

R. FIORE

Liceo Scientifico Buonarroti, Pisa

PALESTRA DELLE IDEE
DELLE PROPOSTE E DELLE ESPERIENZE

Una esperienza didattica con risultato incoraggiante

(Pervenuto il 30.05.90, approvato il 12.1.92)

ABSTRACT

The high school introductory physics course is a particularly delicate moment. One must avoid giving the pupils the impression that physics is mainly related to text-book and school lab and not to real everyday life. This paper describes an experience in which the students were enabled to take a correct attitude towards physics from the start, while learning about heat, thermal conductivity and conductors, insulators, sources of heat and heating power. In textbooks, these concepts are usually covered in a few pages. This experience was developed over three months, but the results seem to be rather encouraging.

Premessa

L'introduzione al corso di fisica generalmente viene fatta presentando gli aspetti metodologici caratteristici di una scienza sperimentale: osservazioni dei fatti e situazioni, ricostruzione di questi avvenimenti, misura dell'entità degli effetti, analisi dei risultati raccolti e loro interpretazione, costruzione di modelli e teorie, e loro successiva verifica.

Tutto questo non si trova nello studio della meccanica, che di solito viene proposta come primo argomento del corso di fisica, viene trattata in modo assiomatico e riguarda solo oggetti e situazioni molto semplificati e idealizzati (astrazioni) che non si incontrano nell'ambiente reale. Anche il lavoro sperimentale viene affrontato usando dispositivi e sistemi artificiali, per essere aderenti alle schematizzazioni imposte da una teoria strutturata (astratta, generale).

Ci sembra che tutto questo possa scoraggiare gli allievi dal provare a lavorare autonomamente, per esempio tentando di analizzare come si muove realmente un oggetto vero, in determinate condizioni.

Per queste ragioni in una classe III di un liceo scientifico tradizionale (tre ore settimanali anziché due, per delibera del collegio dei docenti a.s. 1988/89) è stato deciso di iniziare il corso di fisica con lo studio di fatti e situazioni che generalmente vanno sotto il nome di "temperatura e calore".

Tale argomento nella scuola superiore in genere viene sviluppato a partire da considerazioni basate su esperienze dirette della vita di tutti i giorni. Ma le osservazioni qualitative su fatti quotidiani non sono adeguatamente collegate alle esperienze di laboratorio (quantitative). Rimane radicata la distinzione tra la fisica delle formule e per es. la lettura della bolletta del gas o della luce.

Noi abbiamo provato a tradurre in esperienze di laboratorio quelle a casa seguendo questo criterio.

1ª fase: semplice esperienza in classe - Discussione - Organizzazione di una scheda per ripetere

l'esperienza a casa, annotando la differenza dovuta al materiale usato ed agli strumenti usati.

2ª fase: l'esperienza a casa (*) precede quella in classe. Questa volta gli alunni devono scrivere le proprie osservazioni, individuare le variabili e le costanti (pentole uguali, uguali quantità di acqua, fornelli diversi...).

Devono altresì scrivere le proprie ipotesi, discuterle in classe con i compagni, fare previsioni; infine eseguire l'esperienza a scuola.

3ª fase: gli alunni devono progettare un'esperienza a casa per misurare una grandezza fisica (es. il calore specifico di un cucchiaino di acciaio inox): devono decidere da soli il materiale necessario, i tempi, l'interpretazione dei risultati.

A questo punto la scelta della calorimetria (come primo gruppo di fenomeni) da proporre per l'introduzione della fisica trova la sua motivazione proprio nella possibilità di realizzare il laboratorio a casa per coinvolgere gli allievi in modo attivo, valorizzando le conoscenze derivanti dalla loro personale esperienza, incoraggiandoli a prendere iniziative (proporre esperimenti, eseguire prove dirette).

Una tale metodologia richiede senz'altro tempi più lunghi all'inizio, perché la lezione non segue un iter canonico (spiegazione dell'insegnante e poi eventuali domande degli studenti) ma deve scaturire dalle osservazioni, dalle domande degli alunni, dalle ipotesi che essi stessi provano a formulare. Quando il sistema di procedere è avviato i tempi di studio sono abbreviati. Infatti, il programma nell'arco dell'anno è stato concluso regolarmente.

Vorrei infine osservare che non si pensa minimamente di presentare una nuova proposta didattica, ma solo di raccontare una personale esperienza di lavoro, stimolato anche da letture di resoconti di attività di ricerca nel campo della didattica della fisica svolta in diverse sedi universitarie da ricercatori del gruppo nazionale di didattica della fisica.

(*) Il cui schema viene preparato insieme all'insegnante.

Schema del corso

Parte introduttiva:

- a) impostazione del lavoro con gli allievi
- b) questionario iniziale

Attività di laboratorio:

- misura di grandezze fisiche (significato dei risultati delle misure)
- esperienze
- analisi dei risultati, interpretazione

Lavoro a casa:

- lavoro pratico
- compiti scritti

Questionari di verifica.

Contenuti

Conduttori e isolanti - Equilibrio termico - Calore - Temperatura - Conducibilità termica - Calore specifico - Capacità termica - Sorgente di calore - Il problema dell'energia (introduzione) - Potere calorifico di una sostanza.

Gli argomenti non sono presentati in sequenza. Essi sono tutti presenti sin dalle prime esperienze (v. questionario iniziale). Si evidenziano e vengono appresi in rapporto dialettico gli uni con gli altri per approfondimenti successivi.

Obiettivi

- Acquisizione dei contenuti e loro utilizzazione come strumento per porre domande e dare spiegazioni.
- Analisi di un fenomeno, individuazione delle variabili interessanti.
- Interpretazione e uso corretto di una relazione tra grandezze fisiche.
- Risoluzione di problemi, come studio quantitativo di situazioni concrete.

Svolgimento del corso

1ª Parte (introduttiva - tre lezioni)

Il primo incontro serve ad individuare attraverso una discussione opportunamente guidata i punti base del lavoro che intendiamo affrontare.

La traccia di questa lezione è stata suggerita dal testo "Calore e temperatura" di E. Giordano, C. Longo, P. Majorino Bonelli, Emme Edizioni, Torino 1988.

Proponiamo alcune domande prima assai generali, poi sempre più circostanziate: Es.:

Che cos'è la fisica? Di che cosa si occupa la fisica? Da dove cominciamo? Come procediamo? Proviamo a scrivere i risultati di questo primo incontro.

- Con l'espressione "studiare la realtà che ci circonda" si intende l'esame di alcuni aspetti di

eventi che si manifestano in particolari situazioni.

- L'analisi e lo studio di un qualsiasi fatto implicano la possibilità di dare o ricevere informazioni.
- La comunicazione si serve di diversi canali espressivi: scrivere, parlare, disegnare, gesticolare - utilizzati anche insieme.
- Per la conoscenza di tipo scientifico è necessario un linguaggio sintetico, non ambiguo. Alla fine di ogni lezione insisteremo sul significato di proposizioni riassuntive e sulla loro trascrizione.
- Ci occuperemo dei fenomeni che coinvolgono il "caldo e il freddo", gli "scambi di calore" in genere. Cercheremo di lavorare in modo da ridurre la spaccatura tra la fisica del libro di scuola e quella della realtà quotidiana.

Nel secondo incontro si analizzano le caratteristiche del lavoro sperimentale, tenendo presente che:

- Le operazioni di misura sono necessarie per superare l'informazione qualitativa, l'affermazione soggettiva.
- "Sperimentare" a scuola o a casa non è soltanto guardare o eseguire manualmente delle istruzioni, ma utilizzare in modo attivo tutte le capacità di percezione, di "contatto" con la realtà che vogliamo interrogare.
- Significato delle "leggi" o "principi fisici": sono la traduzione sintetica di conclusioni alle quali si arriva dopo tappe scandite secondo un preciso itinerario (segue lo schema dove sono evidenziati i collegamenti/richiami):

- 1) Decido di occuparmi di un certo fenomeno... o, meglio, di alcuni suoi aspetti.
- 2) Lo individuo nelle situazioni spontanee che incontro.
- 3) Osservo - Cerco di sfrondare gli aspetti marginali, cercando quelli più generali, comuni a tutta una classe di fenomeni.
- 4) Voglio passare dal quotidiano non riproducibile ad una situazione più controllata:

Laboratorio: esperienza riproducibile.

↓

- 5) Osservazione.

↓

- 6) Misura $\left\{ \begin{array}{l} \text{grandezza fisica è...} \\ \text{misurare} \\ \text{strumenti di misura} \end{array} \right.$

- 7) Elaborazione delle misure (la matematica che serve).

↓

- 8) Ipotesi.

↓

- 9) Formula $\left(\begin{array}{l} \text{o relazione} \\ \text{matematica} \\ \text{tra grandezze} \end{array} \right) \left\{ \begin{array}{l} \text{linguaggio} \\ \text{comunicazione} \end{array} \right.$

- 10) Verifica.
 ↓
 11) Teoria.
 ↓
 12) Previsione (anche di fatti non ancora sperimentati).

Questionario sulle conoscenze già acquisite

Si propongono situazioni abbastanza comuni nelle quali sono coinvolti tutti i concetti da sviluppare nel corso (v. contenuti). Alla fine, il questionario (che riportiamo in fondo al presente articolo) verrà riproposto e confronteremo le risposte.

2ª Parte

I contenuti si sviluppano attraverso 8 esperienze di laboratorio a scuola e alcune a casa:

- 1) Misure di lunghezza, tempo, superficie... Breve discussione sull'elaborazione dei dati sperimentali - Preferiamo parlare di incertezza della misura anziché di errore. Consideriamo che il risultato non è un valore "vero", ma un intervallo numerico.
- 2) Studio dell'andamento della temperatura di una data massa di acqua mentre viene riscaldata da una resistenza elettrica. La resistenza è immersa nell'acqua, il tutto è contenuto in un cilindro di polistirolo, con coperchio con due fori, uno per il termometro, il secondo per un agitatore per rendere uniforme la temperatura dell'acqua. Ogni gruppo di studenti lavora con masse diverse di acqua nello stesso intervallo di temperatura.
- 3) Studio dell'andamento della temperatura di masse uguali di differenti sostanze omogenee durante il riscaldamento.
- 4) Studio dell'andamento della temperatura in situazioni nelle quali si verifica anche un passaggio di stato.
- 5) Studio dell'andamento della temperatura per un miscuglio di quantità diverse di uno stesso liquido, a temperature differenti. Significato e determinazione della massa equivalente del calorimetro.
- 6) Studio dell'andamento della temperatura di una data quantità di acqua ad una data temperatura iniziale, quando in essa vengono immessi oggetti diversi a diverse temperature.
- 7) Misura del calore specifico di un campione X.
- 8) Prove di conducibilità termica di alcuni materiali: legno, sughero, polistirolo, compensato. Sono stati misurati i tempi di fusione di uguali quantità di ghiaccio in contenitori uguali per dimensioni, forma, spessore. Successivamente è stato studiato il raffreddamento di uguali quantità di acqua calda posta negli stessi contenitori. In seguito i ragazzi hanno realizzato da soli cubi di stoffa, cartone, polistirolo, legno, risolvendo

anche in modo originale il problema dello spessore, di eventuali chiodi, punti metallici, nonché il problema non indifferente della chiusura di questi contenitori.

A casa provano il comportamento dell'isolante rispetto al freddo (ghiaccio) e al caldo (caffè bollente).

Analisi dei risultati e delle esperienze di laboratorio

Dopo ogni esperienza eseguita in laboratorio o a casa gli alunni scrivono una relazione sintetica ma esauriente seguendo uno schema precedentemente concordato.

I risultati devono essere riportati su lucidi con le unità di misura uguali per tutti. In questo modo al momento della discussione in classe i vari lucidi possono essere confrontati (vengono sovrapposti).

Possiamo, per esempio, osservare:

- Riscaldando masse diverse di acqua fino all'ebollizione il diagramma sperimentale temperatura ha l'andamento di una retta.
- Il cambiamento di temperatura di una data massa di acqua ad una temperatura T_0 , quando in essa vengono immersi, a turno, oggetti omogenei di massa diversa alla temperatura T_1 (T_1 diversa da T_0) mostra che i risultati dipendono dalla massa degli oggetti e dal materiale di cui sono costituiti.
- Il tempo impiegato per portare ad una data temperatura T una massa di acqua in cui è immerso un oggetto diverso ogni volta, a parità di massa totale e temperature iniziali, dipende dalla massa dell'oggetto e dal materiale di cui è fatto, purché il riscaldamento sia sufficientemente lento in modo da garantire che acqua e massa immersa abbiano per quanto possibile la stessa temperatura.

Tali risultati introducono al concetto di capacità termica, calore specifico, e servono a chiarire il significato di sorgente di calore.

La discussione in classe prevede nella fase conclusiva la definizione da parte degli stessi alunni delle grandezze fisiche individuate. Essi attraverso l'esame dei risultati sperimentali formulano ipotesi sulle possibili relazioni quantitative che permettono di descrivere i fatti osservati.

Laboratorio a casa

Parallelamente all'attività svolta in classe si organizza il laboratorio a casa.

Sono commissionate semplici esperienze:

- a) Costruire cubi di cartone e stoffa (stesse dimensioni, stesso spessore (v. esp. n. 8)) ed analizzare il comportamento di questi materiali agli effetti della conducibilità termica: misura del tempo di fusione di una quantità fissa di ghiaccio; raffreddamento di liquidi caldi (caffè).
- b) Riscaldare fino all'ebollizione, partendo da una temperatura nota T_0 :

- 1) una massa M di acqua;
- 2) una quantità di acqua e patate crude di massa complessiva uguale a M ;
- 3) una quantità di acqua con biglie di vetro tale che la massa complessiva sia M ;
- 4) acqua più biglie di acciaio con massa totale M .

Usare ogni volta lo stesso fornello e lo stesso recipiente controllando che la situazione iniziale sia sempre la stessa.

Misurare ogni volta il tempo impiegato dalla massa totale M per passare dalla temperatura T_0 a quella di ebollizione.

Valutare, servendosi delle caratteristiche del fornello (se a gas o elettrico), la quantità di energia fornita nei vari casi.

- c) Progetto e realizzazione di un'esperienza per misurare il calore specifico di un cucchiaino di acciaio inox.

Fase conclusiva: esperienza con l'azoto liquido

Questa esperienza di particolare effetto ha soprattutto lo scopo di chiudere una serie di fenomeni e di chiarire ancora una volta che qualunque cosa è "sorgente di calore" per un corpo a minore temperatura.

(I ragazzi possono inoltre osservare l'alcool e il mercurio allo stato solido).

L'azoto liquido viene portato in laboratorio in un recipiente a chiusura non ermetica. Lo versiamo su alcool, mercurio, acqua. Vi immergiamo foglie, pezzetti di gesso, carta, gomma, ghiaccio...

Osserviamo che il ghiaccio ha un aspetto molto irregolare, che alcuni materiali quali le foglie subiscono dei cambiamenti notevoli, mentre altri si raffreddano soltanto: la carta è solo più fredda, non risulta bagnata.

L'alcool e il mercurio tornano rapidamente allo stato liquido. Chiudiamo un po' d'azoto in una provetta di plastica a chiusura ermetica, e vediamo che in breve tempo essa non resiste alla pressione.

L'azoto che bolle perché vi immergiamo un pezzo di ghiaccio (o qualunque altra cosa) ci suggerisce di concludere l'esperienza didattica con una domanda che si collega alla prima (come posso scaldare una massa d'acqua?). L'acqua può bollire solo a temperatura elevata? È possibile far bollire l'acqua "fredda" (a temperatura ambiente)?

Verifiche

Il metodo che abbiamo seguito ci ha permesso di verificare continuamente l'acquisizione dei contenuti da parte degli alunni anche attraverso le loro domande, gli interventi in classe, l'abilità nel progettare il lavoro di gruppo.

Erano comunque previste verifiche scritte in classe e a casa nell'ordine che segue:

- due verifiche scritte nel mese di dicembre: accanto a problemi e domande tratte da vari libri di

testo, ne proponiamo altri appositamente studiati per il lavoro svolto in classe;

- verifica scritta a casa (compiti per le vacanze di Natale);
- verifica di fine quadrimestre;
- questionario iniziale, riproposto per confrontare le risposte all'inizio e alla fine del corso.

Considerazioni conclusive

In base ai risultati ottenuti riteniamo di poter concludere questo resoconto con le seguenti considerazioni:

- I concetti di equilibrio termico, calore, temperatura, sono stati recepiti attraverso un'esperienza continua tra scuola e casa e pertanto acquisiti in modo più stabile rispetto ad altri, anche a distanza di tempo, come risulta dalla verifica di fine anno e dal questionario all'inizio della classe successiva.

- Gli alunni, impegnati in una esperienza relativamente semplice, hanno potuto svolgere con particolare cura l'attività di laboratorio sia a casa che a scuola, sviluppando una soddisfacente abilità manuale, abituandosi all'esposizione ordinata dei risultati, ed al confronto.

Questo li ha messi in grado - al momento di affrontare argomenti più astratti (cinematica) - di distinguere tra i risultati dell'esperienza e la validità delle leggi generali cui gli esperimenti fanno da supporto.

Appendice

Si riportano qui di seguito:

- questionario introduttivo (tratto da: *Aspects of Secondary students' understanding of heat*, A. Brook et al.) (3) (agli studenti è stata fornita la fotocopia tradotta in italiano)
- alcuni problemi proposti agli studenti.

Figura 1

Una cuoca mette sul fuoco due pentole di patate. Quando sono entrambe in ebollizione abbassa il gas sotto una pentola in modo che ci sia giusto l'ebollizione, mentre lascia come prima il fuoco sotto l'altra pentola. È convinta che nella pentola di sinistra (fuoco "più alto") le patate cuoceranno prima. Un ragazzo dice che non c'è differenza. Secondo te, chi ha ragione? Esponi i tuoi motivi. N.B.: le pentole sono "uguali", così i contenuti e i fornelli.

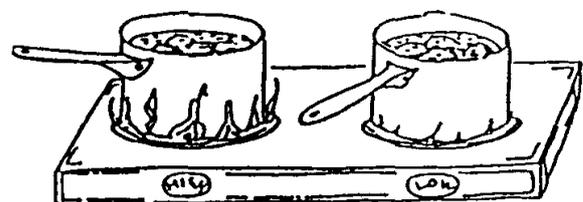


Figura 2

Uguale quantità di acqua alla stessa temperatura sono messe in pentole identiche P e Q. In P vengono messi dei piselli surgelati; in Q la stessa quantità di piselli freschi. I fornelli sui quali vengono messi P e Q sono identici (riscaldano nello stesso modo). Nella pentola P (piselli surgelati) l'acqua comincia a bollire più tardi rispetto alla pentola Q. Secondo te, per quale motivo?

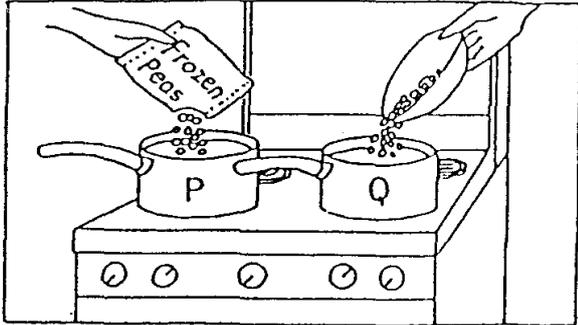


Figura 3

Cucchiai di metallo, legno, plastica.

Mary mette alcuni cucchiai sporchi in un bicchiere d'acqua calda. Dopo poco nota che il manico del cucchiaio di metallo è più caldo di quello di legno. Qual è il motivo?

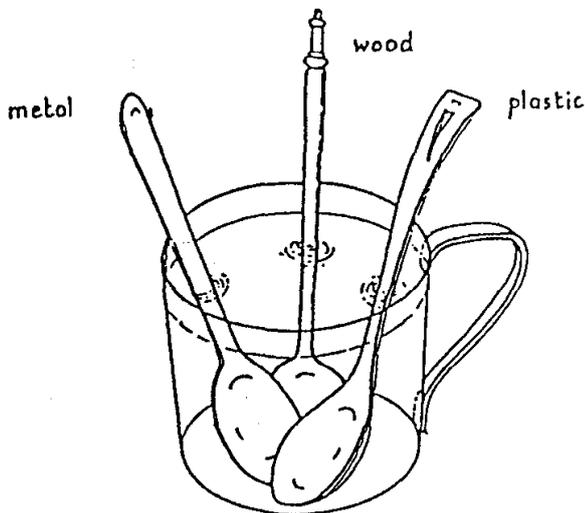
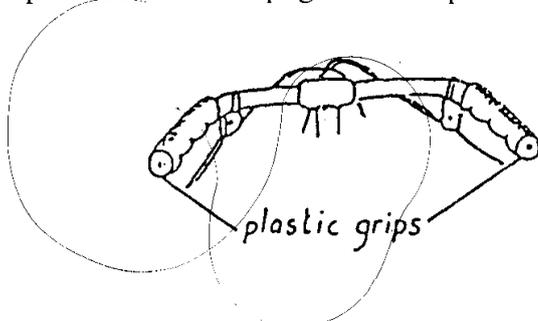


Figura 4

In una giornata freddissima, Sally nota che nel manubrio della bicicletta le parti di metallo sono più fredde dell'impugnatura di plastica. Perché?



Domanda 5

Nei paesi più caldi si conservano le bevande in recipienti di terracotta. La terracotta è porosa: ha piccoli buchi nei quali l'acqua può entrare. In questi recipienti l'acqua resta fresca più a lungo che in altri... Qual è il motivo?

Domanda 6

Come posso riscaldare un bicchiere d'acqua? ... tenendolo fra le mani, mettendolo sotto una coperta, sotto il golf, a contatto col corpo umano ...

Riscrivi il testo utilizzando, dove serve, la terminologia appropriata:

1. Una tazzina di caffè bollente è sul tavolo. Un'altra identica alla prima è in un recipiente di polistirolo con coperchio. Il caffè nel polistirolo rimane caldo più a lungo perché il polistirolo trattiene il calore.

2. Due pentole A e B di uguali dimensioni (e uguale materiale...) contengono quantità d'acqua diverse $m_A > m_B$ inizialmente alla stessa temperatura T_0 . Vengono riscaldate fino alla temperatura T_1 . Quindi A ha più calore di B.

3. Con la mano destra tocco una sbarra di legno e con la mano sinistra un'altra sbarra uguale di metallo. La seconda sbarra è più fredda perché il metallo assorbe più facilmente il calore.

1. Due sferette di uguale raggio, una di alluminio e l'altra di vetro, sono state portate alla temperatura $T = 80^\circ\text{C}$. Vengono quindi immerse in due recipienti uguali contenenti uguali quantità di acqua a 20°C . In quale recipiente l'acqua diventa più calda?

2. Perché l'acqua di uno stagno, pur essendo stata esposta al sole quanto la terra che la circonda, ha una temperatura inferiore?

3. Può succedere che due corpi abbiano uguale capacità termica e diverso calore specifico? Porta qualche esempio.

4. Illustra con esempi la differenza tra capacità termica e conducibilità termica.

5. Prova a dare una definizione chiara di isolante accompagnata da qualche esempio.

6. Durante le esperienze di laboratorio uno dei termometri a mercurio è stato posto su una fiammella, ed hai visto che il mercurio prima scende nella colonna, e poi risale. Ricordi quale è stata la spiegazione?

7. Dischetti di uguale massa e materiale diverso (ferro, marmo, ...) sono immersi in acqua e portati all'ebollizione. Vengono poi rapidamente estratti e immersi in recipienti uguali immersi a loro volta in recipienti contenenti ghiaccio tritato. Che cosa si può prevedere a proposito della quantità di acqua che si ottiene nei vari casi?

8. Spiega perché un involucro di carta mantiene caldi gli oggetti caldi e freddi gli oggetti freddi.

9. Esperienza con l'azoto:

Abbiamo lasciato nel thermos una certa quantità di azoto. Il giorno dopo non c'era più azoto, ma dell'acqua in fondo al recipiente. Perché c'è l'acqua? (Ricorda "attentamente" l'esperienza). (L'acqua non è altro che il ghiaccio che avevamo versato nell'azoto per farlo bollire. L'azoto invece è tutto evaporato ndr).

4. R. Driver. *Cognitive psychology and pupil's frameworks about heat*, Centre for studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds, England, Paper prepared for: Convegno del G.N.D.F., S. Miniato, Italy, 1984.
5. L. Bosman, F. Lazzeri, J. Legitimo. *Di che cosa sono fatti gli oggetti?* Dipartimento di Fisica dell'Università di Pisa, Comunicazione dell'Unità di Pisa del G.N.D.F. al Convegno Nazionale di Pavia, 1988.

Bibliografia

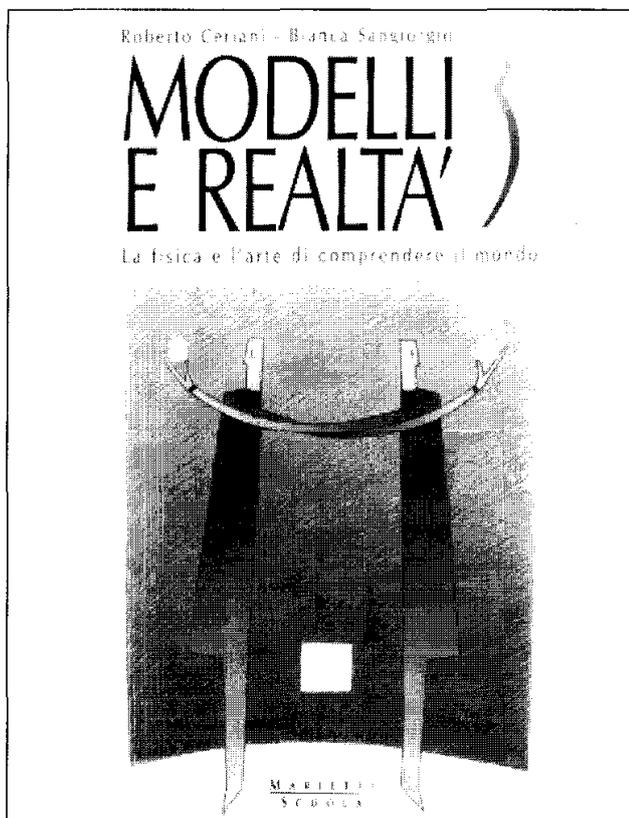
1. E. Giordano, C. Longo, P. Majorino Bonelli. *Calore e Temperatura*, Emme Edizioni, Torino, 1988.
2. M.C. Anguillesi, L. Bosman, E. Fabri, I. Grilli, F. Lazzeri, J. Legitimo, L. Martinelli, P. Meletti, G. Monti. *La macchina albero*, Seminario didattico della Facoltà di Scienze M.F.N., Anno Accademico 1984-85.
3. A. Brook, A. Briggs, B. Bell, R. Driver. *Aspects of secondary students' understanding of heat*, Centre for studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds, England, 1984.

Ringraziamenti

L'autore desidera ringraziare:

Luigia Bosman, docente di Fisica Generale presso l'Università di Pisa, che ha proposto l'esperienza e ne ha seguito le varie fasi di realizzazione.

Il sig. Sergio Palazzi, tecnico di laboratorio del Liceo Scientifico Buonarroti di Pisa, per il contributo alla preparazione ed all'esecuzione delle esperienze.



- Un testo coerente con i **nuovi programmi** di triennio, basato su un approccio storico-critico alla fisica classica e moderna.

- Ampio spazio dedicato alla **fisica del XX° secolo**: relatività, meccanica quantistica, fisica nucleare, astrofisica e cosmologia.

- **200 test di ingresso** e **1800 esercizi di verifica** fra cui 450 test a scelta multipla (180 riservati ai docenti), test a risposta breve, di completamento, di ordinamento, problemi, calcolo dimensionale, caccia all'errore, etc...

- Edizione in 3 volumi con guida per insegnanti e dischetto MS-DOS.

- Coordinamento scientifico a cura del Prof. Antonio Sparzani del dipartimento di Fisica dell'Università di Milano.

MARIETTI SCUOLA

Per informazioni: (0142) 76311 - (02) 55181444/460/455/608 Via Vasari 15, 20135 Milano