

**Patrik Vogt,
Jochen Kuhn**

*Didattica della
Fisica, Dipartimento
di Fisica, Università
di Kaiserslautern,
Germania*

Analizzare i fenomeni di caduta libera con il sensore di accelerazione dello *smartphone*

Tradotto e pubblicato con permesso degli autori e della redazione della rivista da: "Analysing free fall with a smartphone acceleration sensor", *The Physics Teacher*, Vol. 50, Marzo 2012, p. 182

Traduzione a cura di Silvia Pugliese Jona, Ivrea

ABSTRACT

Mode of operation and examples of using smartphones as accelerometers in the physics lab.

Questo articolo descrive l'impiego di uno *smartphone* come apparato sperimentale in un laboratorio di fisica. Rispetto a un semplice telefono cellulare, gli *smartphone* offrono migliori capacità di calcolo e di connessione con l'esterno perché oltre al microfono e un ricevitore GPS contengono anche sensori di vario tipo - di accelerazione, di intensità di campo, di intensità di illuminazione. I segnali dei sensori sono letti e interpretati da adeguati programmi applicativi perciò è possibile utilizzare gli *smartphone* in una varietà di esperimenti eseguibili nel laboratorio di fisica di una scuola.

Nell'insegnamento della meccanica lo *smartphone* può servire da accelerometro negli esperimenti di caduta libera [1]. *L'iPhone* e *L'iPod touch* richiedono la presenza dell'applicativo *SPARKvue* [2] (fig. 1); un *Android* richiede l'applicativo *Accellogger* [3]. I dati rilevati dagli *smartphone* possono essere esportati su un foglio elettronico per essere analizzati.

Funzionamento dei sensori di accelerazione dello *smartphone*

È utile capire il funzionamento degli accelerometri prima di proporre l'uso agli alunni. I sensori sono microsistemi chiamati "micro-electro-mechanical systems" (MEMS) che raccolgono e analizzano informazione di origine meccanica ed elettrica. Gli accelerometri più semplici comprendono una massa m montata su una molla a spirale libera di oscillare in una sola direzione e a rigore sono dei dinamometri. Un'accelerazione a in direzione parallela alla molla provoca uno spostamento x della massa m . L'accelerazione istantanea viene ricavata misurando lo spostamento con un dispositivo piezoresistivo, piezoelettrico o, più frequentemente, capacitivo [4]. Lo schema di funzionamento del sensore capacitivo [5] è illustrato in fig. 2: tre fogli paralleli di silicio connessi da una molla a spirale formano un circuito di due condensatori in serie. I fogli posti agli estremi sono fissi e il foglio centrale è la massa sismica mobile. Sottoposto a un'accelerazione il foglio centrale si sposta modificando le capacità dei due condensatori e il valore dell'accelerazione si ricava misurando la variazione delle due capacità.

Per misurare le accelerazioni in tre dimensioni gli *smartphone* devono con-

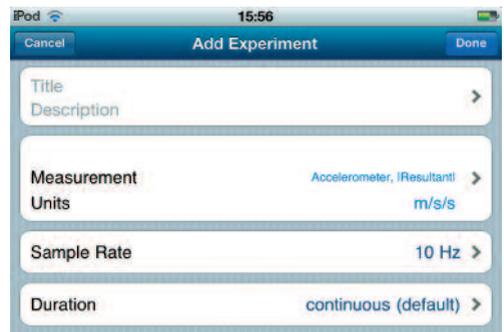


Figura 1. Videata dell'applicativo SPARKvue che mostra i dettagli organizzativi dell'esperimento.

tenere tre sensori ortogonali tra loro, ognuno dei quali (fig. 3) misura una delle componenti a_x, a_y, a_z dell'accelerazione a .

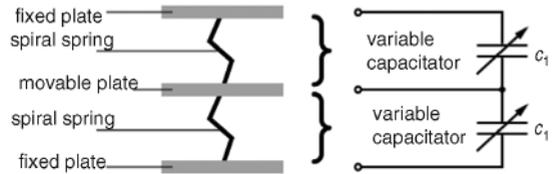


Figura 2. A sinistra lo schema strutturale del sensore capacitivo. A destra, il circuito equivalente.

Studiare una caduta libera con lo smartphone

Si può analizzare una caduta libera sospendendo lo smartphone a un filo che verrà bruciato per iniziarne la caduta su materiale morbido (p.es. un cuscino) posato sul pavimento per evitare di danneggiarlo (Fig.4a). Impostata la frequenza di rilevazione (p.es.100 Hz), si inizia la misurazione. La figura 4b riporta i dati raccolti in una prova. Inizialmente i sensori raccolgono il valore $9,81 \text{ ms}^{-2}$ ma quando dopo circa 6 secondi inizia la caduta, la loro risposta si azzerà perché

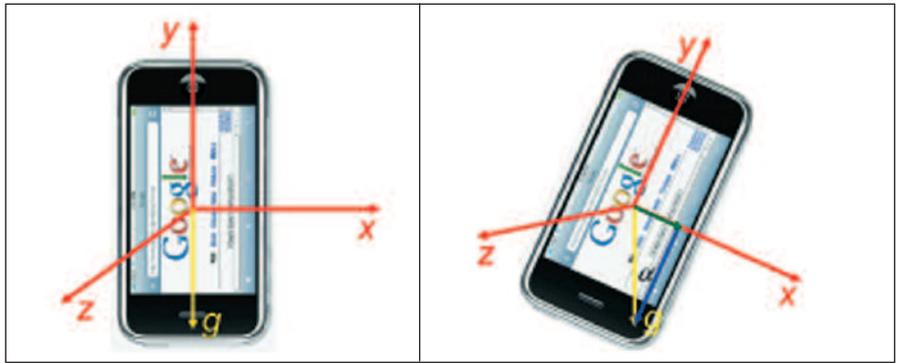


Figura 3. Orientazioni dei tre sensori di accelerazione indipendenti tra loro negli iPhone e negli iPod touch: i sensori misurano le accelerazioni nelle direzioni dei tre assi.

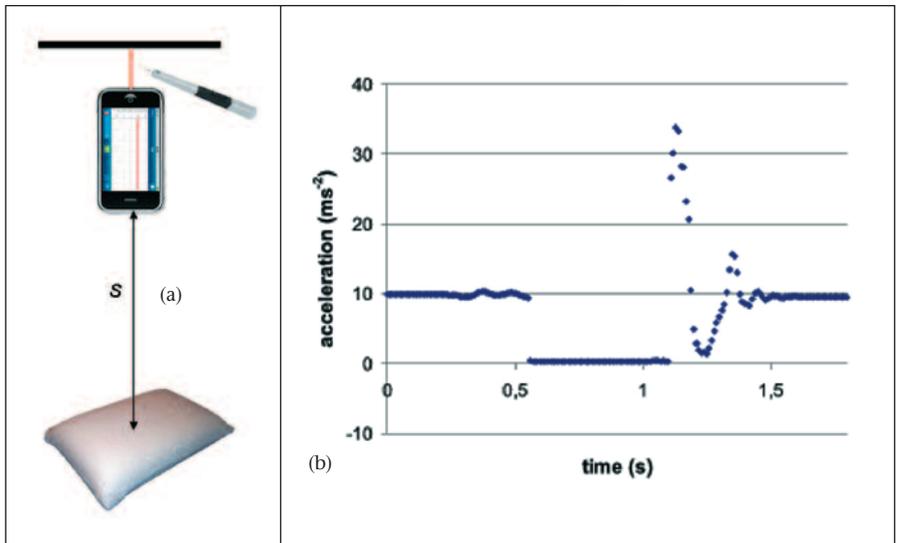


Figura 4. Caduta libera: (a) Disposizione sperimentale e inizio della caduta. (b) Grafico delle accelerazioni misurate generato dal foglio elettronico con i dati importati dallo smartphone.

sono sottoposti alla stessa accelerazione [6]. Questo stato si mantiene fino all'istante in cui lo smartphone atterra sul cuscino. Dopo qualche spostamento minore, 1,5 s dopo l'inizio della caduta lo smartphone si ferma: a questo punto la misurazione è terminata e i dati raccolti possono essere esportati sul foglio elettronico per l'analisi.

È chiaro che in questo esperimento lo smartphone gioca due ruoli perché è contemporaneamente misuratore e oggetto che cade e questo consente di misurare il tempo di caduta con un buon grado di precisione. Nell'esperimento descritto la caduta dall'altezza di 1,575 m durò 0,56 s.

Inserendo questi valori nella formula (1)

$$s = 1/2g t^2 \quad (1)$$

e risolvendo la (1) per g , si trova il valore $g = 2s/t^2 = (10,0 \pm 0,2) \text{ m/s}^2$ che in situazione scolastica è un risultato sufficientemente accurato.

Riferimenti

- [1] Un articolo su simili argomenti di P. Vogt ed altri fu pubblicato nel numero di ottobre 2011 nella rivista *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der schule* 7/60 15-23
- [2] itunes.apple.com/de/app/sparkvue/id361907181 (indirizzo temporaneo)
- [3] de.androidzoom.com/android_applications/tools/accellogger_bgq_download.html (indirizzo temporaneo)
- [4] M. GLÜCK, *MEMS in der Mikrosystemtechnik: Aufbau, Wirkprinzipien, Herstellung und Praxiseinsatz Mikroelektromechanischer Schaltungen und Sensorsysteme*, (Vieweg+Teubner, Wiesbaden, 2005)
- [5] P. SCHNABEL, *Elektronik-Kompendium* - www.elektronik-kompendium.de/sites/bau/1503041.htm (indirizzo temporaneo)
- [6] Gli alunni hanno qualche difficoltà a capirlo perché ciò che osservano sembra succedere nel verso opposto: lo smartphone, inizialmente fermo, cade accelerando verso il basso. Questo è il motivo per cui, per poter capire l'andamento dell'accelerazione misurata occorre aver descritto in precedenza il funzionamento dei sensori di accelerazione. Le esperienze corporee di chi usa un ascensore possono aiutarli a capire il processo.

Cominciai ad interagire con la superconduttività quando incontrai John Bardeen nell'aprile o maggio del 1955 all'Institute for Advanced Study a Princeton. John era sulla East Coast in cerca di un dottorando che lavorasse con lui sulla superconduttività; aveva scritto a diversi fisici, tra cui T.D. Lee e Frank Yang, chiedendo se conoscessero qualche giovane studioso, ferrato nelle ultime e affascinanti tecniche di fisica teorica (per quel tempo, i diagrammi di Feynman, i metodi di rinormalizzazione e gli integrali funzionali), che potesse essere sottratto alla vera religione della fisica delle alte energie (come allora era conosciuta) e convinto che sarebbe stato interessante lavorare su un problema di una certa importanza sullo stato solido.

Per quanto posso ricordare, era la prima volta che sentivo parlare di superconduttività. (La Columbia, dove avevo ottenuto il mio Ph. D., non offriva, a mia memoria, un corso sulla fisica moderna dello stato solido.) La superconduttività è menzionata nella seconda edizione dello Zemansky, *Heat and Thermodynamics* (il testo scelto per il corso di Termodinamica, tenuto da Henry Boorse, che seguii nel mio ultimo semestre al Columbia College), ma ho il sospetto che quelle pagine non fossero da leggere. Sebbene John, senza dubbio, mi spiegasse qualcosa del problema, è poco probabile che allora assorbissi molte cose.

La lunga e impressionante lista di fisici (tra cui Bohr, Heisenberg e Feynman) che avevano cercato, o stavano cercando, di mettere mano alla superconduttività, avrebbe dovuto farmi pensare. Anche Einstein, nel 1922, prima di completare la teoria quantistica dei metalli, aveva tentato di costruire una teoria della superconduttività. Fortunatamente non conoscevo questi tentativi infruttuosi. Così quando John mi invitò a unirmi a lui (egli, in qualche modo, trascurò di parlare di questi precedenti), decisi di tuffarmi.

Leon N. Cooper, "Remembrance of Superconductivity Past",
in *BCS: 50 years*, Dmitri Feldman Editor 2011