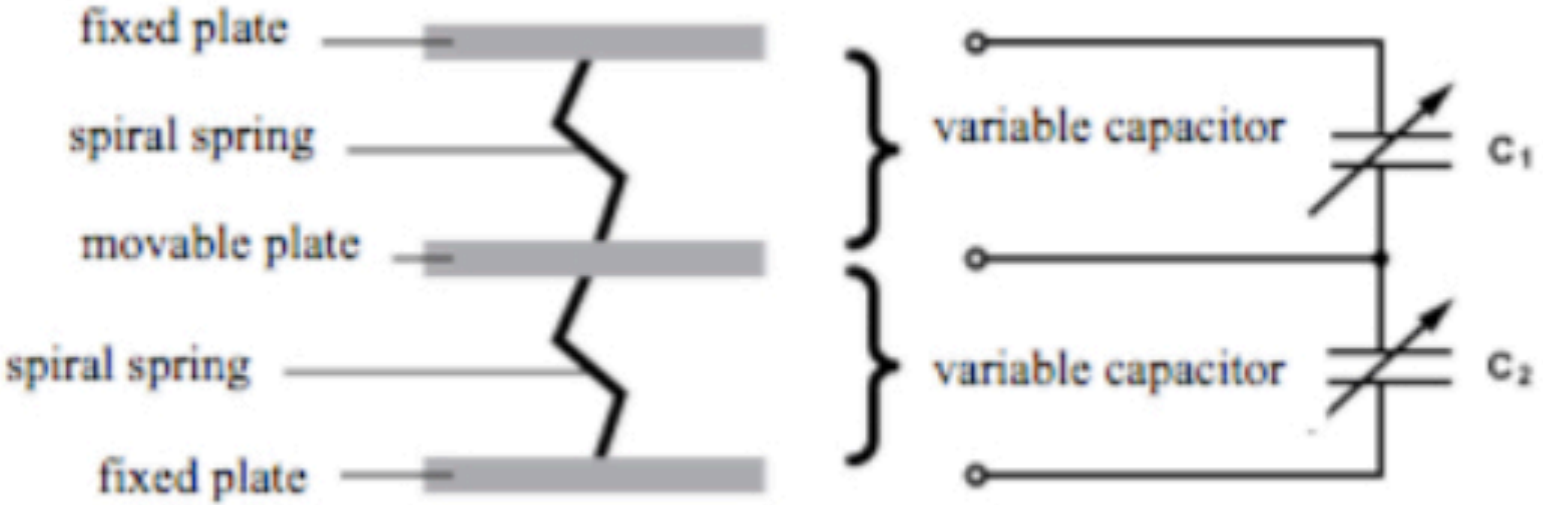
-

Sensori

- **Gli *smartphone***
  - sono dotati di sensori che registrano dati ambientali con precisione adeguata a condurre esperimenti su scala di laboratorio.
- **L'accelerometro**
  - è disponibile in tutti gli *smartphone* e la misura dell'accelerazione di gravità è impiegata per decidere l'orientamento della schermata (nelle descrizioni dei telefoni si trova indicato: "*accelerometer sensor for UI auto-rotate*")
- **Giroscopio, sensore magnetico...**
  - … sensori di pressione e temperatura e sensori di prossimità, … sono integrati nei modelli più evoluti
- **La fotocamera e il microfono**
  - possono essere utilizzati come sensore ottico e sensore acustico
- **I GPS (rilevamento di posizione)**
  - presenti in genere su tutti i modelli, non hanno precisioni tali da permettere l'uso su scala di laboratorio.
- **In questa relazione:**
  - **Descrizione di App per l'accesso ai dati dei sensori (tutti)**
  - Illustrazione di fenomeni di interferenza con **il microfono**
  - Esempi di misure con **l'accelerometro**

L'accelerometro (I)

- **Principio di funzionamento**
  - Micro-electro-mechanics-systems (MEMS)
    - Condensatore variabile o trasduttore piezoelettrico



    - Immagine da: J. Kuhn and P. Vogt, Eur. J. Phys. Edu. 4 (2013), 16

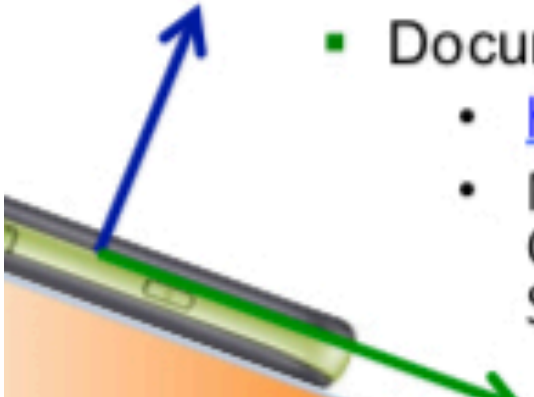
  - Le piastre fisse sono solidali con il telefonino, che definisce il sistema di riferimento rispetto a cui sono 'misurate le accelerazioni' del corpo mobile
  - [di fatto misura della forza che equilibra l'accelerazione]

In condizioni statiche: $\mathbf{tg\theta = a_y/a_z}$

- $\mathbf{a_z = g\ cos\theta}$
- $\mathbf{a_y = g\ sin\theta}$

Inclinare lentamente il piano fino a quando il cellulare inizi scivolare → discontinuità nel tracciato di a
Per il punto appena prima della discontinuità (ultimo punto in condizioni di equilibrio): $\mathbf{\mu_S = tg\theta_{max}}$

Ripetere le misure, cambiare le superfici di contatto



- Documentazione:
  - http://virgilio.mib.infn.it/~ttf/BeSmart/acce/AttritoStatico.html
  - Note e misure a cura di Elisabetta Porta e Valentina Raspagni (Lic Classico Carducci, Milano) - Giugno 2016 - Programma di Alternar Scuola-Lavoro

Dimostrazione in Aula

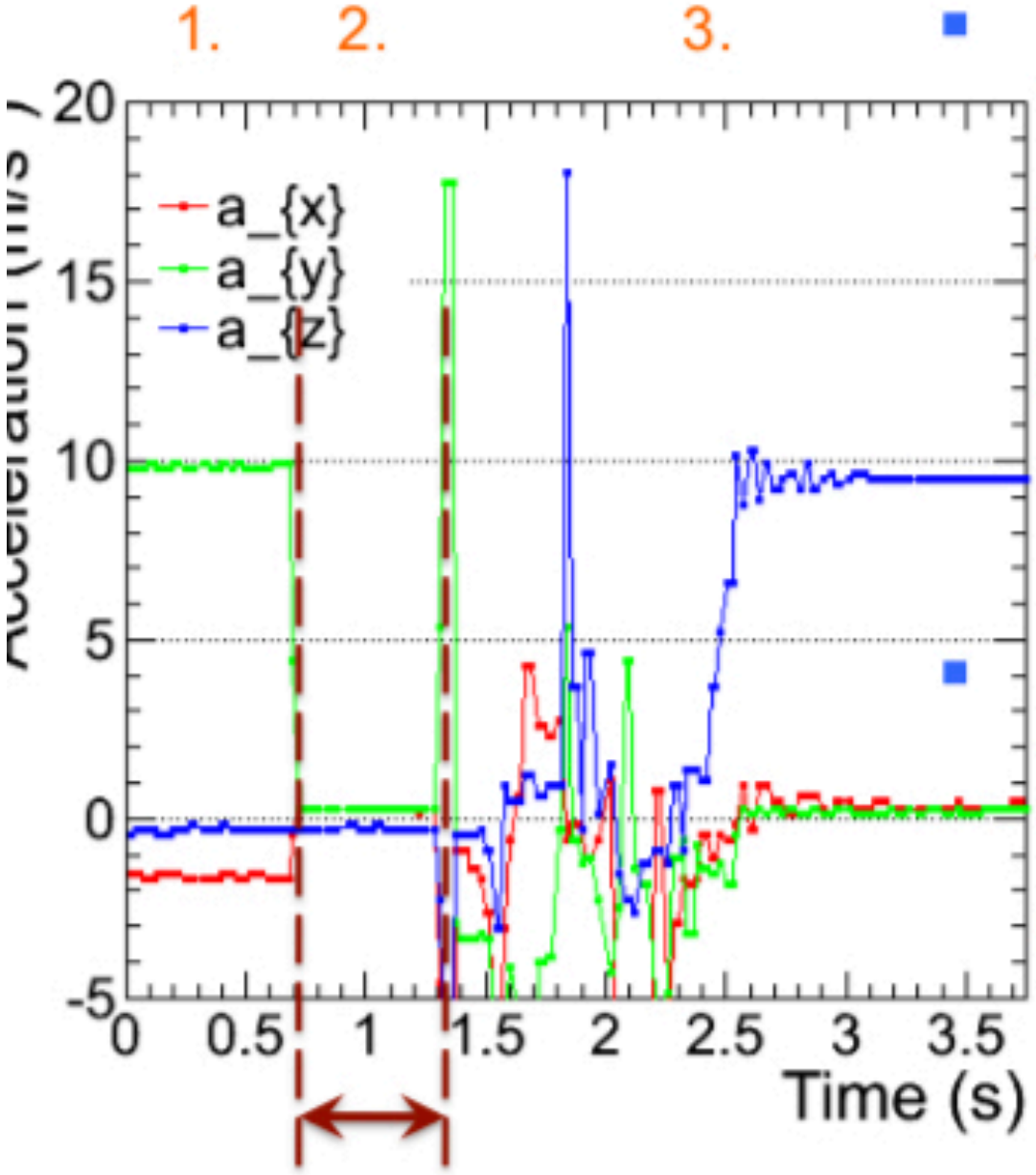
…n esempio classico: caduta libera

lestimento proposto da:
Kuhn and P. Vogt, Eur. J. Phys. Edu. 4 (2013), 16

Allestimento

- Telefonino appeso a un lampadario con uno spago
- Condizioni iniziali del moto:
  - $v_0 = 0$ m/s
  - $h_0 = 2$ m
- Punto di arrivo (cuscino)
  - $h_f = 2$ m
- **Legge del moto (OF):**
  - $\Delta h = \frac{1}{2} g \Delta t^2$ (1)
- Dati registrati con Accelerometer Monitor su Samsung GT-S5570I

Tracciati di una misura e analisi



*) Disallineamenti residui rispetto alla verticale ($a_x \neq 0$) senza impatto sulla misura

Osservatore mobile:

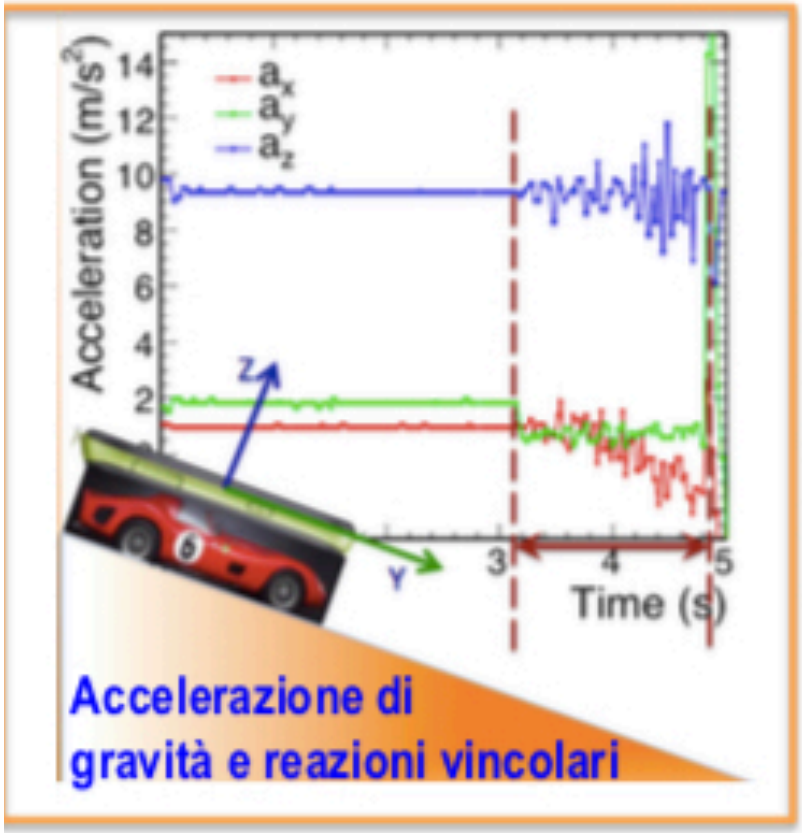
1. Prima della caduta libera:
   - $a_y \sim g$ (*)
2. Durante la caduta libera:
   - $a_y = 0$ [$a_x = a_z = 0$]
3. A fine caduta **a** variabile (rimbalzi), e infine $a_z = g$ (telefono fermo a faccia in su)

Osservatore fisso:

- Dai dati del tracciato:
  - $\Delta t = (626 \pm 27)$ ms
- Dall'equazione (1):
  - $g = 2y/\Delta t^2 = 10.2 \pm 0.8$ m/s²
- Con più misure: media, dispersione, analisi degli errori, …

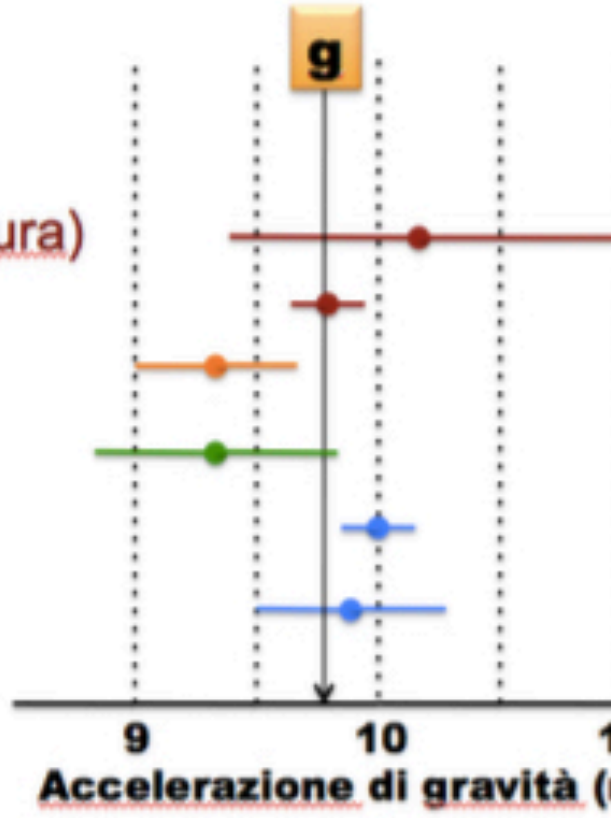
Altri esempi:

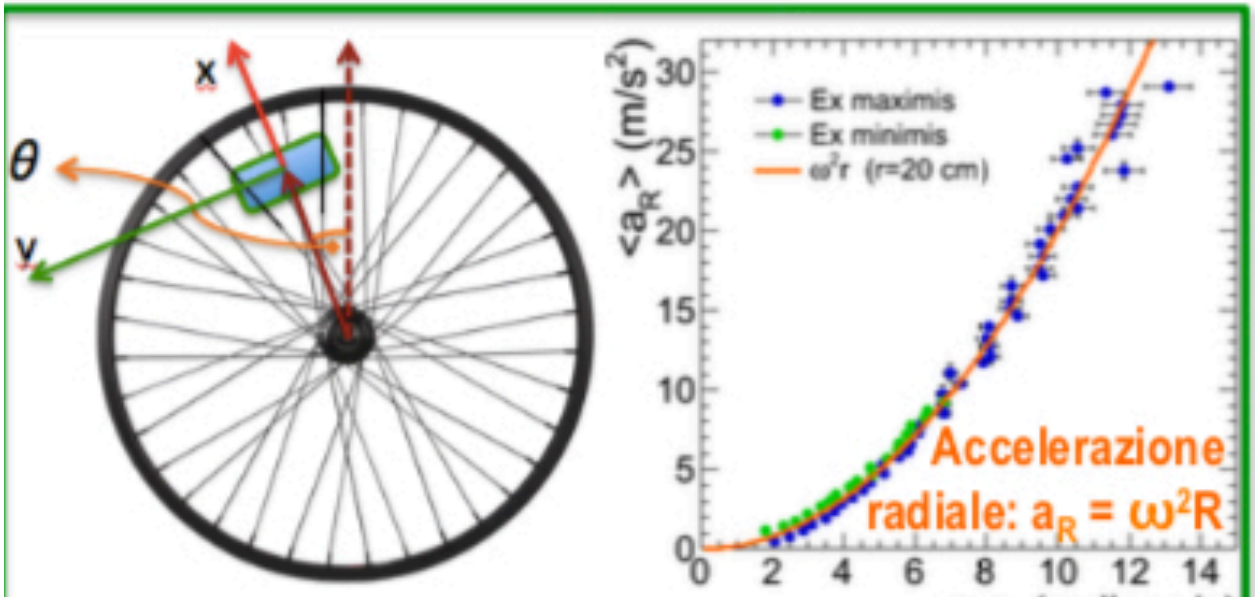
Descrizione più compl
http://virgilio.mib.infn.it/~ttf/BeSr

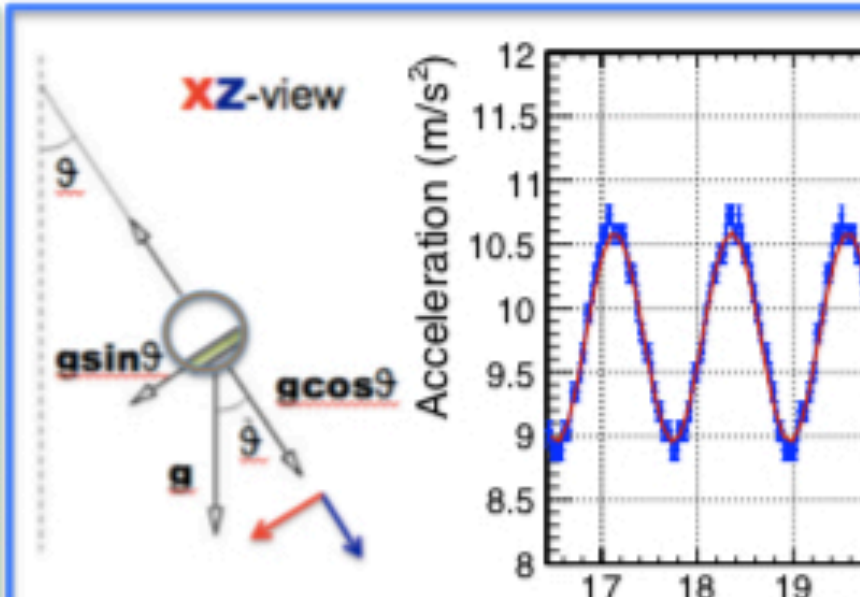


- Caduta libera (singola misura)
- Caduta libera (media)
- Piano inclinato
- Moto circolare
- Pendolo: a_R
- Pendolo: a_T

} Misure non indipendenti







Analizzatori di suono

- **Microfoni MEMS (micro-electro-mechanics systems): trasduttore pressione → tensione**
  - A **condensatore** o piezoelettrico con diaframma:
    - **$V = q/C$; $C = \varepsilon S/d$; $d = d(p)$**
    - p = pressione, V = tensione, q = carica, C = capacità, ε = costante dielettrica, S = sezione del sensore, d = distanza tra diaframma mobile e back-plane (elettrodo fisso
- **Esempi App libere per Android (Google play store)** (*)
  - **Sound Oscilloscope** [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.bolshakovdenis.soundoscilloscope]
  - **Sound Analyzer PRO** [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.zephyr.soundAnalyserPRO]

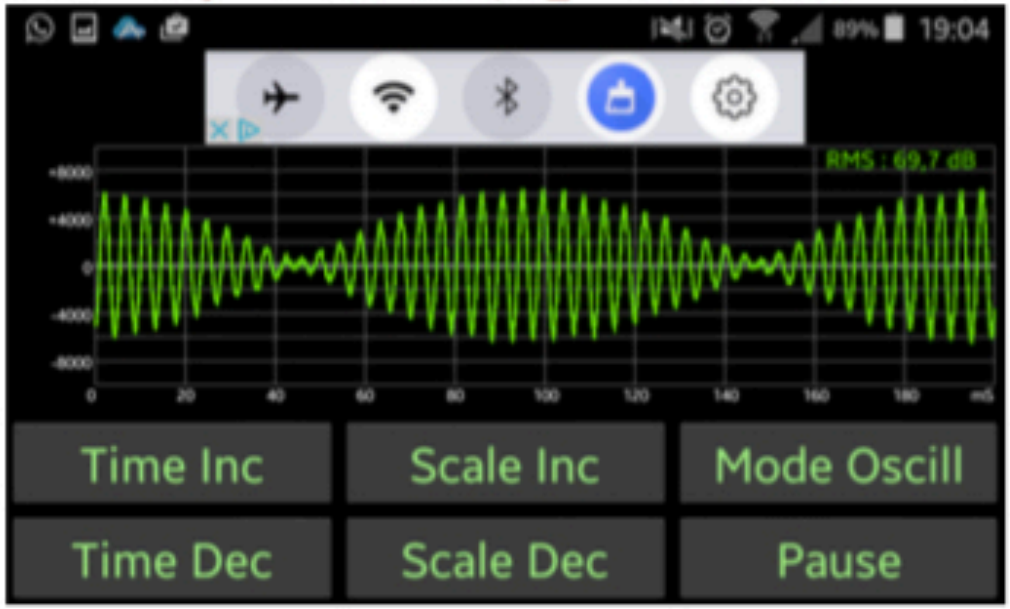
Visualizzazione della forma d'onda

Analisi in frequenza (algoritmo FFT)

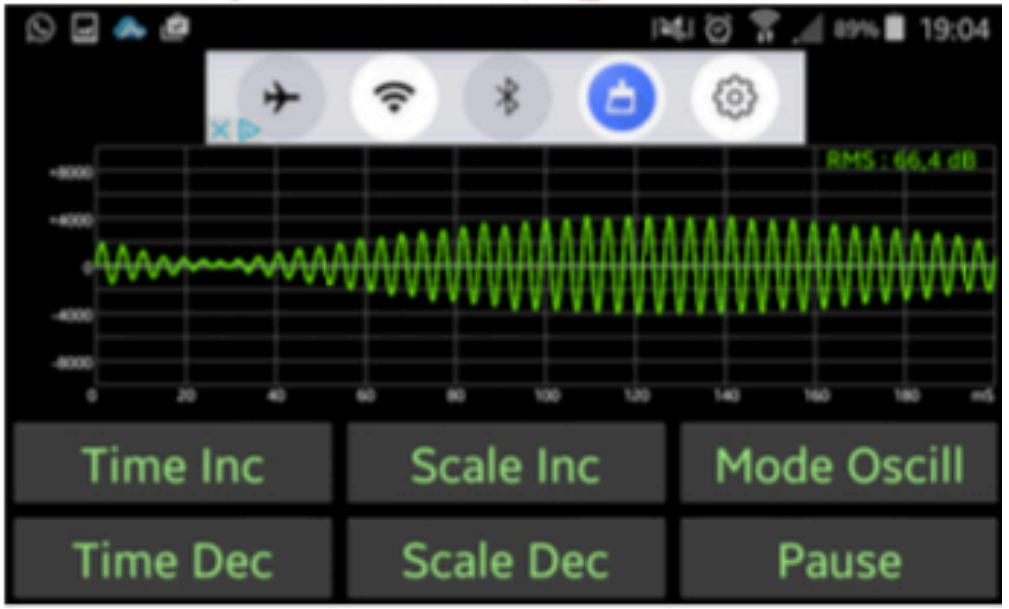
Interferenza e battimenti

- **Dimostrazione con Sound Oscilloscope e *tone generator***
  - Generazione di toni con http://onlinetonegenerator.com/
  - Aprire **due** pagine del browser con questo indirizzo
  - Generare **due toni** e osservare l'interferenza
    - *[Oppure… generatore di suoni binaurali http://onlinetonegenerator.com/binauralbeats.html]*

f_1 = 220 Hz, f_2 = 230 Hz



f_1 = 220 Hz, f_2 = 225 Hz



- **Altri possibili esercizi:**
  - Analisi in frequenza, analisi di spettro, …
  - Intensità del suono in funzione della distanza
    - Anche con App (Android): Noise Meter, Sound Meter, …