



SCHEDA DESCRITTIVA DELLA PROPOSTA PROGETTUALE DI INNOVAZIONE DIDATTICA PRESENTATO DA Alberto Stefanel.

TITOLO: ***Fisica in contesto nei Corsi di Studio dell'area Agraria***

RESPONSABILE: Alberto Stefanel (SSD. Fis. 08 – Dip. Scienze Matematiche, Informatiche, Fisiche)

CCS COINVOLTI: Scienze Agrarie; Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e la Natura; Viticoltura e Enologia; Scienze e Tecnologie Alimentari

MOTIVAZIONI E SPECIFICHE ATTIVITÀ PREGRESSE

La fisica è una disciplina di base di tutte le discipline scientifiche e pertanto inclusa anche in tutti i corsi di studio dell'area Agraria (Scienze Agrarie; Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e la Natura; Viticoltura e Enologia; Scienze e Tecnologie Alimentari).

Il suo ruolo formativo e di strumento di lavoro per gli studenti e i professionisti di questa area sta diventando sempre più importante (AAAS 2004, 2011; Brewster et al 2013). Per questo si è progressivamente sviluppata un'ampia letteratura di ricerca in didattica della fisica e in didattica di temi agro-bio-alimentari che sta studiando come migliorare l'insegnamento della fisica nei corsi di studio dell'area bio (Cummings et al 2004; Redish, Hammer 2009; Watkins et al 2012; Manthey e Brewster 2013; Donovan et al. 2013, Thompson et al. 2013; Meredith Redish 2013; O'Shea et al 2013; Hoskinson et al 2014; Redish et al. 2014).

Tra le diverse aree problematiche, vi sono il ruolo del problem solving e della modellizzazione per attivare un apprendimento integrato di biologia e fisica (Hoskinson et al. 2013, 2014), come affrontare temi trasversali come ad esempio l'energia (Cooper e Klymkowsky 2013; Svoboda Gouvea et al. 2013; Dreyfus et al 2014), di solito proposta in modi molto diversi, per esempio nei corsi di fisica e corsi nel campo della biologia, producendo negli studenti una conoscenza frammentata (Svoboda Gouvea et al 2013) o lo sviluppo di concetti contraddittori e incoerenti (Dreyfus et al 2014). La sfida è quella di mostrare come la fisica può essere utilizzata per spiegare significativi processi e fenomeni biologici (Bustamante 2004) e come sia possibile dare una descrizione formale a fenomeni biologici (Redish e Cooke 2013), superando la percezione degli studenti per i quali è molto limitato il ruolo di matematica e fisica nell'area biologica (Hall et al. 2011, Watkins, Elby 2013). Da un'altra prospettiva, è importante produrre capacità di integrare le conoscenze e modi di pensare in due o più discipline (Ivanitskaya et al 2002; Boix Mansilla e Duraisingh, 2007), come pure studiare criteri generali per la valutazione dei nuovi obiettivi di apprendimento, l'integrazione fisica e pensiero biologico (Watkins et al 2012; Svoboda Gouvea et al 2013, Thompson et al 2013).

Non si tratta soltanto di contestualizzare esercizi, problemi e applicazioni, ma anche considerare problematiche proprie della biologia con strumenti della fisica e ancora di più considerare problematiche che implicano competenze di entrambe le discipline (Svoboda Gouvea et al. 2013).

Il progetto qui presentato va nella prospettiva di studiare come attuare un insegnamento della fisica profondamente integrato con le aree e gli ambiti di interesse dei corsi di studio implicati. Si seguono i suggerimenti del gruppo di Redish, in particolare per quanto riguarda la necessità di cambiare radicalmente approcci, peso dei contenuti trattati, aumentando per esempio la parte di fisica dei fluidi e la fluidodinamica più che a scapito di un approccio limitato della meccanica del punto materiale (Meredith, Redish 2013; Cummings et al 2004; Redish et al 2015). Ci si pone inoltre il problema di realizzare un attivo coinvolgimento degli studenti (McDermott et al 2006; Redish, Hammer 2009).

Il presente progetto si configura come prosecuzione e sviluppo del progetto attuato lo scorso anno accademico (Miglioramento della didattica della fisica nei Corsi di Studio dell'area Agraria), in cui è stato studiato il ruolo della valutazione continua degli studenti e del loro coinvolgimento attivo per un apprendimento efficace dei concetti fondanti della fisica, sia a lezione, sia con supporti di e-learning, sia con attività di laboratorio sperimentale (per una discussione estensiva si veda il Report del progetto e le pubblicazioni realizzate (Michellini, Stefanel 2016 a,b; 2017). In particolare si punta a migliorare le competenze disciplinari e trasversali sviluppate dagli studenti puntando anche a un incremento del successo formativo, per quanto questo obiettivo sia limitato dal numero di studenti che effettivamente proseguono gli studi, attualmente pari a quello che superano l'esame di fisica.



CONTESTO D'INTERVENTO

Il progetto è prioritariamente rivolto agli studenti iscritti al primo anno dei corsi di studio Scienze Agrarie; Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e la Natura; Viticoltura e Enologia; Scienze e Tecnologie Alimentari. Si svolgerà pertanto nel II semestre di insegnamento dell'a.a. 2016/17 nell'ambito dei corsi di fisica paralleli e svolti nel CdS di Agraria (mutuato per Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e la Natura e Viticoltura e Enologia) e nel CdS di Scienze e Tecnologie Alimentari.

Dato che una parte rilevante del progetto riguarderà la messa a punto di materiali didattici e attività svolte in rete potrà avere comunque un impatto significativo anche per studenti non-frequentanti.

STRUTTURE COINVOLTE

Il presente progetto coinvolge i corsi di studio Scienze Agrarie; Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e la Natura; Viticoltura e Enologia; Scienze e Tecnologie Alimentari.

Si realizza inoltre in collaborazione con il progetto gemello realizzato per l'insegnamento della fisica nel corso di studi di Biotecnologie dalla prof. Michellini e grazie alla collaborazione con l'Unità di Ricerca in Didattica della Fisica (URDF) dell'Università degli Studi di Udine.

Potrà inoltre realizzarsi grazie col supporto logistico e di disponibilità di laboratori e materiali della stessa Unità di Ricerca, del CIRD e del suo tecnico, dei laboratori di ricerca didattica della fisica del DMIF, della disponibilità dei risponditori automatici (Clicker) concessi in comodato gratuito dalla ditta Promethean per attività di ricerca presso l'URDF.

Potrà valersi inoltre delle collaborazioni di ricerca internazionali sulla didattica universitaria della fisica con il Physics Education Research Group della University of Washington di Seattle (USA) e con il Gruppo di Ricerca in Didattica della Fisica dell'Università dei Paesi Baschi di San Sebastian (Spagna).

OBIETTIVI

- A) Ristrutturare i programmi degli insegnamenti di fisica per i corsi di studio coinvolti focalizzandoli sui contenuti più importanti gli ambiti disciplinari coinvolti
- B) Contestualizzare l'insegnamento in ambiti significativi e interessanti per i corsi di studio e per il tipo di studenti coinvolti
- C) Proporre un insegnamento della fisica basato su strategie di Inquiry Based Learning (McDermott 1991, 2002; Abd-El Khalick, F. et al. (2004) e sulla laboratorialità (Hake 1998; Sokoloff et. al. 2004; Michleini 2010) per un coinvolgimento attivo degli studenti nel loro stesso percorso formativo, e sull'uso del laboratorio esplorativo e sperimentale per realizzare una didattica della fisica basata sulla fenomenologia e focalizzata allo sviluppo di competenza metodologiche
- D) Utilizzare gli strumenti offerti dalle nuove tecnologie dell'informazione e comunicazione, come sensori on-line, sistemi di presentazione e videoproiezione, videoanalisi, per attuare nuove strategie didattiche efficaci per superare i nodi concettuali che costituiscono problema di apprendimento per gli studenti, per esemplificare metodologie di lavoro tipiche dell'ambito scientifico e fisico in particolare e come esse possano essere utilizzate nell'area delle discipline biologiche (Laws 2004; Heron et al. 2004).
- E) Progettare modalità di integrazione di attività in presenza e in e-learning
- F) Monitorare il progresso formativo degli studenti con test ingresso, prove parziali strutturate in itinere (valutate e registrate su ESSE3), questionari informali, costruiti sulla base degli standard di monitoraggio internazionale (Sokoloff et al. 204; Halloun, Hesteness 1985, 1995; McDermott, Shaffer 1992), come ad esempio i questionari FCI (Hesteness et al. 1992), MBT (Hestenes, Wells 1992), CSEM (Maloney et al 2001), di cui vengono proposti durante le lezioni specifici quesiti, come sistemi di autovalutazione degli studenti con modalità diverse: problem solving di diversa tipologia e natura (Maloney 1993) durante le esercitazioni integrate con le lezioni; questionari carta-penna; questionari proposti con i clicker o risponditori automatici personalizzati; sessione di quesiti (Challapalli et al 2012; Michleini, Stefanel 2016).
- G) Favorire il raggiungimento degli obiettivi del corso da parte degli studenti, migliorare il loro rendimento medio negli esami di fisica, ridurre i tempi medi con cui gli studenti affrontano e

superano l'esame di fisica, contribuire a ridurre i casi di abbandono da parte degli studenti iscritti ai corsi di studio interessati.

STRUMENTI E METODI

Il progetto nella sua fase progettuale si basa su strumenti e metodi tipici della progettazione didattica basata sulla ricerca (McDermott 1991; 1992; 2002; Collins et al. 2004), con particolare riferimento al quadro teorico della Model of Educational Reconstruction di Duit (Duit et al. 2005) e della Learning Progression (Corby Soto 2013).

Mira a sviluppare attività basate sulle metodologie del problem solving (Maloney 1993), dell'Inquiry Based Learning (McDermott 1991, 2002; Abd-El Khalick, F. et al. 2004; Nichleini 2010) con l'impiego di:

- a) Strumenti e apparati per attività sperimentali di diversa natura e realizzazione che utilizzano sia materiali ordinari, sia apparati di laboratorio specifici, sia sensori collegati in linea con l'elaboratore
- b) Strumenti multimediali per realizzare una didattica attiva in presenza, come clicker (Challapalli et al. 2012; Michelini, Stefanel 2016b) e sensori on-line, presentazioni ppt abbinata all'uso di strumenti di presentazione tradizionali; simulazioni basate su modelli fisici, e strumenti di e-learning sviluppati nell'ambiente e-learning dell'Università di Udine (appunti della lezione, questionari di autovalutazione in rete, forum di discussione in rete)
- c) Questionari internazionali o rielaborati da questionari validati dalla ricerca (Hestenes et al. 1992a, b, 1995; Maloney 1993; 2001; Boix Mansilla, Duraisongh 2007).
- d) Monitoraggio continuo degli apprendimenti degli studenti.

STRATEGIE DIDATTICHE

Gli **approcci didattici contestualizzeranno la trattazione delle diverse tematiche**, tenendo conto delle tipiche difficoltà degli studenti note in letteratura (Duit 2009; McDermott; Redish 1999). Verranno **utilizzate strategie tipiche del problem solving (Maloney 1993), dell'Inquiry Based Learning (McDermott 1991; McDermott, Shaffer 2012; Abd-El Khalick et al. 2004; Sokoloff et al. 2004; Michelini 2010; Hake 1998)** con l'impiego di:

- e) Strumenti e apparati per attività sperimentali di diversa natura e realizzazione che utilizzano sia materiali ordinari, sia apparati di laboratorio specifici, sia sensori collegati in linea con l'elaboratore
- f) Strumenti multimediali per realizzare una didattica attiva (clicker (Challapalli et al. 2012; Michelini, Stefanel 2016 b)); Presentazioni ppt abbinata all'uso di strumenti di presentazione tradizionali; simulazioni basate su modelli fisici)
- g) Questionari internazionali o rielaborati da questionari validati dalla ricerca (Hestenes et al. 1992, 1995, Maloney et al. 2001; Maloney 1993; Loverude et al. 2010).
- h) Monitoraggio continuo degli apprendimenti degli studenti.

Integrerà diverse tipologie di attività e strumenti didattici anche nell'ambito di una stessa lezione (tra parentesi una stima della percentuale di tempo per la specifica modalità)

- Lezioni con l'utilizzo alternativo o integrato della lavagna tradizionale e le slide in ppt, mirando alla migliore efficacia espositiva e a seguire il ritmo di apprendimento degli studenti anche in base al loro feedback (32%)
- lezioni dialogate, mirate a stimolare il coinvolgimento degli studenti in merito a (9 %):
 - ✓ recupero delle conoscenze fenomenologiche
 - ✓ utilizzo dei concetti per analizzare sul piano qualitativo contesti quotidiani e/o tipici dei corsi di studio (modelli qualitativi)
 - ✓ utilizzo dei costrutti formali introdotti per costruire semplici modelli formali in grado di rendere conto di fenomeni quotidiani e/o tipici dei corsi di studio (stime di ordini di grandezza)
 - ✓ spiegazione di fenomeni quotidiani basate su stime semi-quantitative (modelli formali)
 - ✓ strategie da adottare nella risoluzione di semplici applicazioni, problemi, esercizi con l'utilizzo dei costrutti formali via via introdotti nel corso;
- lezioni basate su esperimenti dimostrativi (interactive lecture demonstration) sia con uso di semplici apparati realizzati con materiali quotidiani (anche videoproiettati), sia in modalità RTL con sensori collegati in linea con l'elaboratore e videoproiezione del grafico acquisito in tempo reale (anche con l'uso di tutorial e attivazione di strategia PEC (Sokoloff et al. 2004) (6%)

- Esercitazioni mirate ad integrare sul piano operativo: l'analisi e modellizzazione di situazioni sia della quotidianità, sia degli ambiti di interesse per i corsi di studio; la risoluzione di problemi, curando il processo di modellizzazione in essi implicito e la individuazione di strategie risolutive generali; la risoluzione di semplici esercizi come occasione per applicare le leggi studiate, ma soprattutto comprendere il ruolo e l'ambito di impiego (16%).
- Questionari di valutazione (3 intermedi) e autovalutazione costruiti a partire da letteratura di ricerca proposti sia su cartaceo (2), sia on-line (3 sui fluidi e 3 sui fenomeni elettromagnetici), sia con clickers (1 seduta per clickers meccanica; una fluidi; una termodinamica; 1 elettromagnetismo). (11 %)
- Esperimenti effettuati a gruppi dagli studenti in laboratorio (11%)

Una lezione tipica di 1h sarà così strutturata: 5 min richiami lezioni precedenti e introduzione al tema oggetto della lezione stessa contestualizzando la problematica; 40-45 min lezione interattiva secondo le modalità sopradescritte; 10-15 min esercizi e applicazioni.

ASPETTI INNOVATIVI E RESEARCH QUESTIONS

Il presente progetto prevede aspetti innovativi su diversi piani:

Contenuti. La scelta dei contenuti trattati, dei contesti ed esempi in cui discutere i temi trattati e gli esercizi proposti, il taglio dato alla trattazione si sono basati su una preliminare analisi dei contesti in cui la fisica entra nei diversi corsi e dei modi con cui entra nei diversi ambiti (fonti: articoli di ricerca in bibliografia; testi di insegnamento della fisica per l'area biologica; interviste con i colleghi dei corsi di studio coinvolti).

Organizzazione dei contenuti. Il corso viene proposto come una successione coerente di contenuti, piuttosto che come una semplice giustapposizione di temi. Propone approcci in grado di affrontare le tipiche difficoltà degli studenti in merito ai nodi concettuali delle tematiche trattate (Duit 2009; McDermott; Redish 1999).

Metodologie e strategie didattiche utilizzate, descritte nella sezione precedente.

Valutazione (formativa) continua degli apprendimenti, effettuando:

- Monitoraggio della situazione iniziale con test ingresso
- Analisi delle idee iniziali degli studenti sui diversi temi effettuata con una indagine iniziale effettuata con: A) test ingresso standard a risposta multipla; B) per ciascuna tematica una prova iniziale in forma di questionario carta/penna, questionario clicker, questionari a risposta multipla sottoposti a lezione utilizzando la lavagna tradizionale
- Schede laboratoriali che oltre a guidare gli studenti nelle attività, costituiscono anche strumento di (auto-) valutazione accanto alle relazioni sul laboratorio che gli studenti in forma libera possono produrre
- valutazioni in itinere informali con questionari carta-penna, sessioni clickers, domande a scelta multipla con risposta ad alzata di mano, questionari interattivi in rete (proposti in ambiente e-Aspetti caratterizzanti del presente progetto sono:

Sessioni di laboratorio sperimentale (4 sessioni di 2h per gruppi di 20-40 studenti)

Esperimenti esplorativi e condotti con sensori –on-line in aula dalla cattedra, in particolare per lo studio dei grafici delle grandezze cinematiche che descrivono i processi sia per il moto, sia per i fenomeni termici

Questionari implementati con la modalità carta-penna durante le esercitazioni

Questionari e singoli quesiti proposti con la modalità interattiva dei clickers

Supporto alle esercitazioni anche oltre alle normali ore di lezione e in e-learning.

Le principali research question a cui il progetto si propone di dare risposta sono le seguenti:

RQ1) Quale ruolo ha la contestualizzazione in ambito biologico/naturalistico dei contenuti di fisica per un apprendimento efficace dei concetti fondanti della fisica?

Tale research question verrà studiata in particolare per l'ambito della fisica dei fluidi e ancor più in dettaglio per lo studio dei fluidi in movimento nei sistemi biologici.

RQ2) Quali strategie didattiche sono efficaci per l'apprendimento degli studenti?

Si vuole in particolare indagare il ruolo degli strumenti come i clickers da un lato e degli strumenti di e-learning, anche in questo caso con particolare attenzione alla fisica dei fluidi.

RQ3) Quali materiali didattici sono più efficaci per supportare la formazione degli studenti e in particolare quelli non frequentanti?

RQ4) Quali aspetti del corso favoriscono il miglioramento del successo formativo?

FASI & ATTIVITA'

Il progetto prevede una fase iniziale di messa a punto di materiali e proposte didattiche sulla base di:

- A) Colloqui/intervista con i colleghi afferenti ai Corsi di Studio per individuare i contenuti di fisica più importanti, contesti ed esempi più significativi da proporre agli studenti in cui far riconoscere la fisica e il suo ruolo negli contesti di studio, problematiche interessanti da proporre
- B) Analisi della letteratura sulla didattica della fisica a livello universitario degli ambiti disciplinari coinvolti nei corsi di studio coinvolti e dei testi disponibili sia in ambito nazionale sia internazionale
- C) Progettazione di nuovi percorsi formativi per la fisica
- D) Individuazione di ambiti interessanti, motivanti per gli studenti frequentanti.
- E) Messa a punto di strumenti di valutazione formativa sulla base degli standard internazionali, tipicamente coperti da password, a cui si è potuto accedere come Unità di Ricerca in Didattica della Fisica, grazie alle ricerche condotte in oltre 20 anni.
- F) Messa a punto di metodologie di didattica attiva, sia in aula a grande gruppo, sia nel laboratorio sperimentale coinvolgendo gruppi di 5-6 studenti, con l'utilizzo di strumenti low-cost (come la tradizionale, ma sempre utile lavagna di ardesia, le presentazioni in ppt, gli strumenti di laboratorio tradizionale) e di strumenti di alta tecnologia che integrano la multimedialità, misure effettuate con sensori on-line, simulazioni, video-analisi di fenomeni reali, modellizzazione.

Una seconda fase di attuazione in aula nel II semestre di insegnamento nei corsi di studio coinvolti. Questa seconda fase prevede tre periodi, uno per ciascun modulo in cui è suddiviso il corso. Contestualmente allo svolgimento di ciascun modulo sono previste prove di autovalutazione con le diverse modalità descritte (test carta e penna; test clicker; esercitazioni; questionari in rete). Al termine di ciascun modulo è prevista una prova intermedia con valutazione ufficiale registrata in esse3.

La terza fase del progetto prevede la valutazione degli apprendimenti, con un'analisi qualitativa dei processi di apprendimento sulla base dei dati raccolti con i diversi strumenti di valutazione utilizzati.

MATERIALI MESSI A DISPOSIZIONE

Il progetto si avvarrà dei materiali messi a punto per il progetto dello scorso a.a. proponendone una versione rivista nel presente a.a. in cui in particolare si prevede:

- A) Una più intensa e sistematica integrazione della fisica nella trattazione di tematiche di ambito biologico-naturalistico-agro-alimentare
- B) Un sistematico uso di questionari di autovalutazione in rete
- C) Una discussione in rete di concetti e problemi in rete
- D) Un utilizzo di questionari e tutorial carta e penna nell'ambito delle lezioni

RISORSE

Oltre al docente dei corsi, il progetto si varrà per la sua realizzazione della collaborazione dell'unità di Ricerca in Didattica della Fisica dell'Università degli Studi di Udine, della dott.ssa A De Angelis, che oramai da oltre tre anni collabora alla gestione del corso per la parte di esercitazioni, del tecnico di laboratorio del CLDF del CIRDF Mauro Sabbadini per la predisposizione dei materiali per le attività del laboratorio sperimentale.

Per poter essere realizzato nella sua interezza richiede inoltre:

- la disponibilità del laboratorio sperimentale di fisica della sezione di fisica del DMIF e ai suoi materiali
- la disponibilità di una minima attrezzatura acquistata grazie ai fondi per la didattica del CdS di Scienze degli Alimenti e Agraria
- la disponibilità di strumenti interattivi come i clickers (attualmente utilizzabili (per altro in numero limitato) solo nell'ambito di attività di ricerca dell'URDF)

Il progetto per una piena realizzazione e migliore efficacia necessita delle seguenti risorse integrative:

- a) tutor didattici (richiesti quest'anno ma non ottenuti perché il bando è andato deserto)
- b) maggior numero di ore di contratto al personale preposto ad attività di esercitazioni in aula, attività di laboratorio, conduzione prove intermedie, tutoraggio studenti



- c) integrazione materiali di laboratorio (Da un minimo di 200 euro per i pochi materiali di consumo necessari per l'attuazione con materiali in prestito, a circa 5000 euro per una piena autonomia di realizzazione)
- d) Acquisto di almeno 100 clicker reperibili direttamente in aula e utilizzabili in modo continuativo durante le lezioni
- e) Possibilità di utilizzo LIM
- f) Possibilità di realizzazione di attività blended

IMPEGNO ORARIO STRAORDINARIO DEL DOCENTE E DEGLI STUDENTI

L'attuazione del progetto prevede un impegno orario aggiuntivo per il docente di circa 10 ore settimanali per tutta la durata degli insegnamenti (da fine febbraio alla prima metà di giugno) e di oltre 15 giorni uomo per il resto dell'anno.

Non prevede invece di per sé un carico aggiuntivo per gli studenti, in quanto le attività innovative sono incluse nelle regolari ore di lezione ovvero costituiscono attività da svolgere nel previsto carico del lavoro autonomo da parte degli studenti. Il progetto impatta piuttosto sul migliore e più efficiente utilizzo del monte ore previsto per il corso da parte degli studenti.

CRITERI DI VALUTAZIONE (proposti) IN TERMINI DI EFFICACIA DELL'APPRENDIMENTO

La valutazione degli apprendimenti verrà effettuata utilizzando i seguenti diversi strumenti:

- A) Questionari intermedi ufficiali registrati su Esse3
- B) Questionari informali proposti a lezione sia con modalità carta e penna, sia con modalità clicker, sia con modalità del questionario interattivo in rete
- C) Schede laboratoriali che oltre a guidare gli studenti nelle attività, costituiscono anche strumento di valutazione accanto alle relazioni sul laboratorio che gli studenti in forma libera possono produrre
- D) Analisi statistica degli esiti degli esami e confronto con gli esiti negli esami degli anni precedenti

Ciascun questionario (sia quelli ufficiali, sia quelli di autovalutazione) verrà valutato:

- in termini quantitativi assegnando un punteggio a ciascuno studente e analizzando l'andamento medio per valutare l'impatto sull'intero campione e considerando il punteggio assegnato a ciascun quesito per individuare aree di forza e aspetti di debolezza o di criticità.
- In termini qualitativi, per analizzare le principali difficoltà e modificare l'intervento, per individuare le principali difficoltà incontrate dagli studenti, avere un feedback sull'impatto del corso e su come modificarlo (Nersessian 2002)

BIBLIOGRAFIA

- AAAS- American Academy for the Advancement of Science (2004). *Invention and Impact: Building Excellence in Undergraduate Science, Technology, Engineering and Mathematics Education*, Washington DC: AAAS.
- AAAS-American Academy for the Advancement of Science (2011). *Vision and Change in Undergraduate Biology Education*, Washington, DC: AAAS.
- Abd-El Khalick, F. et al. (2004). Inquiry in science education: international perspectives. *International Journal of Science Education*, 88(3), 397-419.
- Boix Mansilla, V, Duraisingh, E. D. (2007). Targeted assessment of students' interdisciplinary work: an empirically grounded framework. *The Journal of Higher Education*, 78 (2) 215-237.
- Brewe, E., Pelaez, N. J., & Cooke, T. J. (2013). *From Vision to Change: Educational Initiatives and Research at the Intersection of Physics and Biology*. *CBE—Life Sciences Education*, 12, 117-119.
- Bustamante, C. (2004). Of torques, forces, and protein machines. *Protein Science*, 13, 3061-3065.
- CBE (2013). *CBE—Life Sciences Education (LSE): describing teaching and learning at the intersection of biology and physics*. *CBE—Life Sciences Education*, 12.
- Challapalli S R C P, G.Fera, M. Micheline, A. Mossenta, E. Pugliese, L. Santi, A.Stefanel, S. Vercellati (2012) *L'uso dei Clicker per il personale coinvolgimento degli studenti di scienze della formazione nell'apprendimento della fisica*, in *Tecnologie Informatiche per la Didattica, Didattica 2012*, <http://mondodigitale.aicanet.net/2012-2/didattica/PAPER/FULL/F143.pdf>
- Collins, A, Joseph, D, & Bielaczyc, K. (2004). Design research: theoretical and methodological issues. *J. Learn. Sci.*, 13, 15-42.
- Cooper, M. M., & Klymkowsky, M. W. (2013). The Trouble with Chemical Energy: Why Understanding Bond Energies Requires an Interdisciplinary Systems Approach. *CBE-Life Sci Educ.*, 12, 306-312.



- Corby Soto A., Taylor M (2013) Learning Progressions: A Proposed Validation Method- White Paper, Pearson (<http://researchnetwork.pearson.com>)
- Cummings, K., Laws, P.W., Redish E.F., Cooney, P.J., & Taylor, E. F. (2004). Understanding physics. Hoboken, NJ: Weley.
- Donovan, D. A., Atkins, L. J., Salter, L. Y., Gallagher, D. J., Kratz R. F., Rousseau, J. V., & Nelson, G. D. (2013). Advantages and Challenges of Using Physics Curricula as a Model for reforming an Undergraduate Biology Course. *CBE-Life Sciences Education*, 12, 215-229.
- Dreyfus, B. W., Gouvea, J., Geller, B. D., Sawtelle, V., Turpen, C., & Redish, E. F. (2014). Chemical energy in an introductory physics course for life science students. *American Journal of Physics*, 82(5), 403-411.
- Duit, R., Gropengießer, H., & Kattmann, U. (2005). Towards science education research that is relevant for improving practice: The model of educational reconstruction. In H.E. Fischer, Ed., *Developing standards in research on science education* (pp. 1-9). London: Taylor & Francis.
- Hake, R. (1998). Interactive-engagement vs. traditional methods: A six thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *Am. J. Phys.* **66**, 64-74.
- Hall, K. L., Watkins, J. E., Coffey, J. E., Cooke, T.J., & Redish, E.F. (2011). Examining the impact of student expectations on undergraduate biology education reform. Paper presented at the American Educational Research Association National Meeting, held April 2011 in New Orleans, LA.
- Halloun, I. and Hestenes, D. (1985). The initial knowledge state of college physics students. *Am. J. Phys.* **53**, 1043-1055.
- Halloun, I., and Hestenes, D. (1985). Common sense concepts about motion, *Am. J. Phys.* **53**, 1056-1065.
- Heron, P.R. L., Shaffer, P. S., & McDermott, L. C. (2004). Research as a Guide to Improving Student Learning: An Example from Introductory Physics. In *Invention and Impact: Building Excellence in Undergraduate Science, Technology, Engineering and Mathematics Education*, Washington AAAS, pp. 33-38
- Hestenes, D., Wells, M., and Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory, *The Physics Teacher* **30**, 141-151
- Hoskinson, A.M., Couch, B.A., Zwickl, B. M., Hinko, K., Caballero M.D. (2014). Bridging Physics and Biology Teaching through Modeling. *American Journal of Physics*, 82(5), 434-441.
- Hestenes, D. and Halloun, I. (1995). Interpreting the Force Concept Inventory, *The Physics Teacher* **33**, 502-506.
- Hestenes D. and Wells, M. (1992). A Mechanics Baseline Test, *The Physics Teacher* **30**, 159-166.
- Hoskinson, A. M., Caballero, M. D., & Knight, J. K. (2013). How Can We Improve Problem Solving in Undergraduate Biology? Applying Lessons from 30 Years of Physics Education Research. *CBE—Life Sciences Education*, 12, 153-161.
- Ivanitskaya, L., Clark, D., Montgomery, G., Primeau, R. (2002). Interdisciplinary learning: Process and outcomes. *Innovative Higher Education*, 27 (2) 95-111.
- Laws, P. W. (2004). Promoting the Diffusion of Undergraduate Science Curriculum Reform: The Activity-Based Physics Suite as an Example. In *Invention and Impact: Building Excellence in Undergraduate Science, Technology, Engineering and Mathematics Education*, Washington AAAS, pp. 247-252. https://www.aaas.org/sites/default/files/08_Cre_App_Laws.pdf
- Maloney D. (1993) Research on Problem Solving: Physics, in D. Gabel ed., *Handbook of research in science teaching and learning*, Pages 327-356.
- Maloney D P, O’Kuma T L, Hieggelke C J, an Heuvelen A V (2001) *Surveyings students’ conceptual knowledge of electricity and magnetism*, *Phys. Educ. Res., Am. J. Phys. Suppl.* 69 (7), pp S12-S23
- Manthey, S., & Brewes, E. (2013). Toward University Modeling Instruction—Biology: Adapting Curricular Frameworks from Physics to Biology, *CBE-Life Sciences Education*, 12, 206-214.
- McDermott L.C. (1991) Millikan Lecture 1990: What we teach and what is learned—Closing the gap *Am. J. Phys.* 59, 301.
- McDermott, L. C., Shaffer, P. S. (1992). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding. *American Journal of Physics*, 60 (11), 994-1003.
- McDermott, L.C., Shaffer, P.S. and the Physics Education Group at the University of Washington, *Tutorials in Introductory Physics*, 1st ed. (Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 2002). 2nd ed. (Pearson, Upper Saddle River, NJ, 2012)
- McDermott, L. C., Heron, P. R. L., Shaffer, P. S., & Stetzer M. R. (2006). Improving the preparation of K-12 teachers through physics education research, *Am. J. Phys.* 74 (9) 763-767.
- Meredith, D.C., Redish, E.F. (2013). Reinventing physics for life-science majors. *Physics Today*, 66 (7) 38-43.**
- Michellini M (2010) *Building bridges between common sense ideas and a physics description of phenomena to develop formal thinking*, in *New Trends in Science and Technology Education*. Selected Papers, vol. 1, Menabue L and Santoro G eds., CLUEB, Bologna [ISBN 978-88-491-3392-9], pp.257-274
- Michellini, M., & Stefanel, A. (2016a) Teaching/Learning physics to non-physicist: physics for Agricultural, Biotech and Environmental. Contribution to GIREP Congress 2015, Wochlaw, July 6-10, 2015, in *Proceedings of the GIREP Congress 2015*.



- Michelini M. Stefanel A. (2016b) Clicker per l'apprendimento attivo della Fisica degli studenti dell'area Bio, Proceedings on-line, Didamatica 2016, http://didamatica2016.uniud.it/proceedings/dati/articoli/paper_106.pdf
- Michelini, M., & Stefanel, A. (2017) Innovation in physics teaching/learning for the formative success in introductory physics for bio-area degrees: the case of fluids; Proceedings II WCPE, Sao Paulo, 2016.
- Nersessian, N. J. (2002). The cognitive basis of model-based reasoning. In P Carruthers, S Stich, & M. Siegal (Eds.) *The Cognitive Basis of Science*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 133–153.
- O'Shea, B., Terry, L., & Benenson, W. (2013). From $F=ma$ to Flying Squirrels: Cuticular Change in an Introductory Physics Course. *CBE-Life Science Education*, 12, 230-238.
- Redish, E. F., Cooke, T. J. (2013). Learning each other's ropes: negotiating interdisciplinary authenticity. *CBE-Life Sciences Education*, 12, 175–186.
- Redish, E. F., Hammer, D. (2009). Reinventing college physics for biologists: explicating an epistemological curriculum. *Am. J. Phys.* 77, 629-642.
- Redish, E.F., Bauer, C., Carleton, K.L., Cooke, T.J., Cooper, M.M., Crouch, C.H., Dreyfus, B.W., Geller, B., Giannini, J., Svoboda Gouvea, J., Klymkowsky, M.W., Losert, W., Moore, K., Presson, J., Sawtelle, V., Thompson, K. V., Turpen, C., Zia, R.K.P. (2014). NEXUS/Physics: An interdisciplinary repurposing of physics for biologists. *Am. J. Phys.* 82, (5) 368-377.
- Sokoloff, D.R., Lawson, P.W., Thornton, R.K.: *Real Time Physics* (Wiley, NY, 2004).
- Svoboda Gouvea, J., Sawtelle, V., Geller, B. D., and Turpen, C. (2013). A Framework for Analyzing Interdisciplinary Tasks: Implications for Student Learning and Curricular Design. *CBE—Life Sciences Education*, 12, 187-206.
- Thompson, K. V., Chmielewski, J., Gaines, M. S., Hrycyna, C.A., & LaCourse, W. R. (2013). Competency-Based Reforms of the Undergraduate Biology Curriculum: Integrating the Physical and Biological Sciences. *CBE—Life Sciences Education*, 12, 162–169.
- Watkins, J., Coffey, J. E., Redish, E.F., Cooke, T.J. (2012). Disciplinary authenticity: enriching the reforms of introductory physics courses for life-science students. *Phys. Rev. ST, Phys. Educ. Res.*, 8, 010112.
- Watkins, J., & Elby, A. (2013). Context Dependence of Students' Views about the Role of Equations in Understanding Biology. *CBE-Life Sciences Education*, 12, 274-286

