

La fisica moderna nella scuola

seminario al Congresso AIF – Roma, 24–10–2008

E. Fabri: relazione introduttiva*

La fisica moderna è un “lusso”?

Quando ho ricevuto l’invito a organizzare questo seminario, prima di decidere ho dovuto superare alcune perplessità, che ho riassunto nel titolo che precede.

È infatti facile sollevare obiezioni sull’opportunità di occuparsi della fisica moderna, specialmente ora che tante volte dobbiamo preoccuparci di come e quanto ci riesce d’insegnare la fisica senza aggettivi.

Ecco le obiezioni più ovvie:

- ci sono in fisica tante cose più basilari che molti studenti ancora non padroneggiano alla fine della scuola secondaria . . .
- con le ristrettezze di tempo e di mezzi che abbiamo in tante scuole . . .

E altre se ne potrebbero aggiungere.

Ma ci sono anche degli argomenti a favore di occuparsene, almeno per porsi alcuni problemi:

- si tratta di un pezzo ormai grosso della fisica che esiste
- c’è una richiesta, un interesse dei ragazzi (ci torneremo)
- senza la fisica del 20-mo secolo gran parte del mondo attuale non si capisce.

Resta naturalmente aperto il grande problema: che cosa si può realmente fare? Anche di questo riparleremo.

Definizione del tema: che cosa è la “fisica moderna”

Una definizione è opportuna, almeno per delimitare il discorso. Anche se, come tutte le definizioni, ha un certo grado di arbitrarietà, mi atterro alla seguente.

Per fisica moderna intendo tutta la fisica dell’ultimo secolo, o se si preferisce dalla scoperta dell’elettrone.

Ciò che più conta è che in ogni caso non si tratta solo di relatività e meccanica quantistica. . .

Ecco un breve (e incompleto) elenco di argomenti che fanno parte della fisica moderna:

- la fisica nucleare
- le particelle e le interazioni fondamentali

* *La Fisica nella Scuola* **42** (2009), suppl. al n. 3, p. 3.

- la meccanica statistica (classica e quantistica)
- la fisica della materia condensata e in particolare
- la fisica dei solidi e relative (immense) applicazioni
- la fisica dei plasmi
- l'astrofisica: struttura ed evoluzione delle stelle, delle galassie, ecc.
- la cosmologia
- l'ottica quantistica: laser ecc.
- l'elettronica
- la "nuova meccanica" (sistemi dinamici, caos deterministico).

Relatività e meccanica quantistica sono "metateorie"

Resta il fatto che relatività e meccanica quantistica occupano un posto privilegiato; come vedremo questo è vero sia da un punto di vista teorico/epistemologico, sia anche nell'effettiva pratica didattica.

L'affermazione scritta nel titolo inizia a darne una spiegazione, ma va a sua volta spiegata. Dicendo che sono metateorie intendo che sono *nuovi paradigmi* per interpretare la realtà, nuove regole di ragionamento, ma da sole non dicono molto. È dal carattere di nuovi paradigmi che segue il peso teorico/epistemologico, che a sua volta forse spiega il posto dominante che assumono (come vedremo) nella pratica dell'insegnamento.

Esempio 1: la m.q. spiega la struttura degli atomi se si assume

- a) che gli atomi possiedano un nucleo centrale ed elettroni periferici (modello di Rutherford)
- b) che l'interazione sia (in prima approssimazione) quella elettrostatica.

Queste due ipotesi *non fanno parte* della m.q.

Esempio 2: la relatività spiega (o prevede?) il difetto di massa di un sistema legato, ma non ci dice come e perché il sistema sia legato.

Però le cose sono un po' più complicate: gli "effetti relativistici" di tutte le specie sono spiegati (previsti?) mentre la fisica newtoniana dà previsioni differenti. Analogamente: la m.q. prevede effetti d'interferenza senza nessuna ipotesi ulteriore.

Fisica teorica, fatti ed esperimenti, epistemologia

Direi (ma lo verificheremo?) che nella pratica l'insegnamento tende a privilegiare il primo e l'ultimo aspetto, lasciando in secondo piano (a volte in modo drammatico) il secondo.

Sottolineo la distinzione tra *fatti* ed *esperimenti*, anche se non è sempre ben netta. Parlo di *fatti* pensando prima di tutto a conoscenze comuni (es. l'aria è trasparente, i metalli sono buoni conduttori). Parlo di *esperimenti* pensando

soprattutto a come si è arrivati a certi risultati/leggi. Es. la struttura dei nuclei, o quella dei metalli.

Ci sarebbero poi le *osservazioni*, che non sono semplici fatti, ma neppure esperimenti in senso stretto (penso soprattutto ad astrofisica e cosmologia). Ma non compliciamoci troppo la vita...

Un altro possibile punto di vista è questo: chiedersi

- come si arriva a sapere che ...?
- quali strumenti si usano?
- che cosa “si vede” in un esperimento?

Sono domande che non appaiono spesso nell’insegnamento della fisica (a parte alcuni casi tradizionali) e si diradano sempre più quando si entra nella fisica moderna.

Proprio al “resto” della fisica moderna potrebbe spettare il ruolo di porre le domande appena scritte, e iniziare a dare delle risposte. Se ne parlerà nei successivi interventi.

Fisica teorica ed epistemologia

L’insegnamento secondario della fisica (tutta) tende a essere principalmente teorico, in quanto *non sperimentale*. Ma non è a questo che penso. Si dovrebbe invece ragionare su quanta importanza si deve dare al *quadro teorico* della fisica, rispetto a quella data ai fatti/esperimenti.

Certamente il quadro teorico non va messo in ombra: la teoria newtoniana (meccanica + gravitazione) o quella maxwelliana (unificazione delle leggi elettromagnetiche, previsione delle onde) debbono essere *componenti della cultura* trasmessa dalla scuola secondaria. Casomai, si può forse lamentare il difetto opposto: è il *significato* stesso di una teoria, il suo ruolo come *struttura portante*, che non è sempre messo in luce.

Va anche detto che questioni del genere non possono essere affrontate troppo presto: il momento giusto sarebbe nell’ultimo anno. Forse questo suggerirebbe una diversa organizzazione di tutto il curriculum, in cui l’ultimo anno sia dedicato a ripensare e approfondire.

Per chiarire con esempi: quanto viene fatto capire che la teoria newtoniana ha un *grandioso potere esplicativo e predittivo*, ad es. per l’astronomia del sistema solare? E si pensi al carattere *deterministico* della meccanica newtoniana: data la legge di forza e le condizioni iniziali, il moto è determinato a ogni istante, passato e futuro.

Questo è rilevante per il nostro tema, perché invece quando si passa alla fisica moderna è proprio sugli aspetti strutturali che si pone la maggiore enfasi. Come se si trattasse di un fatto nuovo, mai visto nella storia precedente della fisica. Per es. ci si spende parecchio sul cosiddetto “indeterminismo” della m.q.: troppo, in proporzione a quanto ci si spende sul suo potere esplicativo e predittivo.

Non mi sembra improprio proporre qui un'autocitazione [1]:

“Quanto all'indeterminismo della m.q., non c'è dubbio che esso esiste e si manifesta nettamente in situazioni sperimentali semplici. Se ad es. mandiamo un singolo fotone su uno specchio semitrasparente, non siamo in grado di prevedere se verrà riflesso o trasmesso; se isoliamo un atomo in uno stato eccitato (cosa oggi possibile) non possiamo dire in quale istante esso emetterà un fotone; e molti altri esempi analoghi potrei fare.

Ma questo non è tutto ciò che la m.q. c'insegna. E mi viene sempre da chiedermi se a coloro che sembrano ridurre la m.q. a tali semplici asserzioni, non debba sorgere il dubbio di come passino il tempo i fisici (teorici e sperimentali): a trastullarsi con calcoli di mere eventualità e a costruire complicate apparecchiature per studiare cose che forse accadranno e forse no? Non dovrebbero essere sfiorati da un piccolo, modesto dubbio: non sarà che forse ci siamo fatta un'idea molto parziale e riduttiva di ciò che la m.q. ha prodotto nella fisica?”

Scopi del seminario: fare il punto, identificare problemi e temi di lavoro

Fare il punto vuol dire: che relazione c'è tra il campo “fisica moderna” sopra definito e ciò che realmente s'insegna?

I problemi sono quasi ovvi: che cosa *si può realmente* insegnare?

- a) per limiti di tempo
- b) per sostanziali difficoltà.

Ma forse c'è bisogno di approfondire...

Intanto, non si può fare a meno di chiarirsi le idee sullo *scopo* che ci si propone. Poi si dovrebbe discutere che cosa significa “capire.”

Temi di lavoro:

Con questa espressione non intendo ciò che potrebbe/dovrebbe emergere come risultato del seminario; penso invece a proporre un'eventuale azione *a lungo termine* dell'AIF. Ecco qualche idea:

- delineare finalità e possibilità di un insegnamento della fisica moderna; questo *a monte* rispetto a proposte concrete
- dato che tutto non si può fare in ogni caso, stilare una scala di priorità: è meglio di tutto un po', oppure “poco ma bene”?
- ...

Il questionario

Nel periodo giugno-settembre ho proposto un piccolo questionario, da compilarsi on-line sul sito AIF e pubblicizzato nelle notizie sul Congresso e nelle mailing list “aifml” e “sagredo.” Ringrazio vivamente Dennis Censi e Silvano

Sgrignoli, per il loro contributo non solo tecnico ma anche di sostanza. Essi non sono però in alcuna misura responsabili dei difetti del questionario, che vedrete emergere nell'esposizione.

Ecco una descrizione delle domande e delle risposte previste.

1. *Dati personali:*

Cognome, nome, scuola, città.

2. *Orario di fisica nel triennio della classe/i cui si riferiscono le risposte:*

2 3 4 5 6 ore o più (per ciascun anno).

3. *Libro di testo:*

Autore, titolo, editore, commento.

4. *Altro materiale:*

Appunti – articoli di riviste – dispense – DVD – internet – altro (specificare).

5. *Numero di ore dedicate in totale alla fisica moderna:*

< 5 – tra 5 e 10 – tra 11 e 20 – tra 21 e 30 – tra 31 e 40 – > 40.

6. *Indicazione, per titoli, degli argomenti coperti:*

.....

7. *Indicazione, per titoli, degli esperimenti eseguiti:*

.....

8. *Indicazione, per titoli, degli argomenti sui quali si sono proposti problemi ed esercizi:*

.....

9. *L'articolazione e la complessità dei problemi erano confrontabili con quelli proposti sugli argomenti più tradizionali (meccanica, elettromagnetismo)?*

SI – NO.

10. *Indicazione, sintetica, delle difficoltà incontrate:*

.....

11. *Indicazioni, sintetiche, sui risultati conseguiti (comprensione, interesse, ...):*

.....

Analisi del questionario

Le risposte sono state 23, così distribuite.

Tipo di scuola

LS (15), ITI (5), LST (2), LC (1).

Distribuzione geografica

Toscana 6, Puglia 3, Veneto 3, Emilia-Romagna 2, Lazio 2, Campania 1, Friuli-V.G. 1, Lombardia 1, Marche 1, Piemonte 1, Trentino-A.A. 1, Umbria 1.

Libro di testo

Amaldi (5)

Walker (5)

Caforio–Ferilli (3)

Tipler (3)

Bergamaschini–Marazzini–Mazzoni (2)

Bosia

Halliday + Taylor–Wheeler

PSSC

? (2)

Ore totali di fisica nel triennio

14 (2), 12 (1), 11 (6), 10 (2), 9 (8), 8 (1), x34, xx3.

(le x sono risposte mancanti).

Ore dedicate alla fisica moderna

> 40 (5), 31–40 (4), 21–30 (6), 5–10 (2), < 5 (1), ? (5)

Due dicono di non trattare la fisica moderna; uno intende cominciare il prossimo anno.

Qui c'è stato un difetto nella comunicazione: non ho pensato a dire che erano gradite risposte anche da chi non tratta la fisica moderna, e ciò ha forse alterato la statistica.

Altro materiale

Tutti fanno uso di materiale sussidiario, prevalentemente appunti, DVD, internet.

A posteriori la formulazione della domanda e delle risposte suggerite è risultata poco felice: infatti dalle risposte è praticamente impossibile capire quale materiale viene usato e come lo si usa.

Argomenti

Dare conto delle risposte è quasi impossibile, per la grande varietà nella loro ampiezza. C'è chi ha scritto “fisica quantistica” e chi ha riempito una pagina (errore mio ...).

Esempio: come utilizzare una risposta come questa?

“*Relatività ristretta Relatività generale Origine della fisica dei quanti Meccanica quantistica Fisica Nucleare Modello standard*”

(Per di più non mi dice le ore dedicate alla fisica moderna...)

Cercando di sintetizzare:

- due rispondono di non trattare fisica moderna
- in larghissima maggioranza trattano argomenti più o meno standard (relatività ristretta, Planck, Bohr, Heisenberg, de Broglie, di regola fino alla fisica nucleare)
- in 6 o 7 casi c'è un riferimento più o meno ampio alla relatività generale
- una risposta è centrata su semiconduttori e applicazioni
- in una si fa cenno a problema ergodico e caos
- una sembra dedicare molto spazio alla cosmologia
- una infine si concentra sul concetto di stato quantistico e sovrapposizione, e sulla misura quantistica.

Esperimenti

C'è una grande varietà di esperimenti indicati, e questo è un fatto positivo: si vede che il ventaglio di esperimenti concretamente possibili è ampio.

Però tra coloro che svolgono fisica moderna, 4 dichiarano di non eseguire esperimenti o non rispondono. Altri 4 indicano un singolo esperimento, e a volte non troppo attinente al tema.

Questo appare un punto debole in una parte dei casi, ma forse potrebbe essere un punto debole per tutto l'insegnamento della fisica.

Problemi

La domanda sui problemi aveva la seguente motivazione: verificare se le trattazioni della fisica moderna hanno lo stesso grado di approfondimento teorico di quelle della fisica classica, ossia se consentono di affrontare problemi *significativi* in modo *quantitativo* (ammesso che ciò accada per la fisica classica).

Stando alle risposte, tutti quelli che trattano fisica moderna dichiarano di assegnare problemi. Tutti tranne 5 li giudicano di pari livello; uno non risponde. (Confesso che — anche in base a quel poco che ho potuto vedere dai libri — sono piuttosto scettico.)

Difficoltà e commenti

Anche qui la sintesi è praticamente impossibile, sempre per la grande varietà di risposte.

Tra le difficoltà ho notato:

- scarsità di tempo
- carenza di laboratorio
- problemi cognitivi.

Ma c'è anche chi dice “nessuna.”

Il commento più frequente è l'interesse dei ragazzi, spesso maggiore che per il resto della fisica. Questo credo meriti un piccolo “commento al commento.”

Da un lato è bello e anche prevedibile l'interesse dei giovani per ciò che ha sapore di nuovo, e anche di “strano.” Dall'altro però vedo due aspetti negativi.

- Primo (in forma di dubbio): non sarà che ritorna qui la tendenza a trasformare la fisica in filosofia?
- Secondo: è certo più facile per gli studenti cimentarsi in alati discorsi, che non fare calcoli e risolvere problemi. Molto nella scuola li educa a questo. . .

[1] E. Fabri: *Naturalmente* **11**, n. 2, p. 22 (1998).