

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

## Idee e proposte per un Laboratorio Didattico di Collegamento

E. Cannone, A. D’Innocenzo, A. Guido, F. Paladini, L. Renna

Dipartimento di Fisica - Università degli Studi di Lecce  
dinno@le.infn.it, luigi.renna@le.infn.it

### Sommario

L’insegnamento della Fisica nell’Università richiede l’uso di una didattica innovativa sia negli strumenti che nelle metodologie adottate. Viene proposta l’idea di un “Laboratorio di Attività” in cui vengono realizzati percorsi didattici con una forte integrazione tra teoria ed esperimento realizzata attraverso un uso adeguato delle tecnologie informatiche.

## 1 Introduzione

Nel primo anno dei Corsi di Studio universitari ad indirizzo scientifico, il Laboratorio di Fisica rappresenta un importante momento formativo per lo studente, il quale avverte in modo evidente il divario tra le competenze da lui maturate nella Scuola Secondaria rispetto alle conoscenze di base richieste per l’accesso all’Università. I nuovi ordinamenti dei corsi universitari ad indirizzo scientifico, così come previsto dalla recente Riforma (D.M. 3 novembre 1999, n.509), fanno emergere la necessità di un più stretto collegamento tra le conoscenze acquisite nella scuola secondaria con quanto richiesto agli studenti per il proseguimento degli studi universitari. Risulta quindi indispensabile un’attività didattica che faccia uso del laboratorio come efficace strumento finalizzato anche alla risoluzione di questo problema.

In base al citato decreto l’ammissione agli studi universitari richiede il possesso o l’acquisizione di un’adeguata preparazione iniziale. A tal fine i Regolamenti Didattici dei Corsi di Studio definiscono le conoscenze richieste per l’accesso e ne determinano, ove necessario, le modalità di verifica, anche a conclusione di attività formative propedeutiche, svolte eventualmente in collaborazione con Istituti di Istruzione Secondaria Superiore. Il problema della preparazione di base è quindi considerato giustamente rilevante.

I risultati delle verifiche in ingresso per gli studenti in molti casi hanno evidenziato conoscenze poco approfondite delle materie scientifiche e una generale difficoltà nel collegare i diversi ambiti disciplinari. Al riguardo, è ormai unanime la convinzione da parte degli studiosi di didattica della fisica che l’attività di laboratorio deve essere organizzata in modo da prevedere

una costante integrazione dell'esperimento nel percorso finalizzato alla comprensione dei concetti teorici. Ciò si traduce per il docente nella necessità di individuare opportune attività didattiche che siano volte ad una migliore comprensione del rapporto teoria/esperimento e che guidino lo studente nel processo di acquisizione della mentalità che è tipica della metodologia d'indagine della fisica.

In questo contesto un utile strumento viene offerto dall'introduzione di nuove metodologie sviluppate attraverso un uso mirato delle tecnologie informatiche, che possono costituire un importante fattore di amplificazione cognitiva.

Infatti, la rapida evoluzione degli strumenti informatici e il recente sviluppo di alcuni settori dell'indagine scientifica hanno cambiato il modo di lavorare dei ricercatori [1], determinando un sostanziale cambiamento nel modo di studiare i fenomeni naturali.

## **2 La simulazione come strumento di indagine della fisica**

Nel campo della fisica, le tecnologie informatiche hanno consentito, a seconda dei casi, di eseguire realmente in laboratorio esperimenti in linea ad un computer o semplicemente di analizzarne i risultati in modo diretto e veloce, o di simulare un esperimento.

Le simulazioni numeriche di fenomeni fisici possono essere viste come uno stato intermedio fra teoria ed esperimento. Sotto certi aspetti, la procedura attraverso cui si realizza un "esperimento" di simulazione contiene molte analogie con l'esperimento tradizionale:

- preparazione dell'apparato sperimentale (il calcolatore con il software relativo);
- disposizione delle condizioni in cui avviene l'esperimento (condizioni iniziali, numero di particelle, leggi delle forze);
- esecuzione dell'esperimento;
- osservazione e successiva analisi dei risultati.

L'uso di tecniche di simulazione in un corso di laboratorio di fisica permette quindi di realizzare un'efficace connessione fra teoria ed esperimento. Da un lato i dati sperimentali possono essere confrontati con i risultati delle simulazioni, dall'altro le simulazioni forniscono nuove possibili previsioni e indicazioni per gli esperimenti. In entrambi i casi i risultati sono soggetti ad incertezze sia di natura statistica che sistematica.

Uno dei motivi dell'interesse didattico suscitato dalle simulazioni è dato dalla rapidità nell'esecuzione delle "misure" e dalla possibilità di variare in tempo reale i parametri di controllo, o le condizioni al contorno.

Un secondo motivo consiste nella possibilità di studiare da una parte i sistemi complessi esistenti in natura, dall'altra quei sistemi che, pur non esistendo in natura, risultano per la loro struttura, e per i risultati che da essi ne conseguono, di grande interesse teorico.

È comunque evidente una differenza sostanziale sull'uso attuale del dispositivo informatico, rispetto a qualche decina di anni fa: oggi, anziché costruire solo modelli numerici e verificarne la validità attraverso l'adattamento ai dati sperimentali, si può facilmente costruire un laboratorio virtuale interattivo, grazie alla possibilità di predisporre software personalizzato e all'ampia disponibilità di pacchetti applicativi.

### **3 Le indicazioni metodologiche**

Poiché l'obiettivo primario è apprendere la fisica, riteniamo non essenziale che lo studente abbia come ulteriore compito quello di imparare ad usare il pacchetto applicativo. È importante invece capire i problemi affrontati e indagare, attraverso l'analisi dei risultati del modello matematico o informatico utilizzato, le proprietà del sistema e le capacità predittive dello strumento adottato. È quindi durante l'attività della simulazione che lo studente comprende il funzionamento del software applicativo: esso può perfezionare ed approfondire questa conoscenza attraverso le successive variazioni e implementazioni suggerite dai risultati dell'analisi iniziale. Si capisce pertanto che non ci sono momenti separati durante l'esecuzione di un esperimento reale. Infatti lo studente, senza necessariamente conoscere i comandi di un eventuale software, attraverso l'uso del programma e le indicazioni appositamente predisposte dal docente, viene guidato verso il problema della modellizzazione del fenomeno in studio. Non importa se deve lavorare utilizzando questo o quel software particolare, ciò che è di gran lunga più utile è "apprendere", apprendere tutto ciò che è collegato all'esperimento.

Tra le altre cose, e questo è un aspetto molto importante, un approccio alla fisica attraverso la simulazione permette allo studente di acquisire le tecniche del calcolo numerico, utili sia per colmare eventuali lacune lasciate dagli studi superiori, sia a preparare la base per gli studi specifici successivi. Queste considerazioni ci hanno suggerito di adottare una strategia didattica per l'insegnamento della fisica che non consideri le simulazioni soltanto uno strumento di collegamento tra teoria ed esperimento, ma componenti di un percorso strutturato, in cui le fasi dell'apprendimento (esperimento, teoria, simulazione) costituiscono parte integrante di un unico percorso formativo (Figura 1).

In quest'ambito, la matematica non rappresenta un semplice strumento, bensì partecipa alla metodologia dell'apprendimento, costituendo essa stessa elemento di conoscenza, attraverso la predisposizione delle tecniche numeriche occorrenti per la simulazione dei fenomeni.



Figura 1:

Il quadro concettuale che viene abbracciato da questo approccio risulta in tal modo ampio e diversificato, suscitando contemporaneamente prospettive di apprendimento di carattere interdisciplinare.

Il percorso formativo che emerge dalla nostra proposta per l'apprendimento della fisica fa uso simultaneamente di tutte le metodologie disponibili, attraverso una loro disposizione integrata che permette all'utente (lo studente) un apprendimento non solo della fisica, ma anche delle discipline ad essa correlate.

In definitiva, possiamo affermare che la nostra idea consiste nell'adozione di una metodologia della conoscenza e della sua organizzazione che risulta direttamente ispirata a strategie coerenti con le ricerche che si svolgono nel campo disciplinare di interesse.

#### 4 Un esempio significativo

In questa visione, un classico problema che ci sembra didatticamente molto interessante, da proporre agli studenti del primo anno dei Corsi di Studio ad indirizzo scientifico o delle ultime classi delle Scuole Secondarie, è rappresentato dallo studio del “moto di un carrello soggetto all'azione di una forza costante”.

L'analisi di questo problema, secondo l'approccio integrato, richiede da parte del docente la progettazione di un percorso realizzato sulla base del seguente materiale didattico:

1. un apparato sperimentale con possibilità di acquisizione in linea dei dati (che può essere già predisposto per le misure; oppure lo studente provvederà egli stesso al “montaggio” dell'apparecchiatura);

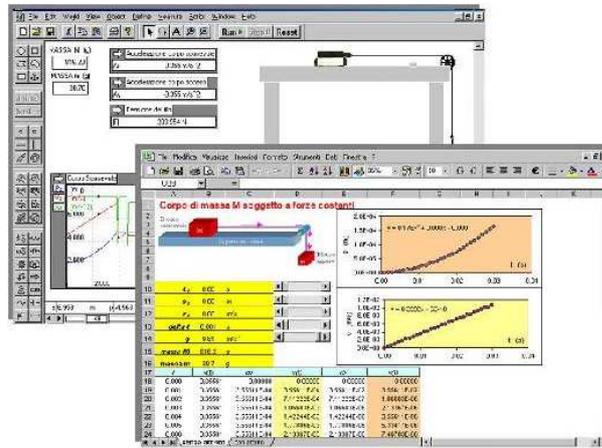


Figura 2:

2. schede contenenti:
  - (a) prescrizioni d'uso degli strumenti;
  - (b) gli elementi di fisica di base (in questo caso le leggi di Newton);
  - (c) metodi numerici elementari (essenzialmente l'approssimazione per la derivata);
  - (d) elementi di calcolo delle incertezze di misura;
  - (e) risoluzione dei problemi di fisica (in questo caso lo stesso problema del moto del carrello)
3. il foglio elettronico;
4. software interattivo (ad esempio *Interactive Physics* [2]).

Le informazioni contenute in 2b) vanno limitate all'essenziale. Il materiale viene predisposto per un uso operativo, nel senso che i metodi numerici, la valutazione delle incertezze, e il software vanno utilizzati tutti in connessione. Il tutto va realizzato sotto forma di ipertesto, includendo eventuali collegamenti a siti Internet di interesse, attraverso cui lo studente si può muovere secondo le diverse circostanze. L'uso del software interattivo consente l'accesso in un "laboratorio virtuale" nel quale si possono effettuare esperimenti analoghi a quelli del laboratorio reale (vedi Figura 2).

## 5 Uno sguardo più dettagliato

L'apparato di base dell'esperimento, grossolanamente schematizzato in Figura 3, è composto da una rotaia sulla quale si muove un carrello, da una

carrucola nella cui gola viene fatto passare un filo che applica la forza di trazione al carrello e da alcune masse che vengono fatte cadere in caduta vincolata per applicare al carrello forze diverse e da opportuni sensori.

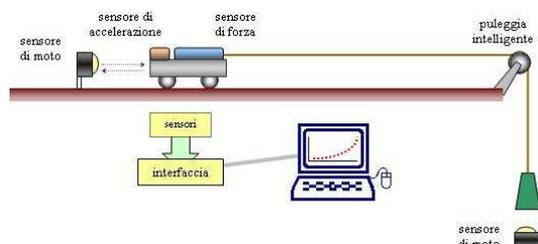


Figura 3:

Per gestire i vari sensori si utilizza una interfaccia del tipo *ScienceWorkshop* 750 della Pasco [3] (o altri similari). I dati ottenuti nell’esperimento sono rappresentati sia sotto forma di tabelle che come grafici. In questo caso il calcolatore può operare sui dati acquisiti (posizione del carrello in funzione del tempo) e fornire i valori delle grandezze derivate di interesse (nel nostro caso, velocità e accelerazione), come mostrato nell’esempio di Figura 4.

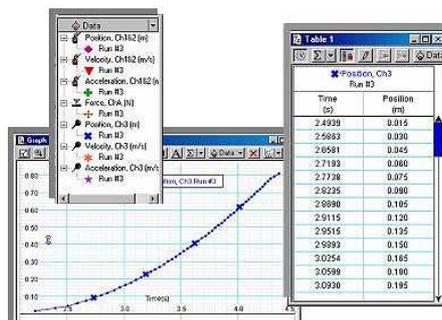


Figura 4:

Il problema fisico proposto, vale a dire lo studio delle forze di tipo newtoniano, si presta a tutta una serie di approfondimenti e di varianti metodologiche e di contenuto, proprio grazie all’uso dei sensori. Lo studente infatti, indagando inizialmente sul loro principio di funzionamento, può sviluppare autonomamente mini-progetti sul modo di utilizzazione del particolare sensore nell’esperimento o riflettere sul possibile impiego del sensore per misure di tipo diverso. L’uso dei sensori, e della tecnologia ad essi associata, consente anche al docente, laddove lo ritenga utile, di amplificare la singola attività stimolando nello studente, magari tramite domande

o suggerimenti, il gioco delle ipotesi e delle relative verifiche e riflettendo sull'attendibilità dei risultati ottenuti. L'esperimento rimane comunque "aperto" alla possibilità di ulteriori indagini che il docente può decidere di inserire in fase di realizzazione o di analisi dei risultati, per fornire agli studenti spunti idonei a formulare ipotesi interpretative o fare eventualmente previsioni. Esso è, a nostro avviso, ampiamente rappresentativo di quelle situazioni sperimentali che per ricchezza di temi coinvolti e facilità di esecuzione, risultano particolarmente adatte ad essere proposte in un corso di laboratorio di fisica con finalità di "collegamento".

## **Riferimenti bibliografici**

- [1] Kathleen T. Allgood, Tim D. Sauer and James A. Yorke, *Chaos: An Introduction to Dynamical Systems Springer-Verlag, 1996*).
- [2] [www.interactivephysics.com](http://www.interactivephysics.com) - Interactive Physics™, MSC Software Corporation
- [3] Pasco Scientific, 2003 *Physics Worldwide Catalog and Experiment Guide: www.pasco.com*