

Laboratorio del
Corso di Perfezionamento in “Strategie didattiche
per la promozione di un atteggiamento positivo verso la matematica e la fisica”
Una possibile ricaduta didattica delle olimpiadi di fisica:

Ricerca di errori ripetuti riguardo allo stesso nucleo concettuale.

Leonardo Gnesi

sezione A.I.F. di Pisa - Liceo Scientifico G. Marconi, San Miniato (PI)

1 Cosa sono le Olimpiadi della Fisica

Le Olimpiadi della Fisica sono organizzate annualmente dall' Associazione per l' Insegnamento della Fisica (A.I.F.) come selezione e preparazione di particolari talenti giovanili per la partecipazione italiana alle International Physics Olympiad. La selezione avviene nel corso di tre fasi:

1. La fase *di Istituto*, che consiste nella risoluzione di 40 quesiti a risposta multipla, in cui partecipano studenti appartenenti ad uno stesso Istituto scolastico, e da cui vengono selezionati i migliori cinque classificati;
2. La successiva fase *locale*, consistente nella risoluzione di 10 quesiti “monotematici” a risposta aperta e di 3 problemi complessi. Questa fase si svolge in circa 40 *poli* disseminati in tutto il territorio nazionale, ciascuno dei quali facente riferimento a non più di circa 50 studenti che abbiano superato la fase precedente.
3. La fase *nazionale*, che si svolge a Senigallia, e che coinvolge i cento studenti che hanno realizzato maggior punteggio nei vari poli. Questa fase consiste in una prova sperimentale e di una prova teorica consistente nella risoluzione di 3-4 problemi. Entrambe le prove sono caratterizzate dal presentare situazioni problematiche molto lontane dalla routine.

La partecipazione alle Olimpiadi di Fisica, ad ogni livello, in generale è vissuta con entusiasmo e curiosità da parte degli studenti e rappresenta un significativo momento di confronto con i coetanei e con se stessi.

Nella fase di Istituto è la partecipazione è lasciata a discrezione degli insegnanti, ma dovrebbe essere suggerita la partecipazione complessiva di tutti gli studenti, compresi coloro che non raggiungono buoni voti in classe. I problemi proposti sono infatti particolarmente stimolanti e non è raro che qualche studente possa trovarli congeniali diversamente da quelli proposti in classe. La soddisfazione per un eventuale risultato positivo funziona poi come catalizzatore di autostima con evidenti ricadute sull' atteggiamento dello studente verso la fisica e il conseguente rendimento in classe.

2 Ricadute Didattiche

La fase di Istituto, essendo organizzata in quesiti a risposta multipla, consente una chiara analisi delle risposte. Questa possibilità permette agli insegnanti alcune osservazioni che hanno ricadute didattiche importanti, motivo per cui la partecipazione di intere classi alla gara di Istituto, e non solo di studenti volontari o scelti dal docente, dovrebbe fortemente incoraggiata. Tra le principali, possiamo segnalare:

- L' esistenza di quesiti in cui la maggioranza degli studenti di un' unica classe sceglie una stessa risposta non corretta, segnalando così l' esistenza di misconcezioni; da tenere presente infatti che tra le risposte possibili preparate dagli organizzatori vi sono quasi sempre dei "distrattori" adatti proprio ad identificare tipiche misconcezioni.
- La possibilità di monitorare nel tempo una stessa misconcezione, osservando i risultati negli anni successivi riguardo ad uno stesso argomento, .

Seguendo queste idee, l' insegnante di una classe ha a disposizione un valido strumento per tenere traccia di quanto appreso dagli studenti.

In questo laboratorio, mi sono invece occupato di osservare errori ripetuti nel corso degli anni 1994-1999 (gli unici che, per il momento hanno i risultati pubblicati come inserto de "La fisica nella scuola", periodico dell' A.I.F.), che riguardino uno stesso nucleo concettuale. L' analisi è condotta sull' intero campione dei risultati della fase di Istituto a livello nazionale. Vi è un certo interesse in questa analisi perché l' esistenza di errori ripetuti:

1. può indicare l' esistenza di "scogli di apprendimento", ovvero argomenti o concetti che restano tipicamente di difficile comprensione per lo studente "quadratico medio";
2. può indicare l' esistenza di "misconcezioni" (dovute al buon senso, a una cattiva divulgazione, a un cattivo insegnamento);
3. può indicare l' esistenza di capitoli di fisica non (più) frequentemente affrontati in classe.

Un esempio "classico" di misconcezione (come ha fatto osservare Paolo Nesti nella sua lezione al Corso di Perfezionamento del 29/11, ma anche come è stato sottolineato in varie ricerche, vedi ad esempio il libro di Paolo Bozzi "Fisica ingenua" edito da Garzanti) dovuto probabilmente ad un' eccessiva fiducia nei propri sensi (ed in particolare... nel "buon senso") raccoglie tutta una serie di osservazioni che vanno sotto il nome di "concezione aristotelica del moto", termine con cui si vogliono sottolineare tutte le situazioni riconducibili all' aristotelica proporzionalità tra forza e velocità. Essendo questa misconcezione ormai nota e studiata in tutto il mondo, ho preferito ricercare errori riconducibili ad un' altra matrice. Ho pertanto isolato due ulteriori macro-argomenti: la conservazione dell' energia e l' ottica geometrica; infine, mostrerò una curiosità sulla definizione di potenza.

I parametri che vengono osservati nell' analisi sono:

- La percentuale N di tentativi di risposta su totale partecipanti; questo numero dà indicazioni su quanto un quesito sia ritenuto almeno “affrontabile”;
- La frequenza percentuale raccolta da ogni possibile risposta, con particolare attenzione alla risposta con percentuale maggiore, ed alle risposte relative a opportuni distrattori.

2.1 Ricerca di errori frequenti nelle gare di Istituto.

Argomento: Conservazione dell’ energia.

I quesiti che ho isolato sono segnalati in tabella 2.1 ed alcuni di questi sono riportati in figura 2.1 insieme con il relativo foglio risposte.

Anno	Quesito	N	Argomento	Possibile errore
1994	13	80	condensatore	Uso naïf della conservazione dell’ energia
1994	25	67	$mgh = mc\Delta T$	Difficoltà a lavorare in situazione “non standard”
1995	12	94	caduta in aria	Uso dogmatico della conservazione d. energia
1998	24	81	caduta libera	Misconcezione ($E_c \propto v$)
1999	9	94	caduta libera	Misconcezione tipica aristotelica ($m \propto v$)
1999	22	62	oscillazioni in campo grav.	Difficilino

Tabella 1: I quesiti con errori relativi alla conservazione dell’ energia. Si veda la figura 2.1 per i testi e le risposte.

Tutti i quesiti selezionati hanno un elevato indice N , segno che sono quesiti ritenuti “facili”, e tuttavia sbagliati e spesso non di poco (si veda ad esempio il Q13/1994, ma anche il Q12/1995). Questo segnala da un lato l’ uso frequente nella didattica degli argomenti trattati, dall’ altro però segnala l’ emfibuso di strumenti come la conservazione dell’ energia che viene in questi casi usata a sproposito. In effetti si può dire che tutti questi quesiti (che non hanno secondo me un uguale grado di difficoltà), presentano errori dovuti principalmente a misconcezioni o a un uso dogmatico della legge di conservazione.

Suona molto strano vedere che un argomento come la conservazione dell’ energia sia frainteso dagli studenti, considerato il cospicuo tempo tradizionalmente dedicato nelle classi a questi argomenti.

2.2 Ricerca di errori frequenti nelle gare di Istituto.

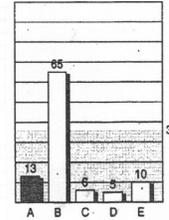
Argomento: ottica geometrica.

I quesiti che ho isolato sono segnalati in tabella 2 ed alcuni di questi sono riportati in figura 2.2 insieme con il relativo foglio risposte. Tutti questi quesiti hanno caratteristiche molto diverse dal precedente campione: anzitutto l’ indice N è basso (salvo i quesiti sulla legge di Snell, argomento di ottica forse più trattato dagli insegnanti ma non per questo

QUESITO n. 20. 1994

Un telescopio costituito da due lenti (obiettivo e oculare) convergenti, è aggiustato per uso astronomico. La distanza tra le lenti è 600 mm e l'ingrandimento angolare è 3. La distanza focale dell'oculare è

- A 150 mm B 200 mm C 250 mm D 350 mm E 450 mm



QUESITO n. 2. 1994 (FASE LOCALE)

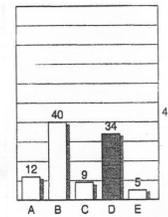
Una lente sottile convergente ed uno schermo sono sistemati in modo da avere, di un certo oggetto, un'immagine nitida che risulta di altezza h_1 . Poi, senza spostare né oggetto né schermo, la lente viene disposta in modo da formare una diversa immagine, nitida, che risulta di altezza h_2 .

- Determinare l'altezza dell'oggetto.

QUESITO n. 30. 1996

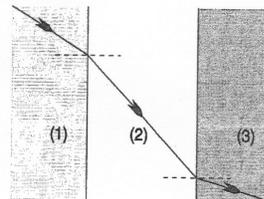
Un produttore afferma che la propria fotocopiatrice impiega una sola lente convergente per produrre sul dispositivo fotosensibile un'immagine dell'originale, in grandezza naturale.

- A che distanza dalla lente deve essere posto l'originale?
- A Minore della distanza focale.
 B Esattamente ad una distanza focale.
 C Tra una e due distanze focali.
 D Esattamente a due distanze focali.
 E Maggiore di due distanze focali.



QUESITO n. 31. 1996

La figura mostra schematicamente un raggio di luce che si propaga attraverso acqua, aria, vetro; i tre mezzi non sono necessariamente posti in questa sequenza.



- Sapendo che la luce si propaga più velocemente nell'acqua che nel vetro, i tre mezzi (1), (2) e (3) sono nell'ordine

- | | (1) | (2) | (3) |
|---|-------|-------|-------|
| A | aria | acqua | vetro |
| B | acqua | vetro | aria |
| C | vetro | acqua | aria |
| D | vetro | aria | acqua |
| E | acqua | aria | vetro |

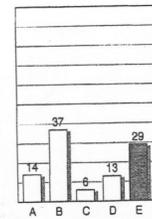


Figura 2: Il testo ed i relativi fogli-risposte dei quesiti relativi all' ottica geometrica.

Anno	Quesito	N	Argomento	Possibile errore
1994	20	36	Telescopio	f_{ob} confuso con $f_{ob} + f_{oc}$
1994	37	35	Prisma	Risposte casuali
1994	2-III	2	Legge dei punti coniugati	
1995	16	66	Legge di Snell	“abitudine” nel vedere i raggi rifratti
1996	30	45	Legge dei punti coniugati	piano focale = piano immagine
1996	31	83	Legge di Snell	angolo di incidenza = complementare
1997	10	54	Legge di Snell	conoscenze frammentarie (difficilino)
1997	8-III	5	Legge dei punti coniugati su specchio	
1999	5	60	Legge di Snell	Non considerato l’ angolo limite
1999	35	42	Legge di Snell	Quesito banale sull’ angolo limite
1999	39	38	Legge dei punti coniugati	“punti coniugati”

Tabella 2: I quesiti con errori relativi all’ ottica geometrica. Si veda la figura 2.2 per i testi e le risposte.

più appreso dagli studenti), a significare una scarsa –se non addirittura inferiore, visti i risultati– dimestichezza con gli argomenti trattati. Non è un segreto che l’ ottica geometrica (in particolare la legge dei punti coniugati), e con essa tutto un modo di *fare* fisica, basato su esperimenti con materiali “poveri“, osservazioni dirette, fatti di vita quotidiana, collegamenti con la geometria euclidea elementare, sia stata progressivamente abbandonata nei corsi di fisica della scuola secondaria. Ad avallare questa tesi, ho annoverato il certo non difficile Q2 della fase *locale* del 1994 (nota che per le fasi locali non sono disponibili fogli risposte come per le gare di Istituto), del quale sappiamo che solo il 2% dei partecipanti alla seconda fase (e quindi un tipo di alunni già selezionati come “bravi“ in fisica) ha saputo rispondere correttamente. In questi quesiti, effettivamente con buona certezza possiamo dire che gli errori nelle risposte sono attribuibili esclusivamente a conoscenze eventuali, confuse e frammentarie.

Una piccola discussione a parte meritano i quesiti sulla legge di Snell, probabilmente uno dei pochi argomenti di ottica su cui a scuola si insiste un po’ di più e su cui nonostante si concentrano errori. Gli errori riscontrati sono di vario tipo, ma si riconducono ad una scarsa dimestichezza con il fenomeno: vengono spesso confusi gli angoli di incidenza e rifrazione con i complementari, oppure non vengono riconosciute situazioni pur note, ma illustrate con schemi inusuali (tipicamente la legge di Snell viene illustrata su un piano verticale, con il mezzo con indice di rifrazione maggiore posto in basso).

2.3 Ricerca di errori frequenti nelle gare di Istituto. la definizione di potenza.

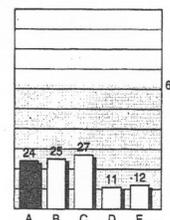
I quesiti che ho isolato sono segnalati in tabella 3 ed alcuni di questi sono riportati in figura 2.3 insieme con il relativo foglio risposte. E’ questo un fatto curioso: ho riscontrato che

QUESITO n. 38. 1995

In situazioni opportune la potenza è data da

- 1 - [corrente] × [differenza di potenziale]
- 2 - [energia trasformata] : [tempo]
- 3 - [forza] × [velocità]

- A Tutte e tre.
- B Solo la 1 e la 2.
- C Solo la 2 e la 3.
- D Solo la 1.
- E Solo la 3.



QUESITO n. 17. 1997

- Quali delle seguenti affermazioni sulla *potenza* sono corrette?

- 1 - watt è un'unità di misura della potenza.
- 2 - $\frac{\text{coulomb}}{\text{secondo}} \times \frac{\text{joule}}{\text{coulomb}}$ è un'unità di misura della potenza.
- 3 - $\frac{\text{coulomb}}{\text{secondo}} \times \frac{\text{coulomb}}{\text{secondo}} \times \frac{\text{volt}}{\text{ampere}}$ è un'unità di misura della potenza.

- A Solo la prima.
- B Solo la seconda.
- C Solo la terza.
- D Solo la prima e la seconda.
- E Tutte e tre.

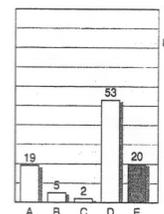


Figura 3: Il testo ed i relativi fogli-risposte dei quesiti relativi alla definizione di potenza.

Anno	Quesito	N	Argomento	Possibile errore
1995	38	62	Definizione di potenza	potenza meccanica/potenza elettrica
1997	17	83	Definizione di potenza	boh!

Tabella 3: I quesiti con errori relativi alla definizione di potenza. Si veda la figura 2.3 per i testi e le risposte.

due quesiti decisamente semplici, e che riguardano un argomento sicuramente affrontato nel corso degli studi, sono stati sbagliati. La domanda dei quesiti è praticamente la stessa, il che fa pensare che probabilmente l'intenzione degli organizzatori era quella di tenere traccia, a distanza di qualche anno, di questa anomalia. Il quesito si basa sulla definizione di potenza in meccanica ed in elettromagnetismo, e si potrebbe perciò pensare che gli errori siano dovuti ad una parte di programma non ancora svolta (si tenga presente che la fase di Istituto viene svolta in genere verso dicembre), come in effetti accade per argomenti "avanzati" di elettromagnetismo e fisica moderna. Tuttavia, sia l'elevato N , sia la distribuzione delle risposte sembrano smentire questa possibilità: nel Q38 del 1995 è infatti proprio la definizione meccanica di potenza a non essere riconosciuta tale.