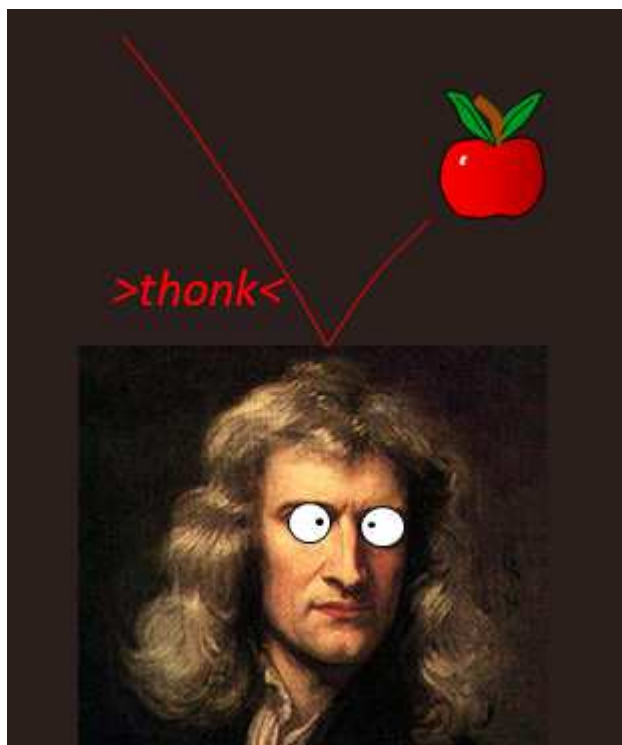


Medir a aceleração da gravidade... com um telemóvel!



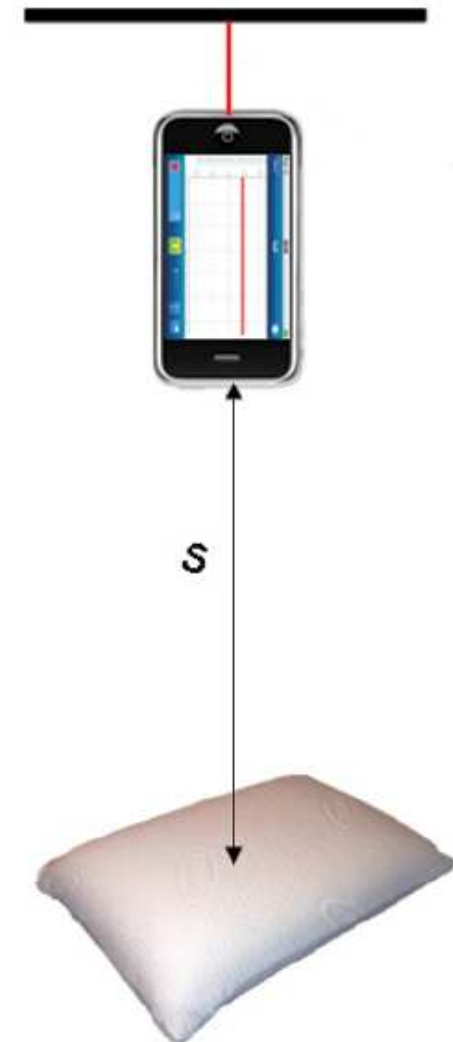
Acelerómetros

- Uma das medidas de segurança de computadores e *smarthphones* modernos é a incorporação de um **acelerómetro** nestes aparelhos.
- Como o nome indica, o **acelerómetro** mede a aceleração a que o aparelho está sujeito.
- O acelerómetro é assim capaz de detetar acelerações bruscas – **a queda de um telemóvel, por exemplo** – acionando mecanismos de proteção das zonas mais sensíveis do aparelho!

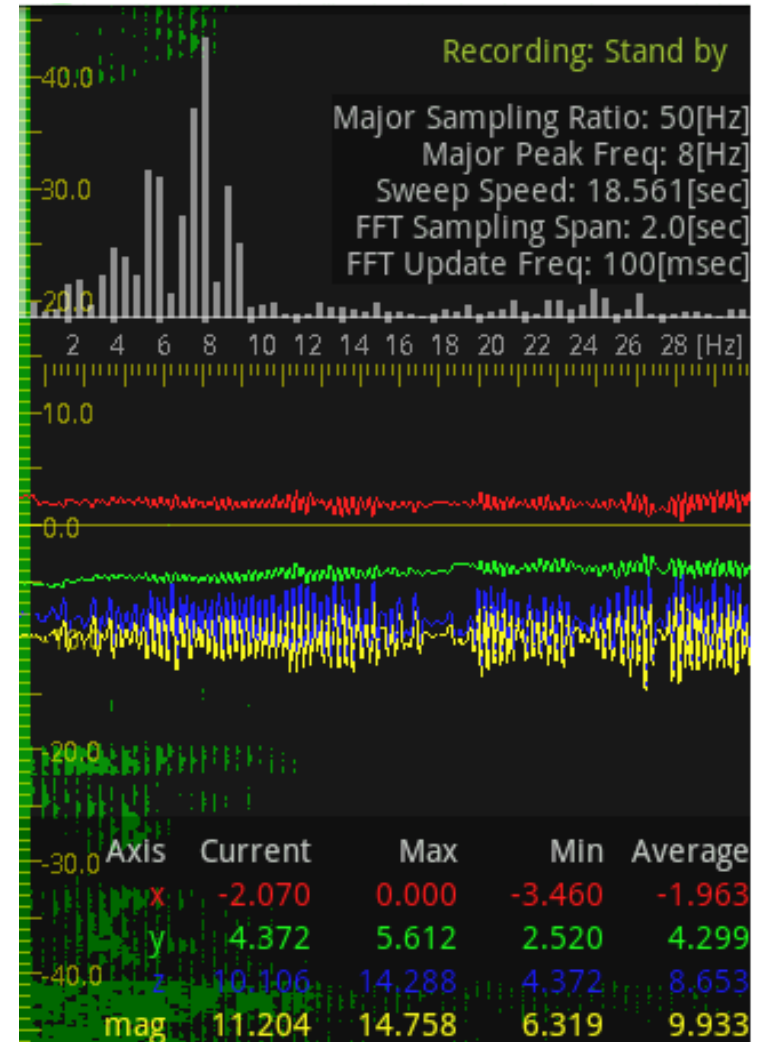
- Existem disponíveis, gratuitamente, várias aplicações que se podem instalar em *smartphones* comuns e que permitem registar os valores da aceleração a que o *smartphone* está sujeito.
- Para sistemas *Android*, por exemplo, a aplicação «*Accellogger*» é facilmente utilizável. Para o *iPhone* pode usar-se a «*SPARKvue*».
- Vamos usar o facto de estas aplicações transformarem um *smartphone* num cronómetro muito preciso!

A queda de um telemóvel!

- Nesta experiência vamos deixar um telemóvel cair... mas com uma almofada por baixo!
- Aciona-se a gravação de dados no programa **ANTES** de o telemóvel cair, e para-se essa gravação **DEPOIS** de ele aterrar na almofada.
- É preciso medir a distância **S** entre o telemóvel e a almofada, repetindo a experiência para várias distâncias.
- O telemóvel deve ser deixado cair na posição vertical.



- O programa «**Accellogger**», facilmente instalável, fornece uma série de dados gráficos, mas não são esses que se usam diretamente.
- Os dados recolhidos pela aplicação (tempo decorrido, valores da aceleração segundo os eixos *x*, *y* e *z*) podem ser gravados para um ficheiro, usando a função «**Recording**».
- O ficheiro pode então ser importado, por exemplo, para o **Excel**, onde pode ser trabalhado graficamente.

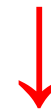


- Ao abrir o ficheiro de resultados, o que se vê é:

2014/09/28 16:47:06	856298821614000	-0,426168	9,903615	0,353145
2014/09/28 16:47:06	856298831745000	-0,359130	9,780313	0,318429
2014/09/28 16:47:06	856298841633000	-0,359130	9,780313	0,318429

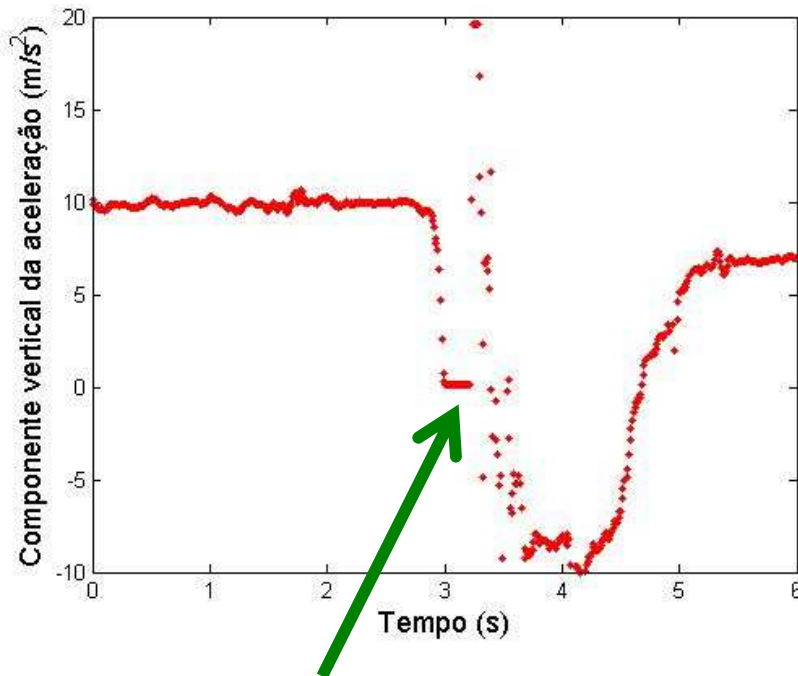


**Tempo decorrido
(em nanossegundos)**



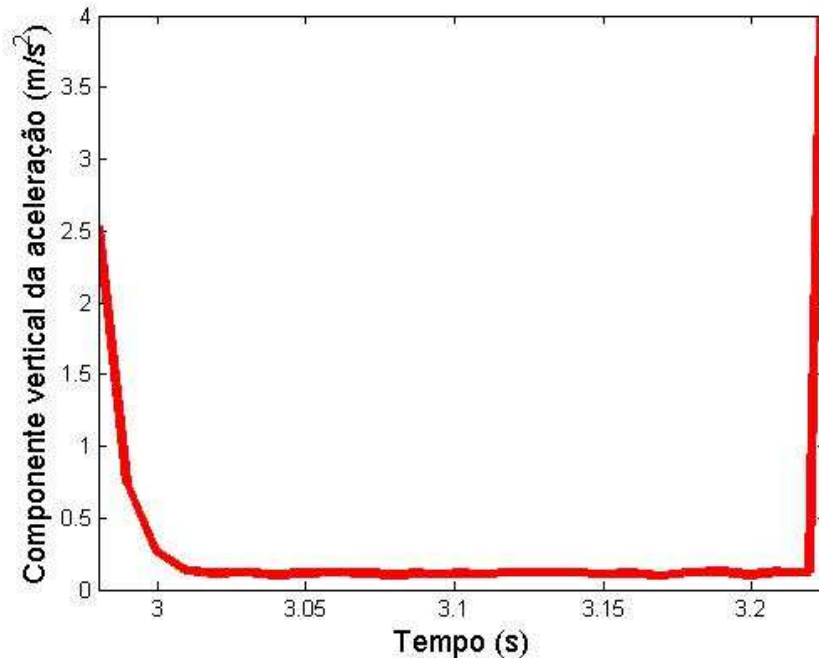
**Aceleração
vertical**

- De notar que entre uma linha do ficheiro de resultados e a próxima decorre um intervalo de tempo de cerca de 0,01 s.



- Apresenta-se ao lado o gráfico dos resultados medidos para uma das distâncias.
- Note-se que nos primeiros 3 s o telemóvel ainda não tinha sido largado, tendo o acelerómetro registado um valor constante.
- Mas durante um breve intervalo de tempo, o acelerómetro regista uma aceleração muito próxima de **zero**: é quando o telemóvel está em queda livre!
- Quando o telemóvel bate na almofada sofre uma aceleração brusca, e é isso que se vê na parte mais à direita do gráfico.

Resultados das medições



- Ampliando o gráfico, pode medir-se quanto tempo o telemóvel demorou a cair!
- Neste caso, em que a distância de queda era cerca de **40 cm**, obtivemos um tempo de queda de cerca de

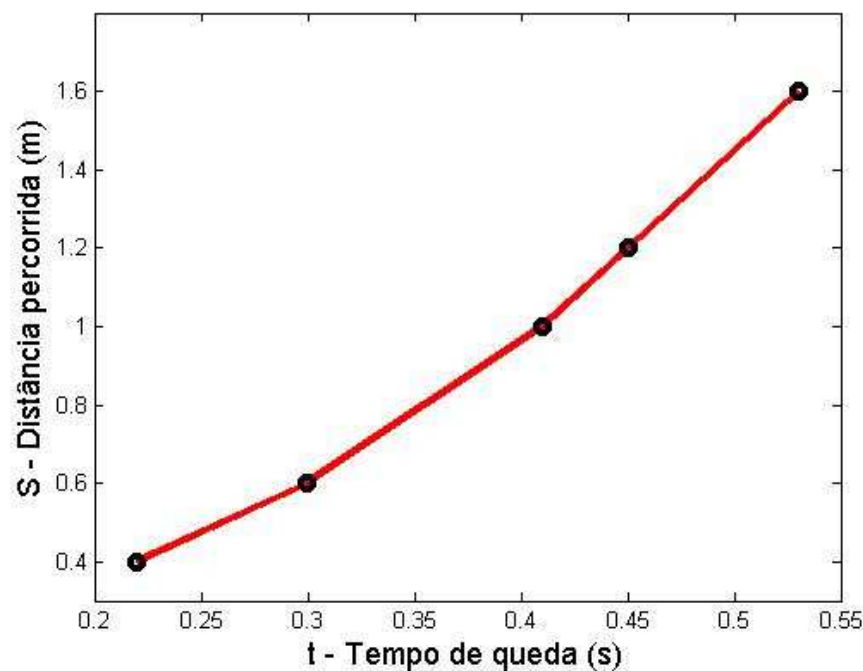
$$t_1 \cong 0,22 \text{ s}$$

À descoberta da lei do movimento

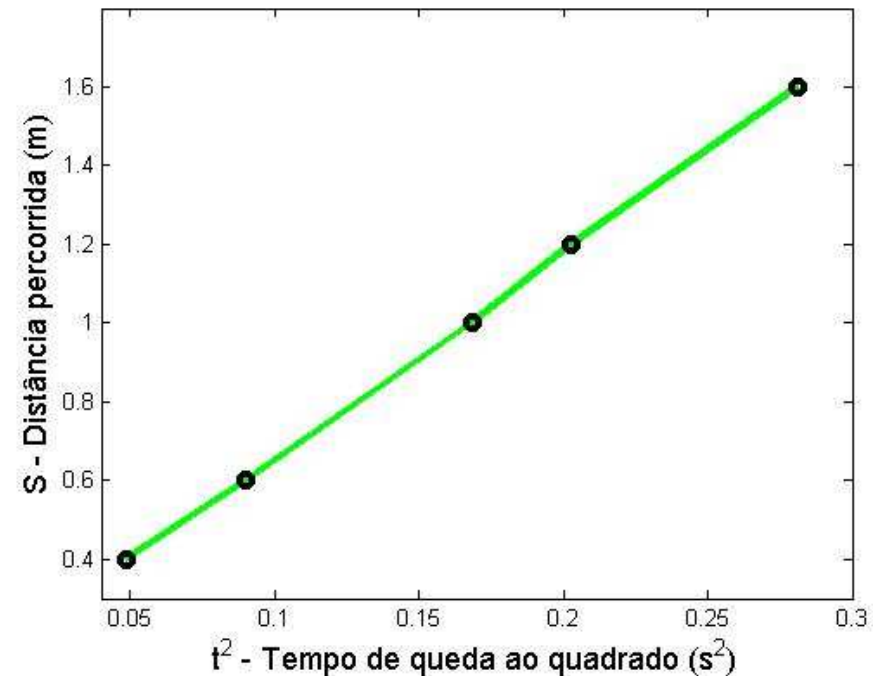
- Podemos usar os resultados obtidos para encontrar a **lei do movimento** do telemóvel – e de qualquer corpo em queda!
- A **lei do movimento** corresponde à relação entre a distância percorrida pelo telemóvel na queda, **S**, e o tempo que ele demorou a cair, **t**.
- Para a obter, convém obter resultados para, pelo menos, **cinco** distâncias diferentes.

À descoberta da lei do movimento

- Com os resultados obtidos, traça-se um gráfico da distância **S** em função do tempo de queda **t**.
- O gráfico **não é uma linha reta**: isto significa que a distância **S** percorrida **não é proporcional ao tempo t**.
- Ou seja, a distância percorrida pelo telemóvel **não aumenta de forma linear com o tempo!**



- Então qual a relação entre **S** e **t**?
- Podemos experimentar fazer vários gráficos: **S² vs t**, **S vs t³**, etc.
- Mas só o gráfico de **S vs t²** vai ser **praticamente uma linha reta!**
- Podem medir-se mais valores de distância e tempo para traçar uma reta cada vez mais perfeita.



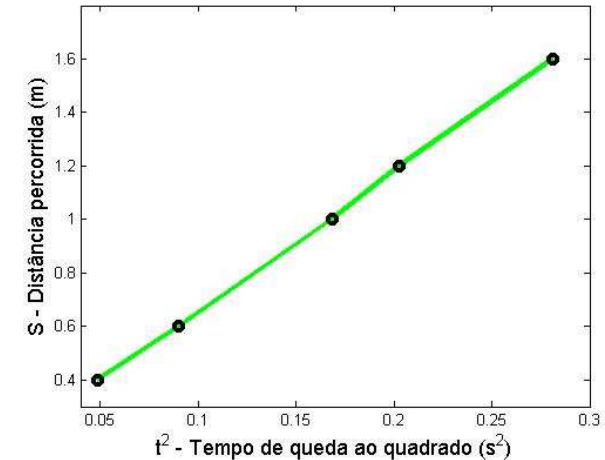
O que é que isto significa?

- Como o gráfico de **S vs t^2** dá uma linha reta, isto quer dizer que...

... a distância percorrida pelo telemóvel é proporcional ao QUADRADO do tempo!
- Quer dizer: se o telemóvel caísse **um segundo** percorreria uma dada distância (cerca de 5 m). Mas se caísse **o dobro (2 vezes!) do tempo**, a distância que ele iria percorrer seria **4 vezes maior, quase 20 metros!**
- Se o telemóvel caísse **3 segundos (3 vezes mais!),** a distância seria **9 vezes maior, quase 45 m!**

- É fácil ver que o declive da linha reta representado no gráfico é cerca de 5.
- Então, concluimos que

$$S \cong 5 \times t^2$$



- Consegue mostrar-se que a fórmula exacta para a queda de um corpo é dada por

$$S = \frac{g}{2} \times t^2$$

onde «**g**» é a **aceleração da gravidade** – a aceleração provocada pela força da gravidade em todos os corpos à superfície da Terra.

A aceleração da gravidade

- Se compararmos a **fórmula que obtivemos da nossa experiência** com a **fórmula exacta**, conseguimos descobrir o valor da aceleração da gravidade!

$$S \cong 5 \times t^2 \quad \text{e} \quad S = \frac{g}{2} \times t^2$$

Obtendo-se

$$\frac{g}{2} \cong 5$$

E portanto

$$g \cong 10 \text{ m/s}^2$$

- O valor exato é **$g = 9,8 \text{ m/s}^2$** . Portanto, a nossa experiência já consegue obter um valor desviado apenas **2% de distância** do valor correto!

Para saber mais...

- Este método foi proposto por *Patrik Vogt and Jochen Kuhn* no seu artigo didático «**Analyzing free fall with a smartphone acceleration sensor**», em *The Physics Teacher*, vol. 50 (2012), pág. 182, disponível em <http://www.aapt.org/Resources/upload/PTE000182.pdf>
- Para outros usos do acelerómetro de *smartphones* para efeitos científicos, ver por exemplo «**Smartphone acceleration sensors in undergraduate Physics experiments**», disponível em http://ineer2014.rtu.lv/sites/default/files/Paper_079.pdf
- Para uma experiência de determinação da aceleração da gravidade usando equipamento científico mais «tradicional», ver por exemplo <https://www.youtube.com/watch?v=ima3Bv-ns-w>
- O «Accellogger» aqui utilizado foi desenvolvido pelo Dr. Sora Takayama. Mais detalhes na sua página: <http://www.daikiko.com/programs/Accellogger/?lg=en>

- Esta atividade é uma boa oportunidade para explorar a interdisciplinaridade com as disciplinas de Matemática e TIC.
- Embora tenha mais «piada» a determinação do valor da aceleração da gravidade, é possivelmente mais pedagógico explorar esta atividade do ponto de vista da obtenção da lei do movimento da queda dos graves (movimento uniformemente acelerado).
- Uma vez que os alunos não têm, no 9.º ano, conhecimentos de matemática suficientes para perceberem porque é que $s = gt^2/2$, a experiência aqui proposta é uma forma de os levar a descobrir essa fórmula, ressaltando que ela também pode ser obtida a partir dos princípios da física.
- A utilização de um objeto que os alunos conhecem e dominam no seu dia a dia, o *smartphone*, no contexto de uma atividade científica, poderá também despertar o seu interesse para a ciência.
- O processo que explicámos aqui usa apenas a componente vertical da aceleração da gravidade. Num estudo mais preciso dever-se-ia utilizar o *módulo* da aceleração:

$$|a| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$