

## LA FISICA INGENUA RESISTE

Paola Falsini, 2008

Gruppo di ricerca e sperimentazione didattica in Educazione scientifica del CIDI di Firenze  
Liceo Scientifico Statale "Anna Maria Enriques Agnoletti", Sesto Fiorentino

Negli ultimi decenni diversi studi e ricerche in molti Paesi si sono occupati delle concezioni scientifiche degli studenti, quelle che derivano dal senso comune, dimostrando la loro generalità e la loro resistenza a lasciarsi modificare. Anche in Italia sono state svolte alcune di queste ricerche e sono stati pubblicati diversi testi che prendono in esame questo tema, mostrando un'ampia documentazione di casi e risultati, riferiti a studi svolti sia nel nostro Paese che all'estero.

Un dato sorprendente che emerge è, come accennato poco sopra, l'uniformità di risposte a determinate domande o test al variare della nazionalità degli esaminati; così le risposte fornite da studenti di Scuola Media Superiore italiani a quesiti sulla caduta degli oggetti, sulle forze e il movimento, non differiscono affatto da quelle fornite dai coetanei anglosassoni<sup>i</sup>. Non meno sorprendente il fatto che le risposte fornite da studenti in bassa età scolare o da adulti non esperti somiglino molto a quelle fornite da studenti iscritti al primo anno di una facoltà scientifica.

Si può cercare di analizzare come si formino queste concezioni, questa *fisica ingenua*; se possa essere in qualche modo assimilata ad una teoria, anche se implicita, o non sia più da considerare un archivio di casi esemplari, di modelli immaginativi<sup>ii</sup>; se siano le imperfezioni, i limiti dei nostri sensi a produrre certe concezioni, o le complesse mediazioni che legano il mondo esterno a ciò che vediamo; se la nostra percezione sia descrivibile, analizzabile, o resti invece ineffabile (nel significato letterale di qualcosa *che non si può dire*); se essa non vada sempre nella direzione di confermare le teorie della fisica ingenua che, in tal caso, trasformerebbero i dati osservativi per ottenere coerenza con il quadro teorico. Non rientra, in generale, nelle competenze dei docenti di discipline scientifiche formulare risposte a questi interrogativi; certamente tutti converranno che la persistenza di certe rappresentazioni, di certi modi di pensare non può essere spiegata come retaggio storico-culturale: nonostante l'indubbia somiglianza con le idee aristoteliche e medievali, non sarà certo la familiarità con tali sistemi di pensiero a poter giustificare l'esistenza di una fisica ingenua<sup>iii</sup>.

Il campo di ricerca delle rappresentazioni mentali degli studenti in ambito scientifico cominciò ad essere esplorato, secondo quanto afferma Grimellini<sup>iv</sup>, quando si comprese che i tentativi di impostare una nuova didattica delle scienze, con particolare riferimento alla Fisica, non avevano prodotto i cambiamenti attesi nella preparazione scientifica degli studenti che erano stati protagonisti di tali pratiche e percorsi innovativi (PSSC, progetto Nuffield, ...). Considerato che i progetti citati risalgono agli anni '60, si può comprendere quanto possa essere recente la riflessione sui limiti da essi mostrati; tuttavia ciò non basta a giustificare la scarsa diffusione delle idee emerse da queste ricerche tra la stragrande maggioranza dei docenti di discipline scientifiche. Se un'inadeguatezza viene da essi percepita, questa riguarda generalmente la preparazione disciplinare specifica; e quasi sempre le proposte di aggiornamento rivolte agli insegnanti di discipline scientifiche vertono appunto su approfondimenti in questo senso. Chi scrive è insegnante di Fisica in un corso P.N.I. dal 1991 e può, ad esempio, citare l'iniziativa del Ministero su "La Fisica nei trienni PNI" svoltasi nella primavera 1993 a Lugo (Ra), in cui ci si occupò esclusivamente di Fisica moderna (Astrofisica, Particelle,...); oppure un'iniziativa dell'IRRSAE Toscana, svoltasi a Firenze

nell' ottobre del 1997, sul 2° Principio della Termodinamica. Lo schema è lo stesso: gli esperti disciplinari, docenti universitari, svolgono delle vere e proprie lezioni, oltretutto con il risultato di lasciare, spesso, nei partecipanti un senso di frustrazione per l' impossibilità di tener dietro alla trattazione specialistica. Sembra dunque che il problema fondamentale sia la preparazione dei docenti nell' ambito disciplinare in cui si trovano ad insegnare, soprattutto per i temi che hanno a che fare con il superamento della Fisica classica, oppure per la scarsa competenza nell' uso del laboratorio.

Questo modesto contributo si propone di essere un' occasione di riflessione per quei docenti che, in particolare insegnando Fisica, hanno avvertito, almeno in qualche occasione, un altro tipo d' inadeguatezza o frustrazione: quella derivante dalla constatazione della grande difficoltà di ottenere risultati di livello accettabile con i propri studenti in termini di effettiva comprensione; a meno che non ci si limiti ad un addestramento alla manipolazione di formule algebriche.

Pur nella consapevolezza di non poter proporre ricette facili e risolutive, alcune considerazioni potranno servire a considerare con occhio diverso gli " errori" dei nostri studenti; esse emergono dalla riflessione sul proprio lavoro didattico *illuminata*, se così si può dire, proprio dai risultati delle ricerche sopra citate.

I problemi non riguardano la Fisica moderna, e solo una minima parte degli studi cui ci si riferiva sopra si occupa di rappresentazioni mentali in questo campo; ciò risulta ovvio se si pensa che si tratta di fenomeni che non sono raggiungibili da nessun tipo di percezione, comunque si voglia pensare il ruolo o il prodursi della percezione. Questo non significa che non ci siano problemi in questo ambito, ma che certamente non sono i più urgenti. Al contrario, nelle ricerche condotte sulla fisica ingenua, per dirla in breve, il campo più rilevante riguarda il movimento dei corpi; non a caso Galileo nei *Discorsi* parlava di " soggetto antichissimo" . Dunque gli ambiti a cui mi riferirò sono quelli meno *sospetti*, quelli cioè intorno ai quali i docenti si sentono più sicuri e preparati.

## FORZA E VELOCITA'

Il tema del movimento e delle forze ad esso connesse è certamente il più collaudato, nel senso che qualunque corso di Fisica nella Scuola Media Superiore, e spesso anche il corso di Scienze in quella inferiore, presenta tale tema. La difficoltà più grave, di cui sembra che i docenti, in generale, non siano consapevoli, riguarda la costruzione stessa dei concetti di velocità, accelerazione, forza; forse quello che manca è proprio la consapevolezza che sia necessaria una fase di concettualizzazione e che un lavoro di questo tipo debba essere svolto a partire dalla Scuola di base<sup>v</sup>. Come afferma Arons<sup>vi</sup>, " i concetti scientifici non sono oggetti ' scoperti' da un esploratore, ma sono invece astrazioni create o inventate deliberatamente dall' azione dell' intelligenza umana" ; dunque, dovrebbe essere evidente che anche ai nostri studenti debba essere offerto di ripercorrere, in certo qual modo, questo processo di costruzione.

Se si intraprende un percorso di questo tipo, nel caso del tema del movimento e delle forze, si rileva negli studenti una concezione molto affine alla teoria medievale dell' *impetus*, che può essere compresa attraverso le parole con cui Giovanni Buridano, studioso del XIV secolo (cui forse va anche attribuita l' introduzione del termine *impetus* come termine tecnico per indicare la forza impressa incorporata), descrive il movimento di una pietra lanciata in aria: " Il lanciatore imprime un certo impeto o forza motrice al corpo mobile, il quale impeto agisce nella direzione verso cui il motore ha spinto il corpo mobile...è da questo impeto che la pietra vien mossa dopo che il lanciatore cessa la sua azione. Ma l' impeto è

continuamente ridotto dalla resistenza dell' aria e dalla gravità della pietra che la fa deviare in una direzione contraria a quella in cui l' impeto era naturalmente predisposto a farla muovere. Così il moto della pietra diventa sempre più lento, finché l' impeto è così ridotto o alterato che la gravità della pietra lo vince e spinge la pietra in giù al suo luogo naturale.”<sup>vii</sup>

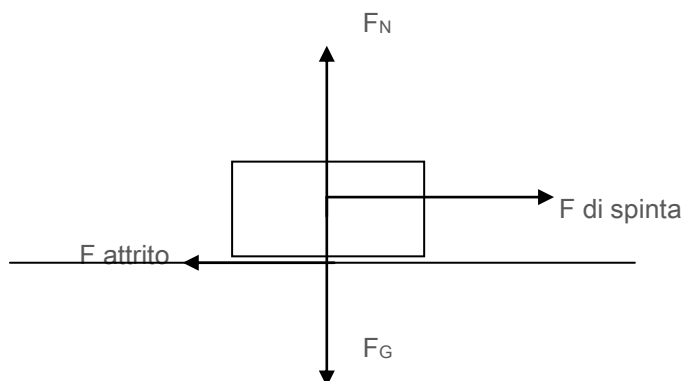
Nell' ascoltare i nostri studenti si può rimanere sorpresi dalla somiglianza tra la loro descrizione del fenomeno e quella sopra riportata; vediamo alcuni esempi in proposito, che si riferiscono tutti a studenti di Liceo scientifico, corso P.N.I.

In una classe seconda, dopo aver studiato le leggi del moto di caduta libera, si domanda se un proiettile, lanciato da una certa quota e che ricade alla stessa quota, impiega più tempo a salire o scendere; una studentessa afferma che *la salita sarà più lenta perché la spinta che l' oggetto ha è contrastata dalla forza di gravità, la discesa più veloce perché c' è solo la gravità, l' oggetto fa la cosa più naturale.*

Nella stessa classe si discutono le misure effettuate in laboratorio relativamente alla caduta di un oggetto lanciato orizzontalmente da un tavolo; uno studente, pensando ad un proiettile sparato orizzontalmente da un fucile, si dice convinto che esso *non cadrà se il percorso non è sufficientemente lungo da fargli esaurire la spinta ricevuta* (altri suggeriscono qualcosa come la caduta di Wile E. Coyote ...).

E ancora da una seconda, altro anno, altra classe; in laboratorio esaminiamo e cerchiamo di descrivere come si muove un carrello lungo una rotaia priva di attrito inclinata un po' rispetto all' orizzontale: la conclusione è che la velocità cresce proporzionalmente al tempo. Si passa poi ad esaminare le forze: quali forze agiscono? Siccome il peso del carrello è costante durante il moto, sarà costante anche la reazione vincolare del piano e quindi la risultante delle forze agenti. Dunque siamo giunti a una conclusione importante: “ se su un oggetto agisce una forza costante la sua velocità cresce proporzionalmente al tempo” ; e si potrebbe procedere a introdurre il concetto di accelerazione e studiarne il legame con la forza. Ma uno studente esprime questo dubbio: *se la velocità del carrello aumenta non vedo come la forza possa rimanere costante* . Si tratta di uno studente che si è unito alla classe in seconda e che non ha quindi lavorato in concreto sulle forze; gli manca l' abitudine a riconoscere in ogni situazione quelle presenti. Si può interpretare così il suo dubbio, alla luce della teoria dell' *impetus*: non sta parlando della forza come azione esterna sul carrello, per lui la forza è qualcosa che appartiene al carrello.

Ancora un altro esempio, sempre dal biennio; si chiede agli studenti di elencare le forze presenti su un oggetto che si muove su un piano orizzontale ruvido dopo aver ricevuto una spinta; alcuni di loro (nonostante il lavoro precedentemente svolto sulle forze...!) hanno prodotto questo diagramma:



Una studentessa accompagna il diagramma con questa spiegazione: *Quando l' oggetto è lasciato a se stesso ha acquistato velocità e quindi la forza della spinta c' è ancora, ma è sempre minore; ...la forza*

*d' attrito opposta diventerà maggiore della forza della spinta fino a fermare l' oggetto.* Se invitati a riflettere sul fatto che l' oggetto non riceve alcuna spinta quando è abbandonato a se stesso, gli studenti ammettono l' errore, ma di frequente l' idea della forza di spinta che continua a essere posseduta dall' oggetto riemerge; dunque ***la forza come qualcosa di posseduto dall' oggetto.***

Vediamo ancora un altro esempio del ricorso istintivo, inconsapevole alla teoria dell' *impetus*, della confusione tra forza e velocità. Dopo aver svolto un percorso sulla gravitazione uno studente di terza si esprime così: *un satellite in orbita intorno alla Terra è in caduta libera, ma la forza che gli è stata imposta gli permette di compiere un moto circolare intorno alla Terra*; è chiaro che lo studente si riferisce al fatto che il satellite è stato accelerato fino ad avere una certa velocità e ritroviamo nel suo testo la confusione di cui si è parlato sopra.

Il fatto di parlare di forza *posseduta* da un oggetto, piuttosto che di forza applicata ad un oggetto, non è un fatto puramente linguistico, né si deve pensare che imponendo agli studenti cosa è corretto dire si superi il problema; non sono difficoltà espressive quelle di cui si parla ma “ svelano la presenza di scogli concettuali sommersi che emergono puntualmente quando il problema proposto alla riflessione non è il banale esercizio di routine” <sup>viii</sup>.

Dunque, grande attenzione va posta, come si diceva all' inizio, alla costruzione del concetto di forza come interazione: è evidente che al termine forza gli studenti non associano il significato che esso ha in fisica, e comunque non è detto che associno ad esso sempre lo stesso significato.

## **PESO E GRAVITÀ**

Se gli studenti, ad esempio all' inizio dello studio della Fisica nella Scuola superiore, non possiedono il concetto di forza che cosa si deve pensare che intendano quando si parla, o loro stessi parlano, di *peso*? Ai termini *peso* e *forza di gravità* in Fisica corrisponde lo stesso concetto, ma per gli studenti non sono la stessa cosa e può non essere facile capire questo per chi è abituato a interpretare i fenomeni secondo lo schema dello specialista.

In una prima, cominciando a lavorare alla costruzione del concetto di forza, si maneggiano delle molle; anche un oggetto appeso ad una molla disposta verticalmente può deformarla. Si vogliono condurre gli studenti a riconoscere che il peso è una forza; in questo contesto emerge la domanda “ Perché sulla Luna gli oggetti pesano meno?” Alcuni rispondono con sicurezza *perché là la gravità è minore*; l' insegnante, che si lascia guidare dallo schema della Fisica, interviene facendo notare che non si tratta di una spiegazione ma di una diversa formula verbale. Riflettendo meglio, però, viene il dubbio che non sia questo il problema e che *peso* e *gravità* siano davvero per gli studenti qualcosa di distinto, come in effetti troviamo documentato nei testi che parlano delle rappresentazioni mentali degli studenti<sup>ix</sup>.

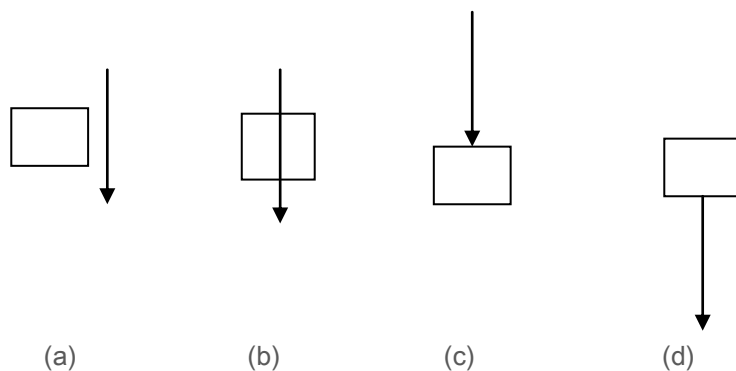
Alla luce delle competenze specialistiche si può forse tentare questa interpretazione del punto di vista degli studenti: ciò che essi chiamano *peso* è una proprietà essenziale della materia che si può manifestare o meno a seconda del luogo; dunque corrisponde, nello schema concettuale newtoniano, alla massa gravitazionale. Questo punto di vista è ben confortato dal disorientamento con cui essi accolgono la distinzione tra massa e peso, che verrebbero dunque recepiti come due termini per lo stesso concetto. Un altro motivo di confusione: gli studenti potrebbero chiamare peso la forza esercitata dagli oggetti sugli oggetti che li sostengono<sup>x</sup>.

In ogni caso, sarà importante tener presente che, se l' obiettivo è quello di far concepire il peso come una forza d' attrazione dovuta alla Terra, quindi l' identificazione tra peso e forza di gravità, non si può ignorare che gli studenti possiedono concezioni sul peso e sulla gravità, più o meno coerenti e strutturate, che interferiranno in modo potente sul conseguimento dei nostri obiettivi. Questa consapevolezza non è di per sé garanzia immediata di risultati migliori, ma certo può portarci a intraprendere percorsi più sensati e a lavorare con tempi più distesi.

## VUOTO e GRAVITA'

Quando si tratta della gravità un' idea che emerge con convinzione, frequentemente e in modo strutturato da parte degli studenti è l' associazione tra aria e gravità, e quindi, assenza d' aria e assenza di gravità. Anche di questo possiamo trovare ampia documentazione<sup>xi</sup>; nella genesi di queste concezioni hanno sicuramente un ruolo le immagini dello sbarco sulla Luna o quelle dell' interno di navicelle in orbita intorno alla Terra.

Vediamo anche in questo caso alcuni esempi tratti dal lavoro svolto nelle classi. Nell' ambito di una discussione, come quella cui si è già accennato sopra sulla gravità lunare, sono sempre numerosi coloro che affermano che *non c' è gravità perché non c' è atmosfera*. Lo schema concettuale sembra dunque essere: "aria e quindi gravità", e non: "gravità e quindi aria", che è lo schema scientificamente corretto. Vediamo qualche esempio più dettagliato; in una classe prima, nell' ambito del lavoro già citato di costruzione del concetto di forza, si chiede agli studenti di disegnare la forza di gravità agente su un oggetto; osservando i disegni degli studenti si vedono segmenti orientati in varie posizioni.



L' insegnante fa notare che, per quanto tutte le rappresentazioni siano di fatto corrette, c' è la consuetudine di disegnare la forza di gravità a partire dall' oggetto verso il basso (lo schema (d), dunque); una ragazza esprime forte perplessità: per lei gli schemi non sono equivalenti, quello corretto è il (c). Per l' insegnante non è immediato comprendere questa perplessità, anche perché in quel momento sta considerando fondamentali altre questioni (per esempio l' identificazione di altre forze presenti sull' oggetto se è appoggiato su un piano o attaccato ad una molla ...). Tuttavia decide di tornare sulla questione in una lezione successiva; la ragazza stavolta spiega chiaramente che per lei *la gravità è qualcosa che ci schiaccia da sopra*, e altri studenti sembrano condividere questo punto di vista. L' insegnante, mostrando agli studenti una pompa a vuoto e una campana di vetro, descrive un possibile esperimento: se si toglie l' aria da dentro la campana si osserverà la caduta degli oggetti? Molti rispondono con un no convinto: laddove non c' è aria non c' è gravità, e dunque non c' è caduta; il loro punto di vista ricorda Cartesio (la pesantezza di un corpo

è dovuta alla spinta di un nugolo di particelle e dunque la caduta è impossibile nel vuoto<sup>xii</sup>). Si potrebbe pensare che l' effettiva esecuzione dell' esperimento rappresenti una soluzione definitiva alla questione; ma l' esperienza didattica mostra che non è così, che l' associazione aria-gravità è molto resistente, anche in studenti che conseguono buoni risultati scolastici. L' esempio seguente illustra tale affermazione.

In una quinta classe è stata posta la seguente domanda: “ perché nel tubo catodico si può trascurare la deflessione degli elettroni dovuta alla gravità?” Tale questione è suggerita da Arons<sup>xiii</sup> come occasione per far riflettere gli studenti sul fatto che la gravità accelera tutti gli oggetti nello stesso modo. Tra le risposte ottenute ce ne sono state due piuttosto sorprendenti (se si considera che vengono da studenti con una valutazione in Fisica più che discreta): *si trascura la gravità perché nel tubo catodico c' è il vuoto*. Questi studenti hanno potuto osservare, nel corso del biennio, la caduta, di una piuma e di una moneta, in un tubo senz' aria! Sono stati pronti nel rendersi conto dell' errore commesso; tuttavia questo *lapsus* è molto significativo di quanto siano radicate le concezioni di senso comune. E ci fa anche cogliere la necessità di ripensare il ruolo degli esperimenti dimostrativi nell' insegnamento della Fisica.

## CONCLUSIONI

Queste considerazioni potrebbero portarci semplicemente ad essere più indulgenti con i nostri studenti; invece devono condurci ad una diversa consapevolezza di che cosa la scienza sia e soprattutto del senso dell' insegnamento di una disciplina come la Fisica, in cui il percorso di apprendimento non può essere pensato come un' evoluzione naturale della conoscenza di senso comune. Già Galileo, infatti, nel Dialogo faceva dire a Salviati: “ ...né posso a bastanza ammirare l' eminenza dell' ingegno di quelli che l' hanno ricevuta e stimata vera [l' opinione copernicana], ed hanno con la vivacità dell' intelletto loro fatto forza tale a i propri sensi, che abbiano possuto antepor quello che il discorso gli dettava, a quello che le sensate esperienze gli mostravano apertissimamente in contrario” . La scienza moderna non nasce infatti dalla generalizzazione di dati empirici, ma dalla capacità di abbandonare ciò che il senso comune, l' esperienza immediata suggeriscono<sup>xiv</sup>.

Questa consapevolezza può realmente orientare in modo diverso il nostro modo d' insegnare la Fisica attraverso una riformulazione di obiettivi, che dovranno essere espressi più in termini di atteggiamenti mentali costruiti che di quantità di nozioni acquisite.

---

<sup>i</sup> “Conoscenze scientifiche: le rappresentazioni mentali degli studenti”, a cura di N. Grimellini Tomasini e G. Segrè, La Nuova Italia, 1991

<sup>ii</sup> P. Bozzi “Fisica ingenua”, Garzanti 1990

<sup>iii</sup> Bozzi, ibidem

<sup>iv</sup> Grimellini, ibidem

<sup>v</sup> L. Barsantini, C. Fiorentini, “L'insegnamento scientifico verso un curriculum verticale. Vol. I. I fenomeni chimico-fisici” IRRSAE Abruzzo, L'Aquila 2001

<sup>vi</sup> A.B. Arons “Guida all'insegnamento della Fisica”, Zanichelli 1992

<sup>vii</sup> E. Grant, “La scienza nel Medioevo”, Il Mulino, 1983

<sup>viii</sup> Grimellini, ibidem

<sup>ix</sup> Grimellini, ibidem, pag 129

<sup>x</sup> Arons, ibidem, pag 92

<sup>xi</sup> Grimellini, ibidem, pag 109 e segg

<sup>xii</sup> A. Koyré “Studi galileiani”, Einaudi 1976

<sup>xiii</sup> Arons, ibidem, pag 299

<sup>xiv</sup> P. Rossi, “La nascita della scienza moderna in Europa”, Laterza, 1997