

Obiettivi culturali e formativi dell'insegnamento della meccanica

Quello che sto per fare sarà un discorsetto senza troppe pretese, che vorrebbe dare alcune indicazioni generali di metodo e qualche suggerimento sui contenuti.

Farò riferimento più che altro alla scuola sec. sup. dove l'orario è più ampio, ossia il Liceo Scientifico.

Alcune delle cose che dirò sono valide in generale; ma dove l'orario è ristretto, a volte in modo insostenibile, per costruire una soluzione pratica occorre un lavoro addizionale, che ora non posso neppure accennare.

Partirei dalla fine, ossia dalla domanda:

Che cosa vorrei che restasse alla fine degli studi secondari?

Parlerò della meccanica, perché questo è il tema generale del corso, anche se sarebbe meglio porre la domanda per la fisica nel suo insieme.

Vedremo infatti che i collegamenti con altre parti sono numerosi e a volte indispensabili.

1. Se si pone il problema in questo modo, si vede subito che occorre riuscire a conciliare due esigenze:

a) dare nozioni e idee di base **a tutti**

b) dare stimoli e approfondimenti ai più dotati e impegnati.

Per uno sviluppo e una proposta rimando a

<http://www.df.unipi.it/~fabri/sagredo/varie/mie-indicazioni-short.pdf>

2. Prima di dare le mie risposte, trovo necessario rispondere a un'altra domanda:

Che cosa vogliamo dall'insegnamento della fisica?

Ecco alcune idee:

- 1) abitudine a osservare, a farsi domande sul “mondo reale”
- 2) conoscenza dei fenomeni del “mondo reale”
- 3) familiarità con le leggi fisiche più utili nel “mondo reale”
- 4) unità di misura, ordini di grandezza (la fisica non si fa con le chiacchiere)
- 5) conoscenze pratiche, per es. su energia, sue unità di misura, ordini di grandezza
- 6) l'interpretazione del mondo “in grande” (il microscopico lo lascio da parte perché ci porta dritti alla fisica quantistica: v. dopo)
- 7) che cos'è una teoria fisica, suo rapporto con l'esperienza
- 8) combattere i miti: a cominciare dalla “energia tutto fare”.

3. Un obiettivo **culturale**.

La fisica consiste di *grandi teorie*, che danno spiegazione dei fenomeni, importanti e modesti, nel grande e nel piccolo.

La fisica parla del *mondo reale*, non di un “mondo di carta”.

Occorre che un quadro — sia pure minimo — di questi aspetti entri a far parte del bagaglio culturale di chi esce dalla s.s.s.

4. Ecco comunque alcune mie risposte (provvisorie) alla domanda posta all'inizio:

Che cosa vorrei che restasse alla fine degli studi secondari?

- l'energia (il più chiaro esempio di argomento “trasversale”)
- la necessità di usare un sistema di riferimento, e l'esistenza di riferimenti “privilegiati” (quelli inerziali); il principio di relatività
- unità di misura e ordini di grandezza di oggetti e fenomeni a scala umana o forse astronomica (sistema solare? galassia?)
- la gravitazione e la meccanica newtoniana come esempio di teoria: potere esplicativo, limiti, successive correzioni.

Chiarimento: questo è ciò che vorrei restasse. Ma non significa che altri temi non debbano essere trattati: per es. le leggi di Newton sono passaggi ineludibili.

5. Rapporto con la matematica.

La matematica non è per la fisica solo uno strumento: se mai uno *strumento di pensiero*.

Con ciò intendo che la matematica è necessaria per *pensare* la fisica; per costruire concetti e teorie.

Questo tema è ampiamente sviluppato in

<http://www.df.unipi.it/~fabri/sagredo/lezioni/matfis.pdf>

pubblicato in *La Fisica nella Scuola*, Quaderno 21 (2010).

Simmetricamente: la fisica *aiuta a capire la matematica*.

Non mi pare che questa possibilità venga adeguatamente sfruttata.

L'esempio più ovvio viene appunto dalla meccanica: la cinematica e il calcolo differenziale e integrale.

6. Il problema dell'astrazione.

Molti ragazzi hanno difficoltà con l'astrazione. Il che non deve spingere a una fisica di fatterelli e questioni “pseudopratiche”; ma *l'astrazione va conquistata gradatamente*.

Da questo dipende anche la scelta degli argomenti più adatti nei diversi anni, e la possibile *ripresa* di uno stesso capitolo della fisica *in tempi diversi*, a un livello man mano più astratto e formalizzato.

In particolare ciò vale per le “grandi teorie”, a cominciare dalla meccanica newtoniana.

Il valore di questa teoria come spiegazione globale del mondo, il suo potere predittivo, il determinismo ... sono tutti temi più adatti alla fine del corso di studi che ad anni precedenti.

Su queste basi mi pare impraticabile quanto proposto nelle “indicazioni nazionali” circa l'inizio della dinamica nel primo biennio.

Lo studio della meccanica riguarderà problemi relativi all'equilibrio dei corpi e dei fluidi; i moti saranno affrontati innanzitutto dal punto di vista cinematico giungendo alla dinamica con una prima esposizione delle leggi di Newton, con particolare attenzione alla seconda legge. Dall'analisi dei fenomeni meccanici, lo studente incomincerà a familiarizzare con i concetti di lavoro ed energia, per arrivare ad una prima trattazione della legge di conservazione dell'energia meccanica totale.

7. Quali esperimenti?

Lascio da parte quelli più ovvi, sui quali credo di non avere niente di originale da dire.

Rifacendomi a quanto scritto nei punti 2.1) – 2.4), e restando nel campo meccanico, i vari sport offrono un'infinità di spunti.

La difficoltà sta nel riuscire a fare schematizzazioni adatte al livello dei ragazzi e al tempo stesso adeguate alla sostanza del problema.

C'è il rischio che per semplificare si finisca per dare una trattazione non corretta.

Non ci sono grandi problemi finché si resta alla cinematica; i guai cominciano con la dinamica...

Mi è capitato più volte di vedere articoli che trattavano questioni “sportive” e contenevano errori non accettabili.

Purtroppo non abbiamo tempo per vedere esempi.

Una traccia per il primo biennio

Studio di moti (anche con sistemi di acquisizione a computer).

Moti in una dimensione: coordinata, definizioni di velocità media e istantanea. Non andrei oltre: niente vettori!

Rappresentazione grafica delle grandezze: posizione, velocità.

La capacità di usare grafici è un *obiettivo didattico essenziale*, da perseguire lungo tutto il corso di studi.

I grafici vanno sistematicamente utilizzati come strumento di comprensione e comunicazione:

- per rappresentare la relazione tra due grandezze, in particolare per comunicare il risultato di esperimenti
- inversamente, come capacità di leggere da un grafico le informazioni (qualitative e semiquantitative).

Segue primo biennio

La caduta dei gravi: esempio di moto uniformemente accelerato.

Universalità dell'accelerazione: la scoperta di Galileo.

Motivare: da qui è partita una delle più grandi rivoluzioni della fisica teorica del 20-mo secolo (la Relatività Generale).

Una parentesi: che cosa dice Rogers

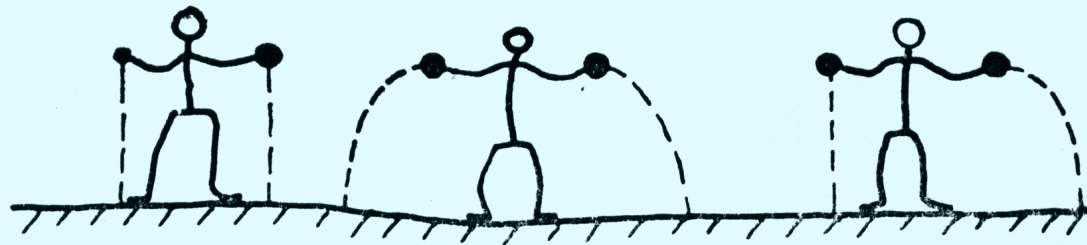
Nel libro *Physics for the Inquiring Mind* (Princeton 1960) leggiamo:

Prendete due sassi diversi (o due monete), e fateli cadere, lasciandoli insieme.

Poi fateli cadere di nuovo, ma questa volta con una spinta orizzontale.

Poi lanciatene uno in fuori, mentre l'altro cade verticalmente.

Guardate e riguardate quello che succede.



Se tutto ciò vi sembra una puerile perdita di tempo, considerate quanto segue:

a) Questo è sperimentare. Tutta la scienza è costruita sulle informazioni tratte da esperimenti diretti come i vostri.

b) Per un fisico l'esperimento in cui si fanno cadere insieme sassi leggeri e pesanti non è solo una leggenda storica; esso mostra un fatto semplice ma stupefacente, che è un piacere vedere e rivedere.

Il fisico che non gioisce nel vedere un euro e un cent che cadono insieme, è senz'anima.

Segue primo biennio

Prima introduzione all'energia.

Si potrebbe seguire la traccia dell' “antico” PS2.

Nota: qui si esce chiaramente dalla meccanica, ma si parla *anche* di meccanica!

Problema: dove sta il tempo per gli esperimenti? Il PS2 intero richiede circa 120 ore.

Si può cercare di tagliare, ma va fatto con attenzione, in vista dello scopo, che è quello di capire il concetto di energia, le varie forme, trasformazioni, conservazione.

Secondo biennio

(Qui posso essere molto più breve, perché si tratta di argomenti ben noti.)

Costruzione della meccanica newtoniana da un punto di vista moderno.

Questo significa:

- importanza dei sistemi di riferimento
- principio di relatività
- leggi di conservazione.

Prima introduzione al determinismo: il moto è *completamente determinato* dalla legge di forza e dalle condizioni iniziali.

Consigliabile qualche integrazione numerica.

Quinto anno

Ripresa della meccanica: la gravitazione e il sistema solare.

Determinismo della teoria newtoniana.

Scoperte, previsioni, applicazioni pratiche:

- le comete periodiche
- la precessione
- le maree
- la scoperta di Nettuno
- satelliti artificiali e sonde spaziali.

La revisione einsteiniana:

1) Fisica dello spazio-tempo. La dinamica ad alte velocità. L'inerzia dell'energia.

2) La teoria relativistica della gravitazione: la riduzione della gravità a curvatura dello spazio-tempo.

Lascio da parte la meccanica quantistica, nonostante la parola “meccanica”, perché in realtà è *fisica* quantistica e quindi troppo trasversale per parlarne in questa sede.

Due parole sulla relatività

Le poche righe che ho scritto richiedono un chiarimento, anche se il tempo non permette una discussione adeguata.

In primo luogo, se si vuole affrontare l'argomento relatività, questo andrà iniziato al terzo anno, almeno col principio di relatività galileiano e einsteiniano.

Anche il principio di equivalenza può essere presentato presto, forse all'inizio del quarto anno.

Riferimenti:

Taylor e Wheeler: *Fisica dello spazio-tempo* (Zanichelli).

Fabri: *Insegnare relatività nel XXI secolo* (Quaderno 16 di *La Fisica nella Scuola*, 2005)

<http://www.df.unipi.it/~fabri/sagredo/Q16>

Alcuni commenti finali

1. Perché l'insistenza su argomenti astronomici?

Risposte:

- 1) Perché è lì che si è messa alla prova la meccanica.
- 2) Perché ci sono problemi relativamente “semplici” da spiegare.

Esempi:

- Nel 1718 Halley scopre che le stelle “si muovono”; ma *rispetto a che cosa* si muovono? Come ha fatto?
- Nel 1838 Bessel misura la prima distanza stellare; come l'ha misurata?
- La scoperta di Nettuno nel 1846: che significa “scoprire un pianeta su base teorica”?

3) Perché nel '700-'800 quella era *ricerca di punta*, pari alla ricerca di oggi sulle particelle esotiche o su come l'universo si espande.

Ma è molto più accessibile.

2. Perché il continuo richiamo alle motivazioni, alle “grandi teorie”?

Risposte:

1) Perché dà un sapore ad argomenti altrimenti “barbosi”.

Esempio principe: la caduta dei gravi.

La scoperta di Galileo è un “mistero”, e riflettendo su quel mistero Einstein crea la RG.

2) Perché serve a dare alla fisica il suo valore *culturale*: le grandi teorie sono la sintesi dello sforzo di generazioni di scienziati per la comprensione del mondo in cui viviamo.

Il loro successo è la prova che *possiamo capire il mondo*.

3. Mi aspetto almeno un'obiezione: non mancano argomenti importanti?

E viceversa: per dare tanto spazio agli argomenti proposti, non saremmo costretti a sacrificare altri capitoli della fisica, fuori della meccanica?

Rispondo:

a) La scelta che ho fatto va considerata aperta, può essere discussa.

Quello che vorrei difendere è il metodo, basato sulla domanda centrale, che ripeto per la terza volta:

Che cosa vorrei che restasse alla fine degli studi secondari?

b) Meglio sacrificare qualcosa per consolidare quello che si salva, che fare di tutto un po', col rischio che non resti niente.

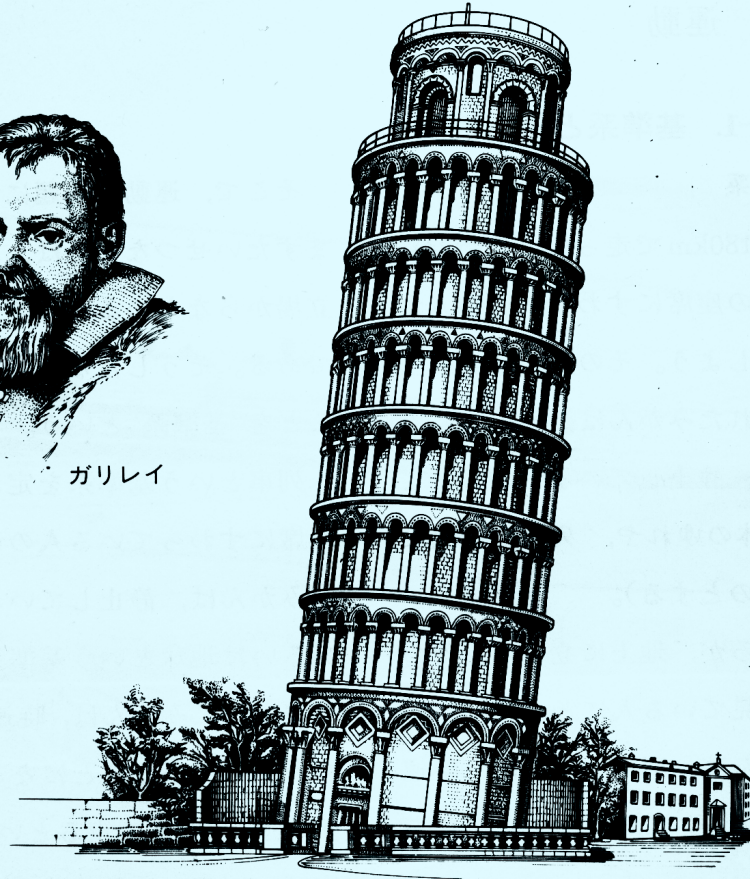


図1 ガリレイとピサの斜塔^{しやとう} 物体の運動に関する学問の基礎は、イタリアのガリレイによって築かれたといわれている。重さの異なる2つの球を、斜塔の上から落とし、それらが同時に地面に着くことをためしたという話は、どうやら伝説にすぎない。

ここでは、そうしたギリシアの学者たちの疑問を受けつぎながら、ものの運動という側面から自然現象をとらえるにはどうしたらよいかという点について、現在の基本

的な考え方を学習しよう。

また、それに関連して、仕事やエネルギーについても、基礎的なことがらを学んでいくことにしよう。