

# Alternanza scuola-lavoro nella prospettiva di ricerca con APP sul suono

Daniele Buongiorno<sup>1</sup>, Marisa Michelini<sup>1</sup>, Stefano Pagotto<sup>2</sup>, Domenica Ricci<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Unità di Ricerca in Didattica della Fisica, Università degli Studi di Udine (UD)

<sup>2</sup> Liceo Scientifico Flaminio, Vittorio Veneto (TV)

buongiorno.daniele@spes.uniud.it

**Abstract.** La natura e le caratteristiche della nuova esperienza di Alternanza Scuola-Lavoro (ASL) nelle scuole italiane si sta definendo con le prime esperienze in atto. In un progetto basato sulla ricerca condiviso dall'Università di Udine e dal Liceo Flaminio di Vittorio Veneto abbiamo coinvolto 42 studenti di classe quarta superiore nell'analisi di APP per dispositivi mobili sul tema del suono producendo relazioni tecniche, proposte sperimentali e misure di rumore ambientale. Un libretto multimediale rappresenta il prodotto finale dell'esperienza, che impegna in termini responsabili e lavorativi gli studenti ad utilizzare le competenze acquisite nello studio per prodotti utili alla scuola stessa, come esperimenti innovativi con indicazioni di lavoro, integrazione di aspetti sociali legati ad aspetti di tutela dell'ambiente, di tipo artistico-musicale e di cittadinanza. Le competenze multi-dimensionali richieste ed il relativo coordinamento, assieme al lavoro di gruppo ed ai prodotti rappresenta un esempio significativo di risposta alle caratteristiche utili di ASL nella scuola.

**Parole chiave:** alternanza scuola-lavoro, APP, suono.

## 1 Introduzione

Con lo scopo di promuovere le competenze lavorative, l'autonomia nello studio e le capacità di orientamento degli studenti dell'ultimo triennio delle scuole superiori, il Ministero dell'Educazione ha previsto, tramite la legge 107/2015 un'integrazione obbligatoria nei programmi scolastici [1] di 200 ore di collaborazione tra scuola e realtà lavorative: l'alternanza scuola-lavoro (ASL). Le istituzioni pubbliche sono contesti possibili per questo tipo di attività, in particolare l'università è uno dei possibili contesti per offrire diverse opportunità. Nonostante l'alternanza scuola-lavoro sia un'opportunità per gli studenti di esperire un reale ambiente di lavoro con il supporto della scuola, molto spesso la collaborazione tra scuola e università è limitata nell'offrire agli studenti la possibilità di seguire seminari o impieghi passivi in biblioteche o laboratori, attività più simili a tirocini che a vere attività formative. L'opportunità viene quindi fraintesa e gli studenti sono spesso coinvolti in attività di insegnamento, non così diverse da quello che già fanno a scuola: non viene richiesto loro di produrre qualcosa di nuovo o di lavorare su un progetto comune. Le

competenze messe in campo devono essere invece impegnate in termini responsabili puntando ad un obiettivo lavorativo.

Nell'ambito del progetto PLS-IDIFO6 [2] un accordo attuativo viene offerto dall'università di Udine alle scuole del territorio, in particolare l'Unità di Ricerca in Didattica della Fisica (URDF) promuove le APP per dispositivi mobili come contesto per integrare le nuove tecnologie nell'insegnamento/apprendimento della fisica nella scuola superiore, offrendo allo stesso tempo agli studenti un'esperienza di lavoro. La ricerca in didattica della fisica può contribuire alla progettazione di questi moduli formativi, incentrati su uno specifico tema. Con l'obiettivo di promuovere attività di analisi di caratteristiche tecniche di differenti APP per smartphone, di stimolare gli studenti a lavorare su campagne di raccolta dati al fine di produrre significative relazioni tecniche, un modulo centrato sul tema del suono, tema scelto in collaborazione tra i docenti coinvolti e l'URDF, è stato progettato e condotto integrandosi in modo significativo con la didattica curricolare in fisica. Negli ultimi anni sono infatti emerse numerose proposte di impiego dei dispositivi mobili nelle classi [3-6] in particolare nel campo dell'acustica [7-14].

## **2 Peculiarità del progetto**

Tre aspetti caratterizzano l'attività di ASL posto in essere: (a) l'impiego di conoscenze sviluppate nella didattica curricolare; (b) redazione di manuali tecnici su APP, progettazione di esperimenti, misure e documentazione dell'attività svolta come esperienze lavorative differenziate commisurate con le competenze degli studenti; (c) impegno nell'analisi di problemi di tipo sociale e ambientale. La peculiarità del lavoro è la presenza di (a) differenti fasi durante un anno scolastico (formativa, operativa, analisi e discussione) e (b) prove individuali e di gruppo condotte in autonomia e con la supervisione della scuola e/o dell'università. Il lavoro ha coinvolto competenze digitali, scientifiche e di innovazione tecnologica; creatività, capacità di progettualità dalla richiesta di scegliere dati campioni significativi per il riconoscimento delle potenzialità delle APP scelte anche ai fini della realizzazione di percorsi di esplorazione sul suono; attività di rilevazione di misure (rumore) e analisi dati che si integra in termini di offerta lavorativa qualificata con la didattica nella scuola secondaria e capacità di lavorare in gruppo, potenziando le soft skills.

Il prodotto finale dell'attività è un libretto multimediale che raccoglie, divisi in capitoli, gli esiti delle diverse fasi del lavoro.

Durante le attività i problemi e i bisogni di apprendimento degli studenti sono stati costantemente monitorati per rilevare le strategie adottate in autonomia e in gruppo, ponendo particolare attenzione agli stimoli e al ruolo motivazionale dell'uso delle APP nel condurre misure per sviluppare competenze di studio e lavorative.

## **3 Domande di ricerca**

La dimensione di ricerca dell'attività è data dalle seguenti domande:

- RQ1. In che modo gli studenti vengono coinvolti nel preparare un manuale tecnico su diverse APP, identificandone le caratteristiche peculiari?
- RQ2. In che modo gli studenti affrontano le sfide proposte allo scopo di analizzare le APP?
- RQ3. In che modo gli studenti testano le diverse APP, proponendo misure ed esperimenti significativi?
- RQ4. In che modo l'attività laboratoriale attiva le conoscenze scolastiche, e in che misura essa gioca un ruolo di collegamento tra le competenze culturali e tecniche degli studenti?

## 4 Implementazione delle attività

L'attività di ASL è stata svolta con due classi quarte del liceo scientifico M. Flaminio di Vittorio Veneto (TV) coinvolgendo 42 studenti nell'anno scolastico 2016/17 (con completamento di alcuni aspetti in avvio dell'anno scolastico successivo) integrando anche il progetto *City SoundScape* (CSS) che ha l'obiettivo di raccogliere dati di rumore ambientale con l'uso di una specifica APP [15, 16] sviluppata dall'università del Salento. L'APP permette di condurre misure di rumore ambientale utilizzando il microfono integrato in ogni smartphone, rendendo possibile la partecipazione a campagne estensive di raccolta dati. Le funzioni principali dell'APP CSS permettono la rilevazione acustica in ambiente outdoor, misurazione nel dominio del tempo (istantanea e mediata su finestra temporale di lunghezza variabile), inserimento di commenti soggettivi sulla qualità e modalità della misura e contengono contenuti didattici a supporto (descrizione grandezze considerate, suggerimenti sulla corretta modalità di misura). I dati di rumore ambientale sono condivisi su una piattaforma on-line in cui confluiscono dati geograficamente estesi.

L'attività di ASL è stata integrata nel programma scolastico secondo le fasi descritte di seguito.

### 4.1 Didattica curricolare

Nel periodo dicembre 2016-febbraio 2017 è stato affrontato in classe lo studio delle onde ed il suono con contenuti tipici presenti nel programma di una classe quarta di liceo scientifico. Sono stati realizzati momenti di attività di problem solving finalizzati anche al consolidamento dell'utilizzo della scala decibel, che sarebbe poi stata utilizzata per il rilevamento del livello d'intensità sonora. Sono state realizzate attività sperimentali nel laboratorio di fisica ed in particolare esperienze sulla diffrazione ed interferenza utilizzando l'ondoscopio ed esperienze sul suono mediante diapason per la produzione, la risonanza, l'interferenza di segnali acustici. Sono stati utilizzati anche programmi di simulazione reperibili on-line [17]. In particolare, la simulazione "Onde sulla corda" che permette di operare sulla tipologia della perturbazione, le condizioni al contorno della corda e le proprietà fisiche della stessa. "Onde sonore" che permette di esplorare con una/due sorgenti sonore varie caratteristiche visualizzando anche la distribuzione spaziale delle onde di pressione.

## 4.2 Assegnazione del lavoro individuale

Nel periodo di marzo 2017 è stato assegnato il compito di studiare ed esplorare le potenzialità di tre APP commerciali gratuite sul suono (Fig. 1) e realizzare una relazione individuale. Una guida di riferimento (rubrica) è stata fornita agli studenti dando solo indicazioni generali sulle tre APP. *Sound Analyzer* (SA) permette di eseguire analisi in frequenza, nel dominio del tempo, con la possibilità di vedere contemporaneamente il sonogramma. *Sound Oscilloscope* (SO) è un emulatore di oscilloscopio per segnali acustici: mostra il segnale di intensità sonora nel tempo in diverse scale. *Frequency Sound Generator* (FSG) permette di generare fino a tre segnali sonori contemporaneamente, con possibilità di modulare l'ampiezza e la frequenza.



**Fig. 1.** Le tre APP sul suono di cui si è chiesta una prima esplorazione individuale: *Sound Analyzer*, *Frequency Sound generator*, *Sound Oscilloscope*.

## 4.3 Tutorato in presenza 1

In aprile 2017 vengono esaminati in sessione plenaria le singole relazioni e fornite indicazioni per la stesura di un manuale tecnico di istruzioni da redigere in gruppo. In tale occasione vengono discussi concetti fisici, offerto stimoli per possibili approfondimenti teorici sulle onde e sul suono (analisi in frequenza, modello di propagazione di un'onda meccanica) ed avanzate proposte di attività laboratoriali anche mediante l'utilizzo delle APP studiate. La discussione avviene in termini professionali: contemporanea all'esposizione degli studenti in gruppo, si proiettano le osservazioni del tutor universitario, che vengono successivamente discusse. Viene richiesta la realizzazione di un percorso di esplorazione di vari ambiti legati al suono anche mediante progettazione autonoma di fasi sperimentali con attività di gruppo. Come risultato finale dei lavori svolti, i contributi dei singoli gruppi confluiranno in un unico documento organico e strutturato corredato di apporti multimediali: un "libretto multimediale". È stata inoltre presentata l'APP CSS. La campagna di monitoraggio del rumore ambientale proposta necessita da parte loro una progettazione per la campagna di raccolta dati.

## 4.4 Lavoro a gruppi

A maggio 2017, dopo aver individuato i vari ambiti di esplorazione e approfondimento sul tema del suono, alcuni più legati agli aspetti fisici ed alla modellizzazione teorica della propagazione ondosa, altri relativi ad ambiti più generali (arte musicale, i suoni in natura, i suoni nei contesti sociali), si sono costituiti, su base volontaria, i gruppi di lavoro. In questo modo sono stati assecondati gli interessi personali dei singoli studenti, stimolandone la partecipazione e sviluppando in essi autonomia decisionale. Sono state svolte attività di ricerca, progettazione e realizzazione di fasi di

sperimentazione sia nel laboratorio di fisica, sia in ambiente non scolastico, disponendo infatti di un proprio dispositivo mobile e condotta una prima campagna di raccolta dati di rumore ambientale.

#### **4.5 Tutorato in presenza 2**

Nel periodo di giugno 2017, dopo averle visionate, sono state discusse in seduta plenaria le produzioni scritte degli studenti in merito all'analisi delle APP, agli esperimenti proposti e alla prima campagna di misura di rumore ambientale. Sono state discusse le criticità emerse e sono state avanzate proposte per possibili soluzioni migliorative. È stata inoltre prevista inoltre una seconda campagna di monitoraggio di rumore ambientale.

#### **4.6 Il libretto finale**

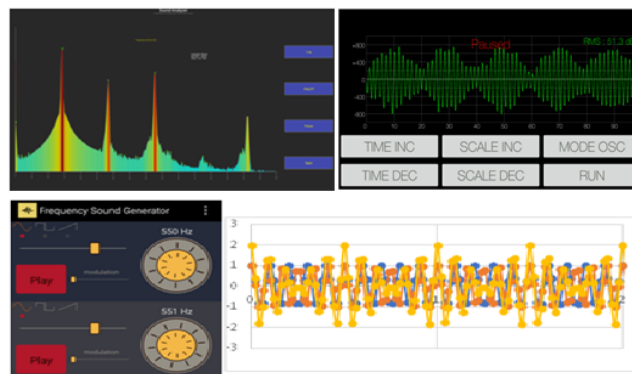
Nel periodo settembre-ottobre 2017 viene completata la stesura del libretto finale che rappresenta il principale risultato dell'attività di ASL, contenente le ricerche effettuate e gli esperimenti-misurazioni eseguite dai vari gruppi di lavoro. È stata inoltre eseguita una seconda campagna di monitoraggio del rumore ambientale con l'APP CSS. Il prodotto finale dell'attività raccoglie in particolare, divisi in capitoli, gli esiti delle diverse fasi del lavoro: descrizione tecnica delle diverse APP, aspetti fisici legati al tema del suono (produzione, propagazione, rilevazione, intensità, frequenza, tono, battimenti, effetto Doppler), applicazioni (musica, suoni in natura e in contesti sociali) e aspetti matematici (equazione delle onde e modellizzazione).

### **5 Alcuni esempi del lavoro degli studenti**

Vengono di seguito riportati alcuni esempi significativi tratti dal lavoro svolto dagli studenti durante le diverse fasi del lavoro.

#### **5.1 Studio individuale delle APP**

L'APP SA (Fig. 2) viene utilizzata principalmente per visualizzare forme d'onda, eseguire analisi in frequenza e nel tempo di note e suoni generati da strumenti e dall'APP FSG che viene anche utilizzata per generare suoni di varia forma, intensità e frequenza. La stessa APP FSG viene utilizzata per generare battimenti analizzati con SA e confrontati con le simulazioni generate con foglio elettronico (Fig. 2). L'APP SO viene esplorata per studiare forme d'onda nel tempo utilizzando come sorgenti strumenti musicali, rumore ambientale e suoni prodotti con FSG. Se ne coglie le potenzialità anche per visualizzare i battimenti, come simulatore di oscilloscopio (Fig. 2).



**Fig. 2.** Da sinistra in senso orario: *Sound Analyzer*: analisi in frequenza della nota LA di un flauto, *Sound Oscilloscope* analisi di battimenti, *Frequency Sound Generator*: analisi dei battimenti e simulazione con foglio elettronico.

## 5.2 Analisi delle relazioni

I principali elementi emersi dall'analisi delle relazioni tecniche individuali sulle tre APP sono: la ricerca di termini tecnici, una descrizione puntuale degli strumenti, un'esplorazione delle potenzialità, la scelta di esempi di applicazione. Nei loro commenti gli studenti tendono ad evidenziare che l'interfaccia in genere è intuitiva, che vi sono alcune criticità in relazione alla possibilità di scaricare i dati per condurre ulteriori analisi e in relazione alla necessità di aggiungere qualche nota di spiegazione per alcune funzionalità.

## 5.3 Esplorazioni e approfondimenti sul suono

Il prodotto finale dell'attività di ASL è la produzione di un libretto multimediale in cui, oltre all'analisi tecnica delle varie APP proposte e alla descrizione delle campagne di raccolta dati di rumore ambientale, sono presenti anche lavori di approfondimento sul tema del suono a opera dei diversi gruppi di studenti, formati su base volontaria. Di seguito viene riportato quanto emerso dai vari approfondimenti.

### La fisica del suono

L'approfondimento ha riguardato gli aspetti fisici legati al suono (produzione, propagazione e rivelazione). Gli studenti hanno approfondito aspetti teorici supportati da alcune esperienze pratiche realizzate con il supporto delle APP proposte installate sui loro smartphone. Misure significative sono state, ad esempio, la variazione del livello d'intensità del suono al variare della distanza tra sorgente e rivelatore; l'analisi di come il mezzo in cui il suono si propaga influenza la propagazione del segnale stesso (utilizzando anche una pompa da vuoto) (Fig. 3).



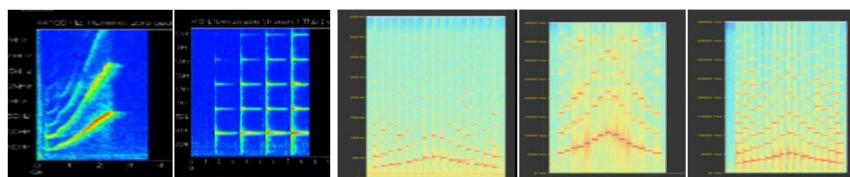
**Fig. 3.** Diminuzione dell'intensità sonora in funzione della distanza e utilizzo di uno smartphone come sorgente sonora nel vuoto.

### Caratteristiche del suono

La definizione delle varie grandezze associate allo studio dei segnali sonori (frequenza, intensità e timbro) è stata alla base di questo lavoro di approfondimento. Gli studenti coinvolti hanno scelto di utilizzare sorgenti sonore come bottiglie, xilofono, piccoli tubi, la voce umana. I vari suoni prodotti sono stati analizzati mediante le APP SA e SO, per mettere in luce gli aspetti quantitativi e dunque caratterizzarli in base allo scopo d'indagine (Fig. 4, sinistra).

### Arte musicale e sonogrammi

La realizzazione e l'analisi di spettrogrammi di note e scale musicali sono stati alla base di questo approfondimento con lo scopo di mettere in luce le caratteristiche in comune e le differenze esistenti tra la musica eseguita con strumenti diversi. La produzione di note con uno strumento specifico è servita per mettere in evidenza la relazione con la frequenza ed individuare le armoniche presenti; l'esecuzione di diverse scale con pianoforte, flauto, chitarra ha arricchito quest'analisi. Gli studenti hanno messo a punto un sistema per visualizzare gli spettrogrammi in modo dinamico ed in sovrapposizione con l'esecuzione musicale, in modo da rendere più chiara e coinvolgente la comprensione degli aspetti scientifici legati al fenomeno (Fig. 4, destra).



**Fig. 4.** Segnali sonori che variano in durata, altezza e intensità prodotti con la voce e con un pianoforte (sinistra) e scale di DO maggiore eseguiti con pianoforte, chitarra e flauto (destra).

### Effetti: battimenti ed effetto Doppler

Sono stati approfonditi i contenuti trattati in sede teorica individuando le leggi formali che li descrivono. Gli studenti hanno proposto diverse esperienze per mettere in evidenza gli aspetti fisici utilizzando FSG per generare i suoni, SA per registrare i dati e SO per la rappresentazione del segnale. Nel caso dello studio dell'effetto Doppler hanno fatto ruotare i dispositivi in modo da verificare gli effetti dovuti all'avvicinamento ed allontanamento sorgente-rilevatore.

### **Suoni in natura**

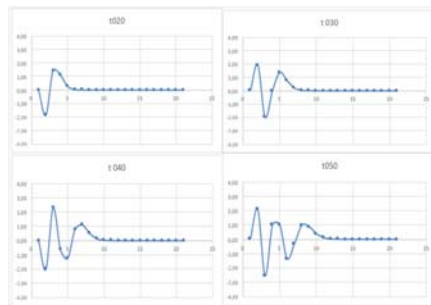
Dopo aver individuato alcuni luoghi di interesse ambientale presenti nel territorio, eseguendo una ricerca in merito alla classificazione di un'area in termini di zonizzazione acustica e consultando le documentazioni disponibili in rete, gli studenti hanno stabilito la classe di appartenenza che fissa i limiti assoluti di emissione in dB ammessi nell'orario diurno e in quello notturno. Una misurazione dei livelli di rumorosità in prossimità dell'area protetta sono stati confrontandoli con quelli limite previsti.

### **Suoni nei contesti sociali**

Per mettere in evidenza l'inquinamento sonoro in vari contesti sociali, gli studenti hanno eseguito misurazioni di intensità sonora all'aperto, ad esempio in luoghi affollati, in discoteca, sui mezzi di trasporto. Una ricerca riguardante gli effetti sulla salute dell'inquinamento acustico e su alcuni dispositivi utilizzati per combatterlo, come le barriere acustiche, analizzandone aspetti tecnici e norme di riferimento è stata condotta dagli studenti stessi.

## **5.4 Modello matematico di propagazione ondosa**

Il modello di propagazione di un'onda è stato scelto come approfondimento, assumendo come meccanismo di propagazione quello offerto dalla modellizzazione della corda con una serie di punti discreti [18]. Gli studenti hanno implementato in termini ricorsivi nel foglio elettronico l'algoritmo secondo cui ogni punto si muove come il precedente all'istante precedente, impostando diverse condizioni al contorno con diversi segnali sorgente, determinando soluzioni approssimate, realizzando una simulazione del moto di alcuni punti di una corda in successione temporale (Fig. 5).



**Fig. 5.** Simulazione di propagazione del moto ondoso con foglio elettronico.

## **5.5 Campagna raccolta misure con CSS**

La campagna di raccolta misure di rumore ambientale ha permesso la partecipazione attiva degli studenti nel ruolo di cittadini consapevoli alla raccolta di rumore ambientale consentendo una partecipazione diretta e responsabile allo sviluppo delle cosiddette "smart cities" in cui le nuove tecnologie sono integrate nella vita sociale per un miglioramento della stessa. La campagna di misure elaborata ha previsto



l'individuazione di giornate, fasce orarie, luoghi di raccolta dati che fossero significativi. Sono state raccolte misurazioni nel centro cittadino, in zone limitrofe e di interesse ambientale. Oggetto di ampia discussione con il tutor dell'università è stata la pianificazione del programma di misure. Importante per gli studenti è stata l'acquisizione di consapevolezza di come vada strutturata una raccolta dati per farne un'analisi significativa. I dati raccolti dall'APP CSS vengono visualizzati in web mediante gradienti acustici in una rappresentazione spaziale 2-dimensionali come mappe interattive che permettono di confrontare nel tempo le distribuzioni.

## 6 Conclusioni

Le APP per dispositivi mobili che permettono misure quantitative significative sul tema del suono si prestano ad un'attività di ASL che si configura per gli studenti coinvolti come un'attività lavorativa dalle molteplici prospettive: dall'analisi di dispositivi e applicativi, al loro collaudo, alla redazione di un manuale d'uso, allo studio del loro impiego in misure e alla progettazione di misure e di esperimenti. Ogni studente è messo in condizione di operare, individualmente e in gruppo, per la realizzazione di un progetto comune, che in questo caso è rappresentato da un libretto sulle molte dimensioni dell'esperienza, che può tornare utile alla scuola o ad altri studenti. In questo modo gli studenti ricorrono alle loro capacità di responsabilità e collaborazione, aspetti essenziali in un reale ambiente lavorativo. Lo studio diventa elemento caratterizzante delle modalità e degli aspetti organizzativi caratteristici dell'attività svolta. L'impegno degli studenti non si svilisce limitandosi alla mera riproduzione di rituali preesistenti e/o di lavori consolidati, piuttosto il lavoro viene rinnovato e reinventato dagli studenti stessi. Questo rappresenta il vero ruolo dell'orientamento. Elementi creativi e innovativi sono contenuti nella formazione degli studenti che li applicano in un contesto in cui si pongono un obiettivo produttivo.

La fase iniziale dell'attività ha visto gli studenti impegnati nell'analisi individuale di diverse APP per dispositivi mobili capaci di condurre misure significative sul tema del suono. In questa fase gli studenti hanno progettato e prodotto un manuale tecnico contenente la descrizione di tre APP evidenziandone potenzialità e limiti, sottolineando le difficoltà operative incontrate. Gli studenti hanno mostrato buone capacità critiche e in alcuni casi hanno arricchito l'analisi con test ed esempi di misure. Il confronto in gruppo di queste analisi preliminari non ha prodotto risultati più completi, evidenziando una scarsa abilità nell'utilizzare le risorse prodotte individualmente. Molto ricco, d'altra parte, è stato il lavoro operativo di gruppo sulla raccolta dati nelle attività sperimentali (RQ1 e RQ2).

Nella maggioranza dei casi gli studenti hanno fatto ricorso dei loro studi sul tema scelto progettando esperimenti integrati nel loro programma scolastico; in altri casi le esplorazioni sono state condotte sul web con l'obiettivo di trovare idee per esperimenti originali e inconsueti (RQ3).

Le specifiche richieste di costruire semplici dispositivi sperimentali e analizzare differenti APP da un punto di vista tecnico ha guidato gli studenti nel rivisitare i contenuti studiati e nel progettare esperimenti da condividere con i propri compagni al

fine di arricchire la conoscenza acquisita a scuola così come pretesto per fornire loro indicazioni su come redigere un manuale tecnico. Questa sfida ha permesso agli studenti di concentrarsi sugli elementi essenziali e significativi da prendere in considerazione e nel decidere come condurre l'analisi di aspetti tecnici. Le discussioni su quali elementi inserire nelle relazioni tecniche e su come descriverle si sono mostrate fertili, a partire dalla descrizione e analisi di come un manuale tecnico relativo a una strumentazione da impiegare in laboratorio debba essere strutturata (RQ4).

## Riferimenti bibliografici

1. Legge 107/2015 "La Buona Scuola", <https://labuonascuola.gov.it/>
2. Progetto IDIFO, <http://www.fisica.uniud.it/URDF/laurea/idifo6.htm>
3. Hammond, E.C. & Assefa, M.: Cell phones in the classroom. *Phys. Teach.* 45, 312 (2007).
4. Vogt, P., Kuhn, J. & Müller, S.: Experiments Using Cell Phones in Physics Classroom Education: The Computer Aided g-Determination. *Phys. Teach* 49, 383-384 (2011).
5. Kuhn, J., Vogt, P. & Müller, S.: Cellphones and Smartphones Capabilities and Examples of Experiments in Physics Classroom Education. *PdN-PhiS* 7/60, 5-11 (2011).
6. Kuhn, J. & Vogt, P. (Eds.). (2012). *iPhysicsLabs*. *Phys. Teach* 50ff. [Column starting on February 2012].
7. Gomez-Tejedor, A., Castro-Palacio, J.C. & Monsoriu, J.A.: The acoustic Doppler effect applied to the study of linear motions. *Eur. J. Phys.* 35 (2014).
8. Hirth, M., Kuhn, J. & Müller A.: Measurement of sound velocity made easy using harmonic resonant frequencies with everyday mobile technology. *Phys. Teach.* 53 (2015).
9. Kasper, L., Vogt, P. & Strohmeyer, C.: Stationary waves in tubes and the speed of sound. *Phys. Teach.* 53 (2015).
10. Kuhn, J., Vogt, P. & Hirth, M.: Analyzing the acoustic beat with mobile devices. *Phys. Teach.* 52 (2014).
11. Parolin, S.O. & Pezzi, G.: Smartphone-aided measurements of the speed of sound in different gaseous mixtures. *Phys. Teach.* 51 (2013).
12. Parolin, S.O. & Pezzi, G.: Kundt's tube experiment using smartphones. *Phys. Ed.*, 50 (4) (2015).
13. Schwarz, O., Vogt, P. & Kuhn, J.: Acoustic measurements of bouncing balls and the determination of gravitational acceleration. *Phys. Teach* 51, 312-313 (2103).
14. Yavuz, A.: Measuring the speed of sound in air using smartphone applications. *Phys. Ed.* 50, 3 (2015).
15. Longo, A., Zappatore, M. & Bochicchio, M.: Mobile Crowd -Sensing: a novel Technological Enabler for Teaching Acoustics, <http://didamatica2016.uniud.it/proceedings/dati/articoli.html>, DIDAMATICA 2016, ISBN: 9788898091447 (2016).
16. Longo, A., Zappatore, M. & Michelini, M.: Exploring Acoustics in Middle and High Schools via BYOD and Inquiry based Learning, <http://didamatica2016.uniud.it/proceedings/dati/articoli.html>, DIDAMATICA 2016, ISBN: 9788898091447 (2016).
17. PHET Homepage, <https://phet.colorado.edu/it/>
18. Mazzega, E. & Michelini, M. SEQU: sistema per la modellizzazione dinamica delle onde meccaniche., *La Fisica nella Scuola*, XXVI, 1suppl., Q1, 30 (1993).