

Il progetto LES: percorsi di fisica e integrazioni disciplinari su scienza e tecnologia

Problematiche legate all'educazione scientifica e alla realizzazione di laboratori a scuola

■ **Emilio Balzano**, Università degli Studi di Napoli Federico II
e Fondazione IDIS - Città della Scienza
e-mail: emilio.balzano@na.inft.it

INTRODUZIONE

Il Progetto *Realizzazione di Laboratori per l'Educazione alla Scienza* (LES) s'inserisce nelle attività promosse dal Ministero della Pubblica Istruzione per il miglioramento dell'insegnamento e dell'apprendimento delle materie scientifiche. Così come per altri preesistenti progetti le attività del LES s'inquadrano in quelle più ampie del *Progetto Speciale per l'Educazione Scientifica e Tecnologica* (SeT-MPI)¹ ed è finalizzato alla sperimentazione, validazione e produzione di materiale didattico che è reso disponibile all'intero sistema scolastico e in particolare alle scuole SeT. Il Progetto LES, ora al suo secondo anno, si articola in quattro poli (Lombardia, Veneto, Campania, Sicilia) con una rete di scuole affiancate da ricercatori in didattica delle scienze e si sviluppa nell'ambito di una convenzione-quadro tra il Ministero della Pubblica Istruzione e la Fondazione IDIS; la scuola capofila è l'Istituto VIII-Righi di Napoli.

Il Progetto LES, che esplora le potenzialità del rapporto scuola - università - musei scientifici, s'inquadra in modo originale nel programma d'innovazione della didattica delle scienze e nasce con alcune premesse qui espresse in modo sintetico:

- la nostra società è plasmata dalla scienza e dalla tecnologia, usiamo con naturalezza oggetti tecnologicamente avanzati, siamo chiamati a fare scelte che richiedono conoscenze sempre più articolate e complesse che ci coinvolgono in prima persona... Tuttavia sembra affermarsi un crescente disinteresse nei con-

- fronti della conoscenza scientifica;
- nei ragazzi la curiosità, l'emozione di apprendere, il senso di meraviglia che accompagna ogni nuova scoperta, tendono a scomparire via via che si procede negli studi e negli adulti le nozioni scientifiche di base studiate a scuola non sono più presenti o risultano poco spendibili;
- in tutto il mondo i musei scientifici di nuova concezione, i "Science Centres", sono in una fase di rapido sviluppo. La maggior parte dei visitatori è costituita da classi con insegnanti che cercano quegli stimoli per la didattica che la scuola da sola non riesce a dare;
- nel nostro paese diversi musei scientifici (per lo più a carattere naturalistico) hanno sviluppato iniziative capaci di coinvolgere intere classi in attività didattiche di approfondimento;
- un museo scientifico può diventare un luogo di frequentazione abituale e di sperimentazione per le scuole se accanto alle visite alle mostre e alle esposizioni (fondamentali ad esempio per il confronto continuo con l'innovazione scientifica e tecnologica, per l'immersione in ambienti e situazioni emozionanti e coinvolgenti) è capace di interagire con i programmi di innovazione didattica;
- le sperimentazioni che si svolgono in diverse scuole con il supporto di gruppi di ricerca didattica sono fondamentali per il miglioramento dell'apprendimento e dell'insegnamento ma i loro risultati sono poco noti e talvolta non utilizzabili dalla maggior parte degli insegnanti che

¹ Documento di base del Progetto SeT e Allegati nella sezione "Documenti" del sito <http://www.les.unina.it>

- hanno bisogno da un lato di indicazioni ed esempi dettagliati dall'altro di proposte flessibili e adattabili;
- alcune significative "esperienze di contaminazione" e il diffondersi di reti di scuole che cooperano progettando e gestendo insieme attività didattiche e di formazione, condividono risorse e laboratori anche tra scuole di livelli diversi, interagiscono con esperti e ricercatori, ecc., mostrano che è possibile lavorare alla diffusione di modelli di rete capaci di stimolare iniziative interessanti (e anche inedite aggregazioni) se tali modelli sono presentati come processi da riavviare e non tanto come programmi da adottare.

IL LABORATORIO LES A CITTÀ DELLA SCIENZA

A partire dal 1988, nell'ambito della manifestazione multimediale *Futuro Remoto, un viaggio tra scienza e fantascienza* (che si svolge ogni anno a Napoli), gruppi di ricerca didattica e insegnanti di materie scientifiche sono stati coinvolti nella realizzazione di esposizioni interattive e sessioni di approfondimento nella sezione didattica. Facciamo un Esperimento [Balzano e Gagliardi, 1989 e 1990]. La manifestazione ha coinvolto negli anni diverse centinaia di migliaia di visitatori, in particolare (studenti e insegnanti) intere classi in visite guidate e si è rivelata un luogo di scambio di esperienze e di conoscenze capace di far circolare nelle scuole le proposte di innovazione maturate nell'ambito di sperimentazioni con gruppi di ricerca. Dal successo della manifestazione e dalla necessità di dare continuità alle esperienze maturate, nasce a Napoli, nel 1992, il Laboratorio per l'Educazione alla Scienza (LES) [Amodio et al, 1992]. Il LES offre alle scuole circa 150 attività didattiche sperimentali basate sull'apprendimento e l'insegnamento cooperativi. Circa 40.000 studenti, dalla materna alla secondaria superiore, hanno partecipato finora alle attività didattiche del LES, che sono poi sperimentate in alcune decine di scuole che le rielaborano e le realizzano nei propri laboratori [Balzano, 1997] [Balzano et al, 2000]. Un'attività didattica del LES si svolge integrando quattro momenti fondamentali:

- il gioco e l'esplorazione attiva con un forte coinvolgimento del piano percettivo, di quello emotivo, di quello estetico;
- lo studio (fenomenologico e formale) con addestramento individuale e collettivo sulle capacità di ragionare, descrivere, apprendere;

- il fare con tecnologie mature e nuove (meccanica, elettronica, sistemi informatici...);
- il comunicare (concetti, ipotesi, progetti...con descrizioni formali, a parole, con fatti, ecc.) da soli e cooperando in gruppo.

Un'attività didattica svolta presso il LES riguarda temi di base; dura dalle due alle tre ore; tre o quattro attività sullo stesso tema costituiscono un percorso. L'attività si svolge con un alternarsi di momenti che coinvolgono l'intera classe² e momenti di attività di piccolo gruppo e si basa sull'equilibrio tra diverse modalità di studio: l'analisi qualitativa, l'esplorazione attiva e parzialmente guidata della fenomenologia, l'analisi quantitativa con misure, l'interpretazione e la modellizzazione.

I LAVORI DEL PRIMO ANNO DEL PROGETTO LES

Partendo da alcune esperienze pregresse che hanno portato alla realizzazione di laboratori tipo LES in alcune scuole [Balzano et al, 1998], i lavori sono stati finalizzati alla creazione di una rete di scuole che hanno progettato, sperimentato, validato materiali didattici e studiato le modalità per realizzare laboratori di nuova concezione.

I lavori hanno preso il via nella primavera del '99 con la costituzione della rete dei quattro poli (ciascuno con un gruppo di scuole medie superiori e un comitato di coordinamento) e un comitato scientifico nazionale con funzioni di indirizzo e di orientamento. Complessivamente sono state coinvolte nel I anno circa 30 scuole e un centinaio di docenti.

I docenti coadiuvati dai ricercatori hanno costituito sette gruppi ciascuno su uno dei temi/percorsi di attività didattiche di fisica già pre-sperimentate presso il LES.

Nei lavori (in rete e in ciascuna scuola) sono state studiate le proposte iniziali per arricchirle e renderle più facilmente utilizzabili a scuola. Il processo di ricerca-azione si è articolato in diversi momenti che hanno visto studenti, docenti e ricercatori lavorare insieme realizzando esperimenti con strumentazione tradizionale ed oggetti di uso comune, con apparati on-line, con sistemi che permettono di elaborare dati sperimentali, con la ricerca di materiale in Internet, ecc. Alla fine del lavoro del I anno sono stati prodotti diversi materiali resi disponibili nel sito del Progetto.

I materiali prodotti si caratterizzano per:

- l'uso delle nuove tecnologie integrate

2

Sulla necessità di progettare interventi di qualità che coinvolgano tutti gli studenti e più in generale per lo studio di proposte organiche di riforma, può essere utile consultare: National Science Education Standards, National Academy of Sciences (USA), 1995 <http://www.nap.edu/readingroom/books/nses/>

nella pratica sperimentale e nello studio della teoria;

- le modalità di progetto, svolgimento e valutazione delle attività didattiche basate sulla cooperazione sia nell'insegnamento sia nell'apprendimento.

I materiali prodotti sono: *schede studente* per il lavoro in laboratorio, *sceneggiature* per il docente (una sorta di copione sullo svolgimento delle attività) con esempi di elaborazione di dati sperimentali, indicazioni metodologiche di carattere pedagogico e sull'uso delle tecnologie, risposte tipiche degli studenti, approfondimenti di carattere disciplinare, ecc.; indicazioni sulla *configurazione del laboratorio*; elenco dettagliato degli *oggetti di uso comune* e della *strumentazione* per lo svolgimento delle attività; *esempi di valutazione*; *esempi di implementazione* a scuola delle attività e del laboratorio.

I percorsi disponibili in rete coprono complessivamente circa centocinquanta ore di attività didattiche con gli studenti. Il materiale sarà arricchito e modificato sulla base delle interazioni che si svilupperanno con le scuole che ci contatteranno.

LA STRUTTURA DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE E LE SCHEDE STUDENTE

Le attività didattiche e le relative schede che sono elaborate dagli studenti nel corso delle attività, si articolano nei momenti descritti nel seguito.

Introduzione è una descrizione sintetica dello sviluppo dell'attività con l'obiettivo di coinvolgere lo studente nella definizione del programma ed offrire poi elementi critici (durante l'attività e alla fine) per valutare l'efficacia della proposta in termini di apprendimento (competenze e abilità acquisite).

Domande introduttive per far emergere le idee iniziali, far riflettere sul linguaggio e sulle definizioni, far nascere nuove domande che permettono di orientare il lavoro dell'insegnante.

Esplorazione della fenomenologia per imparare ad osservare fenomeni quotidiani lavorando in modo qualitativo, descrivendo a parole, ritrovando regolarità e regole ad esempio matematiche (geometriche e algebriche, relazioni d'ordine, corrispondenze, ecc.), correlazioni con altri fenomeni.

Esperimenti quantitativi per imparare a:

- riconoscere il significato emblematico di esperimenti "standard", "concettuali", "complessi";

- progettare esperimenti per mettere alla prova ipotesi;
- descrivere a parole e poi tradurre in formule e in grafici le osservazioni sperimentali;
- usare metodi e strumenti di misura, elaborare dei dati, confrontare tra loro le risposte di strumenti basati su tecnologie diverse;
- modellizzare.

Esercizi per imparare a padroneggiare il formalismo matematico, algebrico e geometrico in un contesto di cooperazione e di condivisione di strategie per la soluzione.

Discussione (Appunti) per ricostruire in modo sintetico i concetti più importanti emersi nel lavoro di gruppo, nel confronto tra i diversi gruppi, nella discussione collettiva, nelle sistematizzazioni dell'insegnante.

Commenti e riflessioni sull'attività svolta per imparare ad esprimere giudizi sulla validità della proposta didattica, sulla conduzione dell'attività, sulle interazioni nel gruppo. Per riconoscere il valore del giudizio degli studenti sui contenuti dell'attività, sulle modalità di conduzione, ecc.

I SETTE PERCORSI DI FISICA

Le attività didattiche sviluppate e attualmente disponibili in rete sono sinteticamente descritte nel seguito.

Probabilità e Misura

Si parte dalla percezione, dalle valutazioni soggettive e stime approssimate per costruire poi abilità relative alla misura. Inizialmente si scelgono campioni arbitrari diversi per misure dirette di lunghezze, superfici, volumi, ecc. poi le stesse misure sono realizzate in modo indiretto. Dal gioco con carte, dadi, monete e da misure ripetute di grandezze fisiche si introducono frequenza, probabilità, media mediana, distribuzione ecc. Il percorso mira a costruire significati che riguardano il rapporto tra distribuzione di eventi, la probabilità e la statistica e la distribuzione degli errori. Attraverso attività sperimentali ed elaborazioni con carta e matita e con simulazioni al computer si lavora con interpolazioni lineari e si ricostruisce il significato della distribuzione binomiale e poi di quella gaussiana.

Movimento

Inizialmente sono proposti moti molto generali con la richiesta di individuarne le proprietà e le grandezze che lo caratterizzano. Poi utilizzando un sonar in linea al computer si realizzano moti rettilinei (di persone, di carrelli, ecc.) analizzati attraverso grafici e tabelle costruiti in tempo reale (mentre il

moto si svolge). Legando la percezione del moto alla rappresentazione grafica e attraverso la correlazione tra grafici temporali di posizione velocità, accelerazione dello stesso moto si costruiscono abilità che legano lo studio del moto a operazioni di analisi matematica. Le attività si sviluppano integrando l'acquisizione dei nuovi concetti di cinematica con le abilità che riguardano il graduale controllo del sistema di acquisizione e ciò permette di impadronirsi di concetti chiave che riguardano i trasduttori e il calcolo numerico. Tappe fondamentali del percorso sono la costruzione collettiva e parzialmente guidata del modello lineare per moti a velocità quasi costante e la risoluzione grafica di sistemi lineari rappresentati sorpassi e incontri.

Calore e Temperatura

Dalla caratterizzazione di sistemi interagenti e dalla richiesta di descriverne le modalità di interazione, con esplorazioni e con esperimenti quantitativi si lavora alla costruzione di un vocabolario condiviso (sistema aperto, chiuso, isolato, variabile di stato e d'interazione, intensiva ed estensiva, equilibrio, calore, temperatura, ecc.). Nelle attività si utilizzano oggetti di uso comune (thermos, fornellini, ecc.), strumenti tradizionali di laboratorio (termometri, cronometri, ecc.) e sensori di temperatura (termistori e termocoppie) in linea con il computer. Tappe importanti del percorso sono la modellizzazione della temperatura di equilibrio nel mescolamento tra liquidi (media pesata), la risposta nel tempo di un termometro (e della sonda), la costruzione del modello lineare nel riscaldamento di un liquido a potenza costante (la pendenza della retta temperatura-tempo è direttamente proporzionale alla potenza del riscaldatore, e inversamente proporzionale alla massa del liquido e al suo calore specifico), la determinazione del calore specifico e del calore latente di ebollizione e di fusione, la conduzione termica in una sbarra. Il percorso si conclude utilizzando un calorimetro a frizione e un frullatore per l'analisi dell'equivalenza calore-lavoro meccanico e una discussione generale sul I principio della termodinamica.

Luce e Colori

Il percorso inizia con il presentare e discutere alcune situazioni familiari proposte sotto forma di attività esplorative per arrivare a condividere schemi interpretativi che riguardano il vedere: il sistema di rivelazione occhio-cervello, le sorgenti primarie e secondarie, il mezzo in cui la luce si propaga,

ecc. Dall'analisi di alcune fenomenologie che si presentano in generale sovrapposte quando la luce interagisce con alcuni oggetti e sistemi (la luce in parte è riflessa, in parte attraversa il sistema, in parte è assorbita), si impara a progettare esperimenti che evidenziano singoli aspetti e permettono di riconoscere le fenomenologie di base. La riflessione è studiata lavorando con specchi piani e curvi costituiti da oggetti comuni e da materiale di laboratorio (cucchiai, pentole, lamine riflettenti deformabili, specchi parabolici, ...), la rifrazione con lenti d'acqua e con prisma e lenti di laboratorio, le sintesi dei colori con filtri colorati. Le sorgenti sono costituite da lampade di auto e da laser economici. Sensori di luce collegati al computer permettono di lavorare con l'intensità luminosa e l'illuminamento. Il percorso si sviluppa presentando una ricca fenomenologia che permette di attraversare le parti più importanti dell'ottica geometrica, dell'ottica ondulatoria (in modo qualitativo) e dell'ottica fisica. Gli esperimenti e le esplorazioni qualitative riguardano: la visione e le illusioni ottiche, la formazione delle ombre, la riflessione, la rifrazione, le sintesi additive e sottrattive, la diffrazione, le leggi sull'illuminamento, la percezione dei colori e l'intensità di luci colorate, la radiazione infrarossa. Il percorso si caratterizza per un intreccio con argomenti di matematica (in particolare con le trasformazioni affini e prospettive) e di educazione all'arte figurativa (uso del colore ad es. nel puntinismo, uso della prospettiva, delle simmetrie, ecc.).

Energia

Analizzando situazioni familiari nelle quali si utilizzano "principi di conservazione" e rievocando le idee che si hanno in generale sull'energia si incomincia a costruire un vocabolario condiviso. Le energie note sono associate alla loro qualità e aiutandosi con dispositivi meccanici ed elettrici (macchine semplici, termocoppie, batterie, generatori Peltier, ecc. utilizzati in questa fase in esperimenti qualitativi) capaci di fare lavoro meccanico, di riscaldare, di generare elettricità, ecc. si costruiscono catene e reti che permettono di lavorare con la "produzione", il trasferimento, la conservazione, il degrado e il costo dell'energia. L'analisi quantitativa inizia con esperimenti di meccanica sugli urti e poi con pendoli, piani inclinati, piste con salite e discese, lanciatori di proiettili a molla, ecc. e si sviluppa guidando i ragazzi nella ricerca di grandezze che si conservano definendo poi l'energia cinetica e le energie potenziali elastica e di gravità e

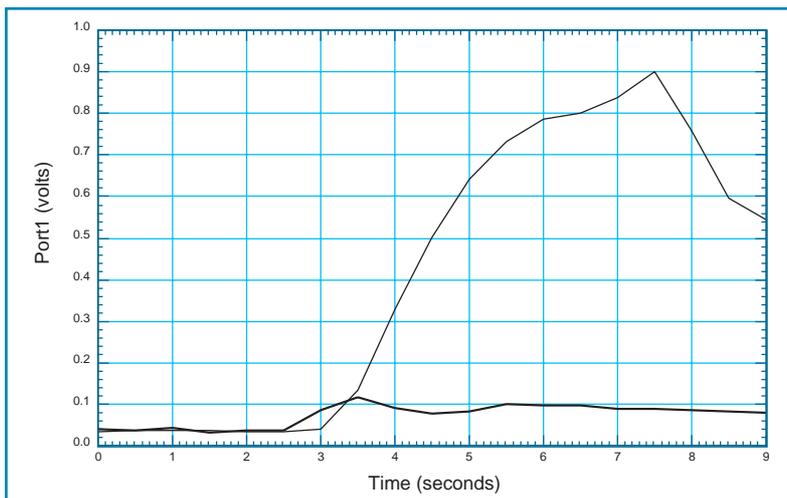


Figura 1 - Martellate sulla termocoppia

Grafici della differenza di potenziale che si stabilisce tra le due giunzioni di una termocoppia in linea a un computer quando, tenendo una giunzione in acqua fredda: a) l'altra giunzione è messa a contatto con una fiamma (valore di picco circa 0,90V); b) l'altra giunzione subisce una serie di martellate (valore di picco 0,12V). Questo esperimento permette di evidenziare diversi aspetti legati alla conservazione dell'energia e all'equivalenza calore-lavoro.

il legame con il lavoro. Le tappe successive del percorso riguardano misure, definizioni, esplorazioni che riguardano la potenza, il rendimento, il primo e il secondo principio della termodinamica, l'entropia. Nel percorso si utilizzano trasduttori e strumenti tradizionali di misura in esperimenti che riguardano diversi altri percorsi (cinematica, calore e temperatura, probabilità, forza e movimento...) cercando di mostrare correlazioni con altri modi di descrivere vantaggi e limitazioni nel trattare fenomeni fisici dal punto di vista dell'energia.

Forza e Movimento

Il lavoro iniziale riguarda la terminologia

con riflessioni ed esercizi su parole (*forza, sforzo, energia, fatica, lavoro...*) che riguardano il legame tra linguaggio comune e scientifico. Si discute sulla necessità di definire e condividere parole e concetti legando l'esperienza comune a fatti ed "evidenze sperimentali" che sono presentate con una ricca esplorazione della fenomenologia nella quale gli studenti devono imparare a descrivere le situazioni attraverso correlazioni, rievocazioni, analogie, validazione di ipotesi, ecc. La forza è legata all'interazione e al principio di causalità, i fenomeni osservati sono descritti attraverso regole che i ragazzi, in attività parzialmente guidate, di piccolo e di grande gruppo, possono riconoscere a partire da conoscenze note. Le regole possono essere: geometriche (la traiettoria del moto su un piano di un corpo rigido che dipende dalla direzione della forza iniziale o durante il moto...); relazione d'ordine (più intensità della forza più spostamento...); relazioni algebriche (proporzionalità diretta tra la forza e l'allungamento della molla...), ecc. e agli studenti è richiesto che la descrizione a parole sia poi tradotta in formule, in rappresentazioni grafiche e iconiche. Negli esperimenti, esplorativi e quantitativi, si utilizzano dinamometri a molla e trasduttori di forza e movimento (anche contemporaneamente nello stesso esperimento). In attività guidate gli studenti raggruppano regole, costruiscono e studiano modelli matematici, lavorano con la plausibilità dei principi di Newton. Le tappe essenziali del percorso sono: il principio di azione e reazione e la definizione operativa di forza, le forze di attrito, il principio d'inerzia, le forze impulsive, la composizione vettoriale, $F = ma$, i momenti. Caratteristica del percorso è rendere consapevoli gli studenti della necessità di rivisitare più volte gli stessi argomenti con strumenti di misura e di analisi diversi e con abilità nuove che permettono di ridefinire concetti provvisori.

Circuiti elettrici

Il percorso parte dalla costruzione di circuiti resistivi con batterie, lampadine con diverse configurazioni in serie e in parallelo e l'uso di interruttori, fili conduttori, isolanti, con alta resistenza. In questa fase l'analisi delle diverse configurazioni è analizzata attraverso la luminosità delle lampadine e una serie di osservazioni che permettono di incominciare a costruire i concetti di corrente, di resistenza e poi di differenza di potenziale. Poi si realizzano e si analizzano gli stessi circuiti con amperometri e voltmetri per studiare la relazione e la curva tensione

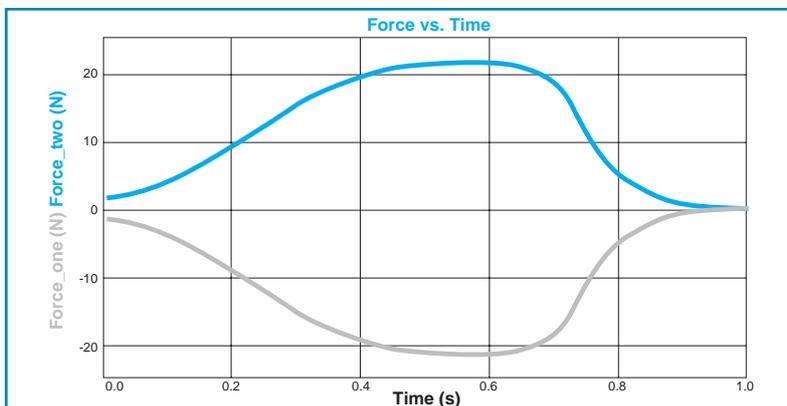


Figura 2 - Azione e reazione

Forze registrate con due sensori che si tirano attraverso i ganci. I due sensori sono stati configurati in modo che per il primo tirando il gancio si ottiene una forza positiva (spingendo negativa) e per il secondo l'opposto. Gli studenti realizzano questo esperimento dopo aver compiuto analoghe esperienze con molle e dinamometri a molla.

corrente di conduttori ohmici e anche con relazione non lineare. Nella prima parte i circuiti sono disegnati con rappresentazioni iconiche non standard, poi si introduce la necessità di un codice e si rappresentano gli stessi circuiti con simboli e convenzioni standard. Le tappe fondamentali del percorso sono: le leggi di Ohm, la familiarizzazione con le topologie dei circuiti, l'uso del tester analogico e di quello digitale, gli effetti (termico, magnetico, chimico) della corrente e la corrente nei liquidi, l'analisi di reti attraverso le leggi di Kirchhoff, la potenza elettrica, l'analisi di alcuni dispositivi elettrici e di alcuni elettrodomestici, un'introduzione all'uso dei trasduttori elettrici. Il percorso mira all'integrazione tra concetti-base e abilità operative che possono risultare utili in molti campi.

GLI APPROFONDIMENTI: UN ESEMPIO

Nelle sceneggiature che accompagnano ciascuna attività didattica sono sviluppati approfondimenti (analisi più dettagliate e avanzate) che dovrebbero permettere agli insegnanti di gestire con maggiore padronanza le esperienze proposte agli studenti. Gli approfondimenti costituiscono un esempio del lavoro cooperativo degli insegnanti nella progettazione delle esperienze e suggeriscono la possibilità di proporre a studenti più motivati e in situazioni favorevoli versioni più avanzate dello stesso esperimento. L'esempio qui proposto si riferisce ad una esperienza che può essere proposta,

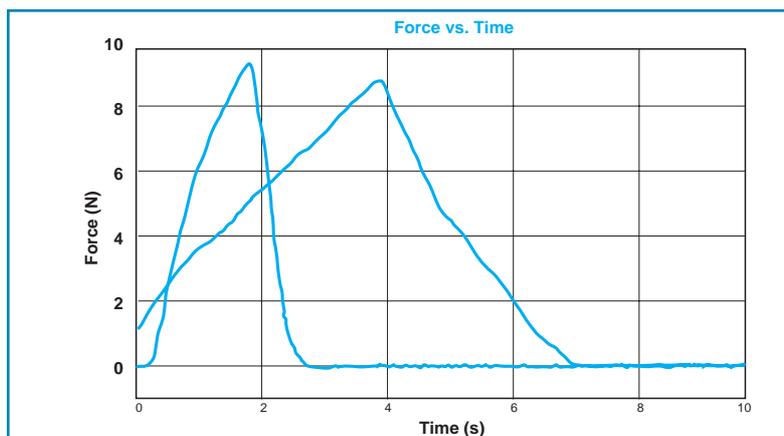


Figura 3 I- tempi di trasmissione di una forza

Confronto tra due forze esercitate con una molla lunga e con una molla corta. L'esperimento è realizzato tirando con la stessa molla da pacchi, con regolarità e con la stessa velocità, una volta da un estremo (molla lunga) un'altra volta dal centro (da metà lunghezza, molla corta). Il valore massimo di circa 9N è raggiunto prima con la molla corta che è più rigida (costante di elasticità maggiore). L'esperimento può aiutare a capire le modalità di trasmissione di una forza al variare delle caratteristiche del sistema trasmettitore.

privilegiando aspetti diversi nell'analisi, in tre differenti percorsi (*cinematica, energia, forza e movimento*), oppure come momento di sintesi.

Un carrello di massa nota e con respingente a molla può andare su e giù con poco attrito lungo una guida inclinata. All'estremità in basso il carrello urta, con il respingente, contro un blocco pesante (parete) posto all'estremità in basso della guida e torna indietro. Un sonar posto in alto sulla guida e collegato al computer permette di studiare in tempo reale il moto del carrello.

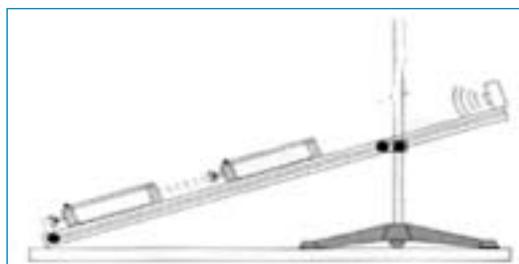
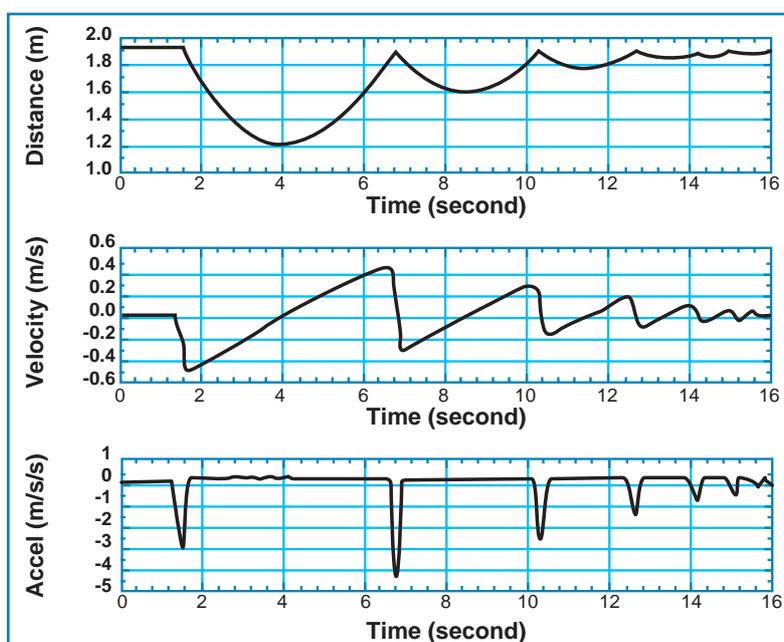


Figura 4 - Moto di un carrello

Grafici in tempo reale del moto di un carrello che va su e giù lungo una guida inclinata e urta con il respingente a molla contro una parete in basso. Il sonar è in alto e "vede" il carrello andare su e giù lungo la guida inclinata. Inizialmente il carrello è in basso con la molla del respingente compressa. A circa 1,5s la molla, inizialmente compressa, viene liberata e inizia il moto. L'analisi dettagliata dei grafici temporali della distanza del carrello dal sonar, della velocità e dell'accelerazione permettono di studiare diversi aspetti del fenomeno in termini di conservazione dell'energia e del legame tra forza e movimento.



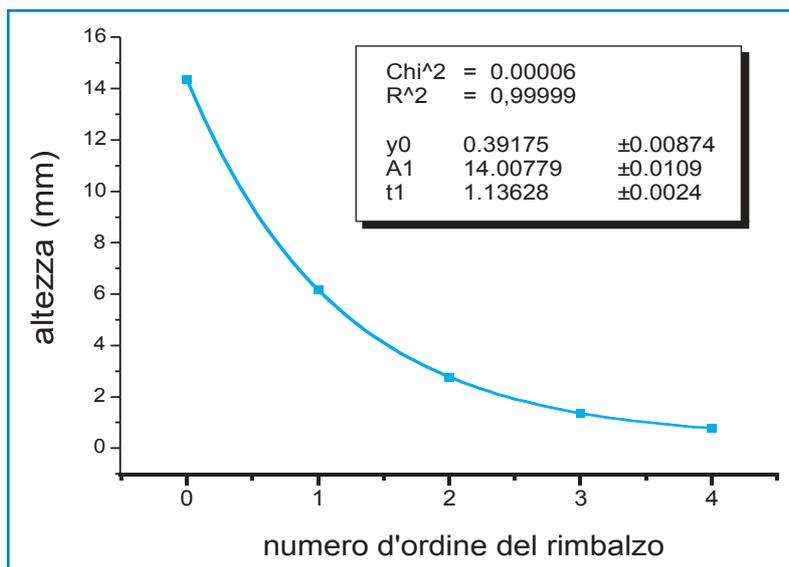


Figura 5 - Decadimento esponenziale della massima altezza

Dai dati della distanza dal sonar (vertici delle quasi parabole del primo grafico in alto di figura 4) si calcolano le altezze massime del carrello in funzione del numero di rimbalzo. Alla quota massima iniziale è associato lo zero. I dati possono essere analizzati con le funzioni di un foglio elettronico o con lo stesso software di acquisizione on-line. In figura il grafico elaborato con Microcalc Origin per Windows: i parametri calcolati dal software mostrano la quasi perfetta interpolazione con la curva esponenziale dei minimi quadrati. Il risultato è spiegato con la legge fenomenologica che descrive gli urti anelastici. È interessante notare che un analogo risultato si può ottenere con il rimbalzo di una pallina di gomma piena su un pavimento così come proposto nel percorso *energia*.

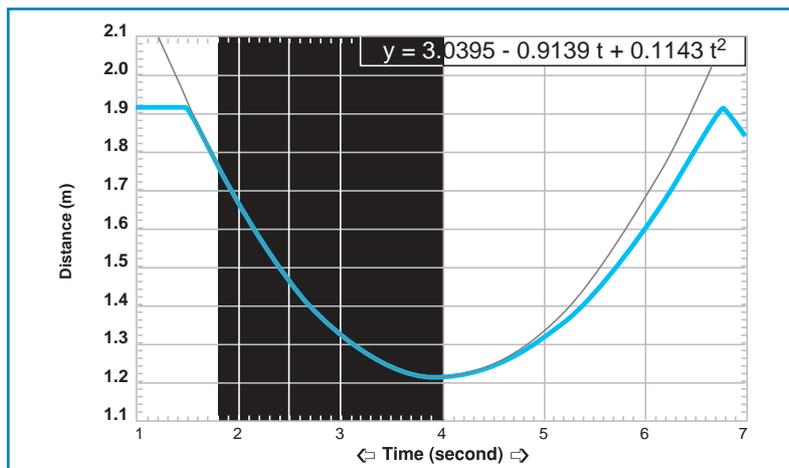


Figura 6 - Due differenti parabole in salita e in discesa

L'analisi dettagliata del grafico della distanza in funzione del tempo di Figura 4. mostra la non simmetria delle quasi parabole raccordate. A causa dell'attrito l'accelerazione (quasi costante) in salita è maggiore di quella (quasi costante) in discesa. L'interpolazione del ramo di sinistra con una parabola dei minimi quadrati permette di evidenziare questo aspetto che può essere studiato anche con i grafici della velocità e dell'accelerazione. Nel riquadro in figura il coefficiente del termine di secondo grado è la metà dell'accelerazione in salita.

I LAVORI DEL SECONDO ANNO

I lavori (in corso) del II anno si sviluppano su due piani:

- assistendo le scuole (SET e non solo) che intendono sperimentare i sette percorsi prodotti nel primo anno e quindi arricchendo e potenziando il materiale LES già disponibile;
- allargando la proposta con la realizzazione di nuove e differenziate attività che riguardano altre discipline scientifiche e si rivolgono a tutti i livelli scolari.

In riferimento ai temi proposti nel Progetto SeT si lavora, nello sviluppo di nuove proposte, offrendo una visione unitaria dei fenomeni scientifici e mirando, con un' enfasi che varia secondo i livelli scolari e le modalità di insegnamento, a sottolineare i seguenti aspetti qui espressi in modo sintetico:

- gli interventi didattici devono tendere al reale miglioramento dell'insegnamento e dell'apprendimento mirando al coinvolgimento attivo dell'intera classe e al comprendere di tutti gli studenti;
- i fenomeni scientifici che coinvolgono l'esperienza quotidiana, e non solo quella, richiedono spesso una visione unitaria che necessita, da un lato, di correlazioni non favorite dalle separazioni rigide imposte dai programmi di insegnamento, dall'altro della conoscenza di concetti, metodi, tecniche, ecc. che sono propri delle diverse discipline;
- un insegnamento che parta dalla complessità dei fenomeni necessita di una strategia nella quale trovino il giusto equilibrio la descrizione qualitativa, lo studio fenomenologico e quello formale;
- chiavi di lettura diverse e complementari dello stesso fenomeno possono arricchire notevolmente l'insegnamento e l'apprendimento ma richiedono la rivisitazione e la riorganizzazione dei singoli programmi disciplinari con percorsi lunghi che permettano la riorganizzazione di concetti e metodi;
- l'insegnamento cooperativo, che può permettere di trattare (in modo non banalizzante) con una visione unitaria i fenomeni scientifici necessita di una riorganizzazione a scuola degli spazi e dei tempi con la condivisione di ore e di risorse di laboratorio, la progettazione, la gestione e la valutazione di interventi didattici, ecc. E di tutto ciò occorre tener conto nelle proposte di innovazione.

Per quanto riguarda le scelte di carattere metodologico si fa riferimento a quelle esperienze e a quel filone di ricerca in didat-

tica delle scienze che tendono a valorizzare, nei processi di apprendimento e di insegnamento, quei concetti e quelle strategie di ragionamento che possono fungere da ancore (o da ponti) per superare le difficoltà indicate in letteratura. Questa area di ricerca tende a considerare non soddisfacente la “presa d’atto” delle difficoltà di apprendimento e di insegnamento e cerca di definire nuove strategie per il loro superamento, [Alfieri et al, 1999]; [diSessa et al, 2000]; [Elby, 1999]; [Guidoni, 2001]; [Hammer, 2000]; [Sassi, 1995].

Le attività didattiche su cui si sta lavorando fanno riferimento a quattro temi di base di seguito descritti.

La Terra e l’Universo

Temi tipicamente assegnati alla scienza della Terra e all’astronomia sono sviluppati in attività che integrano, a seconda del livello scolastico, geometria (ombre, trasformazioni geometriche, trigonometria,...), fisica (metodi di misura, energia solare, onde elettromagnetiche,...), geochimica (composizione delle varie parti della Terra, elementi della crosta terrestre), nuove tecnologie (acquisizione di dati e immagini dalla rete telematica, uso del GPS, ...).

L’acqua

Le proprietà chimiche e fisiche dell’acqua e delle “acque”, il percorso dell’acqua, la vita intorno all’acqua e nell’acqua (ad esempio “la vita in una goccia d’acqua”) costituiscono alcuni temi per lo sviluppo di attività didattiche che mirano alla costruzione di una visione unitaria nell’indagare fenomeni quotidiani e di grande interesse scientifico e sociale.

L’esplorazione dei fenomeni quotidiani

L’esplorazione dei fenomeni quotidiani è guidata da un percorso che ha come tappe: la percezione e l’osservazione qualitativa, la descrizione, la misura, la modellizzazione, il confronto con la teoria. Particolare importanza è data al ruolo che le nuove tecnologie e in particolare i trasduttori possono svolgere nello svelare e nell’ampliare la percezione e la conoscenza di un fenomeno quotidiano.

L’ambiente e i grandi fenomeni naturali

Lo studio dei grandi eventi naturali (eruzioni, terremoti, ecc.), dell’ambiente e dei cambiamenti globali costituiscono elementi per la realizzazione di attività didattiche che integrano diversi momenti: escursioni, misure, lavoro in rete, modellizzazione. Le attività sono anche finalizzate al coinvolgimento delle scuole in programmi di difesa e di prevenzione.

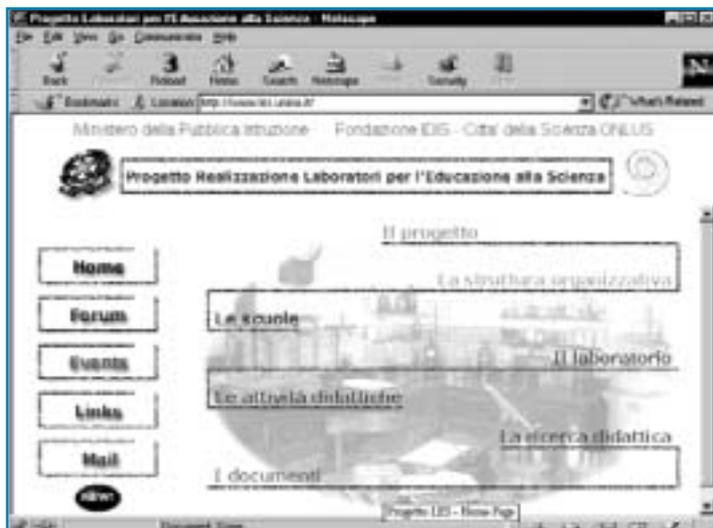
Schematicamente il lavoro del secondo anno si caratterizzerà e si articolerà nel modo seguente:

- saranno prodotte attività diverse rivolte a scuole medie superiori e inferiori e a scuole elementari;
- nelle scuole superiori già coinvolte del primo anno LES si esploreranno e si valideranno altre attività afferenti ai sette percorsi. Nelle stesse scuole, con il coinvolgimento di altri insegnanti, si analizzeranno e si valideranno i materiali relativi alle nuove proposte. Le scuole che hanno già acquistato sistemi di acquisizione dati on-line, per le attività di fisica, potranno allargare la stessa pratica sperimentale alle altre scienze con costi non impegnativi (occorre acquistare altri trasduttori). Per le stesse scuole si daranno indicazioni per l’acquisto di strumentazione e per la realizzazione delle nuove attività;
- nelle scuole elementari si mirerà alla realizzazione di laboratori rivolti ai bambini, agli insegnanti e ai genitori. Le esperienze di riferimento sono quelle realizzate presso Città della Scienza che hanno coinvolto nell’ultimo anno migliaia di bambini delle scuole napoletane, un centinaio di insegnanti in attività di formazione, numerosi genitori nell’assistere i ragazzi nei compiti sperimentali a casa e nel realizzare il laboratorio a scuola;
- in ciascuno dei poli si esploreranno forme di cooperazione tra docenti di livelli diversi non solo nella progettazione ma anche nell’utilizzo dei laboratori e nel coinvolgimento di studenti più grandi nella conduzione di attività rivolte ai più piccoli;
- la rete telematica sarà utilizzata oltre che dai docenti anche dagli studenti in attività cooperative che coinvolgano più classi, docenti e ricercatori (*Sismologia, Misura del raggio terrestre con il metodo di Eratostene, Analisi delle immagini da satellite, ecc.*).

Nello sviluppo delle attività è prevista l’integrazione con diverse iniziative di Città della Scienza (mostre, programmi educativi, ecc.) e la collaborazione con altri progetti nazionali ed europei che si basano sulla cooperazione tra scuole, università e musei scientifici. Per le attività di Scienza della Terra si collaborerà con il Progetto *Eduseis* sulla difesa dal rischio sismico (coordinatore V. Silvestrini)³, per le attività di fisica si collaborerà con il Progetto *SeCiF* (Spiegare e Capire in Fisica) (coordinatore P. Guidoni) [Guidoni, 2001].

3

Sito web del Progetto Eduseis
<http://luxgea5.na.infn.it>



UN PRIMO BILANCIO

Il lavoro fin qui svolto ha messo in moto un processo che vede impegnati docenti, studenti, capi d'istituto, ispettori ministeriali, responsabili del Provveditorato e ricercatori in didattica in attività non usuali nel sistema scolastico e nel sistema della ricerca. L'originalità del Progetto sta nella funzione del LES che funge da ponte tra la ricerca didattica e la scuola con la pre-sperimentazione con migliaia di studenti. Si tratta di una ricerca-azione che ha come protagonisti soprattutto i docenti che sono coinvolti nel Progetto nel duplice ruolo di sperimentatori e di progettisti. A fine novembre si è svolto a Napoli il Convegno Nazionale del Progetto con la presentazione dei lavori svolti. Gli Atti del Convegno (il quaderno è stato distribuito durante i lavori) sono scaricabili dal sito. Si tratta di esperienze e riflessioni particolarmente interessanti che testimoniano le potenzialità presenti nelle scuole. Il materiale LES finora prodotto è stato utilizzando in alcuni gruppi di lavoro che si occupano dei nuovi curricoli per la riforma della scuola.

Figura 7

La home-page del sito del Progetto LES
(<http://www.les.unina.it>)

Figura 8

La pagina del percorso *Luce e Colori* del sito del Progetto LES.

riferimenti bibliografici

32

Alfieri F., Arcà M., Guidoni P. (1999), *I modi di fare scienza*, Boringhieri, Torino.

Amodio L., Balzano E., Bobbio S., Guidoni P., Fusco A., Moretti M., Sassi E., Silvestrini V., Simone P. (1992), *Catalogo delle Attività Didattiche del Laboratorio per l'Educazione alla Scienza*, CUEN, Napoli.

Balzano E. (1997), The LES experience in Science Education at Naples, in E.S.E.R.A (European Science Education Research Association) e U.A.B. (Universitat Autònoma de Barcelona), *3rd European Summerschool. Theory and methodology of Research in Science Education*, Barcelona, pp 116-121.

Balzano E., Campanino M., Capocasale L., Drioli A., Di Martino F., D'Onofrio R., Grasso E., Maglio G., Palma D., Parente R., Patini M., Porro A., Riccio C., Zanazzi A. (2000), *Catalogo Attività Didattiche 2000-2001*, a cura della Sezione Didattica della Città della Scienza di Napoli, CUEN, Napoli.

Balzano E., Fazio C., Tarantino G. (1998), *Attività didattiche nel laboratorio multimediale con sensori in linea. Integrazioni disciplinari, apprendimento e insegnamento collaborativi: l'esperienza dell'IPIA Medi di Palermo*, La Fisica nella Scuola, XXXI, 2.

Balzano E., Gagliardi M. (1989), On Va Faire Une Experience: la section didactique

d'une imposante manifestation publique sur la science, la technologie et l'imaginaire, in A.Giordan, J.L. Martinand et C.Souchon (eds), *Xi^{èmes} Journées Internationale sur l'Education Scientifique*, Chamounix, pp. 475-481.

Balzano E., Gagliardi M. (1990), *Facciamo un Esperimento, Sezione didattica di Futuro Remoto '89*, CUEN, Napoli

diSessa, A., Elby, A., & Hammer, D. (2000), J's Epistemological Stance and Strategies, in G. Sinatra (eds.), *Intentional Conceptual Change*, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ

Elby, A. (1999), Another reason that physics students learn by ro-

te, *American Journal of Physics, Physics Education Research Supplement*, vol. 67.

Guidoni P.(2001), Explaining and Understanding in Physics. SeCif: a project for correlated teachers' formation and curriculum innovation, in *Proceedings of Physics Teacher Education beyond 2000 PHYTEB*, Barcelona, in press.

Hammer D. (2000), Student resources for learning introductory physics, *American Journal of Physics, Physics Education Research Supplement*, vol. 68.

Sassi, E. (1995), Esperimenti in tempo reale e didattica della fisica, *TD - Tecnologie Didattiche*, vol. 7, pp. 46-55.