

La fisica tra la scuola secondaria e l'università.

Riflessioni e orientamenti

Maurizio Zani, Matteo Bozzi

L'università ha da sempre una porta aperta verso il mondo della scuola secondaria, il che ne fa un interlocutore privilegiato in continua e mutua interazione, sia per la formazione degli insegnanti (dal punto di vista contenutistico e metodologico), sia per la platea di studenti che quella porta la attraverseranno per continuare il loro cammino di apprendimento. Spesso non sono solo i soggetti (insegnanti e studenti) ad essere parte dell'interazione, ma anche gli oggetti (tematiche e metodologie), in particolare per le materie STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*); in tal caso nel passaggio dalla scuola all'università lo studente ritrova la materia che ha affrontato sino a qualche mese prima, talvolta proseguendola con uno sviluppo tematico successivo e talvolta affrontando la stessa tematica con diversa profondità. Questo è particolarmente vero nel caso della fisica, in cui le macro-tematiche classiche principali (la meccanica, la termodinamica, l'elettromagnetismo, l'ottica, cenni alla fisica moderna) trovano spazio comune nelle due realtà formative.

Le istituzioni

Se è vero che mediamente c'è un forte aggancio tra la realtà scolastica e quella universitaria, un'analisi più approfondita mostra però quali siano le differenze presenti tra le diverse tipologie di scuole secondarie, in termini di tematiche affrontate e di tempo ad esse dedicato: focalizziamo l'attenzione su quelle scuole in cui l'erogazione della fisica sia significativa, ovvero licei e istituti tecnici del settore tecnologico.

- I Licei

Come noto, il D.P.R. 15/03/2010 #89 determina quale sia l'articolazione del sistema dei Licei (art. 3) e ne fissa il piano degli studi (allegati da B a G). In particolare, per quanto riguarda Fisica, tale piano è sintetizzato nella tab. 1 allegata¹ (raggiungibile anche col *QR code* della fig. 1), dalla quale emerge l'importanza attribuita a questa materia, che risulta presente in tutti i licei italiani; spicca poi la peculiarità che caratterizza il liceo scientifico e la sua opzione "scienze applicate", sia per quanto riguarda la distribuzione della disciplina sull'intero quinquennio di studio, sia per il monte ore complessivo attribuitole. Da evidenziare inoltre come, in anni recenti, Fisica abbia affiancato Matematica quale possibile disciplina oggetto del secondo scritto (prova caratteristica dell'indirizzo

di studio) all'esame di Stato conclusivo sia del liceo scientifico sia della sua opzione "scienze applicate".



Fig. 1 - *QR code* per l'accesso rapido al file riassuntivo *Piani degli studi e obiettivi di apprendimento delle scuole secondarie* e ai link della relativa normativa

La declinazione disciplinare del profilo educativo, culturale e professionale dello studente a conclusione dei percorsi liceali è contenuta nelle "Indicazioni nazionali" degli obiettivi specifici di apprendimento istituite dall'art. 13 comma 10 lett. a) del D.P.R. precedentemente citato e contenute nel Decreto Interministeriale 07/10/2010 #211 del Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca di concerto col Ministero dell'Economia e delle Finanze e, con riferimento a Fisica, una sintesi è contenuta nelle tabb. 2, 3 e 4 allegate¹ (o col *QR code* precedente) in funzione della tematica affrontata.

L'analisi riportata sembra evidenziare la volontà di esporre i liceali italiani a un insieme di tematiche che coprono tutte le branche della fisica classica, senza una decisa preponderanza di una rispetto alle altre, e con una attenzione particolare alla cosiddetta fisica moderna nel liceo scientifico e nella sua opzione "scienze applicate". Tuttavia, se si considerano i percorsi realmente svolti durante l'anno scolastico, ampiamente disponibili online direttamente sui siti web delle istituzioni scolastiche, si scopre che lo spazio riservato alla meccanica è decisamente più ampio rispetto a quello dedicato ad altre branche della fisica, così come il tempo dedicato alla trattazione della termodinamica risulta essere frequentemente ridotto. Inoltre, analizzando quanto contenuto in molti documenti di classe delle V del liceo scientifico e del liceo scientifico opzione "scienze applicate", la trattazione della cosiddetta fisica moderna non sempre sembra essere allineata con quanto previsto dalle Indicazioni nazionali.

- Gli Istituti tecnici

La classificazione degli Istituti tecnici rispettivamente nei settori economico e tecnologico, la loro articolazione in differenti indirizzi e il quadro orario è sancita dal D.P.R. 15/03/2010 #88, in

particolare agli artt. 3 e 4 e nei suoi allegati. Negli istituti tecnici del settore tecnologico la fisica di base è affrontata solo nel I biennio nell'ambito della materia Scienze integrate (Fisica) e occupa 3 ore settimanali per entrambi gli anni, come riportato nella tab. 5 allegata¹ (o col *QR code* precedente). Lo studio di tale disciplina si configura come propedeutico per affrontare materie specialistiche, caratteristiche dei diversi indirizzi quali per esempio Meccanica, Elettrotecnica ed Elettronica. I temi a cui esporre gli studenti durante il percorso di Scienze integrate (Fisica) sono indicati nelle "Linee guida" relative al I biennio (Direttiva Ministeriale 15/07/2010 #57 del Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca) e sono stati sintetizzati nella tab. 6 allegata¹ (o col *QR code* precedente).

Come già per i licei, il confronto tra quanto previsto dal legislatore e quanto effettivamente fatto sembra presentare delle significative differenze. Non è infrequente trovare nei programmi consultivi depositati a fine anno dai docenti un ampio spazio dedicato alla meccanica, che spesso si protrae per il primo anno e per una parte del secondo; a completamento del percorso, vengono non di rado trattati temi propedeutici rispetto alle eventuali discipline di indirizzo che gli allievi affronteranno nel proseguo dei loro studi.

Come si riverberano queste indicazioni del legislatore e relative scelte implementative dell'insegnante, in termini di argomenti e tempo ad essi dedicato, in coloro che poi affronteranno il percorso universitario? Come possono incidere sul loro rendimento? La crescente difficoltà delle tematiche affrontate dallo studente in ambito universitario unita all'eventuale presenza di lacune e misconcetti che gli derivano dagli studi precedenti sono due ingredienti che possono portare all'interruzione sino all'abbandono del percorso universitario (*drop-out*).

L'apprendimento

Se da un lato serve lavorare (in entrambe le tipologie di realtà formativa, scuola e università) a un cambio radicale in quello che è il processo di apprendimento, uscendo ad esempio da alcuni stereotipi educativi e aprendoci come insegnanti a innovazioni tecnologico-pedagogiche, dall'altro dobbiamo riconoscere quali siano lacune e misconcetti presenti così da poter fornire agli studenti alcuni validi ed efficaci strumenti che tentino di colmarli.

L'interazione prima richiamata tra scuola secondaria e università non può che partire da un ragionamento comune e condiviso sull'apprendimento, prerogativa comune tra le due realtà, che ha le basi nelle 3 regole² che seguono

1. *Learning is an experience, not a download*

E' importante e necessario coinvolgere esplicitamente gli studenti nel nostro approccio all'apprendimento³, in quanto non sono meramente soggetti ai quali fornire dei contenuti, ma parte attiva nel processo. In quale modo tale coinvolgimento prenda forma dipende di volta in volta dall'insegnante, dagli studenti, dagli argomenti affrontati, dalle condizioni al contorno e così via, per cui il progetto (*design*) dell'esperienza è fondamentale.

2. *Learning happens everywhere & everytime*

Per quale motivo limitare noi stessi come insegnanti? E per quale motivo limitare le possibilità che ci vengono offerte da diverse strategie che si possono mettere in atto? Serve valutare quale sia, di volta in volta, il modo ottimale per poter raggiungere l'obiettivo di apprendimento, anche uscendo da schemi classici che ci tramandiamo spesso solo per tradizione o inerzia al cambiamento; quindi non completa improvvisazione, ma costruzione di un disegno sperimentale.

3. *Learning takes care of materials & methods*

Il progetto dell'esperienza di apprendimento e l'innovazione didattica ad essa associata vengono troppo spesso identificate come una banale conversione analogico-digitale, ritenendo che l'uso di strumenti tecnologici sia già di per sé (e talvolta solo quella) un'innovazione migliorativa: passare dal libro all'ebook, dal gesso utilizzato alla lavagna alle slide proiettate, dalle lezioni *ex-cathedra* ai video, da compiti e quiz assegnati su carta all'uso di *clicker* e *smartphone*, e così via... mentre serve progettare un'appropriata combinazione dei materiali e dei metodi d'uso degli stessi allo scopo di rendere i risultati dell'apprendimento più efficaci e/o efficienti.

Lacune e misconcetti

Partendo dalla nostra esperienza didattica in ambito universitario, e dalle possibilità di movimento e sperimentazione che questa realtà consente (mentre talvolta in ambito scolastico essa risulta più complicata e meno assistita), sono state via via progettate e realizzate forme e materiali didattici ai fini di colmare le lacune che gli studenti possono presentare nel loro passaggio dalla scuola all'università, e sviluppati progetti volti a identificare e consentire di superare i misconcetti che gli studenti si trascinano dagli studi precedenti.

Proprio “*Bridge the gaps*” è il motto che sostiene tutti i MOOCs (*Massive Open Online Courses*) realizzati dal Politecnico di Milano a partire dal 2014 e caricati sul suo portale POK (*Polimi Open Knowledge*)⁴, in un approccio completamente open e gratuito; ad oggi sono presenti 33 MOOCs con più di 70 000 utenti complessivamente iscritti. Le varie categorie presenti sul portale consentono di incontrare le esigenze di apprendimento di soggetti diversi, tra cui proprio studenti e insegnanti. Un esempio che si sposa con il contesto del quale stiamo raccontando è dato dai 2 MOOCs di fisica sperimentale coordinati dal sottoscritto⁵ che si collocano nel filone *MOOCs for Students - from High School to University*, tra i primi ad essere realizzati insieme al MOOC di matematica in quanto le due discipline sono quelle di principale ostacolo per gli studenti che si immatricolano: il primo copre le tematiche della meccanica e della termodinamica, il secondo tratta dell’elettromagnetismo, dell’ottica ed un cenno alla fisica moderna. Il linguaggio utilizzato e la profondità degli argomenti trattati sono adatti a studenti nel passaggio dalla scuola secondaria all’università (ma comunque aperti a chiunque voglia fruirne), ed offrono le nozioni di fisica che le matricole dovrebbero possedere per affrontare al meglio gli insegnamenti universitari di fisica di base, nozioni che ovviamente coincidono con quelle richieste per i test di ingresso: ad oggi sono quasi 20 000 gli utenti iscritti, e la qualità del prodotto ha fatto sì che Coursera⁶ (leader mondiale nell’erogazione dei MOOCs) li abbia voluti condividere anche sul suo portale.

L’integrazione dei MOOCs nel processo di apprendimento è un tema cruciale, ed è continuo il dibattito su come possano concretamente cambiare e migliorare l’educazione in ambito universitario aumentando le possibilità di accesso, diminuendo il rischio di *drop-out*, e fornendo un approccio più flessibile all’apprendimento⁷. A ciò si aggiunge l’elevato numero di studenti che popola ogni classe soprattutto nei primi anni del percorso universitario, e che porta i docenti ad un sovraccarico tale da non consentir loro sia di fornire agli studenti occasioni di verifica e/o auto-verifica sia di personalizzare i sostegni al loro processo d’apprendimento.

In questo contesto i MOOCs sono una modalità didattica che ben può prestarsi per un apprendimento di massa, consentendo allo stesso tempo se integrati in una progettazione didattica mista (*blended-learning*) di promuovere delle strategie efficaci a sostegno delle lacune e di valorizzazione delle capacità dello studente. Un esempio a riguardo l’abbiamo nei Corsi di ripasso di fisica⁸ erogati alle nostre matricole; il poco tempo a disposizione tra il termine degli esami di Stato e l’inizio dei corsi universitari richiede di concentrare in un paio di settimane le occasioni in cui gli studenti possano rafforzare le conoscenze di tale disciplina prima dell’inizio degli insegnamenti, ma anche di colmare eventuali lacune di argomenti non affrontati o magari affrontati solo parzialmente nella scuola secondaria⁹. Tali corsi vanno infatti intesi come complementari ed integrativi dei MOOCs di cui

sopra, richiedendo agli studenti di seguire le video-lezioni e svolgere gli esercizi proposti prima dell'inizio di tali corsi (*flipped-learning*), così da utilizzare il tempo in aula per identificare i concetti meno chiari e iniziare una proficua discussione su di essi. Se in questo esempio i MOOCs sono utilizzati nella loro interezza (proprio perché a monte il progetto era di un perfetto coordinamento con i Corsi di ripasso), l'uso che si può fare dei singoli video di lezione o di esercizi consente di ribaltare l'approccio alla tematica, talvolta partendo da una descrizione teorica del fenomeno fisico talaltra di mostrare direttamente l'esperimento che verrà poi analiticamente formalizzato, e questo è una possibilità che si rivolge anche a un insegnamento della scuola. Risulta spesso complicato, se non si possiede il materiale per l'esperimento o se questo non si trova nell'aula in cui si insegna o non si conosce nel dettaglio come utilizzarlo o se la numerosità della classe ne impedisce a molti la fruizione, mostrare agli studenti il reale fenomeno che si sta descrivendo alla lavagna. Può essere utile ricordare quali siano le 3 regole per studiare fisica¹⁰, che vengono mostrate e spiegate dal sottoscritto in aula il primo giorno di lezione

1. La fisica non è la matematica

Prima la comprensione del fenomeno, poi la sua descrizione analitica

2. Gli argomenti trattati si studiano sui libri

Quindi non solo sui propri appunti, né tantomeno su quelli dei compagni

3. Non c'è scritto da nessuna parte che la fisica sia noiosa, lasciatevi stupire

Enjoy! A studiarla e a insegnarla...

ma non volendo privilegiare il ruolo dell'insegnante rispetto a quello dello studente (...), riportiamo anche le 3 regole per insegnare fisica¹¹, che non sono ovviamente disgiunte dalle precedenti

1. La fisica non è la matematica

Prima la presentazione del fenomeno, poi la sua formalizzazione analitica

2. Il docente non è un libro di testo

Serve trasmettere anche la passione, non solo le nozioni

3. Insegna argomenti che non chiederai all'esame

La curiosità è tutto, talvolta si deve essere imprevedibili...

Vero è che ormai il web ci consente di avere a disposizione una quantità di materiale principalmente digitale pressoché infinita, ma questo pone almeno un paio di necessità: discernere ciò che sia corretto dalle falsità, ed avere una spiegazione attendibile e competente di ciò che si sta leggendo/osservando.

- *Misconcetti*

Ancor più rilevante di colmare eventuali lacune sembra però la necessità di identificare da subito quali siano i misconcetti presenti negli studenti, perché più difficili da rimuovere e poi sostituire con la giusta percezione del fenomeno fisico. A tale scopo si rivolge il nostro progetto “*Highlight misconceptions in Physics*” finanziato da TIME (*Top Industrial Managers for Europe*)¹², associazione che riunisce più di 50 università sparse in tutto il mondo ed impegnate nell’insegnamento universitario soprattutto in ambito ingegneristico; il progetto, scritto e coordinato dal Politecnico di Milano, coinvolge partner internazionali quali la Doshisha University di Kyoto (Giappone) e la Bauman Moscow State Technical University di Mosca (Russia) e con il supporto pedagogico dell’Università degli Studi di Trento, e si pone l’obiettivo di

- costruire strumenti *ad hoc* (quali test, questionari, esercizi...) allo scopo di identificare i misconcetti mostrati nella fisica di base dagli studenti iscritti al primo anno di università;
- analizzare e confrontare quali siano i principali misconcetti mostrati dagli studenti in relazione alle istituzioni partner del progetto (che appartengono ad un diverso contesto sociale, economico, educativo e culturale);
- realizzare dei video che mostrino sperimentalmente quale sia il comportamento reale del fenomeno fisico travisato.

Gli strumenti saranno comuni tra i partner coinvolti e progettati dal nostro Laboratorio di didattica sperimentale ST2¹³, e tutti i passi dell’esperimento saranno divulgati¹⁴ secondo una filosofia OER (*Open Educational Resources*) a partire dagli strumenti utilizzati, proseguendo con i dati raccolti sino all’analisi degli stessi e relative conclusioni.

La formazione

Se è fondamentale, come già richiamato, riconoscere ed affrontare lacune/misconcetti negli studenti anche utilizzando le tecnologie che l’innovazione digitale ci offre (parafrasando la definizione delle successive versioni dei software informatici, una tecnologia 2.0), altrettanto importante è comprendere come a tutto ciò si debba affiancare da parte degli insegnanti una conoscenza e una formazione sulle metodologie (una pedagogia 2.0) onde evitarne un uso improprio e talvolta controproducente. Direttamente o indirettamente, anche in questo contributo si sono riportati esempi d’uso di metodologie didattiche che si sono utilizzate in situazioni diverse: dall’*active-learning* al *formative assessment*, dal *flipped-learning* al *blended-learning*, nonché l’uso di OER (*Open Educational Resources*) e BYOD (*Bring Your Own Device*). Non è questa l’occasione per una descrizione introduttiva o approfondita di ognuna di esse, ma è utile segnalare come nei *MOOCs for Teachers* del portale POK si trovino MOOCs relativi proprio ad alcune delle metodologie richiamate, tra cui

- *Engaging students in Active learning*
- *Using Open Educational Resources in teaching*
- *New assessment strategies - The magic of feedback*
- *To flip or not to flip - Discover the flipped classroom methodology*

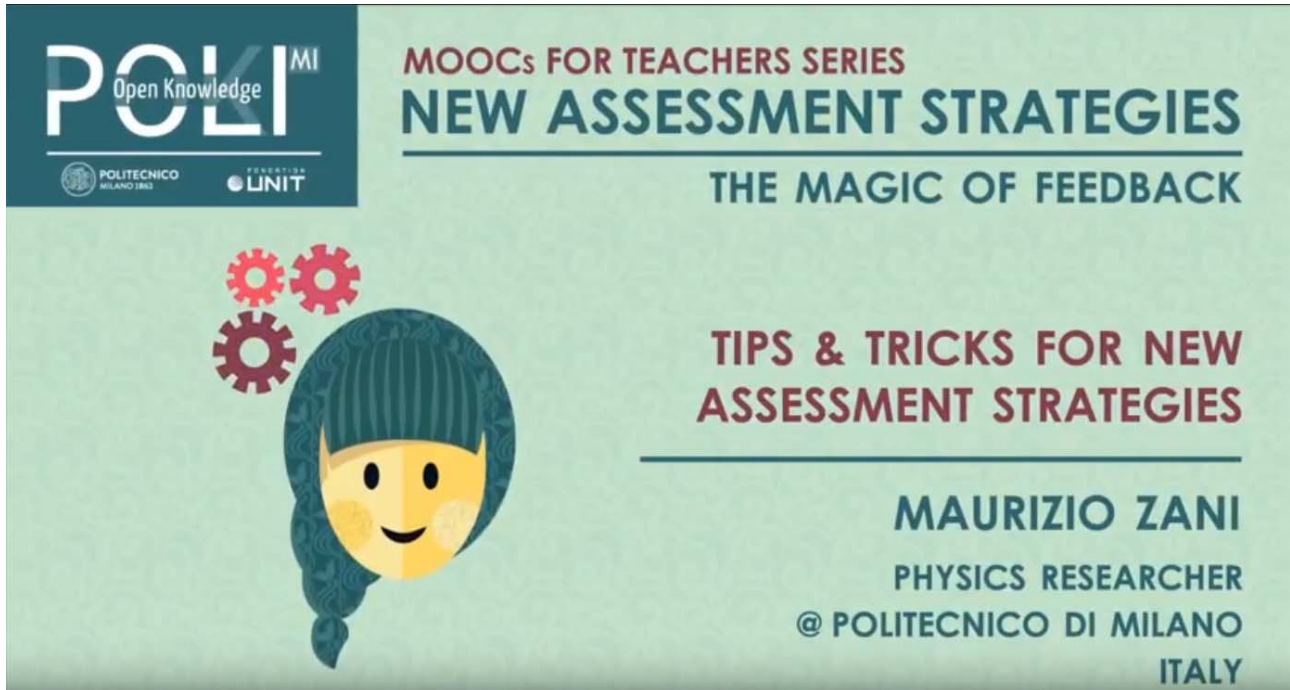


Fig. 2 - Screenshot di un video del MOOC *New assessment strategies - The magic of feedback*

Lungi dall'essere solo contributi teorici, i MOOCs (tutti rilasciati sotto licenza internazionale Creative Commons BY-NC-SA 4.0¹⁵, che consente liberamente di riprodurre, condividere, distribuire, modificare il materiale se per fini non commerciali, citandone la paternità) offrono la possibilità di conoscere e/o approfondire nuove metodologie didattiche anche ascoltando l'esperienza di colleghi internazionali che a vario livello le hanno sperimentate, condividere e descrivere una serie di strumenti didattici utilizzati che andranno poi adattati ai propri specifici obiettivi di apprendimento, discutere tra pari attraverso un forum in cui proporre quesiti o esporre esperienze personali.

Volendo concludere trovando una parola chiave che sintetizzi il messaggio condiviso in questo contributo, la possiamo identificare con *design*: serve progettare la propria esperienza didattica, adeguando materiali e metodi di cui ci si debba/possa servire all'obiettivo di apprendimento che si vuole raggiungere, e non viceversa. *Enjoy with Physics!*

Maurizio Zani

*Docente e ricercatore di fisica, Responsabile del Laboratorio di sperimentazione didattica ST2,
Politecnico di Milano*

Matteo Bozzi

Insegnante di matematica e fisica, Liceo Scientifico Statale “Vittorio Veneto” di Milano

Dottorando di ricerca in fisica, Politecnico di Milano

¹ M. Bozzi - M. Zani, *Piani degli studi e obiettivi di apprendimento delle scuole secondarie*, http://www.researchgate.net/publication/325644655_Piani_degli_studi_e_obiettivi_di_apprendimento_delle_scuole_sec_ondarie

² M. Zani, *The 3 rules on learning*, <http://www.mauriziozani.it/wp/?p=6473>

³ P. Ghislandi - J. Raffaghelli, *Quality teaching matters: perspectives on quality teaching for the modernization of higher education. A position paper*, *Formazione & Insegnamento*, 2014, 12(1), 57-86, <http://ojs.pensamultimedia.it/index.php/siref/article/view/372>

⁴ POK (*Polimi Open Knowledge*), <http://www.pok.polimi.it>

⁵ M. Zani, *I MOOCs di fisica sperimentale*, <http://www.mauriziozani.it/wp/?p=2134>

⁶ Coursera, <http://www.coursera.org>

⁷ P. Ghislandi, *“The fun they had” or about the quality of MOOC*, *Journal of E-Learning and Knowledge Society*, 2016, 12(3), 99-114, <http://doi.org/10.20368/1971-8829/1178>

⁸ Corsi di ripasso di fisica al Politecnico di Milano, http://www.fisi.polimi.it/it/didattica/studenti/corsi_di_ripasso

⁹ M. Zani - J. Raffaghelli - P. Ghislandi - M. Bozzi et al., *Getting Started with Physics: preliminary undergraduate strategies*, <http://www.researchgate.net/project/Getting-started-with-Physics-preliminary-undergraduated-strategies>

¹⁰ M. Zani, *Le 3 regole per studiare fisica*, <http://www.mauriziozani.it/wp/?p=3635>

¹¹ M. Zani, *Le 3 regole per insegnare fisica*, <http://www.mauriziozani.it/wp/?p=4884>

¹² TIME (*Top Industrial Managers for Europe*), <http://www.time-association.org>

¹³ Laboratorio di sperimentazione didattica ST2, Politecnico di Milano, http://www.fisi.polimi.it/it/ricerca/strutture_di_ricerca/laboratori/56953

¹⁴ M. Zani - M. Bozzi - P. Ghislandi et al., *Highlight misconceptions in Physics*, <http://www.researchgate.net/project/Highlight-misconceptions-in-Physics>

¹⁵ Licenza Creative Commons BY-NC-SA 4.0, <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.it>