

# L'uso dei Clicker per il personale coinvolgimento degli studenti di scienze della formazione nell'apprendimento della fisica

Sri R.C.P. Challapalli, Giuseppe Fera, Marisa Michelini, Alessandra Mossenta, Emanuele Pugliese, Lorenzo Santi, Alberto Stefanel, Stefano Vercellati<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unità di Ricerca in Didattica della Fisica, Università degli Studi di Udine

Via delle Scienze 206, 30100 Udine

prasad.challapalli@uniud.it, giuseppe.fera@uniud.it, marisa.michelini@uniud.it,  
alessandra.mossenta@tin.it, lorenzo.santi@uniud.it, alberto.stefanel@uniud.it,  
stefano.vercellati@uniud.it

*Le TIC offrono strumenti per realizzare ambienti didattici in cui si attiva il necessario coinvolgimento personale degli studenti per realizzare efficaci percorsi di apprendimento. Nel contesto dei corsi di Didattica della Fisica sono stati realizzati moduli formativi su diverse tematiche di fisica basati sull'integrazione di diversi strumenti multimediali e in particolare utilizzando risponditori automatici personali (Clicker). Se ne discutono le potenzialità generali nella formazione in fisica di base presentando i casi di elettrostatica, elettromagnetismo, fluidi.*

## 1. Introduzione

Le nuove tecnologie dell'informazione e comunicazione offrono importanti strumenti per l'apprendimento scientifico e della fisica consentendo l'implementazione di ambienti di apprendimento sia in presenza, sia a distanza [Michelini, Lambourne e Matelitsch, 2010; Michelini et al., 2010; Stefanel, 2010], che favoriscono l'interattività [Astin, 1984; Bednar et al., 1991; Whitney, 2011], la partecipazione diretta e attiva degli studenti [Bochicchio et al., 2005; Michelini, Stefanel, 2005], l'apertura di nuovi percorsi di apprendimento, nuove strategie di didattica attiva [Dancy, Beichner, 2006; Sokoloff, 2011]. Strumenti di questo tipo sono le lavagne interattive multimediali (LIM), che si stanno oramai rapidamente diffondendo nelle scuole italiane, e i cosiddetti clicker o strumenti personali di risposta in tempo reale (Classroom o personal response system), che sono oramai molto diffusi nell'America del Nord e che hanno appena fatto la comparsa nel panorama italiano. I clicker in particolare costituiscono efficaci strumenti per realizzare quel coinvolgimento personale nel processo formativo essenziale per un efficace apprendimento [Gagne, 1977; Fisher et al., 1980; Astin, 1984], particolarmente importante in ambito scientifico [Bednar et al., 1991; Merrill, 1992; Bybee, McCrae, 2011].

In questo contributo vengono discusse alcune potenzialità generali dei clicker in particolare nella formazione di ambito scientifico e vengono presentate tre esemplificazioni di come sono state progettate, presentate e applicate attività formative con 132 studenti di scienze della formazione dell'Università di Udine sulla fisica di base, realizzate con i clicker nel contesto di micromoduli tematici sull'elettrostatica, l'elettromagnetismo, i fluidi.

## **2. I clicker nella didattica scientifica**

Gli strumenti di risposta in tempo reale (clicker) sono una nuova opportunità che la tecnologia ha sviluppato per la gestione interattiva delle attività didattiche. Si basano sull'utilizzo di: A) una serie di tastierine alfanumeriche (i clicker); B) un trasmettitore collegato via USB al PC e l'elaboratore stesso che gestisce l'acquisizione dei dati con software appositamente realizzati. Operativamente i clicker consentono di attuare un semplice ciclo basato sui seguenti tre passi: A) proposta di una domanda, presentandola ad esempio su una diapositiva proiettata e avvio della procedura di risposta; B) risposte utilizzando il clicker; C) chiusura della procedura di risposta, avviando la visualizzazione in genere automatica della statistica delle risposte. I quesiti che vengono utilizzati con i clicker prevedono risposte di tipo: A) Vero/Falso; B) scala di Likert (es. Pieno Accordo/Accordo/Parziale disaccordo/Completo disaccordo); C) scelta multipla (A-B-...-E o 1,2...5); D) ordinamento (ordina i seguenti oggetti o valori); E) numerico; F) testuale. Tutti i clicker prevedono le risposte riconducibili alla scelta multipla, essendo dotati almeno di 6 tasti, mentre solo i clicker che prevedono una tastierina alfanumerica consentono le risposte di tipo E e F. Sono ormai diffusi diversi sistemi che utilizzano direttamente il Laptop, il tablet e recentemente anche gli stessi cellulari al posto dei clickers commercializzati per svolgerne le funzioni.

La ricerca didattica ha evidenziato che i clicker possono essere un potente strumento per realizzare attività formative in classe risultando particolarmente efficaci nel supportare l'insegnante ad affrontare con gli studenti (anche a grande numero) i nodi cruciali di un percorso didattico in particolare in ambito scientifico, realizzare lezioni dialogate anche con classi numerose ovvero per attivare una comunicazione a livello meta cognitivo nella classe [Beatty 2011] o per analizzare specifici punti di un percorso educativo per stimolare la discussione ad esempio sui nodi concettuali tipici di una determinata tematica [Hobbs 2011]. Vengono anche in alcuni casi utilizzati per effettuare una valutazione formativa dell'apprendimento [Corrada-Emmanuel et al 2007] e anche per effettuare esperimenti statistici in tempo reale [Irons 2011]. Sono stati anche approntati interi moduli formativi di fisica con approcci tipici del problem solving, implementati con un uso sistematico e strutturato dei clicker, non limitati quindi a specifici momenti e passaggi delle lezioni [Lane 2011, Lindaas 2011].

Le ricerche sull'uso dei clicker hanno evidenziato l'efficacia di questi strumenti nel favorire l'interazione tra i diversi soggetti coinvolti nel processo formativo (docente e studenti), per quanto realizzati con approcci differenti

---

[Beatty 2011, Hobbs 2011]. Ad esempio uno stesso quesito può essere proposto realizzando il ciclo minimo: domanda, risposte, raccolta delle risposte; nuova domanda, come pure può essere integrato in una attività in cui le risposte date vengono discusse in piccoli gruppi (2-3 studenti) per una loro revisione critica ovvero per il raggiungimento di una risposta comune, che nasce dalla condivisione e critica delle risposte individuali [Whitney 2011; Cheng 2011; Stewart 2011]. La progettazione di una attività con i clicker richiede quindi una ampia fase preparatoria, nell'individuazione del nodo tematico che si vuole affrontare e come questo si collega alle altre parti dell'attività formativa, delle specifiche domande che si intendono porre su detto nodo e il relativo formato, dei tempi in cui si intende utilizzare i clicker, della strategia didattica con cui si vuole implementare l'interazione docente-studenti e l'interazione fra pari attraverso l'uso dei clicker, le modalità di discussione delle risposte date dagli studenti [Kortemeyer 2011].

Costituisce valore aggiunto di un'attività effettuata con i clicker, rispetto a una normale lezione in aula in cui si pone una domanda scrivendola alla lavagna o presentandola su una slide al computer, la possibilità di: a) far rispondere in modo effettivamente individuale a ciascuno studente, lavorando con un numero in linea di principio arbitrario di studenti, coinvolgendoli direttamente nel processo formativo; b) raccogliere in tempo reale le risposte ottenendo immediatamente la statistica di dette risposte; c) discutere in tempo reale l'esito con gli studenti; d) modificare il percorso formativo in base alle risposte rilevate; e) riproporre più volte lo stesso quesito (ad esempio prima individualmente e dopo che è stato effettuato un confronto tra pari, oppure in fasi o giorni diversi), potendo in tempo reale confrontare e commentare i diversi risultati. La necessità di effettuare una precisa progettazione dell'attività, per quanto non peculiare, è comunque elemento di valore [Beatty 2011].

### **3. Il trasferimento della carica elettrica con i clicker**

Nell'ambito del modulo formativo sull'elettrostatica, i clicker sono stati utilizzati con l'obiettivo di formare i futuri insegnanti a riconoscere, identificare e affrontare sul piano disciplinare i problemi di apprendimento in elettrostatica. Dopo aver vissuto personalmente le problematiche nella esplorazione sperimentale in cui è stato costruito il concetto di carica come stato dei corpi, sono stati esplorati con i clicker i diversi modelli e problemi interpretativi della fenomenologia, individuati dalla letteratura, in merito a: esistenza delle cariche anche negli oggetti allo stato neutro; loro ruolo nel trasferimento di carica, in cui emergono numerose difficoltà di apprendimento: [Guruswamy, 1997]. Il flusso di carica, che si attua ad esempio quando una sfera carica viene a contatto con un'altra sfera conduttrice, viene analizzato con ragionamenti locali basati sul concetto di forza, che non tengono conto degli effetti della distribuzione di carica sulle sfere e della sua influenza nel processo di trasferimento e della situazione di equilibrio che si raggiunge. In tal modo non trova spazio il fondamentale concetto di potenziale [Mc Dermott e Shaffer, 1992]. Le fasi di

lavoro sono state: iniziale discussione del percorso verticale di elettrostatica progettato e validato con studenti di ogni livello scolastico; questionario clicker sui nodi concettuali su cui tale percorso si incentra; discussione tra pari sui modelli utilizzati per rispondere ai singoli quesiti e di come si possono affrontare con gli studenti i nodi di apprendimento che essi sottendono.

Nel percorso didattico presentato nella prima fase si avvia la costruzione del concetto di carica studiando le interazioni tra oggetti opportunamente trattati. Si studia il passaggio di cariche elettrizzando per contatto sfere di dimensioni diverse e individuando nel corso dell'analisi del fenomeno la necessità di introdurre il potenziale, cui riferirsi per prevedere il trasferimento di carica. A partire da proposte di letteratura [Guruswamy, 1997], sono stati progettati quesiti implementati con i clicker per prevedere la distribuzione finale delle cariche date diverse situazioni iniziali (fig. 1).

Abbiamo a disposizione alcune sfere metalliche delle stesse dimensioni, fissate su sostegni di materiale plastico. Esse vengono elettrizzate, quindi poste a contatto per diversi secondi e infine separate. La carica presente sulle sfere (misurata in  $\mu\text{C}$ ) è indicata su di esse: un segno "+" o un "-" rappresenta una quantità di carica pari a  $1 \mu\text{C}$ .  
**PREVISIONE:** Quale sarà la carica finale sulle sfere nelle diverse situazioni proposte?  
**Situazione a) Sfera A:  $+8\mu\text{C}$ ; sfera B:  $+2\mu\text{C}$ .**

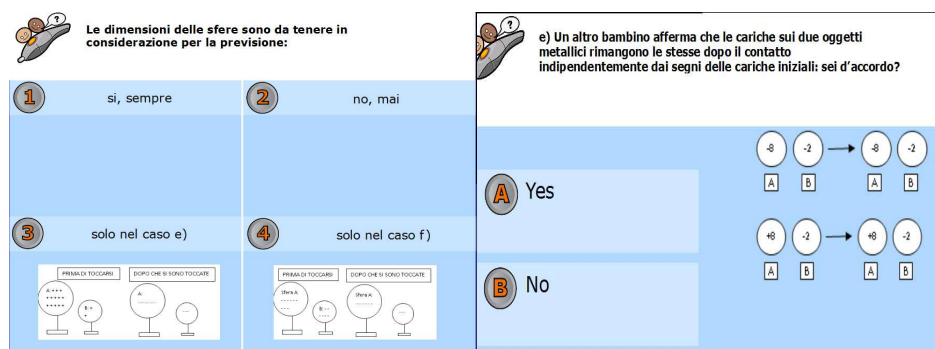
<b>A</b> La situazione resterà invariata	<b>D</b> A: ++++++++; B: 0
<b>B</b> A: +++++; B: +++++;	<b>E</b> A: 0; B: ++++++++
<b>C</b> A: +++; B: +++	<b>F</b> A: ++++++----; B: +++++;

Fig.1 – Tipico quesito sul trasferimento di carica elettrica con i clicker

Le risposte multiple proposte alla scelta sono caratteristiche di modelli di ragionamento differenziati, tra i quali i richiamati modelli basati sulla forza Coulombiana piuttosto che su un processo basato su flusso di carica. Si esprimono inoltre configurazioni di carica diverse pur a parità di quantità di carica netta finale, per fare emergere da un lato la possibilità che nel numero di cariche trasferite possano esservi cariche inizialmente non in eccesso, ma presenti nella sfera, dall'altro come la configurazione corretta si realizzi con movimento di carica negativa: In fig. 2 sono presentate due diverse tipologie di quesiti implementati, con risposte dicotomiche in merito ai processi analizzati.

La fase di consapevolezza deriva dalla discussione dei modelli fatta immediatamente dopo che gli studenti hanno risposto alle domande proposte, sulla base dei risultati complessivi che lo strumento dei clicker permette di visualizzare: le risposte sono distribuite in accordo con i dati di letteratura, anche se non nelle stesse proporzioni, probabilmente a seguito della precedente illustrazione del percorso. Gli studenti hanno modo di toccare con

mano sia l'effettiva presenza dei diversi ragionamenti messi in atto da loro stessi sia la loro natura. Questa fase ha anche uno scopo professionalizzante, infatti, a seguito di ogni domanda, è stato richiesto ai futuri insegnanti di descrivere come avrebbero spiegato il fenomeno ai loro studenti, e dopo la discussione è stato nuovamente richiesto quali cambiamenti avrebbero fatto nelle loro spiegazioni, con l'obiettivo di fondo di sviluppare in questi studenti, che non hanno esperienza pregressa d'insegnamento, una Conoscenza Pedagogica del Contenuto (PCK), [Shulman, 1987] tale da fargli prendere decisioni, didatticamente oltre che disciplinarmente fondate nella proposta ai ragazzi dei contenuti disciplinari.



**Fig.2 – Differenti tipologie di quesiti proposti per esplorare diverse situazioni fisiche esplorate con i clicker**

#### 4. Le interazioni magnetiche con i clicker

L'utilizzo dei clicker per le attività legate alla didattica dell'elettromagnetismo è stato implementato nell'ambito dello sviluppo di un percorso caratterizzato da una strategia di tipo PEC [Sokoloff 2011]. L'utilizzo dei clicker ha permesso di indagare per ogni studente l'evoluzione dei suoi ragionamenti quanto posto di fronte all'analisi di una situazione specifica mediante l'utilizzo di un approccio Inquired Based [McDermott 1996]. L'utilizzo dei clicker ha permesso di investigare, attraverso domande a risposta multipla, le previsioni e le osservazioni che gli studenti effettuano in merito a reali e specifiche situazioni problema proposte dalla cattedra con l'uso di proiezione da videocamera.

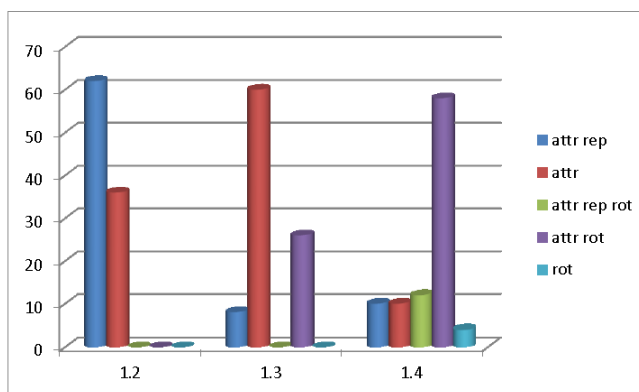
Di seguito s'illustrano le fasi di una tipica modalità, con cui, attraverso l'uso dei clicker, è stata proposta l'analisi di una specifica e significativa situazione reale. A) Agli studenti è stata presentata la semplice situazione reale in cui due magneti fissati su di due zatterine di polistirolo galleggianti in una vaschetta d'acqua vengono lasciati liberi di interagire (fig. 3). B) Si è chiesto di prevedere, in base alle proprie esperienze e conoscenze quali e quanti comportamenti si

possono osservare, una volta che i magneti vengono lasciati liberi. C) Raccolte le risposte di tutti gli studenti mediante i clicker, è stata data la possibilità a tutti di esplorare direttamente il fenomeno proposto. D) È stata ripetuta la medesima domanda del punto B. E) Una volta raccolti anche questi dati, si è proposta la discussione a grande gruppo sulla situazione, in cui tutti gli studenti erano liberi di esporre la propria idea e di confrontarla con quella degli altri. F) Si è ripresentata la medesima domanda e si sono raccolti i nuovi dati coi clicker.



**Fig.3 – La situazione sperimentale proposta alla previsione prima e alla osservazione poi degli studenti**

In Fig. 4 sono riportati i dati relativi alle 3 votazioni effettuate nelle tre fasi B), D), F) e numerate cronologicamente come 1.2, 1.3 e 1.4. Nelle tre fasi caratteristiche di quest’attività (previsione B), esperimento D), discussione F)), le opinioni degli studenti evolvono in modo evidente (le tre distribuzioni sono significativamente diverse) e questa evoluzione non è regolata da un gradiente di evoluzione costante. Ad esempio le risposte in cui si ritiene che vi sia solo attrazione aumentano dopo la fase osservativa, diminuiscono fino a un valore minio (10%) dopo la discussione a grande gruppo.



**Fig.4 - Risposte degli studenti alle domande 1.2, 1.3 e 1.4. (attr = attrazione, rep = repulsione, rot = rotazione)**

## 5. Approccio PCK con l'uso dei clicker sui fluidi

Nel contesto dei fluidi si è progettata un'attività con i clicker che implementa una strategia di tipo PCK [Shulman 1986] nell'analisi dei nodi concettuali sugli stati dei fluidi. L'attività s'integra con quella dell'analisi di un percorso didattico che a partire dal riconoscimento delle proprietà che caratterizzano solidi, liqui, gas, si esplora una sequenza di singole situazioni problemi, ciascuna focalizzata su un nodo concettuale, si costruisce il concetto di pressione come organizzatore cognitivo della fenomenologia dei fluidi in equilibrio, attraverso un processo di modellizzazione attivato dall'analisi del comportamento di fluidi reali e modelli oggettuali delle stesse situazioni realizzate con palle morbide e palle rigide (fig. 5) [Imperio e Michelini, 2004].

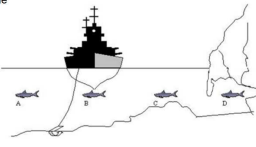


**Fig.5 – Dal fluidi ideale al modello a palloncini pieni d'acqua a quello a palle di gommapiuma per comprendere la trasmissione della pressione nei liquidi**

Le attività con i clicker, sono state progettate con strategie di formazione insegnanti di tipo PCK, in particolare per quello che riguarda l'analisi di tipiche situazioni utilizzate in letteratura per attivare la costruzione di competenze sugli specifici contenuti (Content Knowledge – CK) e una esplorare dei correlati problemi di apprendimento degli studenti sui nodi concettuali esplorati, facendo avere esperienza di come si manifestano nelle risposte stesse degli studenti.


Nella figura i quattro pesci si trovano alla stessa profondità.

Quale tra le seguenti asserzioni è corretta?  
 A) Il pesce A è soggetto alla pressione maggiore  
 B) Il pesce B è soggetto alla pressione maggiore  
 C) Il pesce C è soggetto alla pressione maggiore  
 D) Il pesce D è soggetto alla pressione maggiore  
 E) Tutti i pesci sono soggetti alla stessa pressione




Nella figura i quattro pesci si trovano alla stessa profondità.

«Dato che [i pesci] sono alla stessa profondità, dovrebbero sopportare la stessa pressione. Tuttavia, l'acqua che si trova sopra al pesce A in mare aperto è una massa più grande di quella che si trova sopra al pesce nella grotta. In mare aperto il pesce è soggetto a una pressione maggiore»  
 «Il pesce sotto alla nave ha sopra l'intera nave e quindi è soggetto a una pressione più grande di quella del pesce A»  
 «Il pesce C ha meno acqua sotto e quindi la colonna d'acqua è minore»  
 «Il pesce A e il pesce C hanno la stessa quantità d'acqua sopra e la stessa pressione. Il pesce B e D hanno pressioni minori, ma non saprei dire quale è più grande»



Nella figura i quattro pesci si trovano alla stessa profondità.

«Dato che [i pesci] sono alla stessa profondità, dovrebbero sopportare la stessa pressione. Tuttavia, l'acqua che si trova sopra al pesce A in mare aperto è una massa più grande di quella che si trova sopra al pesce nella grotta. In mare aperto il pesce è soggetto a una pressione maggiore»



- 1) La pressione dipende dal peso della colonna di liquido soprastante
- 2) La pressione a cui è soggetto un corpo immerso in acqua aumenta quando sulla superficie dell'acqua galleggia un corpo pesante
- 3) La pressione dipende dall'altezza dal fondo del corpo immerso
- 4) All'interno di un ambiente chiuso un fluido ha una pressione maggiore perché è compresso dalle pareti dell'ambiente stesso.

**Fig.6 – Quesito di tipo CK e PCK per uno specifico nodo (il principio di Pascal)**

In fig.6 è riportato un esempio di quesito proposto nelle tre fasi con cui è stato presentato: a) la situazione problema proposta (il confronto della pressione a cui sono soggetti dei pesci che si trovano a uguale profondità, in diverse posizioni), b) le risposte tipiche da letteratura in merito a queste domanda; c) L'identificazione dei problemi di apprendimento che ciascuna di esse sottendono (il quesito è riadattato da [Besson, Viennot 2003]).

Nella prima fase i docenti in formazione affrontano il nodo concettuale esplorato con il quesito proposto. Con i clicker rispondono al quesito di tipo CK in base alle proprie conoscenze. Nella seconda fase analizzano alcune tipiche risposte degli studenti valutandole in termini di completo accordo/parziale accordo/parziale disaccordo/completo disaccordo. Nella terza fase associano a ciascuna risposta tipica degli studenti (colonna di sinistra) il nodo che essa sottende (colonna destra). La seconda e terza fase vengono intercalate da discussioni a grande gruppo in cui i docenti in formazione discutono le rispettive idee. Votazioni intermedie sulle stesse domande possono essere implementate con modalità analoga a quella vista nel caso del modulo di magnetismo.

## 6. Conclusioni

I clicker o strumenti personali di risposta in tempo reale sono oramai ampiamente impiegati nella didattica scientifica in tutta l'America del Nord e diversi studi ne evidenziano l'efficacia sia per indagare in tempo reale specifici



nodi concettuali coinvolgendo personalmente studenti in grandi gruppi, sia attività formative più sistematiche e sia attività di valutazione formativa.

Sono stati utilizzati con modalità diverse nei moduli tematici del corso di didattica della Fisica nel contesto del corso di laurea in scienze della formazione primaria dell'Università degli Studi di Udine. Le attività sono state condotte con un gruppo di 132 futuri insegnanti di scuola primaria. Sono state presentate tre esemplificazioni su: il trasferimento di carica elettrica; l'interazione tra magneti; la pressione nei fluidi.

Nel primo caso l'attività con i clicker è stata focalizzata sull'analisi di tipici quesiti usati nelle ricerche sui processi di apprendimento per esplorare prima e discutere poi i nodi concettuali coinvolti nei diversi punti, i modelli dei processi che rendono conto dei processi esaminati, l'analisi e discussione di come intervenire in classe per affrontarli.

Nel secondo esempio i clicker sono stati impiegati per proporre tre volte successive lo stesso quesito: la prima volta per prevedere l'esito su una situazione proposta realmente dalla cattedra; la seconda volta per riportare l'esito delle osservazioni fatte durante la personale esplorazione della situazione; la terza in seguito alla discussione a grande gruppo sul nodo esplorato.

Nel terzo caso i clicker sono stati utilizzati per implementare una strategia PCK per far confrontare i docenti in formazione con specifici nodi concettuali e le correlate PCK, in particolare correlate ai modi tipici con cui si manifestano i problemi degli studenti nelle loro stesse risposte, riprese dalla letteratura. La nostra ricerca sull'uso dei nuovi strumenti multimediali si è focalizzata in questo lavoro soprattutto sulla esplorazione dei modi con cui si possono utilizzare i clicker per una didattica attiva. I pochi dati qui presentati sull'esito delle attività formative mirano a esemplificazione l'impatto. Una presentazione organica dei risultati sarà oggetto di futuri lavori.

## Ringraziamenti

Si ringrazia la ditta Promethean che ha messo a disposizione dell'Unità di Ricerca in Didattica della fisica di Udine i risponditori ActivExpression.

## Bibliografia

[ASTIN,1984] Astin, A. W. Student involvement: A development theory for higher education. *Journal of College Student Personnel* 25, 1984, 297-308.

[BEDNAR ET AL. 1984] Bednar A.K., Cunnigam D., Duffy T.M., Perry J.D, Theory into practice. in *Instructional technology*, J.C. Angelin ed., Libraries Unl.Englewood,1991;

[BEATTY 2011] Beatty I, Teaching with Clickers: How, for What, and with What Mind-Set?, University of North Carolina Greensboro, Greensboro, <http://ianbeatty.com/aapt-2011> .

[BESSON e VIENNOT 2003] Besson U. and Viennot L. (2003) Pressure in Fluids in the Presence of Gravity. In Viennot L. Teaching physics, Dordrecht (The Netherlands), Kluwer Academic Publishers, ISBN 1-4020-1275-6 (HB) and 1-4020-1276-4 (PB), Chap. 3, pp.75-120.

[BOCHICCHIO 2005] Bochicchio M, Longo A., Michelini M., Stefanel A. Learning Objects for Blended Activities and Pre-Service Teachers Formation in Physics, . R. Pintò, D. Couso, CRESILS, Barcelona, 2005.

[BYBEE, MCCRAE 2011] Bybee R.; Mccrae B. Scientific Literacy and Student Attitudes: Perspectives from PISA 2006 SIJSE, 33, 1, 2011, 7–26.

[CHENG 2011] Cheng K., A. Pietan, M. Calglar, and H. Dulli, Integration of Computer-based Pre-, in and Post-lecture Activities in Physics, AAAPT 2011, Omaha, 30 July-3 August, 2011. .

[CORRADA-EMMANUEL 2007] Corrada-Emmanuel, A., Beatty, I. D., & Gerace, W. J. Group Discovery with Multiple-Choice Exams and Consumer Surveys: The Group-Question-Answer Model, Dep. of Comp.Science, Univ. of Massachusetts Amherst, 2007.

[DANCY, BEICHNER 2006] Dancy M. and Beichner R., Impact of animation on assessment of conceptual understanding in physics, PRST Phys. Educ. Res. 2, 2006,

[FISHER 1980] Fisher, C. W., Berliner, D., Filby, N., Martiave, R. Cahen, L., & Dishaw, M., Teaching behaviors, academic learning time and student achievement. In C. Denham & A. Lieberman (Eds.), Time to learn. Washington, DC: NIE, 1980.

[GAGNE 1977] Gagne, R. M.,The conditions of learning. (3rd ed.). New York: Holt, Rinehart and Winston, 1977.

[GURUSWAMY 1997] Guruswamy C., Students' understanding of the transfer of charge between conductors. Physics Education 32 ,2, 1997 91-96

[HOBBS 2011] Hobbs R., Blurring the Lines: ILD's (and Other Activities) in an Integrated Lecture-Lab Environment, WS at AAAPT 2011, Omaha, 2011.

[IMPERIO e MICHELINI 2006] Imperio A, Michelini M , I fluidi in equilibrio: una proposta didattica basata su un percorso di esperimenti, Forum, Udine, 2006.

[IRONS 2011] Irons, S. H., The Monty Hall Problem Using Clickers, communication at AAAPT 2011, Omaha, 30 July-3 August, 2011.

[KORTEMAYER 2011] Kortemeyer G., The Assessment Continuum – Before, in, and After Lecture, AAAPT 2011, Omaha, 30 July-3 August, 2011.

[LANE 2011] Lane W. B. Self-Reported In-Class Emotional, AAAPT 2011, Omaha, 30 July-3 August, 2011.

[LINDAAS 2011] Lindaas S., A research methodology for Using Clickers, WS presented at AAAPT 2011, Omaha, 30 July-3 August, 2011.

[MC DERMOTT e SHAFFER 1992] McDermott, L. C., Shaffer, P. S., Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: American Journal of Physics, 60, 11, 1992, 994-1003.

[MC DERMOTT 1996] McDermott L. C. Physics by inquiry. Wiley, 1996.

[MERRILL 1992] Merrill M. D., Constructivism and instructional design in T.M. Duffy, D.H. Jonassen ed., Constructivism and the technology, Erlbaum, Hillsdale, 1992.

[MICHELINI et al. 2010] Michelini M, Mossenta A., Mvondo S, Stefanel A, Vercellati S, Viola R, MPTL14, Stato e Prospettive della Multimedialità nella Didattica della Fisica, A cura di Anna Labella, Alfio Andronico, Franco Patini, ATTI DEL CONVEGNO-Didamatica 2010, ISBN 978-88-901620-7-7, 2010.

[MICHELINI, LAMBOURNE; MATELITSCH 2010] Michelini M., Lambourne R., Mathelitsch L. ed. Il Nuovo Cim. C, 33, 3, 2010.

[MICHELINI E STEFANEL 2005] Michelini M., Stefanel A. Materiali e strumenti interattivi in rete telematica per la formazione iniziale degli insegnanti elementari in fisica, Journal of e-Learning and Knowledge Society, 1, 2005, 281-290.

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

[SOKOLOFF 2011] Sokoloff D, Active learning in lecture with interactive lecture demonstrations (ilds) including those using a personal response system (Clickers), MPL16. Lubiana, 2011.

[STEFANEL 2010] Stefanel A, Multimedia per l'insegnamento apprendimento della fisica in MPTL14, A cura di Anna Labella, Alfio Andronico, Franco Patini, ATTI DEL CONVEGNO- Didamatica, 2010

[STEWART 2011] Stewart J. C. Electricity and Magnetism Self-Testing and Test Construction Tool, <http://physinfo.uark.edu/physicsonline>, 2011.

[WHITNEY 2011] Whitney H. Development of Active Learning Tools for a Course on Physics and Music, presented at AAAPT 2011, Omaha, 30 July-3 August, 2011.