

SPERIMENTARE IN CASA CON LO SMARTPHONE

di Fabrizio Giannelli *

La scarsità delle attrezzature di laboratorio, soprattutto per esperimenti a gruppi che moltiplicano la spesa rispetto a un esperimento dalla cattedra, può rendere difficile una acquisizione personale di una competenza di tipo sperimentale. Tradizionalmente una soluzione è stata quella di ricorrere a «materiale povero», che però comporta spesso una tale imprecisione da compromettere la significatività dell'esperimento. La tecnologia telefonica moderna degli smartphone permette oggi, come testimonia questo articolo, di usare il cellulare, mediante applicazioni che si possono scaricare, come uno strumento di misura versatile e abbastanza preciso, permettendo un'attività sperimentale ad ampio spettro. L'autore ha coordinato un gruppo di studenti che, con un lavoro sperimentale in cui si usava lo smartphone come strumento di misura, ha vinto il terzo premio nel [Concorso ScienzAfi- renze 2015](#).

* I.I.S. "A. Cesaris"
Casalpusterlengo

Con la riforma Gelmini il Liceo Tecnologico, ora Liceo delle Scienze Applicate, ha subito una consistente riduzione del monte ore di Fisica e in particolare è stata soppressa la figura dell'insegnante tecnico-pratico.

Questo ha di fatto ridotto la possibilità, soprattutto nel biennio, di utilizzare in modo significativo il laboratorio nell'insegnamento della Fisica, col rischio di disperdere le competenze in ambito sperimentale, che tanti insegnanti, come il sottoscritto, hanno accumulato negli anni. D'altro canto la riforma stessa enfatizza l'importanza del metodo sperimentale; le *Indicazioni Nazionali* stabiliscono che «l'attività sperimentale dovrà accompagnare lo studente lungo tutto l'arco del primo biennio, portandolo a una conoscenza sempre più consapevole della disciplina, mediante anche la scrittura di relazioni che rielaborino in maniera critica ogni esperimento eseguito».

Anche nella riforma *La Buona Scuola* viene sottolineata la necessità di un «potenziamento delle metodologie laboratoriali e delle attività di laboratorio».

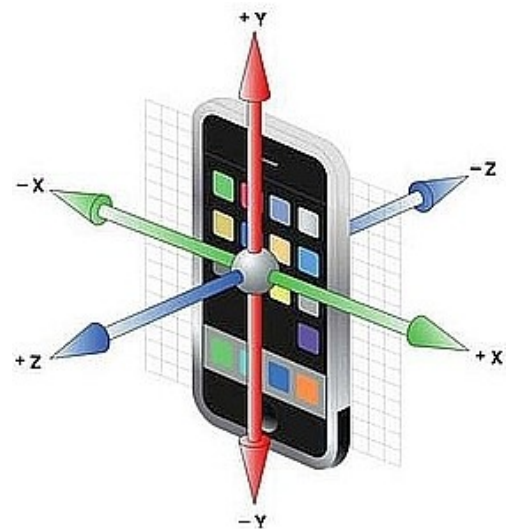
Questi cambiamenti mi hanno spinto a pianificare una serie di esperimenti che permettano in modo semplice e veloce lo studio quantitativo di diversi fenomeni fisici, cercando di utilizzare «materiale povero» facilmente reperibile e assemblabile, fornendo l'opportunità agli alunni di realizzare esperimenti significativi anche in casa.

Recentemente, con la diffusione degli *smartphone*, questa pratica è notevolmente agevolata in quanto questo strumento fornisce la possibilità di realizzare misure «s sofisticate» anche fuori dal laboratorio di Fisica.

In questo articolo, a titolo di esempio, sono presentati quattro semplici esperimenti eseguibili in casa che prevedono l'utilizzo dello *smartphone* con quattro applicazioni per *Android*: *N-track* accordator; *Lux Meter*; *Magnetic Field Detector*; *ImagineMesures*.

Acustica con un elastico

In casa è possibile effettuare diversi esperimenti quantitativi sul suono con tubi, lamie- re, cannuce, bicchieri, eccetera, alcuni dei quali li ho riportati nell'articolo *Acustica*



in cucina (La Fisica nella Scuola, N. 1 - 2015). In questo caso descrivo quello che si può fare con un elastico e poco altro.

L'esperimento consiste essenzialmente nel misurare la frequenza fondamentale del suono emesso da un elastico in tensione quando viene pizzicato come una corda di chitarra e analizzare come questa vari in funzione della lunghezza dell'elastico. L'apparato sperimentale è costituito da un elastico, da due ventose da cucina, da un blocchetto in legno e da uno *smartphone* con una applicazione che permetta di misurare la frequenza sonora.

Si attaccano le due ventose su una superficie liscia a una distanza tale da poter agganciare un elastico bene in tensione (Figura 1). Si dispone sotto l'elastico, a una estremità, un blocchetto in legno in modo che l'elastico sia ben appoggiato sul legno. Il blocchetto ha la stessa funzione del capotasto di una chitarra solo che in questo caso si può spostare e quindi variare la lunghezza, senza variare la tensione, della parte di elastico che verrà pizzicata.

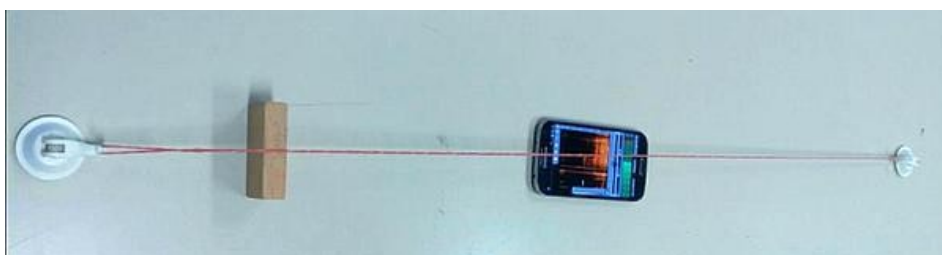


Figura 1. Elastico in tensione agganciato a due ventose

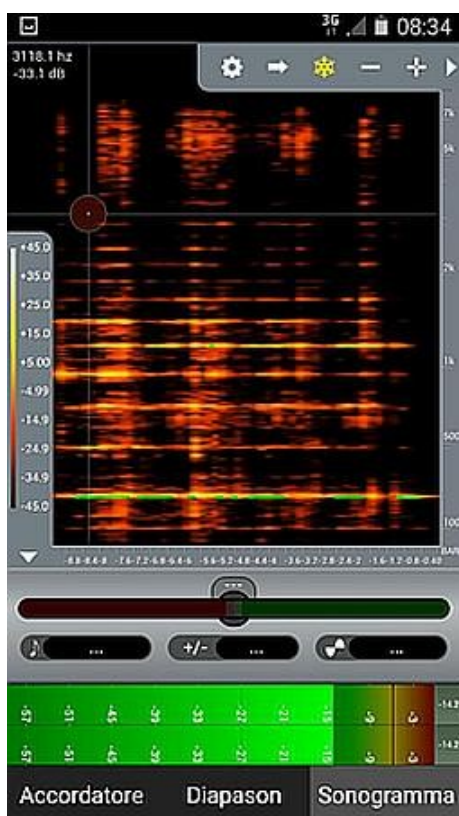


Figura 2. Spettro ottenuto pizzicando ripetutamente l'elastico; la linea in basso di colore verde è corrispondente alla frequenza fondamentale; le diverse linee orizzontali, più marcate, corrispondono alle varie armoniche

L'applicazione che utilizzo per misurare la frequenza è *N-track*. Questa applicazione è un accordatore che tra le altre ha la funzione «sonogramma» che mostra come lo spettro delle frequenze evolve nel tempo. È possibile «congelare» questo spettro e misurare la frequenza delle varie armoniche in modo semplice. Effettuata la registrazione dello spettro si poggia un dito sul *display*, in questo modo vengono visualizzate due linee perpendicolari che si intersecano nel punto di contatto del dito sullo schermo. Facendo coincidere la linea orizzontale con la linea spettrale viene visualizzato, in alto a sinistra sullo schermo del telefono, il valore della frequenza corrispondente (Figura 2).

Come si vede la linea spettrale ha un certo spessore, è possibile determinare i valori minimo e massimo di questa linea, quindi della frequenza corrispondente. Si può far coincidere l'entità della frequenza misurata con la media di questi due valori e associare l'errore assoluto alla misura facendo la semidifferenza delle suddette misure.

In *Tabella 1* e in *Figura 3* sono riportati rispettivamente i valori delle frequenze f ottenute in funzione della lunghezza L dell'elastico e il grafico corrispondente.

$L(cm)$	$f(Hz)$
$9,5\pm 0,1$	372 ± 9
$11,0\pm 0,1$	314 ± 6
$15,0\pm 0,1$	233 ± 10
$17,5\pm 0,1$	207 ± 8
$21,0\pm 0,1$	174 ± 10
$24,0\pm 0,1$	148 ± 8
$31,5\pm 0,1$	113 ± 8
$43,0\pm 0,1$	85 ± 6
$53,0\pm 0,1$	69 ± 6
$65,0\pm 0,1$	52 ± 3

Tabella 1. Dati relativi alla frequenza in funzione della lunghezza dell'elastico

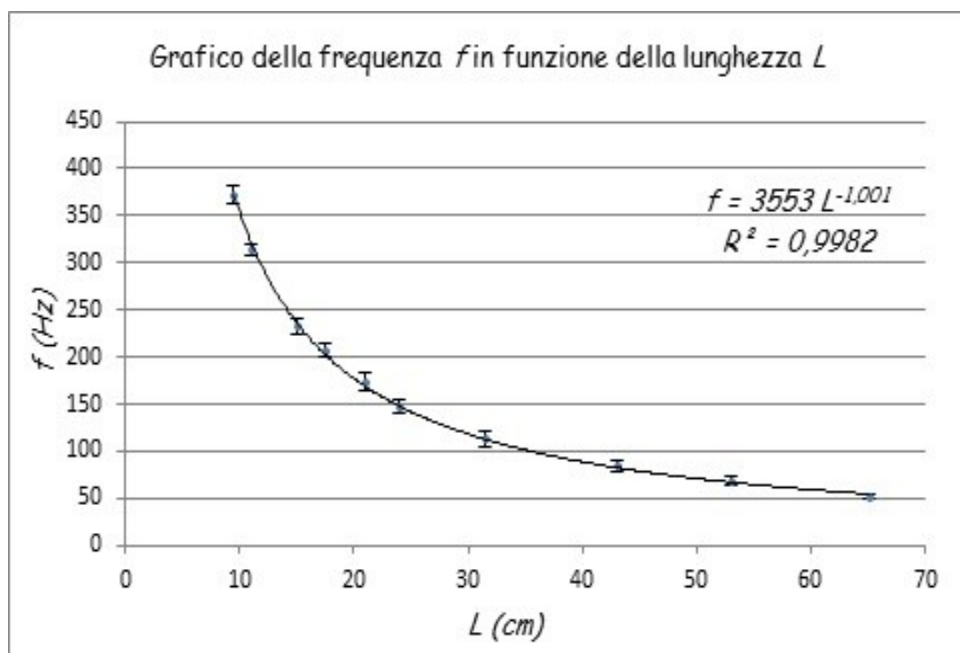


Figura 3. Grafico dell'andamento di f in funzione di L

In accordo con la teoria il modello matematico che meglio approssima i dati sperimentali mostra una proporzionalità inversa tra f e L .

Illuminamento di una lampada¹

In questo secondo esperimento si studia l'illuminamento di una lampada in funzione della distanza dalla stessa. L'applicazione utilizzata è *Lux Meter*, molto semplice da adoperare perché, avviata l'applicazione, non bisogna far altro che leggere il valore dell'illuminamento che compare sullo schermo.

L'apparato sperimentale consta di una lampada (per esempio una torcia), di un metro, di uno *smartphone* ed eventualmente di un treppiedi per *smartphone*. Si sistema il tutto su un tavolo puntando la torcia contro lo *smartphone*, facendo attenzione ad allineare bene la fotocamera del cellulare con il centro della lampadina (*Figura 4*). Ovviamente nell'ambiente in cui si effettua la misura, non vi devono essere altre fonti luminose.

Si varia la distanza della lampada dallo *smartphone* e per ogni posizione si misura l'illuminamento.

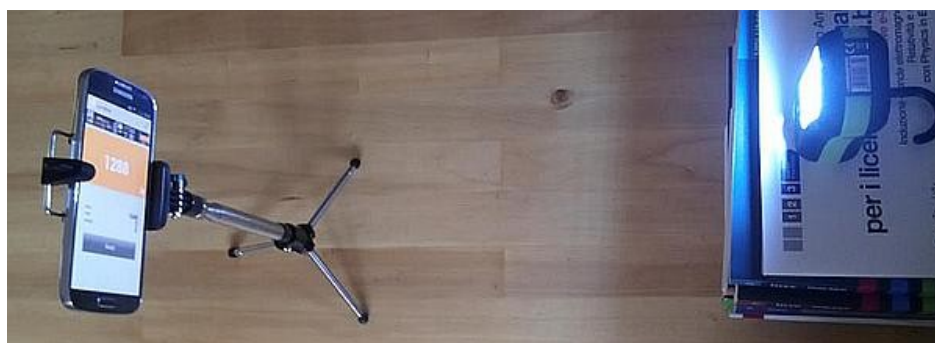


Figura 4. Apparato sperimentale per la misura dell'illuminamento

In *Tabella 2* sono riportati i dati con i relativi errori¹ dell'illuminamento al variare della distanza dalla torcia. In *Figura 5* è riportato il corrispondente grafico.

R (m)	I (lux)
0,100±0,001	3916±14
0,150±0,001	2026±14
0,200±0,001	1298±1
0,300±0,001	529±2
0,500±0,001	184±1
0,700±0,001	90±1
0,900±0,001	56±1

Tabella 2. Dati relativi all'illuminamento al variare della distanza.

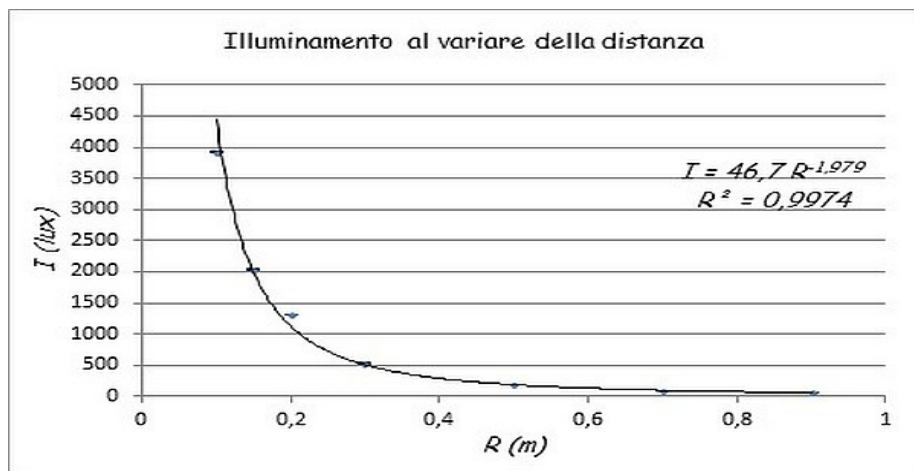


Figura 5. Andamento dell'illuminamento in funzione della distanza dalla sorgente luminosa

Dal grafico si evince che l'intensità luminosa è proporzionale a: $1/R^2$ come ci si aspetta dalla teoria.

Intensità del campo magnetico di una calamita

In modo analogo al precedente esperimento si può analizzare come varia l'intensità del campo magnetico di una calamita man mano che ci si allontana da essa. Gli *smartphone* rilevano l'intensità del campo magnetico lungo tre direzioni ortogonali (*Figura 6*).

Quando si apre l'applicazione (*Magnetic Field Detector*) si hanno i valori dei componenti del campo magnetico terrestre lungo i tre assi, se non vi sono nelle vicinanze magneti artificiali. Per effettuare la misura in questione si può procedere come segue.

Innanzitutto bisogna posizionare lo *smartphone* su un tavolo ruotandolo rispetto all'asse Z fino a quando lungo l'asse X l'intensità del campo magnetico terrestre risulti nulla. Poi si fissa sul tavolo, con del nastro adesivo, una striscia di carta millimetrata (o quadrettata) in direzione dell'asse X a sinistra dello *smartphone* (*Figura 7*) da usare come riferimento metrico e di direzione.

La striscia di carta è posta sul lato sinistro del telefono perché normalmente il sensore di campo magnetico è collocato in alto a sinistra (nello *smartphone* usato per questa prova si trova a circa 3 cm dal bordo superiore).

Per individuare la posizione del sensore si può utilizzare un magnete spostandolo a una distanza fissa dal bordo sinistro del telefono lungo l'asse Y, quindi parallelamente al lato sinistro. Partendo dalla parte inferiore dello *smartphone*, man mano che si sale e ci si avvicina al sensore il valore dell'intensità del campo lungo l'asse X aumenta; a un certo punto tale valore inizia a diminuire ed è a quella altezza che si trova il sensore.

Dal punto in cui si trova il sensore si considera una linea parallela all'asse X del telefono ed è lungo questa direzione (indicata in *Figura 7*) che ci si sposta e si pone il magnete. In modo analogo si

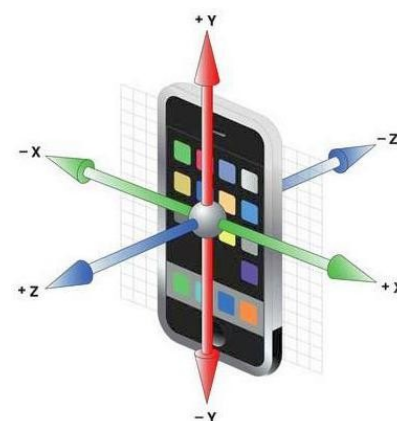


Figura 6. Assi ortogonali in uno smartphone

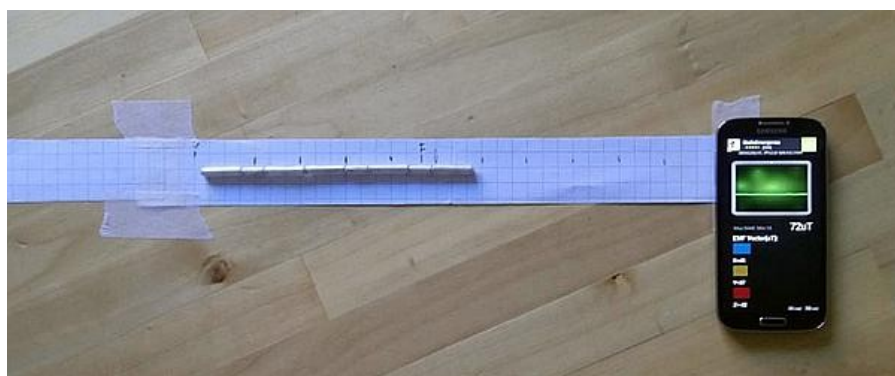


Figura 7. Apparato sperimentale per la misura dell'intensità del campo magnetico di una calamita.

potrebbe determinare la distanza del sensore dal bordo sinistro del telefono, ma questa è relativamente piccola e si può trascurare ottenendo comunque delle misure accettabili. La distanza che si prende in considerazione per la misura è indicata con «distanza X» in *Figura 7* e va dal bordo del telefono sino all'inizio del magnete.

Le misure «migliori» si ottengono con più calamite geomag allineate, formando un magnete rettilineo abbastanza lungo (circa 15 cm).

Probabilmente il motivo è dovuto al fatto che per piccoli magneti i due poli magnetici, essendo relativamente vicini, contribuiscono entrambi a stabilire il valore della misura nel punto in cui si trova il sensore, mentre nel caso di un magnete lungo l'influenza del polo più lontano risulta trascurabile soprattutto per piccole distanze X e, inoltre, un magnete rettilineo così fatto si può facilmente allineare con la direzione scelta.

Quest'ultimo aspetto non va trascurato, infatti, l'intensità del campo magnetico lungo una direzione varia anche inclinando il magnete rispetto la direzione scelta, pur mantenendo invariata la distanza dal sensore.

In *Tabella 3* e in *Figura 8* sono riportati i risultati di una misura esemplificativa².

X (cm)	B (μT)
3,0±0,1	1175±1
6,0±0,1	348±1
9,0±0,1	156±1
12,0±0,1	85±1
15,0±0,1	52±1
18,0±0,1	33±1
21,0±0,1	22±1
24,0±0,1	15±1

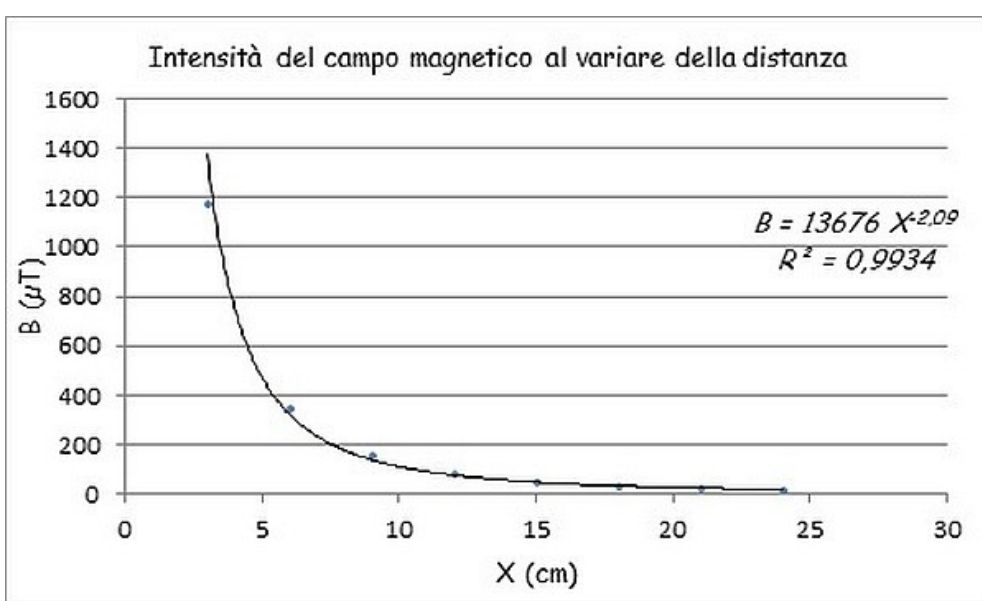


Tabella 3. Dati relativi all'intensità del campo magnetico al variare della distanza

Figura 8. Dida: Andamento dell'intensità del campo magnetico in funzione della distanza dal magnete

Verifica della legge di Snell¹

Con questo esperimento si verifica la legge di *Snell* relativa alla rifrazione quando la luce passa dall'aria in acqua.

$$\sin\alpha_i = \frac{n_2}{n_1} \sin\alpha_r \quad (\text{Legge di Snell})$$

Il materiale utilizzato è costituito da un contenitore trasparente contenente dell'acqua (un piccolo acquario può andar bene), un *laser* verde, uno *smartphone* e un ferro da stiro a vapore o in alternativa un nebulizzatore di acqua. L'esecuzione dell'esperimento è relativamente semplice.

Si indirizza il fascio *laser* sull'acqua con diverse inclinazioni e per ogni inclinazione si realizza una foto. Per meglio visualizzare il fascio di luce in aria si può usare il vapore prodotto dal ferro da stiro o dell'acqua nebulizzata, mentre nell'acqua del contenitore, allo stesso scopo, si scioglie un po' di sapone liquido che permette una maggiore diffusione della luce.

Dalle foto, utilizzando l'applicazione *IMAGinE measures*, si determina l'angolo di incidenza e l'angolo di rifrazione: aperta l'applicazione si importa la foto da analizzare,

quindi si introducono due coppie di segmenti incidenti di apertura variabile (di colore blu e viola in *Figura 9*) che riportano il valore numerico dell'angolo di apertura e si fanno coincidere, semplicemente trascinandoli con le dita, uno con il fascio incidente e la superficie d'acqua e l'altro con il fascio rifratto e la superficie d'acqua; sottraendo 90° ai suddetti angoli si ottengono l'angolo di incidenza e l'angolo di rifrazione.

Gli angoli ottenuti con il calcolo del seno e relativi errori di misura³ sono riportati in *Tabella 4* e il corrispondente grafico in *Figura 10*.

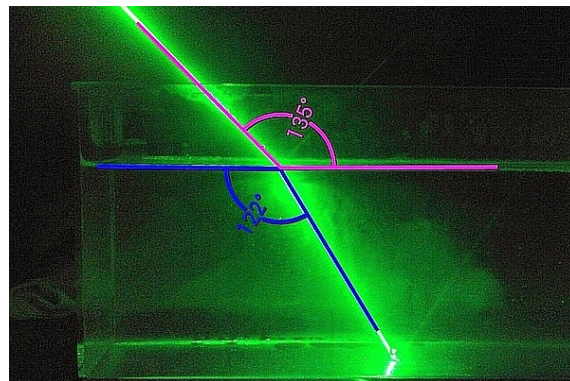


Figura 9. Determinazione degli angoli di incidenza e rifrazione

α_i ($^\circ$)	α_r ($^\circ$)	$\sin \alpha_i$	$\sin \alpha_r$
0	0	0	0
24 ± 1	18 ± 1	$0,406 \pm 0,016$	$0,309 \pm 0,017$
32 ± 1	22 ± 1	$0,515 \pm 0,015$	$0,375 \pm 0,016$
37 ± 1	27 ± 1	$0,602 \pm 0,014$	$0,454 \pm 0,016$
45 ± 1	32 ± 1	$0,707 \pm 0,013$	$0,530 \pm 0,015$
53 ± 1	36 ± 1	$0,798 \pm 0,011$	$0,587 \pm 0,015$
61 ± 1	41 ± 1	$0,875 \pm 0,008$	$0,656 \pm 0,014$

Tabella 4. Angoli di incidenza e di rifrazione aria-acqua

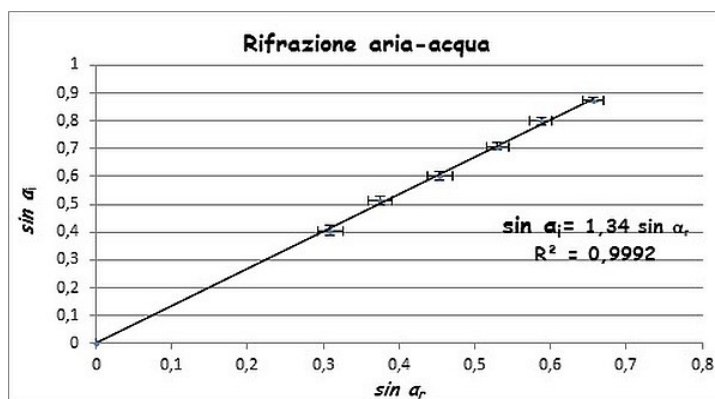


Figura 10. Andamento del seno dell'angolo di incidenza in funzione del seno dell'angolo di rifrazione (aria-acqua)

Come si vede dal grafico la legge di Snell è verificata. La pendenza del grafico (1,34) rappresenta il rapporto tra l'indice di rifrazione dell'acqua e l'indice di rifrazione dell'aria. Tale rapporto teoricamente, considerando l'indice di rifrazione dell'aria pari a 1, dovrebbe avere il valore 1,33.

Questo esperimento è estratto da un lavoro più ampio, dal titolo: *Esperimenti di ottica con l'utilizzo*

dello smartphone, presentato alla *XII edizione di ScienzaFirenze*.

Il lavoro suddetto, realizzato dagli studenti: *Matteo Quattrocchi, Alessio Perego e Tommaso Pernatsch*, ha vinto il terzo premio nella sezione biennio.

Conclusioni

Questi esperimenti fanno parte di una serie di attività che i ragazzi eseguono generalmente anche a casa. In particolare, i primi tre di solito li utilizzo in prima liceo quando si studiano le diverse relazioni tra grandezze fisiche.

In questa fase propongo degli esperimenti accattivanti in cui è relativamente facile⁴ stabilire le relazioni tra tali grandezze, anche se i fenomeni trattati, come in questo caso, sono di difficile comprensione teorica per i ragazzi coinvolti. Il quarto invece lo propongo quando si affronta l'ottica geometrica.

Indubbiamente, lo *smartphone* offre diversi vantaggi nella didattica della fisica in quanto rappresenta, e lo sarà sempre di più con il miglioramento delle applicazioni e dei telefoni, una sorta di laboratorio portatile che permette di effettuare misure e prove varie in qualsiasi ambiente; può sopperire a eventuali mancanze di attrezzatura nei laboratori scolastici.

Per concludere, non è da sottovalutare l'attrazione che l'utilizzo di questo strumento esercita sugli studenti, con ricadute tangibili sull'efficacia didattica.

Fabrizio Giannelli

(Docente di Fisica all'I.I.S. "A. Cesaris" di Casalpusterlengo)

Note

¹ Le misure dell'illuminamento oscillano molto spesso di diversi lux, nel senso che, anche in presenza di una luce «stabile», il *display* segnala valori variabili. Questo fenomeno è tanto più evidente quanto maggiore è la quantità di luce che arriva sul sensore dello *smartphone*. L'applicazione però permette di registrare il valore massimo e il valore minimo che si ottiene in un certo intervallo di tempo. Per cui, per ogni misura si può attendere un certo tempo finché il valore dell'illuminamento non è stabile all'interno di un intervallo tra un massimo e un minimo. Per valutare la misura dell'illuminamento relativa a una certa distanza si fa la media tra valori massimo e minimo registrati e la semidifferenza tra i due valori può essere usata come errore assoluto della misura.

² Queste misure sono state ottenute con l'applicazione *Sensor Kinetics Pro*, anche se normalmente agli studenti faccio utilizzare l'applicazione *Magnetic Field Detector* che è gratis e più immediata da usare, ma che sembra meno affidabile.

³ Per il calcolo dell'errore assoluto di $\sin\alpha$, tenendo conto che l'incertezza sull'angolo α è pari a 1° , si può usare la formula

$$\Delta \sin\alpha = \frac{\sin(\alpha+1) - \sin(\alpha-1)}{2}$$

⁴ In realtà, l'esperimento relativo al campo magnetico non risulta di facile esecuzione per i ragazzi e i risultati ottenuti di solito non sono accettabili. I motivi sono dovuti soprattutto a una difficoltà oggettiva di esecuzione della prova, ma anche a problemi che spesso presentano le applicazioni che misurano il campo magnetico. Inoltre, per quanto riguarda il primo esperimento, per lunghezze relativamente grandi dell'elastico e quindi per frequenze basse, non sempre gli studenti riescono a misurare correttamente tali frequenze.