

## SCHEDA PER IL DOCENTE

LA FORZA ELASTICA

### I

#### Titolo dell'esperienza

## LA FORZA ELASTICA

#### Autori

**Paola Cattaneo, Savina Ieni, Lorella Liberatori e Marco Litterio**

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

### II

#### Breve descrizione del fenomeno fisico

Se una molla viene allungata o compressa essa tende a ritornare alla lunghezza di riposo: la forza con cui reagisce la molla è direttamente proporzionale all'allungamento o alla compressione ed ha stessa direzione ma verso opposto rispetto alla forza che li ha prodotti.

$$\vec{F} = -k\vec{\Delta x} \quad k = \text{coefficiente di elasticità della molla}$$

### III

#### Descrizione generale dell'esperienza

Si tratta della classica esperienza di verifica della legge di Hooke che può essere effettuata facilmente anche con attrezzatura di laboratorio tradizionale.

### IV

#### Classi alle quali è rivolta l'esperienza

Classi III, IV e V delle Scuole Medie Superiori

### V

#### Prerequisiti

- Conoscere il S.I.
- Conoscere le nozioni base della teoria degli errori
- Saper costruire e interpretare un grafico lineare
- Saper utilizzare le calcolatrici TI92 PLUS Texas Instruments per compiere semplici operazioni.

## VI Obiettivi generali

- Saper determinare i dati sperimentali con l'errore
- Saper costruire un grafico dei dati sperimentali
- Saper analizzare un grafico ed associare ad esso la migliore legge matematica

## VII Obiettivi specifici

- Verificare che esiste una relazione lineare tra la forza applicata ad una molla e il suo allungamento
- Trovare il valore della costante elastica della molla.

## VIII Materiali e strumenti occorrenti

- Molla
- Pesetti vari che si possano appendere facilmente
- Sostegno per la molla (fig. 4)
- Catetometro (fig. 5) [sensibilità 1mm, portata 750 mm]
- CBL (fig. 1)
- Calcolatrice TI92 PLUS Texas Instruments (fig. 2)
- Sensore di forza (fig. 3) [sensibilità 0,01 N; portata  $\pm 10$  N]

### Foto dei materiali e dell'assemblaggio

fig. 1



fig. 2



fig. 3



fig. 4



fig. 5



## IX Descrizione dell'allestimento della prova

Di seguito è riportata la sequenza delle operazioni da eseguire per allestire l'esperimento.

1. Collegare il CBL ad un alimentatore di 6V, se sprovvisto di batterie (Fig. 6)
2. Collegare la sonda di forza al canale CH1 del CBL (Fig. 7)
3. Collegare il CBL alla calcolatrice grafica con l'apposito cavetto (Fig. 8)
4. La situazione finale dei collegamenti è riassunta nella foto seguente (Fig.9)



Fig. 6



Fig.7



Fig. 8



Fig. 9

Posizioniamo il sostegno su un piano libero e affianchiamo ad esso un catetometro per misurare la variazione d'estensione della molla in tensione. Assicuriamo al sostegno il sensore di forza e appendiamo la molla al sensore stesso.



## X

### Descrizione generale del procedimento di misura ed eventuali accorgimenti

Con il catetometro misuriamo direttamente l'allungamento della molla  $x$  al quale associamo l'errore di lettura  $\Delta x = 0,1$  cm.

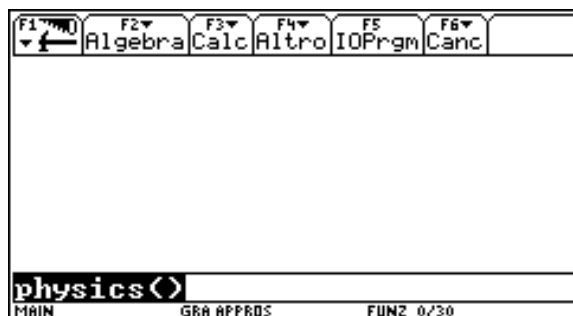
Attraverso il sensore di forza, al quale è appesa molla che verrà allungata dall'azione dei vari pesetti, misuriamo la forza ad esso applicata. È bene notare che anche quando non abbiamo alcun peso attaccato alla molla il sensore misura quello della molla stessa: prima di acquisire i dati sarà quindi opportuno utilizzare la funzione di azzeramento, come indicato nelle istruzioni: andremo così a sottrarre di volta in volta il peso della molla e otterremo quindi la forza di richiamo della molla  $F$  al variare dei pesetti ad essa attaccati; ad  $F$  associamo l'errore dovuto alla sensibilità dello strumento di misura  $\Delta F = 0,01$  N.

Se la molla che abbiamo a disposizione è abbastanza rigida o se i pesetti che utilizziamo sono piccoli potremmo verificare un posizionamento anomalo del dato in corrispondenza del primo rispetto agli altri nel grafico: in effetti la legge di Hooke è verificata nelle fasi intermedie dell'allungamento della molla e si possono notare delle anomalie quando la molla inizia ad allungarsi o se poniamo un peso eccessivo attaccato ad essa. In tal caso possiamo ripetere le misure evitando di porre un unico pesetto.

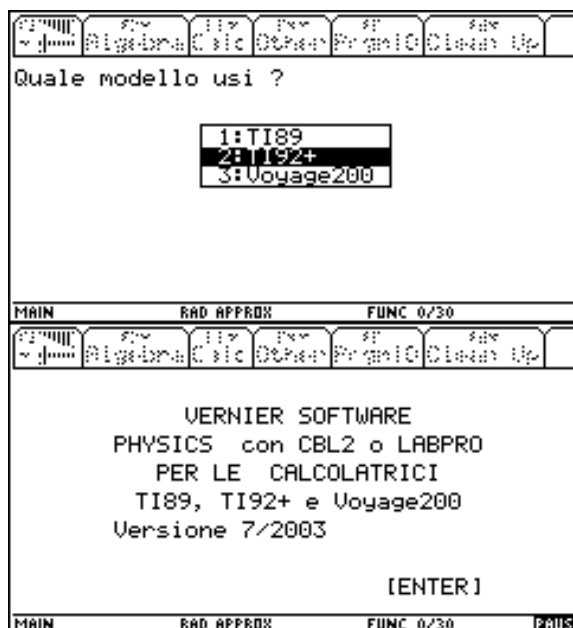
Ricordiamoci comunque di non porre un peso eccessivo attaccato alla molla.

A questo punto tutto è pronto e passiamo alla fase di acquisizione dei dati.

1. Accesa la calcolatrice, al prompt 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>



3. La schermata successiva dà informazioni sul software: premere <ENTER>

4. Comparare il menù principale e la prima operazione da compiere è predisporre la sonda



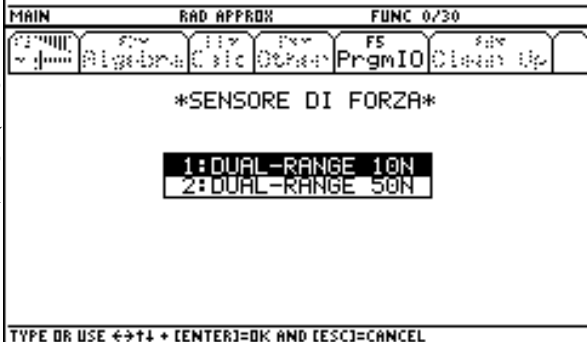
5. Selezionare il numero (1) ...



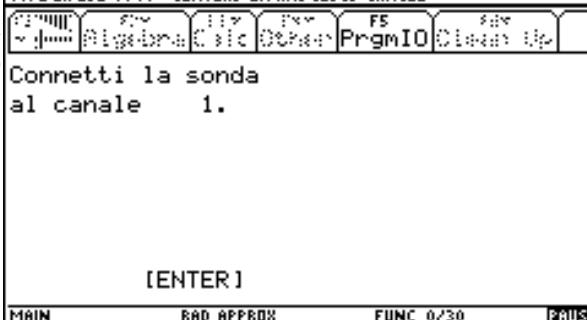
6. Dal menù dei sensori selezionare quello di forza come in figura e premere <ENTER>



7. Sono previste due configurazioni operative, diverse per portata e sensibilità (in figura sono mostrate le portate), del sensore di forza. Si passa da una portata all'altra con un selettore posto sulla sonda. In questo caso selezionare come in figura



8. Procedere a collegare il sensore in CH1 del CBL qualora non fosse stato già fatto precedentemente



9. Non ricalibrare il sensore a meno che non siano presenti evidenti problemi nel qual caso attenersi alle procedure indicate sul manuale.



10. Si ritorna al menù principale nel quale si seleziona la funzione di azzeramento e, una volta terminata questa fase, quella di acquisizione dei dati.



11. Selezioniamo la modalità <ACQUISISCI/DIGITA>

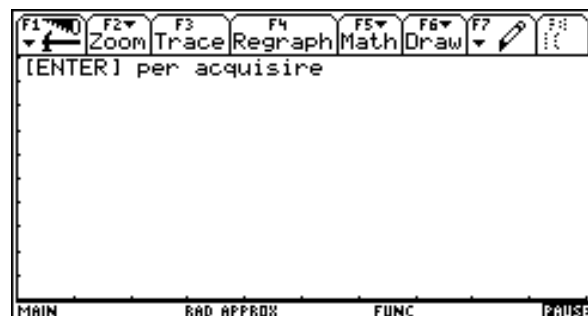


(NOTA: L'acquisizione può procedere in 4 modalità:

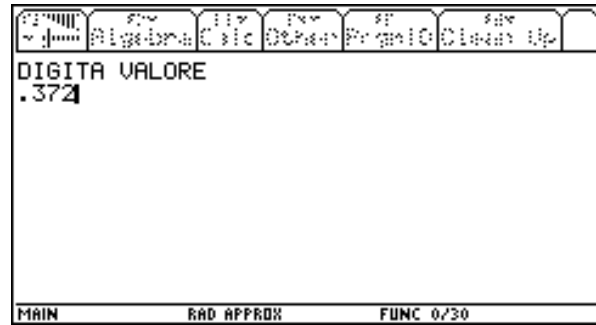
- MONITORAGGIO, esegue e ripete continuamente la misura, senza memorizzare i dati, utile per misure preliminari
- GRAFICO vs TEMPO, per acquisire i dati in una sequenza temporale di cui si possono impostare l'intervallo di tempo fra una misura e l'altra ed il numero totale di dati; è utile nelle misure di grandezze variabili nel tempo
- ACQUISISCI/DIGITA, esegue una misura ed offre il prompt per inserire il dato relativo alla grandezza correlata prima di eseguire la misura successiva; è la modalità più conveniente in questo esperimento, dove al prompt daremo i valori della lunghezza della molla
- TRIGGER, acquisisce i dati di seguito ogni volta che viene premuto il tasto [+])

12. I led del CBL lampeggiano ad indicare che la misura è stata effettuata e vi viene richiesto di premere <ENTER> per memorizzare il dato.

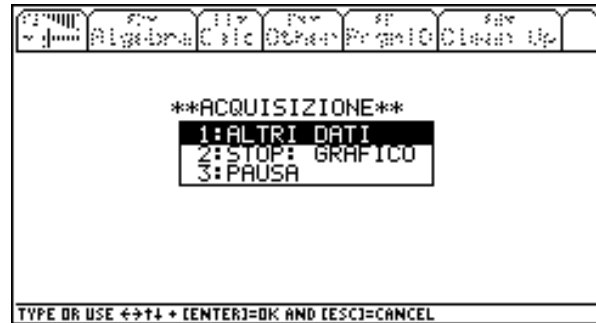
NOTA: a questo punto, e cioè prima di premere <ENTER>, la misura è già stata eseguita. Nelle misure successive impostare il nuovo valore dell'allungamento alla schermata precedente a questa.



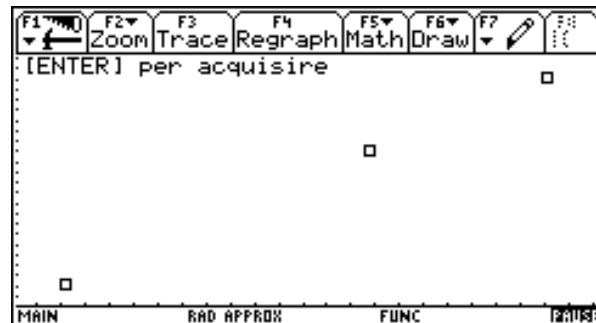
13. Immettere il valore della lunghezza



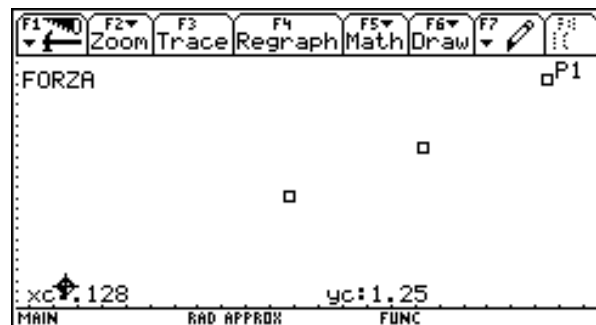
14. Selezionare <ALTRI DATI> e ripetere le due operazioni precedenti per il numero di misure previste (attenzione a cambiare il numero dei pesetti prima di premere <ENTER> su questa schermata, vedi nota al punto 11.)



15. Dopo ogni acquisizione viene mostrato il grafico dei dati misurati



16. Eseguite tutte le misure si seleziona STOP: GRAFICO e si ottiene il grafico finale



Compare il piano cartesiano con i valori delle misure effettuate. Notare che: i quadratini sono solo l'elemento grafico utilizzato per indicare il punto del piano e non riportano gli errori di misura; spostando il prompt, controllato dal mouse della calcolatrice, si possono leggere i valori numerici dei dati.

A questo punto la fase di acquisizione dei dati è terminata.

**ATTENZIONE:** per procedere con la relazione si dovrà utilizzare il grafico appena ottenuto, quindi non spegnere la calcolatrice e non utilizzarla in altro modo!

## XI

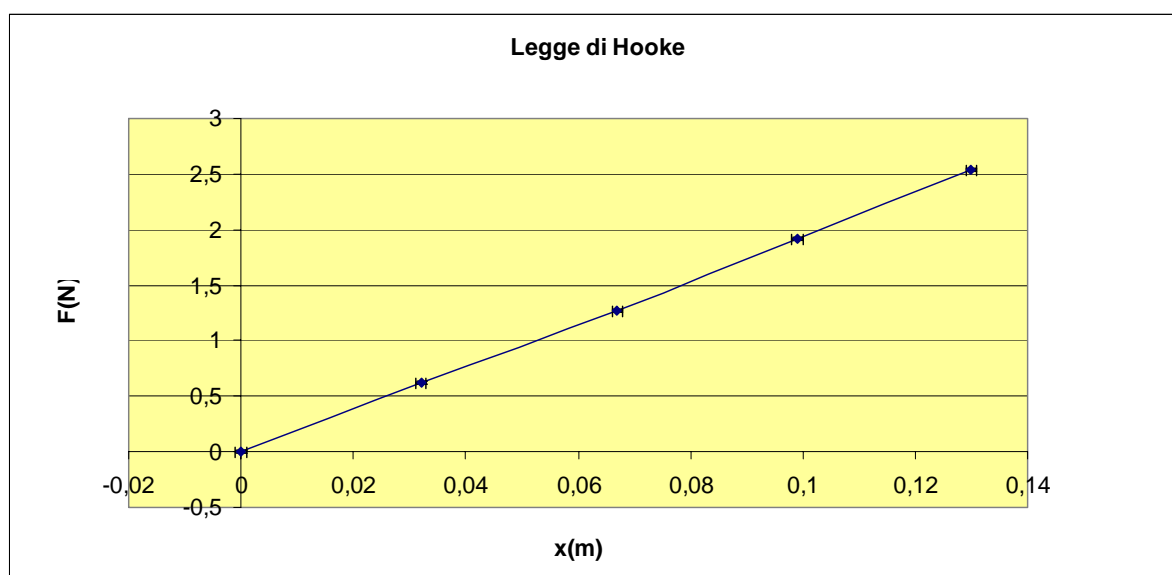
### Elenco delle tabelle e dei grafici da riprodurre

Per ogni misura riportare in una tabella l'allungamento della molla  $x$  con l'errore  $\Delta x$ , la forza di richiamo della molla  $F$  con l'errore  $\Delta F$ , il rapporto tra le due grandezze  $k = F/x$ .

N°	x (m)	$\Delta x$ (m)	F (N)	$\Delta F$ (N)	$k = F/x$ (N/m)	$\Delta k$ (*) (N/m)
1	0,000	0,001	0,0	0,01		
2	0,032	0,001	0,62	0,01	19,5	0,9
3	0,067	0,001	1,27	0,01	19,0	0,4
4	0,099	0,001	1,92	0,01	19,4	0,3
5	0,130	0,001	2,54	0,01	19,5	0,2

(\*) Se  $a=b/c \Rightarrow \Delta a = a(\Delta b/b + \Delta c/c)$

Rappresentare graficamente i punti sperimentali (i punti con le incertezze) riportando in ascissa l'allungamento della molla e in ordinata il valore della forza applicata.



## XII

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

#### Elaborazione algebrica

- Verificare che il valore  $k$  si mantenga costante entro gli errori sperimentali e che quindi sia verificata la legge di Hooke.
- Calcolare il valor medio  $\bar{k}$  e la semidispersione massima  $\Delta \bar{k}$  e riportare i valori in tabella.



$\bar{k} = (k_1+k_2+k_3+\dots+k_n)/n$ (N/m)	$\Delta\bar{k} = (k_{\max}-k_{\min})/2$ (N/m)
19,3	0,3

- Se dai dati emerge qualche anomalia, indicare quale, proporre una spiegazione e suggerire come ripetere le misure per cercare di eliminarla.

#### Elaborazione grafica

- Disegnare la migliore curva che passa per i punti sperimentali e verificare che sia una retta passante dall'origine del sistema di riferimento, come ci si aspetta dalla legge di Hooke.
- Determinare il coefficiente di elasticità della molla (con la relativa unità di misura) calcolando il coefficiente angolare della retta.

$$k = (F_1 - F_0) / (x_1 - x_0) = 19,5 \text{ N/m}$$

### XIII

#### Conclusioni (confronto tra risultati ottenuti e aspettati)

Utilizzare le tabelle e i grafici suggeriti ed elaborare i dati confrontando infine risultati ottenuti e aspettati.

Dalla prima tabella possiamo constatare che il rapporto tra forza e allungamento della molla rimane costante entro gli errori sperimentali e che quindi è verificata la legge di Hooke.

Il valore medio di questo rapporto con l'errore ad esso associato è  $\bar{k} \pm \Delta\bar{k} = (19,3 \pm 0,3) \text{ N/m}$ . Graficamente i dati sperimentali si dispongono lungo una retta e confermano l'a proporzionalità diretta tra forza e allungamento.

Il coefficiente angolare della retta 19,5 N/m è compatibile con il valore medio del coefficiente elastico della molla trovato algebricamente.

### XIV

#### Questionario

1. Che cosa afferma la legge di Hooke?

Se una molla viene allungata o compressa essa tende a ritornare alla lunghezza di riposo: la forza con cui reagisce la molla è direttamente proporzionale all'allungamento o alla compressione ed ha stessa direzione ma verso opposto rispetto alla forza che li ha prodotti.

$$\vec{F} = -k\vec{\Delta x} \quad \mathbf{k = \text{coefficiente di elasticità della molla}}$$

2. Spiega il significato di grandezze direttamente proporzionali

Due grandezze risultano direttamente proporzionali quando il loro rapporto è costante. Se si rappresenta in un grafico cartesiano una grandezza in funzione dell'altra si ottiene una retta passante per l'origine il cui coefficiente angolare è uguale al rapporto costante tra le due grandezze.

3. A quale curva teorica corrisponde l'equazione della legge di Hooke?

Poiché la forza è direttamente proporzionale all'allungamento, se si rappresenta in un grafico cartesiano la forza in funzione dell'allungamento della molla si ottiene una retta passante per l'origine il cui coefficiente angolare è uguale al rapporto costante tra le due grandezze e quindi al coefficiente di elasticità della molla.

4. Indicando con  $k$  il coefficiente di elasticità della molla come varierebbero il grafico e  $k$  se utilizzassimo una molla +/- rigida?

A parità di forza applicata, se la molla è più rigida, l'allungamento è minore mentre, se è più morbida, l'allungamento è maggiore; poiché  $k$  si determina come rapporto tra  $F$  e  $x$ , quanto più la molla risulta rigida tanto maggiore è il suo coefficiente di elasticità e quindi il coefficiente angolare che caratterizza la retta del grafico.

5. Cosa accade se poniamo una seconda molla uguale alla prima in serie e applichiamo ad esse la stessa serie di pesi?

Se non applichiamo alcun peso ad esse l'allungamento è zero; se applichiamo un primo peso alla seconda molla essa si allunga di un tratto  $x$  e trasferisce la sollecitazione alla prima molla che si allunga anch'essa di  $x$  (supponiamo che la massa delle due molle sia trascurabile); l'allungamento totale della serie è quindi doppio rispetto all'allungamento che caratterizza ogni singola molla a parità di forza applicata, perciò il coefficiente di elasticità  $k$  risulta dimezzato così come il coefficiente angolare della retta che rappresenta graficamente i dati sperimentali.

6. E se le due molle sono in parallelo?

Se non applichiamo alcun peso ad esse l'allungamento è zero; se applichiamo un primo peso alle molle collegate in parallelo la sollecitazione, e quindi la reazione, si distribuisce sulle due molle che si allungano entrambe di un tratto  $x/2$ ; l'allungamento totale del parallelo è quindi la metà di quello che caratterizzerebbe ogni singola molla a parità di forza applicata, perciò il coefficiente di elasticità  $k$  raddoppia così come il coefficiente angolare della retta che rappresenta graficamente i dati sperimentali.

## GRIGLIA PER LA VALUTAZIONE DELL'ATTIVITA' DI LABORATORIO

Gruppo:

Argomento:

Data:

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

### 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.

## XV Bibliografia e sitografia

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](http://www.cartesionline.it), materiale didattico per l’insegnamento della matematica, della fisica e delle scienze.
- [www.adt.it](http://www.adt.it), Associazione per la Didattica con le Tecnologie (ADT)
- [www.t3ww.org](http://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.