

SCHEDA PER IL DOCENTE

LA LEGGE DI BOYLE AL LABORATORIO RTL

I

Titolo dell'esperienza

LA LEGGE DI BOYLE AL LABORATORIO RTL

Autori

Paola Cattaneo, Savina Ieni, Lorella Liberatori e Marco Litterio

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

II

Finalità dell'esperienza e classi a cui è rivolta

L'esperienza ha lo scopo di verificare la validità della legge di Boyle che descrive il comportamento di un gas perfetto durante una trasformazione isoterma. Si utilizza come gas l'aria, che nelle condizioni di pressione utilizzata è una buona approssimazione di gas perfetto.

L'esperienza è rivolta ad alunni del IV anno del Liceo Scientifico e del V anno del Liceo Classico

III

Obiettivi generali

- Conoscere la legge di Boyle.
- Saper valutare le incertezze sperimentali delle misure dirette e saper ricavare l'incertezza di una grandezza derivata con la formula della propagazione degli errori.
- Saper costruire il grafico dei dati sperimentali con le loro incertezze.
- Saper stimare la media delle pendenze delle rette che passano per i dati sperimentali.

IV Obiettivi specifici

- Saper collegare la sonda al CBL e questo alla calcolatrice.
- Saper utilizzare le funzioni base della calcolatrice e del programma applicativo Physics.

Per una elaborazione più avanzata dei dati, che utilizzi i software applicativi Physics, residente sulla calcolatrice stessa, o Graphical Analysis installato su PC, si aggiungono i seguenti obiettivi specifici:

- Saper utilizzare un foglio elettronico.
- Conoscenza degli elementi di elaborazione statistica dei dati, del concetto di curva di regressione e di metodo dei minimi quadrati.
- Saper collegare la calcolatrice al PC e saper utilizzare il programma Graphical Analysis.

V Materiali e strumenti

1. Sonda di pressione: portata da 0 a 210 kPa (max 4 atm); sensibilità 0,2 kPa; tempo di risposta 100 μ s.
2. Siringa: portata 20 cm³; sensibilità 1 cm³.
3. CBL2, alimentatore per CBL2, calcolatrice Ti92+, cavetto per la connessione del CBL2 alla Ti92+

VI Allestimento dei materiali

- Fissare la siringa alla sonda di pressione (Fig. 1)
- Alimentare il CBL2, se non è provvisto di batterie) con un trasformatore di 6V (Fig. 2)
- Collegare il CBL2 alla calcolatrice Ti92+ con l'apposito cavetto (Fig. 3)
- Allestimento finale (Fig. 4)



Fig. 1 – La siringa fissata alla sonda di pressione.



Fig. 2 – Il CBL2 correttamente alimentato.



Fig. 3 -La connessione fra CBL2 e Ti92+

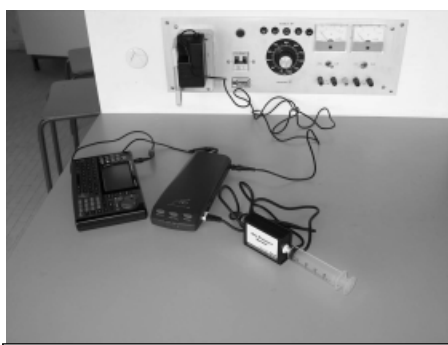
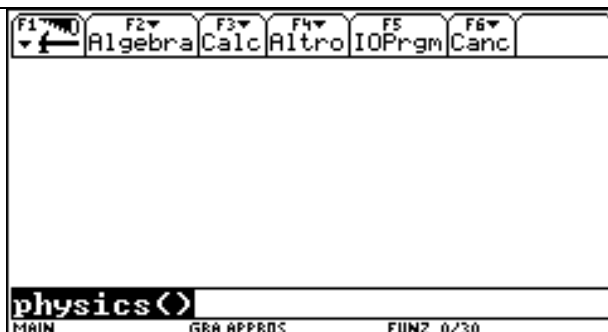


Fig. 4 - Allestimento finale (visibile la connessione fra CBL2 e Ti92+).

VII Esecuzione delle misure

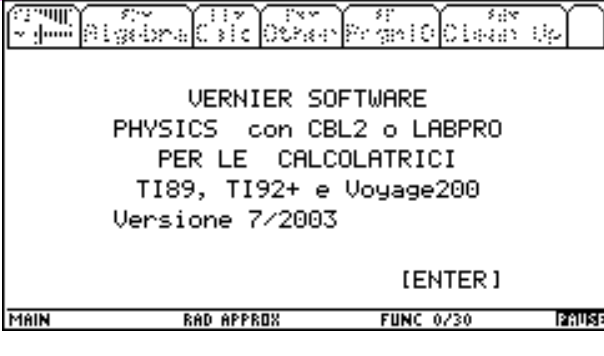



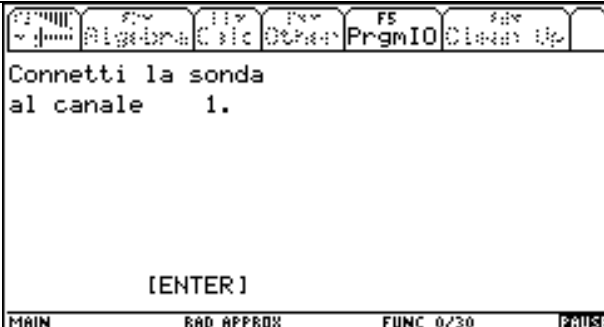
Misureremo il valore del volume dell'aria contenuta nella siringa leggendo direttamente sulla scala graduata della siringa stessa, mentre la sonda eseguirà la misura del valore della pressione. Per utilizzare il software per la grafica e l'analisi dei dati selezioneremo la modalità di acquisizione <ACQUISISCI/DIGITA>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

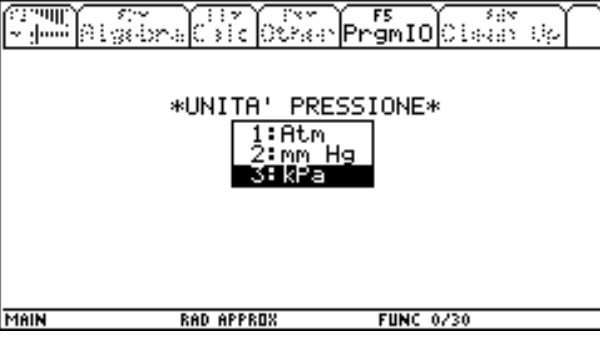
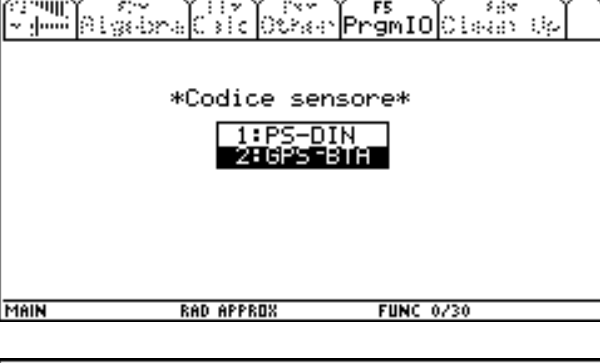
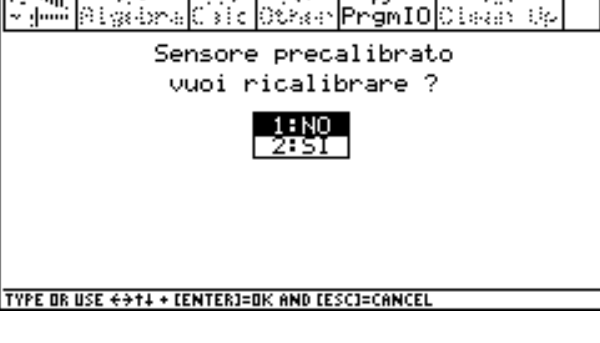
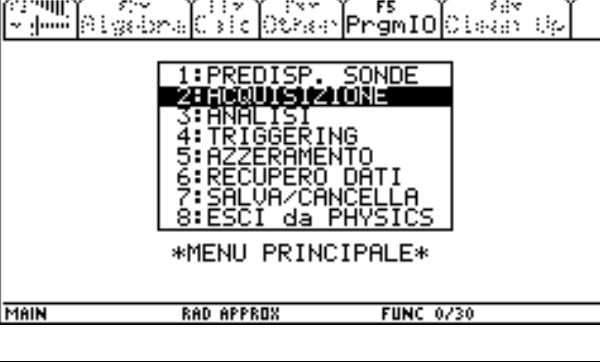

1) Al prompt della calcolatrice digitare physics() e premere <ENTER>

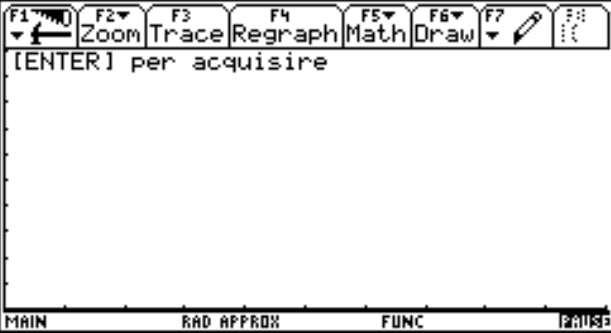
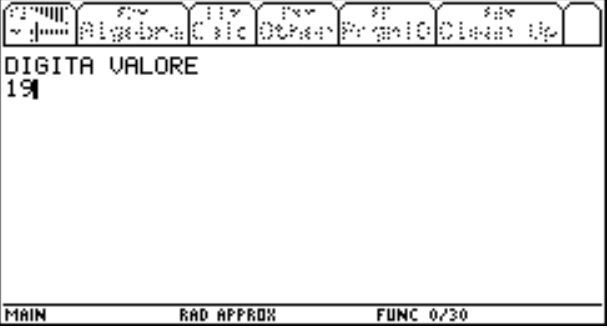

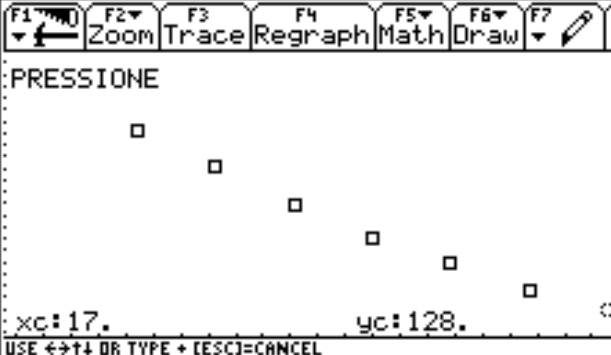



2) Dopo qualche secondo di apparente inattività (la scritta <BUSY> in basso a destra indica che la calcolatrice sta caricando il software) compare la schermata per la selezione del modello di calcolatrice: selezionare Ti92+ e premere <ENTER>



<p>3) La schermata successiva dà informazioni sul software: premere <ENTER></p>	 <p>VERNIER SOFTWARE PHYSICS con CBL2 o LABPRO PER LE CALCOLATRICI TI89, TI92+ e Voyage200 Versione 7/2003</p> <p>[ENTER]</p> <p>MAIN RAD APPROX FUNC 0/30 12:08</p>
<p>4) Comparare il menù principale e la prima operazione da compiere è predisporre la sonda</p>	 <p>1: PREDISP. SONDE 2: ACQUISIZIONE 3: ANALISI 4: TRIGGERING 5: AZZERAMENTO 6: RECUPERO DATI 7: SALVA/CANCELLA 8: ESCI da PHYSICS</p> <p>*MENU PRINCIPALE*</p> <p>TYPE OR USE ←→↑ + [ENTER]=OK AND [ESC]=CANCEL</p>
<p>5) Selezionare il numero (1) ...</p>	 <p>**NUMERO DI SONDE**</p> <p>1: UNO 2: DUE 3: TRE 4: MENU PRINCIPALE</p> <p>TYPE OR USE ←→↑ + [ENTER]=OK AND [ESC]=CANCEL</p>
<p>6) ... ed il tipo di sonda (in questo caso la sonda di pressione)</p>	 <p>1: SONAR 2: FORZA 3: ACCELEROMETRO 4: MICROFONO 5: PRESSIONE 6: BAROMETRO 7: LUCE 8: ALTRO</p> <p>**SCELTA SONDE**</p> <p>MAIN RAD APPROX FUNC 0/30 12:08</p>
<p>7) Controllare che la sonda sia connessa correttamente.</p>	 <p>Connetti la sonda al canale 1.</p> <p>[ENTER]</p> <p>MAIN RAD APPROX FUNC 0/30 12:08</p>

8) Selezionare l'unità di misura	 <p>The screenshot shows a menu titled '*UNITA' PRESSIONE*' with three options: 1:Atm, 2:mm Hg, and 3:KPa. The bottom status bar reads 'MAIN RAD APPROX FUNC 0/30'.</p>
9) Il codice del sensore è facilmente leggibile sulla sonda stessa	 <p>The screenshot shows a menu titled '*Codice sensore*' with two options: 1:PS-DIN and 2:GPS-BIA. The bottom status bar reads 'MAIN RAD APPROX FUNC 0/30'.</p>
10) Non ricalibrare il sensore a meno che non siano presenti evidenti problemi nel qual caso attenersi alle procedure indicate sul manuale.	 <p>The screenshot shows the text 'Sensore precalibrato vuoi ricalibrare ?' with two options: 1:NO and 2:SI. The bottom status bar reads 'TYPE OR USE ←→↑↓+ [ENTER]=OK AND [ESC]=CANCEL'.</p>
11) Ricompare il menù principale e si procede con l'acquisizione dei dati	 <p>The screenshot shows a main menu with eight options: 1:PREDISP. SONDE, 2:ACQUISIZIONE, 3:ANALISI, 4:TRIGGERING, 5:AZZERAMENTO, 6:RECUPERO DATI, 7:SALVA/CANCELLA, 8:ESCI da PHYSICS. The bottom status bar reads 'MAIN RAD APPROX FUNC 0/30'.</p>
12) Selezioniamo la modalità <ACQUISISCI/DIGITA>	 <p>The screenshot shows a menu titled '**ACQUISIZIONE**' with five options: 1:MONITORAGGIO, 2:GRAFICO vs TEMPO, 3:ACQUISISCI/DIGITA, 4:TRIGGER (2 sonde), 5:MENU PRINCIPALE. The bottom status bar reads 'MAIN RAD APPROX FUNC 0/30'.</p>

<p>13) I led del CBL lampeggiano ad indicare che la misura è stata effettuata e vi viene richiesto di premere <ENTER> per memorizzare il dato. NOTA: a questo punto, e cioè prima di premere <ENTER>, la misura è già stata eseguita. Nelle misure successive impostare il nuovo valore della pressione alla schermata precedente a questa.</p>	
<p>14) Immettere il valore del volume</p>	
<p>15) Selezionare <ALTRI DATI> e ripetere le due operazioni precedenti per il numero di misure previste (attenzione a spostare il pistone della siringa sulla nuova posizione prima di premere <ENTER> su questa schermata, vedi nota al punto 13)</p>	
<p>Esempio di misure eseguite partendo da 17 cc e fino a 10 cc</p>	
<p>Prima di uscire da Physics salvare i dati per elaborarli successivamente “a mano” o importando il file dei dati su PC. Se invece si vuole utilizzare lo stesso Physics per eseguire un fit è più comodo non uscire affatto dal programma.</p>	

VIII

Eventuali difficoltà operative ed accorgimenti da seguire durante l'esecuzione dell'esperienza

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

IX

Dati e risultati di riferimento

Di seguito è riportato l'esempio di una serie di misure già effettuate.

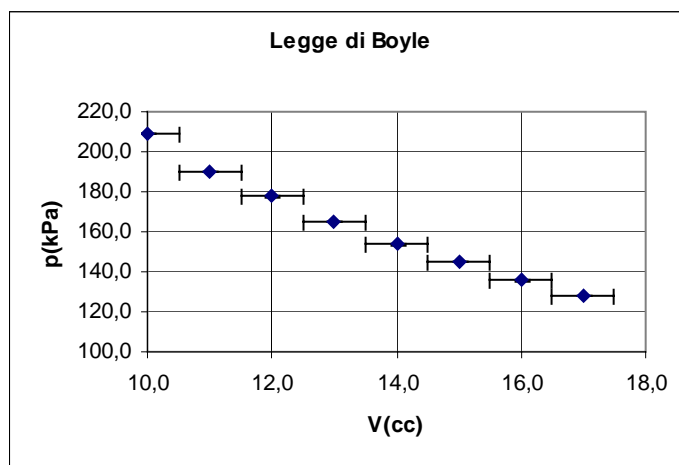
1. I dati come vengono visualizzati sulla calcolatrice:

F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Plot	Setup	Cell	Header	Calc	Util	Stat
DATA	U(cc)	p(kPa)				
	c1	c2	c3	c4	c5	
1	17.	128.	2.	114.	9.E-6	
2	16.	136.			0.	
3	15.	145.			0.	
4	14.	154.			0.	
5	13.	165.				
6	12.	178.				
7	11.	190.				
c1=						
MAIN RAD APPROX FUNC						

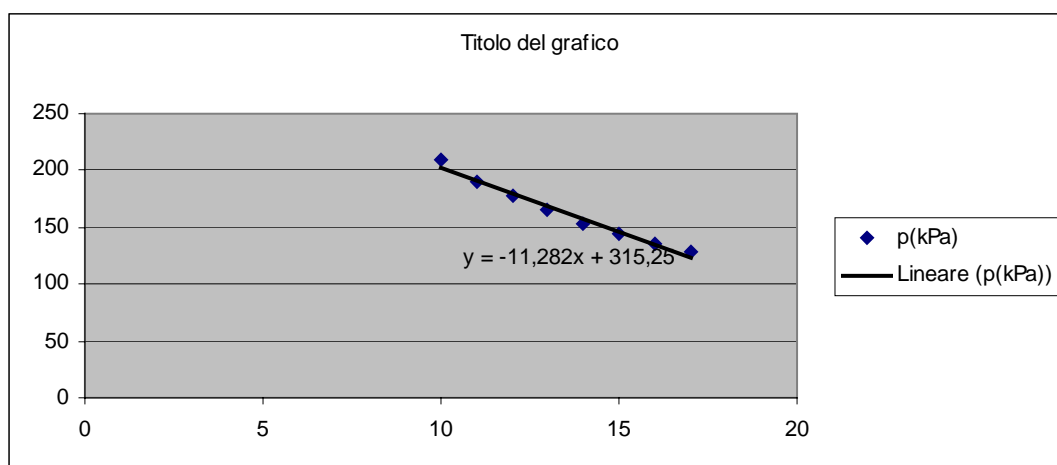
2. Tabella dei dati sperimentali ottenuti dai precedenti. Nell'esempio mostrato l'errore sul volume è stato stimato in 0,5 cc e quello sulla pressione in 0,2 kPa.. L'errore su $K = pV$ è stato calcolato con la legge di propagazione dell'errore.

V(cc)	p(kPa)	$\Delta p/p$	$\Delta V/V$	$V \cdot p$ (J)	$\Delta(V \cdot p)$ (J)
17,0	128,1	0,00156	0,02941	2,2	0,1
16,0	135,6	0,00147	0,03125	2,2	0,1
15,0	144,7	0,00138	0,03333	2,2	0,1
14,0	153,6	0,00130	0,03571	2,1	0,1
13,0	164,9	0,00121	0,03846	2,1	0,1
12,0	177,7	0,00113	0,04167	2,1	0,1
11,0	190,1	0,00105	0,04545	2,1	0,1
10,0	208,8	0,00096	0,05000	2,1	0,1

3. L'elaborazione grafica al foglio elettronico. Le incertezze sperimentali sull'asse y sono troppo piccole per essere visualizzabili.



4. Sempre con il foglio elettronico, è possibile fare il grafico di p in funzione di x, dove $x=1/V$, e calcolare l'equazione della retta che meglio si adatta all'andamento dei dati sperimentali.



X

Esempio di questionario e griglia di valutazione

1. Mostra il calcolo della fortuna dell'errore assoluto sulla grandezza $x = 1/V$
2. Indica il significato fisico del coefficiente angolare della retta di interpolazione del tuo grafico (x,p) .
3. Fai un'analisi dimensionale di x.
4. Il prodotto $k = p V$ entro gli errori sperimentali è costante?
5. A quale curva teorica corrisponde la legge di Boyle? Disegna l'isoterma ottenuta alla temperatura T dell'esperienza, utilizzando il valore di K misurato.
6. Supponendo $t = 20^{\circ}\text{C}$ il valore della temperatura alla quale hai eseguito l'esperienza, calcola il numero di moli di aria contenuti nella siringa.
7. Il numero di moli cambia se facciamo la trasformazione ad una temperatura diversa da T? Giustifica adeguatamente la risposta.

8. Se avessimo eseguito la misura ad una temperatura diversa avremmo ottenuto un andamento grafico (V, p) diverso? E i valori di k?
9. Calcola, con i dati ricavati dalle risposte precedenti i valori k_1 e k_2 che avremmo dovuto ottenere per trasformazioni isoterme alle temperature $T_1= 283^\circ\text{K}$ e $T_2= 303^\circ\text{K}$
10. Disegna sullo stesso grafico le isoterma a temperature T, T_1, T_2 .

GRIGLIA PER LA VALUTAZIONE DELL'ATTIVITA' DI LABORATORIO

Gruppo:

Argomento:

Data:

VALUTAZIONE		N	I	S	B	O	Voto
		0	2	3	4	5	
Attività del gruppo							
	Ripartizione dei compiti efficace. Interazione interna costruttiva. Autonomia.						
	Precauzione nell'utilizzo del materiale						
Relazione							
	Completa (tabelle, eventuali grafici, conclusioni, incertezze sui dati)						
	Unità di misura, calcoli e grafici, cifre significative, notazione scientifica, corretti.						
Conclusioni							
	Conformi a quelle aspettate.						
	Coerenti con le misure ed argomentate. Individuati problemi ed accorgimenti.						
Questionario							
	Percentuale di risposte corrette.						
	Risposte chiare e complete.						
						Voto finale	

LEGENDA

- N Nullo
- I Insufficiente
- S Sufficiente
- B Buono
- O Ottimo

NOTA PER LA COMPILAZIONE

I parametri da valutare sono raccolti in 4 gruppi omogenei. Ogni gruppo va valutato da 0 a 10. È possibile valutare separatamente i singoli parametri in modo tale che il totale del gruppo vada da 0 a 10. Il voto finale è la media dei voti dei gruppi di parametri.

XI Bibliografia e siti Web di interesse

- Federico Tibone, Giovanni Pezzi LA FISICA SECONDO IL PSSC Ed. Zanichelli
- U. Amaldi FISICA: IDEE ED ESPERIMENTI dal pendolo ai quark Ed. Zanichelli
- www.ba.infn.it
- www.grc.nasa.gov (animazione)
- http://chemistry2.csudh.edu/lecture_help/boyleslaw.html
- <http://www.colorado.edu/physics/2000/index.pl>

Sui sistemi Real Time Laboratory (RTL), in particolare con un sistema: sensore-CBL-calcolatrice grafica

- G. Marucci, L. Catalano, V. Filippeschi e H. Coombat (a cura di), “Le calcolatrici grafiche ed i CBL nel laboratorio di Fisica”, *Quaderno del Ministero Pubblica Istruzione* in collaborazione con la Texas Instruments, Pitagora Editrice, Bologna 1998.
- M. Impedovo, “Matematica: insegnamento e computer algebra”, *Springer – Verlag Italia*, Milano 1999.
- J. Gastineau, K. Appel, C. Bakken, R. Sorensen, D. Vernier, “Physics with Calculators”, *Vernier Software & Technology*, Beaverton (Oregon, USA) 2000.
- B. Pecori, G. Torzo, G. Pezzi, O. Foà, A. Rambelli, M. Rafanelli, M. R. Rizzo, “L’ online ‘portabilE nell’insegnamento della fisica”, *Atti del XXXVIII Congresso Nazionale AIF Ferrara*, 1999, *La Fisica nella scuola - Supplemento*, gennaio – marzo 2001.
- AAVV, “Tecnologie informatiche nel laboratorio didattico”, *Atti del XL Congresso Nazionale AIF, Senigallia*, 2001, *La Fisica nella scuola – Supplemento*, aprile-giugno 2003.
- www.cartesionline.it, materiale didattico per l’insegnamento della matematica, della fisica e delle scienze.
- www.adt.it, Associazione per la Didattica con le Tecnologie (ADT)
- www.t3ww.org, Teachers Teaching with Technology, associazione internazionale di cui ADT è membro (in inglese).
- <http://www.fisica.uniud.it/irdis/index.htm>, IRDIS è un progetto finanziato nell’ambito della legge 10.01.2000 n.6 (Iniziative per la diffusione della cultura scientifica), finalizzato al potenziamento e ottimizzazione delle attività sperimentali nella didattica delle scienze con l’uso delle nuove tecnologie.