

Smart Pendulum

Pierangelo Leone¹

¹ IISS “P. Sette”, Via P. Sette, 7 Santeramo in Colle (Bari), Italia
pierangelo.leone@istruzione.it

Abstract. La fisica è una disciplina che richiede sia discussioni teoriche che esperimenti pratici [1]. Il presente articolo descrive un percorso didattico sul pendolo semplice punteggiato da esperimenti di fisica con smartphone. Esso è stato condotto parallelamente in tre classi seconde di un Liceo Scientifico intrecciando risultati, soluzioni pratiche adottate e competenze. Per due delle tre classi si è trattato di riprendere e affinare quanto svolto nel precedente anno scolastico [2]. Per gli altri c'è stata l'esperienza nuova e coinvolgente di fare laboratorio di fisica con un dispositivo familiare ma in un contesto e con un utilizzo decisamente differente dall'ordinario, di operare direttamente con un altro grado di autonomia, di raccogliere la sfida di un lavoro che richiede una riflessione progettuale preventiva [3].

Keywords: smartphone, fisica, *BYOD*, *Inquiry-based Learning*

1 Introduzione

La scelta didattica di puntare sul pendolo semplice è nata dai programmi di studio del secondo anno, ma hanno influito sulla decisione sia la facilità di riproduzione anche in altri contesti del *setting* di laboratorio, sia la possibilità di entrare più in profondità in fenomeno fisico solo all'apparenza semplice.

La scelta del *setting* tecnologico è caduta quest'anno sull'app gratuita *Phyphox* sviluppata nel Politecnico di Aachen in Germania e disponibile anche in lingua italiana grazie al lavoro diretto dal prof. G. Organtini del Dipartimento di Fisica della Sapienza. L'app consente l'accesso remoto allo smartphone dal *pc*, purché entrambi siano connessi alla stessa rete Wi-Fi. Questo agevola la visualizzazione e gestione dei dati degli esperimenti, siano essi grafici o tabelle di valori ottenuti dai sensori. Nella ricca *suite* di esperimenti di Fisica ce n'è uno che riguarda il pendolo. *Phyphox* utilizza il giroscopio per misurare il periodo durante il movimento dello smartphone.



Fig. 1. Inserendo la misura della lunghezza, Phyphox restituisce il valore di g

L'opzione metodologica di fondo è stata quella di un approccio laboratoriale nel quale il primo passo è offrire una "situazione-stimolo" [4] a partire dalla quale nasco-

no domande che, opportunamente selezionate, possono dare l'avvio ad una proficua ricerca comune. Ciò è in linea con l'auspicato *inquiry-based learning* che rende il percorso più significativo sotto il profilo degli apprendimenti.

2 Il pendolo semplice, primo approccio

2.1 Misure del periodo

Suddivisi in gruppi, alla richiesta di predisporre un pendolo con un filo e uno smartphone e di farlo oscillare, gli alunni non hanno avuto nessuna difficoltà. Uno di loro reggeva il pendolo, uno ha messo a disposizione lo smartphone con *Phyphox*, uno cronometrava, uno leggeva e tabulava i dati al *pc*. Il tutorial messo a disposizione dall'*app* ha reso il tutto più agevole. Al momento nessun contributo teorico era stato offerto agli alunni sul moto del pendolo. L'ipotesi di isocronismo e delle condizioni necessarie perché si realizzassero erano loro ignote.

Sono cominciate le osservazioni e le misurazioni del periodo attraverso i dati dell'*app Phyphox*. Dal confronto sui differenti valori del periodo, perché diverse erano le lunghezze scelte, è nata l'esigenza di cercare la relazione tra queste due grandezze fisiche.

Tabella 1. Periodo misurato con *Phyphox* e con il cronometro di uno smartphone, lunghezza del pendolo

	T_{Phyphox} (s)	$T_{\text{Cronometro}}$ (s)	L (m)
1	1,17	1,153	0,30
2	1,31	1,306	0,40
3	1,44	1,412	0,50
4	1,59	1,572	0,60
5	1,81	1,823	0,80
6	2,04	2,017	1,00
7	2,23	2,281	1,25

Dalle misure non si evinceva una diretta proporzionalità, prima ipotesi di lavoro della possibile relazione tra di esse. Si è deciso quindi di esplorare la proporzionalità diretta tra L e T^2 .

2.2 Calcolo della regressione lineare in C

Il docente ha deciso a questo punto di presentare gli elementi essenziali del metodo dei minimi quadrati, strada privilegiata in statistica per indagare la relazione lineare tra due variabili x e y a partire da una tabella di dati del tipo (x_i, y_i) [5].

È noto che utilizzando un foglio di calcolo e un grafico "a dispersione (XY)", si può facilmente far individuare al software la retta che meglio approssima i dati sperimentali. Nella classe dell'opzione scienze applicate è stata fatta una ricerca sull'algoritmo utilizzato per individuare i coefficienti della retta $y=mx+q$ di approssimazione dei dati.

Il passo successivo è stato quindi quello di chiedere agli alunni di scrivere, con la collaborazione del docente di informatica, un programma in linguaggio C eseguibile.

Esso è stato utilizzato anche nelle altre due classi per elaborare i dati e individuare la diretta proporzionalità tra L e T^2 .

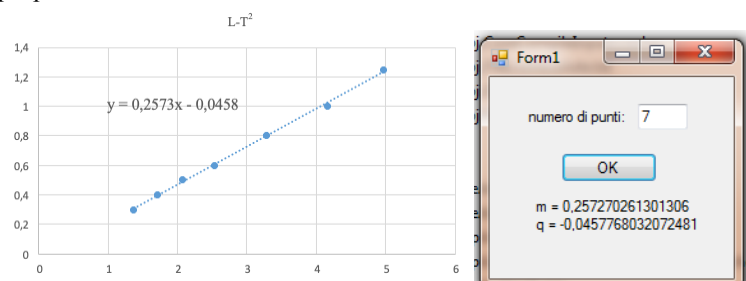


Fig. 2. Retta di regressione lineare ottenuta con foglio di calcolo e con programma in C

3 Il pendolo semplice, quando l'angolo di apertura non è piccolo

Il docente è intervenuto una seconda volta come esperto per presentare più diffusamente il moto del pendolo semplice dal punto di vista cinematico prima e dinamico poi. È emersa quindi la formula, famosa adesso anche per questi studenti:

$$T = 2\pi \sqrt{L/g}.$$

Insieme si è osservato che il periodo è indipendente dalla massa appesa. Nessuno degli alunni aveva fatto ipotesi in merito.

È stato possibile anche comprendere l'importanza dei coefficienti della retta di regressione lineare individuata. Il coefficiente angolare infatti permette di calcolare il valore di g e confrontarlo con quello previsto localmente. Esaminando i dati raccolti si è riscontrato che in corrispondenza di un coefficiente angolare della retta di regressione lineare pari a 0.2573 si otteneva per g un valore decisamente troppo grande, 10.16 m/s^2 . Le misure erano da ripetere e si è proceduto in tal senso avendo cura di rispettare questa volta la condizione di oscillazioni piccole. Sono state effettuate anche 20 misure del periodo di un pendolo con lunghezza di 1 m, sono stati calcolati sia il valor medio che la deviazione standard con questi esiti:

Tabella 2. Valori medi e deviazione standard su 20 misure del periodo di un pendolo con $L=1\text{m}$

	$T_{\text{Phyphox}} \text{ (s)}$	$T_{\text{Cronometro}} \text{ (s)}$
Valore medio	2,01	1,956
Deviazione standard	0,054	0,051

È stato facile rilevare la performance migliore del sensore rispetto alla misurazione manuale, visto che il valore atteso era $T=2.01 \text{ s}$ sulla base di una stima di g_{locale} pari a 9.78 m/s^2 .

Poiché gli alunni sono diventati più coscienti del fenomeno fisico, il docente ha proposto di fare una ricerca sperimentale su due questioni, la prima delle quali riguardava le oscillazioni non "piccole". La seconda era quella dell'ampiezza delle oscillazioni. È facile accorgersi che essa diminuisce. Si è provato a quantificare entrambi gli aspetti. Sono stati raccolti i seguenti dati per un pendolo con $L=1\text{m}$:

Tabella 3. Dati relativi al moto del pendolo quando l'angolo di apertura θ iniziale è maggiore di 10°

	θ	T_{Phyphox} (s)	$T_{\text{Cronometro}}$ (s)	Numero di oscillazioni prima che θ dimezzi
1	20°	2,03	2,024	15
2	30°	2,03	2,006	13
3	40°	2,05	2,037	10
4	50°	2,11	2,074	10
5	60°	2,12	2,214	9

All'aumentare dell'angolo di oscillazione il periodo si discosta sempre di più dal valore atteso di 2,01 s. La legge studiata è vera solo in prima approssimazione [6].

4 Conclusioni

La tecnologia può dare l'illusione di rendere tutto facile e accessibile, ma da sola non fa miracoli [7]. La parte più bella e faticosa del lavoro è stata quella della discussione, del confronto tra le misure fatte con *Phyphox* e con il cronometro, della scoperta dell'errore, della correzione reciproca, dell'auto correzione. È attraverso questi passi che è cresciuta la consapevolezza di quello che insieme si scopriva o si verificava.

Quanto realizzato è l'inizio di un cammino, quello del triennio, non breve e speriamo affascinante. Una prima direzione di sviluppo di questa esperienza è la *peer education*. Questi alunni potrebbero fare da tutor per i compagni di prima e guidarli nell'iniziale uso dei sensori di uno *smartphone* per semplici esperimenti. In questa linea è la produzione già avviata, di video tutorial e narrazioni delle esperienze da mettere a disposizione sul sito della scuola.

Una seconda direzione possibile è quella di un approfondimento scientifico e tecnologico. Come funziona il giroscopio? Come funzionano gli altri sensori dello smartphone? Possibilità nuove ed interessanti di comprensione e applicazione verranno dai temi di fisica che gli studenti dovranno affrontare.

References

1. González Manuel e altri, Doing Physics Experiments and Learning with Smartphones, In Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM 2015), Porto 07 ottobre 2015.
2. Leone P., Primi passi nella fisica con lo smartphone. In Didamatica 2018, Cesena, 19 aprile 2018.
3. Lo Giudice G., Davvero prof prendiamo i nostri cellulari? Fisica in Mobile Learning. In Didamatica 2018, Cesena, 19 aprile 2018.
4. Novara D.: Cambiare la scuola si può. BUR, Milano, 2018, pag. 127.
5. Taylor J.R. Introduction to error analysis. 2ed., Univ.Sci.Books, 1997, pag. 181-184.
6. <http://www.di.univr.it/documenti/OccorrenzaIns/matdid/matdid146698.pdf>, pag. 5.
7. González M. e altri, Mobile Phones for Teaching Physics: Using Applications and Sensors, In Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality (TEEM14), Salamanca 01 ottobre 2014.