

Introdução às Medidas em Física

7ª Aula

<http://www.dfn.if.usp.br/~suaide/>

Alexandre Suaide

Ed. Oscar Sala

sala 246

ramal 7072



Estudo de um corpo em movimento

- Como estudar o movimento de um corpo?
- O que caracteriza um movimento?
- Como obter essas informações e como analisá-las?



Estudo de um corpo em movimento

- Em última instância queremos entender as interações (forças) de um corpo no meio.
- Como, observando o movimento de um corpo, podemos entender as forças que atuam sobre um corpo?

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \approx m\vec{a}$$



Estudo de um corpo em movimento

- Se eu sei a posição de um corpo em função do instante de tempo, eu determino a cinemática do movimento e, conseqüentemente a força resultante sobre o corpo

$$\vec{v} = \frac{d\vec{x}}{dt} \quad \Rightarrow \quad \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$



Estudo de um corpo em movimento

- Mas quem é a força que eu estou determinando?

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \approx m\vec{a}$$

- Essa análise cinemática me permite determinar a força resultante que está agindo sobre um corpo, como saber quais são as forças individuais?



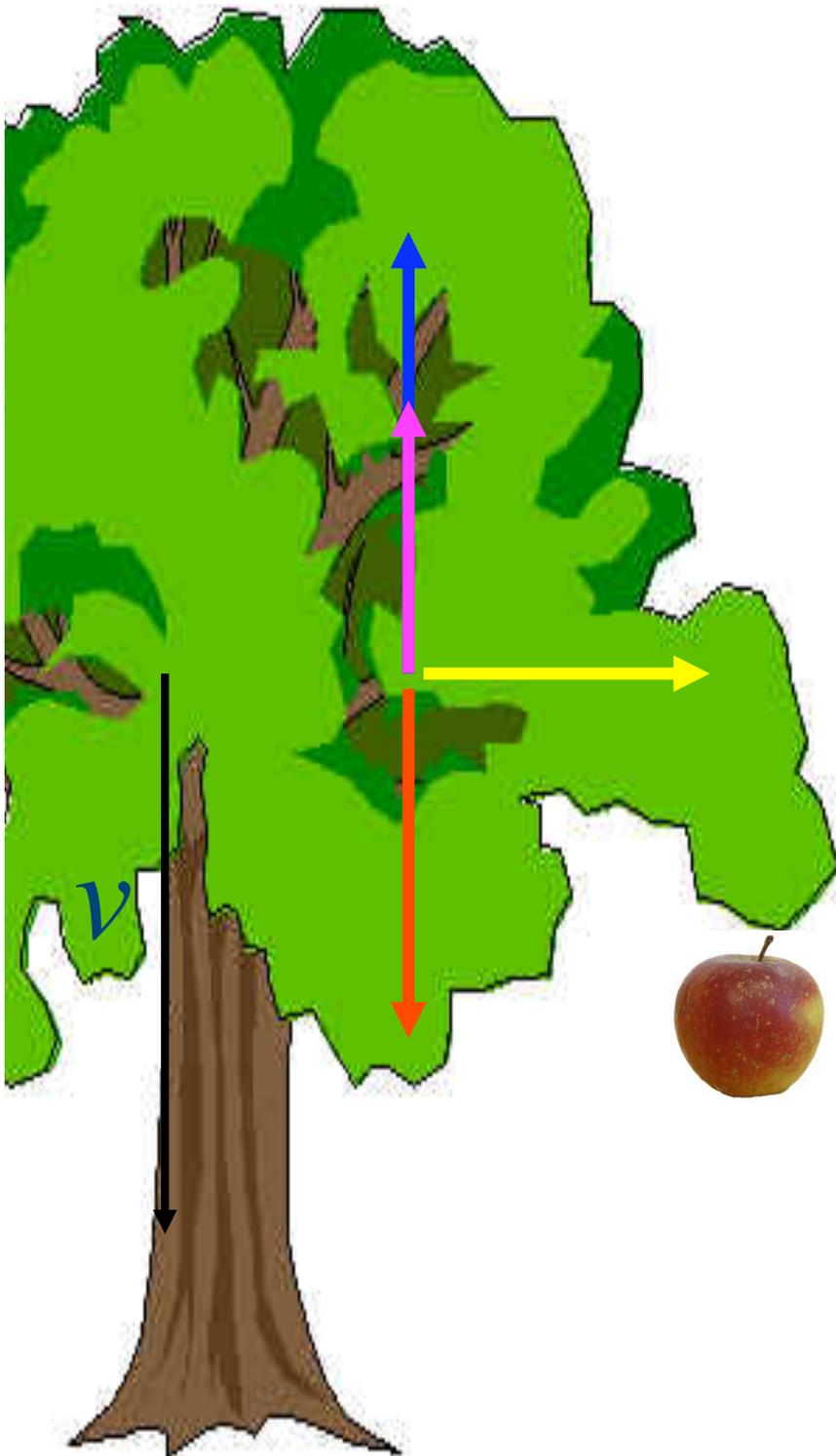
Estudo de um corpo em movimento

- Para tentar entender as forças individuais que agem sobre um corpo deve-se:
 - Estudar o movimento sobre vários aspectos (variar condições iniciais, método de medida, etc).
 - Ter precisão suficiente para distinguir os diferentes cenários.



Corpo em queda livre

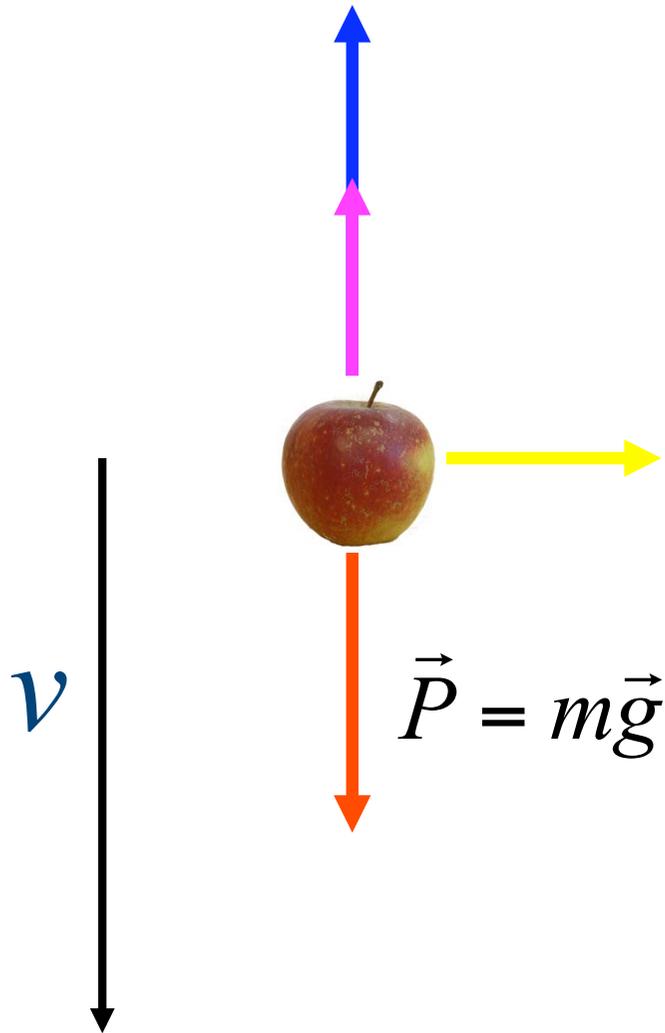
- Vamos estudar o movimento de um corpo em queda livre
 - Medida da cinemática completa desse corpo, ou seja, medir a posição em função do tempo
 - Velocidade, aceleração
- Nós entendemos o movimento desse corpo? Quais são as forças atuantes? Somos sensíveis a essas forças?
 - Testar hipóteses



Corpo em queda livre

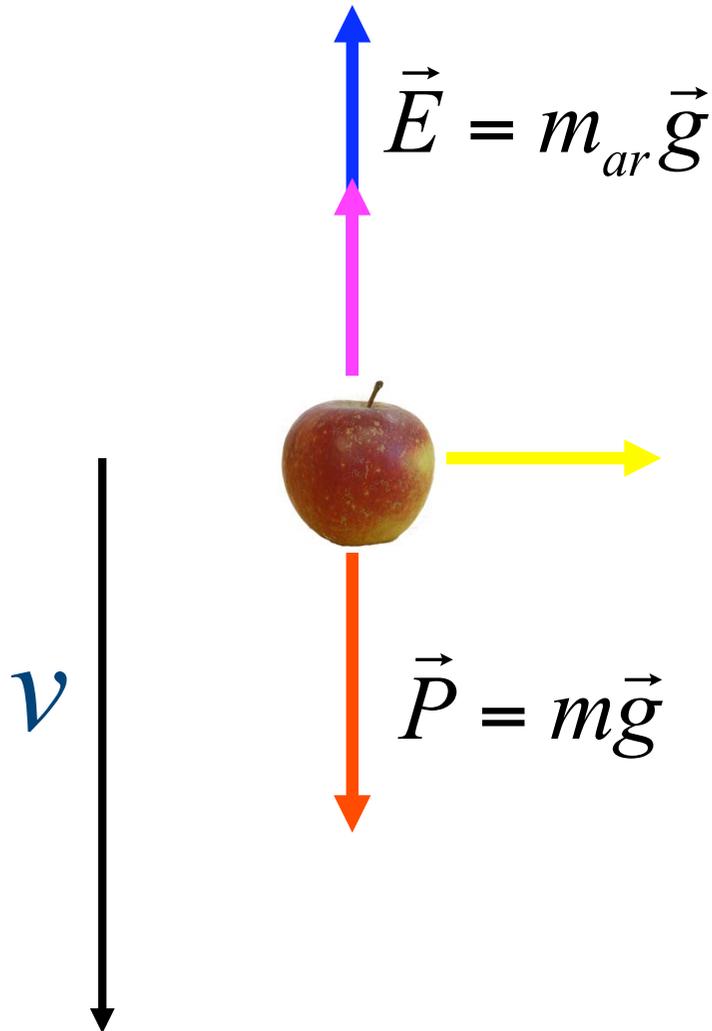
- Que forças podem estar atuando sobre um corpo em queda livre?
 - Peso (gravidade)
 - Empuxo (o ar tentando ocupar de volta o espaço do corpo)
 - Atrito com o ar (somente se houver movimento)
 - Outras forças?
 - Forças laterais, etc...

Corpo em queda livre

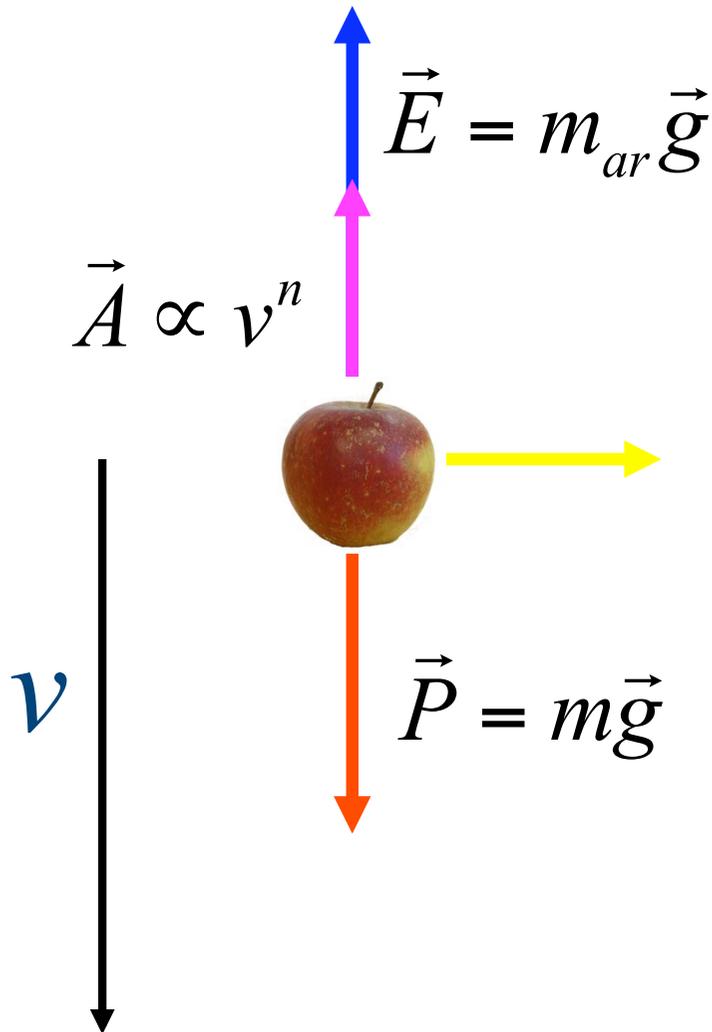


- Peso (P)
 - Atração gravitacional entre a terra e o corpo. Por simplicidade, assume-se a gravidade como uma constante

Corpo em queda livre

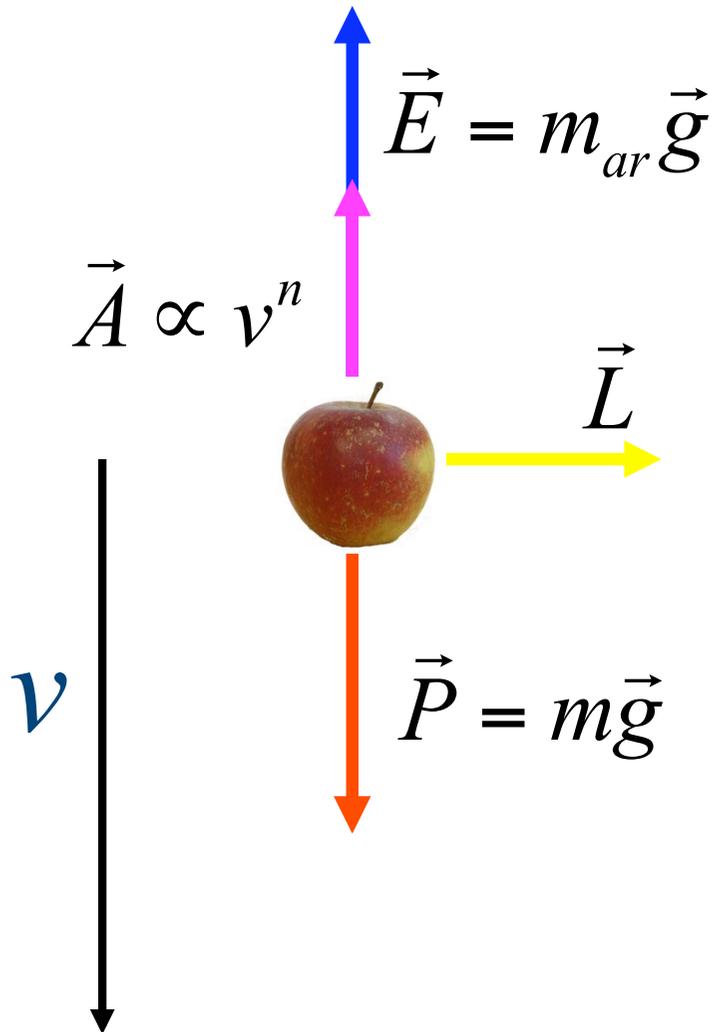


- Empuxo (E)
 - Atração gravitacional da massa de ar deslocada, que “tenta” ocupar novamente o espaço do corpo. Tem o sentido oposto ao peso.



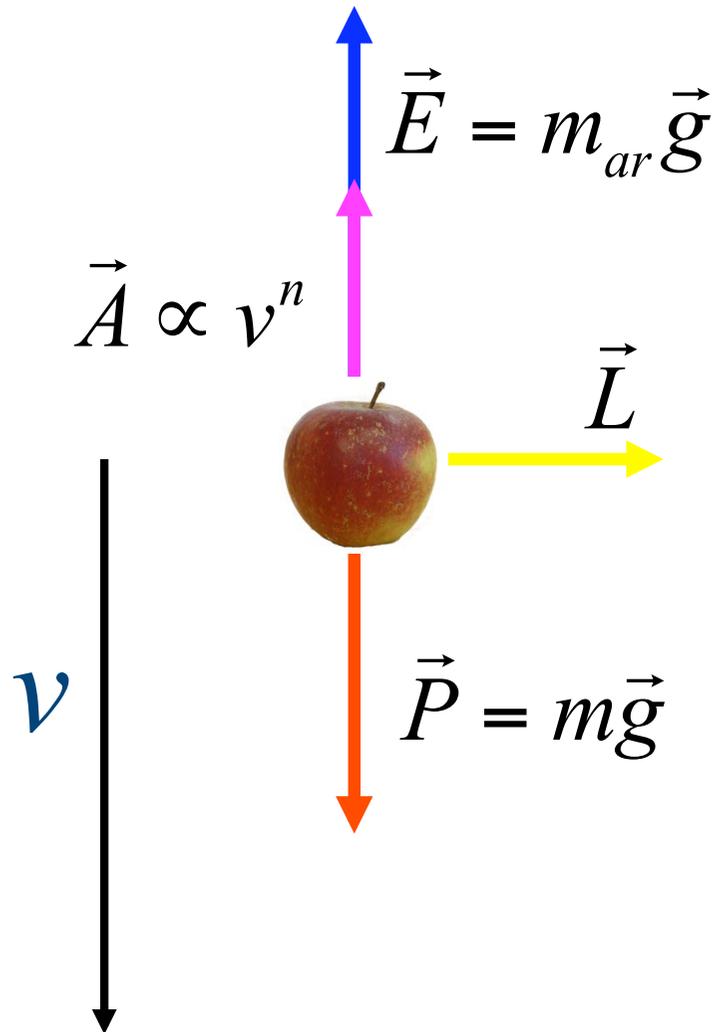
Corpo em queda livre

- Atrito (A)
 - Forças de atrito devido à viscosidade do ar
 - Em geral, são muito dependentes da geometria do corpo
 - Depende fortemente de como o meio escoar em torno do corpo
 - Depende da velocidade



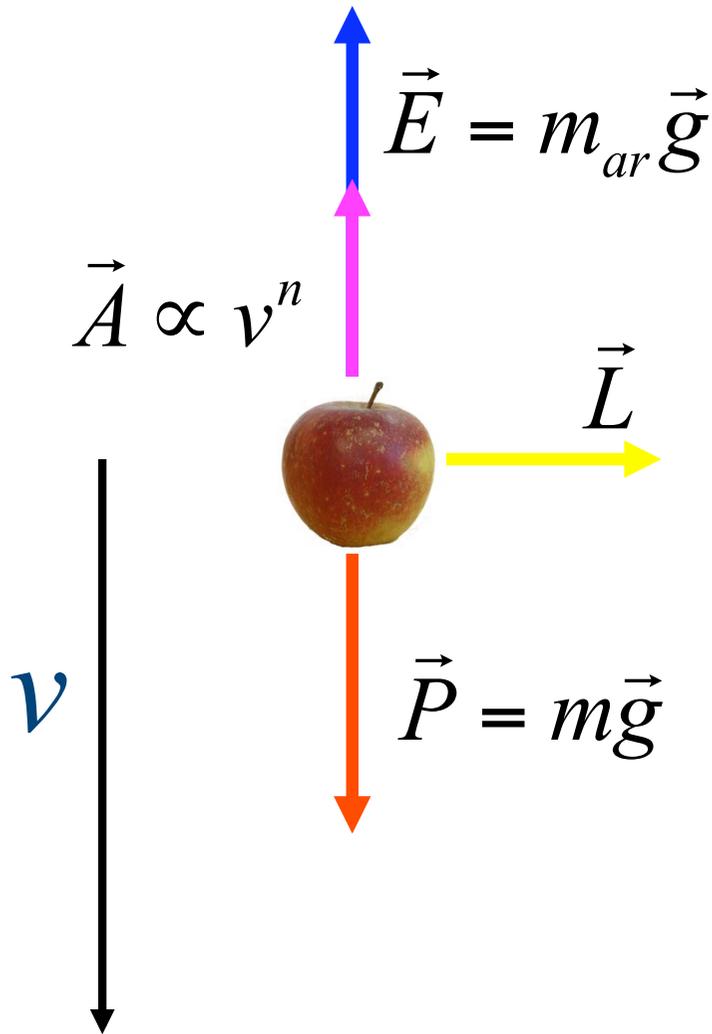
Corpo em queda livre

- Forças laterais (L)
 - Pode ter várias origens e depende que quão bem controlado é o ambiente
 - Dependendo do sistema, uma pequena perturbação pode alterar totalmente o movimento lateral do corpo



Corpo em queda livre

- Como testar estas hipóteses? O nosso arranjo experimental é sensível o suficiente para perceber essas variações?
- O que aconteceria se uma das forças for muito mais intensa que as restantes?



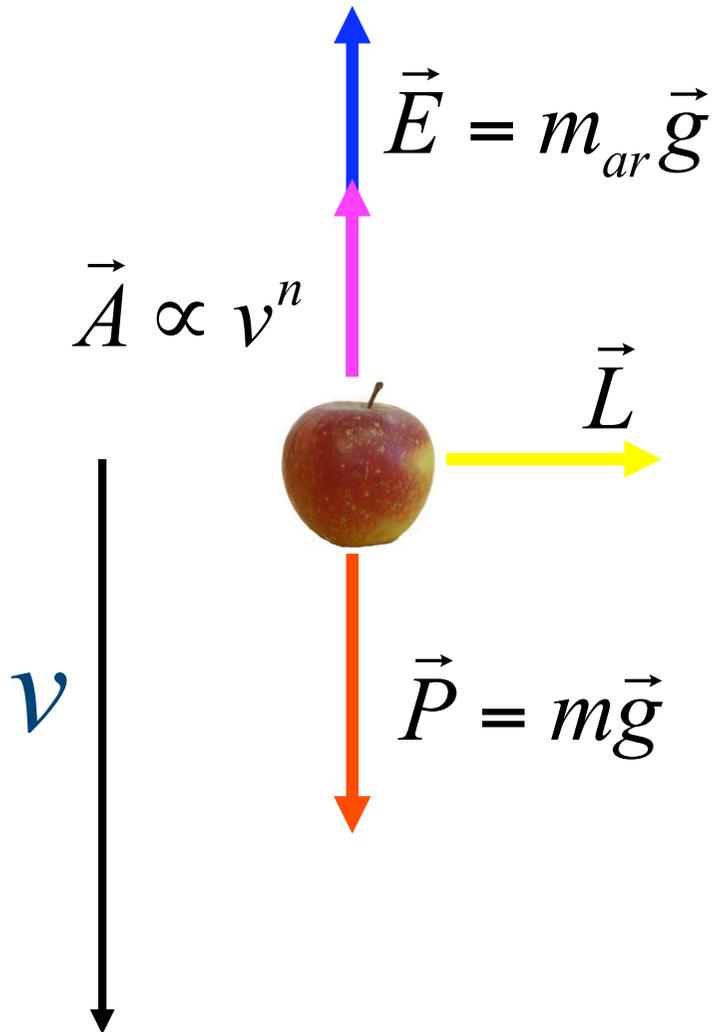
Corpo em queda livre

- Hipótese de um corpo em queda livre em uma situação “quase ideal”

$$\vec{P} \gg \vec{E} + \vec{A} + \vec{L}$$

$$\vec{F} = m\vec{a} \approx \vec{P} = m\vec{g}$$

$$\vec{a} \approx \vec{g} \approx \text{constante}$$



Corpo em queda livre

- Resolvendo o movimento

$$\vec{a} \approx \vec{g} \approx \text{constante}$$

$$\vec{g} = \frac{d\vec{v}}{dt} \Rightarrow g = \frac{dv}{dt} \quad (1D)$$

$$v = v_0 + gt$$

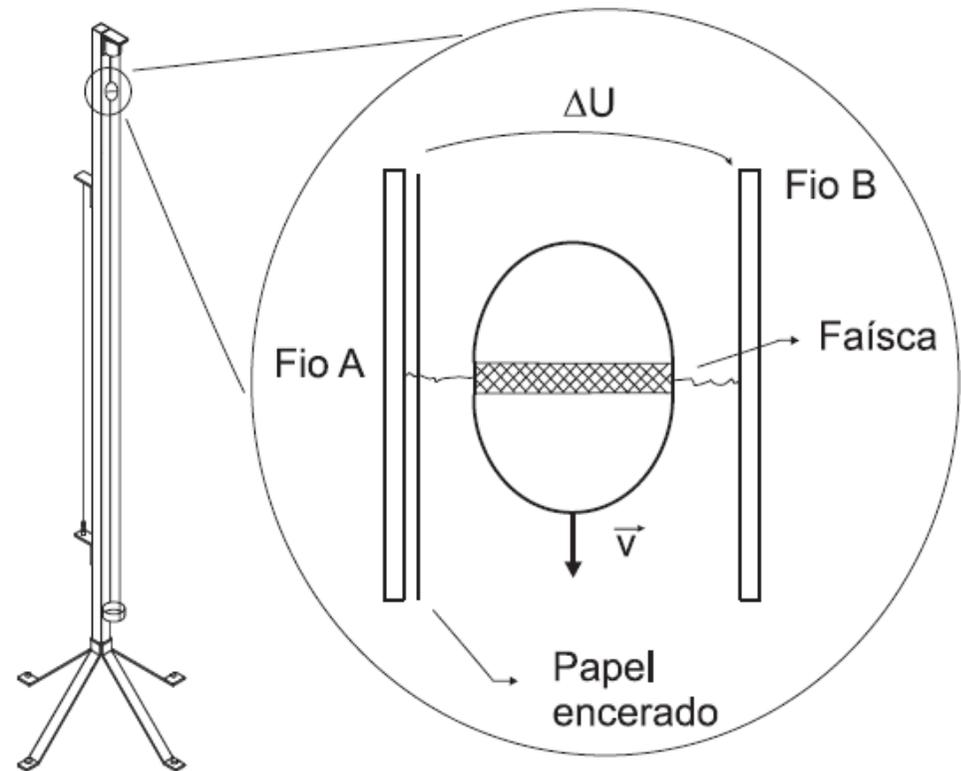
$$v = \frac{dx}{dt} \Rightarrow x = x_0 + v_0 t + \frac{g}{2} t^2$$

Movimento de um corpo em queda livre

- Como medir a posição de um corpo em instantes de tempo bem determinados?
 - Muitos métodos diferentes
 - Radar, laser, fotos em instantes consecutivos (filme)
- Experiência de queda livre
 - Usar a rede elétrica como referência em tempo e um dispositivo elétrico para marcar a posição do corpo em cada instante

Arranjo experimental

- Corpo utilizado: um ovo plástico
 - A geometria do ovo plástico minimiza efeitos de atrito com o ar.
- Medida das posições
 - Um faiscador gera um pulso de alta voltagem (cuidado) com frequência igual a da rede elétrica (60,00 Hz). Esse pulso gera uma faísca que marca a posição do ovo em uma tira de papel encerado
 - A cada $1/60,00$ segundos uma faísca é gerada no papel.

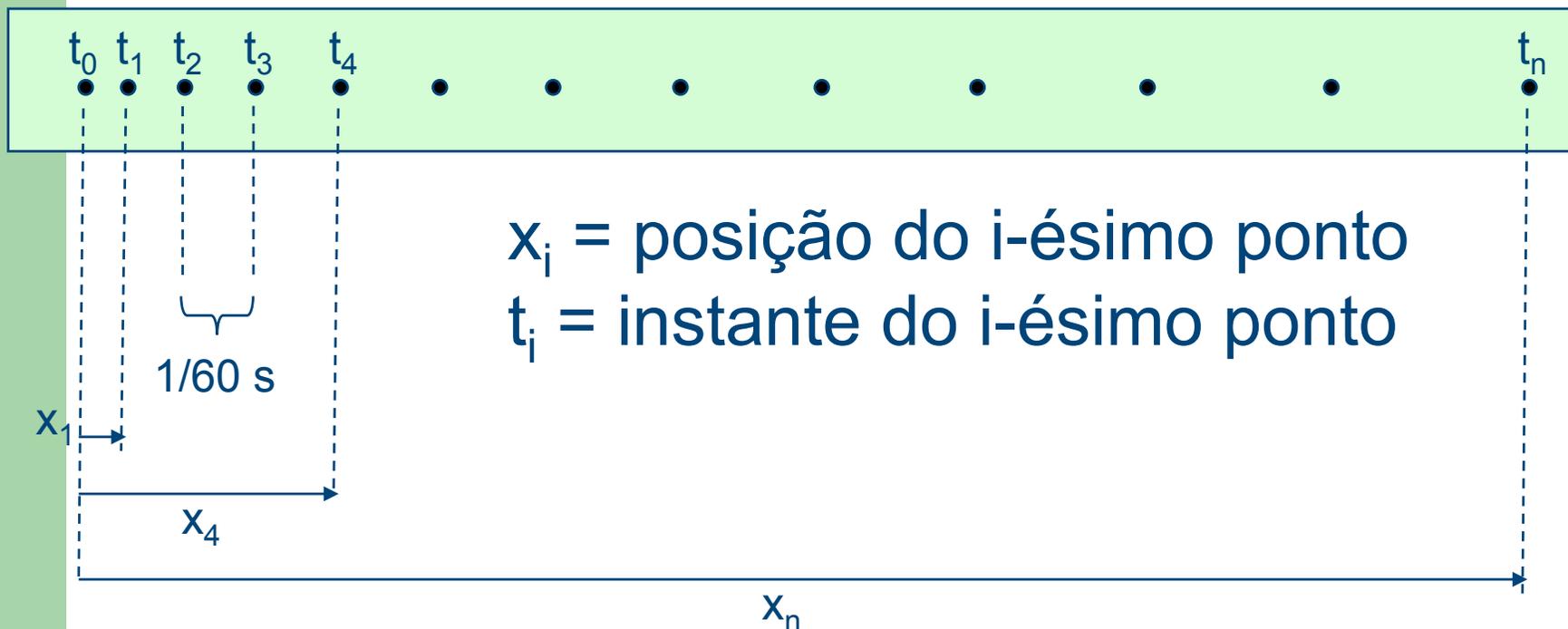


Atividades

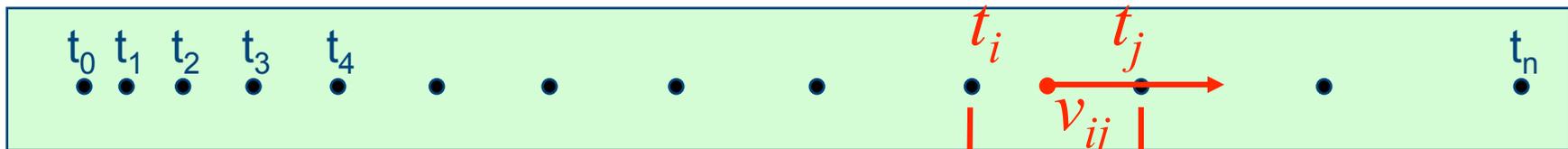
- Realizar a medida de queda livre do ovo utilizando o arranjo experimental disponível.
- Cuidados experimentais
 - Ver apostila
 - Cuidado com choques elétricos. Estamos utilizando altas tensões elétricas

Dados adquiridos

- Fita encerada
 - Posição do ovo a cada $1/60$ segundos



Análise dos dados: obtenção da velocidade instantânea



- Velocidade instantânea

$$v = \frac{dx}{dt} \approx \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

- Quem é Δx e Δt ?

$$v(t_{ij}) \approx \frac{\Delta x_{ij}}{\Delta t_{ij}}, \text{ sendo } i, j \text{ o índice de dois pontos}$$

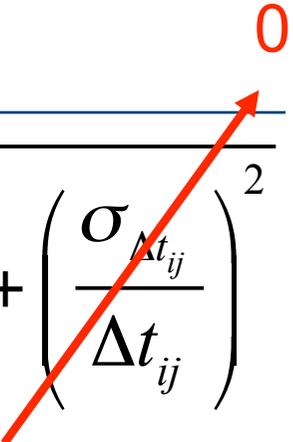
$$t_{ij} = \frac{t_i + t_j}{2} \quad \text{e} \quad \Delta t_{ij} = t_j - t_i$$

Análise dos dados

- Obtenção da velocidade instantânea

$$v(t_{ij}) = v_{ij} \approx \frac{\Delta x_{ij}}{\Delta t_{ij}}$$

- Qual é a incerteza na velocidade
 - Propagação de incertezas

$$\sigma_{v_{ij}} = v_{ij} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{\Delta x_{ij}}}{\Delta x_{ij}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{\Delta t_{ij}}}{\Delta t_{ij}}\right)^2}$$


- A incerteza de Δx_{ij} é a própria incerteza da medida do deslocamento
- Quem é a incerteza do tempo?

A rede elétrica é altamente estável, caso contrário não seria possível conduzir a energia por milhares de km

Atividades de análise de dados

- Fazer uma tabela de posição do objeto como função do tempo
- Calcular os deslocamentos e **calcular a velocidade**
 - Dois sub-grupos dentro de cada grupo
 - Um deles mede deslocamentos em intervalos consecutivos $(i,j) = (1,2); (3,4); (5,6);$ etc
 - O outro grupo mede deslocamentos em intervalos intercalados $(i,j) = (1,3); (2,4); (5,7); (6,8)$ etc
 - Note que nenhum ponto é utilizado duas vezes. Porque?
- A partir do mesmo princípio do cálculo da velocidade, obter a aceleração instantânea
- **Organizar os dados em uma tabela**