

La formazione degli insegnanti di matematica e scienze in modalità e-learning: un'esperienza europea

Giuliana Gnani^(*), Angela Balestra^(**)

1. La formazione degli insegnanti di matematica e scienze

Le ricerche sui metodi di insegnamento-apprendimento e sulla formazione degli insegnanti di matematica e scienze permettono di evidenziare il quadro complessivo dei bisogni formativi, che risultano collegati non solo alla padronanza da parte degli insegnanti dei concetti e dei procedimenti propri della disciplina insegnata. L'attività rivolta alle pratiche di insegnamento presuppone infatti in modo rilevante il coinvolgimento di altri saperi di ambiti diversi.

Vengono proposti e studiati anche gli effetti di strumenti di formazione che utilizzano diverse modalità di gestione e integrazione tra formazione scientifica, formazione didattica e pedagogica e realizzazione di ambienti di apprendimento. Si tratta di elaborare e sperimentare strumenti di formazione per rispondere ai bisogni rilevati per lo sviluppo sia delle competenze disciplinari degli insegnanti sia delle metodologie e delle strategie professionali necessarie per un collegamento e una ricaduta di queste competenze nelle pratiche di insegnamento (Meheut, 2006; Lustig, 2009; Borgato, 2009; Balestra, 2009; Gnani, 2009).

In particolare dagli anni Settanta un settore di scienze dell'educazione risulta rivolto alla sperimentazione e alla valutazione dell'applicazione dell'e-learning nell'ambito della formazione (Adelsberger, Collis, Pawlowski, 2002). Questi studi hanno consentito di analizzare le dinamiche della comunicazione, le pratiche didattiche e organizzative della modalità di e-learning integrando tra loro le conoscenze utili alla comprensione dei processi di insegnamento-apprendimento di vari ambiti scientifici e l'insegnamento tramite ICT (Information and Communication Technology) in ambito formativo.

^(*) Università degli Studi di Ferrara (giuliana.gnani@unife.it).

^(**) Istituto Comprensivo 'T. Bonati', Bondeno (FE) (abalestra@libero.it).

Si crea allora una comunità di pratica all'interno di una classe virtuale con l'intento di creare un adeguato e significativo ambiente di apprendimento³⁹.

Sono noti importanti e approfonditi risultati di ricerche per l'insegnamento delle scienze e della matematica che possono contribuire alla progettazione e realizzazione di corsi di formazione di insegnanti di matematica e scienze.

Gli studi sulle difficoltà di apprendimento evidenziano l'importanza di una fase iniziale di indagine sui concetti e sulle modalità di ragionamento del senso comune, ma anche sulle motivazioni e sull'interesse negli alunni per gli studi scientifici in funzione dell'età. L'insegnante che riflette e opera tenendo in considerazione i dati fondamentali emersi dall'indagine iniziale, può attivare in modo efficace e significativo la scelta di contenuti, di obiettivi e di pratiche didattiche adeguate (Lijnse, 1994; Leach-Scott, 2002; Kattmann, 1996; Duit, 2003).

Alcune ricerche (Davis, 2003) hanno riguardato più in generale l'aspetto dei rapporti dialettici tra *curriculum* e le concezioni degli insegnanti, constatando come il cambiamento dei curricula abbia un modesto impatto sui metodi di insegnamento dei docenti. Per tale ragione si propone un modello costruttivista di formazione degli insegnanti, che coniughi le conoscenze, le concezioni e le competenze degli insegnanti, per consentire ad essi di riflettere sui metodi dell'apprendimento/insegnamento, sui contenuti di insegnamento e offrire loro la possibilità di formazione e di sviluppo professionale in ambiti dove la pratica in classe, le relazioni tra insegnanti e allievi e i risultati della ricerca in didattica possano interagire in modo significativo.

Particolare sviluppo ha avuto la discussione sull'uso dell'approccio costruttivista integrato per l'insegnamento-apprendimento della matematica e delle scienze volto al superamento delle difficoltà di apprendimento in ambito scolastico: a tal proposito alcune ricerche (Berlin et Al., 1991) vedono nella inadeguata preparazione dei docenti e nella difficoltà di avere a disposizione materiale didattico per le scienze da utilizzare nell'insegnamento dei concetti matematici, tra le cause di maggiore opposizione all'insegnamento integrato delle discipline scientifiche.

Inoltre la ricerca in didattica sulle difficoltà dell'apprendimento scolastico, negli ultimi anni, si è rivolta in particolare allo studio per la proget-

³⁹ Un ambiente di apprendimento nell'ottica costruttivistica può essere definito «un luogo in cui coloro che apprendono possono lavorare aiutandosi reciprocamente, avvalendosi di una varietà di strumenti e risorse informative in attività di apprendimento guidato o di problem solving» (Wilson, 1996, pp.3)

tazione e la sperimentazione di 'sequenze di insegnamento e apprendimento' (Teaching learning sequences, TLS), che si articolano su specifiche tematiche scientifiche partendo dalle concezioni spontanee degli alunni e valorizzando i processi di insegnamento-apprendimento (Meheut-Psillos, 2004; Meheut, 2005): nell'ambito di queste e altre ricerche si è evidenziata l'importanza della figura del docente anche con l'elaborazione di progetti e attività di formazione (iniziale o continua) degli insegnanti. In particolare Andersson et Al. (2005) credono che ricercatori ed insegnanti debbano collaborare e coordinare le loro attività per progettare, sperimentare e validare sequenze didattiche.

Saint-Georges (2001) interviene sulla necessità che gli insegnanti prendano consapevolezza del tipo di interazione che effettivamente utilizzano nella loro pratica scolastica per la definizione del ruolo assunto distinguendo tra didattica trasmissiva e didattica collaborativa.

Vengono approfonditi anche gli studi sull'introduzione delle ICT nella pratica didattica. In particolare ricordiamo Jonassen (1994, 1999) per il suo contributo agli studi di ambienti di apprendimento di matematica e scienze con l'uso delle tecnologie di taglio costruttivista, che evidenziano l'intento di dare enfasi alla costruzione della conoscenza e non alla sua riproduzione, attraverso la presentazione di compiti autentici e di ricchi ambienti di apprendimento partendo dal mondo reale, favorendo lo sviluppo di pratiche riflessive e la costruzione di conoscenze dipendenti dal contesto e dal contenuto.

2. Il progetto ISSUE: una esperienza europea

2.1 Breve descrizione del progetto ISSUE

Il progetto ISSUE (Integrated Subject Science Understanding in Europe), sviluppato nell'arco del triennio 2005-2007, fa parte del programma Socrates azione Comenius 2.1 (Training of School Education Staff).

E' stato finanziato dalla Commissione Europea DG Istruzione e Cultura (Education and Culture) e ha visto coinvolte diverse istituzioni: Università di Varsavia (Polonia), Università di Pitesti (Romania), Istituti per la formazione degli insegnanti di Wuppertal (Germania) e Benidorm (Spagna) e Dipartimento di Matematica dell'Università di Ferrara.

Con questo progetto si è inteso promuovere l'uso del metodo integrato nell'insegnamento-apprendimento della matematica e delle scienze attraverso un approccio che ha il suo riferimento teorico in risultati di ricerche internazionali nella didattica delle scienze. Il progetto si è sviluppato con

il confronto fra esperienze di ricerca-azione di altri Paesi europei, per terminare con la elaborazione e sperimentazione di percorsi integrati di matematica e scienze.

2.2 Il corso di formazione in modalità e-learning

Nell'ambito del progetto ISSUE è stato organizzato il corso on line Teaching-Learning Sequences for Integrated Learning of Science Issues per la formazione degli insegnanti, rivolto ai laureati in discipline scientifiche, in possesso della abilitazione all'insegnamento di matematica e scienze nella scuola secondaria di primo grado.

Al corso, a numero chiuso, hanno avuto accesso i docenti in formazione dei paesi europei coinvolti nel progetto. Il dipartimento di Matematica dell'Università di Ferrara ha partecipato con quattro studenti, abilitati all'insegnamento di matematica e scienze nella Scuola secondaria di primo grado (classe A059).

Il corso aveva lo scopo di sviluppare competenze attraverso l'acquisizione di conoscenze teoriche e di progettazione di segmenti di apprendimento secondo il modello TLS (Andersson-Bach, 2005), unità di lavoro che si snodano a partire dalla individuazione degli ostacoli che rendono difficoltoso il processo di apprendimento e proseguono con proposte di lavoro che valorizzano l'integrazione delle discipline.

Solo il ricorso a un ambiente virtuale ha reso possibile la condivisione di materiali, di idee e la collaborazione fra tutti i protagonisti del corso, studenti, docenti tutor e ricercatori dei diversi Paesi.

Il corso ha utilizzato la piattaforma 'Moodle' acronimo di Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment (Ambiente di Apprendimento Dinamico Modulare Orientato agli Oggetti). Si tratta in pratica di una classe virtuale in cui gli studenti ricevono materiali di studio, scambiano riflessioni, espongono dubbi, condividono proposte di lavoro. E' un ambiente in cui la conoscenza non è più solo un processo individuale ma viene costruita attraverso un lavoro cooperativo che si realizza prevalentemente in rete rendendo possibile il superamento delle grandi distanze. L'organizzazione di questo ambiente prevede infatti uno spazio in cui si possono prelevare i materiali didattici, inseriti dal team internazionale costituito dai coordinatori delle varie sedi, oltre a diverse sezioni rivolte ad attivare discussioni.

La scelta della piattaforma Moodle è stata dettata da motivazioni prevalentemente di carattere tecnico:

- è open source,
- è abbastanza semplice da usare e da amministrare,
- permette la condivisione di materiali digitali da parte dei docenti dei diversi Paesi coinvolti nel progetto,
- favorisce l'interazione fra docenti permettendo discussioni asincrone attraverso l'uso di un forum e sincrone con l'uso della chat, integrata da un sistema di messaggistica istantanea.

Gli studenti hanno avuto la possibilità di optare per un corso della durata di 80 ore (corso A) e un altro più impegnativo di 400 ore (corso B). Entrambi si sono svolti in lingua inglese e hanno avuto la durata di circa quattro mesi. Per l'Italia hanno partecipato tre docenti in servizio a tempo determinato per il corso A e un docente per il corso B. La funzione di tutor è stata svolta da un docente universitario e da un docente di scuola secondaria di primo grado .

La gestione dello spazio virtuale del corso era di competenza del partner di Benidorm (Spagna) che lo ha organizzato in modo semplice e funzionale.

Entrambi i corsi sono suddivisi in quattro moduli tematici, e si differenziano per l'impegno richiesto nello studio e nella produzione del lavoro finale.

Il Primo Modulo è riservato alla consultazione della *Student's guide* che aiuta a orientarsi nel portale e nella organizzazione del corso, descrivendo in modo dettagliato i contenuti, i tempi di realizzazione e le modalità di valutazione. In questa prima fase, ogni studente si presenta, inserendo informazioni personali relative a interessi, attività lavorative e aspettative verso questa esperienza.

Il Secondo Modulo prevede lo studio di questioni teoriche e la condivisione, attraverso la partecipazione al forum, di dubbi e riflessioni scaturiti dalla lettura dei documenti.

I contenuti degli articoli riguardano:

- gli aspetti teorici del metodo integrato e il tema dell'integrazione nel curriculum con particolare attenzione alla Scienza come disciplina e al suo rapporto con le altre ⁴⁰
- il confronto fra diverse teorie di apprendimento e strategie di insegnamento soffermandosi in particolare sul *conceptual change* e il costruttivismo sociale⁴¹,

⁴⁰ Venville et Al. (2000)

⁴¹ Driver et Al. (1994)

- lo studio delle basi teoriche e dei modelli a cui la progettazione delle TLS si ispira⁴²,
- il ruolo del linguaggio e dell'argomentazione nell'apprendimento delle Scienze⁴³,
- il valore della valutazione formativa nell'apprendimento⁴⁴.

All'inizio di ogni settimana viene richiesto agli studenti di analizzare un articolo e di rispondere alle domande predisposte dal tutor coordinatore del corso. Ulteriore compito consiste nel partecipare al forum inviando una proposta di discussione sotto forma di domanda e almeno due interventi in discussioni già avviate.

I tutor nazionali, docenti universitari e insegnanti in servizio, attraverso le rispettive competenze, accademiche e didattiche, sollecitano, integrano e coordinano gli interventi per garantire che il dibattito si sviluppi in modo costruttivo. Il tutor nazionale facilita la fruizione dei materiali, valida gli interventi prima della pubblicazione e suggerisce proposte di approfondimento.

Con un ambiente così strutturato tutti gli studenti sono sempre a conoscenza dei temi posti al centro dell'attenzione e possono partecipare a tutte le attività anche se non sempre e necessariamente in modo attivo. Ogni studente è responsabile del suo processo formativo e contribuisce, attraverso i suoi interventi e le sue riflessioni postate nel forum, ad arricchire l'apprendimento di tutti.

Nel Terzo Modulo è richiesto ai partecipanti di mettere in pratica le conoscenze teoriche acquisite nei moduli precedenti. Vengono messi a disposizione i percorsi di Scienze integrate elaborati nel progetto ISSUE che riflettono le differenze in termini di modelli culturali e di insegnamento dei vari Paesi. Ogni percorso è accompagnato da una *Guida per l'insegnante* che spiega i contenuti, i metodi, la rilevanza del tema nel curriculum nazionale, gli obiettivi del percorso didattico in rapporto alle esperienze ed ai concetti quotidiani degli alunni. La *Guida* contiene anche una ricca bibliografia riferita alla didattica, in particolare della matematica e delle scienze.

I partecipanti al corso A, in questa fase, sono invitati a elaborare in forma scritta una delle seguenti proposte:

⁴² Andersson et Al. (2005)

⁴³ Osborne et Al. (2004)

⁴⁴ Black et Al. (2006)

- elaborare un pre-test utile a far emergere le conoscenze degli studenti relativamente a un tema interdisciplinare; successivamente, sulla base delle risposte, costruire un test che indaghi sugli errori sistematici o sulle conoscenze non corrette ma di uso comune. E' necessario che lo studente precisi quale intervento sia opportuno progettare in futuro per migliorare la comprensione dei concetti indagati nel pre-test,
- testare una parte di una TLS approfondendo l'aspetto della valutazione formativa, precisando cioè come è possibile aiutare gli studenti a riflettere sulle difficoltà di apprendimento, migliorando così l'efficacia dell'insegnamento,
- approfondire l'aspetto della valutazione in una TLS scelta fra quelle elaborate dai partner europei,
- leggere con attenzione una TLS e valutare criticamente il progetto alla luce di quanto appreso nel Modulo (2).

La problematica dell'integrazione costituisce il tema specifico del corso, concetto che include il superamento del punto di vista necessariamente parziale con cui ogni disciplina interpreta la realtà. Non viene negata la specificità delle discipline, definita dal sistema di concetti, teorie, metodologie e dal proprio sviluppo storico, ma non basta un semplice accostamento di diverse prospettive a garantire una vera integrazione. Ciò che si cerca è un quadro complessivo entro cui collocare le correlazioni fra strutture cognitive, emozionali e sociali e metodologie di insegnamento. Due studentesse hanno scelto 'l'ambiente' come sfondo in cui inserire le loro proposte, ritrovando in esso piena coerenza con quanto analizzato nei moduli precedenti.

L'ambiente infatti, naturale e antropico è per sua definizione interdisciplinare, inoltre

- consente un continuo passaggio dal particolare al generale, dalla rappresentazione concreta al modello e viceversa,
- facilita il ricorso alle discipline per studiare tematiche complesse che necessitano di una integrazione dei saperi,
- permette di approfondire il delicato passaggio dalla conoscenza di uso comune a quella scientifica prestando attenzione non solo alle differenze, ma soprattutto alle connessioni perché in questo modo le conoscenze diventano oggetto di personale analisi.

I percorsi elaborati⁴⁵ si snodano attraverso un ampio coinvolgimento diretto dello studente a cui viene richiesto un ruolo di protagonista anche in problematiche che coinvolgono il mondo fuori dalla scuola (Venville et Al., 2002).

Questo approccio consente di valorizzare l'identità personale in rapporto all'ambiente, in attesa che lo studente si trovi nelle condizioni di riuscire a gettare un ponte fra il contesto locale e quello globale. Nell'elaborato di una delle studentesse si sottolinea infatti

Il giorno in cui un alunno proverà per il pianeta in cui vive, le stesse preoccupazioni e attenzioni che sente per il suo giardino, si potrà dire che quel percorso didattico abbia raggiunto i suoi obiettivi.

Un'altra studentessa ha scelto di costruire un'attività sul sistema binario, che andava ad arricchire, attraverso il contributo della matematica, il percorso *Alla ricerca di indizi* ideato dai partner di Wuppertal (Germania). Alle «stazioni di apprendimento», mirate all'acquisizione di conoscenze e procedure di fisica e chimica, la studentessa ha aggiunto una attività matematica necessaria per la risoluzione di un'indagine poliziesca in cui gli alunni devono dimostrare di saper utilizzare le conoscenze e le abilità acquisite nel circuito di apprendimento.

Ben più impegnativo è stata l'ideazione del percorso proposto dalla studentessa che ha seguito il corso B sul tema *Luce e colori*.

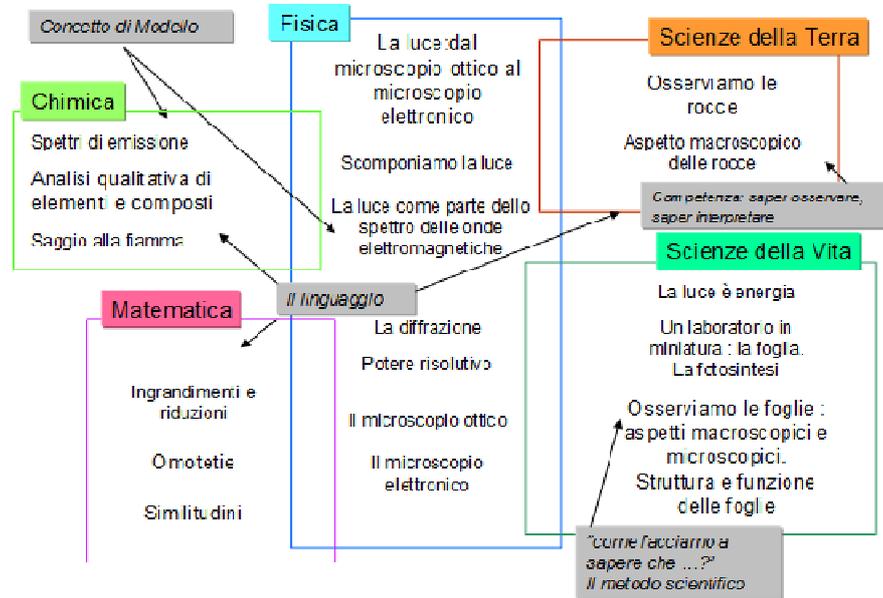
L'obiettivo principale di questa TLS, in una visione olistica del sapere, è di guidare gli studenti a cogliere il valore che risiede nell'affermazione «io vedo» rendendoli consapevoli che il «saper vedere» è strettamente connesso con l'analisi e lo studio di fenomeni chimici, fisici, biologici.

Stimolare la curiosità, valorizzare l'intuizione, sollecitare gli studenti a interrogarsi su fatti e fenomeni, a formulare congetture, a verificare ipotesi, per indagare con strumenti, diversi dai loro occhi, saranno le azioni che gli insegnanti dovranno attivare per mantenere vivo l'interesse e avviarli al metodo scientifico.

Lo schema di seguito riportato evidenzia le connessioni fra concetti, strumenti e processi cognitivi che attraversano le diverse discipline.

⁴⁵ *Un mare di scienza* di C. Bastianelli e *Uroboro: la natura ciclica delle cose* di M. Penazzi.

Potere e saper vedere



La sequenza di insegnamento-apprendimento (TLS) è progettata seguendo le indicazioni suggerite da Venville⁴⁶.

L'insegnante deve saper

- porre «grandi domande» che abbiano un alto valore formativo, proporre compiti significativi, collegati ai problemi personali degli alunni i legati al contesto sociale in cui vivono,
- selezionare contenuti con forti e rigorose interrelazioni per consentire allo studente di concepire la realtà con una visione unitaria,
- concentrarsi su pochi, essenziali e chiari obiettivi,
- lavorare in collaborazione con altri docenti della classe per pianificare i gli interventi che si realizzando in tempi necessariamente flessibili,
- guidare gli studenti ad applicare le conoscenze in situazioni concrete e soprattutto a sviluppare la capacità di trasferire abilità e conoscenze in situazioni nuove,
- facilitare l'impegno degli alunni, applicando le conoscenze in un contesto reale, superando in tal modo i confini dell'aula scolastica e coinvolgendo i protagonisti della comunità in cui la scuola è inserita.

⁴⁶ Vedi nota 5.

Il progetto sviluppa e approfondisce anche l'aspetto della valutazione. Con questo termine ci si riferisce soprattutto alla valutazione formativa che si fonda su continue osservazioni dei processi di apprendimento e richiedono all'insegnante di riprogettare un percorso formativo in caso di risultati ritenuti inadeguati alle aspettative.

La valutazione formativa si basa sui modelli costruttivisti dell'apprendimento e assegna all'insegnante un ruolo fondamentale per comprendere come gli studenti apprendono e quali ostacoli rallentano la comprensione. Qualora la valutazione degli apprendimenti si riveli efficace, lo studente si sente maggiormente compreso ed è dimostrato che migliora anche la motivazione e l'impegno⁴⁷.

Gli stessi autori affermano che secondo la loro ricerca (Black-Wiliam, 1998) l'eccessivo ricorso a test di verifica incoraggia gli insegnanti a promuovere un apprendimento prevalentemente meccanico, vengono enfatizzati i risultati negativi e c'è il rischio che gli studenti rivolgano maggiore attenzione alla valutazione a scapito dell'apprendimento.

I lavori prodotti dagli studenti di entrambi i corsi sono stati valutati dai tutor nazionali e dal tutor coordinatore che ne ha apprezzato l'originalità, l'interesse, la fattiva partecipazione alle attività sincrone e asincrone, l'approfondimento dei temi discussi in letteratura e il buon inglese.

Ogni partecipante ha ricevuto un diploma dal Dipartimento della Pubblica Istruzione-Università di Göteborg (Svezia) in cui sono descritte le competenze sviluppate nel corso on line:

- conoscenza dei curricula relativi a discipline scientifiche nell'ottica interdisciplinare,
- conoscenza di teorie dell'apprendimento integrato e strategie di progettazione,
- apprendimento di diverse modalità di progettazione, validazione e revisione di una TLS.

Una studentessa della Germania ha scelto di sperimentare e valutare criticamente, sulla base della propria esperienza e della letteratura analizzata nella prima parte del corso, una TLS *Cristalli e simmetrie* che fa parte del più ampio progetto ideato dal Team italiano che ha per tema *Le simmetrie*.

Ha prodotto un diario di bordo in cui è descritta ogni fase dell'esperienza, il materiale utilizzato, le difficoltà emerse e le modifiche apportate per meglio rispondere ai bisogni del contesto. Ha messo a fuoco i fattori che maggiormente contribuiscono a migliorare la comprensione dei

⁴⁷ Black et Al. (1998)

concetti e ha proposto integrazioni nell'ottica di un insegnamento integrato delle scienze e orientato a rendere ciascun studente protagonista nella costruzione dell'apprendimento.

I tutor italiani hanno valutato positivamente la relazione finale in cui sono descritte le difficoltà emerse e le proposte di integrazione.

3. Conclusioni

A conclusione delle attività rilevanti, coinvolgenti per l'intenso lavoro e impegno, proponiamo alcune riflessioni sui punti di forza ma anche sui punti deboli del progetto ISSUE. Fra questi ultimi sicuramente il problema della lingua è risultato un elemento che ha ostacolato la comunicazione sincrona, mentre per quella asincrona si è potuto contare sulla collaborazione di una traduttrice.

Tra i punti di maggiore interesse ricordiamo la collaborazione significativa tra ricercatori universitari e docenti in servizio presso la scuola secondaria di primo grado. Il progetto ISSUE ha proposto un modello di formazione che ha consentito ai docenti di confrontarsi con il mondo della ricerca didattica internazionale impossessandosi di strumenti interpretativi e spunti di riflessione. Il docente, al termine di questo percorso, si trova nelle condizioni di calare la metodologia della ricerca nella scuola, radicarla nella propria classe e determinare cambiamenti significativi, frutto non solo di intuizioni e riflessioni personali ma fondati altresì su argomentazioni teoriche.

Le competenze e le finalità proprie della scuola e dell'università in questo progetto si sono integrate attraverso lo scambio di competenze e punti di vista. Il materiale prodotto, in particolare i numerosi percorsi multidisciplinari progettati e realizzati nelle classi durante la lunga esperienza della SSIS e del progetto ISSUE, sono visibili sul portale dell'USR Emilia Romagna.

L'aspetto più significativo è proprio questo, il consolidamento del rapporto fra il Dipartimento di matematica dell'Università di Ferrara e il mondo della Scuola, che si è concretizzato nella realizzazione di progetti che sono seguiti a questo, dal progetto Emma, al progetto ISS, al progetto Mat@abel.

Altrettanto positivo è stato, per i partecipanti, aprirsi al confronto con realtà internazionali con cui raramente si ha l'opportunità di interagire. La conoscenza dei rispettivi curricula, delle diverse modalità organizzative e degli strumenti di valutazione ha arricchito la professionalità di ciascuno. Nel progetto l'apporto del gruppo italiano è stato determinante in

quanto negli altri Paesi l'insegnamento delle Scienze è separato da quello della Matematica. Mentre l'integrazione delle Scienze Sperimentali è di norma prevista o vivamente raccomandata in tutti i Paesi, solo in Italia l'insegnamento della matematica e delle scienze è assegnato a uno stesso docente favorendone così in modo coerente l'integrazione. Nelle nostre scuole la motivazione all'apprendimento della matematica può scaturire dalla osservazione della natura e delle sue forme, dalla scoperta delle leggi che regolano fenomeni chimici, fisici e il mondo vivente. E' stata questa visione della matematica che ha intensificato il dibattito e arricchito il confronto, contribuendo a far risaltare l'apporto di questa disciplina nei diversi ambiti.

Bibliografia

Adelsberger, H., Collis, B., Pawlowski J.M. (a cura di) (2002), *Handbook on information technologies for education and training*, Berlin: Springer.

Andersson, B., Bach, F. (2005), On designing and evaluating teaching sequences taking geometrical optics as an example, *Science Education*, 89 (2), pp. 196-218.

Balestra, A. (2009), L'Acquario in classe: un'esperienza di duplice integrazione, in Atti del Convegno *New Trends in Science and Technology Education*, Modena, 21-23 Aprile 2009, vol. 2, pp. 297-299.

Black P., Harrison C., Lee C., Marshall B., William, D. (2006), *Assessment for learning. Putting into practice*, Chapter 4: *Putting into practice*, Berkshire, England: Open university press.

Black P., William D. (1998), Inside the black box: Raising standards through classroom assessment, *Phi Delta Kappan*, 80 (2), pp. 139-148.

Berlin, D. F., White, A. L. (1994), The Berlin-White Integrated Science and Mathematics Model, *School Science and Mathematics*, 94, pp. 2-4.

Borgato M.T. (2009), L'insegnamento integrato della matematica e delle scienze: percorsi interdisciplinari e transdisciplinari del progetto ISSUE, in Atti del Convegno *New Trends in Science and Technology Education*, Modena, 21-23 Aprile 2009, vol. 2, pp. 25-40.

Borgato M. T. , Gnani G., Balestra A.(2012), *Symmetries. Teacher's guide for an integrated teaching learning sequence of mathematics and science*, Bologna: Clueb.

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), pp. 3-30.

Driver R., Asoko K., Leach J., Scott P. (1994), Constructing Scientific Knowledge in the Classroom, *Educational Researcher*, October 4, pp. 5-12.

Duit R. (2003), Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning, *International Journal of Science Education*, 25 (6), pp. 671-688.

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*, Modena, 21-23 Aprile 2009, vol. 2, pp. 207-213.

Jonassen, D.H. (1994), Thinking Technology, Toward a Constructivistic Design Model, *Educational Technology*, 34, April, pp. 34-37.

Jonassen, D.H. (1999), Designing constructivistic learning environments, in C.M. Reigeluth (a cura di), *Instructional design theories and models*, vol. 2, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Kattman, U., Duit, R., Gropengieber, H., Komorek, M. (1996), *Educational Reconstruction – bringing together of Scientific Clarification and Students' Conceptions*, Paper presented at the Annual Meeting of the National Association of Research in Science Teaching (NARST), St. Louis, April 1996.

Leach, J., Scott, P. (2002), Designing and evaluating science teaching sequences: An approach drawing upon the concept of learning demand and a social constructivist perspective on learning, *Studies in Science Education*, 38, pp. 115-142.

Lijnse, P. (1994), Didactical structures as outcome of research on teaching-learning sequences?, *International Journal of Science Education*, 26 (5), pp. 537-554.

Lustig, F. (2009), Experiences and results from the european project integrated subject science understanding in Europe, in Atti del Convegno *New Trends in Science and Technology Education*, Modena, 21-23 Aprile 2009, vol. 2, pp. 7-24.

Meheut M. (2005), Teaching-learning sequences tools for learning and/or research, in K. Boersma et Al. (a cura di), *Research and the Quality of Science Education*, Dordrecht, NL Springer, pp. 195-208.

Meheut, M. (2006), Ricerche nella didattica e nella formazione degli insegnanti di scienze, in *L'insegnamento delle scienze nelle scuole in Europa-Politiche e ricerche*, Rete Euridice, Direzione generale Istruzione e Cultura.

Meheut, M., Psillos, D.(2004), Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research, *International Journal of science Education*, 26 (5), pp. 515-535.

Osborne, J., Erduran, S., Simon, S. (2004), Enchancing the Quality of Argumentation in School Science, *Journal of Research in Science Teaching*, 41 (10), pp. 994-1020.

Saint-Georges, M.(2001), L'analyse des dialogues de classe: un outil pour une formation didactique des professeurs de sciences, *ASTER*, 32, pp. 91-122.

Tiberghien, A. (2000), Designing teaching situations in the secondary school, in R. Millar, J. Leach e J. Osborne (a cura di), *Improving science educa-*

tion. The contribution of research, Buckingham: Open University press, pp. 27-47.

Venville, G.J., Wallace, J., Rennie, L.J., Malone, J.A. (2000), *Curriculum Integration: Eroding the High Ground of Science as School Subject?*, Science and Mathematics Education Centre, Perth, WA Australia: Curin University of Technology.

Wilson, B.G. (a cura di) (1996), *Constructivist learning environments. Case studies in instructional design*, Englewood Cliff, NY: Educational technology publications.