

## **Davvero prof prendiamo i nostri cellulari? Fisica in Mobile Learning**

Giuliana Lo Giudice<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Liceo Statale “Giorgione”, Castelfranco Veneto (TV), Italia  
logiudice.giuliana@gmail.com

**Abstract.** Conosciamo tutto quello che c'è dentro il nostro cellulare? Ormai da tempo abbiamo imparato che si sceglie il telefonino non in base alla sua capacità di telefonare ... nei ragazzi lo smartphone sembra quasi un prolungamento degli arti superiori, tanto è direttamente collegato al cervello e integrato nei movimenti del pollice di ciascuna mano. Lo smartphone è il dispositivo per antonomasia dei giovani, con esso fanno (quasi) tutto ciò che la generazione precedente faceva sul pc e molto altro. Ma come per le altre tecnologie, un conto è essere fruitori, pur fantasiosi, di quanto le risorse digitali offrono, un altro conto è interagire con la tecnologia con modalità attive e sperimentali, sviluppando competenze creative. La scuola provvede a regolamentare l'uso e l'accesso ad Internet tramite lo smartphone con opportuno regolamento e fornendo una connessione wi-fi protetta. Senza la necessità di strumentazione sofisticata o di conoscenze specifiche di ambienti di programmazione, lo smartphone può essere messo al servizio della didattica per trasformare l'aula tradizionale in un laboratorio di Scienze e Fisica e stimolare nei giovani la curiosità verso l'indagine scientifica anche nella quotidianità.

**Keywords:** Fisica, smartphone, Mobile Learning.

### **1 Lo smartphone per la Fisica**

L'indagine su ciò che ci circonda inizia ispezionando gli strumenti che si nascondono dentro il nostro cellulare. E' certo che non si tratta più di un semplice telefono, come ci annunciava Steve Jobs in occasione della presentazione del suo nuovo dispositivo, ormai più di una decina d'anni fa. Per i ragazzi è uno strumento fondamentale, ma lo conoscono davvero? Sono fruitori fantasiosi di media e app, ma solitamente non ne vedono un utilizzo pratico nelle discipline scolastiche.

Secondo l'ottica di formazione Epict (la Certificazione Europea per l'uso pedagogico delle ICT) in classe si può interagire con la tecnologia in modo creativo in tutte le discipline e in ogni ordine di scuola, poiché il docente progetta e realizza scenari di apprendimento che coinvolgono gli studenti con i loro dispositivi digitali. Il documento denominato PUA (Politiche per l'uso accettabile) dev'essere assunto dalla scuola per garantire la trasparenza nell'uso del dispositivo personale. Inoltre la scuola potrebbe avere qualche telefonino obsoleto ma adatto al nostro scopo. Se il regolamento dell'Istituto lo permette, possiamo quindi mettere anche il cellulare al servizio delle scienze sperimentali per un apprendimento con i dispositivi mobili,

indicato in letteratura con Mobile Learning. Nei casi in cui serva l'accesso ad Internet, è buona norma avere un hotspot nella classe cui tutti i ragazzi possano collegarsi per scaricare l'app richiesta oppure collegarsi a qualche sito.

Dal punto di vista metodologico e strumentale, due sono gli approcci a quanto il cellulare può offrire nel campo degli studi scientifici, per una smart-Physics con gli smartphones [1]. Si possono usare le numerose app che sfruttano le funzionalità del cellulare per visualizzare, misurare, stimare, studiare fenomeni che ci circondano; questo fa di noi dei fruitori attivi, che indagano il mondo reale dopo aver ricercato i migliori strumenti per l'indagine (chissà se per noi è nata prima l'esigenza di ricerca o piuttosto non sia anch'essa un "bisogno indotto" dall'esserci imbattuti in un'app che misura?). Un secondo approccio, ancora più maturo, è suscitato dalla curiosità per ciò che "sta fisicamente dentro" il dispositivo, e qualcosa di "governabile" ci dev'essere, visto che le app già pronte sanno trasformare il cellulare in uno strumento di misura, un cronometro, un rilevatore quantitativo, e così via. Il cellulare, oltre a microfono e videocamera, contiene al proprio interno alcuni sensori di movimento e ambientali: il giroscopio (che rileva i movimenti lungo i tre assi spaziali), l'accelerometro (che ci mostra la rotazione della schermata), il rilevatore di prossimità (che inibisce alcuni tasti quando avviciniamo il cellulare all'orecchio), il sensore luminosità (che regola l'intensità luminosa dello schermo a seconda della luce ambientale), e altri, che operano continuamente ma in modo 'trasparente', cioè quasi senza che ce ne accorgiamo, anche perché ci abbiamo abbondantemente fatto l'abitudine (per avere una prima panoramica di cosa può offrire il nostro dispositivo si può installare per esempio l'utility Sensori Test Multi-strumento). La fotocamera può effettuare rilevamenti diversi da quanto fa il nostro organo visivo, come i ragazzi hanno potuto verificare fotografando il raggio infrarosso emesso da un telecomando (invisibile ad occhio nudo). Numerose app illustrano gli strumenti presenti nel nostro dispositivo e consentono di utilizzarli per la Fisica e le Scienze (come la Physics Toolbox Sensor Suite). Questo interessante set di sensori, sempre presente negli zaini e a portata di mano, è un "laboratorio portatile" molto potente, che vale la pena sfruttare in modo scientifico, specialmente a scuola. I dati raccolti devono poter essere salvati dalle app per poter essere analizzati con il foglio di calcolo (Google Fogli, Numbers, Excel, foglio di calcolo di Geogebra o altri). Una volta che in classe gli studenti avranno preso confidenza con gli strumenti di misura e rilevamento avranno una forma mentis che li porterà ad utilizzarli fuori dalla scuola per effettuare indagini della realtà fisica e naturale nelle attività di tutti i giorni (v.1)

L'idea di trasformare per qualche ora la tradizionale aula scolastica in uno spazio sperimentale per la Fisica è nata dall'esigenza di rinnovare le esperienze di un laboratorio finalizzato alla verifica delle leggi fisiche in prevalenza guidata dal docente. Certamente l'attività tradizionale dello studente nel laboratorio di Fisica sviluppa attitudini riflessive e operative, ma egli può avere accesso alla strumentazione solo per un tempo limitato, sempre assieme alla sua classe e in modo guidato. Con il suo smartphone, ogni studente è coinvolto in prima persona, opera direttamente sull'esperienza, utilizza il suo dispositivo personale, può continuare la ricerca al di fuori dell'aula e del tempo scuola. E' incuriosito delle risorse nascoste in uno strumento che riteneva di conoscere bene, incentivato ad approfondirne le

potenzialità, incoraggiato ad esplorare nuovi ambiti di applicazione, stimolato a verificare un numero maggiore di leggi fisiche che aveva studiato solo in teoria. Il rovesciamento di prospettiva, quasi come in una Flipped Classroom, richiede ora di ripensare alle esperienze per poter essere realizzate con materiale se non proprio povero, sicuramente poco 'tecnico'.

La mia scelta didattica parte dal presupposto che l'azione formativa inizi già al momento della riflessione progettuale dell'esperimento; gli studenti sono coinvolti nella fase preparatoria e danno contributi costruttivi nell'effettuare delle ricognizioni preventive. Il fatto di non aver mai provato prima a percorrere una strada induce ad affrontarla in modo problematico; l'indagine è aperta ai suggerimenti da parte degli studenti, alle integrazioni dei materiali del web, alle revisioni e ai passi indietro. Il docente individua un ambito di applicazione, dal moto dei corpi, al suono, alla luce, poi attiva la classe indirizzando la sfida sull'esigenza di procurare il materiale giusto, visto che qualche piccolo acquisto su Internet va fatto.

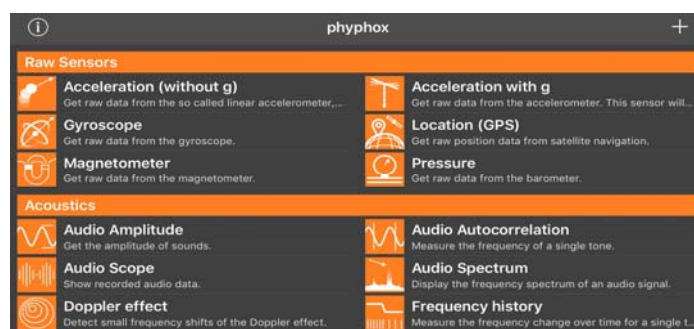
## **2 Il supporto del web**

Abbastanza numerose sono le pubblicazioni soprattutto in lingua anglosassone che documentano esperienze condotte già da anni da ricercatori e università; alcuni docenti italiani condividono ricerche sull'argomento attraverso blog di didattica con le tecnologie (v. sitografia). Già un paio d'anni fa Google ha proposto Scienze Journal, sito e app (per Android e IOS) per raccogliere appunti di Scienze in cui è presente una sezione di Attività per tutte le età; anche se i sensori coinvolti nelle attività non sono molti, è però possibile collegare sensori wireless esterni.

Il mio riferimento principale è stato un progetto della RWTH Aachen University denominato PhyPhox, Physical Phone Experiments. Phyphox è un sito e un'app gratuita per pc, Android e Ios. Nel sito di Phyphox (in inglese e in tedesco) si trovano un blog, un wiki e un elenco di esperimenti di Fisica da eseguire con lo smartphone, per alcuni dei quali sono disponibili dei filmati per vedere le app in azione.

## **3 Modalità di lavoro**

Phyphox offre una raccolta di app per l'accesso diretto ai sensori, oppure suddivise nei diversi ambiti come acustica, meccanica, cronometri, ecc (v. fig.1).



Le app possono essere attivate dallo smartphone o dal tablet. La lettura dei dati può risultare problematica se lo schermo non è visibile perché il dispositivo è assicurato dentro un contenitore oppure si sta muovendo; per questo è stata prevista una modalità di duplicazione dello schermo (“remote access”) direttamente sul computer (e quindi, ad esempio sulla LIM di classe) (v.fig.2).

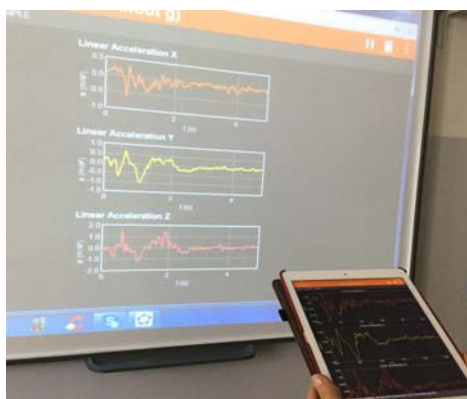


fig. 2. condivisione tablet - schermo con Phyphox

*Per poter ottenere il mirroring è necessario che il cellulare e il pc siano connessi tramite wi-fi allo stesso network di rete (oppure collegati attraverso tethering); l'app fornisce un indirizzo IP privato che va inserito direttamente nel browser del pc (v.fig.3) dal quale l'accesso remoto permette la completa interazione con il dispositivo mobile.*

La prima esperienza, introduttiva alla fisica delle onde meccaniche, è stata utile per approfondire i concetti di velocità angolare, periodo e frequenza, velocità e accelerazione del moto armonico. Con uno smartphone inserito in un barattolo cilindrico di plastica e tenuto fermo da spessori in cartone abbiamo predisposto l'esperimento per rilevare la velocità angolare nel moto di rotolamento del cilindro sul pavimento. Il sensore interessato è il giroscopio.

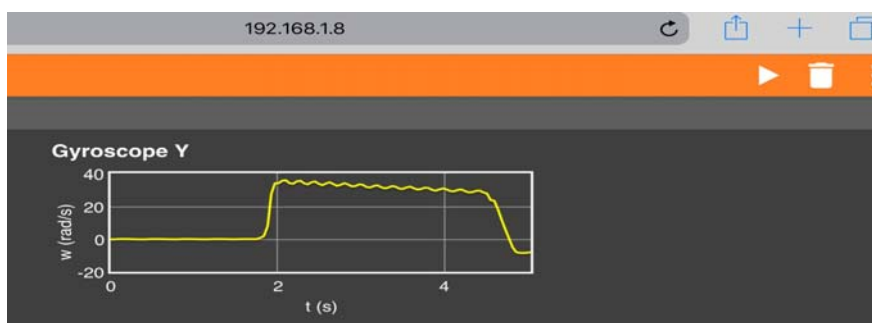


fig. 3. grafico dei dati raccolti dal giroscopio nel rotolamento.

Dopo aver avviato l'app sul cellulare e il controllo remoto, durante la rotazione Phyphox raccoglie i valori misurati della velocità angolare e può visualizzare anche quelli della velocità lineare, calcolati automaticamente. Questa elaborazione, tuttavia, non viene utilizzata in quanto si chiede un intervento attivo degli studenti che, in prima persona, una volta misurato il valore del raggio di base del cilindro, dovranno ideare una estensione dell'esperimento per poter verificare il legame con la velocità lineare (potranno utilizzare uno dei cronometri del dispositivo mobile e il metro lineare sul pavimento).

L'accelerometro si rivela ottimale per fornire i dati del cellulare che accelera, per esempio quando è in caduta libera (attenzione ai danni!), oppure quando viene fatto oscillare attaccato ad una molla, per studiarne il moto.

Le app che utilizzano i sensori acustici consentono molti esperimenti sul suono e sui fenomeni sonori. In classe abbiamo calcolato la velocità del suono utilizzando il cronometro che si attiva con un suono breve e chiaro (un battito di mani, per esempio) e si ferma con uno simile. Operando con due dispositivi posti ad una distanza nota si rileva il ritardo con cui i due cronometri registrano la durata dell'intervallo tra i suoni, e in questo modo si risale alla velocità dell'onda sonora. Gli accorgimenti per migliorare la precisione del risultato vengono suggeriti dai ragazzi, che comprendono come tanti fattori diversi possono interferire con il dato registrato e quindi con l'esito dell'esperimento. I ragazzi stessi desiderano poi prendere altre misure, provare a cambiare le condizioni al contorno, calcolare se il risultato dipende da alcuni fattori ambientali oppure no, e quindi chiedono di effettuare altre misurazioni fuori dall'aula.

Abbiamo poi costruito un contesto sperimentale per la verifica dell'effetto Doppler: dal cellulare si possono generare suoni con frequenze note, come pure visualizzare le frequenze registrate dal microfono. Su Phyphox si può scegliere un'app sull'effetto Doppler che visualizza i risultati derivanti da calcoli preimpostati, ma ritengo più interessante partire dai dati "grezzi" ed effettuare tutti i passaggi per ottenere un risultato che, se anche non preciso, ci permette comunque di valutare l'errore assoluto e relativo, per poi ricercare i fattori migliorativi dell'esperienza.

L'interferenza costruttiva e distruttiva per l'onda sonora si può sperimentare generando dal dispositivo una frequenza nota e avvicinando o allontanando fra loro

due auricolari. Anche in questo caso si possono effettuare delle misurazioni piuttosto precise. I battimenti si registrano generando suoni a frequenze note e analizzando il segnale del microfono di due cellulari con il software Audacity [6]. Geogebra può simulare l'esperienza attraverso i grafici delle due onde che si sommano e mostrare in modo evidente la frequenza dei battimenti.

Lavorare con i sensori dello smartphone o del tablet presenta alcune difficoltà in più rispetto alla strumentazione didattica dei laboratori di Fisica tradizionali per vari motivi, principalmente per la sensibilità del sensore, perché a volte può risultare difficile la taratura, e perché i dati possono risultare sovrabbondanti. E' inoltre importante poter settare la giusta frequenza di campionamento affinché i dati siano leggibili ed utilizzabili. Quando si esegue una rilevazione con Phyphox tutti i dati registrati dai sensori sono salvati e possono essere scaricati in un foglio di calcolo; questo è utilissimo per l'analisi dei valori, per poter selezionare i dati nei range corretti, per ottenere grafici diversi da quelli preimpostati, per effettuare la verifica di leggi, per inserire formule inverse e per calcolare gli errori. Anche le app più semplici, come Physics Toolbox Sensor Suite, raccolgono i dati registrati e li inviano via email nel formato .csv, adatti ad essere importati nel foglio di calcolo.

Il calcolo della lunghezza d'onda di un'onda luminosa è stata l'esperienza che più ci ha impegnato. Il lavoro di analisi è iniziato ben prima di avere il materiale che ci avrebbe consentito di approntare la strumentazione adatta (v.fig.4). Ho proposto in classe una bozza di idea, lasciando, come lo era anche per me, aperte varie ipotesi di realizzazione, e coinvolgendo gli studenti nel calcolo e nella scelta della strumentazione che ci sarebbe servita.



fig. 4. strumenti per l'esperienza sulla misura della lunghezza d'onda dei colori.

Essendo la lunghezza da misurare minore della millesima parte del millimetro, si può procedere ad un rilevamento diretto solo se si utilizzano reticoli di diffrazione (una serie di fenditure strettissime e vicinissime). Volendo lavorare con i raggi infrarossi di un normale telecomando, che, pur non vedendosi ad occhio nudo, vengono rilevati dalla fotocamera del cellulare, si deve tener conto che hanno una

lunghezza d'onda abbastanza "grande", cioè maggiore della luce visibile. I ragazzi hanno calcolato quale dovesse essere il range per il reticolo di diffrazione adatto prima dell'acquisto online del materiale. Abbiamo dovuto attendere circa tre settimane per la ricezione del pacchettino, che ho portato in classe ancora imballato.

Al momento della realizzazione dell'esperimento, però, ci siamo tutti resi conto che il reticolo acquistato non forniva la figura di diffrazione attesa. Abbiamo quindi dovuto ragionare su cosa non funzionasse, a partire dal telecomando che poteva avere le pile scariche, il reticolo che poteva essersi rotto nel trasporto, il cellulare che poteva non rilevare la giusta frequenza oppure essere posizionato erroneamente, e quant'altro ci venisse in mente per dare una spiegazione del fallimento. Ma un ragionamento tira l'altro, una idea ne ispira un'altra, un errore ci sfida tutti, finché abbiamo, calcoli alla mano, dovuto ammettere che c'era una discrepanza fra la lunghezza d'onda dell'infrarosso e la larghezza delle nostre fenditure; in quel momento abbiamo capito che il nostro reticolo poteva funzionare con la luce visibile, e quindi abbiamo fatto le prove con il raggio di luce bianca di un fanalino della bicicletta. Magicamente i colori dell'arcobaleno si sono mostrati per dispersione (v.fig.5). Ovviamente avremmo potuto ottenere questo risultato qualitativo senza la necessità di uno smartphone, ma a questo punto abbiamo pensato che fotografando l'immagine di diffrazione avremmo potuto effettuare le misure con una certa precisione, distinguendo i dati relativi ai diversi range di colore. E così abbiamo fatto, come si può vedere nella figura 5, ottenendo risultati affetti da errori accettabili.

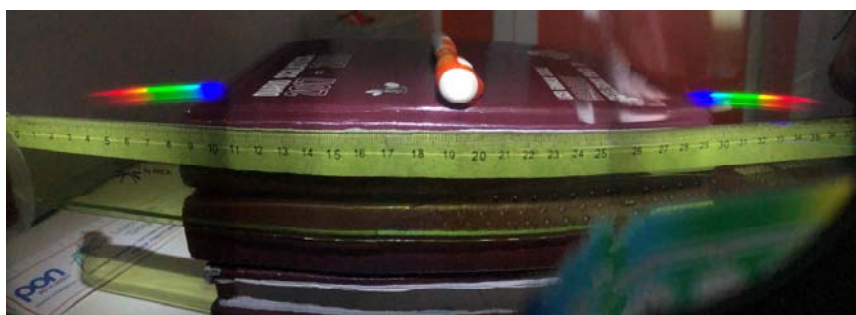


fig. 5. fotografia dallo smartphone per le misure della figura di diffrazione della luce bianca.

L'esperienza è stata poi ripetuta per confrontare con quanto si può ottenere con una luce monocromatica, utilizzando un puntatore laser a luce rossa [8].

#### **4 Valutazione della proposta didattica**

Il questionario di valutazione di queste esperienze mostra, nella Tabella 1, che gli studenti sono stati interessati dall'esperienza, anche se non è altrettanto condiviso che i concetti fisici vengano compresi meglio. Dal punto di vista tecnico riconoscono di aver imparato molto del proprio dispositivo.

Il risultato del questionario evidenzia anche il grande apprezzamento della

modalità attiva e coinvolgente di questo modo di sperimentare e sono pressoché unanimemente concordi nel proporre la continuazione dell'esperienza.

**Tabella Error! No sequence specified..** Risultanze questionario di valutazione

Domanda	Valutazione da 1 a 5
Quanto ti ha coinvolto, in termini di interesse, aver fatto esperienze di Fisica usando il cellulare?	4,4
Aver fatto esperienze di Fisica usando il cellulare quanto ha migliorato la tua comprensione dei concetti fisici?	3,6
Quanto ritieni di aver imparato in più rispetto a quanto già sapevi dei sensori del tuo smartphone?	4,0
Aver fatto esperienze di Fisica usando il cellulare quanto ti ha fatto sentire più attivo e creativo nel tuo apprendimento?	4,4
Quanto gradisci continuare l'esperienza con altri esperimenti?	4,7

Nella Tabella 2 sono riportati alcuni commenti che gli studenti hanno aggiunto nel questionario e che suggeriscono, come fattore migliorativo, una più accurata organizzazione del lavoro a gruppi.

**Tabella 2.** Commenti liberi

Commento libero
Secondo me è un metodo alternativo molto efficace, soprattutto quando l'esperimento è ben organizzato. Credo che questa esperienza sia stata utile non solo perché attraverso la tecnologia siamo riusciti ad apprendere nuovi modi di utilizzare i sensori del telefono. Inoltre, nonostante all'inizio fosse difficile comprendere il da farsi, alla fine è stata una bella esperienza. Essendo inseriti in un gruppo di una ventina di persone, purtroppo è impossibile che tutti facciano qualcosa e che tutti vedano tutto. Quindi penso sia utile dividersi in gruppi scelti dai ragazzi. È un modo alternativo ed efficace di apprendere attraverso uno strumento quotidiano di cui spesso si sottovaluta l'utilità in altri campi come potrebbe essere quello della fisica.

## 5 Conclusioni

Conoscere e gestire i parametri e il campo di applicazione dei sensori non è utile solo ad una formazione nel campo della robotica e dell'automazione, ma si pone come fattore strategico per il coinvolgimento degli studenti, anche non "tecnici", nell'acquisizione di nuove idee e metodi per indagare e modellizzare il mondo fisico.

Lo smartphone consente di eseguire esperimenti con strumenti piuttosto sofisticati



pur in ambienti privi di apparecchiature specifiche o costose. Ideare un esperimento basato su un modello della realtà fisica richiede la possibilità di misurare dati reali, ma anche fissare delle ipotesi restrittive, limitare e quindi fissare delle variabili, prendere delle decisioni e valutare l'impatto che alcune necessarie approssimazioni hanno sul risultato finale.

Un laboratorio "portatile e accessibile" come quello fornito dallo smartphone consente allo studente di sviluppare l'abilità di ricerca sitografica e bibliografica, di selezione di esperienze che rispondano al suo desiderio di conoscere, di valutazione della correttezza e della fattibilità delle proposte operative. In sintesi di sviluppare competenze di media e information literacy, in questo caso non generiche ma relative ad un ambito disciplinare molto specifico.

Una possibile estensione prevista per questo progetto è la possibilità, per gli studenti, di contribuire alla traduzione in italiano dei materiali del sito Phyphox dell'Università di Aachen.

Il passo successivo atteso è lo sviluppo, da parte dei ragazzi, di procedimenti inediti, frutto delle loro facoltà creative, in modo da ampliare il numero delle esperienze realizzabili.

Un suggerimento che può ampliare le prospettive formative di insegnanti e ragazzi è quella di iscriversi ad un Mooc, come "MOOC Smartphone Pocket Lab" della Université Paris Descartes nel 2016, di cui sono disponibili alcuni trailer su Youtube.

## 6 Ringraziamento

Ringrazio di cuore di miei studenti di 4B e 4C Liceo Scientifico perché mi hanno seguita e supportata nella ricerca; hanno collaborato con costanza e interesse durante la fase preparatoria e hanno contribuito alla realizzazione e alla revisione degli esperimenti con buone idee e con la preziosa documentazione fotografica.

### Riferimenti bibliografici

1. Bilal Aftab Usman, B., A., Sabieh M. A.: Smart Physics with Smartphones, Center for Experimental Physics Education, Syed Babar Ali School of Science and Engineering, LUMS (2016).
2. Oprea, M., Miron, C.: Mobile phones in the modern teaching of physics. In Romanian reports in Physics, Vol. 66, n.ro4, p. 1236-1252 (2014).
3. Kuhn, J., Vogt, P.: Analyzing Diffraction Phenomena of Infrared Remote Controls. In Phys. Teach. 50, p. 118-119 (2012).
4. Khun, J., Vogt, P.: Applications and examples of Experiments with Mobile Phones and Smartphone on Physics Lessons, Frontiers in Sensors, 1, 4, 16-27 (2013).
5. González, M. Á., Martín M. E., Llamas C., Martínez O., Vegas J., Herguedas M., Hernández C.: Teaching and Learning Physics with Smartphones (2015), [https://www.researchgate.net/publication/276420146\\_Teaching\\_and\\_Learning\\_Physics\\_with\\_Smartphones](https://www.researchgate.net/publication/276420146_Teaching_and_Learning_Physics_with_Smartphones), ultimo accesso 2018/03/03.
6. González, M. Á., Martín M. E., Llamas C., Martínez O., Vegas J., Herguedas M., Hernández C.: Mobile Phones for Teaching Physics: Using Applications and Sensors,

[https://www.researchgate.net/publication/266327391\\_Mobile\\_Phones\\_for\\_Teaching\\_Physics\\_Using\\_Applications\\_and\\_Sensors](https://www.researchgate.net/publication/266327391_Mobile_Phones_for_Teaching_Physics_Using_Applications_and_Sensors), ultimo accesso 2018/03/03.

7. sciencebuddies.org Homepage, <https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/science-with-your-smartphone>, ultimo accesso 2018/03/03.
8. Catelli, F., Giovannini, O., Bolzan, V.D.A.: Estimating the infrared radiation wavelength