

Fisica Ingenua

Corso di Didattica della Fisica (mod. 1)
TFA - A.A. 2012-2013



Sommario (1)

- L'origine della sperimentazione
- Test di Shanon
- Conclusioni
- Cos'è la Fisica Ingenua
- Fondamenti della Meccanica Ingenua
- Conoscenza di Senso Comune e Scientifica
- Il problema dei tubi ricurvi
- Il problema dell'aereo
- Il problema dei bicchieri
- Il problema della torre di pedine
- La fisica dei cartoons



Riferimento

- Paolo Bozzi
"Fisica ingenua"
Garzanti, 1998



Da dove nasce la “fisica ingenua”

- Articolo di Benny Shanon intitolato “**Aristotelianism, Newtonianism and the physics of the layman**” [B.Shanon 1976].
- Lo scritto verteva, appunto, sulle concezioni fisiche di chi, avendo fatto un po' di fisica a scuola, e tuttavia non coltivando in particolare questa scienza tenta di ricostruire il suo sapere dimenticato o cerca di immaginare con l'aiuto del buon senso e della fantasia le leggi a cui obbediscono i corpi in caduta libera.



Primo Test

- La ricerca di Shanon (1975) presso L' MIT dive aveva sottoposto a un certo numero di studenti della Stanford University, non iscritti ad alcun corso di fisica, alcune questioni. Le prime due erano queste:
 - 1) «Posto che una palla cadendo da una finestra raggiunga il terreno in quattro secondi, quanto tempo impiegherà per coprire metà di quello stesso percorso?».
 - 2) «Una palla cade da una finestra che si trova a quaranta metri d'altezza e in due secondi raggiunge il terreno: a che distanza da questo verrà a trovarsi dopo un secondo?».
- I 25 intervistati scrissero le loro risposte (senza poter correggere la prima dopo aver trovato la seconda: questa era una prescrizione dello sperimentatore) e così si vide che, rispetto al primo quesito, il 64% degli studenti era newtoniano, mentre il 36% restava aristotelico.



Primo Test (2)

- La **fazione aristotelica** affermava che la metà del percorso compreso tra la finestra e il terreno veniva coperta in due secondi, e questa risposta lasciava credere che nell'immaginazione dell'intervistato il moto della palla dall'alto verso il basso fosse uniforme.
- Alla seconda domanda le risposte si divisero a metà, dodici aristoteliche e dodici newtoniane, dato che una risposta risultò ininterpretabile. Supponendo la caduta per moto uniforme gli aristotelici risposero: «A metà strada»; «A venti metri da terra».



Secondo Test

- 40 studenti differenti con un compito più articolato basato su una risposta tra quattro.
- Una prima domanda era la seguente:
 - «Quanto tempo la palla spende a coprire la prima metà del suo percorso di caduta, posto che essa raggiunga il terreno in x secondi ? ».
- Le risposte previste erano quattro:
 - 1) meno di $x/2$ secondi;
 - 2) x secondi;
 - 3) $x/2$ secondi; 20% aristotelici
 - 4) più di $x/2$ secondi. 60% newtoniani



Secondo Test (2)

- Una seconda domanda era:
 - «Che cosa sta succedendo alla palla dopo $2y$ secondi sapendo che quando è lasciata cadere essa raggiunge la metà del suo percorso verso terra in y secondi ?».
- Qui le quattro alternative erano:
 - 1) sta esattamente toccando terra;
 - 2) si sta avvicinando al terreno;
 - 3) si trova già a terra;
 - 4) i dati non consentono di dire nulla.



Secondo Test (3)

- Trascurando le risposte non interpretabili, il primo problema mette in luce un 20% di aristotelici, i quali sono concordi nel dare per buona la terza risposta, contro un abbondante 60% di newtoniani, che indicano nella quarta soluzione la risposta giusta.
- Nella soluzione del secondo problema gli aristotelici crescono un po' mentre i newtoniani diminuiscono.
- Gli aristotelici sono dunque una minoranza, ma una minacciosa minoranza.



Domande a bruciapelo

- Insistendo nel soddisfare le sue crescenti curiosità, Shanon pone domande simili a bruciapelo, senza usare questionari, a numerose altre persone, e scopre che gli interlocutori presi alla sprovvista e senza aver tempo per riflettere si dividono tra aristotelici e newtoniani quasi in egual numero.
- A questo punto della vicenda sorge un ragionevole dubbio: può darsi che la gente, quando dimentica la fisica imparata a scuola, si fidi di ciò che vede nelle comuni occorrenze della vita quotidiana, e fondi lì le sue teorie alternative.



Il sistema visivo

- Può darsi che il nostro sistema visivo, in qualche punto della strada che va dall'occhio al cervello, tradisca la realtà fisica e ci fornisca dati empirici illusori?
- La psicologia della percezione ci insegna che il nostro mondo visivo è pieno di **illusioni ottiche**.

- Tuttavia...



Conclusioni di Shannon

- il nostro sistema visivo non ci inganna: la percezione rappresenta con fedeltà la funzione della caduta libera, e permette di riconoscerla tra altri movimenti;
- il nostro sistema cognitivo, le concezioni implicite che abbiamo sui fenomeni naturali, propendono per una sistemazione concettuale aristotelica.
- Si mette quindi in luce:
 - il permanere di concezioni alternative a quelle della scienza, ma non casuali e disperse, anzi strettamente imparentate con quella fisica che dominò la cultura occidentale per duemila anni.
 - i pregiudizi di apparenza aristotelica hanno la origine nella percezione del movimento.



Cos'è la Fisica Ingenua

- da una parte la fisica ingenua è un **sistema di credenze**, sommerso ma molto più coerente di quanto non si sospetti comunemente, intorno alle proprietà degli oggetti inanimati che popolano il mondo della nostra esperienza;
- dall'altra è un **sistema di rapporti**, in gran parte ancora da esplorare, che connette quelle credenze tra loro e al nostro modo di percepire gli eventi del mondo esterno, al modo di apparire delle proprietà fisiche delle cose.



Cos'è la Fisica Ingenua

- Sono credenze stereotipate sul comportamento degli oggetti fisici e sul modo di impiegarli nella vita quotidiana:
 - Cose pesanti che è difficile spostare,
 - il sapone bagnato che ci sfugge di mano e non si lascia riafferrare,
 - il salire sugli alberi evitando di piombare di sotto,
 - le spinte che assicurano e amplificano il moto dell'altalena,
 - ogni gioco con la palla, la fionda etc.;
 - L'imparare a guidare l'automobile con il problema delle curve e delle frenate, la sistemazione dei carichi all'interno della macchina e i conseguenti errori che si manifestano in corsa,
 - Etc.
- sono tutte occasioni in cui la nostra fisica ingenua prende forma e diventa un corpus più o meno coerente di **conoscenze** e di **aspettative**, che il **linguaggio comune** a suo modo esprime bene e in qualche misura formalizza.



Analisi di A.B.Champagne

- Ricerca di Audrey B. Champagne, Leopold E. Klopfer e John H. Anderson nell'università di Pittsburg (fine '80).
- Studenti iscritti ai corsi preparatori del curriculum per fisici nel College of Arts and Sciences.
- Argomento: "caduta dei gravi":
- All'incirca uno su cinque degli studenti del campione credono che un oggetto in caduta assuma istantaneamente il massimo della sua velocità e prosegua con tale velocità costante.
- Circa quattro studenti su cinque credono che, a parità di condizioni, gli oggetti più pesanti cadano più rapidamente di quelli leggeri; e su per giù la stessa proporzione di studenti crede che "più vicino a terra" implichi "più pesante"...



Fondamenti della Meccanica Ingenua

- Secondo gli autori, la meccanica ingenua si fonderebbe sui **quattro punti** seguenti:
 - 1) una forza, quando è applicata a un oggetto, produce movimento;
 - 2) sotto l'influsso di una forza costante, gli oggetti si muovono con velocità costante;
 - 3) la grandezza della velocità è proporzionale alla grandezza della forza, e qualunque accelerazione è dovuta all'aumento della forza;
 - 4) in assenza delle forze, gli oggetti stanno fermi o, se sono in movimento (per aver immagazzinato momento quando le forze agivano su di essi), essi rallentano (e consumano il momento immagazzinato).



Fondamenti della Meccanica Ingenua

- Nel mondo quotidiano, in cui gli attriti sono onnipresenti, queste regole forniscono una ragionevole approssimazione del comportamento degli oggetti.
- Percezione del movimento: «...data l'insensibilità dell'occhio umano nel rilevare che un oggetto sta accelerando, desta poca meraviglia il fatto che l'accelerazione non abbia un ruolo centrale nel sistema delle credenze del senso comune sui fenomeni del movimento»



Concezione Aristotelica della Meccanica

- Uno dei punti in cui la meccanica aristotelica incontrava maggiori difficoltà era la spiegazione del modo in cui il proiettore comunicava il moto al proiettile.
- Quando il sasso si è staccato dalla mano che lo lancia, quando la freccia non è più in contatto con la corda dell'arco, come mai proseguono nel moto? **La causa è cessata, dovrebbe cessare l'effetto.**
- Aristotele, nella sua Fisica, discute due possibili tipi di spiegazione:
 - 1) L'aria realizza la continuità del moto del proietto attraverso una qualche sorta di mutua sostituzione dell'aria da parte del proietto, cosicché l'aria si sposta circolarmente dietro di esso per fungere da motore: è la cosiddetta **teoria dell'antiperistasis**;
 - 2) l'aria non solo viene mossa direttamente dal motore originario, ma (grazie alla sua natura speciale) riceve simultaneamente il potere o la forza di agire come un motore; allora, grazie a questo potere, muove a un tempo l'aria a esso contigua e il proietto; l'aria contigua all'aria che viene mossa in origine non solo è mossa ma riceve anche il potere di agire come motore; così il proietto viene sospinto successivamente nella direzione verso cui lo indirizzava il motore originario».

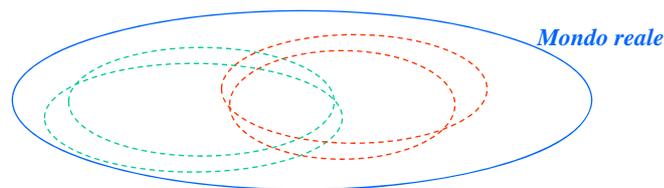


Origini delle difficoltà dell'apprendimento

- conflitto o mancanza di integrazione fra la "**conoscenza di senso comune**" e la "**conoscenza disciplinare**".
 - La **conoscenza di senso comune** (o idee innate delle persone) è l'insieme di conoscenze che un individuo possiede e che derivano dalla sua esperienza, dalle sue convinzioni. Hanno origine nella famiglia, nella sua cultura, nel contesto sociale... Essa è utile per interpretare la realtà.
 - La **conoscenza disciplinare**, necessaria per interpretare la realtà secondo la scienza accreditata è spesso in conflitto con quella precedente.



Conoscenza di Senso Comune e Scientifica



Conoscenza di Senso Comune

valore pratico
linguaggio naturale
aspetto qualitativo
memorizzazione persistente
basato sulle capacità
contestuale
contraddittorio
incompleto

Conoscenza Scientifica

valore speculativo
linguaggio formale
aspetto quantitativo
memorizzazione dinamica
rappresentativo
auto consistente
completo



Fisica Ingenua e Conoscenze Disciplinari

- Nella prassi didattica non c'è in genere altrettanta attenzione per i **modi di ragionare intuitivi degli studenti** (schemi alternativi, rappresentazioni mentali, strategie di senso comune,...)
- è ancora diffuso l'atteggiamento di considerare gli studenti come recipienti vuoti da colmare di conoscenze.
- le contraddizioni fra la **“fisica ingenua“** e le **“conoscenze disciplinari“** sono presenti per molti contenuti di base, per esempio movimento, forza, energia, calore, temperatura, luce, ecc...



Modalità d'insegnamento (finora)

- Discussione sulle modalità di insegnamento con le quali abbiamo appreso noi stessi la fisica: nella maggior parte dei casi
 - **Cosa c'è stato:** lezione frontale alla lavagna; studio dei concetti da libro di testo o appunti; poco laboratorio
 - **Cosa non c'è stato:** attenzione ai processi di modellizzazione che sono alla base delle formulazione delle leggi fisiche; scarsa conoscenza delle idee degli studenti (loro schemi di ragionamento innati); attenzione a modalità efficaci di comunicazione che facilitino l'apprendimento



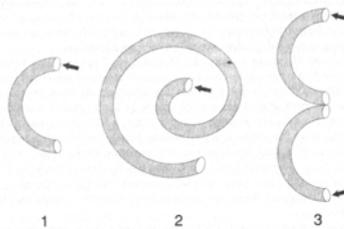
Ruolo dell'insegnamento

- Un ruolo delicato dell'insegnamento è quindi:
 - sostenere il processo di trasformazione della conoscenza intuitiva in quella disciplinare,
 - favorirne l'integrazione nel sistema globale di conoscenza dell'individuo,
 - facilitarne il radicamento e l'operatività in relazione a nuovi apprendimenti,
 - il tutto attraverso un processo di costruzione personale del sapere



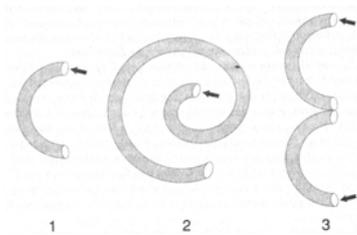
Il problema dei tubi ricurvi

- immaginare di porre all'ingresso di ogni tubo, indicato dalla freccia, una pallina di metallo capace di scorrere bene in esso,
- soffiare dentro con violenza, in modo da imprimerle una buona velocità.
- segnare con una matita il percorso effettuato dalla pallina all'uscita dal tubo.



Il problema dei tubi ricurvi

- non tener conto della resistenza dell'aria,
- supporre che la velocità delle palline in uscita dai tubi fosse uguale



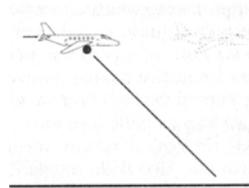
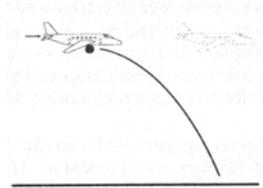
- Più del 30% degli studenti esaminati tracciava, all'uscita dai tubi, linee curve.



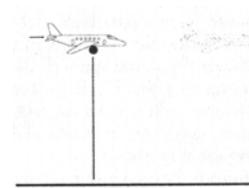
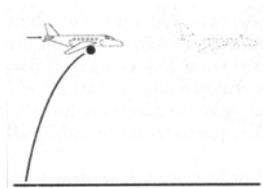
Il problema dell'aeroplano



Il problema dell'aeroplano



Il problema dell'aeroplano



Semplici esempi di laboratorio “povero”

- La moneta nel bicchiere
- La torre di pedine
- Uno, due, tre...strappo



La moneta nel bicchiere

Concetti fisici

- inerzia

Materiale

- una moneta non troppo leggera
- un cartoncino (cartolina postale)
- un bicchiere



La moneta nel bicchiere (2)

Descrizione

- Disponete la moneta, il cartoncino e il bicchiere come indicato nella figura. Con un colpo deciso sul bordo del cartoncino allontanate il cartoncino. La moneta cadrà nel bicchiere.



La moneta nel bicchiere (3)

Spiegazione

- La forza esercitata dalle dita sul bordo del cartoncino, mette in moto il cartoncino, che subisce un'improvvisa accelerazione. La moneta non è toccata direttamente dalle dita. La forza necessaria a mettere in movimento la moneta può dunque provenire solo dal contatto (attrito) con il cartoncino. Poiché la moneta ha certa massa, per accelerare la moneta nello stesso modo con cui viene accelerato il cartoncino, sarebbe necessaria una forza non da poco (a voi la possibilità di stimare il valore di questa forza). L'intensità di questa forza è superiore all'intensità della forza d'attrito che esiste fra la moneta e il cartoncino. Di conseguenza il cartoncino non è in grado di "trascinare" la moneta con se ed essa rimane praticamente in quiete rispetto al bicchiere. Improvvisamente la moneta si trova così senza più il cartoncino che la sosteneva. E cade inevitabilmente nel bicchiere.



La torre di pedine

Concetti fisici

- inerzia

Materiale

- una decina di pedine da dama
- un coltello

Descrizione

- Create una "torre di pedine", disponendole una sopra l'altra su di un supporto liscio e rigido (ad esempio: tavolo da cucina o banco scolastico). Colpite con decisione con il coltello la pedina più in basso, cercando di togliere ad una ad una le pedine dalla "torre" senza provocarne la caduta.



La torre di pedine (2)

Osservazione

- Si può anche stuzzicare gli studenti creando una gara: chi riesce a eseguire l'esperimento in modo completo con la "torre di pedine" più alta?



La torre di pedine (3)

Spiegazione

- La forza esercitata dal coltello sulla pedina più bassa, mette in moto la pedina, che subisce un'improvvisa accelerazione. Le pedine che si trovano al di sopra non sono toccate direttamente dal coltello. La forza necessaria a metterle eventualmente in movimento può dunque provenire solo dal contatto (attrito) con la pedina più in basso. L'attrito fra le pedine è però insufficiente a far sì che la pedina più in basso trascini con sé anche le pedine soprastanti, soprattutto se il colpo è dato con sufficiente decisione. In questo caso infatti la forza d'attrito fra le pedine dovrebbe avere un'intensità elevata, per mettere in moto (accelerare) anche le pedine soprastanti. Di conseguenza, se il colpo è dato con sufficiente decisione, possiamo considerare che tranne la pedina posta più in basso, tutte le altre non sono soggette a nessuna forza in grado di metterle in moto. Mantengono dunque la propria posizione rispetto al sistema di riferimento "esterno" (tavolo per esempio).



Uno, due, tre ...strappo

Concetti fisici

- inerzia

Materiale

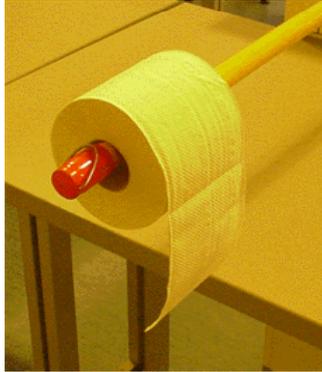
- un manico di scopa
- un rotolo di carta da gabinetto

Descrizione

- Fissate molto bene il manico di scopa e inserite il rotolo come indicato nell'immagine a lato. Con un colpo deciso cercate di strappare solo uno o due fogli di carta da gabinetto.



Uno, due, tre ...strappo (2)



Uno, due, tre ...strappo (3)

Spiegazione

- Il colpo deciso tende a mettere in movimento improvvisamente i primi fogli di carta che a loro volta tendono a trascinare con sé anche il rotolo di carta. Il rotolo intero, pur avendo una massa relativamente piccola, necessita per seguire i fogli di carta che vengono tirati dalla mano, dell'azione di una forza molto intensa (vedi seconda legge di Newton). Infatti l'accelerazione dei primi fogli di carta tirati dalle dita della mano è molto grande, proprio a seguito delle caratteristiche del colpo.
- Se il colpo è dato in modo sufficientemente improvviso e deciso la forza necessaria a mettere in rotazione il rotolo è maggiore della "forza di strappo" che è in grado di sopportare la linea tratteggiata che separa un foglio dall'altro. In questa situazione il primo foglio (o al massimo il secondo) segue la mano, mentre il rotolo rimane dov'è. Si verifica una rottura fra il primo foglio e i rimanenti, che fa sì che la forza esercitata dalla mano non si trasmetta al resto del rotolo.



Scontro auto-autocarro



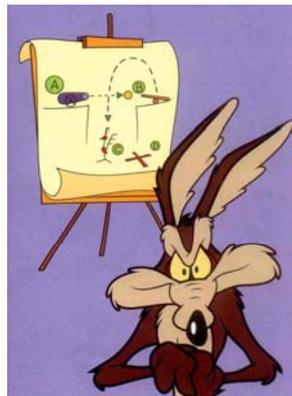
Cartoon Law I

- Ogni corpo sospeso nello spazio rimarrà nello spazio finché non si renderà conto della situazione in cui si trova.



Cartoon Law II

- Ogni corpo in moto tenderà a rimanervi finché inaspettatamente una materia solida interviene



Cartoon Law III

- Ogni corpo che passi attraverso materia solida lascerà un buco eguale al suo perimetro



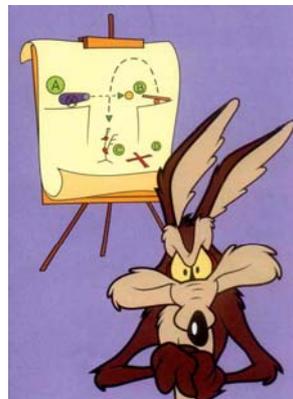
Cartoon Law IV

- Il tempo richiesto da un oggetto per cadere dalla sommità di un palazzo o di una montagna risulta maggiore del tempo necessario a salire le scale o percorrendo la strada a spirale.



Cartoon Law V

- Tutti i principi e leggi della gravità sono negati dallo spavento



Nota importante

- Le trasparenze, frutto di un'attiva collaborazione con la Prof.ssa Elena Sassi dell'Università di Napoli, non sono da intendersi assolutamente come un libro di testo.
- Per quanti sforzi si siano compiuti al fine di rendere il filo logico quanto più trasparente ed omogeneo, esse sono e restano un complemento indispensabile solo durante le lezioni frontali.

