

L'insegnamento della Fisica nei corsi di studio di Biotecnologie: sperimentazioni innovative

Marisa Michelini, URDF, DMIF, Università di Udine

Nella letteratura internazionale la ricerca in didattica della Fisica è stata alla base dello sviluppo di nuovi curricula per i corsi di fisica sia nei Corsi di Laurea in Fisica, sia in area biologica (Donovan et al 2013), sia per integrazioni tra fisica e biologia (AAAS, 2011, p 54; Brewe et al., 2013). Sempre più numerosi sono gli studi su come migliorare l'insegnamento della fisica in aree biologiche (Cummings et al 2004; Redish, Hammer 2009; Watkins et al 2012;. Manthey e Brewe 2013; Donovan et al. 2013, Thompson et al. 2013 CBE 2013; Meredith Redish 2013; O'Shea et al 2013; Hoskinson et al 2014; Redish et al. 2014).

Con l'avvio dell'attenzione del PLS ai Corsi di Laurea in Biotecnologia, a Udine abbiamo iniziato uno studio di ricerca sull'insegnamento della Fisica in tali Corsi di Laurea ed in quelli di area agraria, con quadro teorico di riferimento il *Model of Educational Reconstruction* (Duit 2003) e con metodologie di *Design Based Research*.

La sperimentazione, iniziata nell'AA 2014-15 compie 4 anni ora ed ha visto ogni anno elementi innovativi e un monitoraggio degli esiti di apprendimento in corso di attuazione e finale sia in termini quantitativi che qualitativi, con attenzione ai risultati per temi e globali. Attenzione è stata posta anche ai profili individuali.

Caratterizzano l'innovazione: 1) la Programmazione iniziale esplicita e trasparente, 2) Nuovi temi rispetto alla tradizione: Fluidi ideali e reali in equilibrio e fluidodinamica, Fenomeni termici, Oscillazioni e onde, con attenzione al suono ed all'effetto Doppler, Ottica e Spettroscopia; la rinuncia al Magnetismo; 3) Molti esercizi in itinere con tutorato di esercizi facoltativo, 4) Attività di laboratorio, 5) Seminari su temi di biofisica, 6) strumenti WEB, come un ambiente interattivo con Repository delle lezioni e di materiali per lo studio, un forum e un Data Base di esercizi con strutturazione CAI per l'esercitazione autonoma valutata, cartelle di consegna dei materiali, 7) organizzazione di prove intermedie per la valutazione.

Le attività dell'AA 2017-18 in particolare hanno previsto:

- **Contenuti:** attenzione è stata posta a: 1) grandezze fisiche, strumenti e misure; 2) studio del moto, dinamica newtoniana del punto e del corpo rigido, quantità di moto; 3) energia; 3) fluidi in equilibrio e fluidodinamica dei fluidi reali; 4) Onde e suono; 5) fenomeni termici e principi della Termodinamica; 6) fenomeni elettrici, circuiti in continua ed in alternata, impedenza; 7) ottica geometrica e fisica, comprese polarizzazione e diffrazione; 8) spettroscopia ottica. Si è rinunciato al magnetismo, oggetto di studio negli anni successivi.
- **Teoria:** conformemente alle delibere del CCS la teoria si riduce a 19 ore
- **Esercizi:** costituiscono una debolezza degli studenti in questione, ma anche un bisogno per acquisire competenze operative. È stato quindi messo in campo un grosso progetto di sostegno in e-learning. Utilizzando data base riservati di ricerca didattica si sono utilizzati i migliori test calibrati della letteratura internazionale per costruire un ambiente in cui gli studenti possano esercitarsi. Si è messo in campo un vero e proprio strumento CAI con le seguenti caratteristiche: per ogni tema trattato pubblicheremo gruppi di 16 esercizi divisi in tre categorie: a) a risposta multipla, b) aperti con risultati, c) risolti. Le soluzioni nascoste hanno permesso a tutti gli studenti di esercitarsi, essere automaticamente valutati ed avere riscontro degli errori un numero a

piacere di volte. E' stato questo un grosso lavoro, ma ci auguriamo di aver costruito così una risorsa di utilità più ampia del semplice anno di corso. Sono stati messi in campo circa 200 esercizi in inglese e 50 in italiano. In aula sono state dedicate 8 ore a discutere esercizi che gli studenti avevano esaminato in precedenza, con metodologa *Flipped Classroom*.

- **Laboratorio:** tutti gli studenti hanno effettuato quest'anno 25 ore di laboratorio e condotto in gruppo 15 esperimenti, di cui la metà semplici di base e gli altri caratterizzanti e formativi come la determinazione della funzione di trasferimento di uno strumento elettronico, conduzione del calore, misure di riflessione e rifrazione, misure spettroscopiche anche con sensori on-line con l'elaboratore. Abbiamo quest'anno realizzato uno spettroscopio digitale presentato con successo ai Congressi nazionale AIF e internazionale FFP15 ed in corso di pubblicazione: i nostri studenti sono stati i primi ad usarlo. Ciascuno studente ha effettuato in gruppo 10/15 relazioni valutate (689 relazioni in totale).
- **Risorse didattiche per gli studenti:** per tre anni è stato usato un ambiente web interattivo auto-costruito, quest'anno si è aperta un'area di e-learning nella piattaforma di Ateneo *Moodle*, in cui sono state inserite tutte le slide di lezione, materiali di studio, cartelle di deposito di elaborati, il sistema CAI di esercizi e un forum.
- **Risorse umane:** Sono state riconosciute 10 ore di aiuto di tutorato in laboratorio e 10 ore di aiuto con un tutor per l'innovazione didattica. Una importante goccia nel mare di lavoro messo in campo.
- **Valutazione finale:** il voto di ogni studente si basa su tre elementi: a) Compito scritto con due parti: a1) 18 esercizi su cinematica, dinamica, fluidi, fenomeni termici, ottica, spettroscopia, circuiti elettrici in DC; a2) 15 domande di laboratorio; b) Portfolio con relazioni di laboratorio su 10/15 esperimenti; c) un Approfondimento.

Il successo formativo degli studenti nel Corso di Fisica è passato dal 40% prima della sperimentazione al 70% nei primi due anni ed ora al 80%. Il lavoro svolto negli ultimi quattro anni è stato sempre oggetto di ricerca per l'analisi dei bisogni degli studenti in merito all'apprendimento dei singoli temi e per la definizione di un curriculum di fisica di base commisurato ai futuri biotecnologi. Un'analisi del successo formativo per temi e per attività è stata accompagnata da un'analisi di profilo di ciascuno studente per raccordare le esigenze emerse dalla formazione pregressa con il ruolo della fisica a biotecnologie. Il lavoro di ricerca svolto è stato sottoposto ai colleghi di fisica in congressi e pubblicazioni nazionali ed internazionali (9). La progettazione di specifici studi, come quello sui fluidi è stata fatta con il collega che insegna fisica ai 400 studenti di area Agraria

Il Consiglio di Corso di Laurea in Biotecnologie ha riconosciuto il lavoro formativo della Fisica per gli studenti ed ha aumentato a 4cfu il peso di tale componente formativa.

Gli studi svolti per questa innovazione hanno dato luogo a:

- Premio SIF 2016 per la miglior comunicazione al PhD Daniele Buongiorno e pubblicazione dello studio sui processi di apprendimento degli studenti di Biotecnologie in spettroscopia ottica.
- Brevetto in corso su Spettrometro Digitale, studiato e realizzato per il laboratorio dei Biotecnologi
- Pubblicazioni e comunicazioni a congressi (19):
 1. Buongiorno D. (2017) Optical spectroscopy for biotechnology students, *Il Nuovo Cimento*, 40C, 106.

2. Buongiorno D., Gervasio M., Michelini M. (2017) Un prototipo di spettroscopio digitale, sottomesso al numero speciale de LFNS sul 56° Congresso Nazionale AIF, Lucca, 18-21 ottobre 2017.
3. Buongiorno D., Gervasio M., Michelini M. SPETTROGRAFO: A prototype for a digital spectroscope, accettato in selected paper book FFP15, Orihuela, Spain, 27-30 novembre 2017.
4. Buongiorno D., Michelini M. (2016) Spettroscopia ottica per studenti universitari e di scuola secondaria superiore. *Giornale italiano della ricerca educativa "Didattica e saperi disciplinari"*, numero monografico on-line, ISSN: 2038-9744, 2017-special.
5. Buongiorno D., Michelini M. Optical spectroscopy for high school and university students. Oral communication, presented at H-SPACE 2017 Conference, Budapest.
6. Buongiorno D., Michelini M. Optical spectroscopy in a research-based innovation in physics course for biotechnology students, accettato su proceedings of GIREP Conference 2017, Dublin 3-7 luglio 2017.
7. Buongiorno D., Michelini M. The conceptual contribution of the history in learning physics: the case of optical spectroscopy, in *proc. Convegno SISFA 2017*, Bari 26-29 sett. 2017.
8. Buongiorno D., Michelini M. The conceptual contribution of the history in learning physics: the case of optical spectroscopy, in preparazione per *Atti del Convegno SISFA 2017*, Bari 26-29 sett. 2017.
9. Buongiorno D., Michelini M., Spettroscopia ottica per studenti universitari e di scuola secondaria superiore, sottomesso in attesa di pubblicazione su *Giornale italiano della ricerca educativa*
10. Buongiorno D., Michelini, M., Santi, L., Stefanel, A. (2016) Le TIC per studiare fenomeni di diffrazione ed interferenza ottica, *Proceedings on-line del XXX Convegno Didamatica*, Udine 19-21 Aprile 2016, [ISBN:9788898091447], http://didamatica2016.uniud.it/proceedings/dati/articoli/paper_53.pdf.
11. Buongiorno D., Michelini M., Santi L, Stefanel A. From one slit to diffraction grating: optical physics lab by means of computer on-line sensors, accettato per pubblicazione su *Springer selected book*
12. Buongiorno, D., Michelini, M., Santi, L., Stefanel, A. (2016) Le TIC per studiare fenomeni di diffrazione ed interferenza ottica, *Proceedings on-line del XXX Convegno Didamatica*, Udine 19-21 Aprile 2016, [ISBN:9788898091447],
13. Caltun O., Michelini M., Stefanel A. (2017), Magnetic phenomena and living systems in the bio area degrees, sottomesso per proceedings della Girep Conference, Dublin 3-7 July 2017.
14. Guisasola, J., Hartlapp, M., Hazelton, R., Heron, P., Lawrence, I., Michelini, M., Peeters, W., Pospiech, G., Stefanel, A., Vercellati, S. & Zuza, K. Conceptual and Exploratory Labs For Secondary Teacher Education In Two Different Countries. The Case Of Dc Circuits, sottomesso a selected paper book of Girep Seminar, Krakow 30 Augst-3 Sept 2016
15. 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, contributo al *symposium Research-based Alternatives to Traditional Physics Teaching at University and College*, svolto nell'ambito del II WCPE, SaoPaolo, Brasil, 10-15 July 2016, accettato per la pubblicazione in *Springer selected paper book*.
16. Michelini M. Stefanel A. (2016) Clicker per l'apprendimento attivo della Fisica degli studenti dell'area Bio, *Proceedings on-line, Didamatica 2016*, [ISBN:9788898091447], http://didamatica2016.uniud.it/proceedings/dati/articoli/paper_106.pdf
17. Michelini M., Stefanel (2016) Teaching Physics to Non Physicist: Physics for Agricultural, Biotech and Environmental Sciences. In E. Dębowska, T. Greczyło (eds), *Key Competences in Physics Teaching and Learning*, Springer Proceedings Of selected papers, Girep-EPEC 2015 congress, Wrochlaw 1-6-july 2015 , ISBN: 978-83-913497-1-7, pp.142-149.
18. Michelini M., Stefanel A. (2013) Insegnare fisica nei corsi di studi di Agraria e Scienze dell'ambiente e natura, comunicazione al 99° Congresso SIF, 23-27 settembre 2016, Trieste
19. Michelini, M., Stefanel, A. (2016) Clicker per l'apprendimento attivo della Fisica degli studenti dell'area Bio, *Proceedings on-line del XXX Convegno Didamatica*, Udine 19-21 Apr. 2016, [ISBN:9788898091447], http://didamatica2016.uniud.it/proceedings/dati/articoli/paper_106.pdf

Ringraziamenti.

Grazie al PLS per l'opportunità di studio e approfondimento, al Consiglio Scientifico del PLS con particolare riguardo a Josette Immè per il coordinamento sapiente. Sostanziale e profondo è il ringraziamento per il continuo sostegno, incoraggiamento e condivisione del progetto a Gianluca Tell,

coordinatore del Corso di Laurea in Biotecnologie all'Università di Udine e responsabile per la stessa area del PLS a Udine. Ringrazio Alberto Stefanel per la condivisione dell'innovazione didattica e gli studi sui fluidi e il magnetismo. Ringrazio Daniele Buongiorno, dottorando, per aver partecipato alle attività, contribuito alla realizzazione del sistema CAI di esercizi ed alle ricerche connesse con il tema Spettroscopia. Grazie infine a Mario Gervasio per l'aiuto in laboratorio e la realizzazione dello Spettrometro digitale.

Bibliografia.

- Abd-El Khalick, F. et al. (2004). Inquiry in science education: international perspectives. *International Journal of Science Education*, 88(3), 397-419.
- Cummings, K., Laws, P.W., Redish, E.F., Cooney, P.J., Taylor, E. F. (2004). *Understanding physics*, Wiley, Hoboken, NJ, USA.
- Challapalli S R C P, G.Fera, M. Michelini, 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*, Didamatica 2012, <http://mondodigitale.aicanet.net/2012-2/didamatica/PAPER/FULL/F143.pdf>
- Corby Soto A., Taylor M (2013) *Learning Progressions: A Proposed Validation Method- White Paper*, Pearson (<http://researchnetwork.pearson.com/>)
- Denzin, N. K., Lincoln, Y. S. (2011). *Handbook of Qualitative Research*, 4th Edition, Los Angeles:SAGE Publishing.
- Duit R. (2009) *Bibliography – STCSE, Students' and Teachers' Conceptions and Science Education*, <http://archiv.ipn.uni-kiel.de/stcse/>
- 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.
- Erickson, F. (1998). Qualitative research methods for Sci. Educ. In B. J. Fraser, K. G. Tobin (Eds), *International Handbook of Sci. Educ., Part 2.*, Dordrecht: Kluwer, 1155-1174.
- 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.
- Halloun I. and Hestenes D. (1985a). The initial knowledge state of college physics students. *Am. J. Phys.* 53, 1043-1055.
- Halloun I. and Hestenes D. (1985b). Common sense concepts about motion, *Am. J. Phys.* 53,1056-1065.
- Hestenes D., Wells M., and Swackhamer G. (1992). Force Concept Inventory, *The Physics Teacher* 30, 141-151.
- 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., 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.
- Loverude, M. E., Heron, P. R. L., and C. H. Kautz (2010). Identifying and addressing student difficulties with hydrostatic pressure, *American Journal of Physics* 78, 75-85.
- 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 kwnowledge of electricity and magnetism , *Phys. Educ. Res., Am. J. Phys. Suppl.* 69 (7), pp S12-S23 41
- McDermott LC, Redish J (1999) Resource letter: PER-1: Physics education research, *American Journal of physics*, 67 (9), 755-767.
- 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. and Shaffer P. S. (1992) “Research as a guide for curriculum development: An example from introductory electricity. Part I: Investigation of student understanding,” *Am. J. Phys.* 60, 994–1002 (1992).
- McDermott L.C., Shaffer P. S., and the Physics Education Group at the University of Washington (2012), *Tutorials in Introductory Physics*, 1st ed. (Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 2002).2nd ed. (Pearson, Upper Saddle River, NJ, 2012)
- Meredith, D.C., Redish, E. (2013). Reinventing physics for life-science majors, *Physics Today*, 66, 28-43.

- 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
- O'Shea, B., Terry, L., Benenson, W. (2013). From $F=ma$ to Flying Squirrels: Curricular Change in an Introductory Physics Course, *CBE-Life Science Education* 12, 230-238
- Sokoloff, D.R., Lawson, P.W., Thornton, R.K.: *Real Time Physics* (Wiley, NY, 2004).
- Sokoloff David R, Thornton Ronald K. and Laws Priscilla W. (2007), "RealTime Physics: Active Learning Labs Transforming the Introductory Laboratory," *Eur. J. of Phys.*, **28** S83-S94.
- Stefanel (2016) Report progetto PID 11, Miglioramento della didattica della fisica nei corsi di studio dell'area Agraria, <http://tid.uniud.it/sites/default/files/TID/Relazione%20PIDU%2011%20Stefanel.pdf>
- Watts M. (1991), *The Science of Problem Solving - A Practical Guide for Science Teachers*, ed. Cassell Educational Limited, Londra.
- Watts M. (1994) Constructivism, reconstructivism and task-orientated problem-solving, in *The content of science*, Fensham P., Gustone R., White R., Falmer: London, pp.39-58