

i quaderni della DIDATTICA

A cura di
M. Gagliardi
E. Giordano

Metodi e strumenti per l'insegnamento e l'apprendimento della **fisica**

- Modalità di insegnamento e immagini della fisica nel '900
- Modelli cognitivi di apprendimento/insegnamento
- Percorsi longitudinali di insegnamento nella scuola
- Esempi di programmazione e mediazione didattica
- Valutazione delle competenze



i **quaderni**
della DIDATTICA



Metodi e strumenti per
l'insegnamento e l'apprendimento
della **fisica**

A cura di

Marta Gagliardi ed **Enrica Giordano**



I quaderni della didattica – Metodi e strumenti per l'insegnamento
e l'apprendimento della fisica – I edizione
Copyright © 2014, Edises S.r.l. – Napoli

9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
2018	2017	2016	2015	2014					

Le cifre sulla destra indicano il numero e l'anno dell'ultima ristampa effettuata

A norma di legge è vietata la riproduzione, anche parziale, del presente volume o di parte di esso con qualsiasi mezzo.

L'Editore

Redazione e Composizione: **Oltrepagina – Verona**

Progetto grafico: **ProMedia Studio di A. Leano – Napoli**

Fotoincisione: **R.es. S.n.c. Centro Prestampa di V. Russo**

Stampato presso la **Litografia di Enzo Celebrano – Pozzuoli (Napoli)**

per conto della **Edises S.r.l. – Napoli**

**<http://www.edises.it>
e-mail: info@edises.it**

ISBN 978 88 6584 415 1

Premessa

Dietro i modi che caratterizzano la didattica di qualsiasi disciplina si possono riconoscere scelte su almeno tre piani:

- cosa significhi conoscere, comprendere, apprendere e come si apprende;
- cosa sia e come proceda la disciplina da insegnare;
- quali contenuti/aspetti della disciplina s'intende debbano essere oggetto dell'insegnamento ai vari livelli scolastici e cosa/come si possa insegnare per ottenere e verificare che gli studenti li apprendano.

Chiunque insegni, infatti, ha delle idee rispetto ai tre piani di analisi che abbiamo appena nominato, anche se queste idee spesso non sono consapevoli e pertanto non sono oggetto di riflessione e di controllo.

A questi punti di attenzione ne va aggiunto uno più generale, che dà significato e inquadra la riflessione: esplicitare le ragioni per cui si vuole insegnare, nel nostro caso la fisica, nei diversi livelli scolari e gli obiettivi che si intendono raggiungere. Ragioni e obiettivi che in parte derivano dalle scelte dello Stato e della società, ma che possono/devono essere ripensati, integrati, fatti propri da ogni insegnante nell'ambito dell'autonomia didattica dei singoli e delle connesse responsabilità.

Scopo di questo volume è dare un contributo per la formazione di un *insegnante riflessivo*, che sappia riconoscere i modelli a cui si ispira il suo "insegnare fisica" relativamente a questi diversi aspetti, ne controlli la coerenza reciproca e con gli obiettivi che si propone; sappia fare scelte consapevoli, verificarne le conseguenze e modificare il proprio insegnamento, se necessario, in base ai risultati effettivamente ottenuti.

Sommario

Introduzione	1
---------------------------	----------

1 Capitolo Primo **Dal primo dopoguerra ai primi anni Sessanta**

Marta Gagliardi ed Enrica Giordano

1.1 Le ricerche in filosofia della scienza ed epistemologia: empirismo e neopositivismo	9
1.1.1 <i>Il positivismo e l'empirismo</i>	10
1.2 Come le persone apprendono: il comportamentismo	16
1.3 Conseguenze sull'insegnamento e l'apprendimento	20

2 Capitolo Secondo **Gli anni Sessanta-Settanta**

Marta Gagliardi ed Enrica Giordano

2.1 Epistemologia e filosofia della scienza: le critiche all'empirismo	22
2.1.1 <i>Kuhn: teoria ed esperienza</i>	22
2.1.2 <i>Kuhn: come procedono le teorie scientifiche</i>	23
2.1.3 <i>Popper: verifica o falsificazione?</i>	27
2.1.4 <i>Lakatos: nucleo e cintura protettiva</i>	28
2.1.5 <i>La storia della scienza</i>	29
2.2 Come le persone apprendono: la crisi del comportamentismo	30
2.3 Il cognitivismo	31
2.3.1 <i>Differenze con il comportamentismo</i>	32
2.3.2 <i>Differenze fra pensiero spontaneo e conoscenza scientifica</i>	35

2.4	L'insegnamento della fisica negli anni Sessanta: i grandi progetti statunitensi	38
2.5	Ripercorrendo la storia della ricerca didattica in Italia: un'intervista a Nella Grimellini	41

3 Capitolo Terzo Gli inizi della ricerca in didattica della fisica

Marta Gagliardi ed Enrica Giordano

3.1	Le linee di ricerca	66
3.2	Le ricerche sul pensiero spontaneo	68
3.3	Il cambiamento concettuale	72
3.3.1	<i>Conflitto cognitivo</i>	72
3.3.2	<i>Concezioni-àncora</i>	74
3.3.3	<i>“Conoscenza in frammenti”</i>	75
3.4	Concept inventory	78
3.4.1	<i>Un esempio delle differenze fra pensiero degli allievi e conoscenze disciplinari: idee comuni in cinematica</i>	80

4 Capitolo Quarto La visione attuale

Marta Gagliardi ed Enrica Giordano

4.1	Filosofia ed epistemologia	86
4.2	Come si apprende: fin da piccoli	89
4.2.1	<i>Comparsa e sviluppo, in bambini in età prescolare, di fondamenti cognitivi utili per il successivo apprendimento in ambito scientifico</i>	90
4.2.2	<i>Le conoscenze dei bambini</i>	92
4.2.3	<i>Il ragionamento dei bambini</i>	96

4.2.4	<i>La comprensione della conoscenza (e della scienza)</i>	97
4.2.5	<i>Concludendo</i>	98
4.3	Il processo di insegnamento/apprendimento della fisica	99
4.3.1	<i>La visione della fisica per l'insegnamento</i>	101
4.3.2	<i>Indicazioni dalla ricerca internazionale: le "learning progressions"</i>	103
4.3.3	<i>Indicazioni dalla ricerca nazionale: percorsi longitudinali di apprendimento</i>	107

5 Capitolo Quinto **Spiegare e capire (per esempio la fisica) in modo risonante**

Paolo Guidoni

5.1	Un discorso di sfondo	109
5.1.1	<i>Due parole che verranno usate di frequente e che meritano attenzione</i>	109
5.1.2	<i>Natura e cultura</i>	110
5.1.3	<i>Ancora un paio di notazioni</i>	112
5.1.4	<i>La dinamica cognitiva: ingredienti e vincoli</i>	114
5.1.5	<i>La dinamica cognitiva: complessità, mediazione, azione</i>	118
5.2	Uno schema di modello per la dinamica cognitiva umana	120
5.2.1	<i>Potenzialità</i>	120
5.2.2	<i>La lingua naturale</i>	121
5.2.3	<i>Strutture linguistiche</i>	122
5.2.4	<i>"Separare" e "mescolare"</i>	125
5.2.5	<i>Pensare per metafore: sempre "astratte"</i>	127
5.2.6	<i>In conclusione: le parole di Beatrice</i>	129

5.3	Due “casi” cognitivamente esemplari, fra matematica e fisica	130
5.3.1	<i>Galileo e il movimento</i>	130
5.3.2	<i>Come si possono introdurre e poi formalizzare, in modo cognitivamente risonante, le regole del galleggiare</i>	134

6

Capitolo Sesto

Percorsi longitudinali nella scuola di base (e oltre)

Marta Gagliardi ed Enrica Giordano

6.1	Le proposte	138
6.2	Luce e visione	141
6.2.1	<i>Concetti di base</i>	141
6.2.2	<i>Organizzatori cognitivi</i>	145
6.2.3	<i>Procedure e metacognizione</i>	148
6.2.4	<i>Il percorso</i>	149
6.3	Movimento (cinematica)	159
6.3.1	<i>Concetti di base</i>	159
6.3.2	<i>Organizzatori cognitivi</i>	160
6.3.3	<i>Procedure e metacognizione</i>	161
6.3.4	<i>Il percorso</i>	163

7

Capitolo Settimo

Esempi dalle sperimentazioni in classe

Marta Gagliardi ed Enrica Giordano

7.1	Scuola media: dalle conoscenze degli allievi alle rappresentazioni della fisica	179
7.2	L'azione di mediazione in classe: esempi da percorsi sul movimento	188

8

Capitolo Ottavo Valutare le competenze scientifiche

Michela Mayer

8.1	La valutazione come elemento coerente ai processi di apprendimento/ insegnamento	195
8.2	Cosa intendiamo per valutazione?	198
8.3	La valutazione degli apprendimenti: quali paradigmi?	200
8.4	Valutare le competenze	205
8.4.1	<i>Le competenze chiave</i>	206
8.4.2	<i>Le competenze necessarie in campo scientifico: la proposta Europea</i>	209
8.4.3	<i>Le competenze necessarie in campo scientifico: le proposte di TIMSS e PISA</i>	210
8.5	Le competenze scientifiche nella scuola italiana: cosa mettono in evidenza le ricerche internazionali?	218
8.6	La valutazione come strumento di ricerca	222

Bibliografia generale	227
------------------------------------	-----

Autori	239
---------------------	-----

Introduzione

Questo volume si propone di presentare agli insegnanti in formazione iniziale e agli insegnanti in servizio alcuni strumenti messi a punto dalla ricerca in didattica della fisica, oggi disponibili a chi insegna a tutti i livelli, dalla scuola dell'infanzia alla scuola superiore.

Si tratta di strumenti concettuali, metodologici, didattici, spendibili nella pratica quotidiana di un insegnamento che miri a una formazione scientifica significativa in un'ottica di sviluppo coerente lungo tutto il percorso formativo.

La didattica della fisica si è andata via via consolidando come una disciplina fondata teoricamente, che si confronta continuamente con i dati raccolti attraverso l'osservazione in contesti normali di insegnamento o la sperimentazione di interventi in situazioni di apprendimento appositamente create. Esiste alla data attuale un'ampia base di conoscenza condivisa relativamente ai processi di insegnamento-apprendimento in ambito fisico, che riguarda tre piani fondamentali:

- *piano epistemologico*: analisi dei contenuti e metodi della fisica, dell'immagine che ognuno di noi ne ha, che ci orienta a scegliere cosa insegnare e perché;
- *piano cognitivo*: analisi di come le persone capiscono e imparano, dei modi in cui si sviluppano i processi di costruzione di conoscenza degli studenti, di cosa bisogna fare/non fare per ottenere che siano motivati ad apprendere e a costruire una conoscenza significativa sul piano personale, esplicitamente confrontabile con la conoscenza disciplinare;
- *piano didattico*: analisi dei modi in cui organizzare e gestire l'interazione con la classe.

La ricerca ha spesso affrontato le varie dimensioni in modo separato e indipendente, da prospettive e tradizioni diverse.

L'*analisi epistemologica* della disciplina riguarda i contenuti e le procedure che caratterizzano la fisica così come si è costruita attraverso la sua storia. Per insegnare bisogna conoscere in modo non approssimativo e superficiale quello che si vuole insegnare. Saper elencare definizioni, formule e leggi non significa aver compreso e limitarsi a questo obiettivo non dà gli strumenti per costruire nuova conoscenza, per trasferire quella acquisita da un contesto all'altro, per padroneggiare un metodo o esercitare lo spirito critico.

L'*analisi cognitiva* è un campo molto complesso a cui le ricerche recenti in ambito di psicologia cognitiva e neuroscienze hanno dato contributi rivoluzionari, in particolare rispetto ai bambini. Non si richiede certo agli insegnanti di avere una conoscenza approfondita su questo piano, ma di essere consapevoli che anche inconsciamente abbiamo sempre un modello cognitivo che guida la nostra azione in classe. E di prendere atto di alcune indicazioni apparentemente banali, generalmente ben poco attuate, ma in realtà decisive: si costruisce conoscenza con quello che già si sa, si sa dire e si sa fare; non basta dire e spiegare le cose perché chi ascolta le capisca e dia loro lo stesso senso di chi le dice; le conoscenze che vengono proposte devono avere un appropriato grado di complessità, cioè non essere troppo lontane dal punto di partenza di chi le deve apprendere, ma neanche troppo banali; la conoscenza individuale si costruisce attraverso un continuo confronto con la realtà e con gli altri.

E infine la *componente didattica*: come organizzare gli spazi e i materiali, come porsi rispetto agli allievi, come guidare il loro processo di costruzione di conoscenza individuale e collettiva, come utilizzare le tecnologie ai fini del progetto

di insegnamento e non subirle passivamente o limitarsi a usi vecchi di nuove tecnologie, come e cosa valutare.

Anche se le conclusioni raggiunte sui tre piani si possono analizzare separatamente, le tre dimensioni sono strettamente connesse e richiedono coerenza reciproca, sinergia.

Cosa insegnare e come, dipende dall'immagine che si ha sia della disciplina da insegnare sia dei modi in cui le persone capiscono, anche in funzione del livello scolare a cui si opera. Se dunque separare è necessario per approfondire, per ottenere indicazioni e risultati sensati e utilizzabili occorre invece considerare le interazioni tra queste varie dimensioni e soprattutto ricercare le condizioni per una loro messa in risonanza, per un'interferenza costruttiva tra loro.

Questa è la tradizione in particolare del gruppo italiano di ricerca sulla didattica della fisica nella scuola di base, gruppo di cui i curatori del volume fanno parte da anni.

L'intento di questo lavoro non è presentare un quadro esauritivo anche solo delle idee principali delle diverse discipline coinvolte nel problema dell'insegnamento e dell'apprendimento della fisica, tanto più che non c'è una teoria unitaria e coerente dell'insegnamento e dell'apprendimento, che permetta di inquadrare coerentemente i risultati delle diverse linee di ricerca e predirne di nuovi.

Possiamo però accennare ai principali modi di insegnare la fisica che sono stati proposti e messi in atto nel corso del Novecento, riconoscendone le radici didattiche, psicologiche ed epistemologiche e riassumendone punti di forza e limiti. Abbiamo individuato tre periodi del XX secolo caratterizzati da cambiamenti sui diversi piani che vediamo coinvolti nell'insegnamento e apprendimento della fisica: dal primo dopoguerra ai primi anni Sessanta circa (capitolo 1), gli anni Sessanta-Settanta (capitolo 2); dagli anni Ottanta a oggi (capitoli 3 e 4).

È soprattutto a quest'ultima fase che dedicheremo la maggior parte del testo presentando i risultati della ricerca sperimentale in didattica della fisica, nei suoi aspetti più consolidati e condivisi dalla comunità internazionale. Il termine *sperimentale* indica la dimensione di ricerca sul campo; i numerosi dati raccolti in situazioni di insegnamento e di apprendimento spesso selezionate, non strettamente laboratoriali ma in ogni caso di sperimentazione didattica; i tentativi di mettere in atto l'innovazione in situazioni di ricerca-azione.

Al professor Paolo Guidoni, coordinatore di diversi progetti di ricerca nazionali in didattica della fisica è affidato, nel capitolo 5, il compito di descrivere a grandi linee il modello cognitivo che va mettendo a punto in parallelo alla ricerca sul campo, modello che ha costituito un riferimento costante per le ricerche svolte dai curatori di questo volume.

Nel capitolo 6 presentiamo due proposte di insegnamento dai 4 ai 16 anni rispettivamente sui temi *Luce e visione* e *Movimento*, sui quali abbiamo lavorato negli anni da diverse prospettive, andando direttamente nelle classi, confrontandoci fra di noi e con ricercatori italiani e stranieri, insegnando in corsi di formazione dei docenti. Il capitolo 7 esemplifica sia aspetti di carattere longitudinale della programmazione/gestione didattica delle proposte – presentando il percorso seguito da una classe di scuola secondaria inferiore in due anni di sperimentazione –, sia aspetti contestuali della mediazione didattica, analizzando alcuni episodi tratti da un percorso nella scuola primaria.

L'ultimo capitolo (capitolo 8) propone alcune riflessioni sul problema della valutazione a cura della professoressa Michela Mayer. Si tratta di un tema molto complesso, qui accennato per sottolineare l'importanza di una valutazione che sia coerente con gli obiettivi dichiarati, con le competenze che si ri-

tiene di aver costruito e con i metodi didattici effettivamente utilizzati pur senza ignorare il ruolo delle prove nazionali e internazionali, in particolare OCSE-PISA.

Speriamo con questo volume di riuscire a suscitare riflessioni e dare strumenti per un intervento efficace e gratificante degli insegnanti e per una formazione significativa e approfondita delle prossime generazioni che dovranno raccogliere il nostro testimone scientifico, tecnologico e sociale.

Ognuno dovrà trovare le proprie ragioni per l'insegnamento della fisica che vorrà proporre.

Qui di seguito alcuni suggerimenti.

Ragioni per insegnare la fisica

Per non riempire meccanicamente una mente vuota.

.....

Molti insegnanti di fisica sono relativisti. Pensano che se trattano gli argomenti fisici molto velocemente il contenuto si contrarrà fino ad entrare esattamente nella testa degli studenti.

(Arons, seminario tenuto a Milano nel 1989)

Teorema e dimostrazione venivano nitidamente scritti sopra un'ostia sottile con inchiostro composto di un'essenza cefalica. Lo studente era tenuto ad ingoiarla a stomaco vuoto, e, per tre giorni successivi, a mangiare soltanto pane e acqua. Via via che l'ostia era digerita, l'essenza saliva al cervello portando seco il teorema.

(Swift, *I viaggi di Gulliver*)

.....

Per preparare futuri cittadini autonomi e responsabili.

.....

Nella prima parte del ventesimo secolo, l'educazione era incentrata sull'acquisizione di competenze di alfabetizzazione di base: lettura, scrittura e calcolo. Non era regola generale dei sistemi di istruzione la formazione di persone capaci di pensare e leggere

Il volume mette a disposizione di chi insegnerà o già insegna nei diversi livelli i principali strumenti di didattica, la cui acquisizione costituisce, insieme alla preparazione disciplinare, un aspetto fondamentale della professione.



Il volume si propone di presentare agli insegnanti in formazione iniziale e agli insegnanti in servizio alcuni strumenti messi a punto dalla ricerca in **didattica della fisica**, oggi disponibili a chi insegna a tutti i livelli, dalla scuola dell'infanzia alla scuola superiore. Si tratta di strumenti concettuali, metodologici, didattici, spendibili nella pratica quotidiana di un insegnamento che miri a una **formazione scientifica** significativa in un'ottica di sviluppo coerente lungo tutto il percorso formativo. Nei capitoli da 1 a 4 sono presentati i principali **modelli di insegnamento** della fisica proposti e messi in atto **nel corso del Novecento**, riconoscendone le radici didattiche, psicologiche ed epistemologiche e riassumendone punti di forza e limiti. Nel capitolo 5, è descritto a grandi linee un **modello cognitivo** che ha costituito il riferimento costante per le ricerche svolte dai curatori di questo volume. Nel capitolo 6 sono presentate due **proposte di insegnamento** dai 4 ai 16 anni rispettivamente sui temi "Luce e visione" e "Movimento", sui quali gli autori hanno lavorato negli anni da diverse prospettive. Il capitolo 7 esemplifica sia aspetti di carattere longitudinale della **programmazione/gestione didattica** delle proposte, sia aspetti contestuali della **mediazione didattica**. Il capitolo 8 propone alcune riflessioni sull'importanza di una **valutazione** che sia coerente con gli obiettivi dichiarati, con le **competenze** che si ritiene di aver costruito e con i metodi didattici effettivamente utilizzati. Il testo è infine corredato da un'ampia **bibliografia** di riferimento.

