

Master IDIFO

Università di Udine

Proposta di percorso critico: dalla Fisica Classica alla Fisica Moderna

Candidata: Prof. *Alessandra Angelucci*

Referee: Prof. *Carlo Tarsitani*

Introduzione

L'idea di questa proposta didattica è nata da considerazioni personali derivanti dal mio duplice ruolo, di insegnante e di studentessa, nei confronti della Fisica: insegno infatti questa materia già da qualche anno sì, ma con la consapevolezza limitata che mi deriva dal mio percorso di laurea: sono infatti laureata in Matematica, indirizzo didattico.

Più di altri colleghi laureati in fisica ho affrontato questo Master propriamente da studentessa, potendo quindi provare "sulla mia pelle" alcune delle difficoltà che ritengo incontrino i nostri studenti nell'approcciarsi alla Fisica. A seguito di tale esperienza e grazie all'impostazione "critica" e approfondita dei Corsi proposti in questo Master mi sono infatti posta le seguenti domande:

- possiamo sperare che ragazzi cui fino ad un certo punto è stata presentata la fisica come una sequenza di risultati certi, definitivi e monolitici possano, non solo comprendere, ma persino accettare che, ad un certo punto, in base a considerazioni che sono anche molto sottili se osservate dal punto di vista di uno studente, quelle certezze vengano sovvertite, se non tutte, almeno in grande parte?
- possiamo sperare che ragazzi cui siano stati "nascosti" i fondamenti epistemologici della fisica e che non abbiamo avuto occasione di riflettere in maniera approfondita su finalità e modalità d'indagine della fisica, per esempio l'interrelazione fra ipotesi epistemologiche e evidenze sperimentali, riescano a comprendere "da soli" la portata innovativa della Fisica Moderna, in special modo della sua branca più "difficile": la Quantistica?

Io ho ritenuto che la risposta ad entrambe queste domande sia: "no" e pertanto ho costruito, basandomi, come suggerito dal Prof. Tarsitani, sulla proposta di Einstein-Infeld (*L'EVOLUZIONE DELLA FISICA – SVILUPPO DELLE IDEE DAI CONCETTI INIZIALI ALLA RELATIVITÀ E AI QUANTI*, UNIVERSALE BOLLATI BORINGHIERI, 1965-2007, TORINO), e "innestandola", fortemente, con gli elementi di cui sono venuta a conoscenza all'interno del Master - in particolare nei corsi dei Prof.: Tarsitani, Levrini; De Ambrosis; Gilibert - un percorso didattico che contenga al suo interno esempi significativi, antecedenti l'avvento della fisica moderna, di "nascite e morti" di teorie fisiche.

Filo conduttore è stato il processo di superamento del **programma meccanicista** e, al suo interno: dalla concezione del calore come **sostanza** alla concezione del calore come **energia**; dai **fluidi** elettrico e **fluido** magnetico al **campo** elettromagnetico; dal modello **corpuscolare** al modello **ondulatorio** della luce,) e che contenga al suo interno momenti di riflessione sui i fondamenti della Fisica Classica: il **determinismo**, l'ipotesi di **semplicità**, **spazio** e **tempo** assoluti, il concetto di **misura**.

Preparandomi il terreno ai risultati della relatività ristretta, ho mostrato in più occasioni "all'opera" il principio di **generalizzazione**.

L'idea che mi ha sostenuto è quindi la seguente: "abituati" a vedere la fisica come processo dialettico e resi consapevoli dei ruoli giocati all'interno di tale processo dagli "attori" principali, i ragazzi possono approcciare con maggiori *chances* di successo, alla Fisica Moderna: vedendola "semplicemente" come "l'ennesimo esempio" di morte e nascita di teorie e riconoscendone, veramente però, la portata innovativa.

Approfondirò gli spunti forniti dalla presente introduzione all'interno del primo capitolo.

La realizzazione del mio progetto è stata effettuata in un Liceo Classico Statale di Roma: il LCS "Augusto"; in orario extrascolastico. Ciò ha comportato vantaggi ma anche svantaggi.

Ho infatti avuto modo di confrontarmi con un gruppo di studenti motivati e interessati le cui conoscenze di fisica erano però limitate: mi sono trovata così nella condizione di "scrivere su fogli *quasi* bianchi". Quel che ho ottenuto che questa sperimentazione, come ho potuto desumere dai test in uscita, è di aver portato questi studenti soprattutto ad una migliore comprensione dei "meccanismi di funzionamento" della Fisica Classica.

Indice

1 Lezioni di fisica moderna (i fondamenti della Fisica Classica)

1.1 Il perché di queste lezioni	pag 1
1.2 Premessa	pag 2
1.3 I Fondamenti della Fisica Classica	pag 5
1.4 Il <i>Calculus</i>	pag 6
1.5 La Legge della Gravitazione Universale di Newton	pag 9
1.6 Il programma meccanicista	pag 10
1.7 il punto sugli aspetti fondazionali della Fisica Classica	pag 11

2 L'antinomia continuo/discontinuo - il calore

2.1 Chiarimenti sul titolo del capitolo	pag 12
2.2 Un'osservazione doverosa sulle leggi di conservazione...	pag 14
2.3 Il calore è una sostanza?	pag 15
2.4 L'energia	pag 17
2.5 La teoria cinetica della materia	pag 19

3 Decadenza dell'interpretazione meccanicistica – fluidi elettrici e magnetici – la luce

3.1 L'etere	pag 22
3.2 I due fluidi elettrici	pag 22
3.3 I fluidi magnetici	pag 25
3.4 La corrente elettrica	pag 26
3.5 La prima grave difficoltà del programma meccanicista	pag 27
3.6 Che cos'è la luce?	pag 28
3.7 Che cos'è un'onda?	pag 29
3.8 Ma allora luce è un'onda!	pag 31

4 Fine del programma meccanicista: il CAMPO

4.1 La luce è un'onda trasversale	pag 32
4.2 Il campo come rappresentazione	pag 34
4.3 I due pilastri della teoria del campo	pag 36
4.4 Realtà del campo	pag 38
4.5 L'onda elettromagnetica si propaga nello spazio vuoto	pag 40

5 Lo Spazio e il Tempo Assoluti Di Newton

5.1 I Principia (brani tratti dai)	pag 42
5.2 Un estratto del commento della prof. Olivia Levrini dei precedenti brani	pag 45

6 La relatività della simultaneità

6.1 Concludiamo la disamina della concezione di spazio e tempo di Newton	pag 49
6.2 Analisi di brani da "elettrodinamica dei corpi in movimento" di Einstein	pag 50
6.3 Asimmetrie interne all'elettromagnetismo	pag 51
6.3 Definizioni importanti fra cui la definizione di simultaneità	pag 52
6.4 Sulla relatività di lunghezze e tempi	pag 54

6.5 L'esperimento mentale del "treno di Einstein"	pag 55
<u>7 effetti relativistici e trasformazioni di Lorentz</u>	
7.1 La contrazione di Lorentz sulle lunghezze	pag 59
7.2 Invarianza della dimensione trasversale	pag 59
7.3 Dimostrazione dell'invarianza dell'intervallo (all'interno dilatazione di Lorentz sull'intervallo di tempo)	pag 61
7.6 le trasformazioni di Lorentz	vedi appendice
<u>8 Introduzione alla Fisica Quantistica</u>	
8.1 Il punto sulla "filosofia" della fisica classica	pag 63
8.2 I modelli come <i>falsificatori</i> potenziali: dai modelli di atomo alle soglie della meccanica quantistica	pag 64
8.3 Antefatto: Max Planck e la <i>quantizzazione</i> dell'energia	pag 66
8.4 Breve storia (interrotta) dei modelli atomici: "salta" la <i>continuità</i>	pag 66
8.4.1 Il modello di Thomson	
8.4.2 L'atomo di Rutherford	
8.4.3 Il modello atomico di Bohr	
8.4.4 Molte questioni, rimasero, però non chiarite....	
8.5 L'effetto fotoelettrico e i quanti di luce	pag 69
8.6 Visione filmato del CNR esperimento della doppia fenditura di Young applicata all'interferenza dei singoli elettroni	pag 70
8.7 Propagazione ondulatoria e interazione corpuscolare	pag 70
<u>9 Verso l'elettrodinamica quantistica</u>	
9.1 Premessa (Quanta-Mi)	pag 72
9.2 Finora in Fisica Classica	pag 72
9.3 Corpo nero ed effetto fotoelettrico	pag 72
9.5 Ancora il problema della struttura dell'atomo	pag 73
9.5.1 La <i>quantizzazione alla Sommerfeld</i>	
9.5.2 L' <i>effetto Compton</i>	
9.5.3 Le <i>onde di De Broglie</i>	
9.5.4 <i>Onde di probabilità</i>	
9.6 Il Principio di Indeterminazione	pag 78
9.7 Premessa concettuale alla proposta di Milano	pag 78
<u>10 Paradossi di una teoria dei quanti "troppo ingenua"</u>	
10.1 Paradosso della doppia fenditura	pag 81
10.2 Il gatto di Schrödinger - Ovvero il concetto di misura in fisica quantistica – Ovvero il concetto si "stato" in fisica quantistica	pag 84
10.3 Conclusioni	pag 87
Appendice: Le trasformazioni di Lorentz	

Bibliografia

Supporti cartacei

Einstein-Infield, *L'evoluzione della fisica – Sviluppo delle idee dai concetti iniziali alla relatività e ai quanti*, Universale Bollati Boringhieri, 1965-2007, Torino

Giliberti, dispense corsi Master IDIFO, 2006-2008

Levrini, dispense corsi Master IDIFO, 2006-2008

Taylor – Wheeler, *Fisica dello spazio-tempo*, Zanichelli, 1996 Bologna

Tarsitani – Vicentini (a cura di), *Calore – Energia – Entropia (le basi concettuali della termodinamica e il loro sviluppo)*, Franco Angeli, 1991 Milano.

Tarsitani, dispense corsi Master IDIFO, 2006-2008

Video

PSSC - filmato del CNR esperimento della doppia fenditura di Young applicata all'interferenza dei singoli elettroni

Siti web

<http://www.unisi.it/fisica/dip/dida/ftaingfmod/FisMod2.pdf> (per Appendice)