

Convegno Nazionale  
**Matematica senza Frontiere**  
Lecce, 5-8 marzo 2003

## Uso di RTL nella didattica delle scienze nelle scuole secondarie e primi livelli universitari

Giacomo Torzo

ICIS-CNR, INFN, Università di Padova, AIF, ADT  
torzo@padova.infn.it

### **Caratteristiche e vantaggi dei sistemi RTL portatili nella didattica**

RTL è l'acronimo inglese di Real Time Laboratory con cui vengono indicati i sistemi di acquisizione e di analisi dati in tempo reale, (detti anche MBL = Microcomputer Based Laboratory), costituiti essenzialmente da sensori, interfaccia e calcolatore. Alcuni di questi sistemi sono disponibili commercialmente in configurazione compatta e portatile, (RTL portatile) cioè con alimentazione a batteria e gestiti, da calcolatrici grafiche tascabili (Texas, Casio, HP) invece che da PC. I vantaggi del laboratorio didattico RTL rispetto al laboratorio tradizionale si possono riassumere in:

- rapidità e accuratezza;
- acquisizione di molti dati relativi al fenomeno in esame;
- possibilità di registrare i dati in formato facilmente duplicabile e trasferibile;
- facilità e rapidità nella rappresentazione grafica dei dati;
- facilità nella manipolazione dei dati (interpolazioni, confronti, trasformazioni matematiche...);
- possibilità di rivedere "in differita" l'esperimento eseguito usando i dati acquisiti.

RTL facilita inoltre una modalità didattica con "retroazione positiva", schematizzabile nel ciclo:

- modellizzazione del fenomeno;
- progettazione dell'esperimento;
- esecuzione dell'esperimento;
- analisi dei dati;

- confronto con le previsioni;
- revisione del modello (nuova modellizzazione del fenomeno);
- nuovo esperimento;
- nuovo confronto tra previsioni e risultati...

La precisione e l'abbondanza dei dati sperimentali resi disponibili a "basso costo" da RTL, consente di studiare fenomeni senza dover ricorrere alla eccessiva "sterilizzazione" imposta dal laboratorio tradizionale (eliminazione degli attriti, e in generale dei fenomeni dissipativi in cinematica e dinamica, restrizione a piccole velocità, a fenomeni "quasi-statici" che consentano misure manuali compatibili con i normali "tempi di reazione" dell'occhio e della mano...).

Mettendo a disposizione dello studente un modo facile di misurare si favorisce lo sforzo per capire cosa si vuol misurare e perché lo si vuol fare.

## **RTL portatile**

Rispetto a RTL basato su PC RTL portatile offre alcuni vantaggi nella didattica.

- Permette di fare a meno, entro certi limiti, del "laboratorio attrezzato" (che ha costi enormi di impianto). Esperimenti a livello di scuola superiore o di primi anni all'università possono essere condotti direttamente in aule non attrezzate: si può portare il laboratorio agli studenti invece che gli studenti in laboratorio.
- L'analisi dei dati memorizzati nella calcolatrice grafica tascabile può essere spostata nelle case degli studenti, ove essi hanno più tempo a disposizione e a costo zero per la struttura docente.
- Consente esperimenti didattici fuori della scuola (al parco giochi, in palestra, ...) e facilita lo studio dei fenomeni della vita quotidiana.

## **La valenza didattica dello "strumento universale"**

RTL offre un valido aiuto nella didattica della tecnologia.

- Nell'industria, nel terziario, nei laboratori di ricerca ormai tutti gli strumenti di misura sono costituiti da sensore-interfaccia-microprocessore e agli studenti che si diplomano o si laureano va data una idea realistica della strumentazione che troveranno nel mondo del lavoro.
- L'utilizzazione di un sistema RTL, invece dei singoli strumenti dedicati ad una specifica misura, offre maggiori possibilità di capire a fondo la logica della misura.

- La flessibilità d'uso dello strumento universale può stimolare l'iniziativa dei singoli studenti, portando i più intraprendenti a progettare autonomamente parte degli esperimenti loro proposti, consente una didattica differenziata che può rendere massima l'efficacia dell'insegnamento per ciascuno studente.

## Un apparato RTL portatile per esperimenti di meccanica

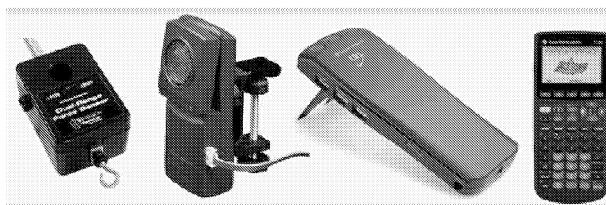


Figura 1: Sensore di forza; Sonar; CBL; Calcolatrice grafica tascabile (TI89)

Con questi pochi elementi si realizza un vero e proprio laboratorio portatile per studiare moltissimi fenomeni di cinematica e dinamica.

E semplicemente aggiungendo altri sensori (di luce, pressione, temperatura, campo magnetico, di rotazione, microfono, PH-metro, ...) si ottiene un laboratorio universale, compatto economico e che non richiede specifiche conoscenze strumentali per passare da un settore della fisica ad un altro completamente diverso.

E questa possibilità di esplorare fenomeni disparati con tecniche di misura molto simili è uno dei grandi vantaggi di RTL. La curva di apprendimento necessaria per mettere lo studente in grado di compiere correttamente una qualsiasi misura diventa molto più breve.

E in tal modo diventa più facile concentrare l'attenzione sulla sostanza del fenomeno studiato invece che sulle difficoltà sperimentali, sempre presenti in qualsiasi esperimento quantitativo. La rapidità con cui si possono ottenere rappresentazioni grafiche immediate e ripetere misure in diverse condizioni consente di sfidare gli studenti a prevedere fenomeni in esperimenti "pensati" e poi stimolarli a verificare le loro ipotesi sperimentalmente.

## L'esperienza di ADT (Associazione per la Didattica con le Tecnologie)

- Negli Stati Uniti ed in Europa l'uso di RTL portatile per la didattica delle scienze sperimentali ha cominciato a diffondersi da alcuni anni, grazie anche ad incentivazioni di strutture statali o private quali l'associazione T3 (TeacherTeaching with Technology).

- In Italia qualche iniziativa è stata presa dall'associazione disciplinare degli insegnanti di fisica (AIF), nell'ambito di Scuole Nazionali Estive in cui alcuni corsi di aggiornamento sono stati dedicati a questo tema (con un parziale supporto MIUR).
- Una iniziativa più mirata è iniziata 4 anni fa con la nascita di una nuova associazione disciplinare che raccoglie insegnanti di matematica e di scienze, anche grazie ad supporto tecnico e finanziario privato: si tratta di ADT dedicata per il 50% a corsi di formazione con RTL e alla produzione di materiale didattico per RTL e per 50% alla didattica della matematica.

## Il progetto IRDIS

(collaborazione tra industria, AIF, ADT e università (Legge 6/2000)).

Il progetto IRDIS, finanziato da MIUR nel 2002, punta a favorire l'estensione su scala nazionale dell'uso didattico di RTL rendendo disponibili, a costo contenuto, i materiali didattici "ancillari" che consentono l'impiego efficace di queste tecniche anche a docenti di scuole che non dispongono di strumenti adeguati all'allestimento in proprio di esperimenti, e offrendo significativi miglioramenti del sistema RTL, sia nell'hardware (sensori) che nel software. Una azione efficace per introdurre RTL nella didattica italiana deve articolarsi sul doppio fronte della produzione di adeguati apparati didattici e della offerta di formazione specifica agli insegnanti. Il progetto IRDIS si attua con:

- produzione di prototipi di apparati sperimentali specificamente ideati per RTL;
- realizzazione di software per acquisizione dati e guide didattiche;
- diffusione dei risultati di questa ricerca nella scuola e nell'università mediante corsi di formazione.

## Il progetto LEPLA

(Learning Environment for Physics Laboratory Activities)

Un progetto europeo centrato sul medesimo tema è LEPLA (Contract 99843 -CP-1-2002-1-PL-MINERVA-MPP) che annovera l'associazione T3 tra i partners non accademici.

Obiettivo di tale progetto è favorire su scala europea l'uso didattico di RTL rendendo disponibili, in forma multimediale su siti Web nazionali, percorsi didattici sperimentali corredati di materiale ausiliario (data samples, filmati, approfondimenti tematici).

I Dipartimenti di Fisica dell'Università di Padova e di Bologna hanno recentemente intrapreso questa collaborazione con 4 Università partner: Technical University of Ldz (Polonia), National University of Ireland, Cork (Irlanda), University of Malmo (Svezia), University of Ulster (UK).

In questo contributo vengono descritti sinteticamente alcuni esempi di esperimenti con RTL per dare una idea concreta delle possibilità offerte alla didattica da queste nuove tecnologie.

## Dispositivo “strano” con massa e molle

Taglio un filo cui è sospesa una massa, ... e la massa si solleva: perchè?

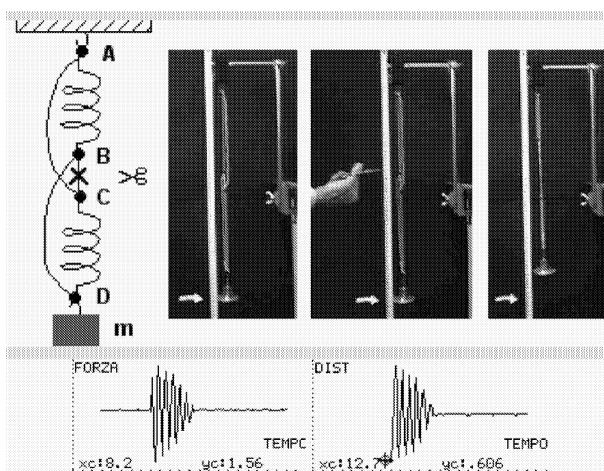


Figura 2:

Pretesto per introdurre allo studio della Legge di Hooke, e allo studio dell'oscillatore armonico. Fenomeni come questo (semplici, ma non semplicemente spiegabili con la sola intuizione), possono servire a stuzzicare l'interesse dello studente e a motivarne l'impegno nello studio sperimentale delle discipline scientifiche. Il pendolo è, come si dice spesso, un oscillatore armonico (isocrono)?

Una semplice misura con sensore di rotazione potenziometrico produce i seguenti grafici per angolo, velocità angolare e accelerazione angolare in funzione del tempo:

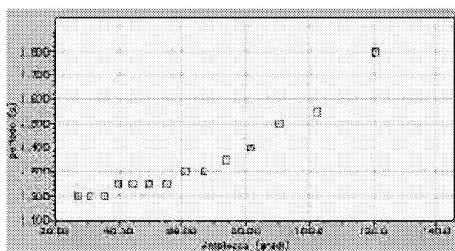
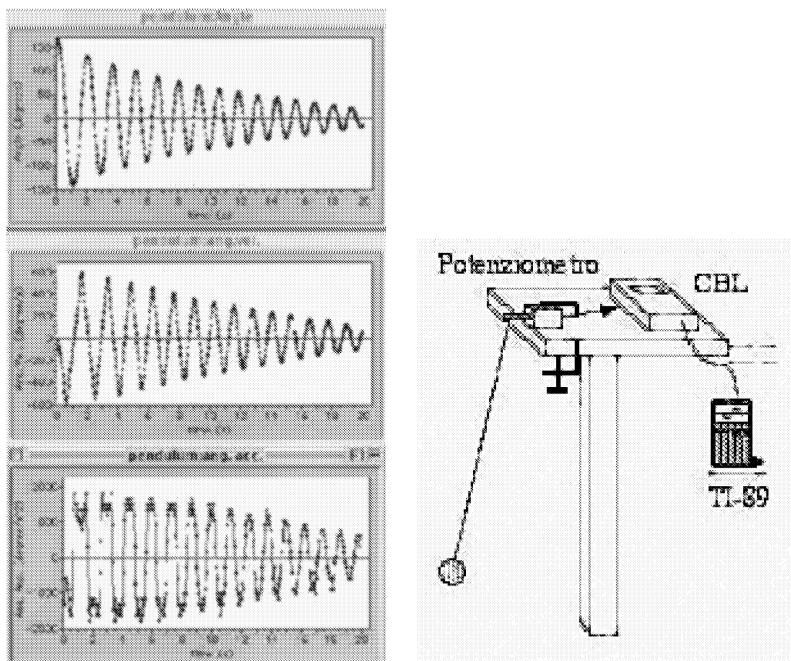
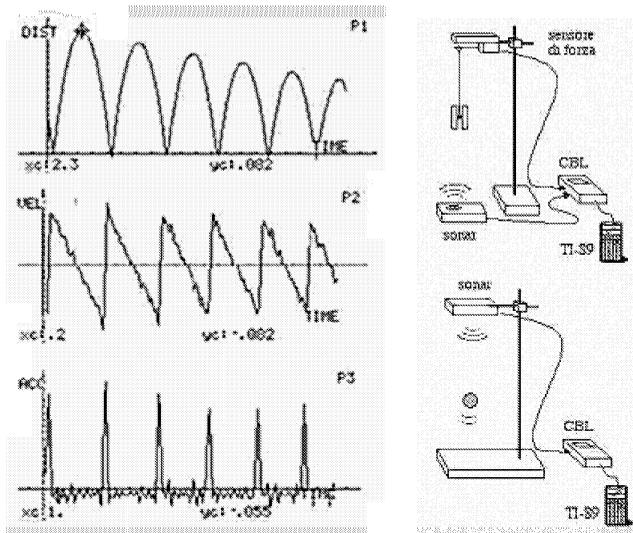


Figura 3: Grafico per angolo, velocità angolare e accelerazione in funzione del tempo

Una misura del periodo in funzione dell'ampiezza della elongazione dimostra che il pendolo non è un oscillatore isocrono, se non a piccole elongazioni. Altri oscillatori: il pendolo di Maxwell (Yo-yo) e la palla che rimbalza.



Si tratta anche qui di un oscillatore non armonico: sostanzialmente si comporta come una pallina che rimbalza (non contro il pavimento ma contro la “fine del filo”). L’analisi dei grafici aiuta moltissimo la comprensione di diversi aspetti del fenomeno osservato.

## 1 Oscillatori accoppiati

Se si appende una massa ad una molla si ottengono sempre le solite oscillazioni sinusoidali più o meno smorzate?

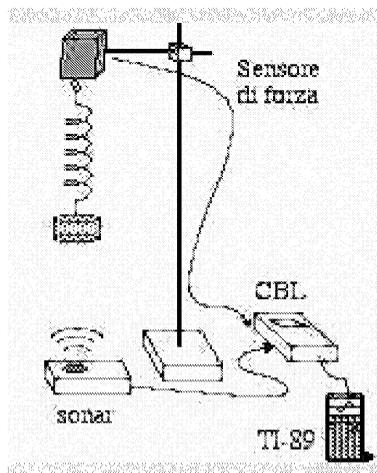


Figura 4:

Non sempre! In speciali situazioni si osservano oscillazioni accoppiate (verticali e torsionali): si tratta del pendolo di Wilberforce, che si può studiare in modo efficace solo con tecnica RTL.

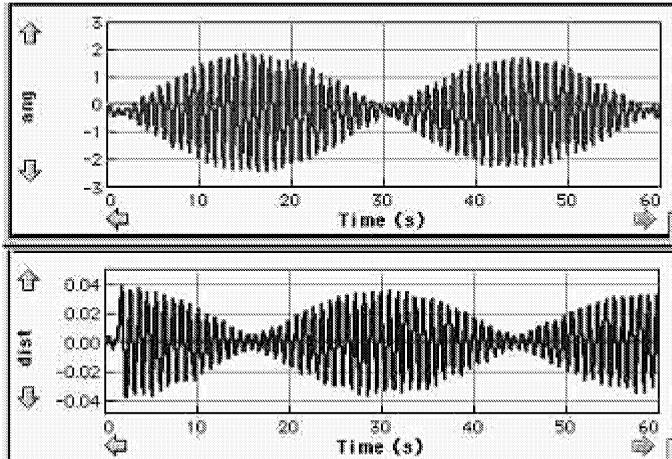


Figura 5:

Con un sensore di rotazione ottico si possono registrare le oscillazioni torsionali insieme a quelle verticali misurate dal solito sonar e mettere in evidenza i battimenti...

## 2 Esperimenti semplici di elettromagnetismo

Il classico esperimento introduttivo è la carica/scarica di una capacità attraverso un deviatore ed una resistenza: con RTL e due sensori di tensione è facile ottenere immediatamente un grafico che mostra l'evoluzione temporale di tensione e corrente

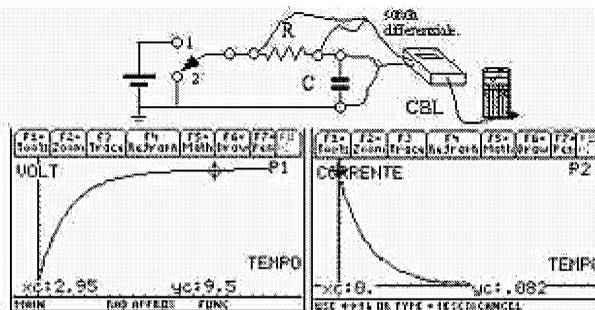


Figura 6:

e ricavare dal decadimento esponenziale la costante di tempo...

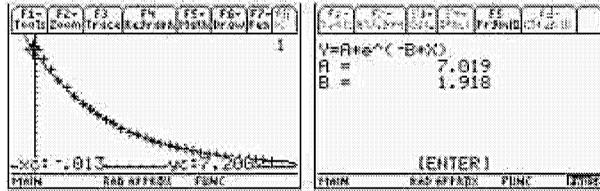


Figura 7:

Ma è altrettanto facile studiare la carica/scarica di una induttanza:

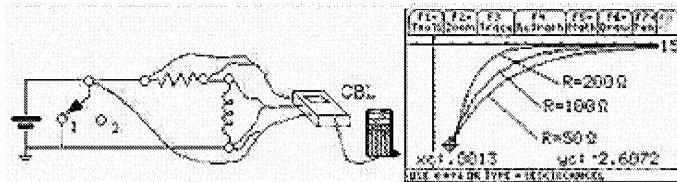


Figura 8:

e studiare il variare la costante di tempo al variare della resistenza in serie...

### 3 Esperimenti più complessi, di solito considerati “difficili” e non usati per questo...

Studio della risonanza in un circuito RLC: davvero è necessario l'oscilloscopio? Per studiare la risposta ad una sollecitazione a gradino (oscillazioni

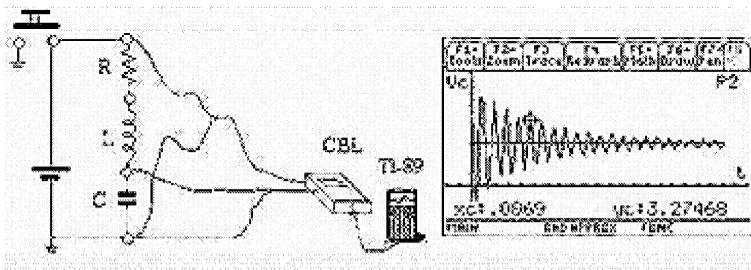


Figura 9:

smorzate) con RTL basta un interruttore ed una batteria... Per studiare la campana di risonanza, (e non solo quella relativa alla corrente, ma anche quelle della tensione ai capi di L e di C) si lavora più facilmente con RTL

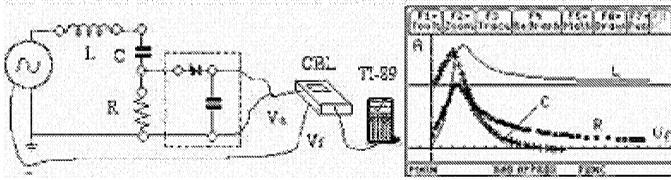


Figura 10:

ed un oscillatore a bassa frequenza dotato di uscita analogica proporzionale alla frequenza: oscillatore sviluppato e reso commercialmente disponibile grazie alla collaborazione tra ADT e MAD nell'ambito del progetto IRDIS.

#### 4 Termologia e termodinamica

Trasformazione adiabatica di un gas: *una versione moderna dell'esperimento di Rchardt* (misure di P,V,T in funzione del tempo, ottenute con sonar, sensore barometrico e termometro a filamento di tungsteno). Le oscillazioni di un pistone su cuscinio d'aria consentono di ricavare la costante  $\gamma = C_p/C_v$  (rapporto tra calori specifici a pressione e a volume costante per l'aria)

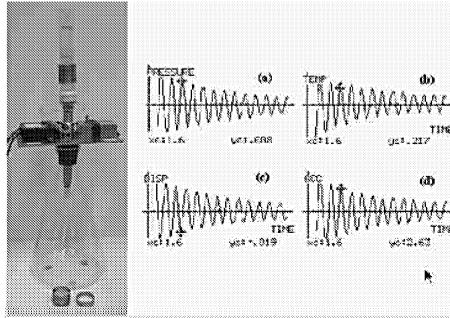


Figura 11:

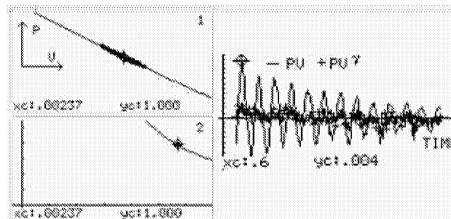


Figura 12:

## 5 L'attrito al distacco

Un fenomeno tipicamente trattato solo in teoria: si misura la forza applicata ad un corpo poggiato su piano orizzontale fino a che esso inizia a muoversi. L'esperienza smentisce l'assunzione comune che l'attrito al distacco  $F_d$  superi sempre l'attrito radente  $F_r$ .

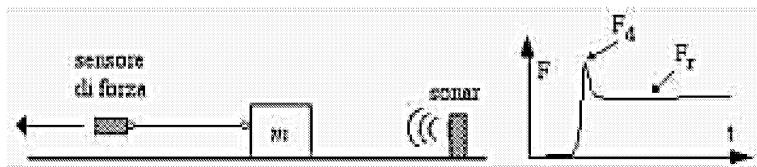


Figura 13:

Se si tien conto della (ineliminabile) costante elastica  $k$  del sensore di forza si scopre che il valore di picco non misura  $F_d$ ! Il valore misurato dipende in modo importante dalla velocità di campionamento, da  $k$ , e dalla velocità con cui si tira il corpo. Se si ripetono le misure interponendo una molla tra sensore e corpo si ottengono infatti valori diversi per il picco di forza:

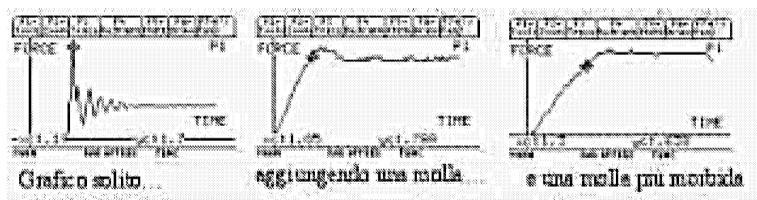


Figura 14:

## 6 RTL in palestra

Infine descriviamo un esempio di attività di esperimenti di fisica condotti in modo inusuale: invece che in laboratorio, nella palestra della scuola. E' assai facile fare un confronto tra diversi moti oscillatori realizzati utilizzando attrezzi della palestra e gli studenti come "apparato sperimentale": fune come "pendolo" e seggiolino elastico come "massa-molla".

Il sensore di distanza fornisce in tempo reale grafici proiettabili sulla parete della palestra, da cui è immediato calcolare il periodo. Si può stimolare gli studenti a riflettere sui fenomeni osservati per ricavare un modello fisico attendibile.

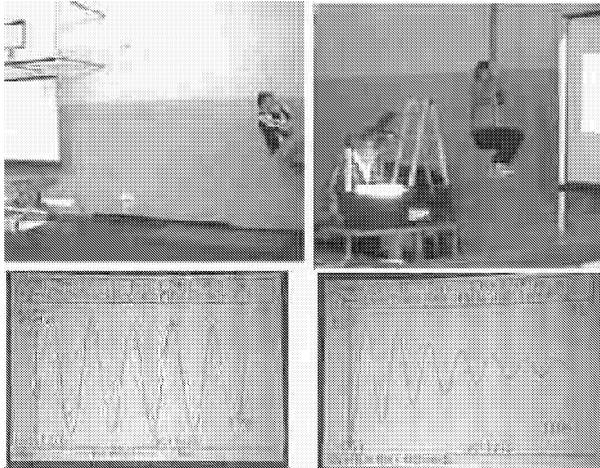


Figura 15:

- Confronto fra il moto con la fune (A) e quello con seggiolino a molla (B).  
 Andamento  $x, v$ , a vs.  $t$ : lo stesso per A e B.  
 Dipendenza di  $T$  dai parametri: per A la massa appesa non conta, conta invece la distribuzione lungo il filo, per B il viceversa.
- Confronto dei precedenti moti con quello di una palla che rimbalza(C).  
 Andamento  $x, v$  a vs.  $t$ : diversi da A e B.  
 Dipendenza di  $T$  dai parametri: non dipende dalla massa (palle diverse); dipende invece dall'ampiezza della oscillazione.