



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

Questo volume è realizzato da Geo (Consorzio Interuniversitario Giovani Educazione Orientamento), Università degli Studi di Bari Aldo Moro e Crui (Conferenza dei Rettori delle Università italiane) con i contributi e le riflessioni emerse in tema di innovazione didattica universitaria durante il Convegno “Innovazione didattica universitaria e Strategie degli Atenei italiani (Bari, 17-19 ottobre 2018).

Incarichi e qualifiche di curatori e relatori sono riferibili alla data del Convegno.

Curatori:

Filomena Corbo, *Geo Università di Bari*
Marisa Michelini, *Direttrice Geo Università di Udine*
Antonio Felice Uricchio, *Rettore Università di Bari*

Comitato scientifico ed editoriale:

Luigi Berlinguer, *Ministero dell’Istruzione dell’Università e della Ricerca*
Stefano Boffo, *Università di Napoli “Federico II”*
Anna Grimaldi, *Inapp*
Filomena Corbo, *Geo Università di Bari*
Giunio Luzzatto, *già Università di Genova*
Andrea Messeri, *Fondatore Geo, già Università di Siena*
Marisa Michelini, *Direttrice Geo, Università di Udine*
Roberto Moscati, *Università di Milano Bicocca*
Loredana Perla, *Università di Bari*
Maura Striano, *Università di Napoli Federico II*
Immacolata Tempesta, *Università del Salento*
Maria Assunta Zanetti, *Università di Pavia*

Segreteria redazionale: Marta Tasso, *Geo Università di Udine*

Realizzazione editoriale: Annalucia Leccese, *Ufficio Stampa Università di Bari*

Progetto di copertina: Stefano Lavermicocca, *Staff Comunicazione Università di Bari*

©Università degli Studi di Bari Aldo Moro
ISBN 978-88-6629045-2

INDICE

Presentazione <i>A cura di Filomena Corbo, Marisa Michelini, Antonio Felice Uricchio</i>	11
Documento di riflessione in preparazione al Convegno <i>A cura del Consiglio Scientifico Geo</i>	15
 1. LINEE STRATEGICHE DEI RETTORI	
 Verso un'alleanza educativa intergenerazionale <i>Gaetano Manfredi</i>	 25
Integrazione disciplinare e didattica laboratoriale: una sfida per le Università italiane <i>Alberto F. De Toni</i>	27
La didattica tra sperimentazione e conservazione <i>Antonio Felice Uricchio</i>	49
Lo Spazio Europeo dell'Istruzione Superiore: quali sfide dopo Parigi 2018? <i>Vincenzo Zara</i>	59
L'Innovazione didattica nell'Università di Trento <i>Paolo Collini</i>	69
Insegnare metodo e approccio etico alla conoscenza <i>Maurizio Tira</i>	71
Esperienze d'innovazione didattica e infrastrutture tecnologiche <i>Gino Mirocle Crisci</i>	75
Didattica innovativa in emergenza: il caso UniCam <i>Claudio Pettinari</i>	77
Le mura e gli uomini del sapere. Tecnologie e spazi per la didattica nell'Università Suor Orsola Benincasa <i>Lucio d'Alessandro</i>	81
Le esperienze d'innovazione didattica all'Università di Siena <i>Francesco Frati, Sonia Carmignani</i>	87

Competenze trasversali, certificazioni digitali e spazi di apprendimento integrati <i>Cristina Messa, Paolo Cherubini</i>	93
Costruire un ponte tra i modelli degli studenti e il sapere sapiente nell'era digitale <i>Francesco Adornato, Pier Giuseppe Rossi</i>	101
Aggiornamento dei docenti e innovazione delle metodologie didattiche nell'Ateneo di Catania <i>Francesco Basile, Roberta Piazza, Bianca Maria Lombardo</i>	107
La ricerca-formazione per l'innovazione della didattica universitaria <i>Francesco Ubertini, Enrico Sangiorgi, Paola Salomoni, Dina Guglielmi, Elena Luppi, Ira Vannini</i>	113
Strategie dell'Università di Torino per l'innovazione della didattica <i>Gianmaria Ajani, Elisabetta Barberis, Lorenza Operti</i>	121
 2. SCELTE ED ESPERIENZE DELLE UNIVERSITÀ PRESENTATE DAI DELEGATI	
Dal docente al ministero, spunti per la qualità della didattica <i>Marco Abate</i>	127
Tra vecchio e nuovo. La didattica verticale alla Scuola Normale Superiore di Pisa <i>Francesco Benigno</i>	131
L'innovazione curricolare nella formazione del docente universitario: l'esperienza nel TLL <i>Loredana Perla</i>	133
Le attività di terza missione come possibile fattore d'innovazione didattica <i>Michele Rostan</i>	143
L'innovazione didattica presso l'Università di Genova: esperienze e prospettive <i>Antonella Lotti, Marina Rui, Michela Tonetti</i>	147
La dimensione istituzionale della didattica: l'esperienza 2014-2017 dell'Università Tor Vergata di Roma <i>Giovanni Barillari</i>	151

La didattica universitaria tra sfide e cambiamento <i>Matteo Turri</i>	155
Per una programmazione strutturata e una nuova didattica <i>Luca Barbarito</i>	163
Innovazione didattica tra scuola e università a Udine <i>Marisa Michelini</i>	165
Il Progetto “Mentori per la didattica” nell’Università di Palermo <i>Galia Alessandro, Enrico Napoli, Gianluca Scaccianoce, Onofrio Scialdone</i>	173
Qualità e Innovazione didattica: il QuID in Sapienza <i>Tiziana Pascucci</i>	177
Il Centro Integrato di Servizi didattici ed E-learning (Cisdell) <i>Flora Sisti</i>	183
Il Modello Campus e la Didattica in co-docenza <i>Pietro Pietrini, Ennio Bilancini</i>	189
Percorsi di didattica innovativa a Ca’ Foscari <i>Pia Masiero</i>	193
Progetto Didattica per Competenze – Competency Based Learning and Teaching <i>Marco Sola</i>	197
Actionable Social Science – una strategia integrata <i>Marco Francesco Mazzù</i>	203
Le sfide di uno spazio di apprendimento multilingue e multiculturale. Un’Università di piccole dimensioni a vocazione internazionale: la Libera Università di Bolzano <i>Stefania Baroncelli</i>	207
L’impiego dei fondi europei per l’innovazione didattica in ambito giuridico ed economico: il caso dei Progetti Europe Bookmark e Let’s Teach dell’Università di Chieti-Pescara <i>Gianluca Bellomo</i>	211
Inclusione e innovazione: strategie e metodi dell’Università della Basilicata <i>Stefano Superchi</i>	213

Apprendimento internazionale, cross-cultural e ipermediale: quali sfide per lo sviluppo professionale dei docenti universitari? <i>Maria Cinque</i>	215
Sviluppo delle competenze digitali e trasversali per le lauree umanistiche: l'esperienza de L'Orientale di Napoli <i>Johanna Monti</i>	221
Innovazione didattica e tecnologie <i>Stefano Govoni</i>	227
Le nuove lauree professionalizzanti, una sfida per la costruzione della formazione terziaria nel nostro Paese <i>Sergio Molinari</i>	229

3. PROPOSTE IN SPECIFICI CONTESTI

3.1 SCIENZE CHIMICHE, FISICHE, INFORMATICHE, MATEMATICHE E TECNOLOGICHE

L'impegno del Piano Nazionale Lauree Scientifiche nel promuovere innovazione didattica <i>Josette Immè</i>	235
Riflessioni dall'esperienza dell'insegnamento della Fisica per l'innovazione didattica <i>Giovanni Organtini</i>	241
Innovazione in didattica della Fisica nei corsi di studio dell'Area bio-agro-alimentare dell'Università di Udine <i>Daniele Buongiorno, Marisa Michelini, Alberto Stefanel, Lorenzo Santi</i>	245
Lauree triennali e percorsi professionalizzanti e abilitanti in convenzione con l'Ordine dei Periti industriali <i>Carlo Pilia</i>	251
Progetto E-Learning dell'Università Politecnica delle Marche <i>Lucia Aquilanti, Carla Falsetti</i>	255
Uniba verso l'università digitale <i>Teresa Roselli</i>	261
Innovazione didattica in Fisica per il corso di laurea in Biotecnologie <i>Marisa Michelini</i>	265

Innovazione didattica nell'insegnamento della Fisica per le scienze della vita: esiti di una sperimentazione pluriennale <i>Assunta Bonanno, Peppino Sapia</i>	277
Collaborazione scuola-università basata sulla ricerca didattica all'Università di Udine <i>Daniele Buongiorno, Marisa Michelini, Alberto Stefanel, Lorenzo Santi</i>	281
La Formazione nell'era delle Smart Cities: esperienze e orizzonti <i>Elena Caldirola, Giuseppe Pirlo</i>	293
Esperienze formative e prodotti innovativi presso l'Università di Pavia nel Quadro Strategico Europeo ET2020 <i>Elena Caldirola</i>	299
3.2 SCIENZE SOCIALI, PEDAGOGICHE, PSICOLOGICHE	
Nuova università, nuovi rapporti docenti/studenti <i>Roberto Moscati</i>	307
La responsabilità sociale dell'università e la didattica <i>Stefano Boffo</i>	309
Quale formazione per i docenti universitari: esperienze e prospettive per una "via italiana" <i>Ettore Felisatti</i>	311
Tutorato formativo: una strategia di empowerment orientante nel raccordo scuola-università <i>Lorenza Da Re, Speranzina Ferraro, Gabriella Burba</i>	317
Apprendere nel XXI Secolo: dai saperi alle competenze <i>Maria Assunta Zanetti</i>	323
Discorso intorno al superamento della dicotomia tra classe fisica e classe virtuale <i>Andreas Robert Formiconi</i>	329
3.3 FORMAZIONE DEGLI INSEGNANTI NON UNIVERSITARI	
Un approccio inter-disciplinare per la formazione didattica dei docenti universitari. Il caso dell'Università Milano-Bicocca <i>Elisabetta Nigris</i>	337

La formazione degli insegnanti e il ruolo delle Università <i>Maura Striano</i>	343
Formazione degli insegnanti della scuola secondaria: quale ruolo alle Università? <i>Manuela Ghizzoni</i>	347
Cinque parole per includere: umanità, dignità, comunità, potenzialità, opportunità <i>Chiara Gemma, Vincenzo Cafagna</i>	365
Il contributo della didattica della Fisica per la formazione professionale di studenti di Scienze della Formazione primaria con la collaborazione scuola-università <i>Marisa Michelini</i>	371
Trasversalità e integrazione disciplinare nella formazione degli insegnanti di scuola primaria <i>Federico Corni</i>	379
Formare i docenti per favorire l'apprendimento attivo degli studenti. L'esperienza dell'Università del Piemonte Orientale <i>Lucrezia Songini</i>	383
Il Problem Based Learning in Italia per un'educazione centrata sullo studente <i>Antonella Lotti</i>	387
Didattica Blended professionalizzante <i>Maria Beatrice Ligorio</i>	391
3.4 SCIENZE STORICHE, FILOSOFICHE, POLITICHE, DELL'ANTICHITÀ, LETTERARIE, ARTISTICHE, GIURIDICHE ED ECONOMICHE	
Competenze trasversali, innovazione didattica e presidi organizzativi. Il caso del Teaching & Learning Center dell'Università di Siena <i>Loretta Fabbri, Alessandra Romano</i>	397
Riflessioni sulla valutazione della qualità della didattica all'interno dei corsi di laurea in Lettere <i>Claudia Corfiati</i>	405
L'azione dell'Associazione Italiana Editori a sostegno dell'innovazione didattica <i>Andrea Angiolini, Teresa Massara</i>	407

3.5 SCIENZE BIOLOGICHE, NATURALI, MEDICHE E DELLA TERRA

L'empatia come dimensione intersoggettiva nei processi formativi <i>Massimo Casacchia, Laura Giusti</i>	413
L'esperienza del gruppo Innovazione Pedagogica nella Conferenza Permanente dei Presidenti dei cds in Medicina e Chirurgia <i>Maurizia Valli</i>	419
Il tavolo settoriale digitalizzato nella formazione del medico moderno <i>Gabriella Cusella</i>	423
Il tavolo di dissezione virtuale Anatomage® nello studio dell'Anatomia umana <i>Guido Macchiarelli, Sara Bernardi, Serena Bianchi</i>	427
La riforma delle Scuole di specializzazione in Sanità in Italia attraverso la progettazione formativa per competenze <i>Mario Amore, Antonella Iotti, Giulia Bartalucci, Chiara Riforgiato, Stefano Sartini, Piersante Sestini, Rakesh Patel</i>	431
Didattica innovativa: il ruolo del tutorato <i>Simonetta Filippi</i>	435
4. DISCUSSIONI PER AREE DISCIPLINARI	
Road map per tavoli di lavoro: studi, problemi, soluzioni e prospettive <i>Assunta Zanetti</i>	441
Gli aspetti di attenzione che emergono nell'Area delle Scienze e delle Tecnologie <i>Josette Immè, Enrico Sangiorgi, Peppino Sapia, Pier Giuseppe Rossi</i>	443
Un quadro d'insieme della discussione sulla Formazione degli insegnanti non universitari <i>Elisabetta Nigris, Giunio Luzzatto</i>	447
Discussione e punti di interesse al Tavolo disciplinare in Scienze storiche, filosofiche, politiche, dell'antichità, letterarie, artistiche, giuridiche ed economiche <i>Domenico Fazio, Claudio Melacarne, Michele Rostan</i>	449

5. INTERVISTE IN CONTESTO

<i>Luigi Berlinguer</i>	453
<i>Antonio Felice Uricchio</i>	454
<i>Filomena Corbo</i>	454
<i>Marisa Michelini</i>	455
<i>Alberto Felice De Toni</i>	456
<i>Vincenzo Zara</i>	457
<i>Daniele Livon</i>	457
<i>Marco Abate</i>	458
<i>Raffaella Rumiati</i>	458
<i>Paolo Collini</i>	459
<i>Gino Mirocle Crisci</i>	459
<i>Claudio Pettinari</i>	460
<i>Francesco Frati</i>	460
<i>Maurizio Tira</i>	461
<i>Maria Assunta Zanetti</i>	461
<i>Anna Grimaldi</i>	462
<i>Stefano Marastoni</i>	462

6. ASPETTI GENERALI E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Un nuovo paradigma per l'educazione? Alcune ipotesi

<i>Andrea Messeri</i>	467
-----------------------	-----

Innovare la didattica universitaria: dal significato di imparare alla strategia delle competenze

<i>Anna Grimaldi</i>	489
----------------------	-----

Considerazioni conclusive sull'Innovazione didattica: il contributo della terza missione

<i>Michele Rostan</i>	497
-----------------------	-----

Cosa ho imparato? Cosa farò domani? Ripensando all'innovazione didattica discussa durante il Convegno

<i>Marisa Michelini</i>	499
-------------------------	-----

Integrazione disciplinare e didattica laboratoriale: una sfida per le università italiane

Alberto F. De Toni (*Rettore*)
Università degli Studi di Udine

Introduzione

L'integrazione disciplinare e la didattica laboratoriale rappresentano una grande sfida per le Università italiane. In questo contributo presento l'esperienza maturata in qualità di coordinatore scientifico di un Progetto – denominato “Il cannocchiale di Galileo” – promosso nel 2014 come misura di accompagnamento al processo di riordino degli istituti tecnici e professionali in Italia. L'intervento progettuale, curato dall'Indire (Istituto Nazionale di Documentazione, Innovazione e Ricerca Educativa), su incarico della Direzione Generale per l'Istruzione e Formazione Tecnica Superiore e i Rapporti con i Sistemi formativi delle Regioni, si è proposto di dare corpo alle indicazioni presenti nelle Linee Guida per il passaggio al nuovo Ordinamento dell'Istruzione tecnica e professionale. In particolare, la sperimentazione si è concentrata sul tema delle scienze integrate e della didattica laboratoriale. Sotto il profilo dell'innovazione curricolare e metodologica, il Progetto ha inteso presentare, analizzare e sperimentare un nuovo modello di programmazione curricolare interdisciplinare messo a punto in un processo di dialogo con le più avanzate esperienze condotte nel settore a livello internazionale. La sperimentazione ha visto la partecipazione di 40 scuole selezionate nel panorama nazionale. Le istituzioni scolastiche hanno potuto beneficiare della collaborazione con una rete di imprese e al contempo del supporto di alcuni tra i principali Musei della Scienza presenti nel nostro Paese. I principali materiali sviluppati nel corso dell'attività progettuale sono reperibili sul sito dell'Indire (<http://deliveryunit.indire.it/>). Anche se l'ambito del Progetto è stata l'istruzione superiore, l'impianto teorico e applicativo della metodologia di integrazione disciplinare è estendibile anche all'ambito universitario. Per questo motivo viene di seguito descritta la metodologia sperimentata.

L'insegnamento integrato delle scienze

L'integrazione dei saperi scientifici non rinvia a una giustapposizione di molteplici conoscenze disciplinari, quanto piuttosto alla realizzazione di un'operazione di alto profilo culturale che richiede da parte dei docenti consapevolezza, apertura mentale e grande padronanza del sapere scientifico, non disgiunti dalla volontà di superare tradizionali delimitazioni tra campi del sapere e dalla propensione al lavoro di équipe. L'integrazione delle scienze riconduce, quindi, il processo dell'apprendimento verso lo studio della complessità del mondo naturale, ricomponendo e tematizzando i saperi che solo per facilità di studio sono stati affrontati separatamente. A tal riguardo Richard P. Feynman, Premio Nobel per la Fisica, nel celeberrimo *The Feynman Lectures on Physics* (Feynman *et. al.*, 1964), sostiene che “la separazione delle discipline è semplicemente un fatto di convenienza umana, un fatto insomma del tutto innaturale. La natura non è affatto interessata alle nostre separazioni artificiali e i fenomeni più interessanti sono quelli che rompono e travalicano le barriere tra i vari campi del sapere”. Le materie interessate alla sperimentazione (scienze della terra, fisica, chimica, biologia), fanno parte degli strumenti che la cultura ha sviluppato per speculare, comprendere, conoscere e

agire. In tal senso, l'osservazione dei fenomeni, la proposta di ipotesi e la verifica sperimentale della loro attendibilità permettono agli studenti di valutare la propria creatività, di apprezzare le proprie capacità operative e di percepire la vicinanza del sapere scientifico al mondo reale. L'integrazione delle scienze, pur non disperdendo la specificità degli apporti disciplinari, mira quindi a potenziare e sviluppare l'intima connessione tra i campi del sapere. Il processo di integrazione si realizza nell'attività di programmazione all'insegna della logica progettuale che muove dall'individuazione di elementi comuni tra le discipline, centrali per far convergere prospettive, visioni e metodi. In tal senso, esige un lavoro in team da parte dei docenti interessati non solo nella programmazione dell'attività didattica, ma anche più estesamente nella previsione di momenti di confronto su metodi e contenuti, nella predisposizione di prove di verifica dei risultati di apprendimento e nella loro realizzazione effettiva. L'integrazione disciplinare non può che realizzarsi seguendo un percorso graduale sostenuto da processi di supporto, tra i quali risulta centrale quello relativo alla formazione dei docenti, con il concorso altresì di interventi operati a livello istituzionale che facilitino l'attuazione di questa modalità di apprendimento degli allievi.

La didattica laboratoriale

Sul piano metodologico l'approccio laboratoriale rappresenta un elemento fondamentale nell'insegnamento integrato delle scienze. Come suggerisce il fisico Giuliano Toraldo di Francia nel suo *L'indagine del mondo fisico* (Toraldo di Francia, 1976) "non s'insisterà mai abbastanza sul fatto che l'*homo sapiens* è tale perché è anche *homo faber* e viceversa. S'insegni ai ragazzi a lavorare sul serio e a lungo con le mani; è una prima, fondamentale forma di sperimentazione fisica. Si portino poi gli studenti in laboratorio e si facciano lavorare con gli strumenti di misura; si facciano eseguire a ciascuno di essi le vere e proprie esperienze della fisica. È questa una forma di didattica insostituibile e non la si può leggere sul libro". La laboratorialità, attualmente, non va più pensata come confinata entro un luogo fisico delimitato, ma diviene un atteggiamento mentale con cui affrontare situazioni problematiche di vario genere e complessità sulla base di una *forma mentis* e di metodi adeguati ai diversi contesti di indagine. In tal senso, la costruzione di ambienti di apprendimento appropriati, non necessariamente circoscritti al laboratorio tradizionalmente inteso, assumono un rilievo e un'importanza crescenti. La laboratorialità, intesa come approccio volto all'esplorazione regolata dei fenomeni, facilita le forme di apprendimento significativo, ponendo in contatto la pluralità e variabilità dei fenomeni osservati con le capacità critiche degli allievi, via via più affinate anche grazie all'uso di strategie metacognitive sollecitate dai docenti. Un tale approccio favorisce non solo il raggiungimento di risultati adeguati nel corso delle diverse esperienze sperimentali, ma estende i processi di apprendimento a sfere più complesse, quali la riflessione sulla scienza, sulle sue conquiste e i suoi limiti, così come sull'evoluzione storica del pensiero scientifico, delle strategie di ricerca e sulle ricadute sociali delle sue acquisizioni. Per giungere al possesso di un'effettiva competenza scientifica gli allievi sono sollecitati a costruire il proprio bagaglio intellettuale attraverso l'interazione e lo scambio con altri studenti, le diverse esperienze effettuate in laboratorio a confronto con problemi da risolvere che mobilitano le loro risorse di ordine conoscitivo, logico e intuitivo. Tale approccio, che può risultare particolarmente motivante per gli allievi, riserva un ruolo fondamentale all'insegnante, chiamato a selezionare e adattare i contenuti e le strategie didattiche ai fabbisogni individuali e collettivi presenti nella classe, sulla base di obiettivi formativi e di una programmazione didattica di dettaglio. Più che dalla predisposizione di metodi astratti e generali, la realizzazione dell'integrazione tra le scienze dipenderà dalla capacità che scuole e università manifesteranno nella traduzione di saperi e competenze all'interno di un progetto didattico che ne consenta una trattazione

organica, forte di legami e connessioni tra concetti, modelli, procedure e teorie. In tal senso, risulta essenziale non solo il superamento della tentazione all'enciclopedismo, ma anche di un eccessivo condizionamento delle gabbie disciplinari, cogliendo ed evidenziando i nessi che collegano le discipline tra loro, permettendo così di interpretare la realtà sulla base di concetti maggiormente trasversali e interdisciplinari. L'integrazione delle scienze rappresenta quindi un ambito che orienta al superamento della frammentarietà dei saperi attorno a un "fuoco", un oggetto, naturale o artificiale, una ricerca, il perseguimento di un risultato che permetta di sviluppare e applicare una metodologia diretta a favorire apprendimenti trasversali alle diverse materie. Ne sono coinvolte le discipline scientifiche *in primis*, compresa la matematica per gli strumenti di calcolo e di rappresentazione che può fornire, ma anche tecnologiche, fino a comprendere quelle umanistiche, coinvolgendo potenzialmente tutti i docenti del corso di studi.

La programmazione coordinata tra insegnamenti di area scientifica

L'integrazione degli insegnamenti in ambito scientifico può assumere molteplici forme e livelli, in relazione all'ordine e al grado delle istituzioni educative interessate. Il denominatore comune è in tutti i casi rappresentato dalla necessità di pervenire a una programmazione coordinata degli apporti disciplinari. Tale processo non può che passare attraverso la ricerca di criteri e di strategie che consentano il coordinamento tra obiettivi formativi afferenti alle diverse discipline di carattere scientifico e, qualora si ritenga praticabile, procedendo oltre il campo dei soli domini del sapere sperimentale. In particolare, diviene determinante fornire risposte a interrogativi che si concentrino su cosa significhi coordinare gli insegnamenti, cosa sia opportuno coordinare, come si possa concretamente realizzare il coordinamento e, infine, quali implicazioni derivino dall'opera di programmazione coordinata per le singole discipline. La programmazione coordinata degli insegnamenti può assumere livelli graduali di complessità, dal semplice coordinamento sul piano dei contenuti disciplinari sino alla formulazione di una proposta formativa integrata e organica. In tal senso, ci si può rifare alla classificazione introdotta da Choi e Pak per i concetti di multi-disciplinarietà, inter-disciplinarietà e trans-disciplinarietà (Choi, Pak, 2006). Come rappresentato nella figura 1, l'approccio multidisciplinare si basa sulle conoscenze di diverse discipline e rimane limitato all'interno dei confini delle stesse. È un approccio di tipo additivo, somma aritmetica delle conoscenze delle singole discipline coinvolte. Graficamente l'approccio rappresentabile come due cerchi separati che rappresentano le discipline. L'esempio matematico di un approccio multidisciplinare è la somma algebrica $2+2=4$ dove il risultato è una sommatoria di elementi facilmente scindibili. Scindibilità tra le parti (le discipline) che permane nella metafora alimentare che è quella di un piatto di "insalata". L'approccio inter-disciplinare, invece, analizza, sintetizza e armonizza collegamenti tra più discipline differenti in un tutto coordinato e coerente. L'approccio è interattivo e sfocia nell'integrazione di più discipline. L'esempio grafico esemplifica l'integrazione sovrapponendo i due cerchi disciplinari, mentre l'esempio matematico $2+2=5$ trasmette l'idea di un valore aggiunto (sinergia) generato dall'integrazione. La metafora alimentare è infine quella di un piatto di fonduta in cui gli ingredienti sono legati e amalgamati tra di loro. Infine, l'approccio trans-disciplinare integra scienze sociali, naturali e biologiche in un contesto più ampio, trascendendo le barriere originarie. L'approccio è generativo e mescola più scienze e contributi possibili, generando nuove soluzioni e interpretazioni di un fenomeno. I risultati sono emergenti e del tutto diversi dagli elementi fondanti, tantoché l'esempio matematico è $2+2=\text{giallo}$, un risultato che apparentemente non c'entra nulla. L'esempio grafico è una sfera che si genera da un cambio di prospettiva, in questo caso dimensionale con l'aggiunta di una terza dimensione e dall'incrocio su più piani dei cerchi

disciplinari. La metafora alimentare è infine quella di una torta in cui gli ingredienti sono amalgamati e mescolati a formare qualcosa di “nuovo” e diverso. La finalità generale è quella di facilitare e rinsaldare l’apprendimento e la formazione degli allievi, consentendo loro di cogliere l’unità degli ambiti di studio e delle metodologie proprie delle discipline interessate. Lo scopo cui risponde la scelta a favore di una programmazione coordinata degli insegnamenti in ambito scientifico è pertanto quello di generare nell’allievo la capacità di stabilire interconnessioni e di saper utilizzare analogie concettuali e modelli interpretativi comuni, così come di evidenziare gli aspetti comuni nella trattazione di argomenti affrontati da punti prospettici diversi o con gradi differenti di approfondimento e di complessità. Più in generale il processo di integrazione dell’offerta formativa intende favorire la permeabilità tra le discipline e il superamento di ostacoli formali o di fonti di possibile disturbo all’apprendimento, quali ad esempio terminologie o simbologie non reciprocamente coerenti che potrebbero limitare da parte dell’allievo una comprensione dell’impresa scientifica colta nel suo insieme.

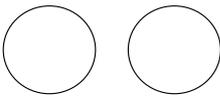
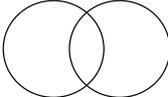
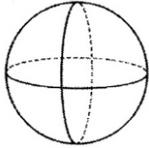
	Approccio multi-disciplinare	Approccio inter-disciplinare	Approccio trans-disciplinare
Prospettiva di studio	Nelle discipline	Tra le discipline	Oltre le discipline
Principio regolatore	Additivo	Interattivo	Generativo
Processo portante	Somma e giustapposizione di discipline	Integrazione tra discipline	Sintesi costruttiva di discipline
Metafora grafica			
Metafora matematica	$2 + 2 = 4$	$2 + 2 = 5$	$2 + 2 = \text{Giallo}$
Metafora alimentare	 Piatto di insalata	 Fonduta	 Torta

Fig. 1 Relazioni tra discipline

In linea generale, la letteratura di settore evidenzia come per realizzare forme di programmazione coordinata sia opportuno individuare i risultati di apprendimento comuni che caratterizzano le diverse discipline, piuttosto che limitarsi alla semplice trattazione di argomenti comuni. Al riguardo si sottolinea da più parti la necessità di promuovere nuove forme di programmazione che consentano all’allievo di formarsi un’idea generale del processo di costruzione scientifica a partire dalle discipline presenti nell’impianto curricolare e dei reciproci rapporti, maturando il significato di scienza come conoscenza condivisa e la consapevolezza che essa è soggetta a un continuo processo di affinamento. Ulteriori obiettivi, sottesi a una programmazione coordinata, mirano a far comprendere il ruolo dell’approccio sperimentale nella pratica scientifica nei suoi vari aspetti, così come il valore e la necessità del rigore scientifico e della costruzione di un abito mentale avvezzo al ragionamento logico. Inoltre, l’integrazione tra campi del sapere scientifico è diretta a sviluppare il pensiero critico come metodo di indagine e interpretazione, sviluppando curiosità, interesse e piacere per

l'osservazione e l'interpretazione dei fenomeni del mondo che ci circonda. Non ultimo, il portato di una programmazione coordinata degli insegnamenti in ambito scientifico – e non solo scientifico – ha a che fare con la promozione di un atteggiamento in grado di valutare le implicazioni sociali della scienza e delle sue applicazioni. Gli obiettivi formativi comuni, cui si è fatto cenno, possono essere definiti sulla base di opzioni che interessano piani distinti sebbene interrelati, quali la definizione dell'impianto curricolare e la programmazione didattica, la scelta delle strategie e delle metodologie didattiche, lo sviluppo e l'organizzazione degli ambienti di apprendimento e così via. Pur nella varietà delle soluzioni praticabili, pare opportuno insistere su alcuni aspetti che emergono dalla riflessione operata a livello internazionale. Tra i fattori che rivestono un ruolo cruciale nella costruzione di percorsi di integrazione delle scienze a diversi livelli di complessità si possono enucleare i seguenti:

- individuare concetti trasversali di un certo rilievo per le discipline di carattere scientifico – e non solo – presenti nell'impianto curricolare
- fissare risultati di apprendimento comuni da conseguire entro il ciclo formativo
- definire graduazioni di padronanza per le singole discipline
- proporre unità didattiche che consentano agli allievi di sviluppare progressivamente i diversi concetti trasversali
- adottare strategie che consentano agli allievi il transfer dei risultati di apprendimento conseguiti nelle diverse fasi e articolazioni del percorso formativo
- concordare linguaggi, strategie didattiche e stili di lavoro comuni
- definire criteri e procedure di valutazione condivisi.

Elementi chiave per l'integrazione disciplinare

L'insegnamento interdisciplinare necessita di elementi di trasversalità. Ne descriveremo nell'ordine tre: concetti e processi unificanti, organizzatori concettuali e organizzatori cognitivi.

Concetti e processi unificanti

Gli studenti agli stadi iniziali di apprendimento tendono a interpretare i fenomeni separatamente piuttosto che in termini di sistema. Ad esempio, la forza è percepita come una proprietà di un oggetto piuttosto che come il risultato di un'interazione tra corpi. Per questa ragione è opportuno che i docenti delle diverse materie scientifiche sviluppino percorsi di apprendimento coerenti e convergenti in cui gli allievi, partendo dal semplice riconoscimento delle proprietà dei corpi, siano orientati sino alla comprensione dei sistemi. Inoltre, gli studenti tendono a percepire sovente i modelli come copie fisiche della realtà e non come sue rappresentazioni concettuali. In tal caso, assume una forte centralità l'aspetto sperimentale per far comprendere che i modelli sono sviluppati e testati mediante un confronto, in forma sistematica e metodicamente fondata, con gli eventi empirici. I *National Science Education Standard*, sviluppati sul finire degli anni Novanta del secolo scorso negli Stati Uniti dal *National Research Council* (1996) della *National Academy of Sciences*, introducono in proposito la nozione di *concetti e processi unificanti* (*National Research Council*, 1996). Gli standard, costruiti nella prospettiva di promuovere un adeguato livello di alfabetizzazione scientifica presso l'intera popolazione, delineano ciò che gli studenti hanno bisogno di conoscere, di comprendere ed essere in grado di fare per poter essere considerati scientificamente istruiti in relazione ai diversi livelli di studio. Essi descrivono un sistema educativo in cui tutti gli studenti siano

condotti a conseguire elevati livelli di risultato e gli insegnanti siano posti in grado di assumere le decisioni fondamentali per favorire forme di apprendimento efficace. Inoltre, gli standard delineano un impianto articolato in conoscenze e capacità, in cui l'attenzione nei confronti della ricerca dell'eccellenza e insieme di elevati livelli di equità possano temperarsi. Gli standard non vanno considerati nei termini di uno specifico curriculum formalizzato. Al contrario, se il curriculum rappresenta la struttura in base alla quale i contenuti sono organizzati e presentati all'interno della classe, le indicazioni presenti negli standard (relative a conoscenze e abilità) possono essere tradotte e articolate entro curricula tra loro differenti. All'interno degli standard vengono delineati una serie di *concetti e processi unificanti*, validi trasversalmente dalla scuola primaria alla conclusione della scuola secondaria di secondo grado, dato che le conoscenze e capacità associate ai principali schemi concettuali e procedurali devono essere sviluppate gradualmente nel corso dell'intero percorso formativo. In tal senso, i concetti e processi unificanti trascendono i confini delle diverse discipline scientifiche. A titolo di esempio si possono citare in proposito gli *unifying concepts and processes* connessi alle nozioni di sistemi, ordine e organizzazione; dimostrazione, modelli e spiegazione; costanza, cambiamento e misurazione; evoluzione ed equilibrio; forma e funzione. I concetti e processi unificanti possono essere utilizzati quali fattori di interconnessione per l'integrazione didattica delle discipline scientifiche, con un riferimento continuo agli interrogativi e ai problemi della vita di tutti i giorni. Gli *unifying concepts and processes* si pongono come categorie che permettono una facile transizione attraverso vari epistemi, ossia domini di conoscenza, nonché come elementi strutturali che consentono esplicitazioni contestuali plurime. Essi costituiscono validi strumenti didattici, permettono allo studente, come sostengono Saggion e Faraldo (2010), di "adattarsi alle varie situazioni problematiche reali, favorendo l'espansione dello spazio mentale, individuale e collettivo, aumentando la consapevolezza in merito a come si impara" (Saggion, Faraldo, 2010). Gli standard prodotti nel 1996 hanno subito un processo di revisione che ha condotto nel 2012 alla pubblicazione di una loro versione interamente rinnovata, *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas* (National Research Council, 2012). Il nuovo impianto di standard predisposto dal *National Research Council della Academy of Sciences* risulta maggiormente centrato su quelli che attualmente vengono denominati *concetti trasversali (crosscutting concepts)*, di ordine transdisciplinare, cui si aggiungono un nucleo di *idee centrali (core ideas)* proprie dei diversi ambiti disciplinari suddivisi tra scienze fisiche, scienze della vita, scienze della terra e dello spazio e, infine, ingegneria, tecnologia e applicazioni della scienza. I concetti trasversali individuati sono i seguenti: modelli; causa ed effetto; misura, proporzione e quantità; sistemi e modelli di sistema; energia e materia; struttura e funzione; stabilità e cambiamento. La nozione di concetti trasversali fa eco a quella di *concetti e processi unificanti* dei *National Science Education Standards*¹⁵ e, sempre in ambito statunitense, a quella di *temi comuni (common themes)* presente nei *Benchmarks for Science Literacy*¹⁶ e a quella di *concetti unificanti* introdotta nei *Science College Board Standards for College Success*.¹⁷ Si tratta, in tutti i casi, di proposte di standard che intendono superare i vincoli costituiti dai contenuti disciplinari, a favore dell'introduzione di idee e pratiche che percorrano trasversalmente gli specifici ambiti coperti dalle discipline. Per favorire una lettura sinottica dei diversi standard di carattere trasversale fin qui descritti, si riportano nella tabella successiva (Tab. 1) le principali formulazioni presenti attualmente nell'area statunitense, suddivise per fonte, organismo promotore, terminologia utilizzata per definire gli elementi trasversali e loro articolazione.

¹⁵ National Academy of Sciences (1996).

¹⁶ American Association for the Advancement of Science: Project 2061 (1990).

¹⁷ College Board (2009).

Fonte	Organismo promotore	Terminologia utilizzata	Articolazione
Science for All Americans-Project 2061 (1990)	American Association for the Advancement of Science (AAAS)	Common Themes	<ol style="list-style-type: none"> 1. Systems 2. Models 3. Constancy and Change 4. Scale
National Science Education Standards (1996)	National Academy of Sciences National Committee on Science Education Standards and Assessment	Unifying Concepts and Processes Standards	<ol style="list-style-type: none"> 1. Systems, order, and organization 2. Evidence, models, and explanation 3. Constancy, change, and measurement 4. Evolution and equilibrium 5. Form and function
College Board Standards for College Success - <i>Science</i> (2009)	College Board	Unifying Concepts	<ol style="list-style-type: none"> 1. Evolution 2. Scale 3. Equilibrium 4. Matter and Energy 5. Interaction 6. Form and Function 7. Models as Explanations, 8. Evidence and Representations
A Framework for K-12 Science Education (2012)	National Academy of Sciences <i>Committee on Conceptual Framework for the New K-12 Science Education Standards</i>	Crosscutting Concepts	<ol style="list-style-type: none"> 1. Patterns 2. Cause and effect 3. Scale, proportion, and quantity 4. Systems and system models 5. Energy and matter 6. Structure and function 7. Stability and change

Tab. 1. Tabella sinottica dei principali elementi standard di carattere trasversale

Organizzatori concettuali

Un caso a parte nell'ambito dell'insegnamento integrato delle scienze è costituito dal *Karlsruher Physikkurs (KPK)*, il Corso sviluppato dal gruppo di didattica della fisica dell'Università di Karlsruhe, guidato dal professor Friedrich Herrmann, noto per aver sviluppato da oltre vent'anni un approccio unificato all'insegnamento scientifico (Herrmann, 1995). Il Corso rappresenta un tentativo di modernizzare il programma di fisica, eliminando concetti obsoleti, ristrutturando i contenuti e applicando un nuovo modello. In altri termini, rispetto agli esempi citati precedentemente, il modello KPK si propone una ristrutturazione disciplinare della fisica, abbattendo le barriere con le discipline scientifiche affini, tra cui la chimica e la biologia. L'autore enfatizza il concetto di analogia muovendo dal principio secondo cui quando si utilizzano le grandezze fisiche come base per strutturare il corso si può sfruttare una profonda analogia tra le varie parti della fisica, includendo anche la chimica. L'obiettivo di utilizzare le analogie, rispetto alla trattazione tradizionale, riconosce la possibilità di utilizzare nei vari campi di studio determinate coppie di grandezze, la prima con carattere estensivo e la corrispondente con carattere intensivo. Le grandezze estensive si caratterizzano per alcune proprietà generali che si riferiscono sempre a una porzione di spazio ben definita e con esse si può operare come se si trattasse di una sostanza che può essere sia immagazzinata che trasferita. Le varie grandezze estensive sono soggette a una legge di bilancio; a seconda delle situazioni, esse possono essere conservate o meno, ossia nei fenomeni che le vedono

implicate risulterà applicabile o meno una legge di conservazione. Accanto ad esse, un ruolo importante è ricoperto dalle grandezze intensive: formalmente esse rappresentano i potenziali generalizzati cui le varie grandezze estensive sono collegate. Dal punto di vista sperimentale sono riconoscibili per il ruolo particolare che esse hanno nei vari fenomeni: le grandezze estensive fluiscono spontaneamente da punti o regioni in cui il valore del potenziale è elevato a punti o regioni in cui il valore del potenziale è più basso. In tal senso, le differenze di potenziale costituiscono una sorta di forza motrice per il trasferimento delle grandezze estensive a esse coniugate.

Campo di studio	Grandezza estensiva	Grandezza intensiva	Corrente associata	Trasporto di energia	Scambi di energia
Idraulica	Volume d'acqua V	Pressione P	Corrente d'acqua I_V	$I_E = I_V \cdot P$	$\Phi = I_V \cdot \Delta P$
Elettricità	Carica elettrica Q	Potenziale elettrico φ	Corrente elettrica I_Q	$I_E = I_Q \cdot \varphi$	$\Phi = I_Q \cdot \Delta \varphi$
Meccanica (traslazioni)	Quantità di moto p_x	Velocità v_x	Corrente meccanica (traslazioni) I_{px} (o forza F)	$I_E = I_{px} \cdot v_x$	$\Phi = I_{px} \cdot \Delta v_x$
Meccanica (rotazioni)	Quantità di moto angolare L_x	Velocità angolare ω_x	Corrente meccanica (rotazioni) I_{Lx} (o momento della forza M_{mecc})	$I_E = I_{Lx} \cdot \omega_x$	$\Phi = I_{Lx} \cdot \Delta \omega_x$
Termologia	Entropia S	Temperatura assoluta T	Corrente d'entropia I_S	$I_E = I_S \cdot T$	$\Phi = I_S \cdot \Delta T$
Chimica	Quantità di sostanza n	Potenziale chimico μ	Corrente chimica (o di quantità di sostanza) I_n	$I_E = I_n \cdot \mu$	$\Phi = I_n \cdot \Delta \mu$

Tab. 2. Energia come organizzatore concettuale

Va considerato che il modello di Herrmann riconosce all'energia la funzione di principio regolativo o, in termini epistemologici, di *organizzatore concettuale* (Tab. 2). Riguardo al ruolo dell'energia come "organizzatore concettuale" nel paradigma KPK, Antonio Saggion e Rossella Faraldo dell'Università di Padova, affermano che "le flussioni delle diverse grandezze estensive che i fondatori stessi del KPK denominano SLQ, cioè *substance-like quantities*, concorrono, additivamente, a determinare la flussione della Sostanza (Energia). In un certo senso, si potrebbero quindi considerare le diverse SLQ come diverse oggettivazioni della "materia prima" di newtoniana memoria che in questo caso è l'energia. Un notevole pregio, tra i tanti, dell'impostazione KPK riguarda l'eliminazione dell'ambiguità che riguarda l'uso di espressioni come "le diverse forme di energia"; da questa formulazione risulta chiaro come l'energia non abbia forme diverse ma semplicemente possa solo venire trasferita in "modi" diversi (cioè per flussioni diverse)" (Saggion, Faraldo, 2008).

Organizzatori cognitivi

La nozione di *organizzatore concettuale*, derivante dall'impostazione proposta dal Karlsruher Physikkurs (KPK), si muove prevalentemente sul piano della ristrutturazione disciplinare della fisica, trasferendo sul piano della didattica una ricodificazione concettuale della disciplina. Ben diverso, sebbene assonante, è il significato del termine *organizzatore cognitivo* che si accosta maggiormente a quello di *concetti e processi unificanti*, pur appartenendo a una tradizione europeo-continentale, piuttosto che anglosassone. Al concetto di organizzatore cognitivo ha fatto ampio ricorso l'*équipe* che ha curato la ridefinizione dei piani disciplinari del Canton Ticino all'inizio degli anni Duemila, allorché è stata introdotta la riforma dei licei. La riforma ha previsto che nel biennio iniziale si stabilisse una programmazione coordinata tra le discipline di biologia, chimica e fisica, con l'attribuzione di un unico voto e la stesura del relativo giudizio da parte degli insegnanti di materie scientifiche. In questo caso, analogamente a quanto accade per i concetti e i processi unificanti di matrice statunitense, gli organizzatori cognitivi sono intesi quali concetti trasversali rilevanti, di carattere interdisciplinare. Non attengono quindi alla struttura della disciplina, come nel caso del paradigma del KPK, ma rappresentano strumenti di cui si serve la didattica per facilitare la comprensione dei raccordi e connessioni presenti tra discipline diverse, in campo scientifico ma potenzialmente anche nell'ulteriore spazio del sapere. Nella definizione proposta da Michele D'Anna, dell'Alta Scuola Pedagogica di Locarno, l'organizzatore cognitivo rappresenta una sorta di attrattore che struttura l'informazione attorno a uno snodo cognitivo, inducendo dei legami tra le diverse componenti del complesso sistema conoscitivo. Un organizzatore cognitivo permette di classificare, di categorizzare e di stabilire delle analogie, ossia di strutturare la conoscenza in una rete complessa, stabilendo delle interconnessioni tra le diverse informazioni. Tale elemento strutturante del pensiero costituisce un'intelaiatura portante alla quale ci si riferisce costantemente anche quando il concetto espresso dall'organizzatore cognitivo non viene tematizzato in modo esplicito. Secondo questa logica, "comprendere significa acquisire la competenza di stabilire dei legami tra le varie componenti della conoscenza, evitando di limitarsi al semplice accumulo di informazioni. Per favorire questo tipo di apprendimento è necessario promuovere la progressiva costruzione di una rete complessa di concetti disciplinari e organizzatori cognitivi trasversali alle discipline, in opposizione a una formazione che preveda l'acquisizione del sapere unicamente attraverso il sommarsi lineare di singoli temi" (D'Anna *et. al.*, 2011). Un organizzatore cognitivo è quindi uno strumento concettuale che permette di spiegare e strutturare la realtà, definendo un ordine all'interno della rete complessa delle informazioni. Tenuto conto del fatto che il bagaglio delle conoscenze in campo scientifico è in continuo e accelerato aumento, una strategia che si basi sull'insegnamento di concetti chiave può risultare particolarmente efficace in quanto permette di costruire una struttura cognitiva di base attorno alla quale andranno a cristallizzarsi, lungo il percorso formativo, le nuove informazioni, in una rete sempre più complessa. Il Gruppo di lavoro del Cantone ha individuato tre organizzatori cognitivi che ben si prestano per un insegnamento coordinato delle scienze sperimentali nel primo biennio liceale. Questi organizzatori cognitivi sono rappresentati dai concetti di *corpuscolarità della materia*, di *energia* e di *sistema*. Pur mantenendo le specificità disciplinari, si persegue un approccio interdisciplinare che permetta all'allievo di acquisire gli strumenti necessari per riconoscere e descrivere, con un linguaggio appropriato, fenomeni naturali e situazioni reali nei loro diversi aspetti e livelli di complessità.

Framework per l'integrazione disciplinare

In questo paragrafo si delinea il *framework* unitario che consente di classificare, analizzare, posizionare e sviluppare ulteriormente le diverse forme di integrazione disciplinare realizzate dalle istituzioni educative.

Presentazione del framework

La fase di sperimentazione del Progetto “Il Cannocchiale di Galileo” ha necessitato di un *framework* unitario che consentisse la comparabilità delle esperienze effettuate dalle istituzioni scolastiche e al tempo stesso fornisse elementi di riferimento per la costruzione di un sistema di programmazione coordinata e integrata degli insegnamenti a carattere scientifico. L'obiettivo consiste nello strutturare un insieme di coordinate che consentano di posizionare le forme di programmazione definite dalle diverse istituzioni scolastiche rispetto a un quadro di possibili forme di integrazione degli insegnamenti in ambito scientifico e, più estesamente, di programmazione interdisciplinare. Per strutturare il campo delle forme di integrazione si fa ricorso in primo luogo a tre distinte categorie di elementi:

- abilità generali connesse alle pratiche scientifico-tecnologiche in logica *inquiry-based*
- concetti unificanti
- nuclei essenziali propri di ciascun campo disciplinare o multidisciplinare.

Abilità trasversali connesse alle pratiche scientifico-tecnologiche in logica inquiry-based

Le abilità trasversali connesse alla pratica scientifica intesa come processo di ricerca rappresentano un elemento base dell'educazione scientifica e, al tempo stesso, un principio regolatore nella programmazione e nella concreta realizzazione dell'attività didattica. Si tratta di abilità propedeutiche a qualsiasi attività di ricerca scientifica e tecnologica (scienza applicata), richieste per condurre un'indagine e per comprenderne il significato e la prospettiva. Gli allievi, quale che sia il livello del corso di studi o il dominio della scienza cui si stanno applicando, dovrebbero avere l'opportunità di praticare l'indagine scientifica e di svilupparne le abilità correlate sia sul versante del pensiero, che dell'azione concreta (tecnologia), per acquisire una *forma mentis* orientata alla ricerca. Tali abilità riguardano il modo in cui gli studenti formulano le domande da cui origina l'attività di ricerca (scienza) e definiscono problemi (tecnologia), il modo di pianificare e condurre l'indagine, così come l'utilizzo di strumenti e tecniche appropriate alla raccolta dei dati. Ciò al fine di costruire spiegazioni (scienza) e progettare soluzioni (tecnologia). Inoltre, tra le abilità di base figurano l'uso del pensiero critico e della logica, applicati alla relazione tra evidenze raccolte e spiegazioni, così come la capacità di definire e analizzare spiegazioni alternative e di comunicare i risultati cui è pervenuta la ricerca. Le pratiche riguardanti la scienza e la tecnologia possono essere suddivise entro tre categorie principali (Fig. 2). Nella prima sfera l'attività predominante è caratterizzata dall'investigazione e dall'indagine empirica che procede dall'osservazione del mondo reale e si sostanzia nella raccolta di dati e nel testare soluzioni. Nel secondo ambito, l'essenza dell'attività è costituita dallo sviluppo di spiegazioni e soluzioni utilizzando il ragionamento, il pensiero creativo – ricorrendo a molteplici modelli interpretativi – utilizzando teorie e modelli. Nella terza dimensione vengono analizzate, dibattute e valutate idee, quali ad esempio l'adeguatezza di modelli e spiegazioni, così come l'appropriatezza di progetti per la realizzazione di prodotti tecnologici. Questo terzo processo si ripete a ogni fase del lavoro e trova il suo fulcro nell'uso del pensiero critico. Le tre sfere richiedono la mobilitazione di

risorse eterogenee in termini di conoscenze e abilità, da quella di formulare domande all'osservazione, dalla conduzione di esperimenti alla misurazione, passando per l'impiego dell'immaginazione, del ragionamento, dei metodi di calcolo e di previsione. Chi è impegnato in tali pratiche muove costantemente avanti e indietro tra le tre sfere di attività, impiegando processi mentali di tipo induttivo e deduttivo.

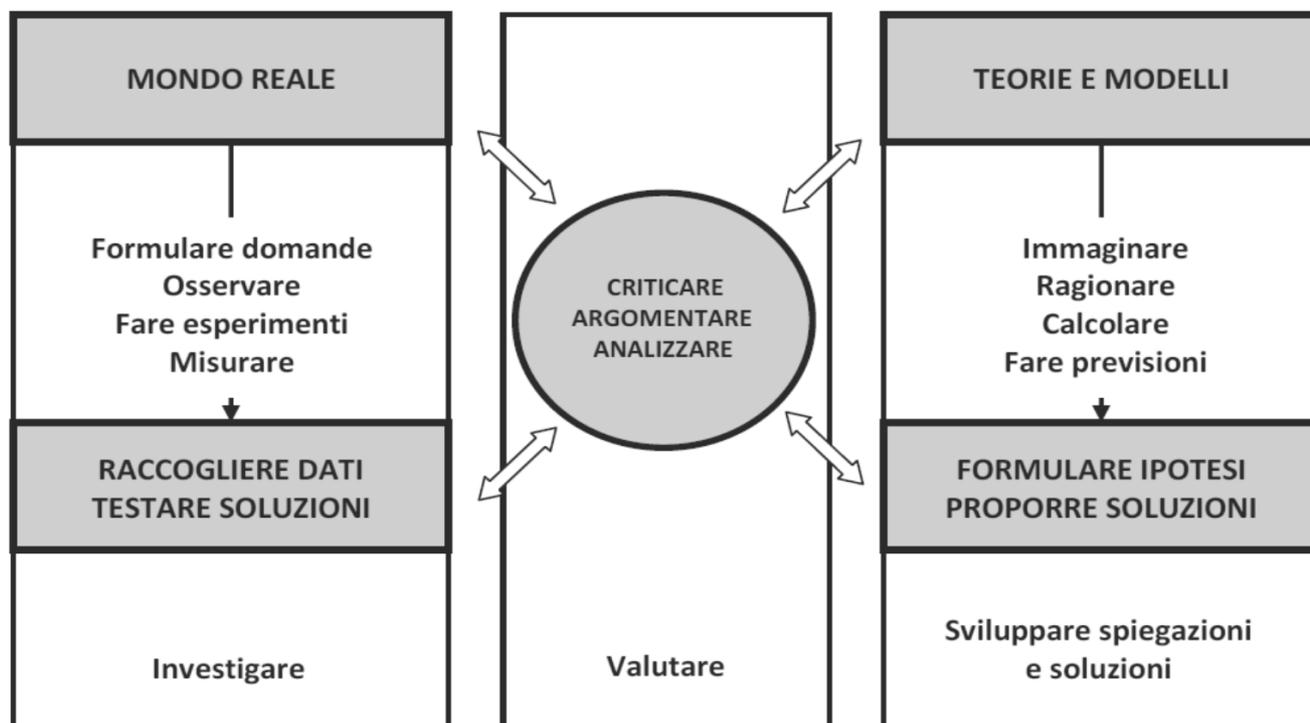


Fig. 2. Sfere di attività per le pratiche scientifiche e tecnologiche
(Fonte: National Research Council, 2012)

Concetti unificanti

I concetti unificanti, come si è potuto osservare precedentemente, rappresentano schemi concettuali e procedurali che costituiscono un elemento unificante tra le diverse discipline scientifiche, consentendo una comprensione unitaria e organica del mondo naturale da parte degli allievi. Si tratta, quindi, di concetti e principi dal valore interdisciplinare che favoriscono una comprensione delle connessioni tra domini scientifici. Data la loro valenza trasversale, i risultati di apprendimento che ricadono entro il campo dei concetti e dei principi unificanti possono essere isolati a fini esplicativi per meglio coglierne la funzione connettiva tra discipline in sede di programmazione didattica, tuttavia, nella realtà risultano strettamente collegati con quelli presenti all'interno delle diverse aree disciplinari. Si è optato per l'uso del termine "concetti unificanti" principalmente in ragione del significato che la terminologia ha assunto nella letteratura scientifica anglosassone, che per prima è ricorsa all'adozione di concetti trasversali e interdisciplinari nell'insegnamento delle materie scientifiche. Più nello specifico, si è preferita la formulazione "concetti unificanti" a quella di

“concetti e processi unificanti”, recependola dalla riflessione attuata negli anni recenti nel contesto statunitense.¹⁸

Nuclei essenziali del sapere

L'insegnamento delle discipline scientifiche è chiamato ad accogliere e interpretare il flusso, in continua trasformazione, delle conoscenze e delle esperienze, disegnando e articolando una trama coerente che enuclei e colleghi tra loro le maglie concettuali dei saperi. In tale prospettiva, i nuclei essenziali propri di ciascuna disciplina o settore multidisciplinare rappresentano concetti fondamentali per una disciplina e hanno pertanto valore strutturante e generativo di conoscenze. La nozione di nucleo essenziale può essere considerata sotto una molteplicità di profili. Innanzitutto, può essere intesa dal punto di vista della disciplina in termini di analisi epistemologica che indichi quali siano i nodi concettuali di un dominio del sapere. Inoltre, possono essere posti in relazione alla prassi didattica, individuando quale porzione di un determinato campo scientifico debba essere selezionata per entrare a contribuire al processo formativo. Infine, la nozione di nucleo essenziale trova applicazione nel campo della ricerca didattica a livello disciplinare, fornendo indicazioni su quali concetti costituiscano i principali momenti di rottura nel processo cognitivo, così come su quali ostacoli cognitivi vadano considerati nell'apprendimento di un determinato concetto. Allo stesso modo i nuclei essenziali possono fornire un riferimento per esplorare a quale età gli studenti possano padroneggiare specifiche nozioni, quali campi di esperienza favoriscano maggiormente il passaggio dall'empirico al teorico, quali strumenti supportino al meglio gli studenti nella formulazione di congetture e dimostrazioni. Le forme di programmazione didattica, che possono assumere gradi diversi di complessità – dal coordinamento sino all'integrazione disciplinare – prendono in considerazione un insieme di risultati di apprendimento, parte dei quali incardinati alle singole discipline e parte di carattere interdisciplinare e trasversale. Le componenti di natura interdisciplinare possono essere formalizzate, in prima approssimazione, sulla base dello schema proposto di seguito (Tab. 3) in cui si riportano, esplicitate per macro-categorie, le abilità generali connesse all'esercizio di pratiche scientifico-tecnologiche (riquadro 1) e i concetti unificanti (riquadro 2). Nel definire i risultati di apprendimento afferenti alle conoscenze e abilità propedeutiche all'indagine scientifica, vanno distinti due versanti specifici, che rinviano da un lato alle pratiche scientifiche, dall'altro a quelle tecnologiche. L'estensione dello spettro delle competenze propedeutiche dal solo settore scientifico a quello tecnologico, ossia dalla produzione delle conoscenze ai loro aspetti applicativi, risente fortemente degli esiti del dibattito avviatosi da tempo in sede OCSE e delle formulazioni assunte di recente dagli standard statunitensi per l'insegnamento delle materie scientifiche (*National Research Council, 2012*).

¹⁸ Nella formulazione dei *National Science Education Standards* del 1996 la categoria *Unifying Concepts and Processes* comprendeva, oltre a un set di concetti (systems, order, evidence, models ecc.), anche un elenco di processi (ad esempio: explanation, measurement, equilibrium). Nella versione del 2012 i processi vengono eliminati e l'enfasi è posta sui soli concetti trasversali (*Crosscutting Concepts*), quali ad esempio: patterns, cause, effect ecc. Per l'elenco completo degli *Unifying Concepts and Processes* e dei *Crosscutting Concepts* si rinvia alla Tab. 1.

1. ABILITÀ GENERALI CONNESSE ALLE PRATICHE SCIENTIFICO - TECNOLOGICHE	2. CONCETTI E PROCESSI UNIFICANTI
PST.1. Porre domande (per la scienza) e definire problemi (per la tecnologia) PST.2. Sviluppare ed utilizzare modelli PST.3. Programmare e svolgere ricerche PST.4. Analizzare e interpretare i dati PST.5. Utilizzare la matematica ed il pensiero computazionale PST.6. Costruire spiegazioni (per la scienza) e progettare soluzioni (per la tecnologia) PST.7. Impegnarsi in una discussione basata su evidenze scientifiche PST.8. Ottenere, valutare e comunicare informazioni	CU.1. Modelli CU.2. Causa ed effetto CU.3. Misura, proporzione e quantità CU.4. Sistemi e modelli di sistema CU.5. Energia e materia CU.6. Struttura e funzione CU.7. Stabilità e cambiamento

Tab. 3. Abilità generali connesse alla pratica scientifico-tecnologica e concetti unificanti

Le abilità generali si strutturano lungo il processo che dalla formulazione delle domande iniziali (per il versante scientifico) e dalla definizione di problemi (per il versante tecnologico) si spinge allo sviluppo e utilizzo di modelli, alla programmazione e realizzazione di indagini scientifiche, all'analisi e interpretazione dei dati raccolti, sino alla costruzione di spiegazioni (scienza) e al progetto di soluzioni (tecnologia), utilizzando le risorse matematiche e le tecniche di calcolo. Il processo abilita indirettamente gli allievi a impegnarsi in discussioni a partire da evidenze scientifiche e a sviluppare al contempo capacità sulla gestione e comunicazione delle informazioni. Nel riquadro 2 sono invece enucleati i concetti unificanti trasversali ai diversi ambiti disciplinari:

- *Patterns*: orientano l'organizzazione e la classificazione e sollevano interrogativi sulle relazioni e i fattori che li influenzano
- *Causa ed effetto*: una delle principali funzioni della scienza consiste nell'investigare le relazioni causali e la loro meccanica; tali rapporti di causa effetto possono essere analizzati per predire e spiegare eventi all'interno di nuovi contesti
- *Misura, Proporzione e Quantità*: considerando i fenomeni è fondamentale riconoscere cosa sia rilevante in differenti scale di misura, tempo ed energia e riconoscere come i cambiamenti dei loro valori modifichino la struttura e la performance di un sistema
- *Sistemi e Modelli di sistema*: definire il sistema sotto analisi, definendone i confini e il modello in cui si articola, fornisce strumenti per comprendere e testare idee che siano applicabili in altri settori scientifici e tecnologici
- *Energia e Materia*: tracciare i flussi di energia e di materia all'interno, all'esterno e tra i sistemi aiuta a comprenderne le possibilità ed i limiti

- *Struttura e Funzione*: il modo in cui un oggetto o un organismo vivente ha assunto la propria forma e la sua struttura sottostante determinano molte delle sue proprietà e funzioni
- *Stabilità e Cambiamento*: le condizioni di stabilità e le determinanti del ritmo di cambiamento o di evoluzione di un sistema costituiscono elementi centrali per lo studio dei sistemi naturali e artificiali.

Oltre ad assumere un valore di tipo trasversale, i risultati di apprendimento possono essere enucleati per singolo campo del sapere. Nelle tabelle seguenti si propongono alcuni schemi, sempre in prima approssimazione, basati sui nuclei essenziali ripartiti per campi del sapere (Tab. 4 e 5).

FIS. SCIENZE FISICHE	CHB. CHIMICA - BIOLOGIA
<p>FIS.1. La materia e le sue interazioni FIS.1.1. Struttura e proprietà della materia FIS.1.2. Reazioni chimiche FIS.1.3. Processi nucleari</p> <p>FIS.2. Moto e stabilità: forze e interazioni FIS.1.1. Forze e moto FIS.1.2. Tipi di interazione FIS.1.3. Stabilità ed instabilità nei sistemi fisici</p> <p>FIS.3. Energia FIS.3.1. Definizioni FIS.3.2. Conservazione e trasferimento FIS.3.3. Relazione tra energia e forze FIS.3.4. Energia nei processi chimici e nella vita quotidiana</p> <p>FIS.4. Onde e loro applicazioni nelle tecnologie per il trasferimento dell'informazione FIS.4.1. Proprietà FIS.4.2. Radiazione elettromagnetica FIS.4.3. Tecnologie e mezzi di informazione</p>	<p>CHB.1. Dalle molecole all'organismo: strutture e processi CHB.1.1. Struttura e funzione CHB.1.2. Crescita e sviluppo degli organismi CHB.1.3. Organizzazione della materia e dei flussi di energia negli organismi CHB.1.4. Elaborazione dell'informazione</p> <p>CHB.2. Ecosistemi: interazioni, energia e dinamica CHB.2.1. Relazioni di interdipendenza negli ecosistemi CHB.2.2. Cicli di trasferimento della materia ed energia negli ecosistemi CHB.2.3. Dinamiche, funzionamento, resilienza degli ecosistemi CHB.2.4. Interazioni sociali e comportamento di gruppo</p> <p>CHB.3. Ereditarietà: ereditarietà e variazione dei tratti CHB.3.1. Ereditarietà dei tratti CHB.3.2. Variazione dei tratti</p> <p>CHB.4. Evoluzione biologica: unità e diversità CHB.4.1. Evidenze della discendenza comune e diversità CHB.4.2. Selezione naturale CHB.4.3. Adattamento CHB.4.4. Biodiversità e specie</p>

Tab. 4. Nuclei essenziali: Scienze fisiche, Chimica e Biologia

STA. SCIENZE DELLA TERRA ED ASTRONOMIA	TEC. SCIENZA E TECNOLOGIA
STA.1. Posizione della terra nell'universo STA.1.1. Universo e stelle STA.1.2. Terra e sistema solare STA.1.3. Storia del pianeta Terra	TEC.1. Identificare un problema e progettare una soluzione tecnologica
STA.2. Sistemi della Terra STA.2.1. Materiali e sistemi STA.2.2. Tettonica delle placche e interazioni dei sistemi a larga scala STA.2.3. Ruolo dell'acqua nei processi di superficie della Terra STA.2.4. Acqua e clima STA.2.5. Bio-geologia	TEC.2. Proporre progetti e scegliere tra soluzioni alternative TEC.3. Implementare la soluzione prescelta
STA.3. Terra e attività umane STA.3.1. Risorse naturali STA.3.2. Rischi naturali STA.3.3. Impatto umano sui sistemi terrestri STA.3.4. Cambiamento climatico globale	TEC.4. Valutare la soluzione e le sue conseguenze TEC.5. Comunicare il problema, il processo e la soluzione

Tab. 5. Nuclei essenziali: Scienze della Terra e Astronomia, Scienza e Tecnologia

Infine, possono essere enucleate due ulteriori aree che coinvolgono non solo le discipline di stretto ambito scientifico ma presentano connessioni con una molteplicità di settori disciplinari, quali ad esempio la storia, la filosofia in genere, la sociologia, la psicologia, la medicina, l'epistemologia (Tab. 6).

SPIS. LA SCIENZA IN PROSPETTIVA INDIVIDUALE E SOCIALE	SNS. STORIA E NATURA DELLA SCIENZA
SPIS.1. Salute individuale e sociale	SNS1. Scienza prodotto dello sforzo umano
SPIS.2. Crescita della popolazione	SNS.2. Natura della conoscenza scientifica
SPIS.3. Qualità dell'ambiente	SNS.3. Prospettive storiche della scienza
SPIS.4. Scienza e tecnologia e sfide locali, nazionali e globali	

Tab. 6. Nuclei essenziali: Scienza in prospettiva individuale e sociale, storia e natura della scienza

Le tre dimensioni, relative alle abilità generali trasversali, ai concetti unificanti e ai nuclei essenziali, possono essere rappresentate come nella figura 3, in cui vengono evidenziati i rapporti di interrelazione tra le tre componenti chiave del quadro di riferimento per la programmazione interdisciplinare.

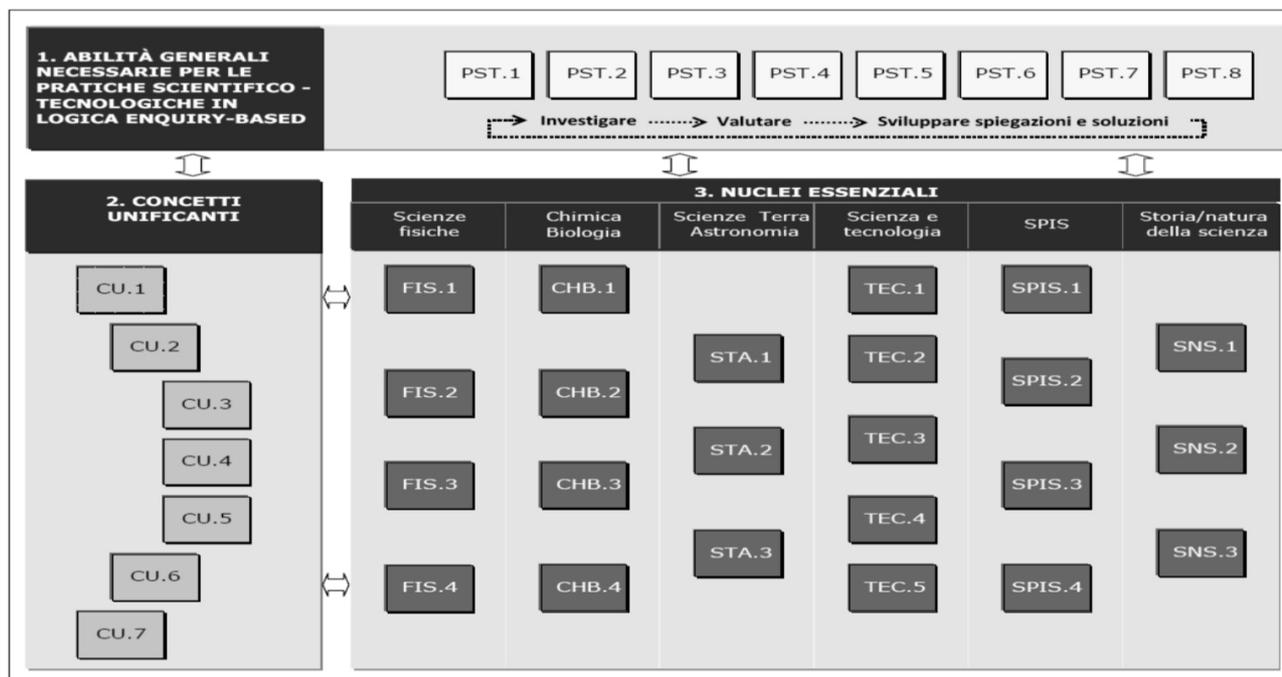


Fig. 3. Framework delle tre dimensioni della programmazione interdisciplinare

Il *framework* consente di fornire un quadro unitario per l'analisi comparata delle progettualità attuate dalle istituzioni educative nell'ambito della sperimentazione nazionale. In figura 4 se ne offre un esempio applicativo, mostrando come possa essere visualizzato in termini schematici, funzionali all'opera di comparazione, un ipotetico progetto di integrazione degli insegnamenti in ambito scientifico (e non solo scientifico) promosso a livello di scuola o di rete di scuole. Nella riga orizzontale in testa allo schema sono evidenziate – in colore scuro – le *abilità trasversali connesse alle pratiche scientifiche e tecnologiche* (PST.1, 2, 3, 5, 8). Sotto le attività sono richiamate le tre direttrici cui esse rinviano: investigare, valutare, sviluppare spiegazioni e soluzioni. Nella prima colonna a sinistra sono visualizzati i *concetti unificanti* (CU.1, 2, 4, 5) inclusi nella programmazione, aventi valore interdisciplinare. Nelle colonne successive trovano collocazione i *nuclei essenziali* associati ai diversi campi del sapere. Come si può osservare, le ultime due colonne a destra contengono elementi che stabiliscono connessioni con ambiti delle scienze umane e più in genere delle discipline umanistiche.

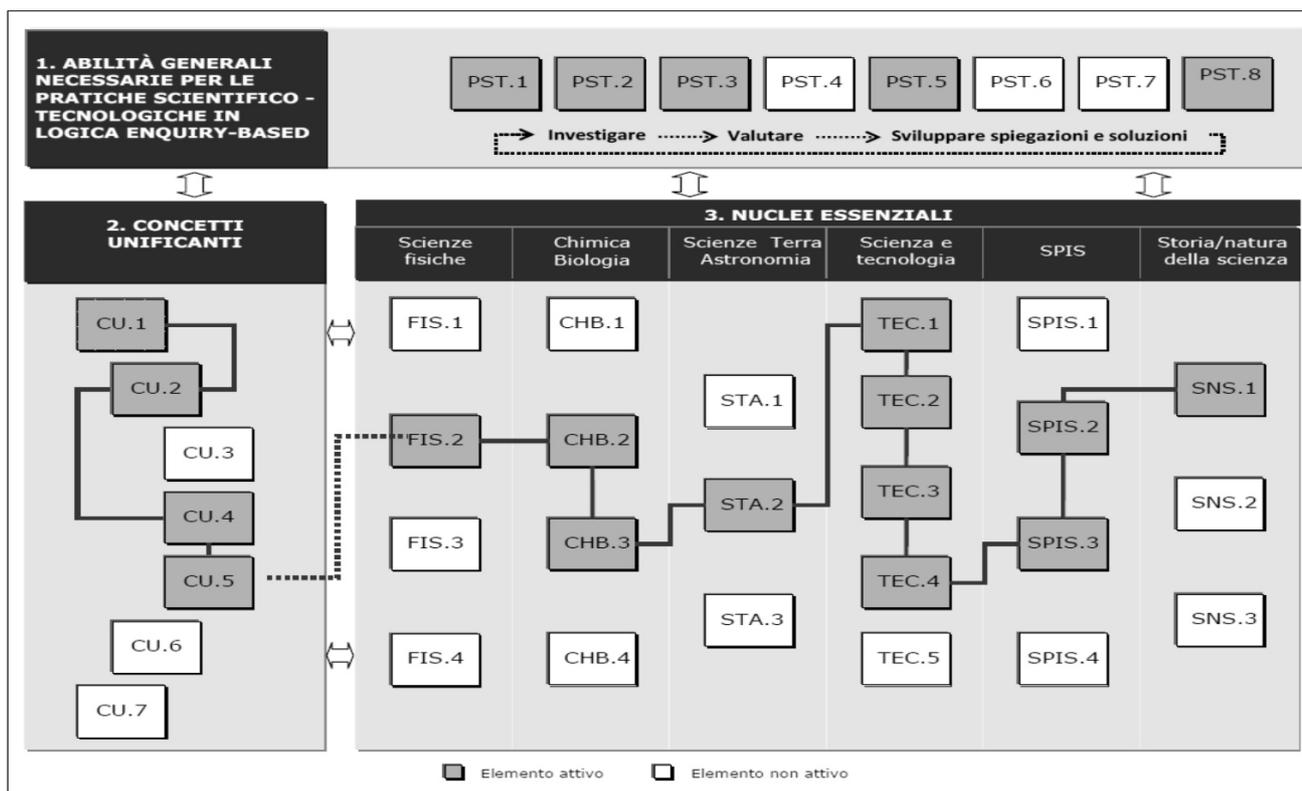


Fig. 4. Esempio di possibile applicazione del framework

Le possibili applicazioni del *framework* non si esauriscono nella sola funzione di supporto all'analisi comparativa. Ulteriori ambiti in cui può trovare efficace applicazione l'uso del quadro di riferimento riguardano in primo luogo lo sviluppo di *sistemi di competenze espresse in termini di risultati di apprendimento*, a livello di singola istituzione educativa e di reti di istituti, propedeutici alla capitalizzabilità e cumulabilità degli apprendimenti acquisiti da parte degli studenti. Inoltre, lo strumento può costituire un utile strumento per lo sviluppo di *curricoli verticali* che prevedano forme di integrazione interdisciplinare. Infine, il *framework* può rappresentare un quadro unitario di riferimento per la formazione in servizio degli insegnanti, introducendo uno schema comune per lo sviluppo delle competenze afferenti alla programmazione didattica integrata, inclusa la costruzione di idonei e coerenti ambienti di apprendimento.

Applicazione del framework

Le tre dimensioni in cui si articola il *framework* vanno integrate tra loro per produrre un'efficace azione formativa che insista tanto sugli elementi disciplinari, che sulle componenti trasversali dei risultati di apprendimento. L'integrazione può riguardare molteplici piani di applicazione, tra i quali: a) la possibile produzione di un sistema di standard di risultati di apprendimento; b) l'articolazione del curricolo; c) la concreta prassi di insegnamento; d) le pratiche di valutazione. In tabella 7 si propone un esempio di come le tre dimensioni possano essere integrate tra loro all'interno di un segmento del percorso formativo che nel *framework* abbiamo denominato FIS 1.1. (FIS.1. La materia e le sue interazioni – FIS.1.1. Struttura e proprietà della materia). Il livello si riferisce alla fascia del secondo triennio della scuola secondaria di secondo grado. Va precisato in proposito che,

ovviamente, non si dà un singolo approccio che definisca in modo univoco in quale modo integrare le tre dimensioni sotto la forma di standard, strutturazione del curriculum, sviluppo di attività didattiche e definizione del processo di valutazione. A fronte di una chiara adozione delle tre dimensioni (abilità generali, concetti unificanti, nuclei essenziali), si possono compiere scelte eterogenee quanto al peso relativo da attribuire alle tre componenti e al dettaglio delle loro caratteristiche.

FIS1.1. Struttura e proprietà della materia	
ELEMENTI	DESCRIZIONE
Compito	Gli studenti sviluppano in primo luogo modelli che descrivono un atomo neutro e uno ione negativo o positivo. In seguito usano i modelli per descrivere le somiglianze e le differenze tra gli atomi degli elementi contigui nella tavola periodica.
Criteri di valutazione	I modelli devono poter mostrare che l'atomo consiste di un nocciolo interno chiamato nucleo che si compone di protoni e neutroni; che il numero dei protoni nel nucleo è il numero atomico e determina l'elemento; che il nucleo è molto più piccolo di dimensioni dell'atomo; che la parte esterna dell'atomo contiene gli elettroni; che in un atomo neutro il numero degli elettroni corrisponde al numero dei protoni (avendo carica elettrica opposta); che gli ioni hanno un elettrone in più o in meno. Differenti isotopi di un dato elemento hanno un numero differente di neutroni, ma in tutti i casi stabili il numero di neutroni non è molto differente dal numero dei protoni. Gli elettroni occupano una serie di stati stratificati con un dato numero in ciascuno dei primi pochi strati (i dettagli delle orbitali e le ragioni che stanno alla base del calcolo degli stati non sono previsti). La posizione esterna degli elettroni corrisponde agli elettroni con il legame meno forte. Il livello di riempimento dello strato esterno può essere utilizzato per spiegare le proprietà chimiche e i tipi di ioni che si formano più prontamente. Gli atomi posizionati fianco a fianco nella tavola periodica sono vicini per massa e differiscono nel numero dei protoni. Essi hanno differenti proprietà chimiche. Gli elementi posizionati sopra e sotto nella tavola hanno proprietà chimiche simili, ma differiscono per massa e numero atomico.
Abilità trasversali (1)	Sviluppare modelli.
Concetti unificanti (2)	<i>Struttura e funzione</i> : gli atomi hanno strutture che determinano il comportamento chimico dell'elemento e la proprietà delle sostanze. <i>Pattern, similarità e diversità</i> : la tavola periodica può essere usata per esaminare i pattern del comportamento chimico basati sui pattern della struttura atomica.
Nuclei essenziali (3)	Ciascun atomo ha una substruttura carica che consiste di un nucleo (fatto di protoni e neutroni) circondato da elettroni. La tavola periodica ordina gli elementi in base al numero di protoni nel nucleo dell'atomo e colloca quelli con simili proprietà chimiche in colonne. I pattern che si ripetono di questa tavola riflettono i pattern degli stati degli elettroni esterni.

Tab. 7. Esempio di integrazione per le Scienze fisiche

Nello schema si introducono due nuove variabili rispetto a quelle precedentemente descritte, corrispondenti al compito e ai criteri di valutazione. Il compito rinvia alla descrizione della performance attesa, qualora siano state acquisite dall'allievo le abilità trasversali, i concetti unificanti e i nuclei essenziali del sapere previsti per l'unità FIS 1.1. I criteri di valutazione, da parte loro, descrivono gli elementi utilizzati per valutare la performance stessa, formalizzati in modo da rappresentare un metro di riferimento chiaro per le attività di valutazione dei risultati di apprendimento.

Personalizzazione del framework

Nella concreta sperimentazione sul campo, la parte preponderante delle istituzioni scolastiche ha manifestato la propria preferenza per progetti e interventi di impianto extra-curricolare, non di rado associati a un tema conduttore che può essere inteso nei termini di una tematica unificante (fattore catalizzante). Presso l'Istituto Statale per l'Istruzione Superiore di Pomigliano d'Arco (NA), durante l'anno di sperimentazione della metodologia, è stata scelta una tematica unificante: la misura. I docenti di varie discipline (Fisica, Scienze della Terra, Tecnologie e Tecniche di rappresentazione

grafica, Tecnologie informatiche, Matematica) hanno collaborato, utilizzando un framework personalizzato – con l'introduzione della matematica nei nuclei essenziali e delle competenze dell'asse culturale scientifico-tecnologico e dell'asse matematico – articolato come di seguito (Fig. 5):

- ✓ Abilità generali
 - PST.1 - Porre domande (per le scienze) e definire problemi (per la tecnologia)
 - PST.2 - Sviluppare e utilizzare modelli
 - PST.3 - Programmare e svolgere ricerche
 - PST.4 - Analizzare e interpretare i dati
 - PST.5 - Utilizzare la matematica e il pensiero computazionale

- ✓ Concetti unificanti
 - CU1 - Modelli
 - CU2 - Causa ed effetto
 - CU3 - Misure, proporzione e quantità
 - CU4 - Sistemi e modelli di sistemi

- ✓ Nuclei essenziali
 - Fisica
 - FIS.1 - La materia e le sue interazioni
 - FIS.1.1 - Struttura e proprietà della materia
 - FIS. 2 - Moto e stabilità: forze e interazioni
 - FIS.2.1 - Forze e moto
 - FIS.2.2 - Tipi di interazione
 - Scienze della Terra
 - STA1 - Posizione della Terra nell'universo
 - STA1.1 - Universo e stelle
 - STA1.2 - Terra e sistema solare
 - STA2 Sistemi della Terra
 - STA2.1 - Materiali e sistemi
 - STA2.3 - Ruolo dell'acqua nei processi di superficie della Terra
 - STA2.4 - Acqua e clima
 - STA3 - Terra e attività umane
 - STA3.1 - Risorse naturali
 - STA3.2 - Rischi naturali
 - STA3.3 - Impatto umano sui sistemi terrestri
 - Tecnologie e Tecniche di Rappresentazione Grafica
 - TEC5 - Comunicare il problema, il processo e la soluzione (attraverso la rappresentazione grafica)
 - Matematica
 - MAT.1 - Numeri e algoritmi
 - MAT.2 - Spazio e figure
 - MAT.3 - Relazioni e funzioni
 - MAT.4 - Dati e previsioni

✓ Competenze

- Asse Culturale Scientifico-Tecnologico

- SC1 - Osservare, descrivere e analizzare fenomeni appartenenti alla realtà naturale e artificiale e riconoscere nelle sue varie forme i concetti di sistema e di complessità.
- SC2 - Analizzare qualitativamente e quantitativamente fenomeni legati alle trasformazioni di energia a partire dall'esperienza.
- SC3 - Essere consapevole delle potenzialità e dei limiti delle tecnologie nel contesto culturale e sociale in cui vengono applicate.

- Asse Matematico

- M1. - Analizzare dati e interpretarli sviluppando deduzioni e ragionamenti sugli stessi anche con l'ausilio di interpretazioni grafiche, usando consapevolmente gli strumenti di calcolo e le potenzialità offerte da applicazioni specifiche di tipo informatico.
- M2. - Utilizzare le tecniche e le procedure del calcolo aritmetico e algebrico rappresentandole anche sotto forma grafica.
- M3. - Confrontare e analizzare figure geometriche individuando invarianti e relazioni.
- M4. - Individuare le strategie appropriate per la soluzione di problemi.
- M5. - Saper riflettere criticamente su alcuni temi della matematica.

La scelta della personalizzazione è significativa per due ordini di ragioni:

- tenta di definire un rapporto tra il *framework* dell'integrazione degli insegnamenti in campo scientifico e gli assi culturali previsti per l'obbligo di istruzione
- tenta di indagare il rapporto tra il *framework* dell'integrazione e lo sviluppo di un sistema di risultati di apprendimento, declinati in termini di conoscenze, abilità e competenze, coerentemente con l'impianto previsto dalla riforma.

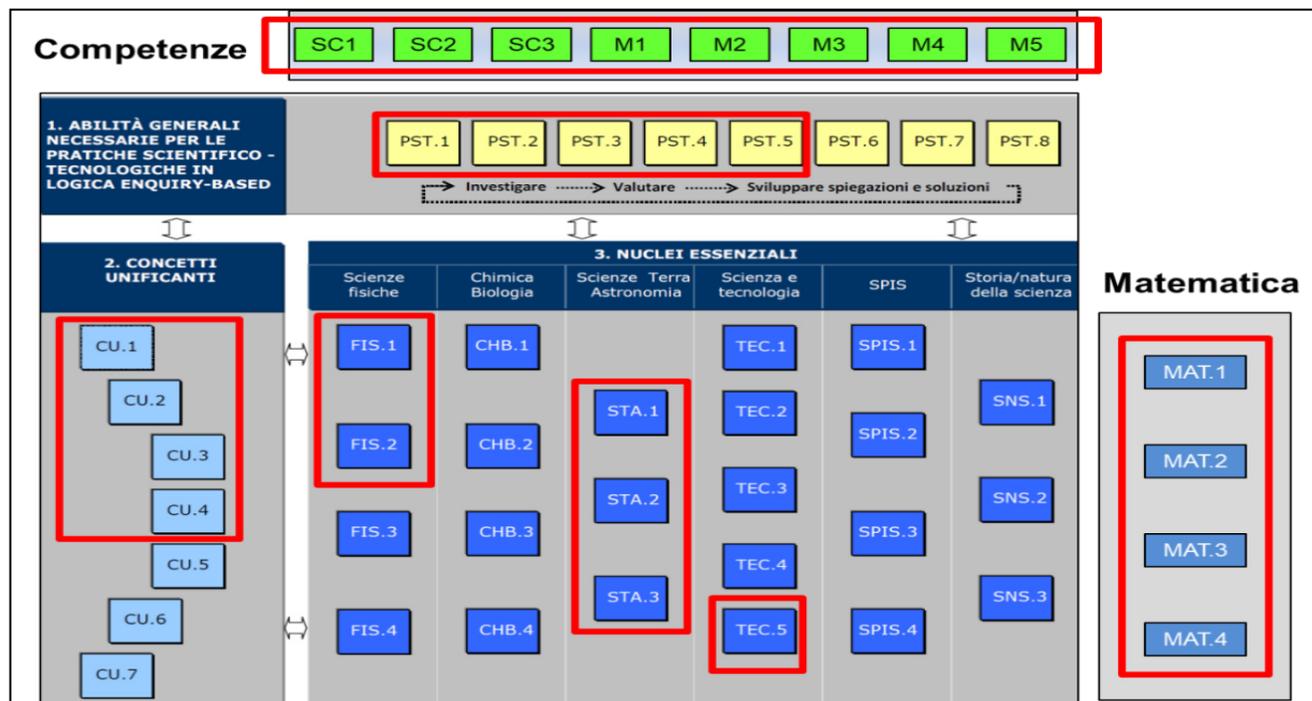


Fig. 5. Esempio di personalizzazione del framework

Considerazioni conclusive

Desidero concludere ricordando il monito di Poincaré del 1908: “Via via che la scienza si sviluppa, diventa sempre più difficile averne una visione complessiva; si cerca allora di dividerla in tanti pezzi e di accontentarsi di un pezzo solo; in una parola, ci si specializza. Continuare in questa direzione sarebbe di grave ostacolo ai progressi della scienza. Lo abbiamo già detto: sono le connessioni inattese tra i diversi domini scientifici che rendono possibili tali progressi. Specializzarsi troppo significa precludersi la possibilità di stabilire tali connessioni”. Per superare la frammentazione dei campi disciplinari e consentire l’emergere delle “connessioni inattese” le Università italiane hanno di fronte una grande sfida che, se accettata, può diventare una grande opportunità per i nostri studenti.

Riferimenti bibliografici

- American Association for the Advancement of Science: Project 2061 (1990), *Benchmarks for Science Literacy* (www.project2061.org).
- Choi B., Pak A. (2006), *Multidisciplinarity, interdisciplinarity and transdisciplinarity in health research, services, education and policy: 1. Definitions, objectives, and evidence of effectiveness* in “*Clin Invest Med* 29” 6, pp. 351–364.
- College Board (2009), *Science College Board Standards for College Success* College Board. New York (<http://professionals.collegeboard.com/profdownload/cbscs-science-standards-2009.pdf>).
- D’Anna M., Laffranchi G., Lubini P. (2011), *Strumenti per l’insegnamento interdisciplinare della termodinamica nelle scienze sperimentali*, Dipartimento dell’Educazione, della Cultura e dello Sport. Divisione della Scuola, Cantone Ticino.
- De Toni A.F., Dordit L. (2015), *Il cannocchiale di Galileo. Integrazione delle scienze e didattica laboratoriale*, Erickson, Trento.
- Feynman R.P., Leighton R.B., Sands M. (1964), *The Feynman Lectures on Physics: the Definitive and Extended Edition*, Addison, Wesley.
- Herrmann F. (1995), *Der Karlsruher Physikkurs*, Aulis, Köln (per la trad. it. <http://www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de>).
- National Board for Professional Teaching Standards (2003a), *NBPTS Standards – Science – Early Adolescence*, Arlington, VA.
- National Board for Professional Teaching Standards (2003b), *NBPTS Standards – Science – Adolescence and Young Adulthood*, Arlington, VA.
- National Research Council (1996), *National Science Education Standards*, in *National Committee for Science Education Standards and Assessment*, The National Academy Press, Washington DC.
- National Research Council (2000), *Inquiry and the national science education standards*, National Academies Press, Washington DC.
- National Research Council (2000), *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*, The National Academies Press, Washington DC.
- National Research Council (2012), *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*, The National Academies Press, Washington DC.
- Poincaré J.H. (1997), *Scienza e metodo*, Einaudi, Torino.
- Saggion A., Faraldo F. (2008), *Newton, ottica continuista e KPK*, in *Enciclopedia Treccani* (http://www.treccani.it/scuola/in_aula/fisica/La_fisica_di_Karlsruhe/saggion_faraldo_2.html).

Saggion A., Faraldo F. (2010), *Spazio, tempo e spazio-tempo in un ambiente di apprendimento in Un'applicazione nell'ambito della metodologia per l'integrazione delle scienze*, Cortina Editore, Padova.

Toraldo di Francia G. (1976), *L'indagine del modo fisico*, Einaudi, Torino.