

Collaborazione scuola-università basata sulla ricerca didattica all'Università di Udine

Daniele Buongiorno, Marisa Michelini, Alberto Stefanel, Lorenzo Santi
Università degli Studi di Udine

Introduzione

Oltre agli obiettivi tradizionali dell'alta formazione e della ricerca scientifica, la “terza missione” dell'Università consiste nel dialogo con la società e il territorio: in questo contesto una solida relazione con la realtà scolastica del territorio è stata indagata e promossa dall'Università di Udine al fine di raccordare i due momenti nella carriera formativa di uno studente in una collaborazione multiprospettica. L'assunzione di questo nuovo e fondamentale obiettivo è alla base di una collaborazione tra scuola e università tramite un modello progettuale che comprende condivisione di azioni, sinergia nel perseguimento degli obiettivi e continuità nei rapporti, finalizzato sia al successo formativo degli studenti che alla formazione degli insegnanti in servizio. Il rapporto tra scuola e università è interpretato dall'Università di Udine come una collaborazione per l'innovazione didattica basata sulla ricerca, in merito a strumenti e metodi, contenuti e modalità di gestione dei rapporti tra la scuola e l'università in termini collaborativi e istituzionali (sia in presenza che a distanza) con modalità differenziate nel contesto della ricaduta della ricerca e di ricerca-azione di tipo didattico. Esso riguarda almeno tre piani: lo sviluppo professionale dei docenti in servizio, le attività innovative per studenti e la diffusione culturale. Nel contesto del Progetto Lauree Scientifiche (PLS), l'Università di Udine ha coordinato le principali unità di ricerca in didattica della fisica per la realizzazione di un progetto focalizzato sull'Innovazione Didattica in Fisica e Orientamento (IDIFO), approvato dal PLS stesso [1, 16-22, 29]. Tale Progetto ha compreso, nelle sei edizioni sin qui attuate, un master e corsi di perfezionamento finalizzati alla formazione in servizio degli insegnanti su temi della fisica moderna, a seguito di ricerche svolte in questo campo e attività in presenza sia per la formazione insegnanti, sia per l'interazione con gli studenti. Il Progetto IDIFO è stato presentato per la prima volta nel 2006 dall'Unità di Ricerca Didattica della Fisica (URDF) dell'Università di Udine, come iniziativa promossa e sostenuta da 9 unità di ricerca in didattica della fisica italiane. L'ultima edizione del Progetto, denominata IDIFO6 e attuata nel biennio 2017-2018, è stata presentata in collaborazione con 18 partner universitari: Bologna (UniBO), Cosenza (UniCAL), Camerino (UniCAM), Firenze (UniFI), Genova (UniGE), Macerata (UniMC), Milano (UniMI), Modena e Reggio-Emilia (UniMORE), Napoli (UniNA), Palermo (UniPA), Pavia (UniPV), Roma-La Sapienza (UniRM-La Sapienza), Roma Tre (UniRM-Tre), Lecce (UniSALENTO), Siena (UniSI), Trento (UniTN), Udine (UniUD), Verona (UniVR). Il Progetto IDIFO6 si è avvalso dei risultati di ricerche didattiche in fisica e di materiali messi a punto nell'ambito di tali ricerche e nei precedenti Progetti IDIFO1-5 che si sono concentrati sulla fisica del Novecento (fisica quantistica, relativistica, statistica e della materia) e l'orientamento formativo per la formazione degli insegnanti e le attività di laboratorio sperimentale e didattico [18-20]. Le principali attività del Progetto sono di 4 tipi: a) formazione insegnanti sulla fisica moderna mediante il master M-IDIFO, Corso di Perfezionamento CP_IDIFO e singoli moduli, scuole estive residenziali per docenti, b) scuole estive per studenti di talento, c) progetti di alternanza scuola-lavoro e d) percorsi di innovazione didattica su temi di fisica moderna co-progettati con le scuole del territorio in una collaborazione secondo le caratteristiche del

PLS. Si riepilogano in questa sede le principali attività dei Progetti IDIFO discutendo, in particolare, le caratteristiche innovative e di ricerca delle attività attuate nell'ultimo biennio, come esemplificazioni di collaborazione scuola-Università basata sulla ricerca.

Formazione degli insegnanti su innovazione didattica in Fisica moderna

Per la formazione degli insegnanti sono state proposte azioni a livello nazionale e a livello locale. Su scala nazionale sono state attivati quattro Master biennali di II livello, a cui si sono affiancati cinque Corsi annuali di perfezionamento, e quattro Scuole estive nazionali residenziali, svolte come attività integrate nel Master e fruibili anche come attività autonome. A livello locale sono stati proposti singoli moduli formativi, fruibili come corsi singoli integrati nell'offerta formativa del master o corsi di formazione comunque certificati. Nella tabella 1 sono riepilogati in estrema sintesi i dati riguardanti questa parte dei Progetti IDIFO.

	4 Master e 5CP IDIFO	4 Scuole estive nazionali insegnanti	MIF locali
Totale cfu erogati	550	16	100
Docenti universitari coinvolti	110	56	22
Insegnanti in formazione partecipanti	156	138	804

Tab. 1. Riepilogo delle attività per la formazione degli insegnanti nei progetti IDIFO

I Master e i Corsi di perfezionamento IDIFO

Il Master IDIFO, a partire da una struttura iniziale unitaria e comune a tutti i corsisti nella prima edizione (M-IDIFO), si è venuto via via configurando nelle successive tre edizioni (M-IDIFO3-4-6), come una proposta modulare, basata su singoli moduli formativi (MIF), articolati e connessi in proposte organiche e coerenti di diversa durata e impegno all'interno dei quali i docenti iscritti potevano ritagliarsi i propri percorsi formativi: un Master biennale (M-IDIFO) pari a 60 cfu; un Corso di perfezionamento annuale (CP-IDIFO) pari a 16 cfu; corsi singoli di 2 cfu ciascuno (3 cfu nelle prime edizioni), spendibili comunque come crediti per formazioni su più anni [1, 16-20, 24]. Il fondamento di ricerca è dato dalle teorie di riferimento su cui si fondano i modelli di formazione insegnanti: il *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) [10, 34] interpretato come costruzione di conoscenze (*Content Knowledge* - CK) in parallelo agli aspetti educativi (*Pedagogical Knowledge* - PK) attraverso l'analisi e l'esplorazione di proposte didattiche basate sulla ricerca realizzata integrando i modelli metaculturale, esperienziale e situato [26-28, 31-32]; il *Model of Educational Reconstruction* [6], come *framework* per l'analisi e ricostruzione a scopo didattico dei contenuti che è stato il fondamento delle proposte didattiche oggetto della formazione e quadro di riferimento dell'attività progettuale dei docenti in formazione. Il modello di formazione degli insegnanti attuato nei MIF del Master M-IDIFO6 è basato sul coinvolgimento attivo degli stessi con un'impostazione di costruzione del pensiero formale e il raccordo matematica-fisica-informatica su temi di fisica moderna, cosicché vengano messe in campo le competenze acquisite e la dimensione di formazione in prospettiva di ricerca didattica [1, 18]. L'obiettivo del Master M-IDIFO6 è la formazione degli insegnanti sull'innovazione didattica e la didattica laboratoriale, l'approfondimento delle competenze sugli aspetti operativi di strategie didattiche e metodologie di analisi dati di apprendimento messe a

punto a seguito di ricerche in didattica della fisica svolte in contesto internazionale da parte delle università coinvolte. La natura di collaborazione tra scuola e università si è esplicitata attraverso:

- la progettazione, preparazione dei materiali didattici, sperimentazione, monitoraggio, analisi dati di apprendimento e valutazione di interventi didattici sui temi del master;
- la messa a punto di proposte sperimentate di orientamento formativo, basate sul *problem solving* per l'orientamento (PSO)[2]
- l'integrazione delle proposte innovative di formazione dei docenti in fisica con progetti di innovazione didattica e di alternanza scuola-lavoro degli studenti
- la possibilità per ciascun insegnante di una formazione come si è detto graduale mediante un'offerta didattica per profili coerenti a diverso grado di impegno.

Nei diversi insegnamenti del Master IDIFO è stato riservato grande spazio alla discussione di proposte didattiche, all'analisi e al confronto di scelte su questioni messe in luce dalla ricerca didattica sui vari temi affrontati, favorendo la riflessione individuale, la condivisione e la riflessione di gruppo, la rielaborazione individuale [1,18,24,26]. Il modello formativo ha previsto per ogni modulo, insegnamenti generali di studio e rivisitazione culturale e didattica sui temi del modulo; caratterizzanti, ossia specifici sulla didattica dell'area tematica; progettuali con rielaborazione dei corsisti; di sperimentazione dei progetti messi a punto in attività situate nelle classi da parte degli insegnanti corsisti, che attuano percorsi di ricerca-azione per acquisire padronanza e competenza professionale nell'affrontare temi e metodologie didattiche innovativi. È stata allestita una piattaforma per l'attività a distanza secondo studi di ricerca sull'e-learning effettuati in passato, a partire dallo standard statunitense *U-Portal*. I materiali utilizzati sono stati i prodotti di ricerche validate a livello internazionale sull'innovazione didattica realizzato dalle unità di ricerca cooperanti anche nell'ambito dei progetti IDIFO sin qui attuati [18-20, 27]. Nello specifico, il Master IDIFO6 ha permesso a ogni corsista di scegliere il proprio curriculum formativo di 60 cfu totali (416 ore di lezioni e 1500 ore di lavoro personale) da completare in 2 anni in base alle proprie esigenze formative sulla base di un'offerta di 125 cfu, con i seguenti vincoli: 20 cfu scelti dal corsista su 4 profili principali (fisica atomica e nucleare, meccanica quantistica, spettroscopia e astrofisica, esperimenti avanzati ed attività complementari del curriculum Miur), 10 cfu di corsi trasversali e metodologici, 10 cfu di progettazione didattica, 8 cfu di sperimentazione didattica, 12 cfu di prova finale con attività didattica in classe. Il Corso di perfezionamento CP-IDIFO6 ha permesso ad ogni corsista di scegliere il proprio curriculum formativo di 16 cfu (106 ore di lezioni e 300 ore di studio) da completare in 1 anno in base alle proprie esigenze formative, con i seguenti vincoli: 6 cfu scelti dal corsista sui 4 profili principali, 4 cfu di corsi trasversali e metodologici, 2 cfu di progettazione didattica, 2 cfu di sperimentazione didattica, 2 cfu di prova finale con attività didattica in classe. Ogni insegnamento in rete o in presenza ha rispettato un MIF in cui vi erano 8-12 ore di lezione, 8-10 ore di laboratorio, 15-18 ore di sperimentazione in classe, 15-18 ore di lavoro individuale. L'obbligo di presenza per il 70% del tempo, di consegna di una progettazione didattica e di una relazione finale di sperimentazione didattica secondo una specifica rubrica come esame finale, hanno garantito la qualità della formazione attestata in termini di competenze acquisite. Nel totale dei quattro Master M-IDIFO e cinque CP-IDIFO sono stati offerti corsi per un complesso di oltre 550 cfu grazie al contributo di oltre 60 docenti universitari delle sedi cooperanti, coinvolgendo complessivamente: 108 docenti nei Master, di cui 71 si sono diplomati; 48 iscritti ai Corsi annuali di Perfezionamento, di cui 39 perfezionati; oltre 100 docenti in corsi singoli. Nel Master IDIFO6, tutt'ora in corso, sono già stati regolarmente erogati ai 27 iscritti ad oggi, 47 MIF per un totale di 94 cfu, da parte di 23 docenti universitari.

Nell'ambito dei progetti IDIFO sono state organizzate 4 Scuole estive nazionali residenziali (Tab. 2). La prima è stata organizzata come workshop intensivo in presenza del primo Master IDIFO per i 20 iscritti. Le altre tre Scuole nazionali per insegnanti (SNI-FM2014, SNI-FM2017 e SNI-FM2018) sono state rivolte rispettivamente a 58, 20 e 40 docenti della scuola secondaria di II grado, selezionati in base a una graduatoria stilata da una commissione che ha analizzato il curriculum dei docenti che da tutta Italia avevano fatto domanda di partecipazione. Il numero di posti è stato di volta in volta definito in gran parte in base ai finanziamenti disponibili e alle risorse logistiche e organizzative.

	WS in Presenza Master IDIFO	SNI-FM2014	SNI-FM2017	SNI-FM2018
Periodo	23-28/07/2007	8-12/09/2014	4-9/09/2017	23-28/07/2018
Ore attività	50	46	48	48
Partecipanti	20	58	20	40
Docenti coinvolti	20	18	12	23

Tab. 2. Quadro riepilogativo delle scuole estive nazionali per insegnanti della Fisica moderna

In tutte le edizioni è stato previsto un alto impegno dei partecipanti affinché venissero sfruttate al meglio le risorse disponibili e l'impegno messo in campo dai partecipanti, la quasi totalità provenienti da regioni diverse dal Friuli Venezia Giulia. Ciascun partecipante ha avuto personale e diretta esperienza di costruzione del pensiero formale a partire dallo studio fenomenologico di tipo esplorativo o di laboratorio avanzato nei percorsi didattici e laboratoriali proposti basati sulla ricerca, utilizzando strumenti e metodi della più recente ricerca internazionale sulla didattica, come di tutorial con strategia IBL [13-15, 33], uso di sensori online con strategia PEC [36-38], approcci differenziati al problem solving [8-9, 11], uso di strumenti e metodologie di ricerca per la raccolta dei processi d'apprendimento e la loro analisi e valutazione [6, 15, 20, 32, 39]. Essi sono stati messi a punto a livello internazionale e rappresentano sfide intellettuali che sviluppano competenze. Le attività della Scuola sono state progettate come ricaduta di anni di ricerca in didattica della fisica sulla base di uno stretto coordinamento tra tutti i docenti ha permesso di mettere a punto i materiali utilizzati che sono a loro volta ricaduta didattica delle ricerche condotte e spesso validati in contesti internazionali. Il programma dettagliato della Scuola organizzata nel 2018 si trova al link: <http://www.fisica.uniud.it/URDF/laurea/idifo6.htm>; quello delle altre edizioni è disponibile all'indirizzo: <http://www.fisica.uniud.it/URDF/>, alla voce Progetto Lauree scientifiche. Un riferimento importante per i materiali utilizzati nella scuola e sviluppati dall'URDF è costituito dalle referenze [18-20], che costituiscono esito dei progetti IDIFO, materiale didattico utilizzato con studenti e nella formazione insegnanti, risorsa offerta in rete per questi ultimi e disponibile all'indirizzo: <http://www.fisica.uniud.it/URDF/laurea/materiali/index.htm>; come pure ulteriori riferimenti sono reperibili dall'ampia bibliografia e documentazione sul sito dell'URDF. In particolare nel 2018, i percorsi di esplorazione attiva hanno proposto l'analisi di fenomeni e possibili interpretazioni sui temi della spettroscopia ottica e dell'ottica fisica, della meccanica quantistica e della superconduttività. Il laboratorio sperimentale, condotto a gruppi con conduzione diretta di misure ed elaborazione dati, è stato focalizzato su esperimenti di avanguardia e cruciali per la fondazione delle due teorie della meccanica quantistica e della relatività. Gli esperimenti proposti costituiscono un'offerta unica a livello europeo di prototipi, esemplari unici e apparati commerciali di esperimenti di fisica moderna utilizzabili in laboratori didattici. *Problem solving* [2, 8-9, 11], test, problemi, esercizi, sfide e gare sui concetti affrontati hanno avuto la doppia valenza di autovalutazione e esemplificazione di esercizi da proporre ai propri studenti. Seminari hanno offerto

agli insegnanti uno spaccato su temi di avanguardia della moderna ricerca in fisica. Ogni attività è stata parte di un percorso organico di formazione sui principali temi della fisica moderna. Tutta l'attività della Scuola è stata seguita a tre livelli: dottorandi universitari, insegnanti di fisica esperti, ricercatori e professori universitari. Per le attività delle scuole estive sono stati rilasciati cfu sulla base delle valutazioni dei docenti da un lato dei progetti didattici sviluppati dagli insegnanti partecipanti, dall'altro delle presentazioni finali sui compiti assegnati. Un'importante ricaduta delle scuole è costituita dalle sperimentazioni che molti dei partecipanti hanno svolto nelle proprie classi sulla base delle progettazioni impostate nell'ambito delle scuole estive.

I moduli formativi per insegnanti in presenza

Nella sede di Udine le sei edizioni del Progetto IDIFO hanno sempre previsto una parte importante dedicata a corsi di formazione per i docenti delle scuole del territorio, configuratisi come MIF dei master IDIFO offerti ed erogati localmente in presenza. Sono stati offerti un complesso di circa 100 cfu come MIF in presenza, coinvolgendo oltre 800 insegnanti, ciascuno della durata di 14 ore di formazione generale e caratterizzante, 5 ore di progettazione didattica, 6 ore di sperimentazione con studenti, 5 ore di analisi dati e rielaborazione. Spesso sono state attuate azioni mirate e realizzate in risposta alle esigenze e alle richieste delle scuole con corsi di formazione specificamente progettati e realizzati, con seminari di esperti di ricerca in didattica della fisica di livello internazionale e nazionale e seminari di ricercatori di avanguardia in fisica che hanno voluto far conoscere le proprie ricerche anche al mondo della scuola. A tali azioni specifiche si sono aggiunti anche i laboratori didattici realizzati con gli studenti che hanno costituito occasione formativa molto importante per i docenti sia nella fase di coprogettazione per la condivisione di contenuti e obiettivi di ricerca, sia in quella laboratoriale con gli studenti come esemplificazioni di metodologie e strategie didattiche innovative, sia nella parte di valutazione per l'acquisizione di metodologie proprie della ricerca[28]. Nel 2018 sono stati realizzati: a Udine un MIF su “App per Mobile nel laboratorio di fisica” e uno sugli esperimenti di fisica moderna, a cui per altro hanno partecipato insegnanti di tutto il triveneto; per le reti di scuole del Trevigiano e dei licei triestini e su loro specifica richiesta sono stati specificamente progettati e attuati sei MIF per lo sviluppo professionale degli insegnanti sulla fisica moderna (per il Trevigiano i due MIF su: “Gli esercizi di Fisica per la Maturità” e “Fisica Moderna nella Scuola”; Per la rete di Trieste sono stati progettati e attuati MIF su “Ottica e Meccanica Quantistica” e “Massa ed Energia in $E=mc^2$ ” mirati alla revisione verticale del curriculum di fisica nel liceo scientifico. Caratteristica qualificante di tali azioni è stata la co-progettazione con le scuole dei due ambiti territoriali e le sperimentazioni didattiche da parte dei docenti coinvolti che costituivano parte dell'azione formativa.

Scuole estive, laboratori didattici e attività ASL per studenti

Una parte rilevante dei progetti IDIFO è stata quella dedicata alle attività con gli studenti, che come detto hanno avuto anche un'importante ricaduta nella formazione degli insegnanti. Sono state organizzate complessivamente otto edizioni di Scuole estive nazionali di fisica moderna per studenti di talento delle ultime due classi delle scuole italiane. A livello locale sono stati offerti e realizzati in base a una coprogettazione con gli insegnanti laboratori didattici di tipo PLS, con diverse modalità attuative, laboratori per l'orientamento formativo, percorsi di Alternanza scuola-lavoro.

Scuole estive per studenti

Sono state realizzate presso la sede dell'Università di Udine 8 Scuole nazionali per studenti di talento sulla fisica moderna, di cui in tabella si riepilogano sinteticamente i dati delle domande pervenute per ciascuna edizione da scuole di tutta Italia e degli studenti ammessi sulla base di selezioni di merito che comunque hanno tenuto conto della distribuzione territoriale sul territorio nazionale. Le diverse edizioni sono state realizzate sulla base di una progettazione specifica e differenziata a partire da un'ossatura comune che è stata studiata appositamente per rispondere alle caratteristiche di studenti di alto livello. Le strategie adottate nelle attività sono quelle tipiche di: IBL [3,13-15,21,28,33]; PS [2,8-9,11,40]; PEC [36-38]; Analisi di artefatti [4,20]. Tutte le attività hanno coinvolto gli studenti in prima persona in esperimenti reali e simulati, rielaborazione di concetti, confronto di ipotesi. Su ognuno dei temi principali proposti sono stati valutati e certificati gli apprendimenti degli studenti basandosi su differenziati strumenti standard di monitoraggio: tutorial compilati durante le attività, questionari e relazioni di sintesi, presentazioni effettuati dagli studenti e esiti di gare [5,12,19,25]. Si evidenziano tra le diverse edizioni, la prima che è stata organizzata appositamente come occasione per sperimentazioni dei corsisti del Master IDIFO e in cui è stato messo a punto il modello [1,19], e l'edizione del 2016 realizzata in collaborazione con il Convitto Nazionale di Cividale e svolta per larga parte in detta struttura scolastica [30].

	2007	2009	2011	2013	2015	2016	2017	2018
Domande pervenute	385	290	245	308	252	40	121	88
Ammessi	50	40	40	36	41	33	32	30

Tab. 3. Numero di domande e di ammessi alle Scuole estive nazionali per studenti di talento sulla fisica moderna

La Scuola estiva organizzata del 2018 ha impegnato gli studenti partecipanti in una settimana di attività, progettate come ricaduta di anni di ricerca in didattica della fisica e validate anche in contesti internazionali, per un totale di 40 ore (www.fisica.uniud.it/URDF/laurea/idifo6/). Le tipologie di attività sono state:

- percorsi di esplorazione attiva per mettersi in gioco analizzando fenomeni e possibili interpretazioni sui temi della spettroscopia ottica, della meccanica quantistica e della superconduttività
- laboratorio sperimentale a gruppi su esperimenti di avanguardia e cruciali per la fondazione delle due nuove teorie dell'ultimo secolo, come la meccanica quantistica e la relatività, con modalità in presenza e diretta conduzione delle misure a gruppi ad esempio sulla velocità della luce, conducibilità elettrica in funzione della temperatura ed effetto Hall nei solidi, esperimento di Franck e Hertz e misura e/m per l'elettrone
- laboratorio di calcolo numerico sugli orbitali atomici presso l'Università di Trieste
- problem solving, test, sfide intellettuali e gare sui concetti affrontati
- seminari su temi di avanguardia della fisica moderna.

Percorsi d'innovazione didattica co-progettati con la scuola

Diversi tipi di laboratori PLS sono stati realizzati con studenti e insegnanti delle scuole del Friuli Venezia Giulia e del Veneto su percorsi didattici innovativi basati sulla ricerca e con approccio laboratoriale sia a temi di fisica classica, sia soprattutto a temi e argomenti di fisica moderna per le ultime classi delle scuole superiori. Ogni tipo di laboratorio ha comportato una co-progettazione con gli insegnanti coinvolti, un'attività preliminare degli insegnanti stessi nelle classi, un'attività

laboratoriale all'università e un lavoro di completamento e verifica finale nelle classi. La seguente tabella 4 fornisce un quadro riepilogativo di oltre dieci anni dell'impatto dei laboratori didattici svolti con gli studenti delle scuole del territorio e co-progettati con gli insegnanti delle classi coinvolte [7, 19, 22-23, 29, 34].

	2006/10	2010/14	2014/16	2016/17	2017/18
n. laboratori	24	42	44	30	45
n. scuole	25	20	22	12	14
n. studenti	750	1092	1192	621	1639
n. insegnanti di scuola	38	62	186	31	94

Tab. 4. Impatto dei laboratori didattici svolti con gli studenti delle scuole del territorio

In ciascun laboratorio gli studenti sono stati personalmente e a piccolo gruppi impegnati in attività *hands-on* e *minds-on* di esplorazione di situazioni-problema basate su strategie e metodi qualificati da ampie sperimentazioni di ricerca didattica sull'apprendimento attivo [14,19,22]. I loro insegnanti di classe sono stati coinvolti nella co-progettazione degli interventi, ne hanno seguito lo svolgimento in sede universitaria, preparandolo e completandolo a scuola, hanno contribuito al monitoraggio gli apprendimenti e alla loro valutazione. Alcuni lavori di ricerca ne documentano modalità di lavoro e processi degli studenti attivati [5,7,34]. Le finalità dei laboratori sono state molteplici:

- costruire operativamente le competenze sui concetti fondanti dei seguenti temi: meccanica quantistica, superconduttività, ottica fisica, conduzione elettrica nei solidi, spettroscopia
- integrare l'apprendimento della fisica svolto a scuola con significative esperienze di didattica laboratoriale e laboratorio sperimentale
- modellizzazione, utilizzo delle TIC focalizzate all'apprendimento dei temi sopra citati
- esplorare operativamente percorsi di apprendimento basati sulla ricerca incentrati sui nodi concettuali
- avviare a partire dall'esperienza, percorsi formativi sull'insegnamento/apprendimento della fisica moderna
- diffondere nelle scuole proposte di didattica laboratoriale su temi di fisica moderna basate sulla ricerca (esito ed oggetto di ricerca) che impiegano le TIC per attività di laboratorio sperimentale, di modellizzazione e di simulazione.

I laboratori e le attività formative hanno fatto uso di diversi strumenti: questionari sui nodi della meccanica quantistica, dell'elettromagnetismo e della conduzione elettrica focalizzati sulle proprietà magnetiche dei superconduttori; kit didattici, sperimentali e apparati con sensori collegati in linea con l'elaboratore; tutorial per la conduzione e il monitoraggio di attività in classe che delineano percorsi di insegnamento/apprendimento coerenti, che si configurano come corridoi all'interno dei quali i docenti possono individuare proposte di insegnamento differenziate e gli studenti possono costruire personali percorsi di apprendimento. I laboratori didattici hanno previsto l'integrazione tra le attività curricolari svolte in classe e le attività offerte all'università che includono metodologie didattiche differenziate quali: *problem solving sperimentale*, esplorazione con sensori e analisi sperimentale di fenomenologie per la costruzione di leggi empiriche e modelli interpretativi; modellizzazione e simulazione basata su modelli fisici come esplorazioni in contesto ideale di fenomenologie analizzate sperimentalmente; sessioni di laboratorio didattico basate su IBL, *problem solving* sperimentale e concettuale, sull'esplorazione di artefatti. Nel Progetto IDIFO6 sono stati proposti e realizzati diversi

tipi di laboratorio che si differenziano per la durata delle fasi preparatorie, di sperimentazione e valutazione e il diverso peso di ricercatori e insegnanti, oltre che per i temi proposti:

- Masterclass (attività laboratoriali tematiche intensive). Si tratta di laboratori che hanno coinvolto per un'intera giornata intere classi o gruppi di studenti in seminari di presentazione, laboratori didattici di esplorazione di percorsi concettuali, laboratori sperimentali e di modellizzazione, analisi di simulazioni. Ne sono state realizzate 15 sessioni sui temi di superconduttività, meccanica quantistica, ottica fisica e spettroscopia, che comprendevano 4-6 ore di progettazione, 4-6 ore preparazione studenti a cura dell'insegnante di classe; 8 ore di attività presso l'università a cura di ricercatori URDF e insegnanti delle classi; 4-6 ore completamento e verifica; 4-6 ore verifica e valutazione.
- Laboratori su Esperimenti Avanzati (LEA) quali misura della velocità della luce; della resistività e del coefficiente di Hall per metalli e semiconduttori; misura del rapporto e/m per l'elettrone, esperimento di Franck&Hertz, effetto Ramsauer, consistenti in laboratori sperimentali a gruppi di 4 ore su esperimenti avanzati di fisica moderna da svolgere all'università, e attività di progettazione, completamento e verifica per altre 12 ore. Ne sono stati realizzati una dozzina sui diversi esperimenti.
- CLOE (Laboratori Concettuali di Esplorazione Operativa, di tipo IBL) consistenti in percorsi brevi focalizzati sui nodi concettuali di contesti fenomenologici come quelli della conduzione elettrica nei solidi, degli effetti magnetici nei superconduttori, dell'ottica fisica (polarizzazione ottica e diffrazione) e dell'analisi di spettri atomici, il laboratorio in tempo reale. Ne sono state realizzate 12 sessioni ciascuna comprendente 4-6 ore di progettazione, 4-6 ore di preparazione degli studenti; 4 ore di attività presso l'università; 6-8 ore completamento; 4-6 ore di verifica e valutazione.

Per piccoli gruppi di studenti e singoli sono inoltre stati realizzati Laboratori Maturità focalizzati su esperimenti da realizzare e documentare per l'approfondimento per l'esame di Stato della durata di 5-15 ore in presenza e altrettante di rielaborazione personale e/o con l'insegnante. Hanno completato l'interazione con le scuole annuali edizioni delle Ippog Masterclass sulle particelle elementari realizzate in collaborazione con il Cern e la locale sezione Infn.

Progetti di alternanza scuola-lavoro

L'alternanza scuola-lavoro nel progetto IDIFO6 è stata interpretata coinvolgendo gli studenti in effettive attività lavorative, svolte in modo autonomo seppure sotto la supervisione dei tutor universitari e scolastici. Brevi seminari introduttivi hanno presentato in forma problematica le tematiche specifiche su cui si sarebbero poi incentrate le attività degli studenti, lanciando stimoli, proposte, suggerimenti e aiutando gli studenti a trovare l'ambito più adatto o confacente alle proprie attitudini e propensioni e/o definendo in modo efficace l'obiettivo da perseguire e i prodotti da realizzare. Gli studenti hanno poi lavorato in forma autonoma alla effettuazione dei compiti individuati e realizzazione dei prodotti definiti in sede progettuale. Tutto il processo e le singole fasi sono stati monitorati da parte dei tutor universitari e scolastici. All'interno del Progetto IDIFO6 è stato realizzato lo stage "Modulo Formativo di Laboratorio di Fisica" (MFLF) per 25 studenti delle classi IV superiori, totalmente finanziato dall'Università di Udine, in cui gli studenti sono stati impegnati in 25 ore di attività comprensive di seminari interattivi, laboratori sperimentali e problem solving. Attività di alternanza Scuola-Lavoro (ASL), basate sull'innovazione tecnologica basate sull'uso di APP nel laboratorio di fisica, hanno impegnato 296 studenti di un liceo scientifico a Treviso, 56 a Vittorio Veneto e 40 a Mogliano Veneto, producendo in particolare 2 mostre interattive

di esperimenti per la continuità didattica e un report di raccolta e analisi dati sull'inquinamento acustico per Smart City con impiego di APP per *mobile*. Progettazione e messa a punto di esperimenti con materiale povero su fluidi e ottica fisica sono state infine le proposte di alternanza scuola-lavoro sviluppate con 40 studenti di un liceo di Udine presso il laboratorio del CIRD dell'Università di Udine. Si tratta di proposte differenziate, in cui è centrale la parte di "lavoro" effettuata dagli studenti, che non si sono limitati quindi a seguire dei seminari o peggio delle lezioni, oppure hanno effettuato semplicemente degli esperimenti, modalità di interazione che rientrano nelle tipiche attività del PLS e che purtroppo hanno caratterizzato molta parte di ciò che è stato realizzato sia nelle scuole, sia nelle Università come alternanza scuola-lavoro.

Conclusioni

Il Progetto IDIFO del PLS di Fisica, oramai giunto alla sesta edizione, è stato progettato e riprogettato, proposto e realizzato dall'Unità di Ricerca in Didattica della Fisica dell'Università di Udine. Esso interpreta la terza missione dell'Università di Udine come collaborazione con le scuole del territorio per l'innovazione didattica e la formazione degli insegnanti, basata sulla ricerca didattica in merito a metodi, strumenti, contenuti e modalità di lavoro e collaborazione. Nell'ambito di IDIFO, l'Università di Udine ha coordinato le principali unità di ricerca in didattica della fisica per la realizzazione dell'innovazione didattica metodologica, in particolare mirata alla didattica laboratoriale e dedicata alla fisica moderna. La ricerca didattica ha costituito il riferimento del progetto IDIFO, sia in termini di inquadramento teorico, dei materiali, delle strategie e dei metodi utilizzati, ricaduta della ricerca in didattica della fisica nei processi formativi, sia in quanto il progetto delle diverse attività formative (i master, i corsi di perfezionamento, i singoli corsi formativi) e i risultati delle attività svolte con insegnanti e studenti, oltre che le sperimentazioni stesse condotte da ricercatori e insegnanti sono state oggetto di monitoraggio e analisi con strumenti e metodi di ricerca. Con gli studenti la ricaduta della ricerca si è realizzata in una differenziata proposta di attività laboratoriali, come rielaborazione di progetti didattici derivanti e validati da ricerche in didattica della fisica. Nella formazione insegnanti ha assunto almeno quattro dimensioni principali: 1) fonte di conoscenza dei modelli interpretativi spontanei, dei processi di apprendimento e delle difficoltà degli studenti, 2) risorsa per proposte curriculari di moduli di intervento didattico, da sperimentare in classe, 3) fonte di strumenti, metodi e strategie da applicare nella progettazione didattica, 4) riferimento metodologico per lo sviluppo di una professionalità docente nel *framework* del PCK. Le diverse prospettive di collaborazione tra Scuola e Università del progetto IDIFO discusse nel presente contributo hanno avuto diversi esiti:

- ricaduta nelle scuole del territorio in termini di:
 - ✓ risultati di ricerche condotte sui processi di apprendimento, sulla costruzione e sulla validazione di percorsi formativi basati sull'operatività, sull'uso delle nuove tecnologie, sulla costruzione del pensiero formale per l'insegnamento/apprendimento della fisica moderna
 - ✓ contenuti risultati particolarmente stimolanti per gli studenti in quanto relativi a tematiche di punta oltre che oggetto dei nuovi curricula, quali meccanica quantistica, superconduttività, fotonica
 - ✓ strategie didattiche, materiali e strumenti, basati sulla ricerca, proposti in forma innovativa per adattarsi al focus delle diverse attività e dei diversi contesti
- promozione di azioni mirate all'orientamento formativo, in particolare in ambito scientifico
- arricchimento del bagaglio culturale degli insegnanti su materiali e metodi didattici innovativi, metodi di ricerca e di rigorosa analisi degli esiti di apprendimento

- organizzazione di iniziative per la diffusione della cultura scientifica in una collaborazione con le scuole del territorio, in cui si realizzano occasioni di apprendimento al di fuori della classe, che si raccordino con la didattica curricolare, mostre interattive di esperimenti, laboratori di esplorazione operativa per la scuola superiore con l'uso delle nuove tecnologie
- il Master M-IDIFO6, in particolare, ha integrato una formazione metaculturale con una esperienziale e una situata, offrendo a ciascun insegnante/corsista l'occasione di sviluppo progettuale commisurato ai propri bisogni e alle motivazioni; il master sembra costituire una modalità formativa efficace per la formazione degli insegnanti all'innovazione didattica.

I positivi esiti sui diversi piani della formazione e orientamento degli studenti, della formazione degli insegnanti indicano la validità del modello attuato nel Progetto IDIFO per una collaborazione scuola-università basata sulla ricerca.

Riferimenti bibliografici

- Battaglia R.O., Michelini M. (2011), *Master Idifo*, in Raine D., Hurkett C., Rogers L. (a cura di), *Physics Community and Cooperation 2*, Lulu, Leicester, pp. 97-136.
- Bosio S., Capocchiani V., Michelini M., Vogrig F. (1998), *Orientare alla scienza attraverso il problem solving*, in "La Fisica nella Scuola", XXXI, Sup. 1, p. 122.
- Bell S. (2010), *Project-Based Learning for the 21st Century*. *The Clearing House*, 83 (2), pp. 39-43.
- Bartolini Bussi M.G., Mariotti M.A. (2008), *Semiotic mediation in the mathematics classroom: artefacts and signs*, in English L. (a cura di), *Handbook of Irme*, LAE, pp. 746-783.
- Cassan C., Colombo M., Michelini M., Mossenta A., Santi L., Stefanel A., Vercellati S., Viola R. (2010), *Scuola estiva di Fisica Moderna*, in "La Fisica nella Scuola", XLIII, Sup. 4, pp. 61-73.
- Duit R., Gropengießer H., Kattmann U. (2005), in Fischer H.E. (a cura di), *Developing standards in research on Science Education, The Esera SS 2004*, Taylor & Francis, London, pp. 1-9.
- Fera G., Michelini M. (2013), *Il laboratorio Idifo3 sulla conduzione elettrica: innovazione didattica nella formazione insegnanti*, in "La Fisica nella scuola", XLVI, Sup. 1, pp. 88-99.
- Hsu L., Brewe E., Foster T.M., Harper K.A. (2004), *Research in PS*, "AJP" 72 (9), pp. 1147-1156.
- Jonassen D.H. (2010), *Learning to Solve Problems. A Handbook for Designing Problem-Solving Learning Environments*, 1. ed., Routledge, New York.
- Magnusson S., Krajcik J., Borko H. (1999), *Nature, Sources, and Development of PCK*, in Gess-Newsome J., Lederman N.G. (a cura di), *Examining PCK*, Kluwer, Dordrecht, pp. 95-132.
- Maloney D.P. (2011), *An Overview of Physics Education Research on Problem Solving*, in *Getting Started in Per*, "Reviews in Per" (2), p. 1.
- Martinuzzi F., Michelini M., Santi L., Stefanel A. (2015), *Sens-fm: Scuola Estiva Nazionale per Studenti sulla Fisica Moderna 2015*, in "La Fisica nella Scuola", XLIX, Sup. 2, pp. 136-142.
- McDermott L.C. (2009), *Improving the teaching of science through discipline-based education research: An example from physics*, in *Proceedings of Fiser 2009*, Famagusta, North Cyprus.
- McDermott L.C., Heron P.R.L., Shaffer P.S. (2005), *Physics by Inquiry: A research-based approach to preparing K-12 teachers*, *APS Forum on Education Newsletter*, pp. 23-26.
- McDermott L.C. (2004), *Physics education research: the key to student learning & teacher preparation*, in Michelini M. (a cura di), *Quality Development in Teacher Educ*, Forum, Udine, pp. 30-34.
- Michelini M. (2009), *Formazione in servizio degli insegnanti e innovazione didattica: il Corso di Perfezionamento Idifo2*, *Lfns*, XLII, Sup. 3, pp. 90-93.

- Michelini M. (2009), *Master sulla Innovazione Didattica in Fisica e Orientamento (Idifo) dalle ricerche di Fis 21, Frascati Physics Series Italian Collection*, II, pp. 103-104.
- Michelini M. (2010), *Formazione a distanza degli insegnanti all'innovazione didattica in fisica moderna e orientamento*, Miur-Pls-UniUD, Udine.
- Michelini M. (2010), *Progetto Idifo. Fisica Moderna per la Scuola. Materiali, aspetti e proposte per l'innovazione didattica*, Miur-Pls-UniUD, Udine.
- Michelini M. (2010), *Proposte didattiche sulla fisica moderna, Strumenti per una didattica laboratoriale*, Miur-Pls-UniUD, Udine.
- Michelini M. (2010), *Building bridges between common sense ideas and a physics description* in Menabue L. e Santoro G. (a cura di), *New Trends in Ste*, vol. 1, Clueb, Bologna, pp.257-274.
- Michelini M. (2013), *Il Progetto Idifo4: insegnanti e studenti protagonisti della loro formazione*, in "La Fisica nella scuola", XLVI, Sup. 1, pp. 100-107.
- Michelini M., Mossenta A., Santi L., Stefanel A. (2014), *I laboratori Pls del Progetto Idifo3 a Udine ed il laboratorio sull'energia*, in "La Fisica nella Scuola", XLVII Sup. 4, pp. 105-121.
- Michelini M., Santi L., Stefanel A. (2008), *Master Idifo per la formazione in servizio degli insegnanti di fisica moderna* in La Fisica nella Scuola, XLI, Sup. 3, pp.84-89.
- Michelini M., Santi L., Stefanel A. (2010), *La Scuola estiva per studenti sulla fisica moderna a Udine*, Frascati Physics Series: Scienza Aperta, Vol. II.
- Michelini M., Santi L., Stefanel A. (2013), *La formación docente: un reto para la investigación*, in "Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias", 10 (N. Extra), pp. 846-870.
- Michelini M., Santi L., Stefanel A. (2013), *E-learning in teacher professional development in Innovation and formative guidance on modern physics*, Je-LKS, 9 (2), pp. 43-75.
- Michelini M., Santi L., Stefanel A. (2015), *La formazione degli insegnanti in fisica come sfida di ricerca* in "Giornale Italiano della Ricerca Educativa", 14/2015, pp. 191-208.
- Michelini M., Santi L., Stefanel A. (2012), *Il progetto Idifo3, Lfns*, 47 (4S), pp. 105-121.
- Michelini M., Stefanel A., Santi L. (2017), *Sefm2016: La Scuola Estiva di Fisica Moderna 2016*, in "La Fisica nella Scuola", 50, Sup. 1, pp.129-141.
- Michelini M., Stefanel A. (2015), *Research based activities in teacher professional development on optics*, in "Il nuovo cimento", 38 C, pp. 105-126.
- Niedderer H. (2010), *Content-specific research in science education*, Esera School, Udine
- Pedaste M., Mäeots M., Siiman L.A., De Jong T. (2015), *Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle*, in "Educational Research Review" 14, pp. 47-61.
- Pugliese E., Santi L. (2013), *La massa dal contesto classico al relativistico, Lfns*, 46 (1s), p. 41.
- Shulman L.S. (1986), *Those who understand: knowledge growth in teaching*, in *Educational Researcher*, 15 (2), pp. 4-14.
- Sokoloff D.R., Lawson P.W., Thornton R.K. (2004), *Real Time Physics*, Wiley, Nueva York.
- Theodorakakos A., Hatzikraniotis E., Psillos D. (2010), "*PEC task explorer*": a tool for Ict supported learning, in Constantonou C. (a cura di), *Clibs 2010*, Oelizk, Warsaw, pp. 75-83.
- Thornton R.K., Sokoloff D.R. (1999), *Learning motion concepts using real-time microcomputer-based lab tools*, in "American Journal of Physics", 58 (9), pp. 858-867.
- Viennot L., Chauvet F.O., Colin P., Rebmann G. (2005), *Designing strategies and tools for teacher training: The role of critical details, examples in Optics*, in "Science Education", 89 (1), pp. 13-27.
- Watts M. (1991), *The Science of Problem-solving*, Cassell, London.



INNOVAZIONE DIDATTICA UNIVERSITARIA E STRATEGIE DEGLI ATENEI ITALIANI

**100 CONTRIBUTI
DI 27 UNIVERSITÀ A CONFRONTO**

a cura di

Filomena Corbo, Marisa Michelini, Antonio Felice Uricchio

Bari, 2019