

Aula 2

Movimento de queda de corpos



Física Experimental II
Segundo semestre 2012



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

- No final 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?

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = m\vec{a} \text{ (massa constante)}$$



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 qual é a força que eu estou determinando?

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

- 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

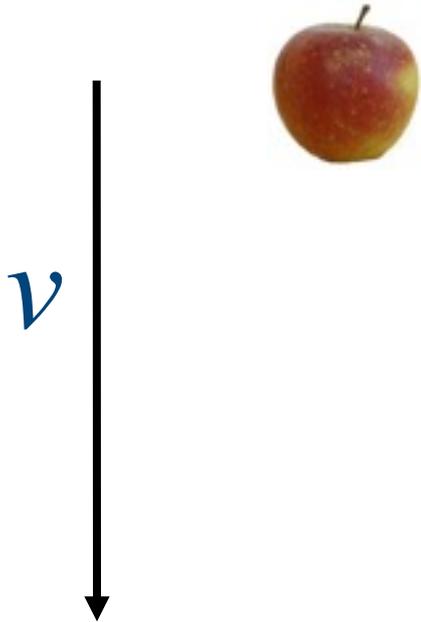


Corpo em queda livre

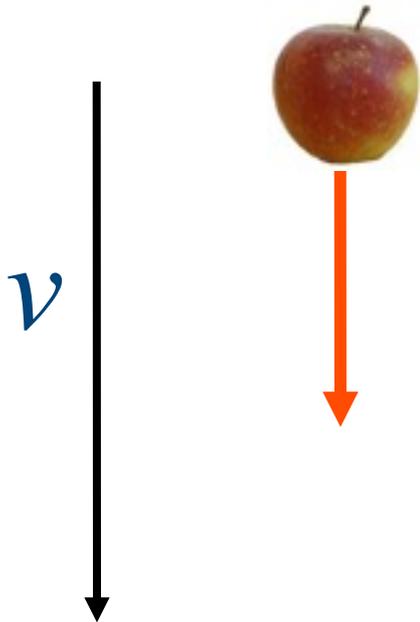


Corpo em queda livre

- Que forças podem estar atuando sobre um corpo em queda livre?

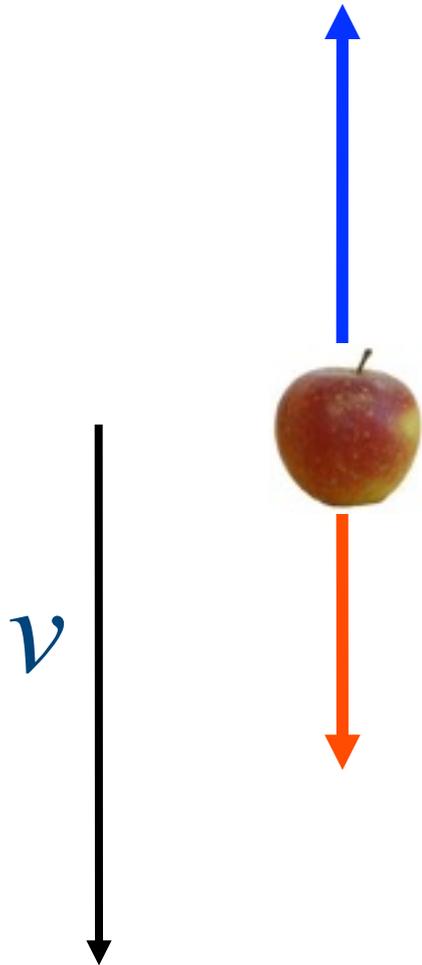


Corpo em queda livre



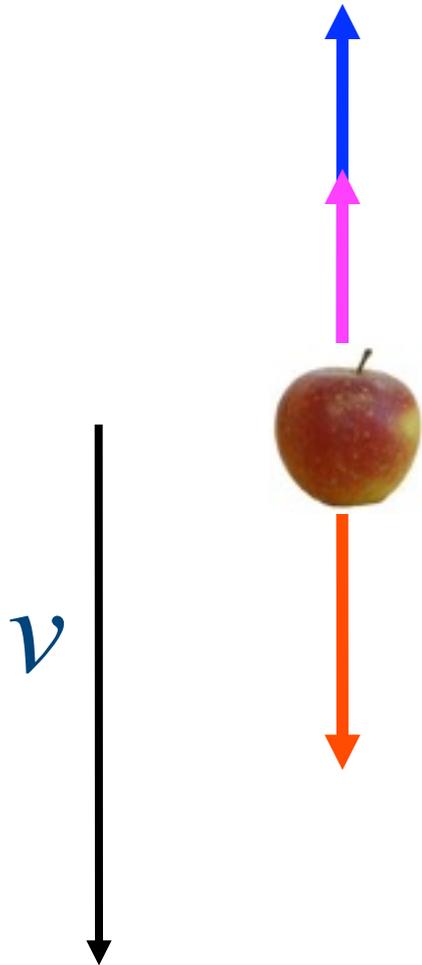
- Que forças podem estar atuando sobre um corpo em queda livre?
 - Peso (gravidade)

Corpo em queda livre



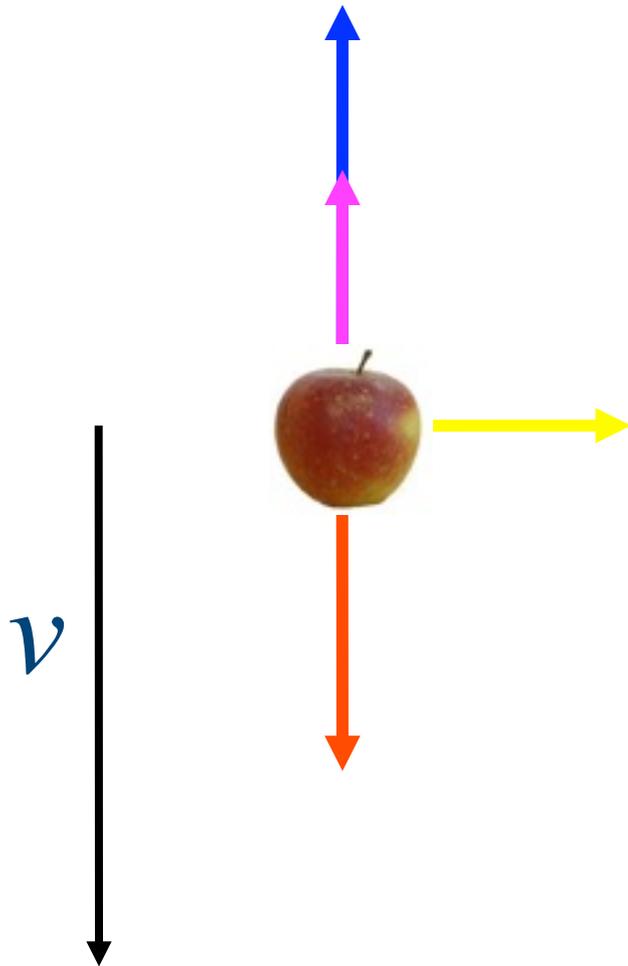
- Que forças podem estar atuando sobre um corpo em queda livre?
 - Peso (gravidade)
 - Empuxo (sustentação do ar sobre o corpo)

Corpo em queda livre



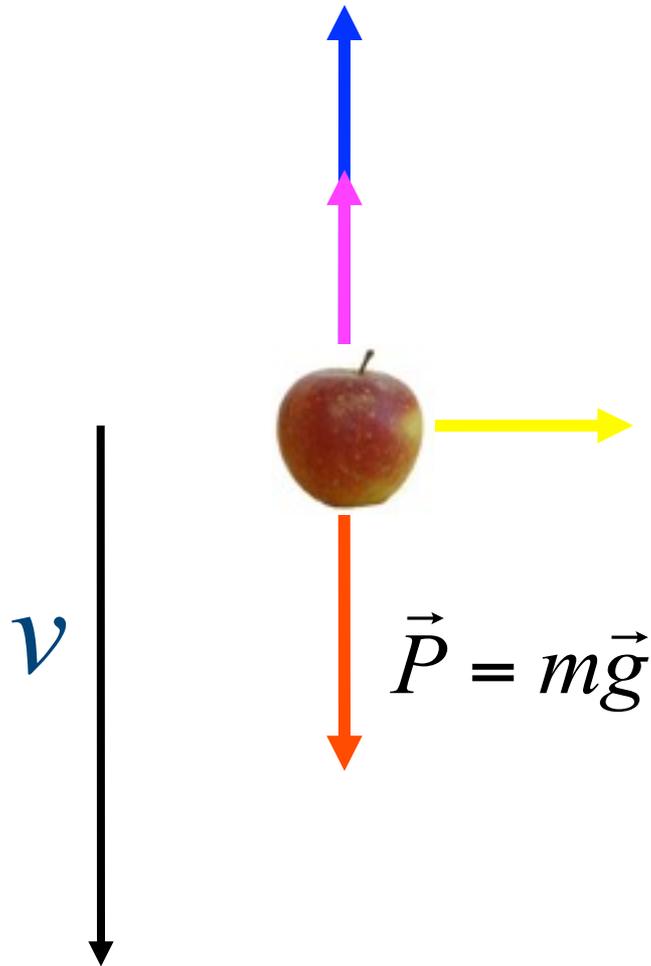
- Que forças podem estar atuando sobre um corpo em queda livre?
 - Peso (gravidade)
 - Empuxo (sustentação do ar sobre o corpo)
 - Atrito com o ar (somente se houver movimento)
 - Outras forças?

Corpo em queda livre



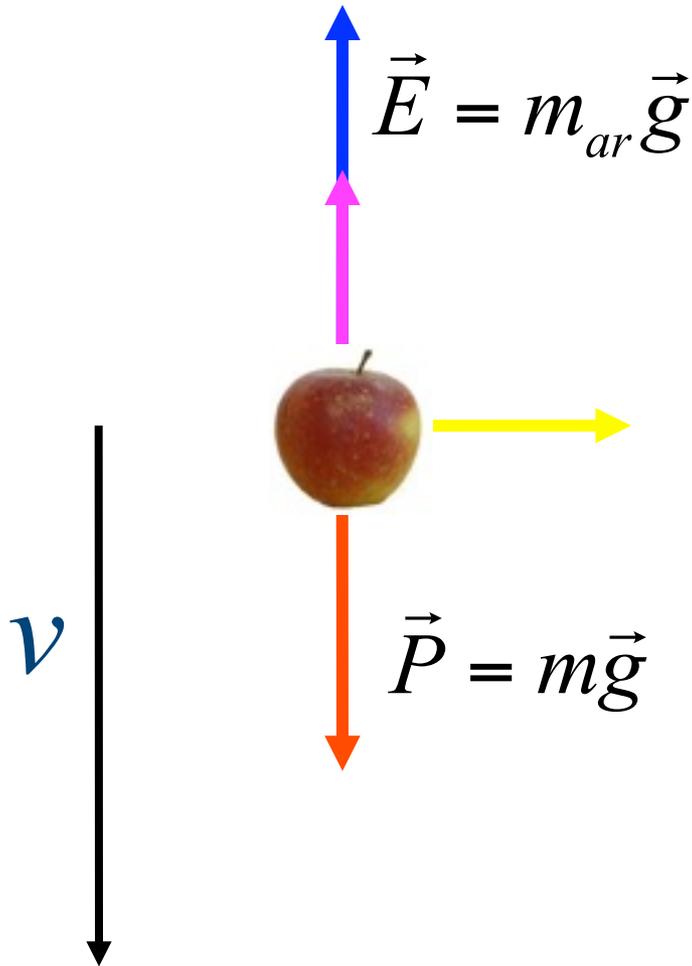
- Que forças podem estar atuando sobre um corpo em queda livre?
 - Peso (gravidade)
 - Empuxo (sustentação do ar sobre o corpo)
 - Atrito com o ar (somente se houver movimento)
 - Outras forças?
 - Forças laterais, etc...

Corpo em queda livre



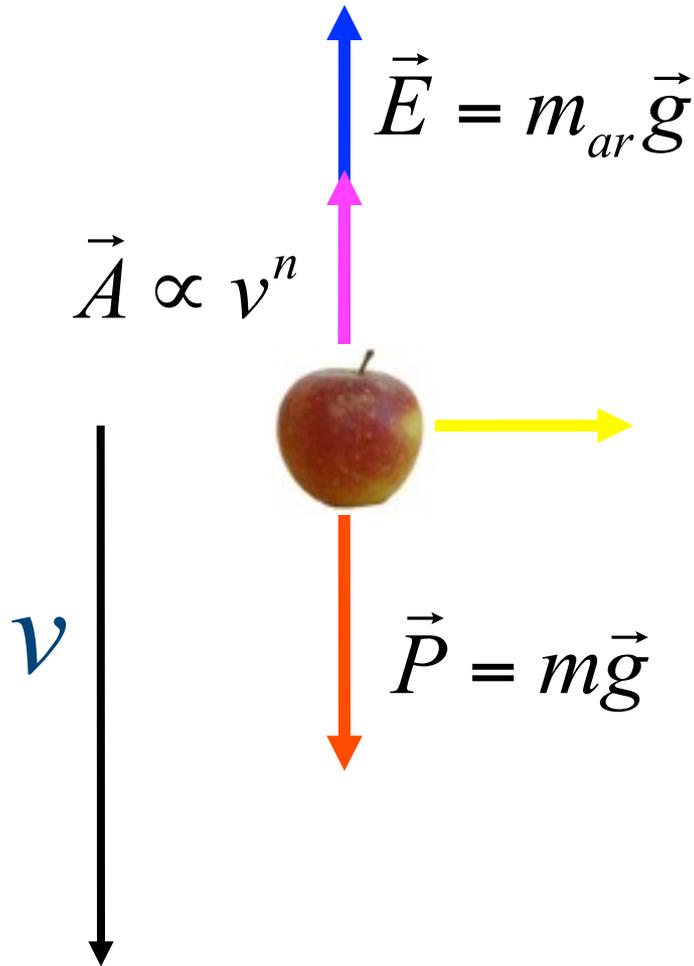
- Peso (P)
 - Atração gravitacional entre a terra e o corpo. Por simplicidade, assume-se a gravidade como uma constante.

Corpo em queda livre



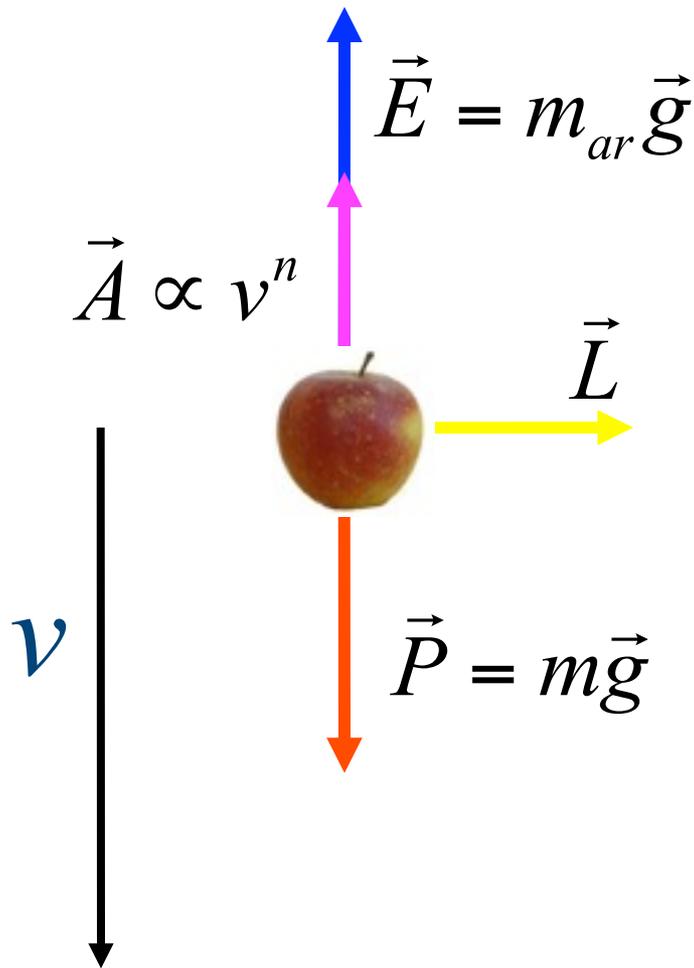
- Empuxo (E)
 - Força de sustentação do meio sobre o corpo.
 - Tem módulo igual ao peso do meio cujo volume foi ocupado pelo corpo e sentido oposto à força peso.

Corpo em queda livre

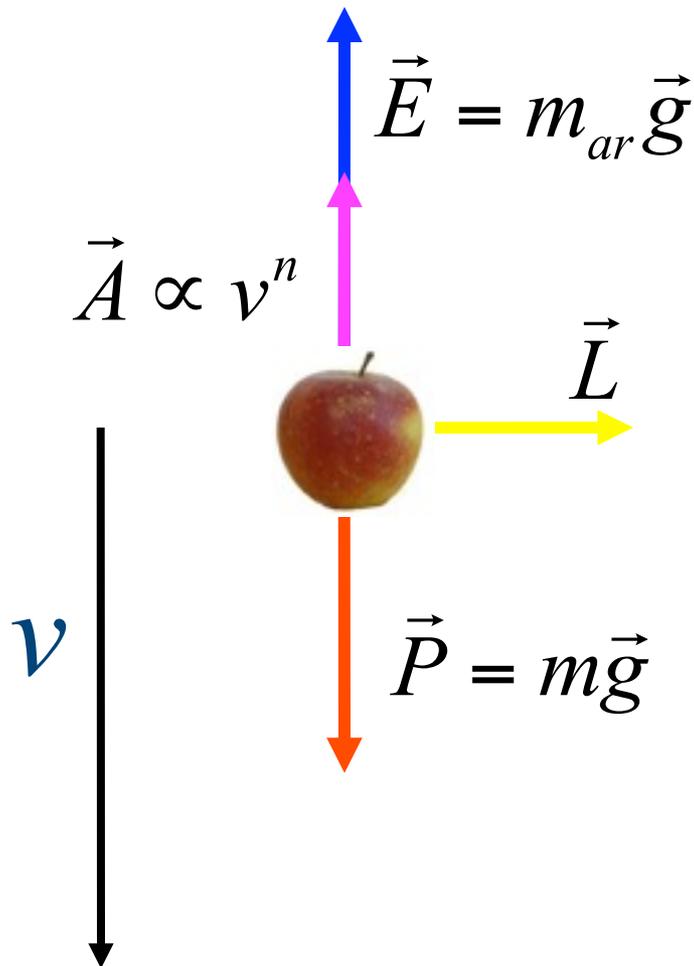


- Atrito (A)
 - Forças de atrito devido à viscosidade do ar.
 - Em geral, são muito dependentes da geometria do corpo.
 - Depende fortemente de como o meio escoar em torno do corpo.
 - Depende da velocidade.

Corpo em queda livre

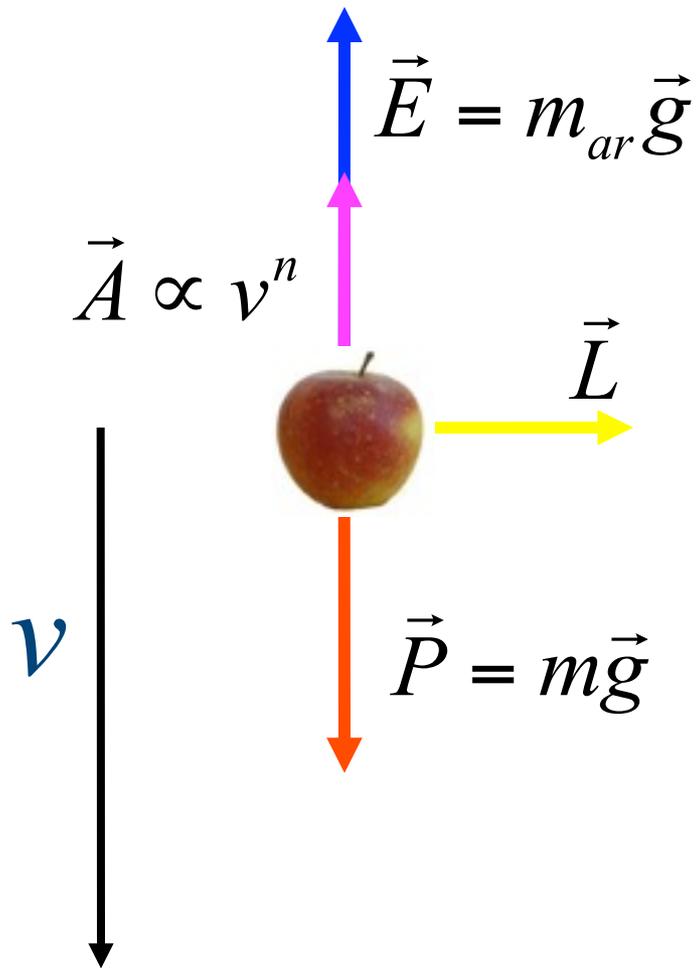


- Forças laterais (L)
 - Pode ter várias origens e depende que quão bem controlado é o ambiente
 - Dependendo do sistema, uma pequena perturbação pode alterar totalmente o movimento lateral do corpo



Corpo em queda livre

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



Corpo em queda livre

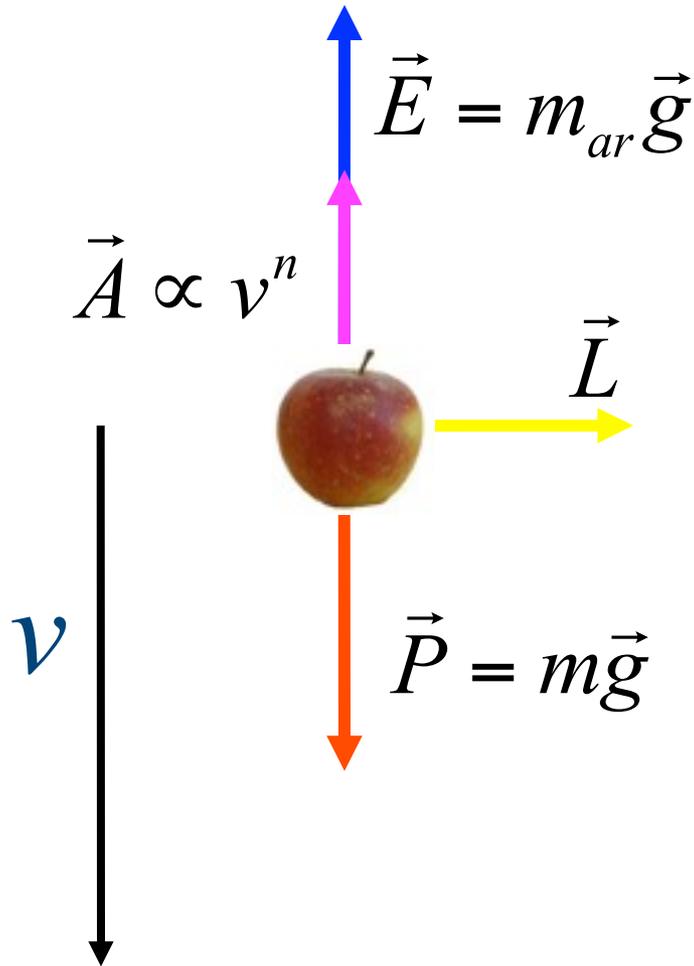
- Hipótese de um corpo em queda livre em uma situação “quase ideal”

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

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

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

Corpo em queda livre



- Resolvendo o movimento

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

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

$$v = v_0 + gt$$

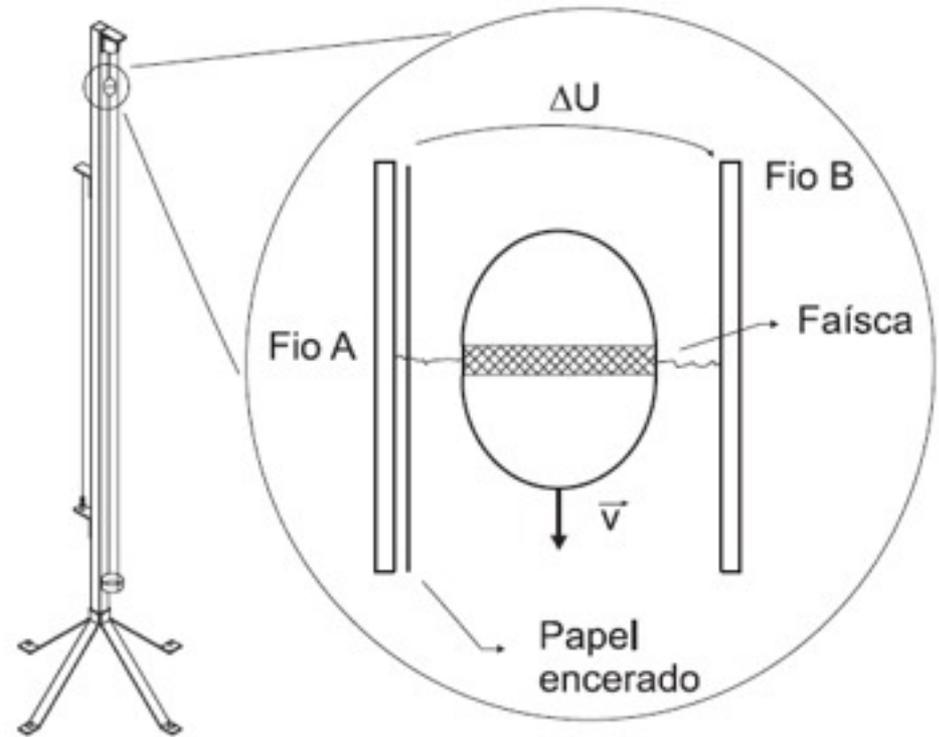
$$v = \frac{dx}{dt} \Rightarrow x = x_0 + v_0 t + \frac{g}{2} t^2$$

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, 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.

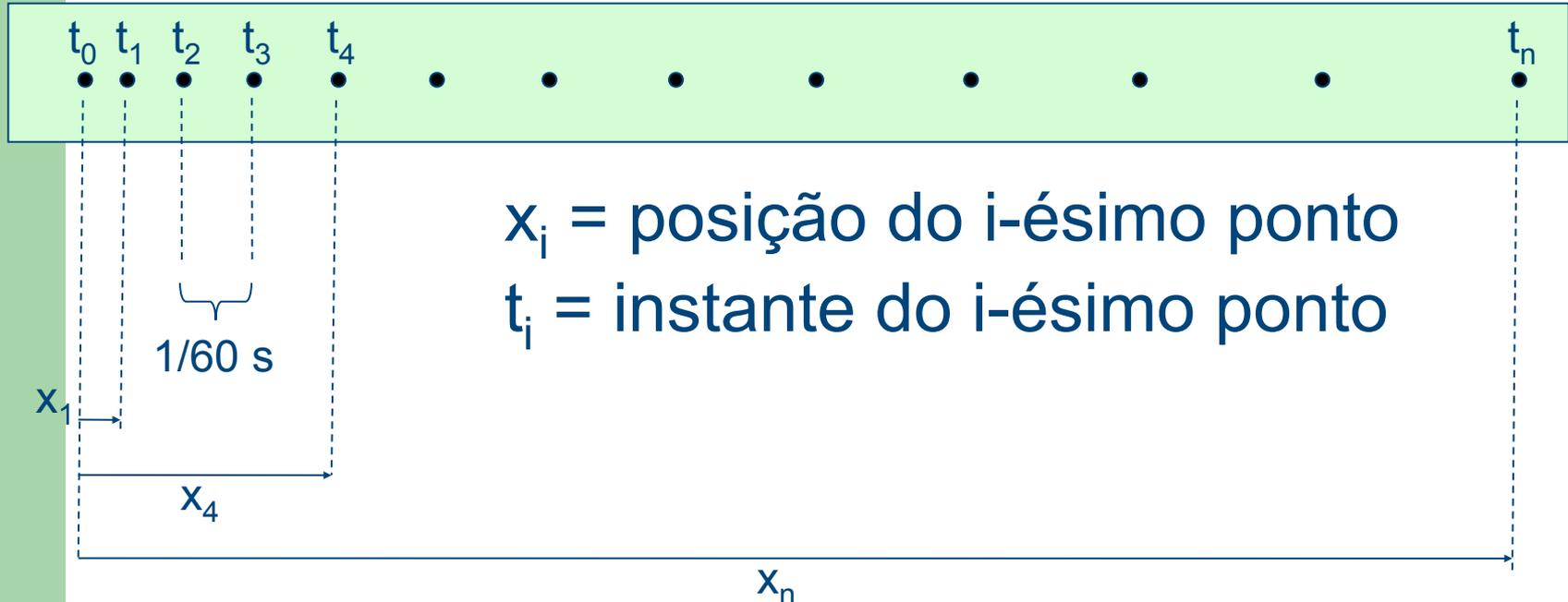


Atividades

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

Dados adquiridos

- Fita encerada
 - Posição do ovo a cada 1/60 segundos
 - Ponto inicial arbitrário (escolha de cada grupo)



x_i = posição do i -ésimo ponto
 t_i = instante do i -ésimo ponto

Análise dos dados: obtenção da velocidade instantânea

t_0 t_1 t_2 t_3 t_4 t_n

Análise dos dados: obtenção da velocidade instantânea



- Velocidade instantânea

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

Análise dos dados: obtenção da velocidade instantânea



- Velocidade instantânea

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

- Quem é Δx e Δt ?

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

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

Atividades de análise de dados

- Fazer uma tabela de posição (com incerteza) do objeto como função do tempo
- Calcular os deslocamentos e **calcular a velocidade (e incerteza)**
 - em intervalos consecutivos $(i,j)_{t=k} = (1,2)_{t=1.5}; (3,4)_{t=3.5}; (5,6)_{t=5.5};$ etc.
 - em intervalos alternados $(i,j)_{t=k} = (1,3)_{t=2}; (2,4)_{t=3}; (3,5)_{t=4};$ etc.
 - Não usar o mesmo ponto duas vezes no mesmo conjunto.
- Fazer gráfico de velocidade em função do tempo para as duas análises
 - É uma reta? Ajustar a reta e obter coeficientes (com incertezas)
- Com base nesses dados e ajustes, ***há uma série de questões no roteiro de aula*** que servem como guia para análise e interpretação dos resultados.

Para saber mais

- Estudar o texto: ***o que é uma medida?***
 - O. Helene, S. P. Tsat e R. R. P. Teixeira, Rev. Bras. Ensino de Física, vol. 13, 12 (1991)
 - Na aba EXTRAS do site da disciplina
- Estudar o texto: ***propagação de incertezas***
 - Na aba EXTRAS do site da disciplina
 - Ver também capítulo 8 do livro “Fundamentos da Teoria de Erros” - J. H. Vuolo
 - Lista de exercícios no final do texto