

Studenti di scuola secondaria studiano la gravità usando APP su mobile ed emergono problemi storici

Daniele Buongiorno – URDF, Università degli Studi di Udine –
buongiornodaniele@gmail.com

Marisa Michellini – URDF, Università degli Studi di Udine –
marisa.michellini@uniud.it

Abstract: La nostra Unità di Ricerca ha proposto agli studenti di sei classi di liceo scientifico di svolgere la funzione di consulenti per la realizzazione di esperimenti utili alla scuola e basati su APP per dispositivi mobili sul tema del moto. La sfida comprendeva la richiesta di analisi, valutazione ed eventuale progettazione di APP utili a misure su grandezze cinematiche o dinamiche, in particolare utilizzando le potenzialità offerte dagli accelerometri, proponendo esperimenti. I concetti di massa e peso, così come il ruolo del sistema di riferimento, sono stati oggetto di discussione.

Keywords: APP, smartphone, gravità, alternanza scuola-lavoro.

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 MIUR ha previsto, tramite la legge 107/2015 un'integrazione obbligatoria nei programmi scolastici di 200 ore di collaborazione tra scuola e realtà lavorative: l'alternanza scuola-lavoro (ASL). Nell'ambito del progetto PLS-IDIFO62 l'Unità di Ricerca in Didattica della Fisica (URDF) dell'Università di Udine ha offerto un accordo attuativo alle scuole del territorio, in una prospettiva in cui l'Università rappresenta un ambiente di lavoro per sfide di ricerca e sviluppo basate su acquisizione di responsabilità degli studenti, sia come singoli, che in gruppi. Si sono proposte attività con APP per dispositivi mobili come contesto per integrare le nuove tecnologie nell'insegnamento/apprendimento della fisica nella scuola superiore (Hammond, Assefa 2007; Kuhn et al. 2011), offrendo allo stesso tempo agli studenti un'esperienza di lavoro (Buongiorno et al. 2018). Si è promossa l'analisi di caratteristiche tecniche di differenti APP per smartphone, si sono stimolati gli studenti a lavorare su campagne di raccolta dati ed esperimenti da loro giudicati significativi. Le competenze liceali dei ragazzi coinvolti sono state messe in gioco nel caso dello studio della gravità (Vogt et

¹ Legge 107/2015 "La Buona Scuola", <https://labuonascuola.gov.it/>.

² Progetto IDIFO, <http://www.fisica.uniud.it/URDF/laurea/idifo6.htm>.

al. 2011; Schwarz et al. 2013). Gli studenti hanno identificato e posto le stesse problematiche interpretative che troviamo nel dibattito tra scienziati nella storia della scienza.

2. L'impostazione dell'attività

L'idea di base è stata quella di proporre una sfida e insieme un compito lavorativo, che implicasse lo studio di un problema, l'analisi, la programmazione di fasi operative, l'indagine, la valutazione e il confronto oltre che la progettazione e la realizzazione di prototipi ed esperimenti. La scelta ha riguardato il favorire l'innovazione didattica mediante l'integrazione delle nuove tecnologie nell'insegnamento tradizionale promuovendo il paradigma BYOD "Bring Your Own Device" e le APP per dispositivi mobili come contesto.

In particolare, il compito assegnato agli studenti ha riguardato lo studio di fattibilità per l'obiettivo di sviluppare APP migliori di quelle esistenti in commercio, che fossero utili all'apprendimento per lo studio del moto, a seguito di un'analisi critica delle APP esistenti e un collaudo delle stesse tramite esperimenti per lo studio dei moti accelerati.

3. Contesto, campione e attuazione delle attività

L'attività è stata svolta nell'arco di sei mesi (da dicembre 2018 a maggio 2019) coinvolgendo 145 studenti e 4 insegnanti di fisica di 6 classi terze del Liceo Scientifico L. da Vinci di Treviso. I sei incontri mensili si sono caratterizzati con un contributo dell'Università per discussioni con gli studenti di contenuti di fisica, delle modalità con cui descrivere ed utilizzare le APP da loro stessi studiate, per effettuare misure ed esperimenti significativi. È stata fatta consulenza agli studenti in merito a come migliorare le raccolte dei dati, la presentazione degli stessi e la pianificazione degli esperimenti, perché fossero significativi rispetto al problema di fisica da studiare. I ragazzi hanno progettato e lavorato in autonomia tra un incontro e l'altro, in cui si discuteva dei materiali consegnanti e si affidava un nuovo compito/obiettivo/sfida, come in un incontro tra professionisti e datori di lavoro.

Gli impegni richiesti agli studenti sono stati di diversa natura: analisi e valutazione di APP disponibili per lo studio dei moti, studio delle modalità di redazione di un report tecnico e di un manuale, collaudo di APP su esperimenti, eventuale progettazione di APP utili a misure di grandezze dinamiche o cinematiche, mediante proposte motivate degli esperimenti da condurre, messa a punto di una serie di esperimenti motivati dalla loro utilità per l'apprendimento e loro esecuzione tramite l'utilizzo delle APP con relativa documentazione e descrizione.

Gli studenti hanno parallelamente lavorato individualmente, per trovare le APP e le relative prestazioni, confrontare le caratteristiche tecniche e le possibilità operative delle stesse, testando semplici esperimenti, da noi proposti o trovati in letteratura. Hanno confrontato in gruppo le proposte individuali, scrivendo un manuale tecnico che fungesse da "manuale d'uso" per ogni APP, discutendo la scelta degli esperimenti da effettuare e delle APP da utilizzare ed hanno prodotto report finali degli esperimenti condotti.

4. Gli accelerometri, la caduta libera e l'accelerazione di gravità

Ogni smartphone è equipaggiato con tre accelerometri indipendenti che misurano le accelerazioni lungo i tre assi ortogonali x , y e z . Ogni accelerometro consiste in una massa inerziale attaccata ad una molla, l'allungamento di questa molla viene convertito in un segnale elettrico proporzionale all'accelerazione subita dalla massa stessa e quindi dallo smartphone medesimo, normalizzata rispetto alla massa del dispositivo.

Dall'osservazione che diverse APP mostravano distintamente tre misurazioni (Fig.1) chiamate rispettivamente *accelerazione*, *accelerometro* e *accelerazione di gravità*³ è nata una discussione con gli studenti per capirne la specifica funzione. Si è fatta un'analisi operativa: le misure riferite al *campo di gravità* erano non nulle anche se il dispositivo era fermo e non variavano con le condizioni di moto dello stesso. Viceversa, le misure riferite alla grandezza *accelerazione* variavano solo se il dispositivo si muoveva di moto non rettilineo uniforme, così come le misurazioni della grandezza *accelerometro*. In particolare, si osservava che quando il dispositivo era fermo gli accelerometri misuravano un'accelerazione di circa 9.8 m/s^2 che poteva essere variata variando lo stato di moto del dispositivo, che non influiva invece sulle misure del *campo di gravità*. Ciò ha permesso di discutere il ruolo della massa come proprietà dei corpi di interagire con un'entità chiamata *campo di gravità*, che ha natura vettoriale e che è presente in ogni punto dello spazio. Questa esperienza li ha posti di fronte all'analisi del significato di interpretazioni storicamente conflittuali e contemporaneamente presenti nei libri di testo: il modello di interazione con forze a distanza e quello di campo. L'evidenza che tutte le masse cadono con la stessa accelerazione ha permesso di dare senso alla presenza del campo come ente presente nello spazio di valore ben definito e con le dimensioni di un'accelerazione. È stato utile discutere l'evidenza, inizialmente inaspettata dagli studenti, che le misurazioni riferite alla grandezza *accelerometro* fossero nulle in caduta libera, conseguenza del fatto che una massa in caduta libera non possiede peso trovandosi in un sistema non inerziale in caduta libera. La questione dell'importanza del sistema di riferimento è stata affrontata suggerendo agli studenti di orientare lo smartphone (da fermo) in modo che il valore misurato del campo di gravità fosse identicamente nullo su due dei tre assi e massimo sul terzo. Il segno algebrico ha permesso di determinare il verso degli assi.

Per studiare il moto di caduta libera è stato suggerito agli studenti di condurre la seguente osservazione preliminare: con il dispositivo stazionario su un tavolo, viene restituita la misura del campo gravitazionale $g_x=g_y=0$ e $g_z=-g$, che permette di concludere che tutti gli strumenti di misura sono immersi in un campo di gravità uniforme di intensità 9.81 N/kg orientato verso il basso. Un modo adatto per esaminare il moto di caduta libera è quello di sospendere lo smartphone ad una certa altezza e poi farlo cade. Per evitare di danneggiare il dispositivo un oggetto morbido viene posizionato alla fine del tratto di caduta. In questo caso lo smartphone ha una duplice funzione: funge sia da corpo in caduta libera che da strumento di misura, consentendo di determinare il tempo di caduta

³APP diverse si riferiscono alla grandezza *accelerazione* con i termini *acceleration*, *linear acceleration* e alla grandezza *campo di gravità* con i termini *g-force*, *gravity*, *gravity acceleration*.

durante il quale l'accelerazione apparente misurata è nulla. È possibile quindi determinare il valore dell'accelerazione g o l'altezza di caduta utilizzando le leggi del moto uniformemente accelerato.

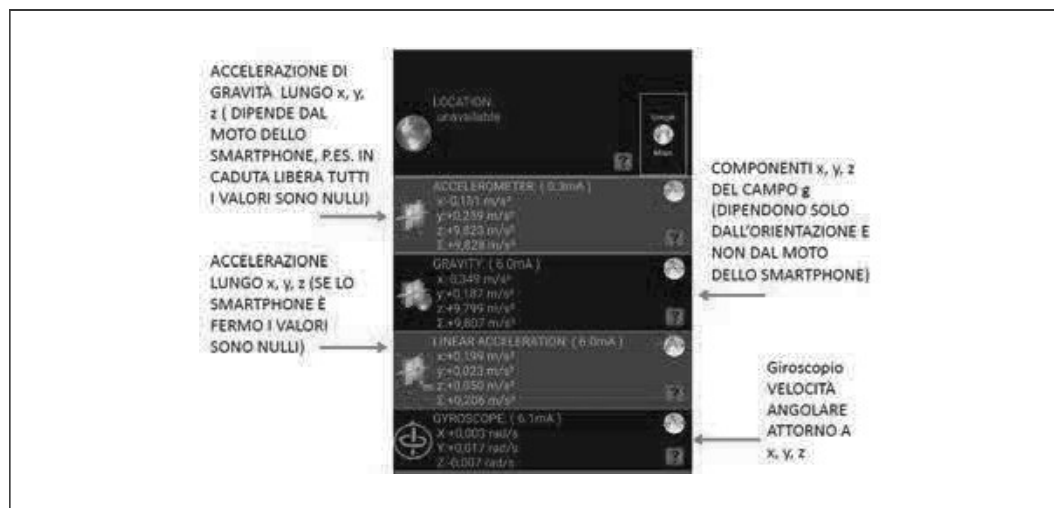


Fig. 1. Interfaccia utente dell'APP *AndroSensor*. Da notare come la lettura dei dati raccolti in tempo reale dagli accelerometri è tradotta nelle tre grandezze chiamate rispettivamente ACCELEROMETER, GRAVITY e LINEAR ACCELERATION. L'interpretazione di cosa viene effettivamente misurato è stato oggetto di discussione con gli studenti.

Questo ha aperto un altro nodo storico alla discussione: la dinamica e i sistemi di riferimento.

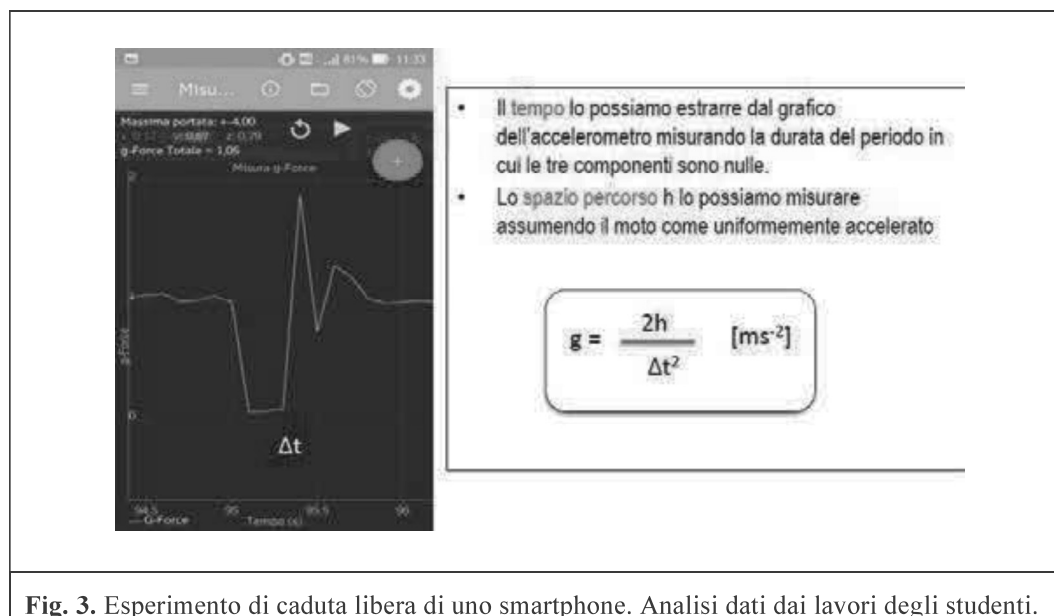


Fig. 3. Esperimento di caduta libera di uno smartphone. Analisi dati dai lavori degli studenti.

Si riportano alcune osservazioni tratte dai report degli studenti stessi, in merito alla caduta libera:

“L’accelerometro misura l’accelerazione lungo tre assi ortogonali x, y e z. L’unità di misura del sensore è espressa in m/s^2 e la misurazione dell’accelerazione **include la gravità terrestre**, tanto che quando il dispositivo è collocato fermo su una superficie orizzontale, dovrebbe visualizzare circa $-9,81 \text{ m/s}^2$ lungo l’asse z e 0 lungo gli assi x e y.”; “Mentre il telefono è fermo l’accelerazione lungo l’asse y misura circa $-9,8 \text{ m/s}^2$, quando il telefono viene lasciato, invece, l’accelerazione misura circa 0 m/s^2 in quanto **il telefono si muove in un riferimento in caduta libera**.”; “Questo esperimento è significativo perché ci mostra come un corpo in caduta libera abbia un’**accelerazione nulla** se il sistema di riferimento è posto sul dispositivo e quindi si muove con esso.”; “Nel momento di inizio della caduta l’accelerometro rileva un’accelerazione pari a 0, quanto tocca il cuscino l’accelerazione è $9,81 \text{ m/s}^2$. Otteniamo questi dati poiché **un oggetto in caduta libera non risente dell’accelerazione gravitazionale**.”; “Quando il cellulare è fermo, l’asse z riporta il valore $9,81 \text{ N/kg}$ ossia la forza di gravità, mentre quando viene lasciato cadere, **l’accelerazione lungo l’asse z invece segna 0**; nel momento in cui atterra, infine, l’asse z riporta nuovamente il valore $9,81 \text{ N/kg}$.”

Le misure di accelerazione nulla in caduta libera fondano l’interpretazione che un oggetto non risente di alcuna forza peso in tale condizione, pur mantenendo una massa. L’accelerazione come forza per unità di massa è promossa dall’uso dell’unità di misura N/kg implementata in alcune APP.

5. Conclusioni

La nostra Unità di Ricerca si è proposta come contesto lavorativo a sei classi di terzo anno del Liceo Scientifico *Leonardo da Vinci* di Treviso, per una sfida di consulenza alla realizzazione di esperimenti utili alla scuola basati su APP su mobile. È stato scelto il tema del moto e la sfida comprendeva la richiesta di analisi, valutazione ed eventuale progettazione di APP utili a misure su grandezze cinematiche o dinamiche, in particolare l’accelerazione e comprendeva altresì la proposta motivata di esperimenti da condurre. L’utilizzo di accelerometri e di interfacce digitali per la misura dell’accelerazione di gravità ha portato gli studenti alla riflessione sul significato delle leggi della dinamica e alla loro collocazione storica: il significato di campo gravitazionale a confronto con l’idea di azione a distanza, nonché il ruolo del sistema di riferimento ed in particolare del principio d’inerzia. La *sorpresa* di accelerazione nulla per i corpi in caduta libera ha di fatto attivato la discussione del significato di questo risultato. Gli studenti hanno realizzato diversi altri esperimenti con le APP, ma l’esperimento di caduta libera è stato quello di maggiore successo, perché ha stimolato la necessità di indagare il significato del risultato sperimentale dell’accelerazione nulla nel sistema in moto accelerato, e del ruolo del sistema di riferimento nello studio del moto. L’attività si è rivelata fertile nell’ottica di promuovere la discussione, l’approfondimento e la chiarificazione della distinzione concettuale tra massa e peso (in particolare peso

apparente) di un corpo, oltre ad attivare riflessioni sui concetti di forza, campo gravitazionale, massa gravitazionale e inerziale, e sui metodi stessi di misura di massa. L'apprendimento di una tematica in fisica è realizzato quando è raggiunta quella consapevolezza interpretativa e competenza di impiego dei concetti che rende gli studenti capaci di utilizzarli in contesti diversi (*conceptual understanding*). Gli studenti, che svolgono direttamente attività sperimentali, incontrano nei loro ragionamenti, in modo intuitivo e non profondo, le difficoltà interpretative e le idee che sono state alla base di interpretazioni nella storia della scienza. Un approfondimento storico dei modelli interpretativi, integrato nell'insegnamento porta un grande contributo all'apprendimento, perché offre risposte a domande poste ed è in grado di contribuire alla chiarificazione delle idee e a quell'acquisizione di metodo, in un processo interpretativo, che sta alla base di quella che chiamiamo cultura di base in fisica.

Ringraziamenti. Ci è gradito ringraziare per la collaborazione il liceo Scientifico *Leonardo da Vinci* di Treviso ed in particolare la prof. Antonella Archidiacono. Ringraziamo altresì il Progetto IDIFO del PLS-Fisica.

Bibliografia

- Buongiorno D., Michelini M., Pagotto S., Ricci D. (2018). *Alternanza scuola-lavoro nella prospettiva di ricerca con APP sul suono*, in *Proceedings of XXXII Convegno DIDAMATICA* [online]. URL: www.aicanet.it/documents/10776/2101882/didamatica2018_paper_72.pdf.
- Hammond E.C., Assefa M. (2007). "Cell phones in the classroom". *Phys. Teach.* 45, p.312.
- Kuhn J., Vogt P., Müller S. (2011). "Cellphones and Smartphones Capabilities and Examples of Experiments in Physics Classroom Education". *PdN-PhiS*, 7(60), pp. 5-11.
- Vogt P., Kuhn J., Müller S. (2011). "Experiments Using Cell Phones in Physics Classroom Education: The Computer Aided g-Determination". *Phys. Teach.* 49, pp. 383-384.
- Schwarz O., Vogt P., Kuhn, J. (2013). "Acoustic measurements of bouncing balls and the determination of gravitational acceleration". *Phys. Teach.* 51, pp. 312-313.



Società Italiana degli Storici
della Fisica e dell'Astronomia

Atti del XXXIX Convegno annuale
Proceedings of the 39th Annual Conference
Pisa, 9-12 Settembre 2019

a cura di / *edited by*
Adele La Rana, Paolo Rossi

Comitato editoriale
Fabrizio Bònoli, Danilo Capecchi, Pasquale Tucci

P I S A
UNIVERSITY
PRESS