

Silvia Pagliuca*

Dalla realtà alla fisica

“Il mondo è organizzato sulla base sia di relazioni qualitative, sia di relazioni quantitative – in ogni caso regole molto dure, in cui è quasi più importante quello che non compare di quello che compare esplicitamente. Se per esempio prendete una pallina più pesante e la lasciate andare dalla stessa altezza, la scatoletta va avanti dello stesso tratto: ‘quanto è pesante la pallina non c’entra’. (Sentita così, non sembrerebbe vera). Il problema è rendersi conto che al mondo le cose funzionano con delle regole spesso semplici, e che spesso assumono una “forma” matematica: ma non si tratta di “regole matematiche” in quanto tali”¹.

La scuola ha il compito di mettere in grado lo studente di interpretare la realtà che lo circonda, di saper quindi osservare i fenomeni, analizzarli e comprenderne il valore. Per questo motivo la didattica laboratoriale assume un particolare rilievo.

La conoscenza non nasce dalla lettura di un libro, ma dall’osservazione della natura e dalla capacità di interpretarla. Una progettazione dell’attività didattica che tiene presente i nuclei fondanti metodologici della disciplina, ovvero osservazione e misura, descrizione e schematizzazione, sintesi e condivisione, facilita il raggiungimento di questo traguardo. In questo modo è possibile avvicinare lo studente alla disciplina in maniera efficace, critica e responsabile, acquisendo così le competenze di base richieste per l’asse scientifico-tecnologico (*Indicazioni Nazionali* del 2012).

Il percorso didattico proposto prevede un approccio alla fisica che parte dalla realtà ed arriva alla sua interpretazione matematica, utilizzando una didattica laboratoriale basata sulle nuove tecnologie ed in particolare lo smartphone.

*Insegnante abilitata in matematica e fisica nella scuola secondaria di secondo grado; giunta nel mondo dell’istruzione, dopo un percorso personale svolto in altri settori, ama fondere assieme le diverse esperienze vissute.

¹ Angela Cappa, trascrizione dell’intervento del prof. P. Guidoni del 16.12.2002 per il *Progetto regionale SeT*, 1° circolo didattico di Bra.

L'avvento di queste tecnologie ha trasformato il nostro stile di vita, il modo in cui ci relazioniamo e la professione di docente. Da semplici utilizzatori, possiamo diventare gli artefici di una didattica attiva, creativa, in cui lo studente impara facendo. Una grossa opportunità è presentata proprio dagli *smartphone* che possono essere trasformati in versatili piattaforme laboratoriali. Non solo strumenti per parlare, giocare, comunicare, ma veri e propri sistemi di acquisizione dati che consentono di realizzare molteplici esperimenti di fisica.

Lo sviluppo di una didattica laboratoriale sugli *smartphone* permette di promuovere negli studenti delle competenze più complesse, ma anche di reinterpretare l'utilizzo di strumenti di uso comune in maniera critica e innovativa. In questo modo ogni ragazzo può esprimersi e sperimentare in prima persona a prescindere dalle infrastrutture e tecnologie presenti nella scuola.

L'attività proposta impegna l'alunno su fronti diversi, in un processo conoscitivo attivo, in cui lo studente stesso è al centro del processo formativo (*learning centered*).

Anche gli spazi scolastici vengono trasformati, non più banchi perfettamente allineati per lo svolgimento di una lezione frontale, ma una positiva confusione che consenta la realizzazione dell'esperimento e lo scambio di idee.

L'utilizzo del cellulare, inoltre, porta nella scuola la logica BYOD [*Bring Your Own Device*], "porta il tuo dispositivo", per cui la didattica viene fatta sui dispositivi di proprietà degli studenti. Questa modalità di lavoro è facilmente proponibile in tutte le scuole. Permette ai ragazzi di utilizzare strumenti che già conoscono. Anzi, una volta acquisite le conoscenze di base, possono loro stessi fornire nuovi spunti di utilizzo all'insegnante, diventando ancora più protagonisti del proprio processo educativo.

Non solo l'utilizzo di *smartphone*, ma anche di *tablet* o *notebook*, nonché la navigazione su *web*, per la rielaborazione dei dati acquisiti e la presentazione dei risultati. Le nuove tecnologie diventano parte integrante del processo di apprendimento. Questo consente di raggiungere il traguardo della competenza digitale, in cui lo studente è in grado di esplorare, scambiare e rielaborare informazioni mediante le tecnologie dell'informazione e della comunicazione (TIC).

Tutto questo, inoltre, consente di educare gli studenti a un impiego corretto degli strumenti che hanno a disposizione. È che permette lo sviluppo della consapevolezza critica e della responsabilità nell'utilizzo dei *media* digitali. Rappresenta quindi una forma innovativa di presenza educativa e di prevenzione dei comportamenti a rischio nell'età giovanile.

Il percorso

Il percorso proposto prevede l'interpretazione dei fenomeni del mondo circostante, partendo da un esperimento realizzato in aula con lo *smartphone*, do-

ve ciascuno partecipa attivamente alle attività predisposte. Si articola nelle seguenti fasi:

- analizzare insieme alla classe l'argomento disciplinare da affrontare e quale modello fisico riesca a interpretare il fenomeno proposto;
- configurare l'esperimento, sia relativamente al fenomeno studiato che agli strumenti utilizzati;
- realizzare l'esperimento proposto;
- confrontarsi tramite una discussione in classe sui risultati ottenuti.

L'attività laboratoriale rappresenta il fulcro di tutto il percorso: è quella da cui si parte ed è quella a cui si arriva. Si segue inizialmente il metodo induttivo: partendo dall'osservazione del fenomeno e dalla interpretazione dei dati raccolti, si arriva alla formulazione di un'ipotesi, che non solo spieghi quanto osservato ma riesca a predire anche altri fatti non sperimentati. La legge, poi, con un metodo deduttivo, è verificata nel laboratorio realizzato in aula e i risultati ottenuti vengono confrontati con le teorie precedentemente individuate. L'analisi dell'esperimento non è solo rivolta a rilevare la capacità predittiva del modello proposto, ma ad interpretare eventuali discrepanze con quanto atteso.

Per quanto riguarda le scelte tecnologiche si evidenzia che l'utilizzo degli *smartphone* come strumento di acquisizione dati permette di realizzare numerosi esperimenti di fisica, grazie alla presenza dei sensori e dei dispositivi presenti all'interno dell'apparecchio. Questa è una modalità di didattica che si sta diffondendo in Italia e nel mondo. In alcuni casi è il risultato della ricerca del singolo o di un gruppo di persone, difficilmente replicabile in aula, in altri casi sono stati creati dei laboratori online che ne permettono la divulgazione.

La strada proposta è la seconda, che prevede un'integrazione tra il cellulare e una piattaforma *web* che consente di progettare un esperimento, realizzare misure, acquisire dati, elaborarli e condividerne i risultati. Le scelte tecnologiche effettuate prevedono l'utilizzo:

- di *smartphone Android*, ovvero di apparati con un sistema operativo *open-source* che offrono una libertà di utilizzo all'utente senza costi aggiuntivi;
- della piattaforma *web EERC*, che ha sviluppato un servizio gratuito per questo tipo di didattica laboratoriale.

Il sito EERC infatti è in grado di ricevere i dati acquisiti dallo *smarthphone*, di analizzarli e presentarli sotto forma di tabelle e grafici. In questo modo possono essere svolti molteplici esperimenti, tutti quelli supportati dai device mobili; infatti un cellulare *Android*, oltre al microfono e alla telecamera, possiede numerosi sensori, le cui caratteristiche sono descritte nella tabella seguente:

Tipologia	Nome	Misurazione	Descrizione e/o utilizzo
Sensori di movimento	Accelerometro	Misura le accelerazioni di un dispositivo in m/s^2	Rileva il movimento. Viene generalmente utilizzato per l'orientamento del dispositivo orizzontale/verticale
	Giroscopio	Misura la velocità angolare di rotazione di un dispositivo (gradi/s)	Rileva la rotazione. Affianca l'accelerometro per misurare l'inclinazione del dispositivo, ma è molto più preciso
	Orientamento	Misura l'angolo rispetto alla verticale in gradi centigradi	Sfrutta l'effetto Hall, è una bussola a 3D
Sensori di posizione	Magnetometro	Misura la forza del campo geomagnetico terrestre in μT	Permette l'utilizzo di applicazione come la bussola o il <i>metal detector</i>
	Prossimità	Misura la vicinanza di un oggetto in cm	Rileva gli oggetti circostanti Funziona proiettando un fascio LED a infrarossi, che viene riflesso da un oggetto e raccolto dal rilevatore di luce IR, calcolando così la distanza dell'oggetto dal terminale.
	GPS	Ottiene la posizione geografica accurata del dispositivo	È un sistema di posizionamento GPS, GLONASS e GSM/UMTS/LTE Fornisce indicazioni sulle coordinate geografiche e sull'orario
Sensori dell'ambiente	ALS	Misura il livello di luce ambientale in lx	Controlla automaticamente la luminosità dello schermo, allungando così la durata della batteria. In alcuni casi può misurare anche la composizione della luce.
	Barometro	Misura la pressione atmosferica dell'ambiente in mbar	Rileva l'altitudine, migliorando così la geolocalizzazione
	Termometro	Misura la temperatura in °C.	In alcuni dispositivi misura solo la temperatura interna, ma in quelli di ultima generazione anche quella esterna
	Sensori di umidità	Misura l'umidità relativa dell'ambiente in %	Viene utilizzato soprattutto per l'applicazione <i>S Health</i>

Tabella 1. Descrizione dei sensori degli *smartphone Android*

- Gli esperimenti da proporre riguardano diverse aree disciplinari, ad esempio:
- meccanica, quali la caduta libera, il moto su un piano inclinato, il moto circolare (uniforme), il pendolo semplice;
 - acustica, come l'analisi delle onde sonore prodotte da diversi strumenti;
 - termologia, quale lo studio dell'equilibrio termico;
 - ottica, utilizzando lo *smartphone* come spettrometro;
 - magnetismo, ad esempio, la mappatura del campo magnetico di una calamita;
 - nonché tutti quelli che con un po' di esperienza e creatività si possano ideare.

Nel presente percorso verrà trattato uno specifico argomento, ovvero la misura dell'accelerazione di gravità mediante la realizzazione di un pendolo. Quest'attività è rivolta agli studenti del primo biennio del liceo scientifico o alla fine del primo o all'inizio del secondo anno. Nelle linee guida delle *Indicazioni Nazionali* si fa espressamente riferimento alla pratica laboratoriale per questi alunni. Essi non hanno ancora tutti gli strumenti matematici necessari per una trattazione completa della disciplina, basti pensare ad argomenti quali la trigonometria e le derivate che sono trattate nel triennio. È importante quindi creare delle esperienze didattiche che, da una parte, li abituino a osservare, modellizzare ed interpretare la realtà, dall'altra, li inducano a riflettere sul metodo scientifico e sui suoi principi. La fisica così non è un insieme di formule da memorizzare, ma un insieme di leggi che possono essere intuite e verificate.

Il procedimento descritto è comunque applicabile ad altri esperimenti, ad eccezione dei sensori coinvolti che possono differire da una prova all'altra.

Il moto armonico e il pendolo semplice

Il percorso inizia con la realizzazione da parte dell'insegnante di un pendolo costituito da uno smartphone appeso al filo del caricabatteria. Il docente fa oscillare il pendolo, visualizza i dati raccolti in un grafico disponibile su piattaforma web e pone agli alunni le domande stimolo qui di seguito riportate.

Le domande: 1) Che tipo di moto osservate? 2) Da quali grandezze fisiche è descritto il moto? 3) Esistono delle leggi che collegano queste grandezze? 4) Come è stato realizzato il grafico? 5) Perché è interessante studiare questo tipo di fenomeno?

Le risposte a queste domande costituiscono il cuore del percorso, durante il quale gli studenti troveranno tutte le soluzioni. *L'incipit*, così proposto, ha lo scopo di far emergere le preconoscenze, di incuriosire i ragazzi, di spingerli a interpretare anche sommariamente la realtà che osservano in base alle conoscenze fino a quel momento acquisite, di tracciare la linea che seguiranno nelle lezioni successive.

Si prosegue con la proiezione di un filmato², realizzato da "*Treccani Scuola*" che propone un'animazione con tre diversi moti: una pallina che si muove lungo una circonferenza, una pallina attaccata a una molla che oscilla orizzontalmente e un pallina appesa a un filo che compie piccole oscillazioni. Nel video è focalizzata l'attenzione sul moto dell'ombra delle palline, in particolare sulla variazione della posizione dell'ombra in funzione del tempo. Al termine viene proposta una discussione guidata su quanto osservato, a partire dalla quale sarà possibile affrontare i nuovi concetti, determinare le grandezze che descrivono il moto e pervenire alla rappresentazione di esso tramite un grafico spazio-tempo.

Si passa poi ad una trattazione dinamica dei fenomeni fisici, ovvero una discussione sulle forze che causano il moto, in particolare sulla forza elastica e la forza gravitazionale. A tal fine vengono proposte due simulazioni realizzate dalla

² http://www.treccani.it/webtv/videos/rep_fisica_moto_armonico.html. Accesso: 7 gennaio 2016.

*Phet Colorado University*³: *mass-spring lab* e laboratorio pendoli, dove lo studente potrà constatare come varia il periodo del moto armonico al variare della costante elastica e della massa nel primo caso, della lunghezza del filo e del valore dell'accelerazione di gravità g nel secondo. Nella simulazione del pendolo semplice, infatti, è possibile scegliere tra il valore di g sulla Terra, sulla Luna, su Giove, su un Pianeta X e anche per g pari a zero. Il docente completerà questo lavoro con un'analisi matematica dei fenomeni osservati, pervenendo alle leggi che descrivono le relazioni tra il periodo del moto armonico e le grandezze caratteristiche.

Infine viene mostrato un videolaboratorio del pendolo semplice⁴, dove viene misurato il periodo di oscillazione di tre diversi pendoli, di pari lunghezza ma con sfere appese differenti per massa o per volume. Questo video laboratorio è interessante perché fornisce degli spunti sull'interpretazione dei risultati ottenuti, che saranno utili allo studente per l'esperimento che dovrà svolgere.

Nella progettazione di queste attività si è voluto partire dalla realtà, il pendolo, dalla sua modellizzazione, le simulazioni, per arrivare alla individuazione delle grandezze coinvolte, delle leggi che descrivono il fenomeno, collegando le cause con gli effetti. Si è seguito il metodo sperimentale galileiano, portando lo studente a riflettere sul significato della fisica, non come disciplina confinata sui libri di testo, ma come strumento per interpretare la realtà che ci circonda. Inoltre viene posta l'attenzione sull'importanza dei modelli interpretativi, in senso critico e costruttivo.

Gli alunni sono chiamati a rispondere in prima persona agli stimoli proposti e sulla base delle osservazioni, analisi e considerazioni che vengono presentate in classe, si costruisce il sapere.

La configurazione dell'esperimento

“Tu come utilizzi il tuo *smartphone*? Io lo uso per esperimenti di fisica”.

Con un *brainstorming* su questa frase il docente introduce il lavoro da svolgere sulla configurazione dell'esperimento. In questa fase preliminare, è importante che l'insegnante coinvolga, incuriosisca i ragazzi e faccia emergere le loro preconoscenze sull'impiego delle nuove tecnologie. Il lavoro sull'aspetto motivazionale costituisce parte imprescindibile del successo del percorso proposto, solo così in fase di realizzazione ogni studente si sentirà partecipe in prima persona e apporterà il suo contributo positivo al gruppo.

Per la realizzazione della didattica laboratoriale sono utilizzati *smartphone* e *web*, strumenti a disposizione di ciascun alunno che trasformano l'aula in un laboratorio multimediale di fisica. A differenza dei laboratori tradizionali dove l'insegnante aziona gli strumenti e gli studenti osservano, in questo approccio ogni studente partecipa attivamente, verifica l'andamento del suo esperimento in

³ <https://phet.colorado.edu/it/simulations/category/physics>. Accesso 7 gennaio 2016.

⁴ CAFORIO A., FERILLI A., *Materiale Multimediale, Video Laboratorio. Il Pendolo Semplice*, in CAFORIO A.-FERILLI A., *FISICA! Le Regole Del Gioco*, Le Monnier Scuola, Milano, 2012.

tempo reale e può apportare le eventuali correzioni. Il docente ha il compito di predisporre l'ambiente di apprendimento, di svolgere la regia delle attività, di porre domande stimolo e di intervenire solo in situazioni di stallo.

Ai ragazzi viene chiesto di utilizzare le nuove tecnologie in una situazione non banale, che permette di potenziare la propria percezione sensoriale, rafforzando “i conflitti cognitivi che la stessa esperienza diretta può ingenerare”⁵.

La strumentazione necessaria è la seguente:

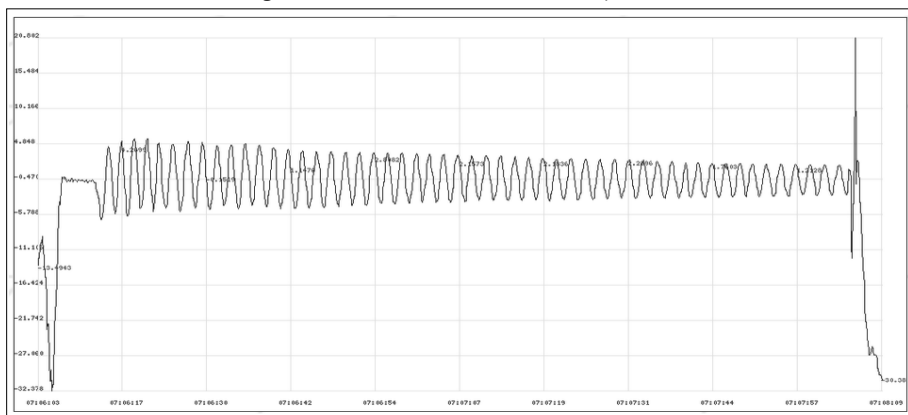
- un PC o un *tablet*
- i sensori di orientamento presenti negli *smartphone*
- la piattaforma *web EERC*
- connessione a internet

Prima di procedere alla sperimentazione bisogna configurare gli strumenti e quest'attività non è *user friendly*, necessita, infatti, di diverse operazioni da effettuare e richiede di attingere alle proprie conoscenze personali sulle nuove tecnologie.

Sia il docente che lo studente possono accedere al sito www.eerc.it e “creare” il proprio esperimento. Sulla piattaforma *on line* sono raccolti i dati registrati dai sensori, che vengono poi analizzati tramite considerazioni matematiche avanzate, realizzazione di grafici, integrazione con le mappe di *Google*.

Nel corso dell'esperimento la piattaforma registra tutti i dati raccolti dai sensori e sarà cura dell'utilizzatore selezionare quelli di interesse. Infatti, i grafici sono creati in base ai campi selezionati all'interno del sito. Per la misura dell'accelerazione di gravità viene impiegato il sensore orientamento, un sensore di movimento che misura l'angolo rispetto alla verticale in gradi centigradi. Nella rappresentazione sulle ascisse è posto il tempo e sulle ordinate la variazione di detto angolo, come riportato in *figura 1*. Questi grafici sono elaborati in tempo reale e sono condivisibili con un gruppo di persone, selezionate dallo sperimentatore.

Figura 1 - Andamento delle oscillazioni del pendolo



⁵ IADEROSA R., *Grafici e funzioni. Aspetti algebrici, geometrici e di modellizzazione del reale*, Pitagora, Bologna, 2005. cap. 4.

Il grafico non rappresenta quanto direttamente osservato dallo studente, ma l'andamento nel tempo di una grandezza fisica da lui individuata. Permette di visualizzare dei dati, che possono essere anche rappresentati in tabelle, fornendo una visione d'insieme immediata.

L'interpretazione di esso richiede da parte dello studente la comprensione del fenomeno fisico, consente di individuare o di verificare le leggi che lo descrivono, evidenzia il rapporto fra leggi teoriche e risultati sperimentali. L'alunno dovrà quindi collegare la realtà fisica osservata con gli aspetti matematici che la descrivono e porsi delle domande sul modello interpretativo utilizzato. Ad esempio, nelle simulazioni le oscillazioni non appaiono smorzate, a differenza di quanto avviene nel grafico rielaborato da EERC.

L'esperimento così realizzato consente non solo di interpretare il fenomeno naturale attraverso delle leggi matematiche, ma anche di pervenire a una "concettualizzazione del grafico come modello di un fenomeno e soprattutto favorisce l'interpretazione analitica del fenomeno stesso".

Dopo la registrazione al sito EERC, lo sperimentatore installa l'applicazione sul suo *smartphone*, applicazione non acquistata tramite i canali commerciali tradizionali, la cui installazione richiede qualche passaggio in più. È necessario, infatti, variare le impostazioni di sicurezza del *device*, scaricare quindi l'applicazione e installarla. Successivamente vanno impostati i parametri dell'esperimento, ovvero bisogna modificare il *setting* dell'applicazione, selezionando il tempo di campionamento, inserendo gli indirizzi di tutte le persone coinvolte e assegnando il nome all'esperimento. In questo modo ciascun elemento del gruppo potrà visualizzare sul proprio sito EERC.IT i dati raccolti.

Quest'ultima attività richiede un'analisi critica da parte dei ragazzi sullo *smartphone*, consente di testare in prima persona le potenzialità dello strumento e li obbliga a entrare nel cuore della macchina, anche se parzialmente. Si passa da una logica "accendi e tocca" a una logica "accedi e opera".

La realizzazione dell'esperimento

L'esperimento proposto consiste nel realizzare un pendolo semplice con lo *smartphone* e il suo caricabatterie, ovvero nel riprodurre il fenomeno fisico proposto dall'insegnante ed interpretarlo secondo quanto appreso.

Per piccole oscillazioni, il periodo di oscillazione (T) dipende dall'accelerazione di gravità (g) e dalla lunghezza del filo (l). Dalla misura di T e di l , quindi, è possibile determinare il valore di g . Gli studenti hanno così modo di verificare che l'accelerazione di gravità non è un concetto astratto, ma una grandezza reale e misurabile, in maniera indiretta.

Il valore di l viene misurato con un metro, prendendo la lunghezza del filo tra il punto di sospensione e il baricentro dello *smartphone*. Tale misura deve essere ripetuta almeno cinque volte, per determinare il valore più probabile e l'errore sperimentale. Il periodo di oscillazione T viene determinato tramite il grafi-

co elaborato dalla piattaforma EERC. Anche in questo caso è richiesto di svolgere l'esperimento almeno cinque volte.

Per acquisire i dati è necessario avviare l'applicazione nell'istante che viene rilasciato il pendolo e fermarla quando si interrompono le oscillazioni. I dati raccolti vengono automaticamente inviati alla piattaforma *web* ed è così possibile visualizzare i dati. Lo *smartphone* può essere inoltre utilizzato per fare delle fotografie dell'esperimento che poi potranno essere impiegate nella stesura della relazione finale.

I ragazzi vengono suddivisi in gruppi di lavoro eterogenei di tre massimo quattro persone e il docente assegna il ruolo a ognuno nell'ambito del gruppo, per consentire a ogni studente di sviluppare la propria potenzialità, di trovare la giusta collocazione. In questo modo ognuno è impegnato in prima persona imparando a imparare confrontandosi con gli altri. Questa metodologia didattica favorisce anche l'inclusione degli studenti con BES: la collaborazione e la cooperazione, infatti, consentono lo sviluppo di abilità psicologiche, comportamentali e operative necessarie all'elaborazione delle informazioni e alla costruzione dell'apprendimento. Allo stesso tempo, il gruppo rappresenta un ambiente che valorizza i differenti stili cognitivi e le diverse forme di intelligenza, un "moltiplicatore di apprendimento"⁶.

Nel gruppo i ragazzi passano dal sapere al saper fare, realizzando ed analizzando in prima persona dei fenomeni reali, passando dal libro alla realtà. Questo sviluppa un atteggiamento attivo degli allievi nei confronti della conoscenza, stimola la loro curiosità e il bisogno di condividere i risultati ottenuti.

In questa fase il gruppo è chiamato a mettere in atto tutto quanto appreso, dalla configurazione delle tecnologie alla realizzazione dell'esperimento, alla correzione dello stesso qualora i risultati differiscano da quelli attesi. Si procede per tentativi ed errori. L'obiettivo di realizzare il pendolo, acquisire ed interpretare i dati tramite il sistema *smartphone* e *web* e soprattutto determinare il valore dell'accelerazione di gravità, è complesso, ma raggiungibile. L'insegnante interviene consigliando o suggerendo qualora gli studenti si trovino in difficoltà, offrendo contributi diversi rispetto alle tematiche proposte. Il docente diventa un facilitatore dei processi di apprendimento e delle relazioni sociali tra i membri del gruppo.

È all'interno del gruppo che lo studente impara, ricercando e sperimentando in collaborazione. L'apprendimento è facilitato dal costante confronto con i compagni, in un rapporto tra pari.

La discussione in classe

Il percorso si conclude con una discussione guidata sul lavoro svolto. Essa costituisce il momento di rielaborazione di quanto fatto, di organizzazione delle idee. In questo lavoro lo studente attingerà al proprio bagaglio in termini di linguaggio specifico, di comprensione delle attività sperimentali, mostrerà le sue

⁶ CARLETTI A. e VARANI A., *Didattica costruttivista. Dalle teorie alla pratica in classe*, Erickson, Trento, 2005, cap. 3.

abilità e competenze nell'analisi ed elaborazione del lavoro svolto. Potrà trarre delle conclusioni e analizzare criticamente i risultati. Il risultato atteso dal docente non è un esperimento perfetto, in linea con i modelli presentati e non privo di errori. L'obiettivo didattico principale è l'acquisizione del "metodo scientifico" e della dimensione metodologica della fisica intesa come scienza empirica. Quello che è importante è cogliere il nesso tra l'esperimento fatto e le leggi utilizzate per interpretarlo, la capacità di individuare gli aspetti che hanno contribuito al successo o all'insuccesso dell'esperimento.

La discussione proposta parte da un terreno comune, ovvero l'esperimento realizzato e l'esposizione e interpretazione dei risultati ottenuti. Al fine di facilitare l'organizzazione delle idee e promuovere al meglio un confronto costruttivo tra gli alunni, viene anticipata a ciascuno studente la traccia dei punti da sviluppare sulle quale condurre il dibattito: 1) Titolo e obiettivo dell'esperimento. 2) Descrizione del materiale occorrente e degli strumenti di misura. 3) Realizzazione di un disegno o delle fotografie che permettano di comprendere l'esperimento allestito. 4) Descrizione del procedimento sperimentale, ovvero una descrizione schematica delle operazioni effettuate. 5) Presentazione dei dati raccolti in tabelle facilmente consultabili. 6) Elaborazione dei dati e descrizione sommaria dei concetti relativi alla esercitazione in oggetto. 7) Presentazione dei grafici ottenuti. 8) Commento critico ai risultati ottenuti e suggerimenti personali su eventuali accorgimenti da utilizzare per la migliore riuscita dell'esperimento.

Al fine di ottenere una discussione efficace, l'insegnante agisce innanzitutto sullo spazio, creando un ambiente confortevole e flessibile, o superando la disposizione rigida dei banchi, o uscendo dall'aula, recandosi in spazi aperti. Il docente poi opera sul clima del dibattito e sulla gestione dei tempi e delle pause, in modo che ciascun alunno abbia la possibilità di intervenire serenamente, senza paura di giudizi o pregiudizi. Infine può, in risposta agli stimoli che emergono dalla classe, condurre il dialogo sui punti più critici o quelli più interessanti agli occhi dei ragazzi. Al termine della discussione l'insegnante riprenderà le domande stimolo dell'*incipit* e confronterà le nuove risposte con quelle di inizio percorso.

Conclusioni

Il percorso didattico presentato ha l'obiettivo di trasportare lo studente non solo nel mondo della fisica, ma anche della matematica, delle scienze e delle tecnologie. Con una metodologia didattica attiva il discente può apprendere i metodi e i valori dell'indagine scientifica. Egli, infatti, operando in situazioni e contesti reali, ripercorre i passi del metodo sperimentale, utilizzando gli strumenti informatici e tecnologici che il mondo contemporaneo mette a sua disposizione. In un confronto attivo tra pari e tra pari e docente e mediante la didattica laboratoriale proposta, si perviene alla costruzione di un senso critico e di una consapevolezza che consente allo studente di interpretare e valutare correttamente il progresso scientifico e tecnologico.