

## Un esempio di percorso integrato tra Scienze e Matematica progettato per la formazione del personale docente

Laura Monticelli

**Abstract** – *The decrease in the interest in scientific studies, the difficulties pointed out by OCSE and PISA surveys stress a need for a revision of subjects and methodologies of study plans by whoever aims at turning their qualification into effective teaching. The transition from an accumulation of concepts in series to the identification of grounding concepts, which are selected with historical and epistemological precision, is possible, though still problematic. Teaching based on superficial factual knowledge, with priority given to content transmission, is still the prevailing approach and represents a major critical aspect. More useful would be a “knowledge in action”, i.e., teaching of skills, where, according to “National Guidelines”, “skills” refer to processes that “favour exploration and discovery, in order to promote enthusiasm when looking for new knowledge”. In particular, within the Natural Sciences, “skills” refer to the ability and willingness to use the set of acquired information and methods to explain the world around us, being able to identify problems and draw conclusions based on experimented facts. Within Mathematics, “skill” is defined as the ability of an individual to identify and understand what roles mathematics play in the real world”. Mathematics is, therefore, given a formative value, through which a student is enabled to have significant and factual experiences: observation of an event, identification and representation of relationships, definition of a problem, elaboration of models for real situations. Therefore, the challenge for teaching essentially pivots on the stimulation of motivation, and this is no easy matter. The indications provided by international research, the European Union, and the OCSE concern integrated multidisciplinary teaching paths and converge to suggest the use of educational paths, which both stimulate questions and induce a “search for why”, and arouse interest in historical-epistemological paths. All of this needs a teaching curriculum based on an experimental approach. A plan of integrated paths for scientific subjects can be especially formative in the Scuola Secondaria di Primo Grado (Junior High School, age 11-14). In fact, it allows firstly, the use of the specific language, methods and tools for each subject, and subsequently, the set up of concepts and principles with an interdisciplinary value, so as to promote a deeper understanding of the relationships existing between different scientific domains. The integrated teaching path shown here as an example has been developed from the point of view of both the teacher and the teaching follow-up. It presupposes that the teacher has a solid social and cultural expertise, in accordance with the law 107/2015, which deals with the training of the teaching staff, considered to be a “mandatory, long-life, structural” requirement.*

**Riassunto** – *Il calo di interesse per gli studi scientifici, le difficoltà degli studenti emerse nelle indagini OCSE e PISA richiedono una rivisitazione disciplinare e metodologica dei curricula da parte di chiunque voglia qualificarsi come docente efficace. Passare da contenuti accumulati in successione all'identificazione di concetti fondanti selezionati con rigore storico ed epistemologico è possibile ma ancora problematico. Tra gli aspetti di maggiore criticità, vengono indicati la prevalenza di un insegnamento nozionistico e manualistico, e la priorità assegnata alla trasmissione di contenuti. Utile quindi un “sapere agito”, cioè una didattica per competenze, dove per “competenza” si intende, come scritto nelle Indicazioni Nazionali, “favorire l'esplorazione e la scoperta, al fine di promuovere il gusto per la ricerca di nuove conoscenze”. In particolare, per le Scienze il termine “competenza” si riferisce alla capacità e alla disponibilità di usare l'insieme delle conoscenze e delle metodologie acquisite per spiegare il mondo che ci circonda, sapendo identificare le problematiche e traendo conclusioni basate su fatti comprovati.*

La “competenza” Matematica viene definita come la “capacità di un individuo di identificare e comprendere il ruolo che la matematica gioca nel mondo reale”. Viene attribuito quindi alla matematica un valore formativo in cui lo studente deve essere messo nelle condizioni di fare esperienze concrete significative: osservare un fenomeno, cogliere e rappresentare relazioni, porsi problemi e costruire modelli di situazioni reali. La sfida della didattica, dunque, si gioca essenzialmente sulla motivazione, non ovvia, che si riesce a risvegliare. Le indicazioni riportate da Ricerca internazionale, dall’Unione Europea e dall’OCSE riguardano percorsi integrati interdisciplinari, che effettivamente convergono nel suggerire l’impiego di percorsi didattici che stimolino domande e che inducano alla “ricerca dei perché”, e, nondimeno, a far apprezzare il percorso storico-epistemologico. Tutto ciò implica un curriculum impostato secondo l’approccio investigativo-sperimentale. La programmazione di itinerari di integrazione delle materie scientifiche può risultare particolarmente formativa nella Scuola Secondaria di Primo Grado. Essa permette, infatti, dapprima l’uso di linguaggi scientifici e di metodi e strumenti propri di ciascuna disciplina, e, successivamente, la costruzione di concetti e principi di valore interdisciplinare tali da favorire una maggiore comprensione delle connessioni esistenti tra domini scientifici diversi. Il percorso integrato che viene portato come esempio è sviluppato sia dal punto di vista del docente che da quello della relativa ricaduta didattica. Esso presuppone, da parte del docente, solide competenze sociali e culturali secondo quanto indicato dalla legge 107/2015 riguardante la formazione in servizio del personale docente, indicata come “obbligatoria, permanente e strutturale”.

**Keywords** – education, didactics, integration, function, models

**Parole chiave** – formazione, didattica, integrazione, funzione, modelli

**Laura Monticelli** ha insegnato *Matematica* e *Scienze* nella Scuola Secondaria di Primo Grado e *Scienze Naturali*, *Chimica* e *Geografia*, *Microbiologia* in quella di Secondo Grado. Si è sempre interessata di formazione dei docenti, soprattutto di Metodologia e di Didattica. Ha sostenuto, prima, il ruolo di docente di *Didattica dell’Insegnamento* nei corsi preparatori alla sessione riservata di esami prevista dal MPI, poi quello di Supervisore di Tirocinio nella Scuola di Specializzazione per l’Insegnamento. Ha lavorato anche in tutte le successive iniziative ministeriali di formazione come i Tirocini Formativi Attivi e i Percorsi Abilitanti Speciali. Infine, sempre in ambito di formazione, ha sostenuto più volte anche contratti di docenza relativi a moduli disciplinari e di laboratorio.

## 1. Introduzione

Carlo Rovelli, fisico, scrive: “Penso che la scuola italiana sia fra le migliori del mondo... Sapere, conoscenza, intelligenza, formano un vasto complesso dove ogni parte si nutre di ogni altra. Questo la nostra scuola sa offrirlo... Al contrario... L’Italia è un paese di profonda incultura scientifica... è la scienza che manca nella scuola, anzi, manca drammaticamente nella società italiana... manca nell’incapacità di avere discussioni dove si ascoltano con attenzione argomenti e contro-argomenti; nella diffusa ignoranza di scienza delle nostre élite”. Scrive anche: “peggio ancora nella stucchevole prosopopea di chi si fa vanto di non capire nulla di scienza” e conclude: “Mi piacerebbe che l’Italia fosse orgogliosa di Galileo, non solo di Raffaello” (Rovelli, 2014).

Purtroppo in Italia è molto diffusa un’ignoranza naturalistica preoccupante, che diventa diffidenza, se non ostilità verso il mondo animale e vegetale e sono sempre più diffuse le discussioni sulla validità della scienza, che evidenziano il ritorno a fondamentalismi che si ritenevano

scomparsi.

Ilvo Diamanti, professore associato di Sociologia Economica e Urbana presso l'Università "Carlo Bo" di Urbino, con molta ironia, scrive: *"Maledetti professori. Pretendono di insegnare in una società dove nessuno – o quasi – ritiene di aver qualcosa da imparare. Pretendono di educare in una società dove ogni categoria, ogni gruppo, ogni cellula, ogni molecola ritiene di avere il monopolio dei diritti e dei valori. Pretendono di trasmettere cultura in una società dove più della cultura conta il culturismo"* (Diamanti, 2008). L'immagine è cruda ma rende il degrado del ruolo sociale di chi insegna perché crede ancora che la cultura rappresenti una dimensione esistenziale indispensabile per interpretare il mondo con criticità costruttiva. È palese che, in un tipo di società in cui nessuno vuole più imparare, è difficile esercitare il mestiere di istruire.

Fare "scienza" significa sia osservare e fare affermazioni sulla natura, sia elaborare teorie scientifiche. Si tratta di operazioni su due livelli intellettuali molto diversi fra loro. Infatti si può conoscere un oggetto oppure si può parlare del suo funzionamento all'interno di una teoria: vedere la pallina che si muove è un'osservazione, prevedere quando arriverà è altro.

Non tutti sono in grado di cogliere questo doppio livello e, nell'uso divulgativo e colloquiale della scienza, spesso, si considerano confermati anche concetti teorici in verità solo ipotetici e non ancora certi.

"Cultura scientifica" invece, significa capacità di orientamento, interpretazione e partecipazione ai cambiamenti al fine di comprendere le implicazioni scientifiche e tecnologiche nella vita quotidiana e utilizzarle in modo responsabile. Significa anche attivare competenze in grado di fornire una chiave di lettura per interpretare la società in cui viviamo ed esserne parte attiva (Davis, 2003).

In tutto ciò, la rivalutazione del ruolo del docente diventa indispensabile per sostenere, rinnovare e approfondire l'insegnamento scientifico come contributo all'evoluzione culturale e sociale del Paese.

L'Organizzazione per la Cooperazione Economica e lo Sviluppo (OCSE), Program for International Student Assessment (PISA, 2015), ha pubblicato statistiche riguardanti, per le Scienze, la capacità di spiegare scientificamente i fenomeni e valutare, progettare e interpretare dati e prove, e, per Matematica, la capacità degli studenti di formulare, impiegare e interpretare matematicamente una varietà di contesti, utilizzando strumenti appropriati per descrivere, spiegare e prevedere fenomeni. In tal modo l'obiettivo diventa quello di misurare la propria abilità di riuscire a confrontarsi con problematiche di tipo scientifico, e nell'apprendere l'importante ruolo della matematica gioca nel mondo, attraverso la formulazione di giudizi e decisioni fondate.

I risultati collocano l'Italia un po' sotto la media, tra il 32° e il 36° posto, per Scienze, e fra il 17° e il 26° per la Matematica [INVALSI, Pisa].

Pur essendo stati rilevati progressi rispetto alle indagini precedenti, si può agire ancora attraverso due strumenti: la formazione degli insegnanti e dei loro formatori e i percorsi disciplinari.

## 2. La scuola che cambia

Con l'istituzione della Scuola Media unica [Legge 31 Dicembre 1962, n. 1859] si introduce lo studio obbligatorio delle Scienze, che vengono unificate con la Matematica in un'unica disciplina denominata "Matematica e osservazioni ed elementi di scienze naturali". In quell'occasione si è discusso a lungo se, come previsto, fosse funzionale un unico docente per tutte le discipline. Ma il matematico Bruno De Finetti (1906-1985) aveva proposto, negli anni, un corso di laurea che preparasse gli insegnanti al doppio compito che sarebbe stato loro assegnato perché il problema non era avere un solo docente, ma avere insegnanti di Matematica e Scienze capaci "di far prender pratica nella formulazione matematica di problemi scientifici e nell'impiego di ragionamenti euristici e di approssimazioni semplificatrici", proponendo, già allora, anche percorsi di integrazione (De Finetti, 1964).

Nel 1979 [Legge 16 giugno 1977, n. 348.], la nuova denominazione dell'insegnamento diventa "Scienze matematiche, chimiche, fisiche e naturali", per sottolinearne l'unitarietà educativa, tesa a far scoprire la complessità del reale, da indagare anche con rigore matematico. Vengono delineati i contenuti dei nuovi programmi per la Scuola Media e si parla di riflessione storica della scienza come correlazione fra evoluzione scientifica e condizione umana, e di ricorso ad osservazioni, esperimenti e problemi tratti da situazioni concrete, così da motivare l'attività matematica (Direzione Generale Istruzione Secondaria di 1° Grado, 1981).

Dal 2004 in poi, con l'introduzione delle Indicazioni Nazionali per la Scuola Secondaria di Primo Grado, i contenuti diventano strumenti per raggiungere gli obiettivi, accompagnati da suggerimenti, da tematiche e metodologie utili per il loro conseguimento [D.P.R. 275/99]. L'insegnamento è suddiviso in Unità di Apprendimento che, "partendo da obiettivi formativi adatti e significativi per i singoli allievi, definiti anche con i relativi standard di apprendimento, si sviluppano mediante appositi percorsi di metodo e di contenuto e valutano, alla fine, sia il livello delle conoscenze e delle abilità acquisite, sia se e quanto esse abbiano maturato le competenze personali di ciascun allievo" [D.P.R. 275/99]. Si sottolinea l'evoluzione del concetto di "modello" cioè di una struttura che non coincide più con la realtà, ma che è un'analogia, cioè rappresentazione di alcune caratteristiche comprensibili a tutti, cui riferirsi per individuare un linguaggio condiviso, fare ipotesi e proporre soluzioni. In particolare, il processo di matematizzazione degli oggetti fisici porta all'oggettività e costituisce un'interfaccia fra la realtà e le scienze sperimentali, capace di interpretare i dati raccolti e comunicarli con un linguaggio inequivocabile, come espresso più volte da Emma Castelnuovo: "Nello sviluppare il corso di matematica in modo autonomo si cercherà di dare rilievo più a problematiche che a problemi, si cercherà di portare l'attenzione più su figure che si trasformano che sulla figura, si metterà in risalto più il confronto di numeri che il numero" (Castelnuovo, 1979).

## 3. La formazione del personale docente

L'esigenza di una formazione specifica post laurea per i futuri docenti, prevista già a livello ministeriale dal 1990 (Legge 19 novembre 1990, n. 341), si è concretizzata in apposite Scuole

Universitarie di Specializzazione InterAteneo [Formazione docenti], nate anche dalla condivisa necessità di superare i percorsi casuali fino ad allora utilizzati per accedere alla professione (Gnani, 2009). L'individuazione di un percorso di formazione iniziale, finalizzato ad una reale ed efficace integrazione tra conoscenze teoriche-disciplinari, conoscenze psico-pedagogiche e competenze progettuali, metodologiche e didattiche è stata poi realizzata [D. M. 26 maggio 1998] con l'istituzione delle Scuole post laurea di Specializzazione all'Insegnamento (SSIS). Una prima risposta concreta a come si può fare formazione in ingresso degli insegnanti, esperienza che, pur migliorabile, si è rivelata, molto positiva. Oggi la formazione è affidata al percorso denominato FIT (Formazione Iniziale e Tirocinio), ai sensi del D.Lgs. 13 aprile 2017, n. 59.

La scuola che cambia ha bisogno, tuttavia, che cambi anche in modo efficace la formazione in servizio del personale docente, come sottolineava Giuseppe Fioroni nel 2007 [Comunicato Fioroni], quando ribadiva la necessità, nei paesi della Comunità Europea, di nuove competenze di base tra cui l'informatica, almeno due lingue straniere, competenze relazionali e comunicative e chiedeva agli insegnanti una formazione in servizio per tutta la vita. Una formazione continua, da realizzarsi attraverso i canali formali, come corsi di aggiornamento, seminari, convegni, libri ecc., ma anche informali quali giornali, cinema, concerti, partecipazione ad eventi di ampio respiro culturale. Ma, soprattutto, sottolineava come l'aggiornamento andasse inteso come una *forma mentis*, un'ansia tesa al miglioramento, una apertura verso il nuovo, un interesse verso il cambiamento che si sviluppi con l'accrescersi delle conoscenze. Oggi la legge 107/15 comma 124, si occupa di questo e stabilisce che *“la formazione in servizio dei docenti di ruolo è obbligatoria, permanente e strutturale”* [Legge 13 luglio 2015, n. 107].

In un mondo senza più barriere geografiche e in una società in rapido cambiamento, per insegnare non bastano più buona volontà e spirito missionario, ma è necessario un controllo continuo della propria conoscenza e dei propri strumenti professionali che non può essere improvvisato o il risultato di un lavoro *“fai da te”*.

Il docente deve mettere in atto, nel tempo un continuo monitoraggio sia delle proprie capacità organizzative, sia della capacità di collaborare e lavorare in gruppo, nonché delle competenze nel gestire classi spesso numerose ed eterogenee per fase di sviluppo degli alunni, livelli di partenza, situazione emotiva ed affettiva, capacità di relazione e ambiente di provenienza. Inoltre, in una scuola che si sta muovendo verso una autonomia sempre maggiore, un insegnamento efficace necessita di una riflessione continua sui contenuti, sulle loro fonti formali e non, sull'organizzazione e sul controllo pedagogico e dell'apprendimento e impone una continua flessibilità per adeguare strategie e metodologie (Lijnse, 1994).

Per questo motivo, una strategia molto efficace per consentire ai docenti di area scientifica, di seguire i rapidi progressi della scienza, anche in considerazione della loro provenienza da corsi di laurea molto diversificati potrebbe essere quella di prevedere corsi periodici di aggiornamento della didattica e dei contenuti. La formazione iniziale, è fondamentale ma non sufficiente, se si considera anche la veloce evoluzione dei progressi scientifici.

#### 4. Didattica della progettazione

Formare insegnanti di qualità significa creare il bisogno di “pensare e fare scienza” nella scuola, per costruire un ambiente di apprendimento *creativo*, incentrato sul *learning by doing* (Marquardt, Ceriani, 2009), in cui i ragazzi stessi siano artefici del proprio sapere. Per raggiungere questo obiettivo è indispensabile, prima di tutto, una progettazione accurata, legata alle reali esigenze degli allievi, ai tempi lunghi della costruzione della loro conoscenza, e alla scelta dei contenuti.

Si è riflettuto a lungo su come sviluppare e poi sostenere in modo efficace le capacità progettuali dei docenti. Lo studio di un qualsiasi tema in ambito naturalistico impone, infatti, per la sua complessità, un’ottica interdisciplinare in cui la Matematica, la Fisica e la Chimica forniscono tutti gli strumenti utili per ottenere la comprensione dei fatti e dei fenomeni naturali (Gnani, 2009). Si supera, in tal modo, la frammentarietà di un sapere, tuttora purtroppo largamente improntato sullo studio delle singole discipline.

Innanzitutto si rivela sempre molto utile una metodologia didattica di tipo laboratoriale, in cui si progettano attività che, partendo dal concreto, sviluppino capacità di agire sull’ambiente, di organizzare, sperimentare e progredire per dare una risposta accettabile alle problematiche poste. Nella fase di età della Scuola Secondaria di Primo Grado, tuttavia, poiché i procedimenti induttivi e abducenti, sono molto efficaci, la scelta progettuale richiede, da parte dell’insegnante, una solida base culturale, molta attenzione al linguaggio utilizzato per evitare la formazione di misconcetti e anche ocularità nella scelta degli argomenti da trattare. Molte tematiche scientifiche infatti, implicano un forte intreccio fra fenomeni e teorie. Le teorie, come i fenomeni, sono gerarchizzate e la loro identificazione non è sempre facile, in quanto molte conoscenze non possono essere sempre ricavate soltanto sulla base dell’evidenza delle osservazioni. Inoltre è impossibile affermare l’assoluta verità della scienza, perché sempre in divenire: una teoria scientifica è vera finché non viene confutata da nuove esperienze che la modificano.

È importante anche far capire al futuro insegnante, che il percorso didattico da seguire, dovrebbe essere introdotto con un contesto reale, per favorire la motivazione e l’approccio intuitivo ai problemi all’interno della fenomenologia scientifica e, quanto sia necessario, indurre gli studenti a proporre le esperienze da analizzare. La scelta dei casi da proporre in classe deve ricadere comunque su casi ripetibili e facilmente analizzabili, che conducano a risposte chiare, senza pesanti implicazioni teoriche (Balestra, 2009).

Un percorso didattico deve essere, dunque, flessibile ed integrabile e deve guidare gli alunni, dopo l’identificazione della domanda chiave alla quale, alla fine, dovranno essere in grado di rispondere, a progettare attività pratiche da cui ricavare informazioni precise che costituiscano l’unica risposta soddisfacente per la formulazione di una prima congettura utile a favorire una risposta coerente.

La verbalizzazione delle osservazioni e delle ipotesi, concretizza idee e proposte orientate alla soluzione, facendo sì che anche gli errori diventino strumenti attivi, utili alla progressione del pensiero invece di essere vissuti come elementi demotivanti (D’Amore, 1988).

Per esempio, la scuola italiana ha tradizionalmente privilegiato un approccio interdisciplina-

---

re allo studio della matematica, basti ricordare i programmi del 79, i suggerimenti dell'UMI del 2001 (UMI) e gli scritti di Emma Castelnuovo, in cui si presentavano riflessioni suggerite da problemi di pentole, osservazioni di ombre, pensieri di una formica (Castelnuovo, 1993).

I fenomeni in cui è coinvolta la proporzionalità, per esempio, sono numerosi e l'insegnante dovrebbe costruire un percorso che proceda dal semplice al complesso, dal concreto all'astratto stabilendo un equilibrio fra i momenti in cui gli studenti acquisiscono sicurezza nella applicazione di regole e proprietà e quelli in cui saranno posti di fronte a situazioni problematiche nuove, in cui potranno percepire che gli strumenti della matematica rappresentano delle chiavi di lettura della realtà.

L'idea di progettare percorsi di scienze integrate, nata nel 1998 [D. M. 26 maggio 1998] su proposta di alcuni docenti dell'Università di Ferrara nei percorsi formativi delle S.S.I.S. per docenti di quella che allora era Scuola Media, è stata condivisa, anche successivamente, nell'ambito della formazione iniziale e permanente. Il processo di integrazione delle materie, infatti, costituisce un elemento formativo importante anche per il primo ciclo della Scuola Secondaria, per la particolare natura motivante ed unificante, essenziale per la ricerca, per l'adozione di un linguaggio specifico omogeneo e per la comparazione dei modelli. Inoltre sviluppa la capacità critica, la consapevolezza della necessità di motivare le proprie affermazioni, l'attitudine a confrontare, comprendere e rispettare argomentazioni e punti di vista diversi dai propri, introducendo nuove chiavi interpretative (Czerniak, 2007; Gnani, 2001).

L'ultimo aspetto di una progettazione didattica, innovativa nelle discipline scientifiche, è quello storico-epistemologico, che comporta un'ulteriore riflessione su cosa è "Scienza" (Popper, 2000). Questo aspetto dovrebbe sempre essere preso in stretta considerazione dai futuri insegnanti. L'idea che scienziati scoprano e che non si inventino le verità, non è sufficiente a dare una definizione corretta del termine "Scienza". Tale termine rispecchia anche la necessità di rispondere ad esigenze pratico/concettuali dell'uomo con conseguenti applicazioni determinanti per la qualità della vita umana.

Quindi una didattica della scienza, in cui gli aspetti storico-epistemologici abbiano una coerenza interna, non porta solo a migliorare il sistema delle conoscenze e a cogliere il valore della ricerca, ma anche a vedere il mondo da uno dei tanti possibili punti di vista; per questo è importante distinguere la storia delle scienze dal ruolo che essa ha nella didattica (Enriquez, 1936). Non si tratta, infatti, di un'aggiunta ai saperi, ma di un approccio metodologico, per cui i contenuti vengono organizzati su basi storiche che, non solo, permettono al docente di ricostruire in classe le condizioni pratiche, ambientali e concettuali in cui si è verificata una "scoperta", ma fanno vivere agli studenti l'impresa compiuta e le sue ricadute sulla società (Scuola estiva di ricerca educativa e didattica della chimica), e danno anche fondamento e significato all'attività di modellizzazione e al modello stesso. In altri termini si usano materiali storici come risorse, per progettare attività destinate non solo all'acquisizione di conoscenze, ma anche a familiarizzare con i problemi affrontati dagli scienziati e con il loro modo di ragionare. La storia del pensiero scientifico umano diventa propedeutica alla strutturazione delle competenze degli studenti.

La finalità dell'approccio storico ed epistemologico è anche quella di sviluppare, nel tempo, una "*forma mentis*" che permetta la conquista del piacere intellettuale di conoscere aspetti an-

che non direttamente legati alla soddisfazione di esigenze pratiche. Per esempio, parlando di fossili, diventa un piacere appagante e personale conoscere il percorso storico che ha portato l'uomo a capire cosa sono e che tipo di testimonianze ci danno sulla storia e sull'evoluzione della vita e del nostro pianeta nel tempo.

Un'altra riflessione riguarda la programmazione della fase manipolativa che presenta un aspetto critico perché la costruzione di un ragionamento che giunga a formulare un'ipotesi, deve essere coerente rispetto alla relazione: osservazione, oggetto e "interpretante". Infatti non tutti gli aspetti di un'osservazione sono significativi, quindi deve essere affinata la capacità di identificare quelle utili e di tener conto solo di quelle. Si tratta di attivare e sviluppare un processo mentale che aiuta, ragionando in modo abduttivo, ad osservare l'effetto, a proporre un'interpretazione coerente e a derivarne, in modo corretto, una causa probabile [Ragionamento abduttivo].

## 5. Il progetto

Il progetto, le cui parole chiave sono: Forma e Funzione, Misurazione e Modelli, prevede argomenti di tutte le aree disciplinari di Scienze e di Matematica e un approccio storico ed epistemologico utile a cogliere il legame tra le diverse discipline, necessario per correlare il sapere di ciascuna allo stesso tema, mantenendo tuttavia l'identità specifica.

L'insegnante ha il ruolo sia di "esperto disciplinare" che di facilitatore (conduttore e moderatore nelle discussioni, guida alle diverse attività, incoraggiamento e stimolo per gli studenti) consapevole che, per gli studenti, la costruzione cognitiva in è più efficace in un gruppo di pari e si realizza in diverse fasi come l'identificazione di un problema, con una breve discussione, la definizione e la messa in atto di attività pratiche utili a formulare congetture, approfondire l'argomento a casa, utilizzando il libro di testo e le risorse a disposizione, condividendo i risultati nel gruppo classe, verificando le ipotesi fatte e modificandole, se non sostenibili (Dreiver *et al.*, 1994).

Le tecniche didattiche previste sono *la flipped classroom*, *l'Inquiry-Based Science*, *il problem solving*, e la metodologia prevede la progettazione di semplici esperimenti scientifici, facilmente riproducibili nei locali della scuola la sperimentazione, la documentazione di essa, anche con fotografie o piccoli video girati dai ragazzi, lo studio mediato dal libro di testo e da strumenti multimediali e l'insieme delle tecniche programmate

Il percorso si sviluppa partendo da un argomento di Etologia riguardante gli esseri viventi (i Chiroterri) legato ad uno di Scienze della Terra (le rocce). L'analisi di alcuni aspetti permette di ricorrere a saperi, tecniche e procedure di altre discipline: la Chimica (soluzioni e sali), la Fisica (il suono) e la Matematica (fondamenti di Statistica, rapporti e proporzioni).

Per la valutazione pare più opportuno prevedere l'alternanza di prove di tipo tradizionale con altre relative non solo alla capacità di organizzarsi, di identificare problemi e suggerire soluzioni, ma anche all'abilità di proporre e gestire semplici esperimenti e, in ambito di unitarietà delle scienze, di proporre strumenti e nozioni attinenti a discipline diverse.

I contenuti matematici costituiscono un elemento trasversale di integrazione, sviluppati par-



tendo dall'osservazione e dallo studio di fenomeni del mondo naturale. Le possibilità fornite dalla Matematica sono molteplici ma il tema dei "rapporti" e delle "proporzioni" attraversa le scienze sperimentali costantemente e risulta pertanto particolarmente rilevante. Le difficoltà insite nell'apprendimento di questi concetti sono note a partire dalle difficoltà di ordine linguistico poiché il linguaggio matematico, a differenza del linguaggio comune, richiede univocità e precisione. Anche in questo contesto quindi, lo studente fa i conti con l'ambiguità di termini quali "rapporto" e tende a smarrirsi. Inoltre, da un punto di vista concettuale, il "rapporto" viene usato come "frazione", "decimale", "percentuale", "divisione" e chiedersi il motivo di tanti termini per indicare un unico concetto porta a riconoscere la varietà di ambiti a cui sono collegati. Si potrebbe verificare che per indicare il peso di un oggetto sia privilegiato il numero decimale mentre la percentuale si utilizzerà per definire la concentrazione di una soluzione. Saper passare da una rappresentazione a un'altra costituisce senza dubbio una competenza che aiuta a risolvere problemi anche complessi, ma arrivare a possedere una adeguata competenza matematica, richiede un cammino lungo, continuo e sistematico (Pellerey, 2017). Ormai è consolidata la tendenza a evitare una trattazione assiomatica dei concetti e si cerca di porre lo studente di fronte a situazioni concrete da esplorare allo scopo di guidarlo, soprattutto nelle esperienze di laboratorio, nella individuazione di relazioni fra coppie di variabili quantitative e nella loro esplicitazione con un linguaggio naturale per poi passare gradualmente a un linguaggio formale con l'uso di simboli e rappresentazioni grafiche.

Anche l'uso di modelli statistici, in un progetto integrato, diventa strumento utile per studiare leggi e relazioni distributive, in quanto la raccolta dei dati avvia un processo di sintesi che rende simili gli elementi della variabilità rispetto alle modalità di una o più caratteristiche (qualitative o quantitative) e permette una classificazione dei dati che compongono una popolazione consentendo di misurare la probabilità di eventi ripetibili. L'uso del foglio elettronico permette di costruire un data-base dei dati raccolti, di rappresentarli ed elaborarli e di simulare distribuzioni di probabilità relativa. Inoltre, operare in contesti quantitativi coinvolgenti ed interessanti, perché derivanti da fenomeni in parte conosciuti, può essere un utile supporto per passare dalla realtà alla sua astrazione simbolica (Anche in statistica ci sono i pipistrelli), introducendo gradualmente il linguaggio formale della matematica, in modo che gli studenti arrivino a percepire che le formule non sono altro che un linguaggio che ha il vantaggio della concisione e della non ambiguità (Ottaviani, 2011).

Per esplicitare l'approccio didattico viene di seguito riportato il percorso progettato, distinto in due parti collegate fra loro, in ciascuna delle quali viene illustrata la didattica del tema affrontato e le proposte d'integrazione tra le diverse discipline.

### *5.1. Studio caso I – biodiversità, tutela ambientale e fisica*

È stato scelto di introdurre i Chiroteri, comunemente chiamati pipistrelli, argomento di forte spinta motivazionale, poco conosciuto, spesso causa di paure, tuttavia facilmente integrabile con le altre discipline, anche con quelle spesso vissute come ostiche o fini a se stesse. Si tratta di animali tutelati da tempo [Tutela pipistrelli] e oggi considerati indicatori ambientali di buona qualità di un territorio. Un'attività di ricerca sul web consente di analizzare alcuni esempi,

provenienti dalla letteratura, dal cinema o dall'arte in cui sono riportate immagini negative o positive di questi animali, ma che mettono in evidenza la mancata conoscenza di questi strani mammiferi., per esempio una citazione dal film *Batman Begins* "*Beh, uno che gira vestito da pipistrello non deve starci tanto con la testa*", brani come "Il pipistrello" tratto da "Novelle per un anno" (Pirandello, 1920), in cui viene ripresa una credenza secondo cui si diceva alle persone di non uscire la notte poiché si temeva che i pipistrelli si sarebbero attaccati ai capelli, o immagini come "El sueño de la razón produce monstruos" (1797) di Francisco José de Goja, poesie, come "Pipistrello" di Ada Merini [Alda Merini, *Pipistrello*], e, per ultimo, un brano da un testo di divulgazione scientifica (Russo, 2013). Le affermazioni e le domande più frequenti dei ragazzi sono del tipo "sono topi?" o "come si muovono e si procurano il cibo, al buio?" o "perché sono sempre appesi a testa in giù?". Una risposta, fra le tante possibili, è: "forse vedono come i gatti" apre una prima discussione guidata dalle domande significative del docente e la raccolta di congetture di cui, poi, gli studenti devono verificarne a casa la validità, avendo a disposizione una presentazione in Power Point precedentemente preparata dal docente e diversi siti web che si occupano di questo argomento da molti punti di vista. Solo successivamente l'insegnante interverrà, se necessario, per chiarire o puntualizzare e per formalizzare le conoscenze.

In questo modo l'acquisizione della parte cognitiva può essere fatta a casa. In classe, in un momento successivo, è possibile lo scambio di informazioni, l'elaborazione e l'apprendimento attivo sotto la guida dell'insegnante che, correlando osservazioni e conoscenze, conduce alla soluzione di questioni rimaste aperte. Per esempio: solo la conoscenza dell'anatomia dei Chirotteri, anche se affrontata in modo essenziale, può condurre gli studenti a comprendere perché i pipistrelli stanno "comodi" appesi a testa in giù, dato che gli arti posteriori hanno l'articolazione del ginocchio rivolta all'indietro e la posizione dei tendini disposti in modo tale da consentire un aggancio automatico degli artigli, e quindi tale posizione può essere mantenuta a lungo senza consumo di energia.

Un altro spunto didattico nasce dal fatto che i pipistrelli si raccolgono in grandi gruppi in un unico rifugio, utilizzando vari tipi di siti per lo svernamento e per il roost. In Italia i principali rifugi naturali sono rappresentati dalle grotte e i Chirotteri sono stati considerati specie protette a partire dal 1939 [Legge sulla Caccia 5 giugno 1939, n. 1016, Art. 38], per la loro importanza ecologica nel ridimensionamento del numero di insetti dannosi. Alcune associazioni si occupano della conservazione attiva della chirotterofauna, attuata, per esempio, nell'ambito del Progetto Life + 08 NAT/IT/000369 "Gypsum" [Monitoraggio Chirotteri], con interventi atti a preservare i rifugi dall'azione antropica. I risultati dei rilevamenti diretti sulla presenza di questi animali svolti in fase *ante* e *post operam* presso l'Inghiottitoio dell'Acquafredda (BO), viene presentata ai ragazzi ed interpretata sia con strumenti matematici, che naturalistici.

Specie osservate nei rilevamenti diretti	Ante operam (numero di esemplari) Inverno 2012/13	Post operam (numero di esemplari) Inverno 2013/14
<i>Myotis bechsteinii</i> (Kuhl 1817)	0	1
<i>Myotis blythii</i> (Thomes 1857) <i>Myotis myotis</i> (Borkhausen 1797)	3	2
<i>Myotis emarginatus</i> (E. Geoffoy, 1806)	11	114
<i>Myotis spp</i>	2	7
<i>Plecotus spp</i>	1	0
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i> (Schreber, 1774)	9	13
<i>Rhinolophus hipposideros</i> (Bechstein, 1800)	29	45

L'insegnante, appositamente, affronta per ultimo l'argomento del movimento al buio e della ricerca di fonti di cibo, lasciando in sospeso un quesito: cosa significa "orientamento con eco-localizzazione?". Per approfondire sono necessarie alcune nozioni sul suono e sull'acustica.

Gli studenti, a gruppi, sotto la guida dell'insegnante, in laboratorio e con materiali poveri, svolgono alcune semplici esperienze e raccolgono le loro osservazioni.

La sveglia di un telefono cellulare messa sotto una campana di vetro permette di osservare che durante il processo di eliminazione dell'aria, il suono cala di intensità fino a scomparire.

Un tubo di forassite, chiuso ad una estremità, dentro cui un ragazzo parla, oppure un urlo emesso sotto un bicchiere pieno d'acqua e coperto da una pellicola trasparente su cui è stato posato un pizzico di caffè, consente di "vedere" e "toccare" le vibrazioni.

Due righelli, fissati ad un banco in modo che sporgano in modo diverso, se sollecitati, variano l'ampiezza ed il ritmo del movimento. Gli studenti distinguono suoni forti o deboli, gravi o acuti e le osservazioni fatte portano spontaneamente qualcuno a rappresentare graficamente il suono come una linea ondulata, ma disordinata.

Lo studio teorico a casa e la condivisione permettono, seguendo la fisica newtoniana, di comprendere che il suono necessita di una sorgente e di un mezzo di propagazione, che è energia che provoca dilatazione e compressione delle particelle d'aria. I ragazzi costruiscono, con l'aiuto del docente, il grafico di un suono come onda e ne colgono la periodicità, il significato di lunghezza d'onda, ampiezza, frequenza, periodo.

Esperienze come battere due sassi all'interno di un recipiente pieno d'acqua o l'osservazione della relazione fra lampo e tuono e l'esperienza dell'eco consente di arrivare a concludere che:

1. il suono si trasmette più velocemente nei solidi che nell'aria (per questo gli indiani prevedevano l'arrivo dei carri attraverso l'uso dei binari o del terreno);
2. il suono "viaggia" più lentamente della luce (durante i temporali, si vede il lampo prima di

sentire il tuono);

3. il suono è soggetto ad una caratteristica tipica delle onde, cioè la riflessione.

E' possibile anche comprendere che i suoni sono percepiti dall'uomo attraverso la vibrazione del timpano e che non vengono percepite tutte le frequenze possibili, ma soltanto quelle che cadono in un intervallo preciso.

I pipistrelli comunicano fra loro anche mediante lunghezze d'onda della fascia dell'udibile, ma per orientarsi e per localizzare il cibo emettono e ricevono suoni con una frequenza molto maggiore, non percepibile dall'uomo: gli ultrasuoni. La riflessione delle onde sonore ad alta frequenza che colpiscono oggetti o prede vengono percepite dai Chiroterri e danno loro indicazioni relative ad ostacoli e fonti di cibo. Questo processo si chiama ecolocalizzazione. E' significativo confrontare il fenomeno dell'eco, che tanto li diverte, con l'ecolocalizzazione che differisce solo per la diversa frequenza delle onde sonore.

L'attività prosegue cercando soluzione a problemi di verità. Per esempio: "dopo quanto tempo un pipistrello riceve il segnale da una fonte di cibo che si trova ad una distanza di 60 metri?"

Per cercare un modello matematico è necessario riprendere i concetti di distanza  $d$  e di intervallo di tempo  $\Delta t$ , legati dal concetto fisico di velocità, e far loro realizzare, tramite una discussione guidata, che lo spazio percorso è il doppio di quello indicato, quindi la relazione cercata sarà

$t = 2d/v$ . Trovato il dato mancante, la risposta è semplice.

Più complessa è invece la soluzione di un gioco: "Ci sono un uomo e Batman, che quindi possiede le stesse caratteristiche dei pipistrelli, che competono per la stessa fonte di cibo, posta alla stessa distanza da loro, chi ne percepisce prima la presenza?". La soluzione implica la distinzione fra l'intervallo sonoro udibile dagli umani e gli ultrasuoni. L'analisi del rapporto fra lunghezza d'onda e periodo permette di capire che la velocità aumenta se la lunghezza d'onda cresce e il periodo diminuisce. Il confronto fra i due rapporti evidenzia che vincerebbe l'uomo.

## 5.2. Studio caso II

Poiché, come detto precedentemente, i siti di rifugio preferiti dai Chiroterri, per lo svernamento e per il roost, sono grotte ipogee che, in Emilia Romagna, si trovano all'interno di rocce sedimentarie, il passaggio allo studio delle rocce e della loro genesi è spontaneo.

L'argomento fa riferimento alle I. N. [Indicazioni Nazionali] "raccolta e saggi di rocce diverse" e "saper riconoscere con ricerche sul campo ed esperimenti concreti i principali tipi di rocce".

L'attività introduttiva è una breve passeggiata in città durante la quale si gioca al "piccolo geologo", in cui si osservano e documentano, con l'aiuto di schede preorganizzate dal docente, le rocce utilizzate nelle costruzioni. Poi, in classe, si discute sui materiali usati dall'uomo per i suoi "ripari", perché quelli e non altri e quali competenze sono state sviluppate per sceglierli in modo opportuno. Essendo in ambito naturalistico, sono stati scartati i manufatti, e i campioni rimanenti sono stati confrontati con quelli presenti in laboratorio. In base alla scalfit-

tura, utilizzando un'unghia, un chiodo, una raspa che permette di valutarne la durezza, l'uso del succo di limone che evidenzia la presenza o meno del carbonato di calcio e tramite l'osservazione di alcuni parametri come colore, presenza o meno di cristalli, scistosità ecc..si formano tre gruppi di campioni. La rielaborazione a casa consente di rivedere e correggere la prima suddivisione, di identificare rocce magmatiche, sedimentarie e metamorfiche e di definire le caratteristiche dei tre gruppi.

Un campione di arenaria, osservato con una lente, porta alla conclusione che “è una sabbia diventata dura” e introduce il processo di cementazione dei clasti. La lettura del profilo di un fiume aiuta a definire i concetti di erosione, trasporto e sedimentazione e un'attività pratica relativa alla composizione di diversi tipi di suolo lasciati depositare all'interno di cilindri graduati è funzionale a:

- Misurare, con un calibro le dimensioni dei clasti e suddividere ghiaia, sabbia e argilla comprendendo l'origine di breccie, arenarie, argilliti.

- Sperimentare come, durante la sedimentazione, si operi una selezione dimensionale dei clasti, processo che, in scala più grande, avviene in natura formando successioni stratificate di rocce.

- Comprendere, osservando la componente organica del terreno e riprendendo l'osservazione di resti organici nelle rocce sedimentarie, sia l'origine delle rocce organogene, che la natura dei fossili.

- Chiedersi ancora quali informazioni ne trarrebbe un chimico.

L'osservazione della selezione e la successiva deposizione dei clasti offre la possibilità di applicare lo stesso ragionamento abduttivo, che probabilmente ha applicato Niccolò Stenone (1638-1686), considerato il padre della Stratigrafia: nel tempo, nel cilindro, i clasti si sono depositati secondo dimensione decrescente, formando degli strati in successione e lo strato più basso si è depositato per primo (caso). Se i clasti fossero moltissimi, si depositerebbero strati molto spessi (oggetto). Quello che è successo nel cilindro è analogo a quello che succede in natura, quindi se il versante di una montagna evidenzia strutture orizzontali significa che essa è formata da pacchi di sedimenti depositati in successione e quello più basso è il più antico (interpretazione).

Ma questa esperienza offre anche l'opportunità di rispondere a domande come: “Perché l'acqua nel cilindro non torna perfettamente trasparente dopo aver fatto il percorso inverso di separazione della parte corpuscolata da quella liquida?”, “cosa è rimasto nell'acqua?”.

In laboratorio, si organizzano alcune esperienze, in cui si mescolano due a due sostanze come sale, zucchero, limatura di ferro, zolfo, acqua e, con una scheda di accompagnamento come guida alle osservazioni, si registrano i dati e si formalizzano i risultati riportandoli in una tabella.

Nella fase successiva si cerca di separare di nuovo i componenti utilizzando strumenti come filtri o calamite e si separano i campioni in cui le due componenti sono separabili.

La prima conclusione è che alcune sostanze come zucchero e sale si sciolgono nell'acqua, e altre no, da qui la definizione di solvente e soluto e il significato scientifico di “sciogliere”.

Le miscele in cui avviene la dispersione di una sostanza nell'altra vengono definite soluzioni, mentre le altre miscugli.

Poi si distribuisce una piccola bottiglia di acqua gasata e viene chiesto cosa si osserva quando si apre. Risposta: *“fa rumore perché esce il gas... si vedranno le bollicine”*. Riferendosi ad una situazione già vissuta come: *“Tutti hanno aperto una bottiglia di acqua gasata”*, i ragazzi hanno intuito che al suo interno c'è un gas che spinge, che si libera e scompare. Alcuni hanno pensato che l'acqua frizzante dovesse essere inclusa fra i separabili, finché non è stato fatto loro notare che, prima di aprire il gas non era distinguibile dall'acqua.

Questa esperienza permette di parlare di soluzioni di gas-liquido e lo studio successivo permetterà di includere anche quelle solido-solido e gas-gas e di definire più correttamente le soluzioni come miscugli di cui non è possibile separare i componenti facilmente.

Successivamente si riprende il campione con acqua e zucchero e, sotto stretto controllo dell'insegnante, i ragazzi eliminano l'acqua con l'aiuto di un piccolo fornello, registrando e verbalizzando le osservazioni fino all'eliminazione dell'acqua e alla raccolta dello zucchero sul fondo del becker: le due componenti si sono separate ma l'acqua non si vede più, è passata dallo stato liquido a quello gassoso.

Sia nei miscugli che nelle soluzioni, solvente e soluto possono essere separati, ma nel caso di queste ultime ciò avviene solo se, almeno uno dei due cambia stato.

La domanda, fatta durante l'esperienza sulla sedimentazione delle componenti di un campione di suolo, trova adesso una risposta accettabile se si inferisce che siano rimasti sali in soluzione, ma è anche possibile che la torbidità sia legata a particelle di diametro piccolissimo che si depositano in tempi molto lunghi. La risposta non esaurisce tutti i casi possibili, per esempio la presenza di colloidali, ma è sufficiente per ragazzi di quell'età. L'approfondimento avverrà successivamente, quando le conoscenze e le competenze saranno maggiori, secondo la metodologia di tipo ricorsivo.

A questo punto si affrontano la solubilità e la sua relazione con la temperatura e poi la soluzione di compiti di realtà.

Per esempio:

*“Si ha una soluzione acqua e zucchero in cui il soluto è 18 g e la soluzione è 200 g. Una seconda soluzione di acqua e sale è composta da 58 g di soluto e il peso totale della soluzione è 350 g. Quale delle due soluzioni sarà più dolce?”*

La prima ipotesi porta a riferirsi al più dolce come quello con la maggiore quantità di soluto. Qualcuno ha valutato che il 18 è contenuto nel 200 più di dieci volte mentre il 58 è contenuto circa 6 volte nel 350 quindi ha trovato la risposta con un calcolo approssimativo. La maggior parte non ha capito.

Per una risposta più precisa si confrontano i due rapporti 18/200 e 58/350. Più facile è riportare le due frazioni a due equivalenti, aventi lo stesso denominatore, meglio ancora se questo è 100, utilizzando cioè le percentuali risolvendo le proporzioni:  $18g/200g = x/100g$  e  $58g/350g = y/100g$ . Approssimando:  $x=9\%$  e  $y=16,6\%$ .

Il valore che è stato trovato esprime la concentrazione delle due soluzioni, quindi è di facile lettura.

Altri esempio: *“Si vogliono preparare 220 g di soluzione acqua e zucchero al 25%. Quanti grammi di zucchero e d'acqua bisogna utilizzare?”*

Oppure: *“Se aggiungiamo 40g di sale a 500g di una soluzione di acqua e sale al 15% qual*

*è la percentuale di sale disciolto in acqua?”.*

Questo quesito presenta una difficoltà maggiore legata al fatto che se si aggiunge soluto si ottiene una quantità di soluzione diversa da calcolare.

Come ultima attività i ragazzi hanno aggiunto più volte soluto ad una soluzione, fino ad ottenere il deposito sul fondo segnando i g necessari per ottenerlo. Hanno quindi intuito che la quantità di soluto scioglibile non è infinita, arrivando quindi al concetto di saturazione, definendola anche come g/l. Successivamente scaldando la soluzione si rendono conto che la solubilità aumenta e la soluzione diventa soprassatura.

Si tratta comunque di un esperimento in cui la precisione è molto scarsa per il margine di errore della pesata e per la difficoltà di stabilire esattamente il punto di saturazione. E' stato tuttavia utile dal punto di vista didattico, per la comprensione dei concetti.

## 6. Conclusione

Il percorso descritto sottolinea la necessità da parte dei docenti di mantenere un aggiornamento continuo e preciso, non solo di arricchimento disciplinare, ma anche di strategie didattiche, a causa della responsabilità formativa nei confronti degli studenti. Partire da problemi pratici o teorici che portino lo studente ad osservazioni anche molto semplici o ad ipotesi non corrette, ne motivano l'apprendimento. Solo "inciampando" nei problemi, si sviluppa l'interesse per la ricerca e la creatività personale.

È importante far cogliere il dinamismo della scienza e le sua progressione, presentando anche posizioni di pensiero diverse e teorie non ancora accertate, per far cogliere come l'avvicinamento alla verità scientifica sia lungo, difficoltoso e, spesso, non ancora raggiunto. In questo modo, si favorisce il pensiero divergente, utile allo sviluppo di qualità e capacità per il benessere del futuro adulto e della comunità.

La personalità dello studente si forma non solo con ciò che vede o sente, ma con il lavoro e l'attività. Non ci sono discipline più importanti di altre ma, per sviluppare "abilità manuali e mentali", è indispensabile l'allenamento della mente.

Ogni docente, quindi, non può prescindere dal fatto che la scienza abbia ricadute sociali molto significative. I suoi valori infatti condizionano da sempre le ideologie delle comunità umane, sia nelle scelte dei problemi da indagare, che nella prospettiva e nei metodi con cui si affrontano. Le scoperte scientifiche, infatti, hanno sempre modificato la qualità della vita delle persone, risolvendo molte difficoltà, ma anche generandone di nuove ed inaspettate.

Un esempio per tutti è la rivoluzione tecnologica nella società moderna.

## 7. Bibliografia

Balestra, A. (2009). *L'Acquario in classe: un'esperienza di duplice integrazione*, in Atti del Convegno New Trends in Science and Technology Education, Modena, vol. II, 297-299, 21-23 Aprile 2009.

- Castelnuovo, E. (1979). *Scuola media e i nuovi programmi*. Firenze: La Nuova Italia.
- Castelnuovo, E. (1993). *Pentole ombre e formiche*. Firenze: La Nuova Italia.
- Czerniak, C. M. (2007). Interdisciplinary Science Teaching. In: S. K. Abel, N. G. Lederman (Eds.). *Handbook of research on Science Education*. London: Lawrence Erlbaum Associates, 537-559.
- D'Amore, B. (1988). Il Laboratorio di Matematica come fucina di idee e di pensiero produttivo. *L'Educazione Matematica*, 3, 41-51.
- Davis, K. S. (2003). Change is hard': What science teachers are telling us about reform and teacher learning of innovative practices. *Science Education*, 87, 1(2003), 3-30.
- De Finetti, B. (1964). Insegnamento di materie scientifiche nella scuola media unica e preparazione degli insegnanti. *Periodico di Matematiche*, febbraio-aprile 1964 – Serie IV, vol. XLII n. 1-2, pp. 72-114.
- Diamanti, I. (2008). *Maledetti professori*, La Repubblica 25/07/2008.
- Direzione Generale Istruzione Secondaria di 1° Grado (1981), *Scuola media statale: programmi e orari di insegnamento, criteri orientativi per le prove d'esami di licenza e relative modalità di svolgimento*. Roma: Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.
- Dreiver, R., Asoko, K., Leach, J., Mortimer, E., Scott, P. (1994). Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. *Educational Researcher*, 4, 5-12.
- Enriquez, F. (1936). *Il significato della storia nel pensiero scientifico*. Bologna.
- Gnani, G. (2001). Le valenze del corso di Laboratorio della Didattica delle Scienze matematiche, chimiche, fisiche e naturali nella formazione degli insegnanti specializzati della SSIS (sede di Ferrara). In: G. Lucchini, F. Mercanti, G. Tallini (Eds.). *Atti del Congresso Nazionale Mathesis*. Mantova, 223-229.
- Gnani, G. (2009). Dalla formazione iniziale alla formazione permanente degli insegnanti di Matematica e Scienze: esperienze e materiali on line, in *Atti del Convegno New Trends in Science and Technology Education*, vol. II, 207-213, Modena, 21-23 Aprile 2009.
- Lijnse, P. (1994). Didactical structures as outcome of research on teaching-learning sequences?. *International Journal of Science Education*, 26, 5, 537-554.
- Marquardt, M. J., Ceriani, A. (2009). *Action Learning, Principi, Metodo, Casi*, Milano: Franco Angeli.
- Ottaviani, M. G. (2011). Insegnare ed apprendere statistica e probabilità a scuola: il problema dell'aggiornamento degli insegnanti. *Periodico di matematiche* 3, 33-44.
- Pellerey, M. (2017). *Scoprire insieme. Matematica e Scienze*. Teramo: Ed. Lisciani Scuola.
- Pirandello, L. (1920), *Novelle per un anno*.
- Popper, K. R. (2000). *Scienza e filosofia. Problemi e scopi della scienza*, Piccola Biblioteca Einaudi Ns.
- Rovelli, C. (2014), *Perché siamo il Paese dell'incultura scientifica*, La Repubblica 9/07/2014.
- Russo, D. (2013), *La vita segreta dei pipistrelli*. Milano: Orme editori.



## 8. Sitografia

- [Alda Merini, *Pipistrello*] URL: <http://www.tutelapipistrelli.it/2012/07/10/pipistrello-di-alda-merini/>
- [Comunicato Fioroni] URL: <https://archivio.pubblica.istruzione.it/>
- [D.M. 22 ottobre 2004, n. 270] URL: [http://www.miur.it/0006Menu\\_C/0012Docume/0098Normat/4640Modifi\\_cf2.htm](http://www.miur.it/0006Menu_C/0012Docume/0098Normat/4640Modifi_cf2.htm)
- [D.M. 26 maggio 1998] URL: <http://attiministeriali.miur.it/anno-1998/maggio/dm-260519-98.aspx>
- [D.P.R. 275/99] URL: <https://archivio.pubblica.istruzione.it/argomenti/autonomia/documenti/regolamento.htm>
- [Formazione docenti] URL: <http://www.edscuola.it/archivio/>
- [Indicazioni Nazionali] URL: <http://www.indicazioninazionali.it/J/>
- [INVALSI, Pisa] URL: [http://www.invalsi.it/invalsi/ri/pisa2015.php?page=pisa2015\\_it\\_01](http://www.invalsi.it/invalsi/ri/pisa2015.php?page=pisa2015_it_01)
- [Legge 13 luglio 2015, n. 107] URL: <http://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2015/07/15/15G0-0122/sg>
- [Legge 16 giugno 1977, n. 348.] URL: [http://www.edscuola.it/archivio/norme/leggi/l348\\_7-7.html](http://www.edscuola.it/archivio/norme/leggi/l348_7-7.html)
- [Legge 19 novembre 1990, n. 341] URL: <http://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/1990/11/23/09-0G0387/sg>
- [Legge 31 Dicembre 1962, n.1859] URL: [http://www.edscuola.it/archivio/norme/leggi/l185-9\\_62.pdf](http://www.edscuola.it/archivio/norme/leggi/l185-9_62.pdf)
- [Legge sulla Caccia 5 giugno 1939, n. 1016, Art. 38] URL: [http://www.edizionieuropee.it/LAW/HTML/3/zn16\\_01\\_007.html](http://www.edizionieuropee.it/LAW/HTML/3/zn16_01_007.html)
- [Monitoraggio Chiroterri] URL: [http://www.lifegypsum.it/gypsum/PDF/RelazioneFinale\\_EX-POST\\_A2\\_.pdf](http://www.lifegypsum.it/gypsum/PDF/RelazioneFinale_EX-POST_A2_.pdf)
- [Ragionamento abduittivo] URL: [http://elearning.unimib.it/pluginfile.php/99442/mod\\_resource/content/1/RolettoRegisSoudaniSoudani%20CnS3%202011%20copia.pdf](http://elearning.unimib.it/pluginfile.php/99442/mod_resource/content/1/RolettoRegisSoudaniSoudani%20CnS3%202011%20copia.pdf)
- [Scuola estiva di ricerca educativa e didattica della chimica] URL: [https://www.soc.chim.it/sites/default/files/users/div\\_didattica/PDF/Segre%202017\\_programma%20definitivo.pdf](https://www.soc.chim.it/sites/default/files/users/div_didattica/PDF/Segre%202017_programma%20definitivo.pdf)
- [Tutela pipistrelli] Legge 11 febbraio 1992, n. 157 e Legge R. Piemonte 4 settembre 1996, n. 70, URL: <http://www.centroregionalechiroterri.org/legislazione.php>
- [UMI] URL: <http://www.bdim.eu/>

Received October 12, 2017

Revision received November 20, 2017 / December 12, 2017

Accepted December 21, 2017