboratorio di fisica attuato con un sistema portatile di acquisizione dati in tempo reale (RTL).

Si tratta di una calcolatrice grafica tascabile, connessa tramite interfaccia a diversi sensori. Con tale sistema (pratico, compatto ed economico) è possibile non solo ridurre i tempi necessari per una efficace analisi qualitativa dei fenomeni investigati, ma anche ottenere una analisi quantitativa ricca di nuovi spunti per una comprensione approfondita, offrendo allo studente una palestra che stimoli la sua iniziativa.

Sfruttando le potenzialità di calcolo numerico-grafico offerte dalla moderna tecnologia, questa proposta punta ad avvicinare la fisica che si studia a scuola alla fisica della vita reale: ad esempio accanto allo studio dell'oscillatore armonico è possibile affrontare quello dell'oscillatore anarmonico, accanto alla curva di raffreddamento dell'acqua si può studiare la curva di raffreddamento di un foglio di alluminio. Gli esperimenti qui proposti vogliono essere esempi non esaustivi, ma tuttavia efficaci nell'indicare le potenzialità del metodo, che bene si presta per un insegnamento flessibile e poco prescrittivo.