

ATTIVITÀ LEGATE ALLA FISICA MODERNA ESEGUITE NELLE SCUOLE DELL'OBBLIGO A PARTIRE DALLE ELEMENTARI

Fabio Mantovani^{*}, Ferruccio Petrucci[#], Angela Turricchia[°], Grazia Zini^{*}, Leopoldo Benacchio[♦], Andrea Zanella c/o^{*}
^{*}Dip. di Fisica dell'Università degli Studi di Ferrara, [#]INFN, sez. di Ferrara, [°]Aula Didattica Planetario, Comune di Bologna, [♦]Osservatorio Astronomico di Padova.

1. Introduzione.

Chi è a contatto quotidianamente con i ragazzi che frequentano le scuole dell'obbligo sa che non è raro che uno studente adoperi parole quali "galassia", "atomo", "onde elettromagnetiche", spesso a sproposito o chieda informazioni riguardo questi vocaboli. I mass media contribuiscono, inoltre, alla diffusione di concetti legati alla Fisica, ed i ragazzi si trovano spesso a ripetere parole di cui ignorano completamente il significato. Di fronte a questi dati di fatto, da una decina d'anni ci stiamo interrogando su come sia possibile riuscire a trasmettere concetti legati alla Fisica Moderna inserendoli in un contesto di conoscenze strutturate, possibilmente all'interno di un percorso didattico articolato.

Ciò che ci accingiamo ad esporre non vuole essere un riassunto delle diverse attività realizzate da ciascuno di noi, bensì una presentazione delle linee guida che hanno animato il nostro lavoro. Pur lavorando in ambiti eterogenei e sviluppando esperienze diverse, siamo riusciti a coinvolgere nella realizzazione di attività legate alla Fisica Moderna più di 40 classi ed 800 ragazzi nelle città di Bologna, Padova, Treviso e Ferrara. Nella prima parte dell'articolo descriviamo le strategie didattiche di cui ci siamo serviti per riuscire a comunicare concetti complessi ed astratti a studenti spesso molto curiosi, ma in possesso di ridotti strumenti matematici. Presentiamo inoltre la nostra testimonianza di uno stimolante scambio tra docenti delle classi e docenti 'esterni' facenti parte dell'Aula Didattica Planetario di Bologna, del Laboratorio di Ricerca in Didattica del Dipartimento di Fisica di Ferrara e dell'Osservatorio Astronomico di Padova. Nella seconda parte dell'articolo proponiamo alcune esperienze realizzate assieme ai ragazzi delle scuole elementari e medie; il continuo confronto con gli studenti, infatti, ci ha spinto ad elaborare ed ideare percorsi didattici volti al corretto insegnamento della Fisica Moderna nelle classi dell'obbligo.

2. Strategie didattiche.

Insegnare la Fisica Moderna nelle scuole dell'obbligo non è semplice per svariati motivi; la nostra esperienza ci ha portato ad individuare due grandi difficoltà. Innanzitutto il docente della classe, vincolato a determinati programmi didattici, si trova spesso impacciato nell'introdurre concetti di Fisica Moderna, sia perché non si sente all'altezza, sia perché non sa quali strategie didattiche usare. A questo si aggiunge la cronica mancanza di attrezzatura nei laboratori didattici scientifici all'interno delle scuole dell'obbligo. Per ovviare a questi inconvenienti il primo passo consiste in un incontro preliminare tra il docente della classe e un docente esterno; per 'docente esterno' intendiamo qui un ricercatore del Dipartimento di Fisica, dell'Osservatorio Astronomico o di altre strutture non scolastiche come ad esempio l'Aula Didattica Planetario. Durante questo primo incontro viene presentata la classe, si individuano le finalità delle attività, si definisce un percorso didattico mirato, con modalità e tempi stabiliti, e si conviene sulle modalità di verifica. Questo momento d'incontro tra docenti ha un'importanza capitale per la buona riuscita del progetto, oltre ad essere un arricchente occasione di scambio di idee e di esperienze.

La classe quindi viene preparata ad una serie di attività didattiche, il cui numero è variabile a seconda degli obiettivi che si intendono raggiungere. In genere il percorso si articola in alcune lezioni in cui il docente interno introduce gli argomenti, seguite da alcuni incontri presso l'Aula Didattica Planetario o presso il Laboratorio di Didattica del Dipartimento di Fisica alla presenza del docente interno e del docente esterno; i momenti di sintesi delle osservazioni emerse e di verifica si svolgono successivamente con la guida del docente interno della classe. Al termine del percorso didattico avviene un ultimo incontro tra docenti in cui vengono esposti i risultati, le impressioni e i miglioramenti che possono essere apportati alle singole attività. Negli ultimi dieci anni questa procedura di lavoro ha portato grandi benefici sia a coloro che sono chiamati a perfezionare le attività didattiche, sia ai docenti delle classi, i quali vengono stimolati ad approfondire concetti legati alla Fisica Moderna.

Nel progettare un'attività seguiamo alcune strategie didattiche, che in questi anni si sono rivelate vincenti per 'entrare nel mondo dei ragazzi', indovinandone le perplessità, rispondendo ai loro dubbi e consentendo loro di esprimersi. Prima di tutto si cerca di 'costruire l'esperienza' assieme ai ragazzi, magari permettendo loro di discutere le ipotesi e le varie possibilità di procedura. Questo incentiva la partecipazione corale della

classe alle attività proposte durante le lezioni, mantenendo alto il livello di attenzione e quindi migliorando la qualità dell'apprendimento. In secondo luogo si cerca sempre di sviluppare un 'percorso verticale', cioè un percorso caratterizzato da domande, che permettono di passare dall'esperienza sensibile all'analisi di un mondo astratto come quello infinitamente grande o infinitamente piccolo. Ai ragazzi deve essere ben chiaro che la nostra percezione del mondo è legata ai nostri sensi, i quali operano con limiti ben precisi; la domanda cruciale che, secondo noi, bisogna farsi se si vuole insegnare la Fisica Moderna nelle scuole dell'obbligo è la seguente: com'è possibile far capire ai ragazzi che esistono dei metodi per superare i limiti imposti dai nostri sensi nell'analisi dei fenomeni?

Per rispondere a questa domanda è necessario chiarire alcuni concetti. Prima di tutto è importante far comprendere che alcuni strumenti costruiti dall'uomo sono 'un'estensione della nostra capacità percettiva, mentre altri strumenti permettono di misurare grandezze di cui non abbiamo esperienza diretta. Un telescopio o un microscopio, per esempio, possono essere considerati come un 'aiuto fornito ai nostri occhi' per vedere qualcosa di molto lontano o molto piccolo, mentre un sensore di radiazioni ultraviolette misura 'qualcosa che non riusciamo a vedere'.

Oltre agli strumenti l'uomo è in grado di elaborare dei *modelli* che servono per costruire una teoria fisica. Diventa fondamentale, dunque, far comprendere ai ragazzi che il modello *non* è la realtà o un'approssimazione di essa, bensì è una costruzione logica che permette di interpretare i fenomeni fisici entro certi limiti e con certe regole. A nostro parere questo è un passaggio obbligato per introdurre concetti di Fisica Moderna a livelli bassi di scolarità.

Acquisite queste consapevolezza, ai ragazzi si presenta un mondo invisibile, astratto ed affascinante: il mondo non percepibile dai nostri sensi, il quale può essere studiato in modo rigoroso con opportuni modelli. A questo punto è evidente che un obiettivo fondamentale nell'elaborazione di un progetto didattico incentrato sulla Fisica Moderna è quello di stimolare l'osservazione consapevole, il senso critico e 'l'intelligenza'. Di fronte ad un esperimento dall'esito negativo, per esempio, il ragazzo si trova costretto a mettere in discussione sia lo strumento sia il modello: nasce quindi una vera e propria gara all'interno della classe alla ricerca dei possibili motivi del fallimento. Tutto ciò stimola i ragazzi ad avere un atteggiamento critico e a lavorare in équipe. A nostro avviso già questo è un motivo più che sufficiente per insegnare la Fisica Moderna nelle scuole dell'obbligo.

Il ruolo dell'insegnante durante la discussione è limitato a quello di 'moderatore', mentre in un secondo tempo il docente ha il compito di aiutare i ragazzi a fare chiarezza tra tutte le osservazioni e i pensieri emersi. Questo momento è particolarmente importante perché si deve sgombrare il campo da interpretazioni imprecise o totalmente errate dei fenomeni fisici e si devono introdurre le definizioni precise di alcuni concetti di Fisica Moderna.

Queste strategie didattiche, oltre a portare buoni risultati nelle classi in cui sono state provate, hanno stimolato la nostra fantasia alla ricerca di modelli e strumenti sempre più precisi e meno soggetti a cattive interpretazioni da parte degli studenti. Qui di seguito descriviamo alcune 'idee didattiche' che sono state provate in diverse classi e che a nostro avviso hanno dato importanti conferme.

3. Scoprire l'infinitamente piccolo nella scuola elementare [1].

La prima difficoltà dell'insegnamento della microfisica nella scuola di Primo Grado è la mancanza del supporto sperimentale: non si possono fare dimostrazioni in classe e, quand'anche fosse possibile, il risultato sarebbe sempre indiretto e non di per sé evidente come un'immagine. Anzitutto deve essere chiaro che "certe cose non le vedremo mai" (ad esempio gli atomi) e quindi le studieremo indirettamente o facendoci dei modelli. In secondo luogo i ragazzi devono comprendere che si può indagare anche senza l'evidenza visiva: possiamo ottenere delle prove indirette che possono essere già considerate una 'conoscenza'. Per contro abbiamo sperimentato che con ragazzi tra i 9 e gli 11 anni almeno due 'strumenti' sono efficaci per approfondire concetti astratti: l'analogia e la pratica del gioco. Questi metodi hanno sostanzialmente il percorso didattico per la scuola primaria.

Si è suggerito ai ragazzi che l'enorme varietà delle cose che ci circondano è formata da un limitato numero di "costituenti fondamentali". Cercando di capire come la materia è organizzata, si fanno scoprire vari livelli di aggregazione, basati sullo stesso principio di fondo: 'poche cose semplici, combinandosi fra loro, formano tante altre cose diverse'. Ad esempio le pietre formano le montagne, le strade e le case, le gocce d'acqua formano i fiumi, i laghi, i mari, ecc. Si impostano così i termini per l'analogia che consentirà di scendere verso l'infinitamente piccolo, cercando i costituenti basilari della materia e scoprendo la sostanziale unità della natura delle cose. Lungo tutto il percorso di studio della struttura della materia si propone come filo conduttore il gioco, inteso come stimolo della curiosità dei ragazzi e della loro capacità di astrazione. Come

primo gioco, i ragazzi devono indicare i 'componenti elementari' degli oggetti che vengono loro mostrati in diapositiva. Durante il gioco si seguono, curando la sequenza delle immagini, le seguenti idee-guida:

1) il più grande è spesso complesso, formato da 'altre cose', anche molto diverse fra loro;
2) scendendo verso il più piccolo, spesso incontriamo oggetti comuni a più strutture diverse: sabbia, acqua, cellule;

3) il gioco non può proseguire indefinitamente: per esempio la cellula è la porzione più piccola di materia vivente, come il mattone per una casa. Esistono quindi dei componenti - base.

È importante evidenziare le strutture di base che si sono riscontrate in oggetti eterogenei: per esempio le cellule in animali e piante, i cristalli in minerali e rocce. A questo punto occorre soddisfare la curiosità dei ragazzi, che desiderano vedere cellule e cristalli. Le fotografie di cellule ottenute dal microscopio ottico od elettronico non sono più una novità. Una certa sorpresa è invece suscitata dalla presentazione dei modelli molecolari per sostanze familiari: sale da cucina, grafite, ossigeno, acqua, emoglobina, clorofilla. È utile mostrare molti di tali modelli e rispondere via via alle domande che suscitano: la molecola viene facilmente accettata come "concetto unificante" nella struttura della materia. Mostrando i modelli di varie molecole e rispondendo alle numerose domande in proposito, è pressoché inevitabile introdurre il concetto di atomo come costituente della molecola. Occorre ora dimostrare che questo nuovo concetto corrisponde ad una ulteriore semplificazione del quadro che ci stiamo costruendo della struttura della materia.



Figura 1 – Nebulose e pianeti sullo sfondo del cielo stellato.

Il percorso concettuale è noto e, sempre in base ai modelli molecolari già visti, non suona stonato attribuire alle molecole il ruolo di "strutture composte". L'idea-guida è che gli atomi riducono la varietà e la complessità delle strutture molecolari, appartenendo ad un numero limitato di "specie" diverse: ciascuna "specie" si chiama elemento. La lezione deve quindi essere basata sugli elementi chimici, e riteniamo che il miglior metodo per parlarne sia la Tavola Periodica, la cui introduzione può avvenire mediante l'analogia con il cosiddetto "solitario di Napoleone": questo è un gioco con le carte molto popolare tra i ragazzi ed ha come scopo ordinare le 52 carte del mazzo in quattro file, corrispondenti ai semi, e in 13 colonne, corrispondenti ai valori. Eseguirne uno in classe concentra l'attenzione degli alunni, e tutti sono in grado di rilevare l'analogia con una Tavola Periodica degli Elementi, che viene mostrata subito dopo. Senza spingere l'analogia oltre il dovuto, si descrive la Tavola Periodica come la classificazione delle varie specie di atomi, ordinati per righe (i Periodi) e per colonne (i Gruppi) aventi simili caratteristiche. Occorre soffermarsi a descrivere le caratteristiche di alcuni gruppi di facile comprensione, come i gas nobili o i metalli alcalini, e di alcuni singoli elementi, tra i più noti (Ossigeno, Ferro, Alluminio, ecc.) individuandone la posizione sulla Tavola. Si sottolinea che molti gas e metalli non sono elementi. Anche qui l'analogia con i giochi di carte può aiutare: come in molti giochi non è consentito combinare carte dello stesso seme, o dello stesso valore, così la natura segue regole sue nel combinare fra loro gli atomi per costruire molecole. Questa è l'occasione per chiarire, se già non è stato fatto, la differenza di significato tra atomo ed elemento, e la nozione di composto chimico, contrapposta all'idea di miscuglio. Altre possibilità si possono cogliere rispondendo a domande (del tipo "Quanti sono gli elementi?") che permettono di parlare degli elementi di sintesi e degli elementi radioattivi. Quanti e quali argomenti meritino approfondimento a questo punto è una scelta limitata solo dal tempo a disposizione: la curiosità e l'interesse dei ragazzi ora dilagano. È come se si trovassero di fronte ad un mondo nuovo, tutto da scoprire.

4. Scoprire l'Universo.

Moltissimi ragazzi pensano che per conoscere la composizione chimica delle atmosfere stellari e dei pianeti sia necessario inviare delle sonde per l'esplorazione; questa idea è spesso suggerita dalle notizie fornite dai mass media. Quasi tutti, del resto, ignorano che noi ricaviamo la maggior parte delle informazioni riguardanti l'Universo attraverso l'analisi spettrale della luce: ciò è possibile perché esiste una stretta

relazione tra materia che emette (o assorbe) e lo spettro che osserviamo. Far comprendere questo legame tra materia e radiazione è lo scopo di una serie di esperienze didattiche, il cui tema principale è l'analisi spettroscopica.

Come primo approccio con i fenomeni legati alla luce [2] viene fatto usare ai ragazzi un prisma per scomporre la luce bianca proveniente da una finestra. Ci si interroga quindi su 'cosa succede' all'interno del prisma e si introducono i concetti di "dispersione della luce" e di "spettro". Quindi viene presentato agli studenti uno spettroscopio da tasca [3], senza spiegare loro né a cosa serve, né come funziona; dopo aver osservato la luce di una lampadina ad incandescenza, una lampada al neon e svariate lampade colorate si raccolgono le loro impressioni. A seconda delle domande e delle curiosità che nascono tra i ragazzi, si possono approfondire diversi aspetti dell'analisi spettroscopica.

Con alcune classi si sono compiuti, per esempio, alcuni test alla fiamma di composti chimici contenenti i seguenti cationi: rame, sodio, calcio, potassio, litio e bario. Le fiamme sono state osservate con lo spettroscopio da tasca. Ciascun studente ha preso coscienza che lo spettro di emissione è come 'una carta d'identità della sostanza che l'ha generato'; per rendere ancora più esplicito il rapporto tra spettro di emissione e elemento chimico si è consultato il sito

<http://www.achilles.net/~jtalbot/data/elements/index.html> nel quale l'osservazione di spettri è immediata.

Con altre classi delle scuole medie si è osservata la luce del Sole attraverso lo spettroscopio da tasca notando le linee scure di Fraunhofer. La scoperta ha permesso di introdurre intuitivamente il concetto di spettro di assorbimento. Si è cercato di analizzare successivamente gli spettri di assorbimento della atmosfere planetarie che erano state ricreate in laboratorio, ma ci si è resi conto che molti gas a temperatura ambiente assorbono nell'infrarosso.

L'immagine dell'aria rossastra che spesso avvolge una grande città inquinata ha suggerito l'idea di analizzare lo spettro del biossido d'azoto. Dopo averne prodotto una quantità sufficiente in laboratorio, si è osservato lo spettro di assorbimento di un 'pianeta totalmente inquinato', la cui atmosfera è formata interamente da biossido d'azoto alla temperatura di 20 gradi centigradi. I ragazzi, quindi, hanno creato una serie di 'pianeti ideali' ricoperti da atmosfere liquide colorate: ciò ha permesso loro di scoprire che lo spettro di assorbimento è sensibile anche alla concentrazione della sostanza in un liquido. Facendo, infatti, variare la quantità di permanganato di potassio in acqua si sono resi conto che lo spettro di assorbimento si modificava a seconda della concentrazione. Queste semplici esperienze hanno permesso di indagare e scoprire alcuni legami esistenti tra materia e radiazione, facendo comprendere ai ragazzi come, sfruttando queste relazioni, sia possibile studiare molte caratteristiche fisiche degli oggetti che costituiscono l'Universo.



Figura 2 – Ragazzina che osserva con lo spettroscopio da tasca.

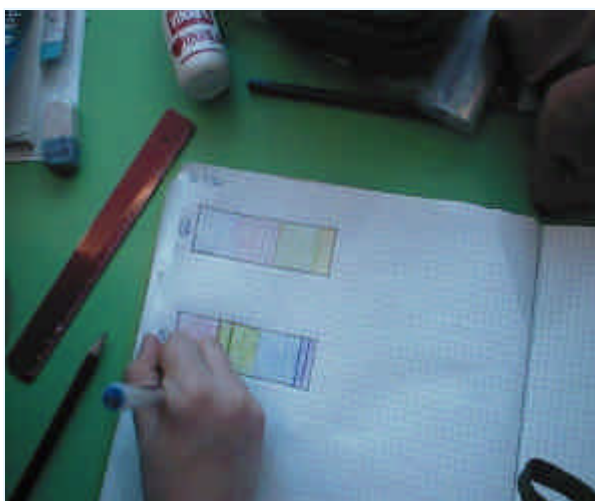


Figura 3 – Due diversi spettri disegnati da un ragazzo delle scuole medie.

Sempre per quanto riguarda lo studio dell'Universo è stato sviluppato un progetto didattico molto più ampio chiamato "Cielo!" [4], che è stato approvato dal Ministero della Pubblica Istruzione Italiano nell'ambito del S.E.T. (Educazione Scientifica e Tecnologica). Le finalità di questo percorso didattico sono quelle di avvicinare i giovani allo studio dell'Astronomia e della Fisica Moderna [5]: a tal riguardo si possono ottenere maggiori informazioni visitando il sito www.polare.it.

5. Conclusioni.

Da tutte queste eterogenee esperienze didattiche abbiamo ricevuto incentivanti conferme sulla possibilità di comunicare concetti di Fisica Moderna a classi delle scuole dell'obbligo. La quasi totalità dei ragazzi ha infatti manifestato un accresciuto interesse per le attività di tipo scientifico, nonché l'esigenza di maggior approfondimento per quelle notizie che giungono loro attraverso stampa e televisione. Riteniamo molto importante il fatto che alcune attività didattiche abbiano suscitato curiosità e a volte entusiasmo, poiché questi stimoli sono essenziali nella crescita di un ragazzo che vorrà approfondire la Fisica Moderna con strumenti matematici più complicati. La collaborazione tra docenti interni alla classe ed esterni, inoltre, si è rivelata molto arricchente e motivo di continuo stimolo reciproco. Siamo, infine, consapevoli che, nonostante le grandi difficoltà che si incontrano nel comunicare a ragazzi giovani concetti articolati, i quali richiederebbero conoscenze matematiche complesse, l'insegnamento della Fisica Moderna nella scuola dell'obbligo è una sfida che non può essere rimandata.

Bibliografia

- [1] F. Petrucci, Rapporto interno al Laboratorio di Ricerca in Didattica della Fisica - Supporto cartaceo per insegnanti, Dipartimento di Fisica, Università degli Studi di Ferrara.
- [2] F. Mantovani, *Un Universo di colori*, Giornale di Astronomia, Vol. 27, n.2, Giugno 2001.
- [3] Per informazioni circa questo tipo di strumenti si veda <http://www.gagtl.ac.uk/gagtl/>
- [4] G. Zini, L. Benacchio, G. Mistrello, M.G. Pancaldi, M. Sasso, M. Somenzi, A. Turrichia, *Cielo! Un percorso di Astronomia e Fisica per la nuova scuola dell'obbligo*, Giornale di Astronomia, Vol. 26, n.4, Dicembre 2000.
- [5] G. Zini, A. Turrichia, L. Benacchio, *Making physics fascinating toall!?* - Atti del Seminario internazionale GIREP, settembre 2001, Udine.