

---

# Analisi fenomenografica di una sperimentazione in didattica della fisica sui fenomeni di attrito

*L'analisi fenomenografica e il modello di Rasch possono essere strumenti utili per indagare sul livello di comprensione, da parte degli studenti, di argomenti di fisica sviluppati in classe.*

## LA FENOMENOGRAFIA

La fenomenografia, secondo la definizione di Marton [1986], è “un metodo d'indagine adatto a sondare come le persone, in base alle loro esperienze, percepiscono e apprendono aspetti del mondo reale”. Si tratta di uno strumento che ha avuto molteplici ambiti di applicazione, soprattutto nel campo della psicologia e delle scienze sociali, laddove è necessario rilevare atteggiamenti che di per sé non sono suscettibili di misurazione. La sua utilizzazione per valutare aspetti relativi all'insegnamento e all'apprendimento di una disciplina è invece finora abbastanza limitata e riferita prevalentemente alla didattica della fisica [Dall'Alba et al., 1993; Walsh et al., 1993]. L'analisi fenomenografica consente infatti di ricavare informazioni qualitative sulle concezioni degli studenti riguardanti un argomento di fisica [Bowden et al., 1992], come fanno altre tecniche di analisi più comunemente usate per la valutazione dell'apprendimento.

Come nel caso di metodi di analisi più tradizionali, oggetto dell'analisi fenomenografica sono questionari e/o interviste. L'aspetto che caratterizza l'approccio fenomenografico e che lo distingue dagli altri consiste nel fatto che non vengono assunte “a priori” categorie nelle quali inquadrare le risposte attese, bensì vengono create categorie di risposte “a posteriori”, basate sui dati ottenuti nell'indagine mediante successivi confronti e riordinamenti dei dati stessi. Generalmente le risposte degli studenti vengono analizzate da più persone del gruppo di ricerca e suddivise in categorie. Le varie categorizzazioni

vengono poi poste a confronto, discusse e riviste ripetutamente fino al raggiungimento di un accordo.

L'analisi fenomenografica eseguita su questionari, somministrati a studenti prima e dopo lo studio di un argomento di fisica, permette di valutare l'apprendimento dell'argomento stesso, e quindi l'efficacia del metodo di insegnamento utilizzato.

## IL MODELLO DI RASCH

La valutazione dell'apprendimento/insegnamento a partire dai risultati forniti dall'analisi fenomenografica di un questionario si può realizzare, per esempio, mediante la misura di parametri che caratterizzino sia le diverse domande del questionario, sia le diverse persone che a questo hanno risposto. A tal fine, i dati ottenuti con l'indagine fenomenografica possono essere trattati con tecniche di ordinamento (“scaling”) di tipo deterministico [Thurstone, 1925; Guttman, 1950] o stocastico, come quella di Rasch [Rasch, 1960; Andrich, 1988]. Quest'ultima tecnica si è rivelata particolarmente promettente in ambiti diversi [Giampaglia, 1998]. Nel caso della fisica, essa costituisce uno strumento interessante nel lavoro di ricerca didattica, in quanto può fornire informazioni utili sull'apprendimento di concetti da parte degli studenti; per questo sarà brevemente descritta in quanto segue.

Le operazioni di scaling nel modello di Rasch, così come in altre tecniche di ordinamento, sono finalizzate alla misura di parametri numerici che indichino il grado in cui ciascun soggetto possiede la pro-

---

Lidia Borghi,  
Anna De Ambrosis,  
Chiara Invernizzi,  
Ernesto Lunati,  
Paolo Mascheretti  
Dipartimento di Fisica  
“A. Volta”,  
Università di Pavia

prietà in esame: nel nostro caso tale proprietà è il grado di conoscenza relativo a un fenomeno fisico. Dopo aver ripartito le risposte in diverse categorie, seguendo il metodo fenomenografico precedentemente schematizzato, tali categorie vengono raggruppate in “livelli di risposta” progressivi, a ciascuno dei quali viene attribuito un punteggio tanto più alto quanto maggiore risulta la comprensione dell’argomento riscontrabile nelle categorie assegnate al livello.

L’insieme di dati che vengono elaborati da un procedimento di scaling è rappresentato da un insieme di variabili  $X_{ni}$ , ciascuna delle quali si riferisce a uno studente (indicato con  $n$ ) e a un livello di risposta (indicato con  $i$ ) ed assume il valore 1 o 0 a seconda, rispettivamente, che lo studente abbia raggiunto il livello considerato oppure no. Questi dati rappresentano il punto di partenza per arrivare a stimare parametri significativi del campione, caratteristici del metodo di analisi utilizzato. Nel modello di Rasch [1960] i parametri fondamentali sono due: l’abilità del soggetto  $n$ , indicata con  $\beta_n$ , e il livello di difficoltà del livello  $i$ , indicato con  $\delta_i$ . Viene inoltre attribuito un valore di difficoltà  $\delta_k$  al quesito  $k$ -esimo, definito come valor medio delle difficoltà dei suoi livelli. L’ipotesi alla base del modello di Rasch è che ogni variabile  $X_{ni}$  sia influenzata solo dalla differenza dei due parametri ( $\beta_n - \delta_i$ ) e che tali parametri intervengano a determinare la probabilità che il soggetto  $n$  di abilità  $\beta_n$  raggiunga (ed eventualmente superi) il livello  $i$  di difficoltà  $\delta_i$  ( $X_{ni} = 1$ ), secondo la relazione:

$$\Pr\{X_{ni} = 1 / \beta_n, \delta_i\} = \frac{\exp(\beta_n - \delta_i)}{1 + \exp(\beta_n - \delta_i)}$$

il cui andamento è, come è noto, quello rappresentato in Figura 1.

La misura statistica dei parametri di abilità e difficoltà, a questo punto, può essere formulata come un tipico problema inverso: dato un insieme di valori  $\{X_{ni}\}$ , si stimano i valori  $\beta_n$  e  $\delta_i$  che minimizzano l’errore quadratico medio riscontrato nel confrontare la formula (1) con i valori sperimentali  $\{X_{ni}\}$ . Una trattazione approfondita delle operazioni matematiche con cui procede il modello di Rasch è stata fatta, per esempio, da Wright e Stone [1979].

## LA SPERIMENTAZIONE

Il nostro gruppo di ricerca ha già utilizzato un approccio fenomenografico per l’analisi dei risultati di una sperimentazione riguardante l’idrostatica [Borghini et al, 2000a]. Tale lavoro ha consentito di evidenziare come, utilizzando un programma di analisi Rasch disponibile in rete (“Ministep”, MESA, University of Chicago, <http://mesa.spc.uchicago.edu>), sia possibile trarre indicazioni utili sull’efficacia dell’intervento didattico proposto.

In questo articolo presentiamo un’analoga indagine riguardante la sperimentazione di una proposta didattica sui fenomeni di attrito, focalizzando l’attenzione sul tipo di informazioni ottenibili da un’analisi Rasch e sul modo di estendere queste informazioni con un procedimento euristico più elementare.

La sperimentazione è stata condotta in collaborazione con gli insegnanti di quattro classi della scuola secondaria, del secondo e del terzo anno, nel cui programma di insegnamento era prevista la trattazione dei fenomeni di attrito. Gli insegnanti sono stati dapprima coinvolti in un’attività di riflessione e approfondimento su alcuni fenomeni della vita quotidiana in cui l’attrito svolge un ruolo importante (corpi che strisciano, corpi che rotolano, persone che camminano, biciclette e automobili che procedono per l’azione di una coppia motrice o di una forza). In questa fase sono stati presi in considerazione i contributi illustrativi e interpretativi che possono scaturire da semplici esperienze di laboratorio, da strumenti

**Figura 1**  
Funzione caratteristica del modello di Rasch.

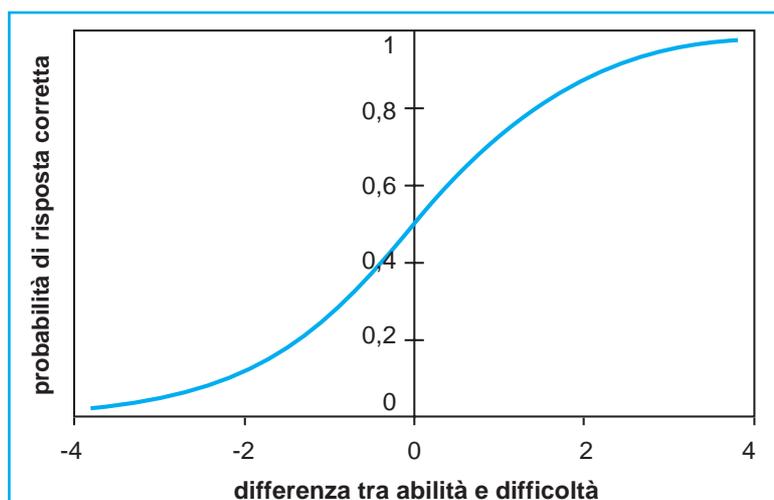


TABELLA 1

**Evoluzione dei punteggi dal test iniziale al test finale in quesiti che riguardano la stessa situazione fisica. I quesiti sono riportati in appendice 1.**

Quesito del test iniziale (sigla)	Punteggi (n. di persone)	Quesito del test finale (sigla)	Punteggi (n. di persone)
1 (Orif)	0(7)1(12)2(29)3(5)	1B (Orif B)	0(3)1(21)2(22)
5 (Orim)	0(17)1(36)	3B(Orim D)	0(27)1(11)2(13)
3(Incm)	0(5)1(38)2(10)	4B (Incm B)	0(10)1(16)2(37)
4 (Vert)	0(42)1(7)2(4)	5B (Vert B)	0(17)1(2)2(5)3(29)

interattivi (MBL) o da simulazioni al computer (Interactive Physics) [Borghetti et al, 2000b].

Gli insegnanti si sono dimostrati in grado non solo di adattare parte di queste attività al lavoro di classe, ma anche di proporre di nuove. In tutte le classi, la riflessione sull'attrito è stata proposta nelle fasi iniziali della trattazione della dinamica, in quanto si riteneva che la familiarità con questo tipo di fenomeni, indotta dall'esperienza quotidiana dei ragazzi, potesse svolgere un ruolo propedeutico allo studio delle forze e del moto più efficace di un discorso astratto sul comportamento di un "punto materiale".

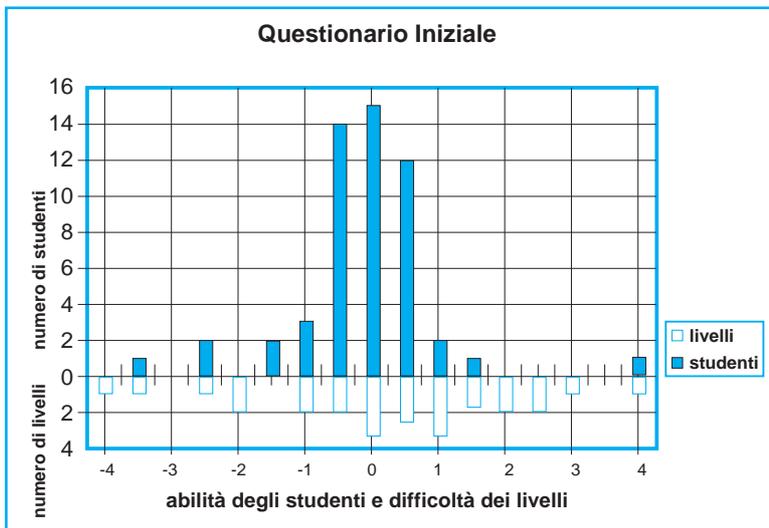
Due questionari sono stati sottoposti agli alunni rispettivamente all'inizio e alla fine dell'intervento didattico riguardante l'attrito (vedi Appendice 1). Entrambi i test fanno riferimento a un insieme di situazioni fisiche in cui l'attrito svolge un ruolo determinante (moto lungo un piano orizzontale, lungo un piano inclinato, condizioni per realizzare l'equilibrio in un piano verticale, moto relativo di due corpi appoggiati uno sull'altro). Il test iniziale era mirato a valutare l'abilità di osservazione dei ragazzi e la loro capacità di giustificare intuitivamente le osservazioni, mentre il test finale richiedeva anche una descrizione formale delle situazioni fisiche attraverso la rappresentazione delle forze. Dopo aver estratto dal campione di studenti il sottoinsieme comprendente gli alunni che avevano risposto a entrambi i test (53 alunni), si è proceduto ad analizzare i questionari col metodo fenomenografico. In Appendice 2 sono riportati, a titolo di esempio, le categorie e i livelli di risposta individuati per le domande indicate con la sigla

ORIM nel test iniziale. È stata realizzata infine un'analisi quantitativa basata sia su strategie elementari di confronto dei punteggi, sia sul modello di Rasch (utilizzando il programma Ministep).

### PRIMO CONFRONTO DEI RISULTATI DEI DUE QUESTIONARI

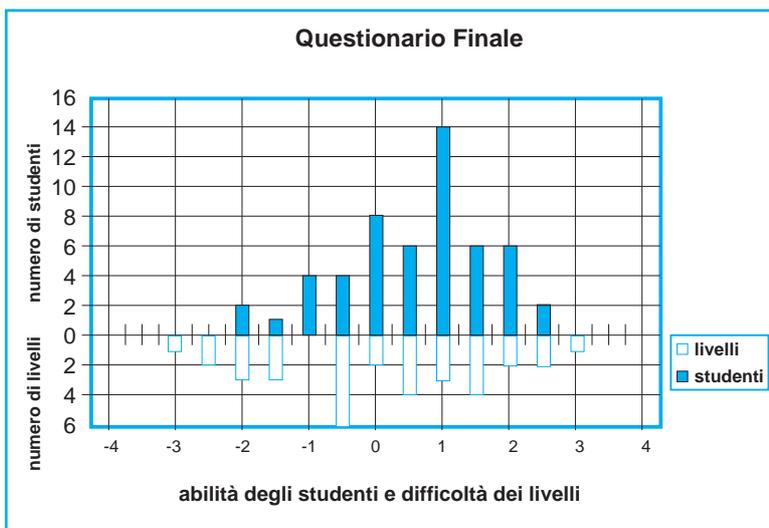
Come prima valutazione del progresso nell'apprendimento, risulta utile confrontare i punteggi relativi ai vari livelli di risposta limitatamente ad alcuni quesiti che, seppure in termini diversi, esprimevano la stessa domanda nel test iniziale e in quello finale. Particolarmente significative sono le variazioni dal test iniziale a quello finale delle popolazioni dei livelli estremi, corrispondenti a conoscenze del tutto inadeguate (il livello più basso) e a conoscenze adeguate (il livello più alto). La Tabella 1 evidenzia l'evoluzione dei punteggi per i quesiti considerati.

Il primo quesito considerato è il numero 1 del test iniziale (vedi Appendice 1) e riguarda un corpo fermo su un piano orizzontale (per questo è stato denominato con la sigla "Orif"). Il quesito corrispondente del test finale è il numero 1B (sigla "Orif B"). Si nota come il numero di livelli sia diminuito nel questionario finale (da quattro a tre), circostanza che in generale non segnalerebbe un ampliamento di conoscenza; tuttavia, nel test finale il livello più alto (di punteggio 2) risulta essere molto più popolato rispetto alla situazione iniziale e ciò indica senz'altro un progresso. Il quesito 5 del test iniziale riguarda un corpo in moto che striscia lungo un piano orizzontale (sigla "Orim") ed è stato confrontato col numero 3B del test finale: in questo caso, mentre si arric-



**Figura 2**  
Distribuzione dell'abilità degli studenti e delle difficoltà dei livelli nel questionario iniziale. I due parametri sono misurati lungo lo stesso asse (asse orizzontale). Nel semipiano superiore è riportato l'istogramma degli studenti, mentre nel semipiano inferiore è riportato l'istogramma dei livelli.

**Figura 3**  
Distribuzione dell'abilità degli studenti e delle difficoltà dei livelli nel questionario finale. Il formato è lo stesso della Figura 2.



## CONFRONTO BASATO SUL MODELLO DI RASCH

### a) Distribuzione degli studenti e dei livelli

Il modello di Rasch consente, come si è detto, di stimare per ogni persona del campione un parametro di abilità e per ogni livello di risposta di ogni quesito un parametro di difficoltà. Inoltre, entrambi i parametri vengono usualmente riportati sullo stesso asse in modo da poter effettuare il seguente confronto: se una persona ha abilità pari a  $x$ , significa che ha probabilità maggiore di  $1/2$  di raggiungere tutti i livelli con difficoltà inferiore a  $x$  e viceversa. Le misure fornite dal modello di Rasch sono intrinsecamente relative, nel senso che non è possibile affermare quanto uno studente sia stato abile in assoluto, ma solo quanto lo sia stato relativamente agli altri studenti e al questionario preso in esame. Analogamente, non è possibile affermare quanto un livello di risposta sia stato difficile in assoluto, ma solo quanto lo sia stato relativamente agli altri livelli e al campione di studenti preso in esame. Per questo motivo, le informazioni che possono scaturire dal confronto dei risultati di Rasch nel test iniziale e nel test finale sono di carattere essenzialmente relativo.

In Figura 2 è riportata la distribuzione dell'abilità degli studenti e della difficoltà dei livelli nel questionario iniziale. I due parametri sono misurati lungo l'asse orizzontale. Nel semipiano superiore è riportato l'istogramma degli studenti, mentre nel semipiano inferiore è riportato l'istogramma dei livelli. In Figura 3 è riportata la distribuzione dell'abilità degli studenti e della difficoltà dei livelli nel questionario finale. Si osserva come gli studenti abbiano, complessivamente, mostrato maggiore abilità nel test finale. Infatti, mentre la media delle difficoltà dei livelli viene sempre posta uguale a zero dal modello (è un punto fisso), la media delle abilità degli studenti dipende dal loro risultato: essa risulta pari a  $-0,15$  nel primo questionario e a  $0,60$  nel secondo questionario.

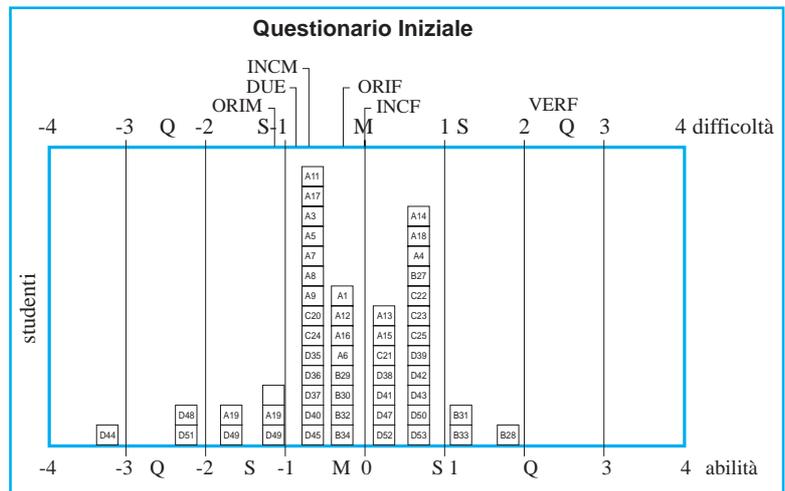
### b) Variazioni delle abilità degli studenti e delle difficoltà delle domande

La Figura 4 riporta la distribuzione dell'abilità degli studenti e della difficoltà dei quesiti nel questionario iniziale ricavata

dai dati forniti in uscita dal programma Ministep. La figura riporta, in unità arbitrarie, sull'asse inferiore il parametro di abilità degli studenti ( $\beta_{ij}$ ), sull'asse superiore il parametro di difficoltà dei quesiti ( $\theta_k$ ) (a differenza delle Figg. 2 e 3 che riportano la distribuzione della difficoltà dei livelli di ogni quesito). Sull'asse verticale è riportata la distribuzione degli alunni distinguendo le classi di appartenenza (A, B, C, D); ogni studente è inoltre identificato con un numero progressivo. Lungo l'asse superiore è riportata la distribuzione dei quesiti, individuabili attraverso una sigla che serve a ricordarne il contenuto (vedi Appendice 1). I punti M, S, Q indicano rispettivamente la media dei valori misurati, la deviazione standard e il doppio di questa.

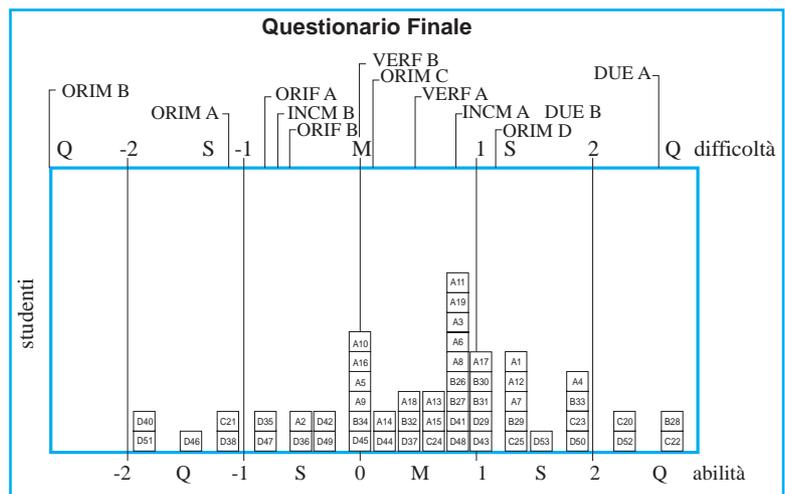
In Figura 5 è riportata un'analogha distribuzione relativa al questionario finale. È possibile confrontare i valori di abilità e difficoltà dei due questionari solo se si evita di dare significato agli spostamenti assoluti: soltanto gli spostamenti relativi, di una classe rispetto all'altra, di un tipo di quesito rispetto a un altro tipo, di una persona rispetto a un'altra possono essere considerati un'informazione.

La Tabella 2 riporta la variazione della media dell'abilità degli studenti classe per classe. L'informazione che si può trarre dalla tabella, per quanto detto, è che la sperimentazione ha avuto un esito migliore nelle classi C e A, un esito intermedio nella classe D e un esito peggiore nella classe B. D'altra parte quest'ultima classe aveva un buon livello di abilità di partenza, fatto che forse può giustificare un miglioramento più contenuto, mentre la classe D, sebbene abbia progredito più



**Figura 4**  
Distribuzione dettagliata dell'abilità degli studenti e delle difficoltà dei quesiti nel questionario iniziale.

**Figura 5**  
Distribuzione dettagliata dell'abilità degli studenti e delle difficoltà dei quesiti nel questionario finale.



**TABELLA 2**

**Evoluzione dell'abilità degli studenti, ripartiti per classe, dal test iniziale al test finale. Si considera il valor medio dell'abilità relativo a ciascuna classe.**

Classe	Abilità media (test iniziale)	Abilità media (test finale)	Variazione dell'abilità media
A	-0,43	+0,63	+1,06
B	+0,89	+1,08	+0,19
C	+0,07	+1,23	+1,16
D	-0,57	+0,05	+0,62

della B, rimane distante dalle altre al termine della sperimentazione e necessiterebbe forse di un ulteriore intervento.

È inoltre interessante osservare l'evoluzione dei singoli studenti, trattandosi di un dato che può risultare significativo per una riflessione dell'insegnante sull'attività didattica svolta. Ad esempio si potrebbero cercare le cause del decremento di abilità subito dallo studente "B26" (-3,2), che, sebbene in sé non implichi affatto che lo studente abbia diminuito la sua conoscenza in assoluto, è tuttavia indice di un'involuzione rispetto ai compagni (la cui abilità media aumenta di 0,75, come detto in precedenza). Analogamente, l'insegnante si potrebbe soffermare sul progresso dello studente D44 (+3,5) per indagarne i motivi. Evidentemente, questo strumento di misura non si presta a un uso sistematico per la valutazione degli alunni da parte del docente; esso può tuttavia mettere a fuoco, più precisamente di un voto, l'efficacia dell'intervento didattico, se correlato alle osservazioni dell'insegnante sugli atteggiamenti (in classe e in laboratorio) e sugli interessi degli alunni. In Tabella 3 è riportata la variazione della difficoltà dei quesiti relativi alla stessa situazione fisica. Come si può vedere in Appendice 1, l'attrito statico in un piano orizzontale (sigla "Orif") è considerato in un quesito del test iniziale e in due quesiti del test finale; l'attrito dinamico in un piano orizzontale (sigla "Orim") è considerato in un quesito del test iniziale e in quattro quesiti del test finale; l'attrito statico in un piano inclinato (sigla "Incm") è considerato solo in un quesito del test iniziale e per questo non è soggetto a

confronto. L'attrito dinamico in un piano inclinato (sigla "Incm"), l'attrito statico in un piano verticale (sigla "Vert"), l'attrito tra due corpi in moto relativo (sigla "Due"), sono invece considerati ciascuno in un quesito del test iniziale e in due quesiti del test finale.

È stata confrontata la difficoltà del quesito iniziale con la difficoltà media dei corrispondenti quesiti finali. Le situazioni fisiche che sono state oggetto di una migliore evoluzione delle idee degli studenti sono quelle che corrispondono ai quesiti che hanno visto diminuire maggiormente la loro difficoltà: si tratta soprattutto dell'attrito nel piano verticale (Vert) e dell'attrito statico nel piano orizzontale (Orif), mentre nel caso del moto relativo dei due corpi (Due) il risultato è decisamente negativo. Nelle altre due situazioni fisiche (Orim, Incm) il risultato è stato intermedio: il fatto che si abbia un aumento assoluto della difficoltà non significa, come già ricordato, che tali argomenti siano realmente diventati più difficili per gli studenti, ma che è variata in senso positivo la loro difficoltà rispetto agli altri quesiti.

A differenza della Tabella 1, in cui si facevano valutazioni assolute e si sceglieva, nel test finale, la domanda più simile a quella del test iniziale, in Tabella 3 contano solo valutazioni relative e tutti i quesiti del test finale corrispondenti a quello del test iniziale sono stati considerati (si è infatti calcolata la loro difficoltà media). Nel caso dell'attrito dinamico lungo un piano orizzontale (Orim), la Tabella 1 indicava un mancato progresso, contrariamente al caso del moto lungo un piano

**TABELLA 3**

**Evoluzione della difficoltà dei quesiti, ripartiti per situazione fisica, dal test iniziale al test finale. Nel questionario finale si considera il valor medio della difficoltà relativo a ciascuna situazione fisica.**

Situazione fisica (sigla)	Difficoltà (test iniziale)	Difficoltà media (test finale)	Variazione della difficoltà media
Orif	-0,29	-0,70	-0,41
Orim	-1,14	-0,65	+0,49
Incm	-0,71	+0,05	+0,76
Vert	+2,86	+0,25	-2,61
Due	-0,86	+1,65	+2,51

TABELLA 4

**Distribuzione della variabile di misfit relativa agli studenti e ai quesiti nei due questionari.**

Questionario analizzato	Distribuzione di $t$ degli studenti (media $\pm$ dev. standard)	Distribuzione di $t$ dei quesiti (media $\pm$ dev. standard)
Test iniziale	-0,3 $\pm$ 1,2	-0,1 $\pm$ 1,3
Test finale	-0,1 $\pm$ 1,0	-0,4 $\pm$ 1,4

inclinato (Incm), mentre il dato della Tabella 3 rivela che l'evoluzione della comprensione delle due situazioni è confrontabile.

#### ANALISI DELLA VALIDITÀ DEL FIT

Il programma Ministep consente di valutare il livello di confidenza del fit che esso stesso ha effettuato, seguendo l'analisi di Rasch. Viene costruita, infatti, una variabile di "misfit"  $t$ , che segnala il discostarsi dei risultati di una persona, o di un quesito, dai "valori probabili" che il modello, dopo l'esecuzione del fit, prevederebbe [Wright e Stone, 1979]. La variabile  $t$ , per come è definita, dovrebbe avere una distribuzione normale di media 0 e deviazione standard 1. Riportiamo in Tabella 4 le medie e le deviazioni standard di  $t$  relative agli studenti e ai quesiti e calcolate per l'analisi Rasch dei questionari iniziale e, rispettivamente, finale.

Si osserva come le distribuzioni del misfit degli studenti e dei quesiti siano tutte vicine alla distribuzione normale, segno che il fit ha una buona attendibilità. Il programma consente di esaminare i valori di  $t$  per ciascuna persona e per ciascun quesito: un valore anomalo di  $t$  (molto diverso da 0) indica uno studente che ha risposto meglio ai quesiti difficili che a quelli facili o un quesito che è stato risolto meglio dagli studenti meno abili (conteneva un tranello?). Il programma è in grado di isolare gli individui e i quesiti con un valore di misfit considerato inaccettabile, di escluderli automaticamente e di ripetere l'analisi Rasch sul campione epurato.

#### NOTE CONCLUSIVE

Riteniamo che la fenomenografia e l'ana-

lisi di Rasch costituiscano strumenti utili nella valutazione dell'apprendimento. Riguardo alla nostra sperimentazione sull'attrito, il modello di Rasch ha permesso di individuare:

- le situazioni fisiche per le quali il livello di comprensione degli studenti è maggiormente aumentato e quelle per cui invece tale livello ha subito un aumento inferiore (ad esempio non si è osservato un progresso significativo nella comprensione delle caratteristiche delle forze di attrito di strisciamento tra blocchi in moto relativo);
- le classi in cui l'intervento ha prodotto un miglior risultato rispetto alle altre e di evidenziare come l'approccio didattico possa avere una efficacia diversa per i diversi studenti.

Sebbene l'interpretazione dei risultati ottenuti con il tipo di analisi illustrata richieda una certa cautela, in quanto le categorie di risposte sono state definite con criteri qualitativi, scelti dagli sperimentatori, le indicazioni fornite si sono rivelate utili sia per gli insegnanti sia per i ricercatori e hanno consentito una valutazione più articolata dell'intervento didattico.

La misurazione di quelle che abbiamo chiamato "variazioni relative" è stata resa possibile dal confronto di risultati ottenuti nella comprensione di situazioni fisiche riguardanti la stessa area concettuale, proposte nel test iniziale e riprese, in termini diversi, nel test finale. Una quantificazione di tipo più elementare, basata sul confronto dei punteggi ottenuti con l'analisi fenomenografica, ha permesso di valutare, per ciascuna area concettuale, l'evoluzione delle concezioni degli studenti in modo assoluto (Tabella 1) e di completare il quadro di valutazione ottenuto con l'analisi di Rasch.

## Appendice 1

### Questionario iniziale

**1 - ORIF** - Un mattone è appoggiato su un piano orizzontale. Il mattone viene spinto, ma non si muove.



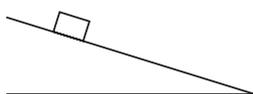
Pensi sia possibile? In caso affermativo spiega come mai.

---



---

**2 - INCF** - Lo stesso oggetto viene appoggiato su un piano inclinato e si osserva che non si muove.



Come mai?

---



---

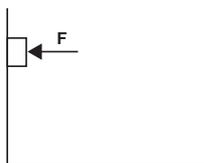
**3 - INCM** - Che cosa faresti per farlo muovere?

---



---

**4 - VERF** - È possibile impedire al mattone di cadere premendolo contro una parete verticale, come è indicato in figura?



Se sì spiega perché.

---



---

**5 - ORIM** - Un libro, appoggiato su un tavolo è sottoposto ad una spinta di breve durata: si mette in moto, ma poi si ferma.

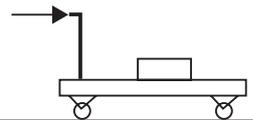
Come mai si ferma?

---



---

**6 - DUE** - Un vocabolario è appoggiato su un carrello.



Se il carrello viene spinto bruscamente in avanti, che cosa può succedere al vocabolario?

---



---

### Questionario finale

**1A - ORIF A** - Un mattone è appoggiato su un piano orizzontale. Il mattone viene spinto, ma non si muove. Indica le forze agenti sul blocco.



**1B - ORIF B** - Spiega la tua risposta.

---



---

**2A - ORIM A** - Disegna le forze applicate al blocco nel caso in cui esso strisci sul piano.



**2B - ORIM B** - Spiega la tua risposta.

---



---

**3A - ORIM C** - Se la forza  $F$  ad un certo istante venisse a mancare cosa succederebbe al blocco?

---



---

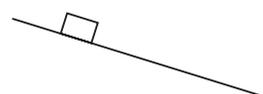
**3B - ORIM D** - Spiega la tua risposta.

---



---

**4A - INCM A** - Lo stesso oggetto viene appoggiato su un piano inclinato e si osserva che scende con accelerazione costante. Disegna le forze applicate al blocco.



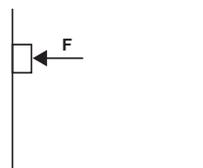
**4B - INCM B** - Spiega la tua risposta.

---



---

**5A - VERF A** - Un mattone è premuto contro una parete verticale da una forza  $F$ , come è indicato in figura ed è fermo. Disegna le forze agenti sul mattone.



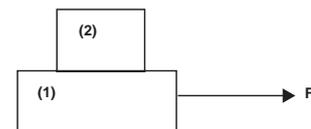
**5B - VERF B** - Spiega la tua risposta.

---



---

**6A - DUE A** - Un blocco di massa  $m_1$  giace a riposo, senza attrito, sopra un tavolo orizzontale. Un blocco di massa  $m_2$  giace a riposo sul primo blocco. Fra i due blocchi vi è attrito. Sul blocco di massa  $m_1$  viene esercitata una forza costante  $F$ . Si osserva che il blocco di massa  $m_2$  scivola sul blocco di massa  $m_1$ .



Traccia sul disegno le forze che agiscono sui due blocchi.

**6B - DUE B** - Se il coefficiente di attrito tra i due blocchi viene aumentato, il moto del blocco  $m_2$  ne risulterà modificato? E quello del blocco  $m_1$ ? Motiva le risposte.

---



---

## Appendice 2 Categorie e livelli di risposta del quesito 5 (ORIM) del test iniziale

Domanda: Un libro, appoggiato su un tavolo, è sottoposto ad una spinta di breve durata: si mette in moto, ma poi si ferma. Come mai si ferma?

Categoria	Risposta	Livello (punteggio)
0	Risposte del tutto inadeguate.	0
1	Si esaurisce la forza di spinta/ Eliminata la forza il corpo torna allo stato di quiete	
2	La spinta termina e sul libro agisce solo la forza di gravità	
3	L'attrito si origina con la spinta, ma poi diminuisce fino a esaurirsi	
4	Durante il moto aumenta sempre di più l'attrito	
5	La forza di attrito è maggiore della spinta	
6	La forza di attrito è uguale alla spinta	
7	La forza di gravità con l'attrito ferma il corpo	
9	Il libro è frenato dall'attrito	
10	Il libro non è più soggetto alla spinta ed è frenato dall'attrito	
11	A causa dell'attrito dovuto alla forza di gravità	1

## Riferimenti Bibliografici

Andrich D. (1988), *Rasch Models for Measurements*, Sage Publications, Newbury Park.

Borghi L., De Ambrosis A., Invernizzi C., Lunati E., Mascheretti P., Torselli M. (2000a), Analisi fenomenografica della sperimentazione di una proposta per l'insegnamento dell'idrostatica nella scuola secondaria, *L'Insegnamento della Matematica e delle Scienze Integrate*, in press.

Borghi, L., De Ambrosis, A., Lunati, E., Mascheretti, P. (2000b), Innovation in teachers' preparation: a challenge for physics education research, *Science and Education*, in press.

Bowden J., Dall'Alba G., Martin E., Laurillard D., Marton F., Masters G., Ramsden P., Stephanou A., Walsh E. (1992), Displacement, velocity, and frames of reference: Phenomenographic studies of students' understanding and some implications for teaching and assessment, *Am. J. Phys.*, vol.60, pp.262-269.

Dall'Alba G., Walsh E., Bowden J., Martin E., Masters G., Ramsden P., Stephanou A. (1993), Textbook treatments and students' understanding of acceleration, *J. of Research in Science Teaching*, vol.30, pp.621-635.

Giampaglia G. (1998), *Lo scaling*

*unidimensionale nella ricerca sociale*, Luigi Editore, Napoli.

Guttman L. (1950), The basis for scalogram analysis, in Stouffer S. A (ed.), *Measurement and Prediction*, John Wiley, New York, pp. 60-90.

Marton F. (1986), Phenomenography - a research approach to investigating different understanding of reality, *Journal of Thought*, vol.21, pp.28-49.

Rasch G. (1960), *Probabilistic Models for Some Intelligence and Attainment Tests*, Danish Institute for Educational Research, Copenhagen (expanded ed. 1980, University of

Chicago Press, Chicago).

Walsh E., Dall'Alba G., Bowden J., Martin E., Marton F., Masters G., Ramsden P., Stephanou A. (1993), Physics students' understanding of relative speed: a phenomenographic study, *J. of Research in Science Teaching*, vol.30, pp.1133-1148.

Thurstone L. L. (1925), A method of scaling psychological and educational tests, *Journal of Educational Psychology*, vol.16, pp.433-451.

Wright B. D., Stone M. H. (1979), *Best Test Design: Rasch Measurement*, MESA Press, Chicago. ■