

La LIM per favorire l'apprendimento: proposte di attività per futuri insegnanti primari sui fenomeni elettrostatici e magnetici

Sri R C Prasad Challapalli, Marisa Michelini, Alessandra Mossenta, Alberto Stefanel, Stefano Vercellati

Unità di Ricerca in Didattica della Fisica, Università degli Studi di Udine

Via delle Scienze 208, 33100 Udine (UD)

prasad.challapalli@uniud.it, alessandra.mossenta@th.it, marisa.michelini@uniud.it,

alberto.stefanel@uniud.it, stefano.vercellati@uniud.it

La lavagna Interattiva Multimediale (LIM) sta diffondendosi nelle scuole e si hanno i primi risultati sul suo impiego in classe, che troppo spesso riguardano il trasferimento in ambiente LIM di attività proprie di altri strumenti multimediali. Serve sviluppare contributi propri della LIM per favorire il processo di apprendimento sia in merito ai metodi dell'attività didattica sia in merito ai contenuti degli specifici campi disciplinari. Il processo di modellizzazione e costruzione del pensiero formale in fisica è uno di questi. Vengono proposti due esempi di attività su elettrostatica ed elettromagnetismo destinati alla scuola di base, che impiegano semplici strumenti della LIM per stimolare alla formalizzazione anche attraverso la discussione collaborativa delle problematiche. Esse sono state proposte per una prima validazione a futuri insegnanti di scuola primaria.

1. Introduzione

La lavagna interattiva multimediale (LIM) è uno strumento didattico che mira a facilitare l'incontro tra le proposte didattiche degli insegnanti e i bisogni di apprendimento degli studenti in termini di contenuti, strategie e significati. Essa ha le potenzialità per favorire la cooperazione dinamica, costruendo nuove competenze cognitive legate agli aspetti visuali e percettivi. Le caratteristiche di accentuata flessibilità, interattività, versatilità, efficienza e multimedialità interattiva hanno un impatto importante su motivazione, concentrazione e partecipazione attiva degli studenti nello sviluppo dei percorsi di apprendimento [Glover et al., 2005] e ciò diventa risorsa per lo sviluppo del pensiero formale per gli apprendimenti scientifici. Avere un ambiente che facilita la rappresentazione ed il confronto delle idee interpretative costituisce una nuova potenzialità per la didattica scientifica e stimola cambiamenti significativi e radicali nella didattica. Offre anche una maggiore efficienza per strategie

routine, come emerge nel caso del suo impiego nella didattica universitaria [Ilyas e Al-Tabtabaie, 2004]. La storia dei ragionamenti, da sempre evocata come base per il progresso nell'apprendimento viene documentata dalla LIM e le sue funzionalità riescono a rendere specifica la dinamica del processo di insegnamento-apprendimento. Diventano risorsa le interazioni tra studenti e docente a partire dai materiali predisposti per la lezione. Il delicato passaggio dalle rappresentazioni di senso comune ai modelli fisici interpretativi discusso dalla comunità classe diventa una pista di ragionamento di cui potersi appropriare quando viene documentato [Robinson, 2008]. Ecco allora che concetti come quello di carica, di interazione elettrica e magnetica e di campo magnetico diventano oggetto di analisi anche a bassi livelli scolari..

1.1 La LIM come elemento del cambiamento della didattica

Da uno studio londinese di valutazione delle scuole partecipanti a un progetto di diffusione delle LIM [Moss et al, 2007] si ricava che essa viene utilizzata, in particolare dagli insegnanti di matematica e scienze, principalmente come proiettore di dati per navigare su schermi multipli, come superficie per generare una modalità di visualizzazione dinamica piuttosto che statica, per migliorare la presentazione di una lezione frontale. Vari testi sono stati redatti soprattutto da questi insegnanti, senza trascurare la ricerca di standard di progettazione che rendano i materiali fruibili al di là del singolo contesto. Il contributo innovativo alla didattica della LIM dipende dalla disciplina per cui viene impiegata e dal grado di confidenza dell'insegnante con il mezzo [Moss et al, 2007]: è ben noto che le nuove tecnologie inizialmente sostengono, in seguito estendono ed infine trasformano la didattica durante il processo di acquisizione di consapevolezza e competenza di impiego del docente. Ciascuna delle funzioni di supporto, estensione, trasformazione dell'attività didattica deve trovare una sua giustificazione d'uso nel contesto curricolare, negli obiettivi dell'insegnante e nei bisogni degli studenti. La tecnologia nella scuola non può quindi essere considerata in modo isolato: bisogna guardare alla sua funzione nella didattica. I cambiamenti promossi dalla tecnologia dipendono dalle idee dell'insegnante sulla tipologia di funzionalità per la didattica. Gli insegnanti considerano tre potenzialità principali della LIM nella didattica: guadagno di tempo nelle consegne, maggiore utilizzo di risorse multimediali, perché si incorporano immagini, suono e movimento in modo nuovo e potenziamento dell'interattività e della partecipazione di tutta la classe. La LIM infatti è un nuovo catalizzatore dell'attenzione del gruppo classe: capace in tal senso di costruire partecipazione attiva o deprimerla se usata come veicolo trasmissivo di informazioni. È un importante ruolo dell'insegnante individuare come caratteristiche specifiche della LIM possono contribuire al raggiungimento di obiettivi di apprendimento e migliorare la comprensione da parte dell'allievo di aspetti chiave della conoscenza disciplinare significativa. Particolari caratteristiche della tecnologia e la loro capacità di ottenere un cambiamento significativo dipende dai modi in cui queste si adattano agli approcci didattici esistenti ed alle priorità incorporate nel dominio disciplinare

La LIM per favorire l'apprendimento: proposte di attività per futuri insegnanti primari sui fenomeni elettrostatici e magnetici

specifico e nella sua effettiva pratica. La LIM deve proporsi come un'occasione per riconfigurare l'approccio didattico, il rischio è altrimenti il potenziamento di ruoli passivi degli studenti, ad esempio per l'aumentata rapidità di produzione e consegna di materiali. L'obiettivo didattico ed il processo di apprendimento vanno posti alla base delle scelte d'impiego della LIM, in un contesto che vede come protagonista il soggetto che apprende ed il suo personale coinvolgimento nelle proposte di attività [Otero 2003; Michelini 2010]. Una delle questioni centrali è allora quella della formazione degli insegnanti, sia in servizio che iniziale, a partire dalla ricerca sulle sue modalità [Jang, 2010].

1.2 Prospettive d'utilizzo della LIM per l'apprendimento scientifico

L'utilizzo della lavagna interattiva per simulazioni in campo scientifico non ha mostrato incrementi significativi nel rendimento rispetto all'utilizzo del solo laboratorio, ma ha spesso incoraggiato gli studenti a partecipare più attivamente alla lezione, creando interesse e coinvolgimento [Akbaş 2011]. Per contro è emerso come gli studenti ritengano che le simulazioni interattive e gli esperimenti virtuali siano preferibili agli esperimenti reali, in quanto permettono loro di visualizzare meglio i contenuti. Il rapporto tra tipo di attività cognitive e LIM deve essere oggetto di attenzione, perché non si confonda il tipo di attività (esperimento e misura con simulazione) con lo strumento. La produzione di materiali per la LIM è un'esigenza, assoluta spesso in modo locale poco esportabile dagli insegnanti. Le potenzialità della LIM declinate tenendo conto di aspetti di ricerca cognitiva sono state prese in esame indagando [Stoica 2011] il modo in cui gli insegnanti possono promuovere un apprendimento interattivo in fisica e stimolare il potenziale creativo degli studenti, secondo la teoria del carico cognitivo. Il ruolo dell'insegnante emerge come quello di colui che mette in evidenza le mancanze nella integrazione di contesti e favorisce il passaggio dal fenomeno quotidiano alla sua descrizione scientifica, formula domande e fornisce risposte, coinvolge anche gli studenti meno attivi nel processo di apprendimento. Un altro punto da considerare è l'integrazione della LIM con altri dispositivi tecnologici, che possono venire in tal modo potenziati: ad esempio, essa può essere utilizzata per visualizzare dati e grafici ottenuti in tempo reale durante un esperimento assistito dal calcolatore. In una simile attività sperimentale, lo studente ha la possibilità di osservare l'evoluzione in tempo reale di una quantità fisica, e la LIM può aumentare l'interattività dell'osservazione. La LIM offre molti vantaggi per gli insegnanti che comprendono la capacità di manipolare oggetti in tempo reale ed i vantaggi della pianificazione a lungo termine delle risorse. La proposta ad insegnanti di attività significative per l'apprendimento che la LIM favorisce assume quindi rilevanza anche rispetto alla potenzialità e qualità della didattica.

2. Il contesto dell'attività

A partire dall'analisi delle potenzialità della LIM per gli apprendimenti scientifici sono state selezionate quelle che favoriscono la costruzione del

pensiero formale. Esse costituiscono esempi che possono essere trasferiti ad ambiti tematici diversi, una volta chiarito il ruolo giocato dalle funzionalità della LIM. In quanto esempi di integrazione degli strumenti per il miglioramento delle conoscenze scientifiche, esse sono state presentate ai futuri insegnanti di scuola Primaria al secondo anno del corso di laurea in Scienze della formazione dell'Università di Udine per la messa a punto delle modalità di impiego. Le proposte hanno tratto spunto da precedenti ricerche, che hanno portato a produrre percorsi didattici validati per un apprendimento della fisica con metodologie di tipo "learning by inquiry", [Mc Dermott, 1996]. Esse sviluppano percorsi di apprendimento verticali a partire dalle prime esplorazioni della realtà fenomenologica e avviano nella scuola di base la costruzione del pensiero interpretativo formale dei fenomeni [Magnoler et al 2008, Michelini e Mossenta 2010]. I percorsi sono stati progettati nel quadro del "Model of Educational Reconstruction" (MER) [Duit, 2007], tenendo conto dei significati disciplinari da ricostruire in prospettiva didattica sulla base delle modalità di apprendimento degli studenti. L'organizzazione delle sequenze, per micro passi concettuali, secondo una strategia focalizzata sull'analisi di situazioni sperimentali semplici e vicine al quotidiano, ha permesso di rivisitare i percorsi per accentuare attraverso l'utilizzo della LIM le potenzialità di formalizzazione da affiancare all'analisi fenomenologica e alla costruzione dell'interpretazione. In tal modo si è dato spazio, implicitamente, anche alla trattazione della metodologia della fisica, che a partire dall'analisi fenomenologica costruisce un'interpretazione che viene formalizzata in modelli. Parallele ricerche sulla formazione insegnanti hanno indagato modalità di realizzazione della Conoscenza Pedagogica del Contenuto, PCK [Shulman, 1987], in particolare per futuri insegnanti di scuola primaria, e hanno costituito la base metodologica di lavoro: ai futuri insegnanti (136) il percorso didattico era stato proposto nell'ambito di un laboratorio didattico focalizzato sui nuclei fondanti ed i nodi disciplinari e di apprendimento, facendo ripercorre agli studenti stessi le tappe di costruzione dell'interpretazione; in tale sede gli studenti hanno prodotto riflessioni sulla proposta analizzata e delineato elementi di rielaborazione progettuale, oltre a costruire un'interpretazione fenomenologica sotto forma di modello, discussa a livello collettivo. Le attività con la LIM sono state svolte in piccolo gruppo (max 10 persone). La ricerca in questa fase è consistita in uno studio di fattibilità in merito a come la LIM aiuta e potenzia i processi cognitivi quando si propongono specifiche attività basate sulla rappresentazione grafica ed iconografica nell'interpretazione di fenomeni e come essa favorisca lo scambio di ragionamenti e la costruzione di modelli cognitivi. Si presentano qui le attività proposte in tale studio di fattibilità, rinviando ad altra sede l'analisi del processo.

3. Esempi di attività

3.1 Elettrostatica

Numerose ricerche sui circuiti elettrici [Duit, 2006] hanno evidenziato difficoltà di apprendimento e la necessità di correlare il contesto elettrostatico e quello elettrodinamico, in una prospettiva di integrazione degli aspetti macroscopici e microscopici per costituire una base interpretativa comune dei due ambiti [Psillos, 1998]. Sono state proposte attività a gruppi, in cui lo studio della fenomenologia è stato affiancato a modellizzazioni visualizzate al computer [Otero, 2003]; tali attività hanno consentito il coinvolgimento dei pari a livello di piccolo gruppo, senza poter dare spazio al gruppo classe nel complesso e ad una ampia condivisione dei problemi e dei significati che emergono dalla loro soluzione collaborativa. L'utilizzo della LIM offre la possibilità di un coinvolgimento globale. Nella nostra ricerca la LIM è stata proposta come esercitazione di un'ora per i futuri insegnanti di scuola primaria (gruppi di 10 studenti al secondo anno della Facoltà di Scienze della Formazione Primaria) prima come strumento di ricostruzione dell'agito sperimentale (già vissuto in precedenza attraverso una rassegna del percorso di apprendimento) e quindi di costruzione dell'interpretazione della fenomenologia, in prospettiva sia macroscopica che microscopica (vedi Fig.1). Sul piano dell'esemplificazione dell'utilizzo degli strumenti della fisica si è utilizzata la LIM per una concretizzazione (a partire dalla rappresentazione degli enti interpretativi) delle procedure che permettono, una volta costruito un modello interpretativo di un fenomeno osservato, di isolarlo dallo specifico oggetto di studio e di trasferirlo ad altri fenomeni, così da validarlo fino ad attribuirgli una valenza interpretativa globale e da arricchirlo e specificarlo via via sulla base della fenomenologia specifica. Un primo esercizio, portato a termine dagli studenti stessi, ha riguardato la richiesta di individuare il collegamento tra un'azione fatta sui sistemi e un comportamento in seguito osservato: alcune immagini di strisce di nastro adesivo su alcune superfici sono state proposte insieme a immagini di coppie di strisce che si allontanano e che si avvicinano. Sul piano metodologico si distingue a) l'azione fatta sui sistemi dal loro comportamento, collegando con la penna le strisce sulla superficie con quelle sospese (gioco del prima e del dopo) e b) il piano descrittivo da quello interpretativo, individuando, dopo aver fatto l'esperienza di strappo, una repulsione (o un'attrazione) delle strisce come interazione responsabile dell'osservato allontanamento (o avvicinamento). Sul piano dei contenuti, si affronta il problema della distinzione tra i due stati diversi del nastro adesivo strappato e le preparazioni diverse che li hanno determinati o, equivalentemente, della possibilità di esistenza di due soli stati elettrizzati, distinguendo la provenienza da superfici di diversa natura che produce comunque lo stesso stato (come si evince dalla repulsione, riconosciuta in precedenza come indice dello stesso stato dei sistemi a seguito dell'osservazione dell'identica preparazione su di essi) dalla provenienza da superfici diverse che produce stati diversi (che esitano in attrazione). In questa differenziazione di superfici si declinano ed emergono: la distinzione,

riconducibile all'ambito dinamico ma estesa a quello statico, tra conduttori e isolanti, ritenuti materiali diversi anche rispetto all'elettrizzazione (in modalità diverse: dall'idea che solo una delle due tipologie elettrizzi, equi-ripartita tra esse, a quella che le due tipologie di elettrizzazione siano diverse); e ancora la separazione tra natura e stato assunto dal sistema, che è riconducibile alla tipologia della coppia nel processo di elettrizzazione e non alla natura dell'oggetto che si elettrizza, oltre che una modalità cognitiva per cui a differenze di "causa" sono associate differenze di "effetto". La ricostruzione dell'agito permette quindi di discutere i nodi di apprendimento, che emergono anche nel corso della rivisitazione dell'interpretazione, ma possono venire superati attraverso la condivisione e la discussione tra pari consentita dalla lavagna. La successiva discussione sulla richiesta di rappresentazione dei modelli dell'agito mette in evidenza alcune caratteristiche della formalizzazione: in un modello macroscopico il cambio di stato viene indicato modificando il colore degli oggetti (agendo su una fotografia del fenomeno in atto) o rappresentando dei simboli su di essi o ancora rappresentandoli con un segmento colorato, modalità ove emerge la selezione che ha escluso caratteristiche fisiche irrilevanti per l'analisi del fenomeno dal punto di vista elettrostatico.



Fig.1 – Attività degli studenti alla LIM su esperimenti di elettrostatica: individuazione del legame tra tipologia di preparazione e effetto di interazione e rappresentazione di modelli del fenomeni.

Se dal modello macroscopico si passa al microscopico, il cambiamento dello stato emerge come grado di contenimento di enti, le cariche, responsabili della proprietà macroscopica che permette agli oggetti di interagire: da un modello semplice in cui ciascuna tipologia di oggetto elettrizzato "contiene" una tipologia di ente (visualizzato con macchie colorate, di 2 colori a seconda della tipologia)

La LIM per favorire l'apprendimento: proposte di attività per futuri insegnanti primari sui fenomeni elettrostatici e magnetici

si arriva ad un'idea dello stato elettrico della materia neutra come composizione equilibrata di due tipologie di carica; nel variare il bilancio di cariche i sistemi si elettrizzano come sistemi locali conservando tuttavia a livello di sistema globale sotto esame (strisce di nastro adesivo, sia strappate da una superficie che tra loro, cannuce e panno ecc.) la carica complessiva presente prima dell'interazione prodotta nel contatto che esita in elettrizzazione. Si arriva quindi a visualizzare non solo gli stati (macroscopici o microscopici come esito dell'interpretazione della fenomenologia) ma anche i processi che tali stati hanno determinato.

3.2 Elettromagnetismo

I bambini costruiscono spontaneamente differenti modelli interpretativi di fenomeni magnetici ed elettromagnetici [Borges e Gilbert, 1998, Erickson, 1994]. In particolare molti alunni rappresentano spontaneamente i rapporti in forme relazionali non avendo accesso a una visione più globale della fenomenologia (Michellini e Viola, 2009). La necessità di far sì che gli alunni possano sviluppare modelli interpretativi scientifici coerenti ed organici delle situazioni fisiche proposte ha posto l'accento sulla necessità di sviluppare, progettare ed implementare interventi formativi che permettessero di costruire il modello fisico della realtà partendo dalla realtà stessa. In fisica, questo passaggio è uno dei passaggi più difficili da realizzare e il ruolo che la LIM può giocare nello sviluppo di ciò è fondamentale. Il ruolo della LIM di promotore dell'attività cooperativa affiancata alla possibilità di lavorare graficamente su più *layer* sovrapposti a partire da immagini reali catturate dai fenomeni, fa sì che essa risulti essere lo strumento ideale per supportare questo processo di modellizzazione.

La proposta qui descritta è stata sperimentata nel corso di Didattica della Fisica tenutosi nell'Anno Accademico corrente presso la Facoltà di Scienze della Formazione ad Udine a gruppi di 10 studenti, come nel caso precedente.

Le situazioni proposte sono l'interazione tra due magneti, le interazioni tra un magnete ed una bussola e le interazioni tra un magnete ed un pezzo di ferro. Tramite una webcam, le situazioni reali sono state visualizzate sulla LIM acquisendone i video e, utilizzando il ferma immagine, gli studenti coinvolti hanno disegnato la loro proposta di rappresentazione esplicativa del fenomeno sovrapponendola alla situazione reale. Dopo questa prima fase di raccolta delle differenti idee è seguita una discussione che ha permesso di evidenziare pregi e difetti di ciascuna rappresentazione e di individuare per ciascuna di essa il piano interpretativo corrispondente. Inoltre, grazie alle possibilità offerte dalla LIM di sovrapporre più *layer* sulla medesima situazione reale, e, raggruppando i modelli interpretativi aventi il medesimo livello interpretativo in *layer* uguali, si è potuto analizzare esplicitamente le differenti interpretazioni e ciò ha permesso di andare ad individuare quelli che sono gli elementi chiave presenti nella descrizione del fenomeno e che risultano essere gli elementi fondanti del modello del processo. La possibilità poi di sovrapporre il medesimo modello esplicativo a situazioni sperimentali diverse da quella precedentemente

considerata ha permesso inoltre di sottolineare la portabilità dei modelli proposti e di andare ad esplicitare in modo operativo analogie tra situazioni reali apparentemente diverse. La LIM in questo processo gioca il ruolo di facilitatore costruendo un ponte tra la realtà e i segni iconografici fatti dagli studenti e che sono rappresentativi della loro rappresentazione.

In figura 2 sono rappresentate le soluzioni proposte con alcuni esempi di rappresentazione del processo interpretativo messo in campo dagli studenti. Nella rappresentazione in alto a sinistra si vede come lo studente abbia rappresentato l'azione tra i poli vicini come delle frecce discordi; in quella in alto a destra lo studente ha invece rappresentato la situazione finale in cui i due magneti rimangono attaccati. Queste due rappresentazioni, molto differenti sul piano interpretativo rappresentano due approcci differenti nell'analisi del fenomeno la cui sovrapposizione su livelli diversi è fondamentale per la costruzione di un modello coerente. La LIM permette tramite la sua versatilità e la sua capacità di promuovere la discussione tra i componenti della classe di effettuare esplicitamente questa sintesi.

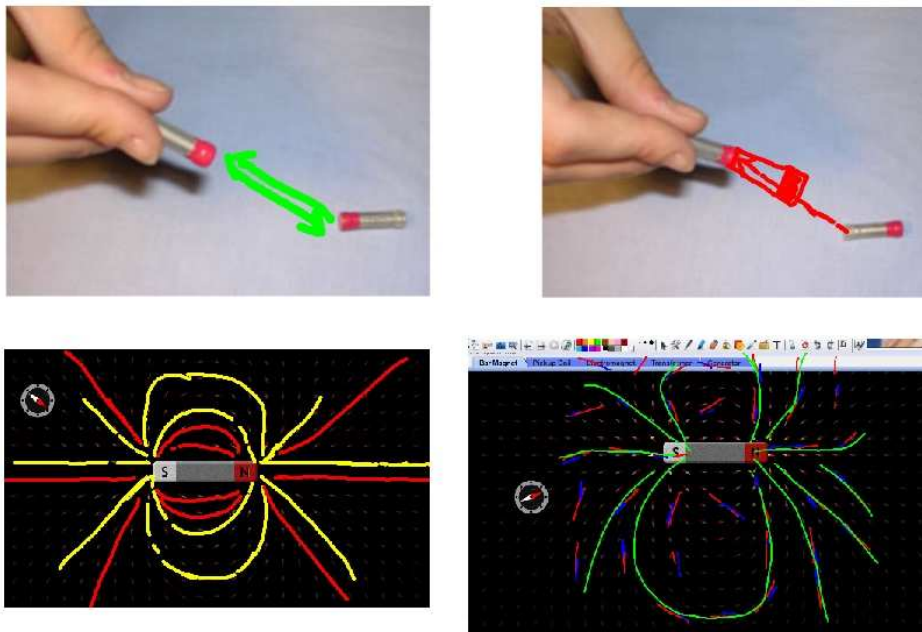


Fig.2 – Attività degli studenti alla LIM su esperimenti di elettromagnetismo

Un altro significativo esempio di attività è rappresentato dalla costruzione delle linee di orientazione dell'ago di una bussola nell'intorno di un magnete, quando vengono poste a confronto con quelle che appaiono in una simulazione della stessa situazione con una piattaforma di bussole (Fig. 3). Le linee

La LIM per favorire l'apprendimento: proposte di attività per futuri insegnanti primari sui fenomeni elettrostatici e magnetici
diventano strumenti interpretativi del campo magnetico e delle sue caratteristiche per la costruzione iconografica di significati concettuali prima ancora che formali, come nel caso del flusso di campo magnetico ed il riconoscimento della sua natura di pseudovettore.

3. Conclusioni

Le potenzialità della LIM vanno orientate sul piano disciplinare e didattico perché le peculiarità specifiche siano poste a sostegno dell'apprendimento. Il raccordo con la fenomenologia mediante immagini di situazioni e l'utilizzo della rappresentazione iconografica *multilayer* favorisce con la LIM l'interpretazione e la costruzione del pensiero formale. Attività nel campo dell'elettrostatica e del magnetismo proposte con la LIM a piccoli gruppi di futuri insegnanti di scuola primaria per uno studio di fattibilità a tal proposito hanno avuto il duplice scopo di formare alla disciplina gli studenti coinvolti e di fornire loro spunti di attività da poter utilizzare nelle progettazioni personalizzate e da effettuare in classe. La ricerca delle cooperazione tra pari, che è risultata inizialmente un po' difficoltosa per una certa ritrosia degli studenti ad esporsi è stata gradualmente superata con la LIM. Non sono apparse difficoltà di ordine operativo. La modalità grafica e dinamica di visualizzazione dei modelli e degli enti interpretativi formali favorisce un canale comunicativo efficiente tra i pari e non solo tra studente e docente: da un lato l'espressione delle idee dello studente perde di ambiguità in conseguenza dell'utilizzo del canale espressivo visuale accanto a quello verbale; dall'altro la condivisione dei significati nel gruppo viene semplificata perché la comunicazione è arricchita. Resta da analizzare il complesso di comportamenti degli insegnanti in formazione nelle attività LIM, da studiare come essi traspongono queste attività nelle progettazioni didattiche e quali significati disciplinari o modelli sono stati modificati attraverso la formalizzazione proposta con la LIM.

Ringraziamenti

Si ringraziano Massimo Faggioli dell'INDIRE per le utili discussioni e la ditta Promethean ltd per le risorse messe a disposizione e l'aiuto tecnico.

Bibliografia

[AKBAS 2011] Akbas O., e Pektas, H. M., The effects of using an interactive whiteboard on the academic achievement of university students. Asia -Pacific Forum on Science Learning and Teaching, 12, 2, Article13, 2011, 1-18.

[Borges, & Glibert, 1998] Borges, A. T., e Glibert, J. K., (1998). Models of magnetism. International Journal of Science Education, 20 (3) 361 -378.

[DUIT 2007] Duit, R., Science education internationally: Conceptions, research methods, domains of research. Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 3, 1, 2007 3-18.

[ERICKSON, 2004] Erickson, G., Pupil's understanding of magnetism in a practical assessment context: the Relationship between content, process and progression, in Fehsham P., Gunstone R., e White R. (Eds.), *The content of Science*, Falmer, London 1994.

[GLOVER 2005] Glover D., Miller D., Averis D., Door V., *The interactive whiteboard: a literature survey*. *Technology, Pedagogy and Education* 14, 2, 2005, 155–170.

[ILYAS 2004] Ilyas M. A. B., e Al-Tabtabaie A. M., *Improving Knowledge Delivery and Information Retention through 'Smarter' Interactive Whiteboards*, *Proc. of International Conference on Computers in Education 2004*.

[JANG 2010] Jang, S. J., *Integrating the interactive whiteboard and peer coaching to develop the TPACK of secondary science teachers*. *Computers & Education* 55, 2010,1744-1751.

[MAGNOLER, 2008] Magnoler P., Michelini M., Mossenta A., Santi L., *Una ricerca-azione verso la carica elettrica*. *La Fisica Nella Scuola*, XLI, 3 Supplemento, 2008, 77-83

[MICHELINI 2009] Michelini M., Viola R., *Esperimenti semplici Hands-On Minds-On di elettromagnetismo*. *La Fisica nella Scuola*, XLII, 3 Supplemento, 2009, 151-157.

[MICHELINI 2010] Michelini M., Mossenta A., *Esplorare i fenomeni elettrici*, at http://www.treccani.it/Portale/sito/scuola/in_aula/fisica/elettricità/michelini_mossenta.html

[MICHELINI, 2010] Michelini M, 2010, *Building bridges between common sense ideas and a physics description of phenomena to develop formal thinking*, *New Trends in Sci Tech Edu*. CLUEB, Bologna 2010, ISBN 978-88-491-3392-9, p.257-274

[MC DERMOTT 1996] McDermott L. C. *Physics by inquiry*. John Wiley & Sons, 1996.

[MOSS 2007] Moss G. et al, *The Interactive Whiteboards, Pedagogy and Pupil Performance Evaluation: An Evaluation of the Schools Whiteboard Expansion (SWE) Project*: London Challenge, Research Report RR816, 2007.

[OTERO 2003] Otero V. *Cognitive Processes and the Learning of Physics Part I: The evolution of knowledge from a Vygotskian perspective*, in Vicentini M. e Redish E.F. (eds) *Proc. of the International School of Physics "Enrico Fermi"*, Varenna, Italy, IOS Press, Amsterdam, 2003, 409-446

[PSILLOS 1998] Psillos D., *Teaching Introductory Electricity in Tiberghien A., Jossem E., & Barojas J. (eds.), Connecting Research in Physics Education with Teacher Education An I.C.P.E. Book 1997,1998, sezione 4*

[ROBINSON 2008] Robinson A., *Easy Implementation of Internet-Based Whiteboard Physics Tutorials*. *The Physics Teacher*, 46, 2008.

[SHULMAN 1987] Shulman, L.S., *Knowledge and teaching: Foundations of the new reform*. *Harvard Educational Review*, 57,1, 1987, 1-21.

[STOICA 2011] Stoica D. et al, *The interactive whiteboard and the instructional design in teaching physics*, *Procedia Social and Behavioral Sciences* 15, 2011, 3316–3321.