Física 1 – Ciências Moleculares

Caetano R. Miranda

AULA 13 – 25/10/2023

crmiranda@usp.br

USP

sampa

Nanopetro
Research Group

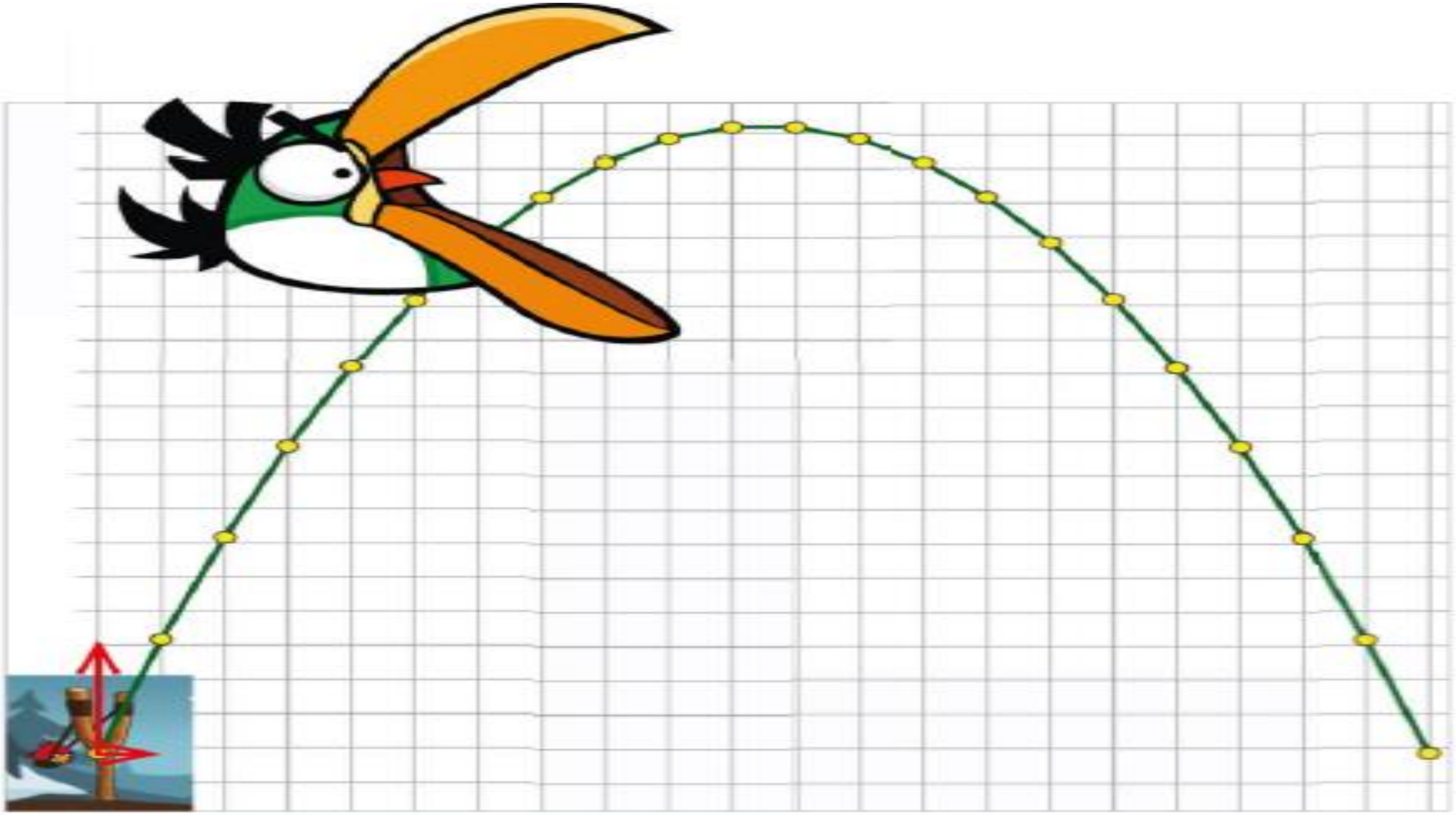
IFUSP
Instituto de Física da USP

Sugestão a ser implementada

DATA	aula nº	Segundas (14:00h - 15:45h) - Sala Turma 33	DATA	aula nº	Quartas (14:00h - 15:45h) - Sala Turma 33	DATA	aula nº	Quintas (14:00h - 15:45h) - Sala Turma 33	
21/08	1	Apresentação do Curso	23/08	2	Experimentação 1 - Escalas	24/08	3	Escalas	
28/08	4	Experimentação 2 - Mov. em 1 D	30/08	5	Mov. em 1D	31/08	6	Mov. em 1D	
04/09			06/08			07/09		SEMANA TRABALHO	
11/09	7	Mov. em 1D	13/09	8	Mov. em 1D	14/09	9	Experimentação 3 - VR & Projéteis	ENTREGA 1
18/09	10	Mov. em 2D e 3D	20/09	11	Mov. em 2D e 3D	21/09		Paralisação	
25/09		Paralisação	27/09		Paralisação	28/09		Paralisação	
02/10		Paralisação	04/10		Paralisação	05/10		Paralisação	
09/10		Paralisação	11/10		Paralisação	12/10		FERIADO - N. S. Aparecida	
16/10		Paralisação	18/10		Paralisação	19/10		Paralisação	
23/10	12	Discussao - revisao	25/10	13	Mov. em 2D e 3D	26/10	14	Experimentação 4a - Dinâmica & Principia	
30/10	15	Principios da Dinâmica - Leis de Newton	01/11	16	Experimentação 5 - Energia e Trabalho	02/11		FERIADO - FINADOS	
06/11	17	PROVA I	08/11	18	Simetria e Conservação	09/11	19	Simetria e Conservação	ENTREGA 2
13/11	20	Experimentação 6 - Física dos Desenhos Animados	15/11		FERIADO - Republica	16/11	21	Experimentação 8 - VR / Sonificação	
20/11		FERIADO - Consciência Negra	22/11	22	Colisões	23/11	23	Experimentação 7 - Colisões	
27/11	24	Forças de Interação - Sala Invertida	29/11	25	Forças de Interação	30/11	26	PROVA II	ENTREGA 3
04/12	27	Experimentação 9 - Aprendizado de Máquina	06/12	28	Experimentação 9 - Aprendizado de Máquina	07/12	29	Física dos Esportes e Parques de Diversão	
11/12	30	Rotação e Momento Angular	13/12	31	Rotação e Momento Angular	14/12	32	Experimentaçao 10 - Dança e Robótica	
18/12	33	Forças Inerciais	20/12	34	Forças Inerciais	21/12		PROVA - SUB - VISTA	ENTREGA 4

MOVIMENTO 2D & 3D

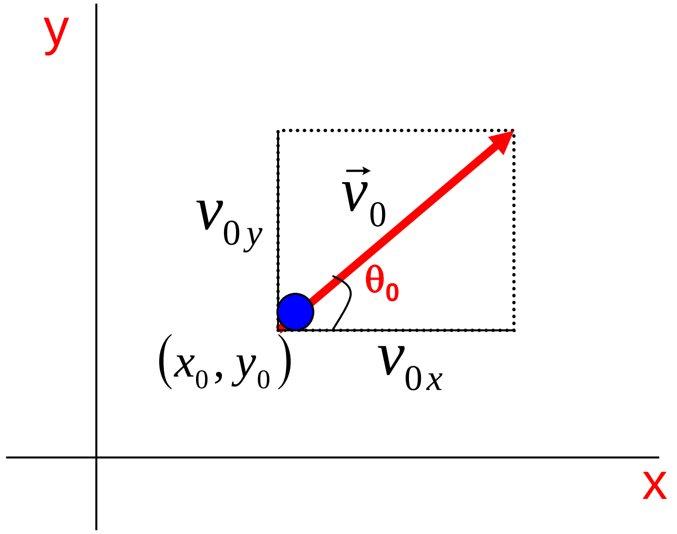
A Física do Angry birds



▲ Figure 1: Parabolic path traced by the red bird at a steep angle

Lançamento Oblíquo

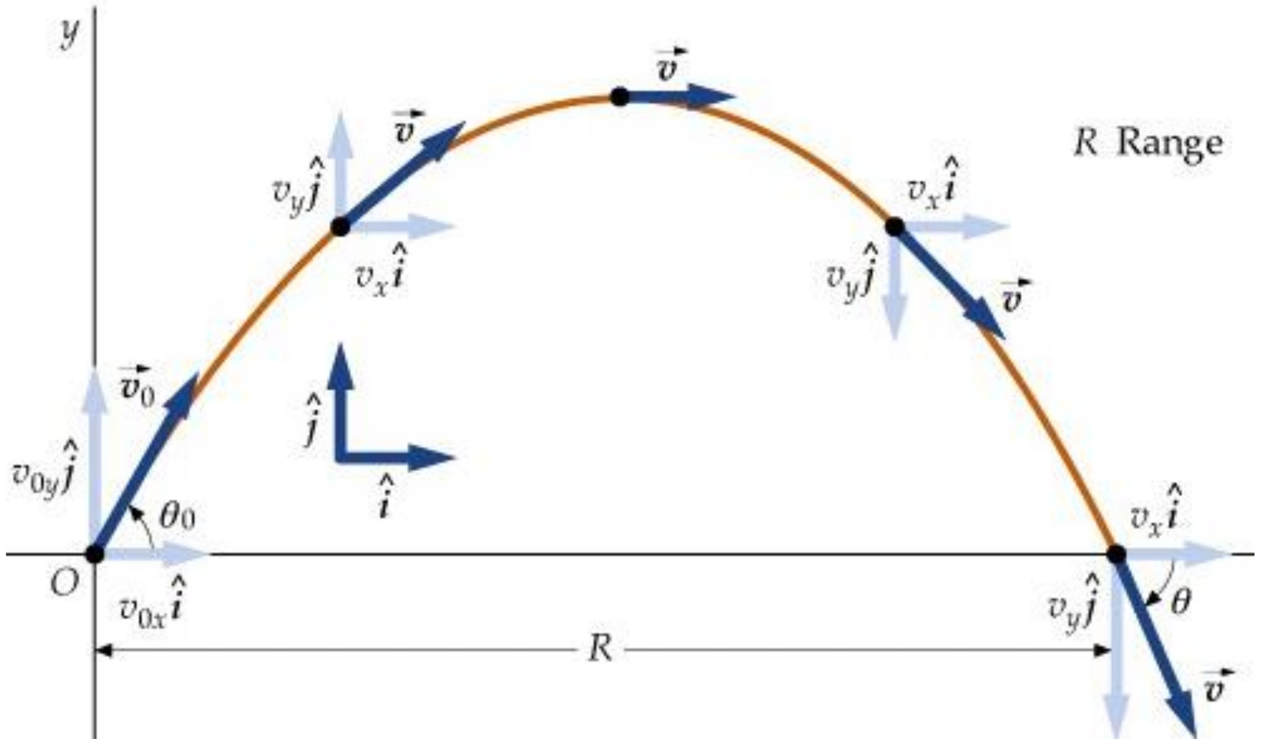
Projétil lançado em uma trajetória bidimensional, a partir da posição inicial (r_0), com uma velocidade inicial (v_0), com um ângulo θ em relação à horizontal, fica submetido à uma aceleração vertical (-g).



v_x *não depende de* ***v_y*** *e vice-versa*

as componentes horizontal e vertical do movimento de um projétil ***<u>são independentes.</u>***

Decomposição do Movimento nas Duas Coordenadas



Equações do movimento

$$x(t) = x_0 + v_{0x}t + \frac{a}{2}t^2$$

$$y(t) = y_0 + v_{0y}t + \frac{a}{2}t^2$$

$$a_x = 0$$
$$a_y = -g$$

$$x(t) = x_0 + v_{0x}t$$
$$y(t) = y_0 + v_{0y}t - \frac{g}{2}t^2$$

$$v_{0x} = v_0 \cos\theta_0$$
$$v_{0y} = v_0 \sin\theta_0$$

$$\vec{r}(t) = x(t)\hat{i} + y(t)\hat{j}$$
$$\vec{r}(t) = (x_0 + v_{0x}t)\hat{i} + (y_0 + v_{0y}t - \frac{g}{2}t^2)\hat{j}$$

Decomposição do Movimento nas Duas Coordenadas

- Equações de Movimento para um Projétil:

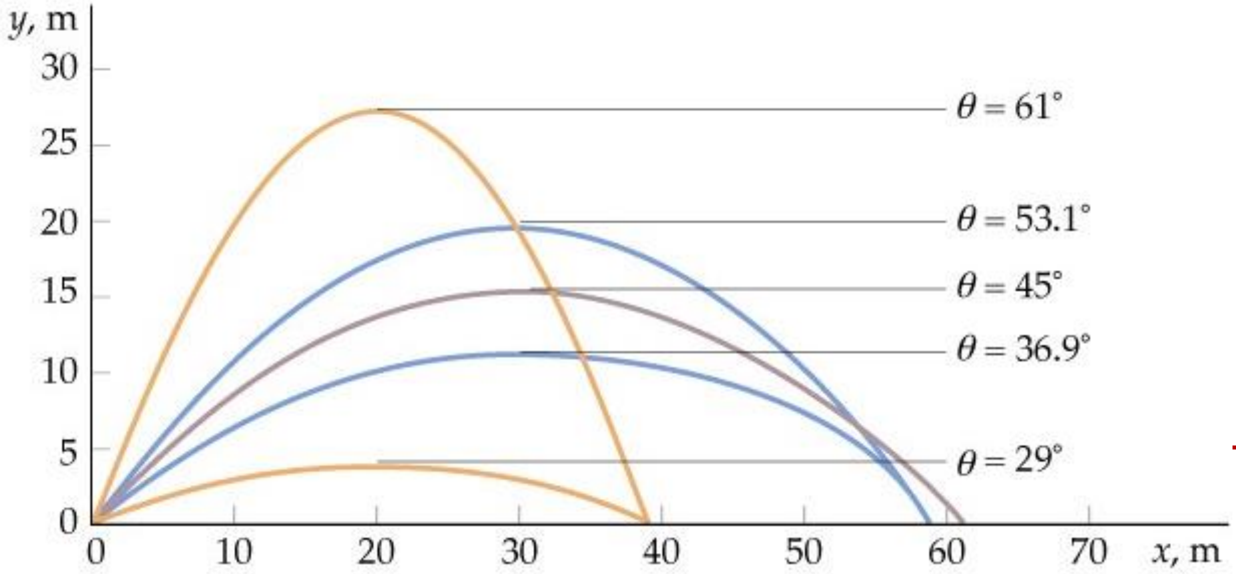
$$x(t) = x_0 + v_{0x}t \qquad (1)$$

$$y(t) = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 \qquad (2)$$

- Condições Iniciais do Movimento: $x_0 = 0 \quad e \quad y_0 = 0$

- Equação da Trajetória: isola **t** na equação (1) e substitui na equação (2)

$$y(x) = v_{0y}\left(\frac{x}{v_{0x}}\right) - \frac{1}{2}g\left(\frac{x}{v_{0x}}\right)^2 = \left(\frac{v_{0y}}{v_{0x}}\right)x - \left(\frac{g}{2v_{0x}^2}\right)x^2$$



$$y(x) = (tg\theta_0)x - \left(\frac{g}{2v_0^2\cos^2\theta_0}\right)x^2$$

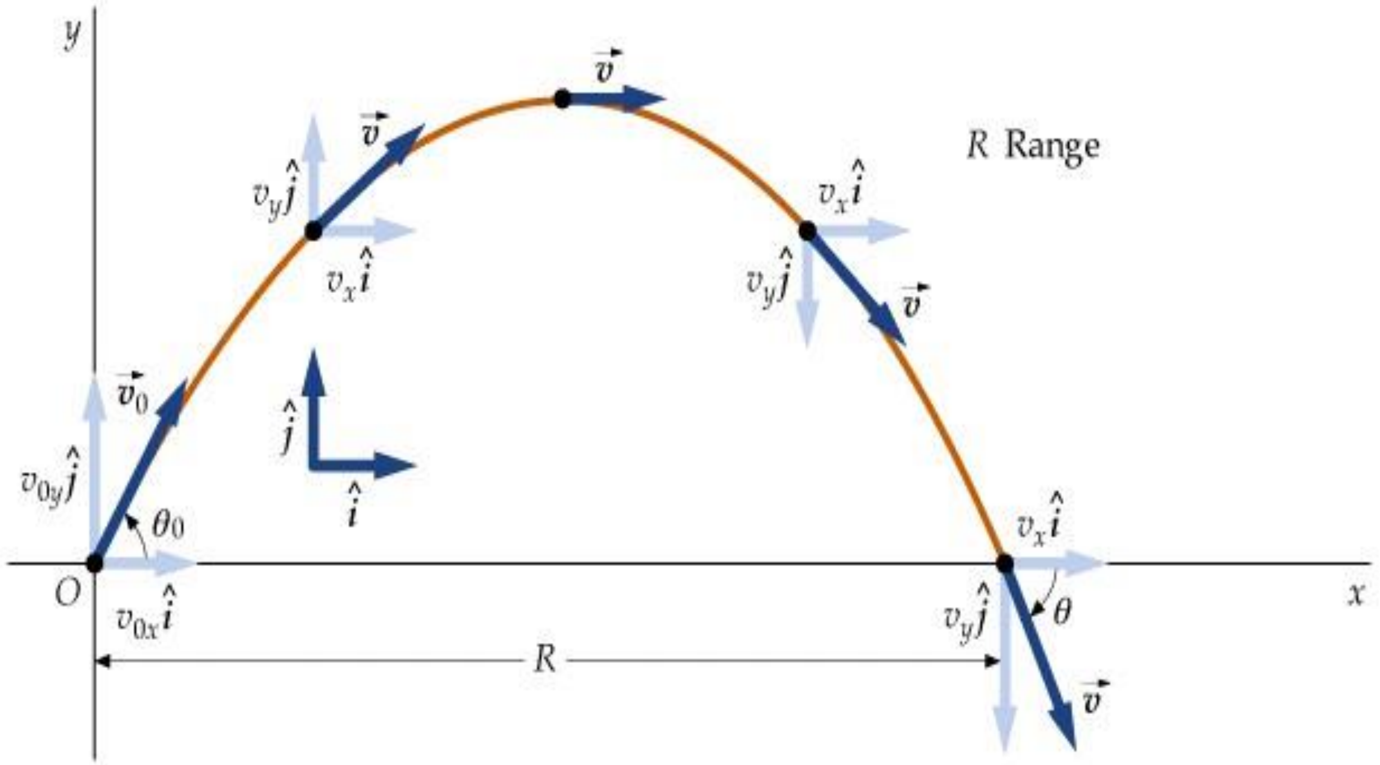
trajetória é uma parábola

Tempo Total de Vôo

$$x(t) = v_{0x} t$$

$$y(t) = v_{0y} t - \frac{g}{2} t^2$$

$$v_{0x} = v_0 \cos\theta_0$$
$$v_{0y} = v_0 \sin\theta_0$$



Para t=T (tempo total) ⇨ y=0

$$0 = v_{0y} T - \frac{g}{2} T^2$$

$$0 = v_{0y} - \frac{g}{2} T$$

⇨

$$T = \frac{2v_{0y}}{g} = \frac{2v_0}{g} \sin\theta_0$$

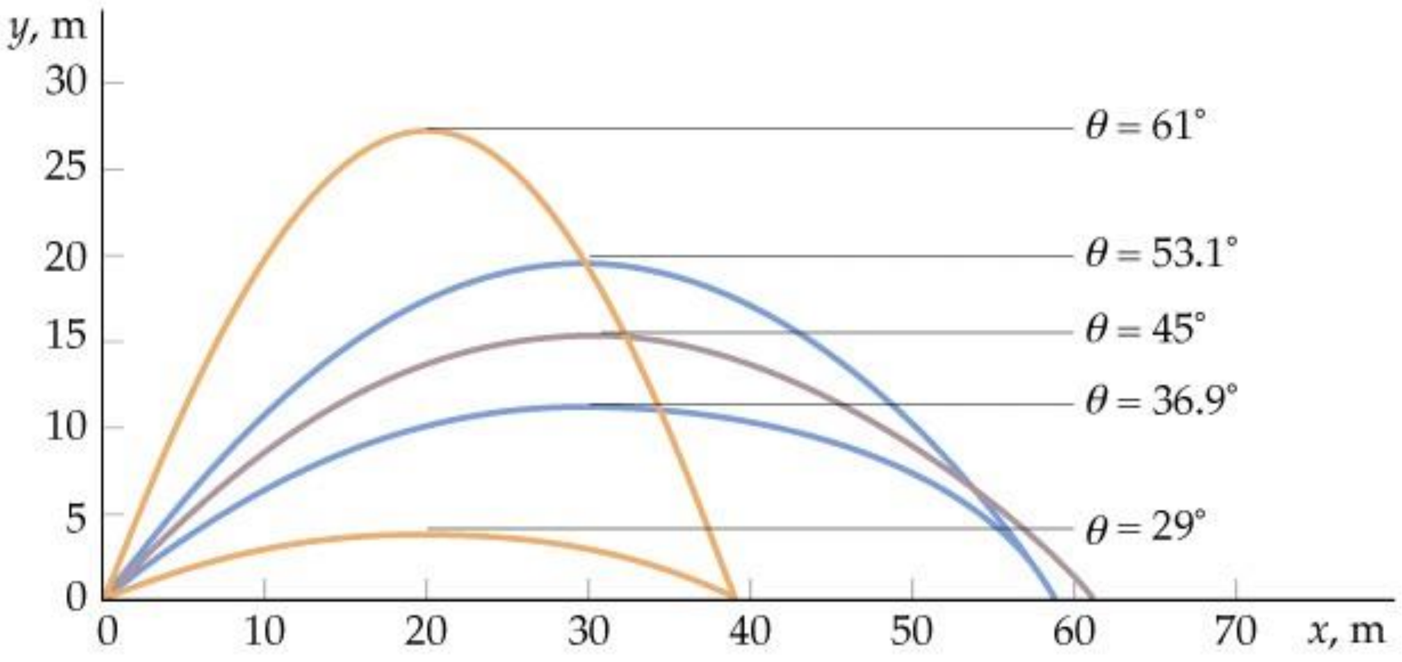
Alcance Horizontal Máximo (R)

Alcance máximo (x=R) ⇒ tempo total (t=T)

$$x(t) = v_{0x} t$$

$$y(t) = v_{0y} t - \frac{g}{2} t^2$$

$$\boxed{T = \frac{2v_{0y}}{g} = \frac{2v_0}{g} \sin\theta_0}$$



$$x(T) = R$$

$$R = v_{0x} T$$

$$R = v_0 \cos\theta_0 \left(\frac{2v_0}{g} \sin\theta_0\right)$$

$$R = \frac{2v_0^2}{g} \sin\theta_0 \cos\theta_0$$

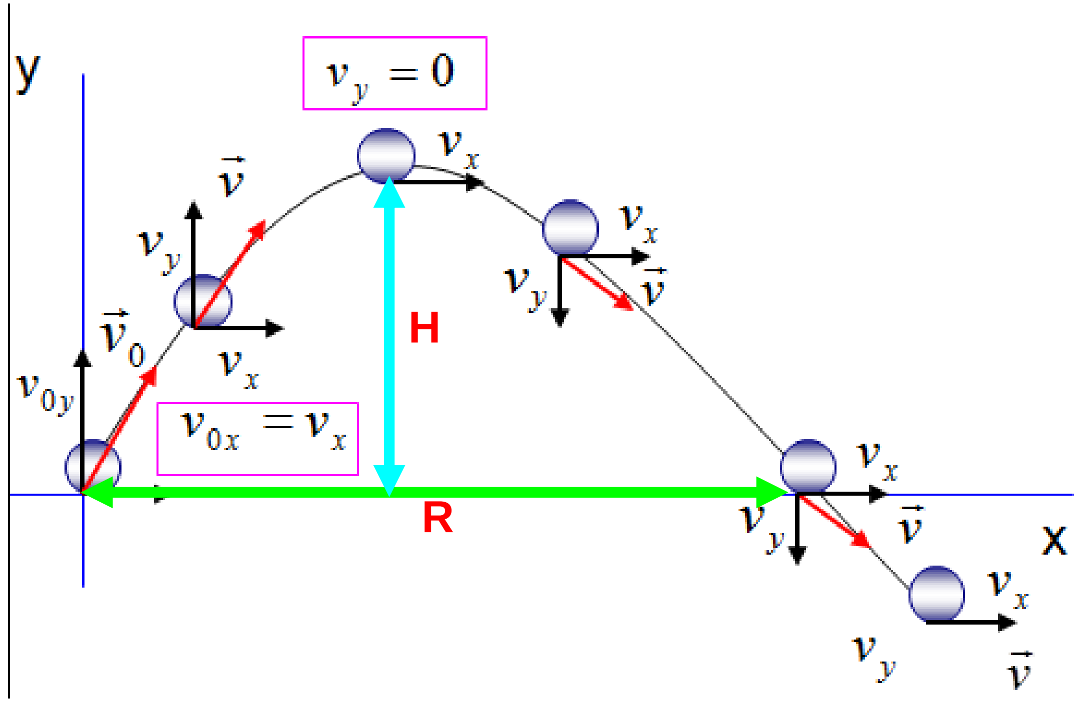
$$R = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\theta_0$$

Para qual ângulo R é máximo ?

Altura Máxima

$$y = y_0 + v_0\, sen\theta_0\, t - \frac{1}{2} g\, t^2 \qquad (1)$$

$$v_y = v_o\, sen\theta_0 - g\, t \qquad (2)$$



$$Em \quad (1): \quad y_o = 0 \; e \; y = H \Rightarrow \quad H = v_0 sen\theta_0\, t - \frac{1}{2} g\, t^2 \qquad (3)$$

$$Em \quad (2): \quad v_y = 0 \Rightarrow \quad t = \frac{v_o\, sen\theta_0}{g} \qquad (4)$$

$$(4)\; em\; (3): \quad H = v_0\, sen\theta_0 \left(\frac{v_o\, sen\theta_0}{g} \right) - \frac{1}{2} g \left(\frac{v_o\, sen\theta_0}{g} \right)^2$$

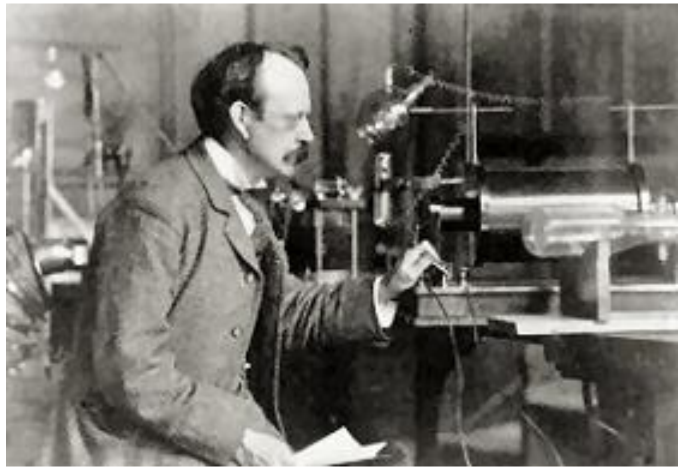
$$\boxed{H = \frac{v_0^2}{2g} \sin^2 \theta_0}$$

Para qual ângulo, H é máximo ?

Curiosidades olímpicas

Objeto	peso (homem/mulher)	velocidade	alcance	âng de lançamento
Martelo	7,3 kg / 4,0 kg	100 km/h	80 m	36º a 44º
Peso	7,3 kg / 4,0 kg	55 km/h	23 m	34º a 41º
Disco	2,0 kg / 1,0 kg	100 km/h	75 m	30º a 40º
Dardo	800 g / 600 g	110 km/h	100 m	31º a 38º

Sumário



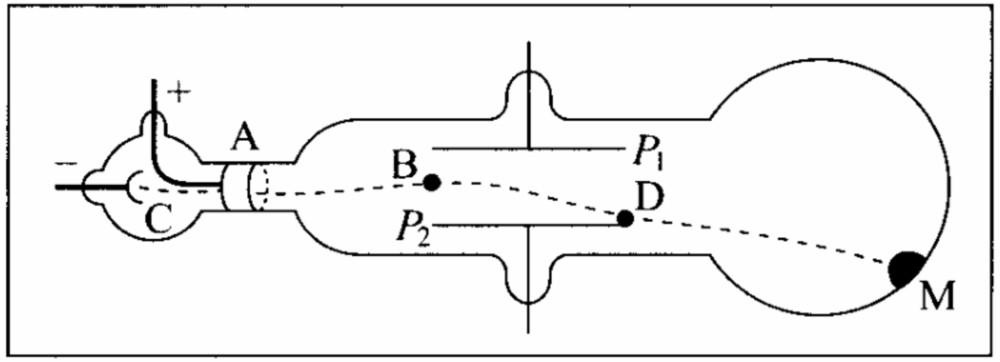
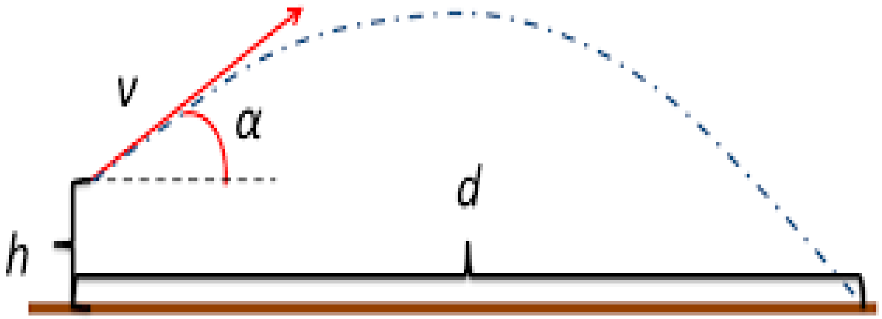


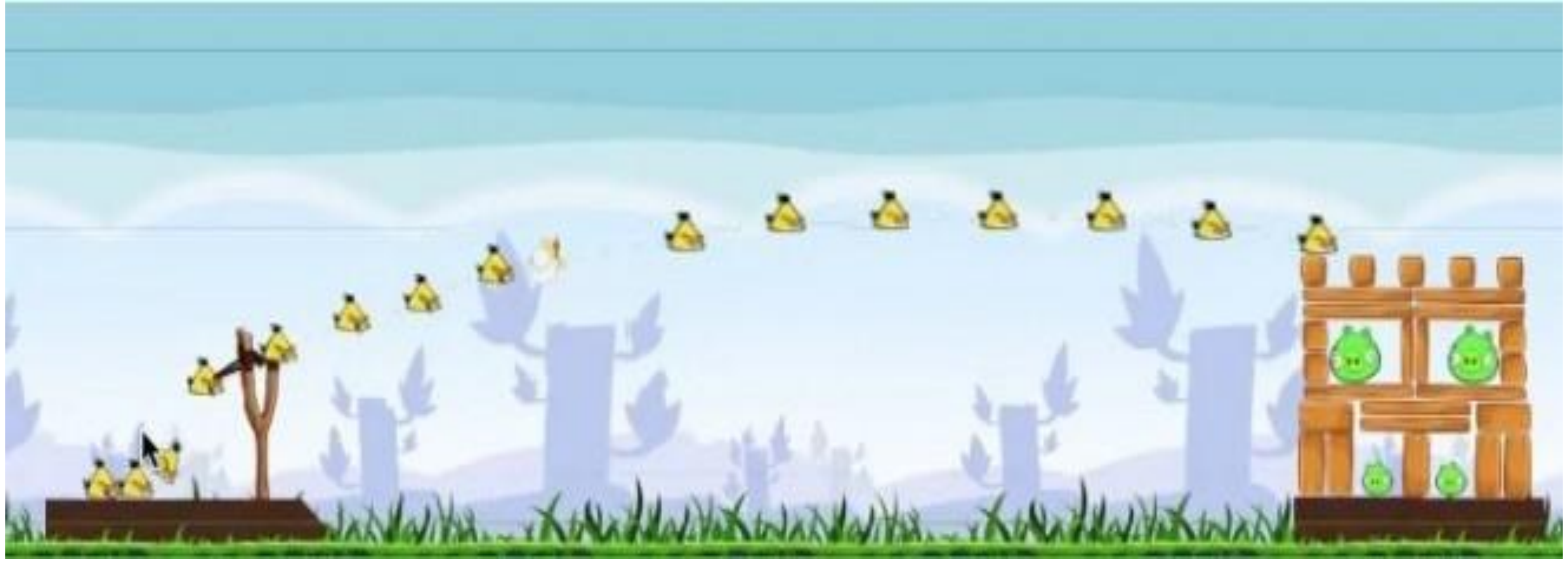
Figura 3.26 Tubo de raios catódicos.



Lançamento do chão

$$d = \frac{v^2 sen(2\alpha)}{g}$$

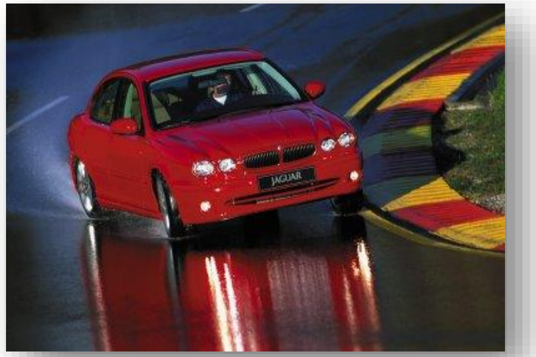
Lançamento de uma altura *h*

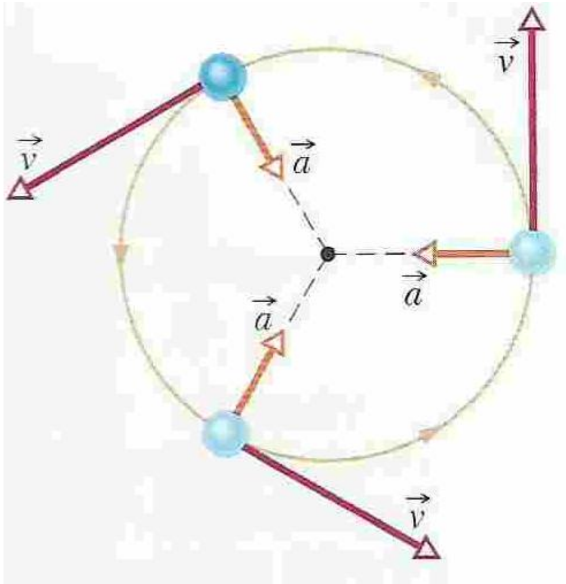


$$d = \frac{v^2 sen(2\,\alpha)}{2g}\left[1 + \left(1 + \frac{2gh}{v^2 sen^2(\alpha)}\right)^{1/2}\right]$$

Movimento Circular Uniforme

- A trajetória da partícula é curva;
- Partícula se move $\Rightarrow$ velocidade escalar cte
- A direção da velocidade da partícula varia;
  - a_{cp}





$$\frac{|\Delta\vec{v}|}{|\Delta\vec{r}|} = \frac{v}{r}$$

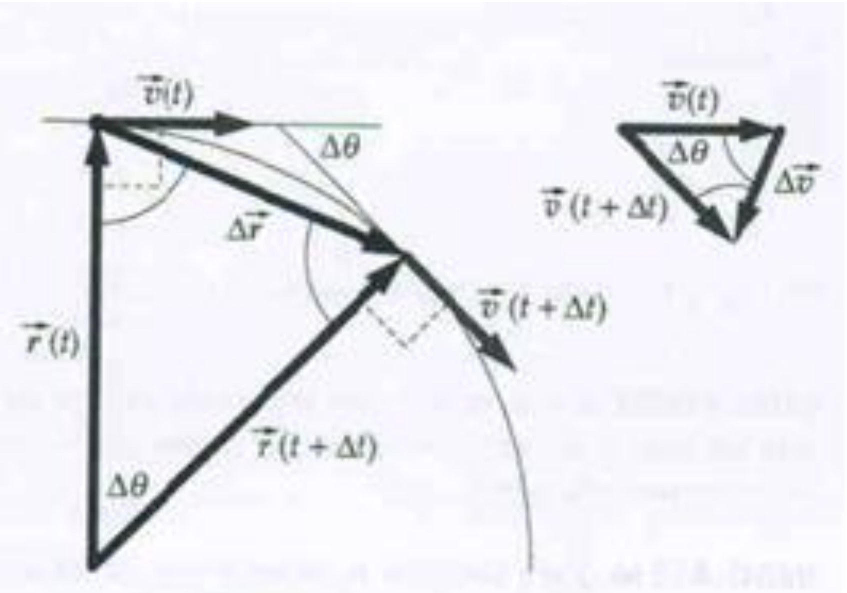
$$|\Delta\vec{v}| = \frac{v}{r}|\Delta\vec{r}|$$

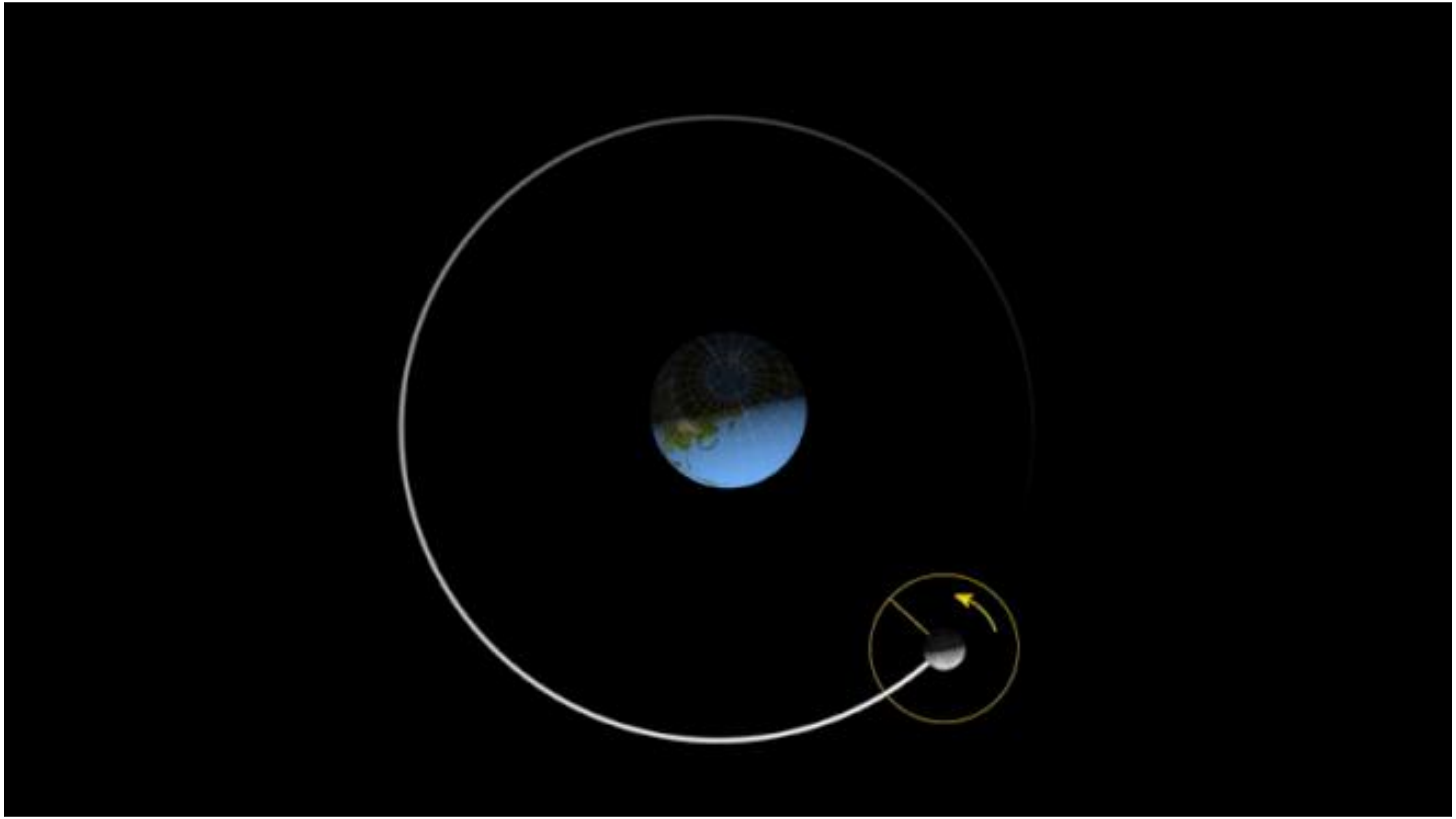
$$\frac{|\Delta\vec{v}|}{|\Delta t|} = \frac{v}{r}\frac{|\Delta\vec{r}|}{|\Delta t|}$$

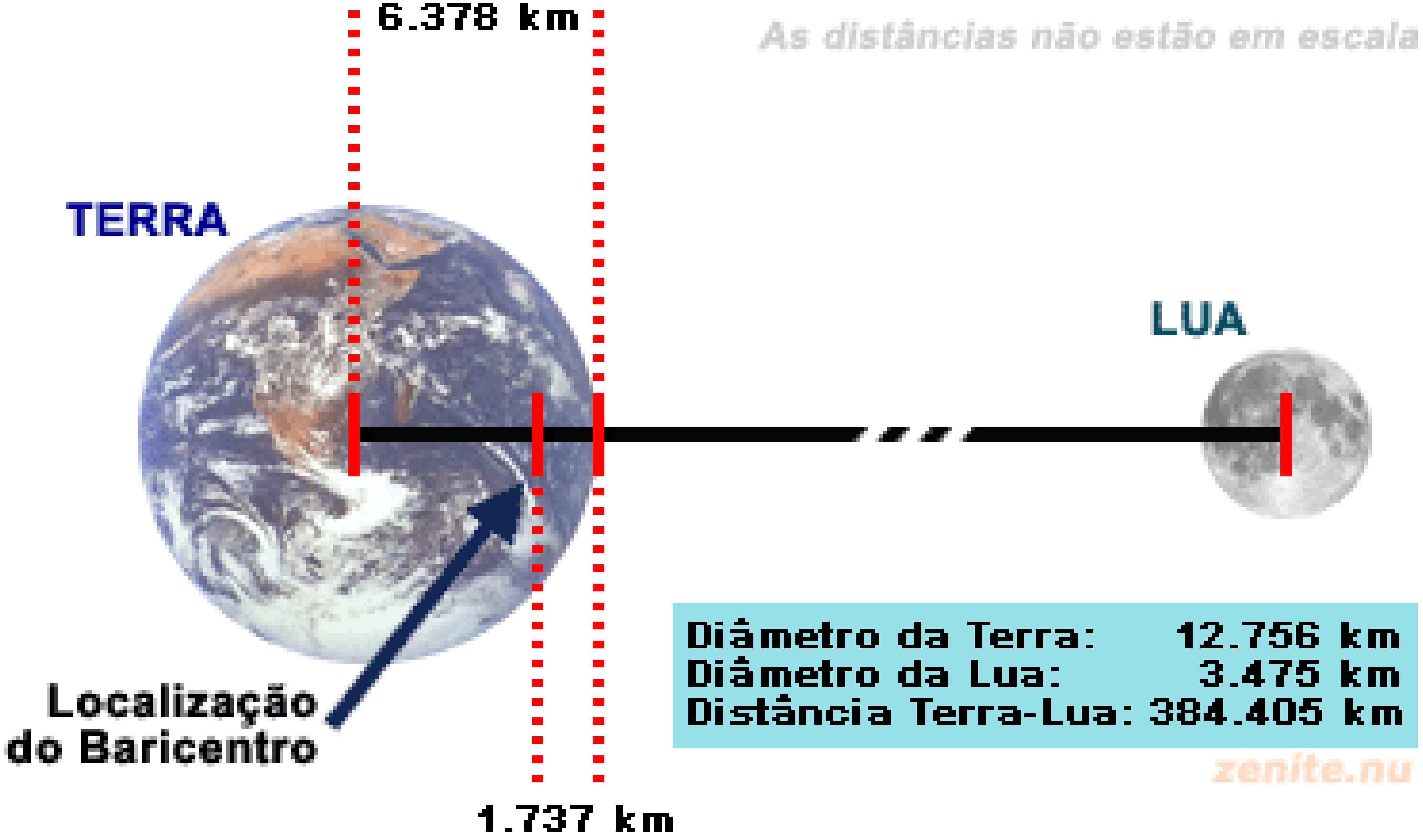
$$a = \lim_{\Delta t\to 0}\frac{|\Delta\vec{v}|}{|\Delta t|} = \frac{v}{r}\lim_{\Delta t\to 0}\frac{|\Delta\vec{r}|}{|\Delta t|}$$

$$\boxed{a = \frac{v}{r}v = \frac{v^2}{r} = a_c}$$

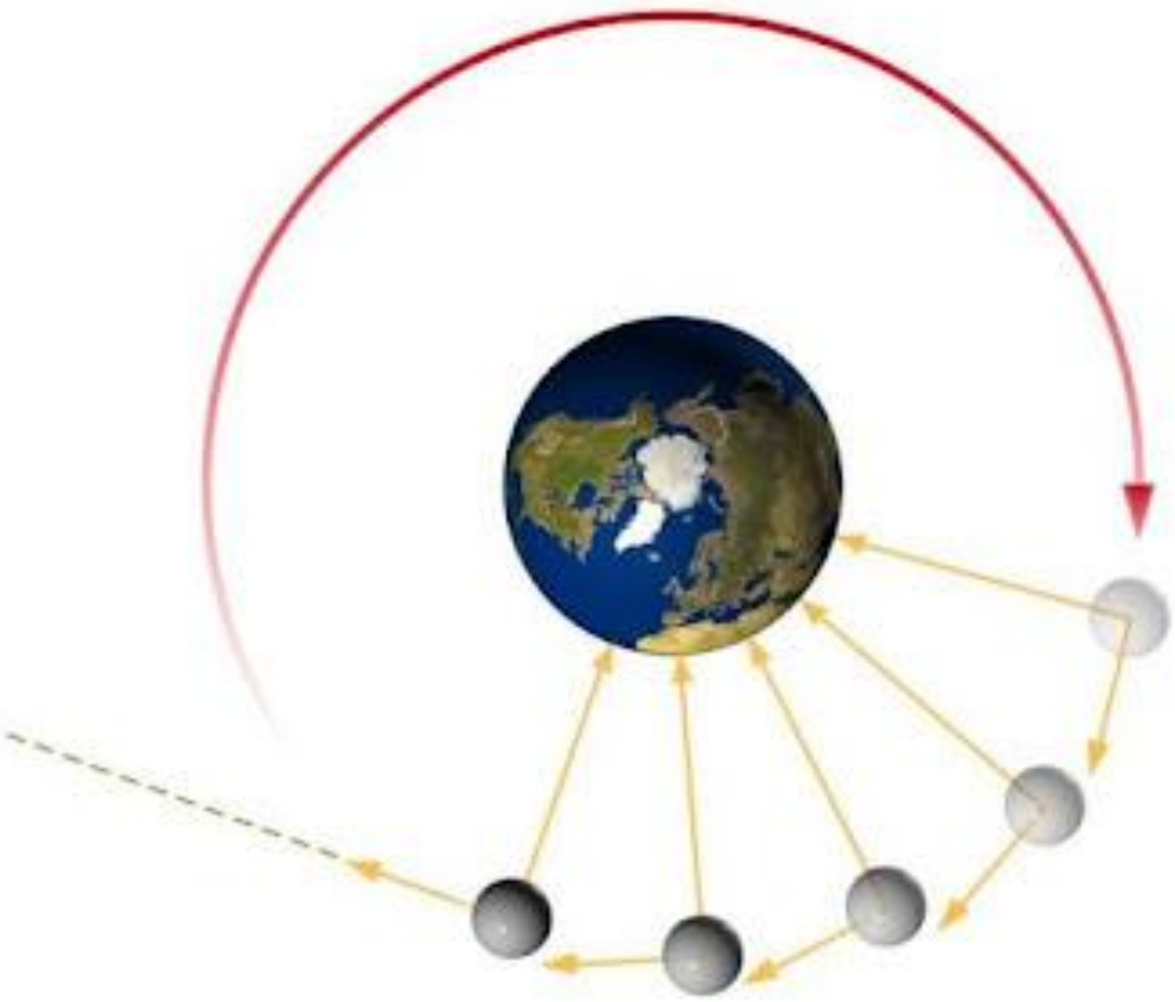
Aceleração centrípeta

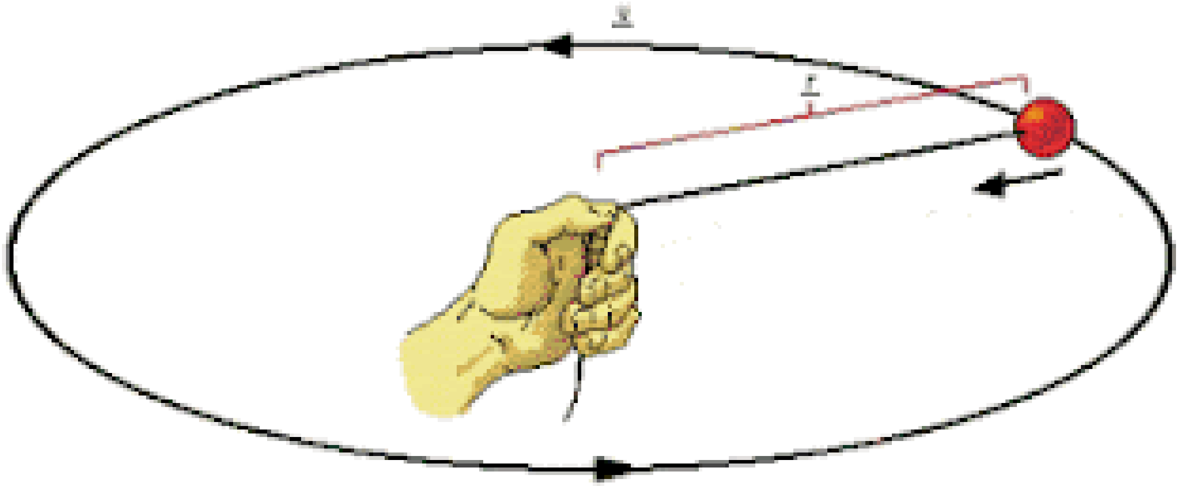






6.378 km
As distâncias não estão em escala
TERRA
LUA
Diâmetro da Terra: 12.756 km
Diâmetro da Lua: 3.475 km
Distância Terra-Lua: 384.405 km
zenite.nu
Localização do Baricentro
1.737 km





Demonstração

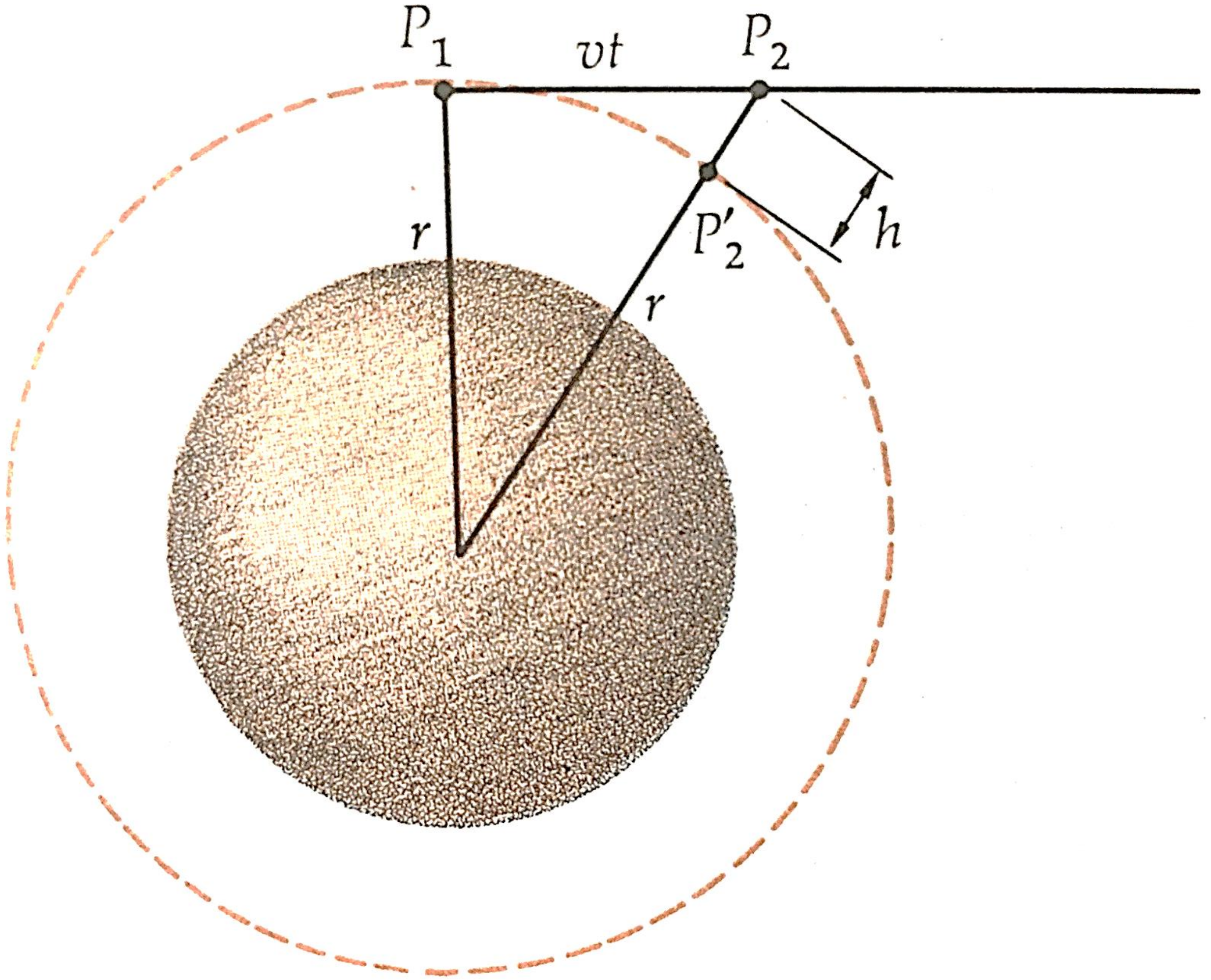


Fig:

8

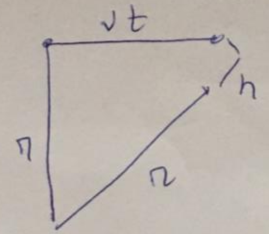
Vamos ver o que ocorre do sistema deslocar de $P_1 \to P_2$ em um certo intervalo de tempo t

Contudo, o objeto em órbita circular chega ao ponto P_2', como se "caísse" de uma distância h

para t pequeno P_2 e P_2' estão aproximadamente no mesmo raio

$h << r$ (raio da órbita)

pelo triângulo:



$$(r+h)^2 = (vt)^2 + r^2$$

$$r^2 + 2hr + h^2 = v^2t^2 + r^2$$

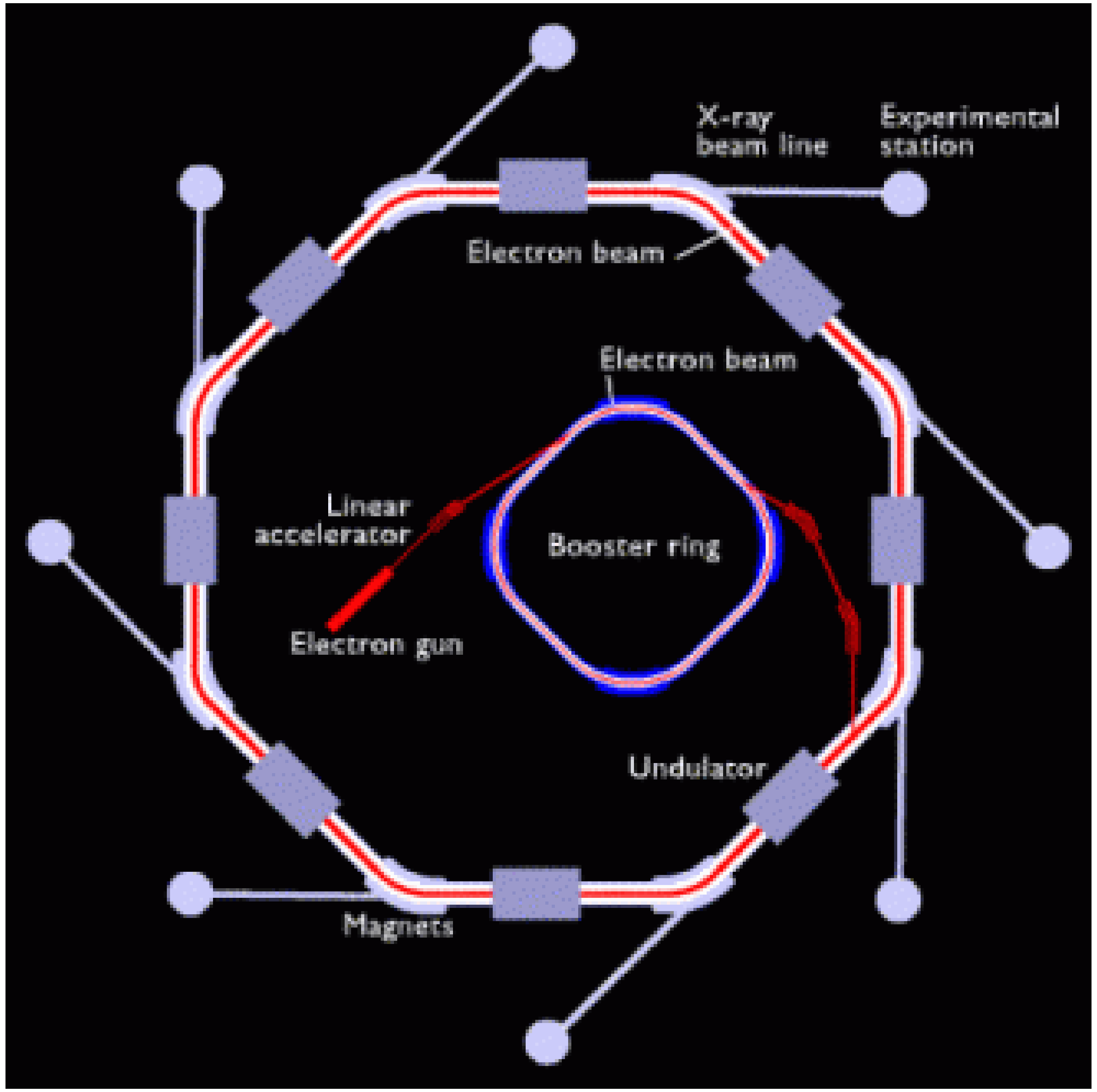
$$h(2r+h) = v^2t^2 \Rightarrow$$

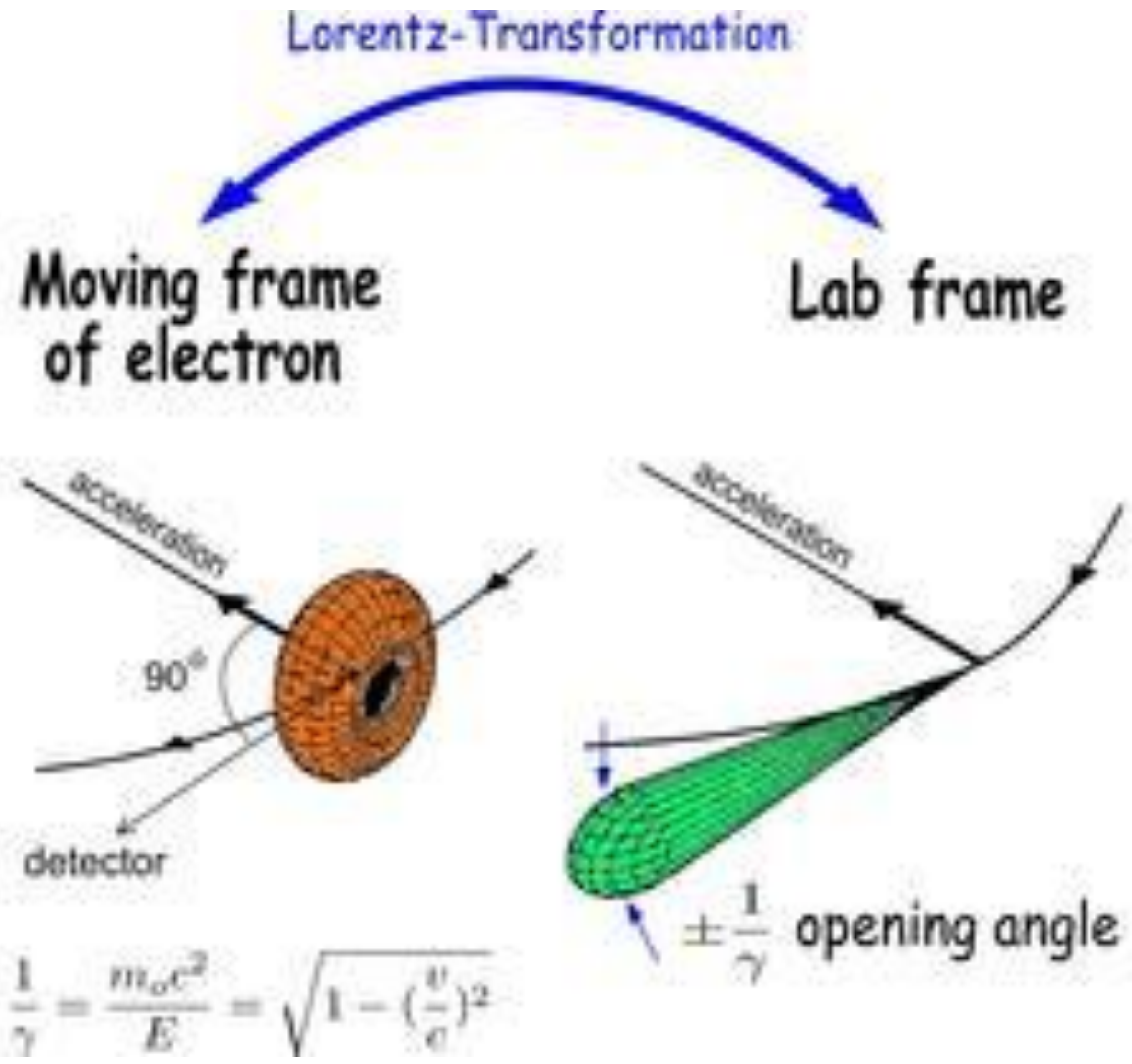
lembrando que $h << r$

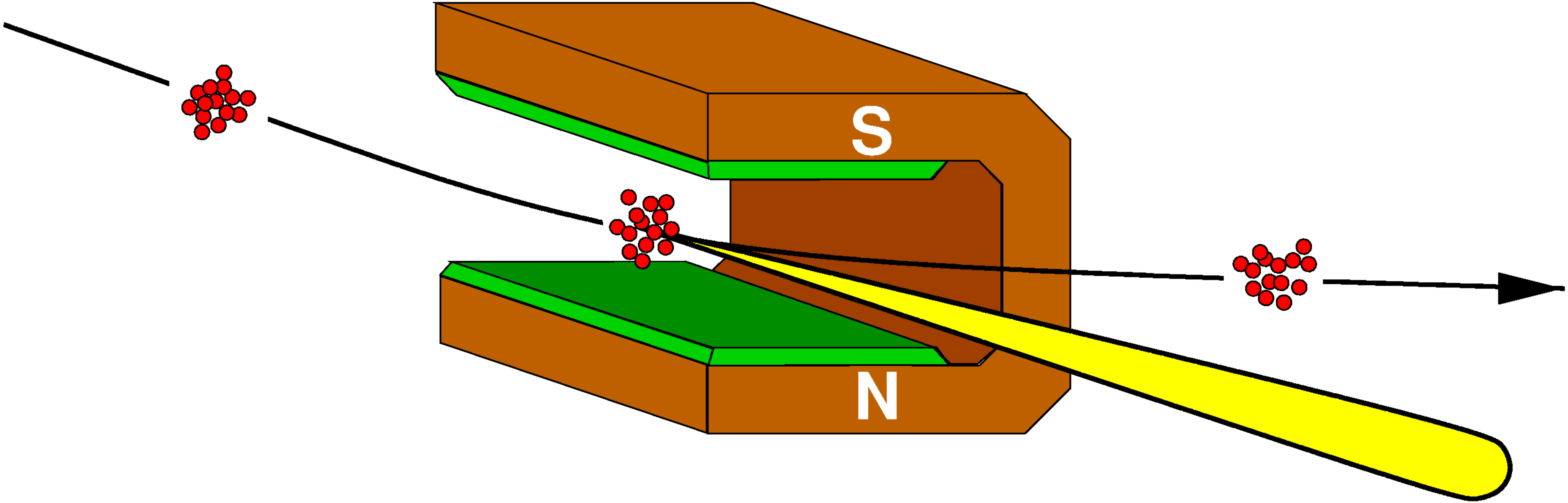
$(2r+h) \approx 2r$

$$h \simeq \frac{1}{2}\left(\frac{v^2}{r}\right)t^2$$

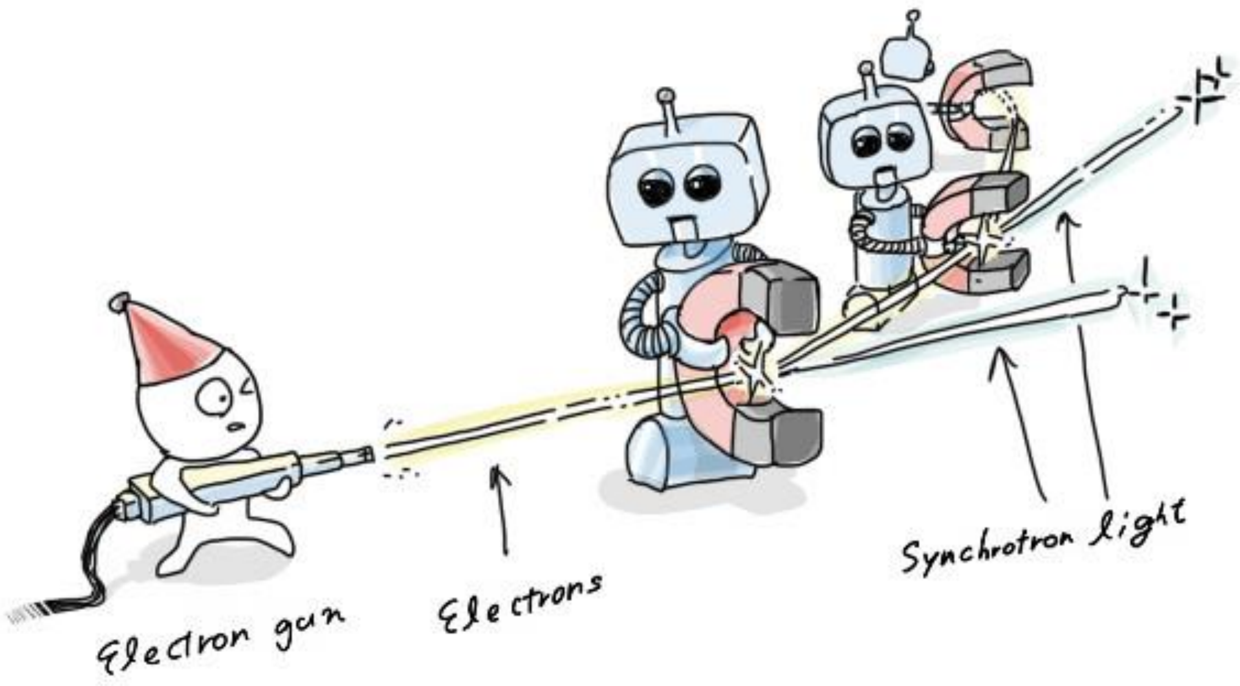
$$\boxed{a = \frac{v^2}{r}}$$

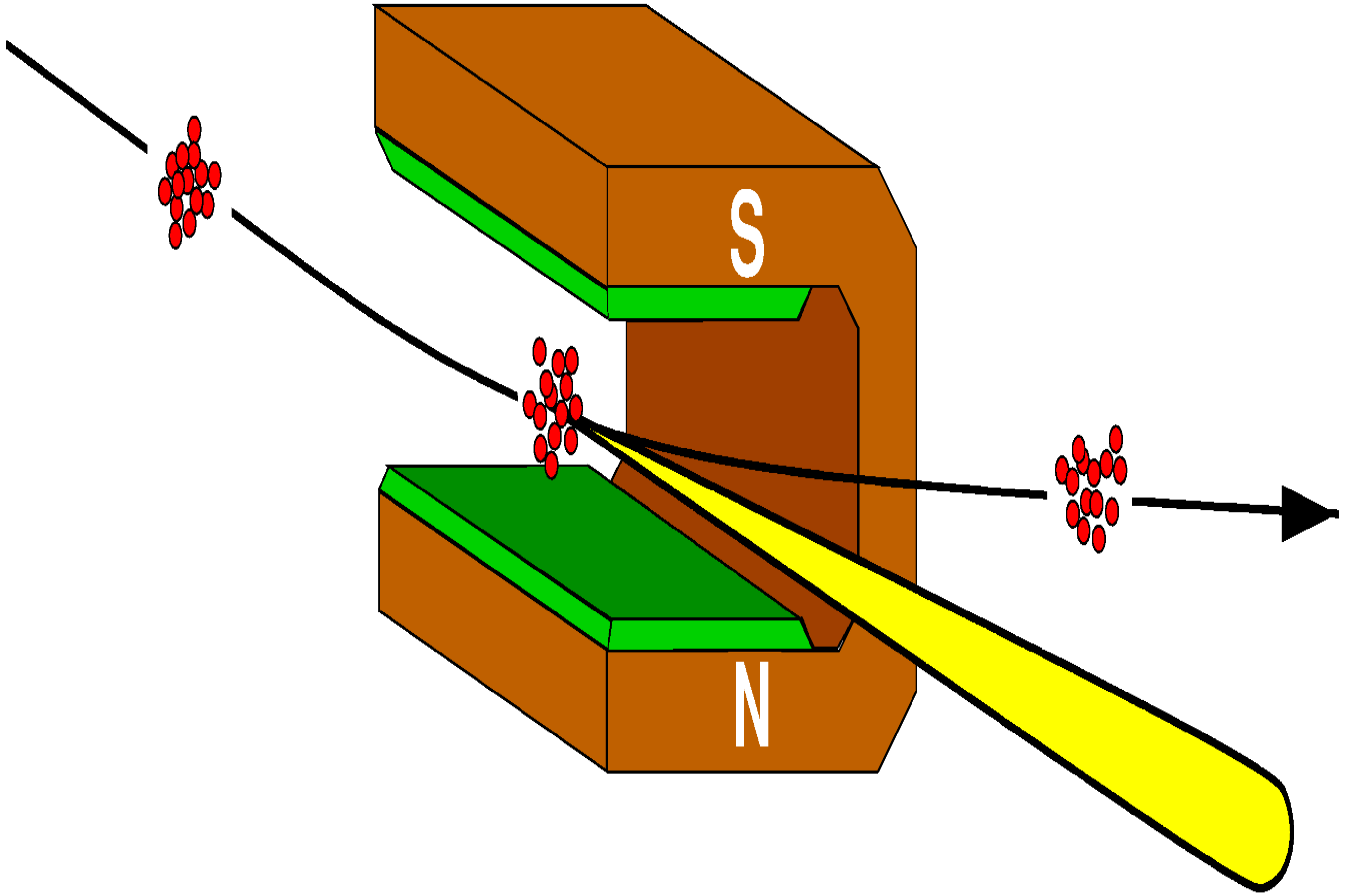

X-ray
beam line
Experimental
station
Electron beam
Electron beam
Linear
accelerator
Booster ring
Electron gun
Undulator
Magnets

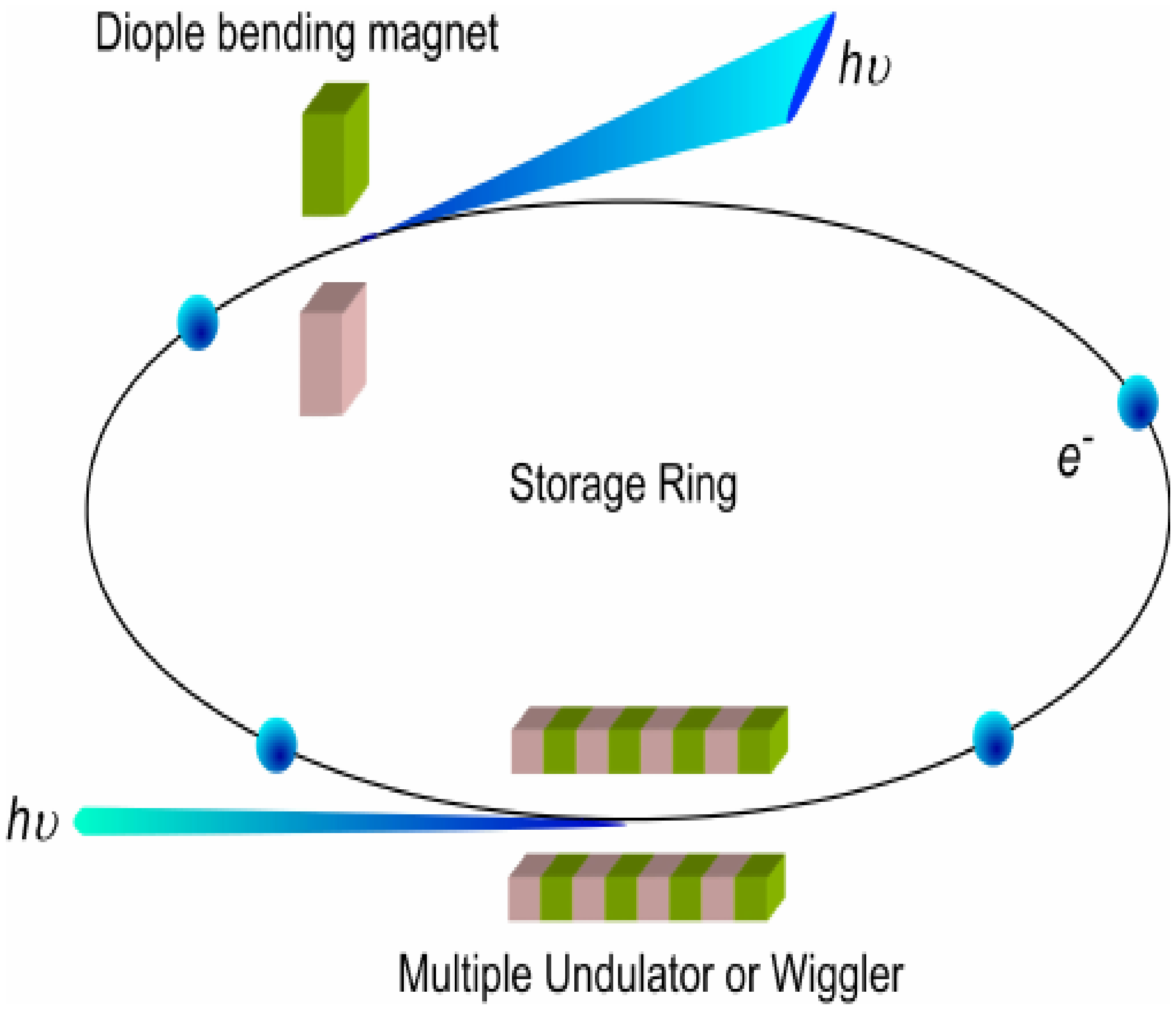

Lorentz-Transformation
Moving frame
of electron
Lab frame
acceleration
acceleration
90°
detector
$\pm\frac{1}{\gamma}$ opening angle
$\frac{1}{\gamma} = \frac{m_o c^2}{E} = \sqrt{1-(\frac{v}{c})^2}$


S
N

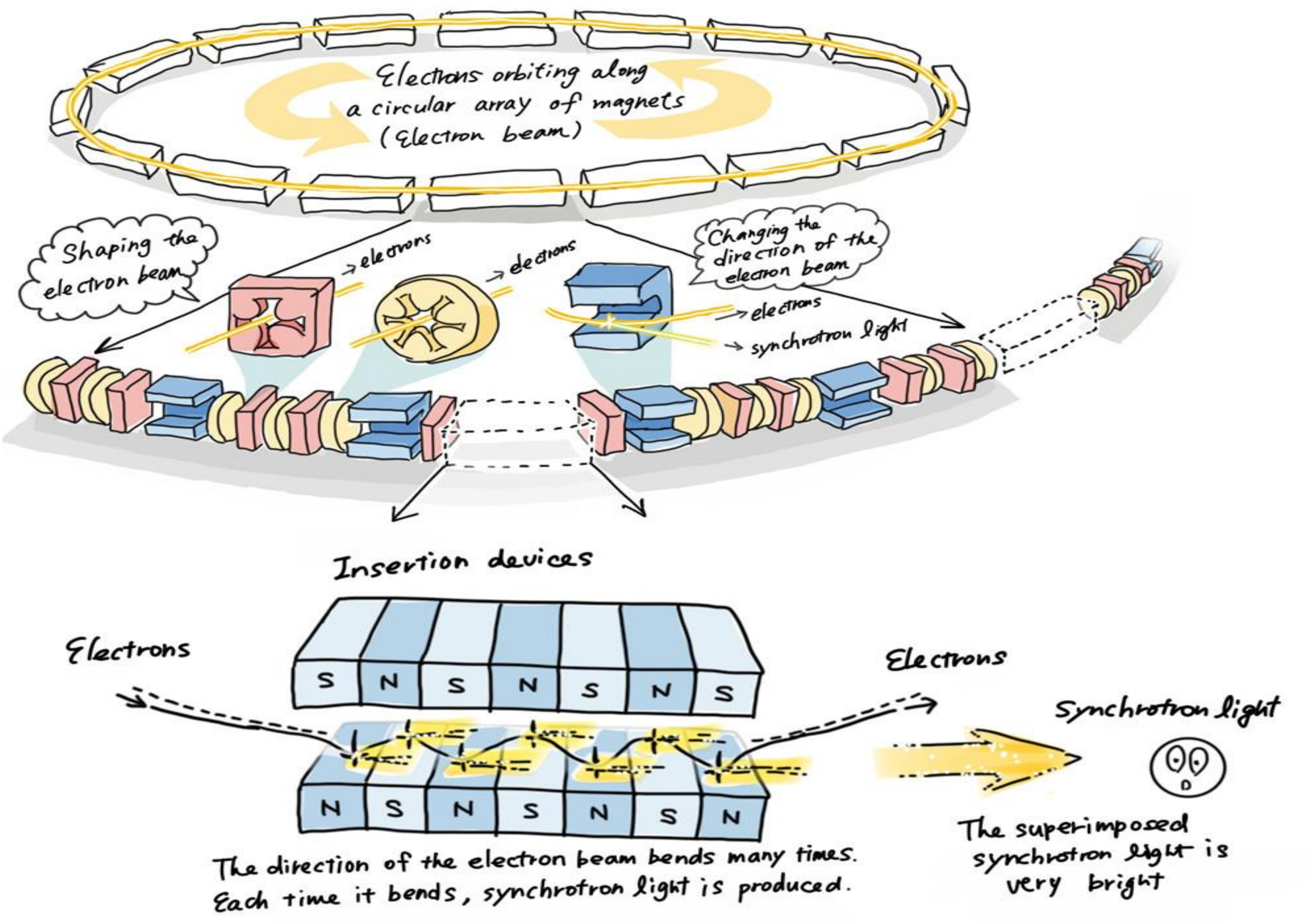
Principio da radiação sincrotron



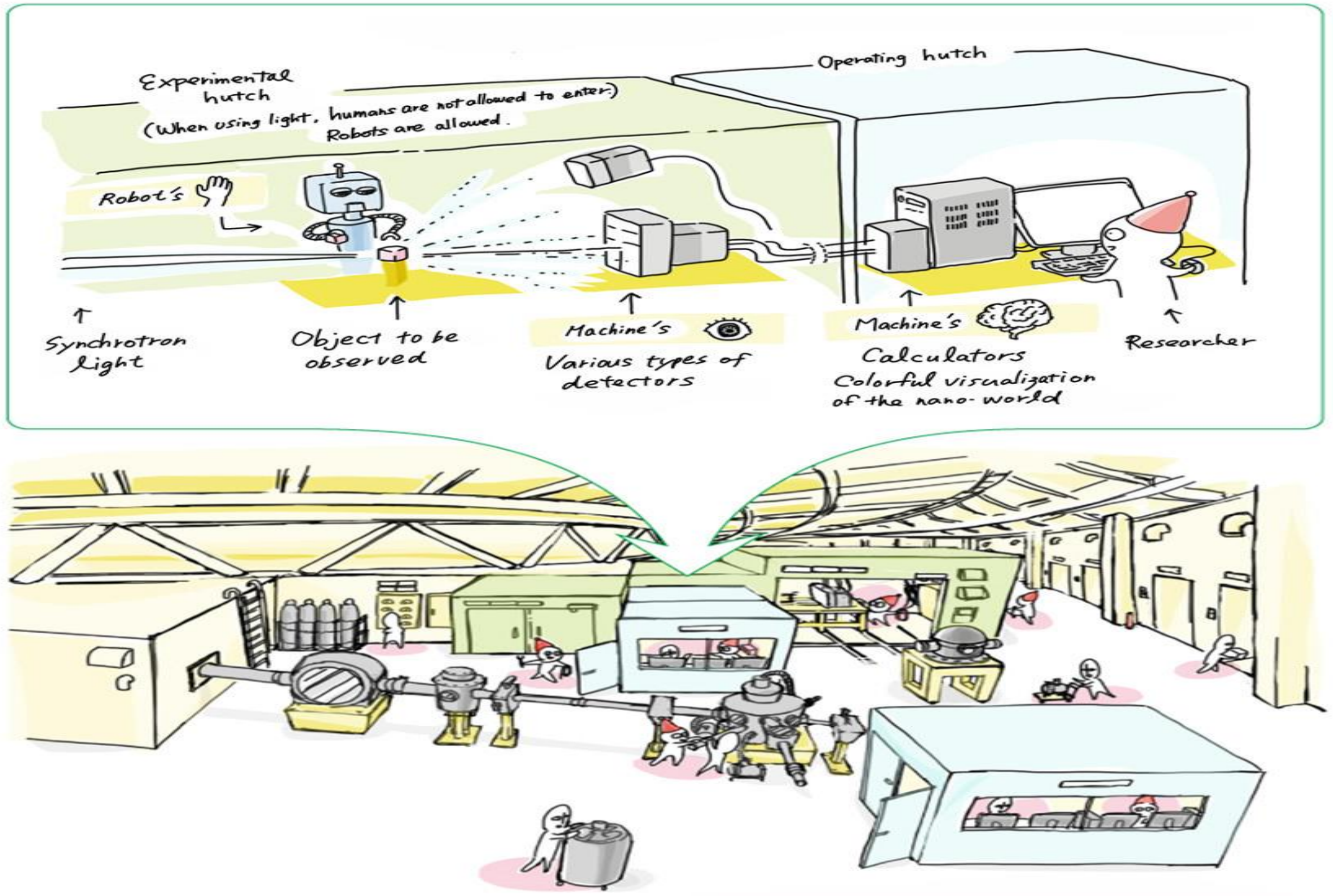




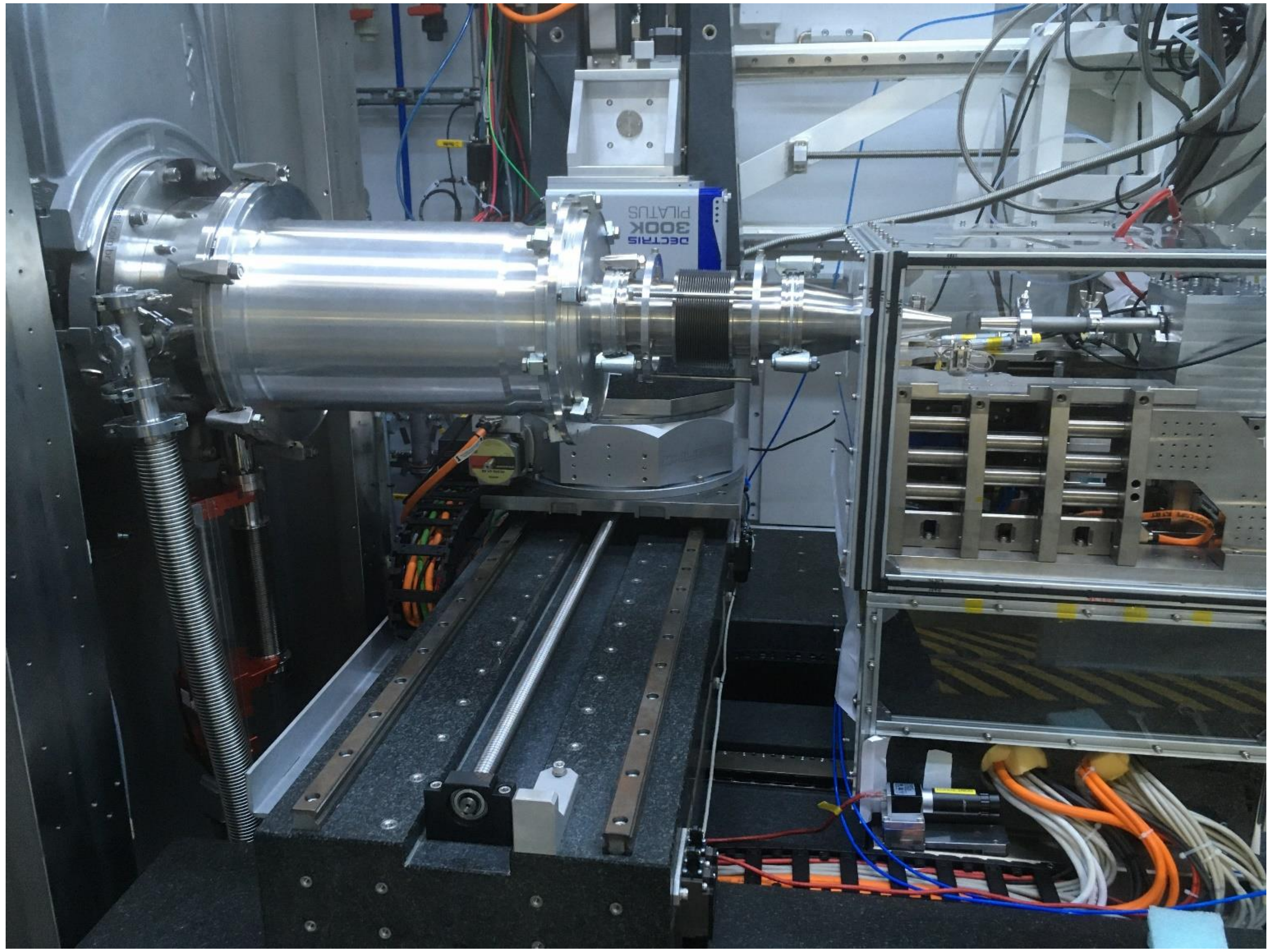
Diople bending magnet
hυ
Storage Ring
e⁻
hυ
Multiple Undulator or Wiggler

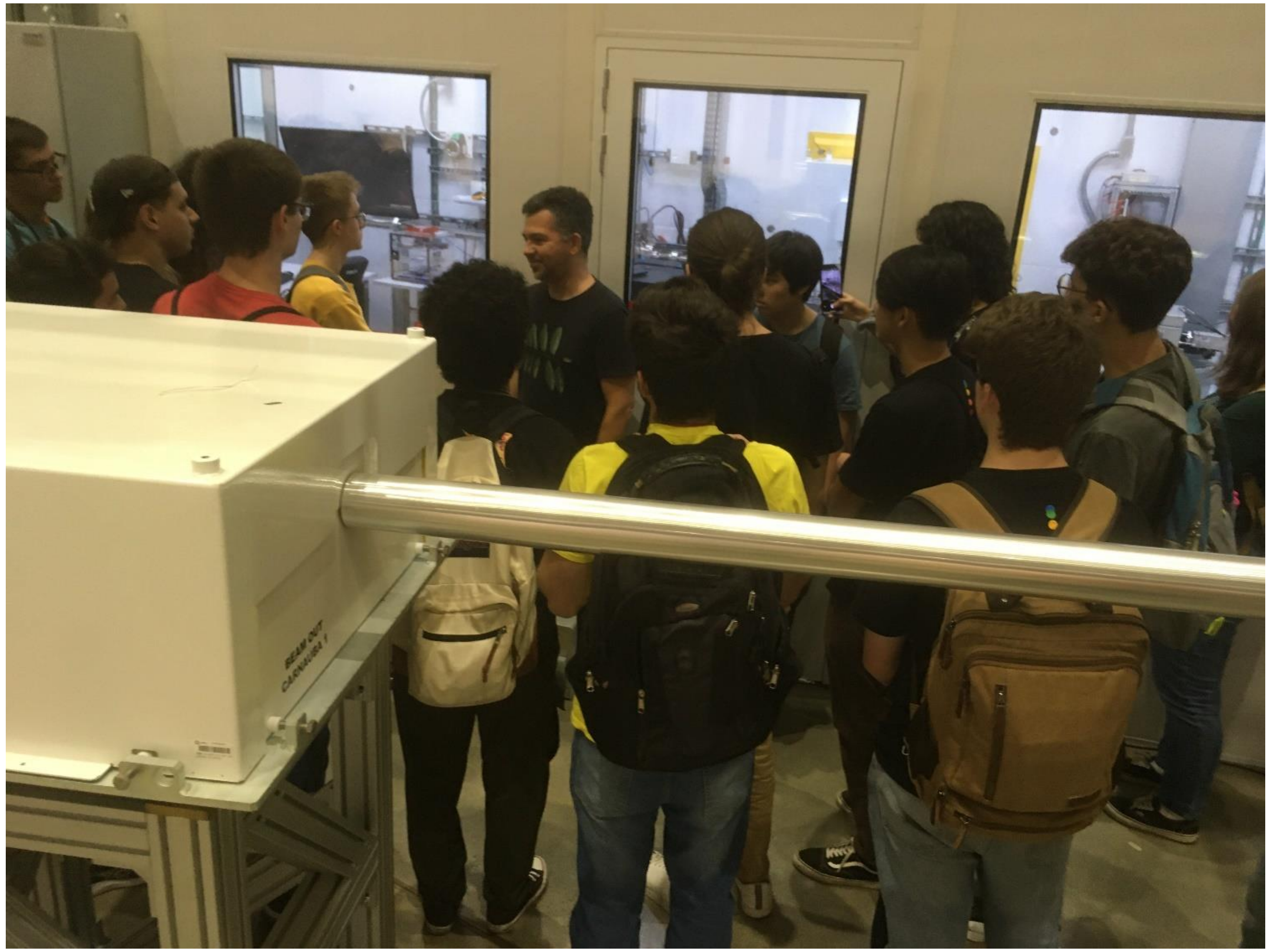


Electrons orbiting along a circular array of magnets (Electron beam)
Shaping the electron beam
electrons
electrons
Changing the direction of the electron beam
electrons
synchrotron light
Insertion devices
Electrons
S N S N S N S
N S N S N S N
Electrons
Synchrotron light
The direction of the electron beam bends many times. Each time it bends, synchrotron light is produced.
The superimposed synchrotron light is very bright

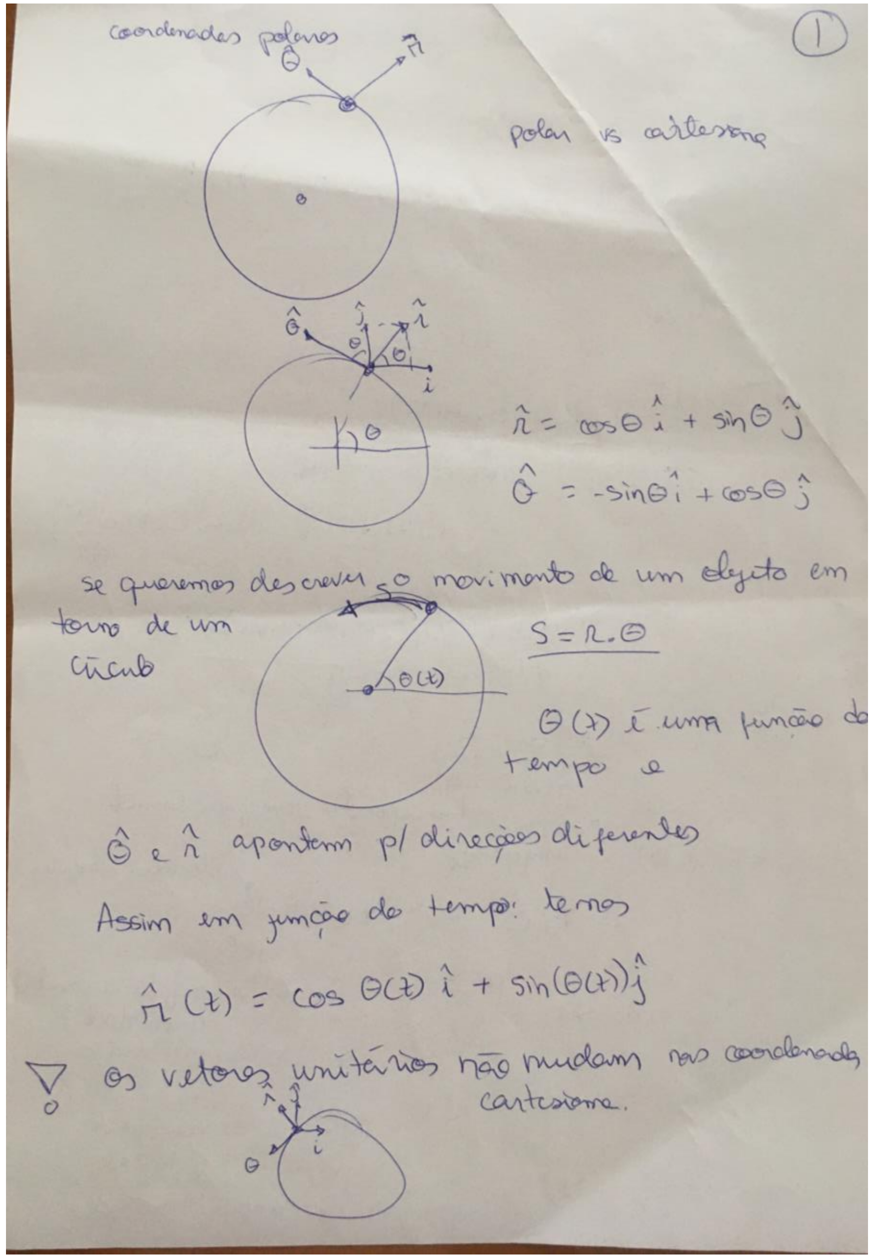


explorers in nano world (tohoku.ac.jp)


DECTRIS
300K
PILATUS



Descrição – Movimento Circular



1

coordenadas polares $\hat\theta$ $\hat r$

polar vs cartesiana

$\hat r = \cos\theta\,\hat i + \sin\theta\,\hat j$

$\hat\theta = -\sin\theta\,\hat i + \cos\theta\,\hat j$

se queremos descrever o movimento de um objeto em torno de um círculo

$S = R.\theta$

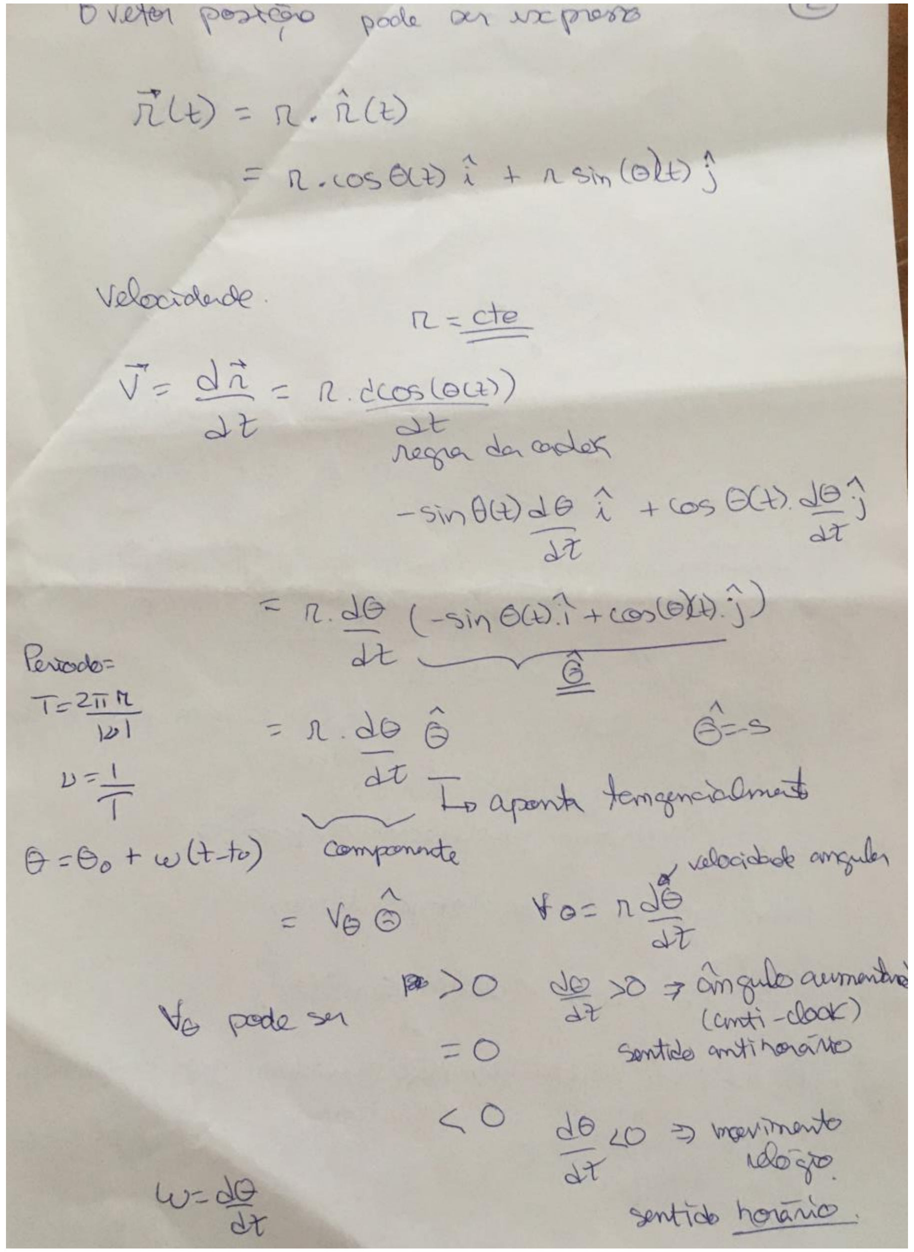
$\theta(t)$ é uma função do tempo e

$\hat\theta$ e $\hat r$ apontam p/ direções diferentes

Assim em função do tempo temos

$\hat r(t) = \cos\theta(t)\,\hat i + \sin(\theta(t))\,\hat j$

os vetores unitários não mudam nas coordenadas cartesianas.



O vetor posição pode ser expresso

$\vec r(t) = R\cdot\hat r(t)$

$= R\cdot\cos\theta(t)\,\hat i + R\sin(\theta(t))\,\hat j$

Velocidade

$R = cte$

$\vec V = \frac{d\vec r}{dt} = R.\frac{d\cos(\theta(t))}{dt}$

regra da cadeia

$-\sin\theta(t)\frac{d\theta}{dt}\,\hat i + \cos\theta(t).\frac{d\theta}{dt}\,\hat j$

$= R.\frac{d\theta}{dt}\underbrace{(-\sin\theta(t)\hat i + \cos(\theta(t))\hat j)}_{\hat\theta}$

$= R.\frac{d\theta}{dt}\,\hat\theta$

↳ aponta tangencialmente

componente

$= V_\theta\,\hat\theta$ $\qquad V_\theta = R\frac{d\theta}{dt}$ velocidade angular

Período:

$T = \frac{2\pi R}{|v|}$

$\nu = \frac{1}{T}$

$\theta = \theta_0 + \omega(t - t_0)$

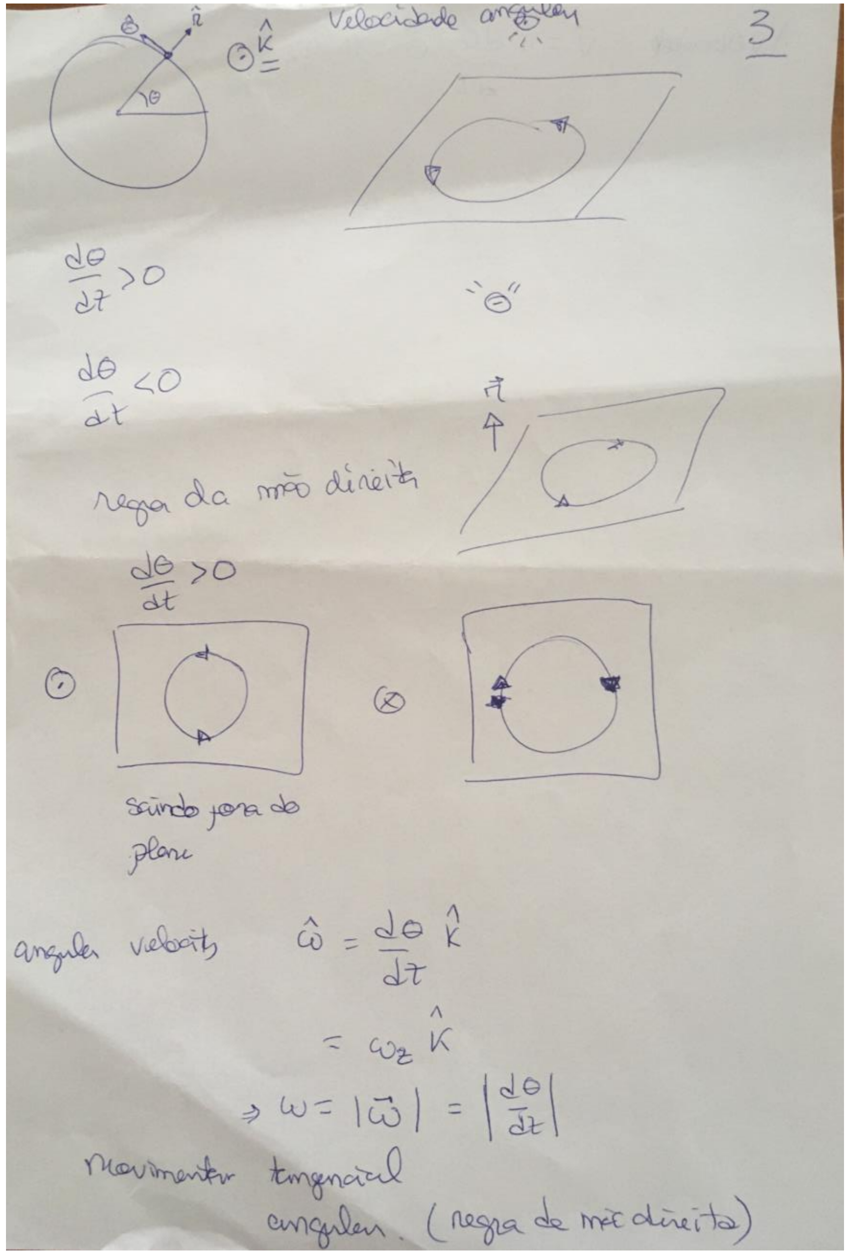
V_θ pode ser

>0 $\quad \frac{d\theta}{dt} > 0 \Rightarrow$ ângulo aumenta (anti-clock) sentido anti-horário

$=0$

<0 $\quad \frac{d\theta}{dt} < 0 \Rightarrow$ movimento relógio sentido horário

$\omega = \frac{d\theta}{dt}$



3

Velocidade angular

$\theta\,\hat k$

$\frac{d\theta}{dt} > 0$

$\frac{d\theta}{dt} < 0$

regra da mão direita

$\frac{d\theta}{dt} > 0$

saindo fora do plano

angular velocity $\hat\omega = \frac{d\theta}{dt}\hat k$

$= \omega_z\,\hat k$

$\Rightarrow \omega = |\vec\omega| = \left|\frac{d\theta}{dt}\right|$

Movimento tangencial angular. (regra da mão direita)

Velocidade no MCU

Tratamento vetorial

$$\vec{r} = r_x\hat{i} + r_y\hat{j}$$

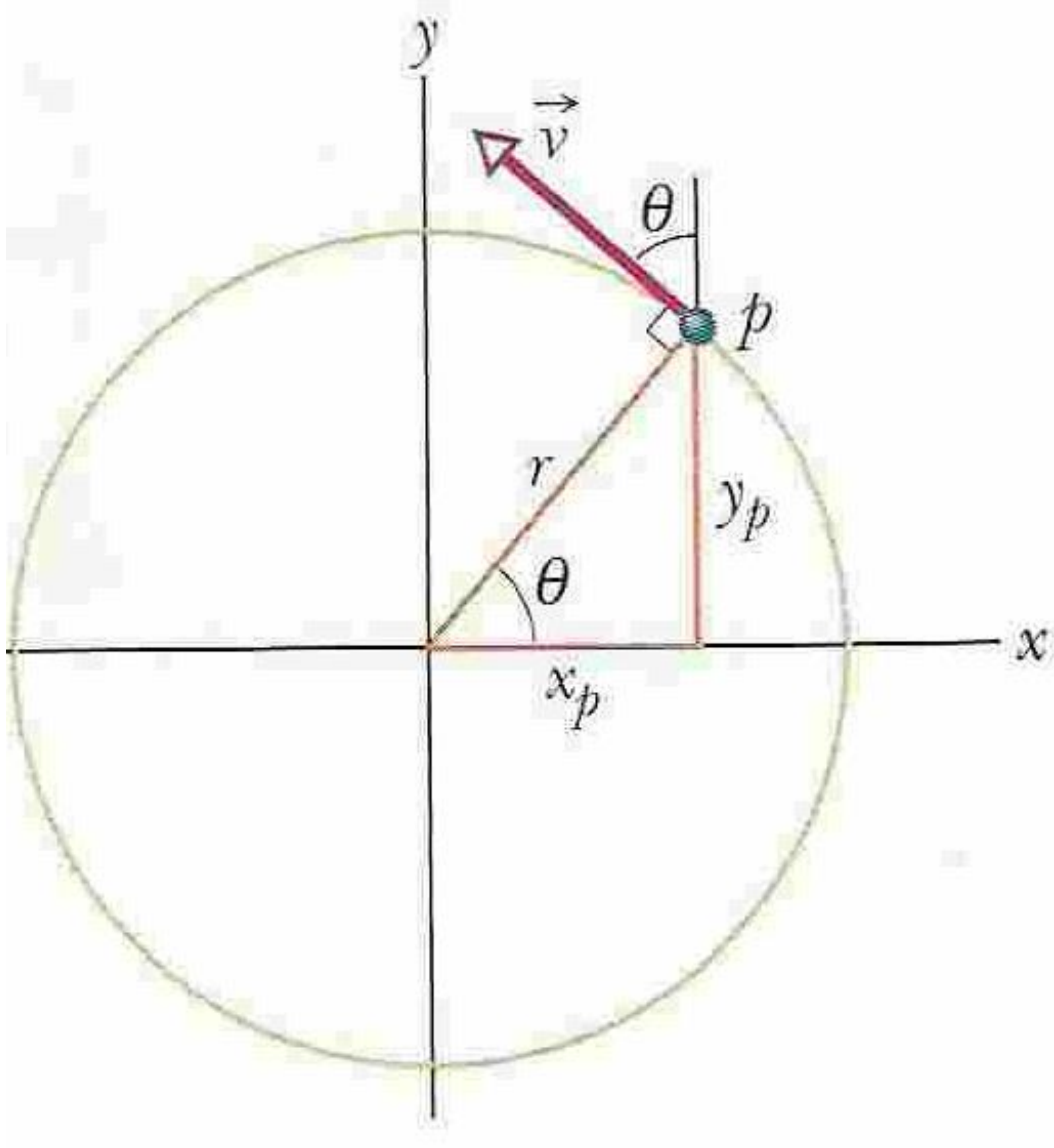
$$\vec{r} = x\hat{i} + y\hat{j}$$

$$x = r\cos\theta$$

$$y = r sen\theta$$

$$\theta = \omega t$$

$$\boxed{\vec{r}(t) = r\cos(\omega t)\hat{i} + r sen(\omega t)\hat{j}}$$



Velocidade no MCU

$$\vec{r}(t) = x(t)\hat{i} + y(t)\hat{j}$$

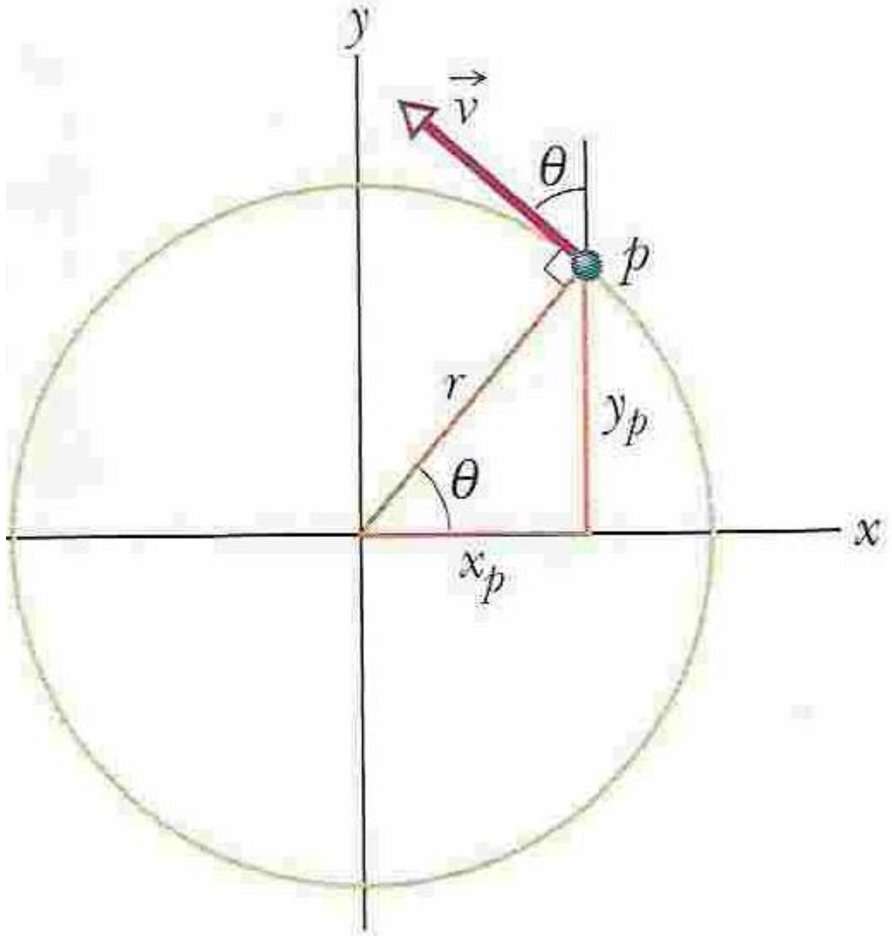
$$\vec{r}(t) = r\cos(\omega t)\hat{i} + r sen(\omega t)\hat{j}$$

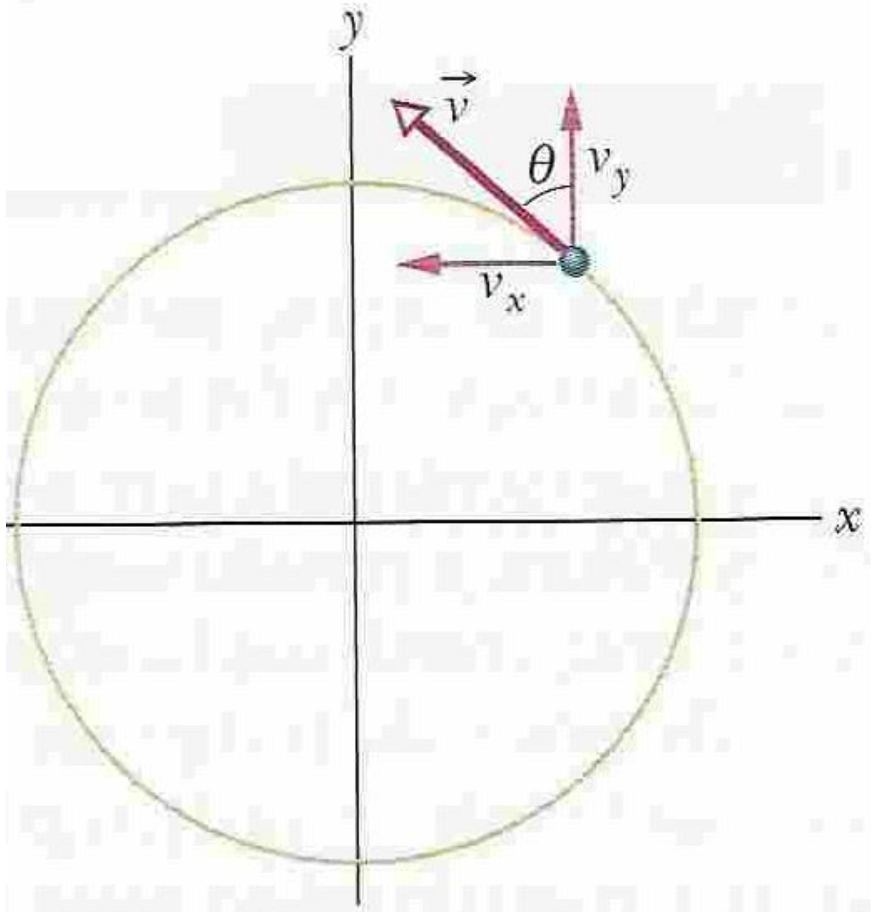
$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\hat{i} + \frac{dy}{dt}\hat{j} = v_x\hat{i} + v_y\hat{j}$$

$$v_x = \frac{dx}{dt} = -\omega r sen(\omega t)$$

$$v_y = \frac{dy}{dt} = \omega r\cos(\omega t)$$

$$\boxed{\vec{v} = -r\omega\sin(\omega t)\hat{i} + r\omega\cos(\omega t)\hat{j}}$$





Aceleração no MCU

$$\vec{v} = -r\omega sen(\omega t)\hat{i} + r\omega\cos(\omega t)\hat{j}$$

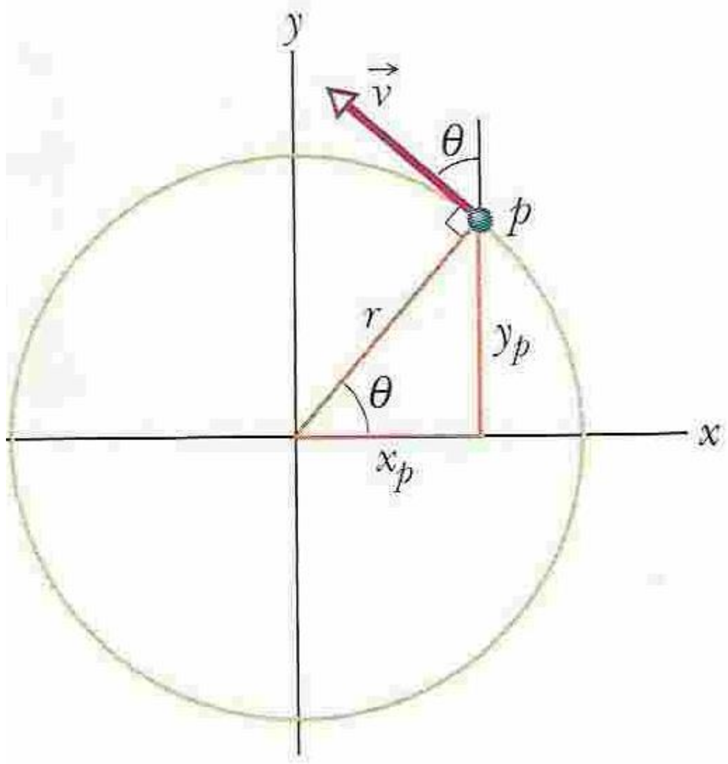
$$\vec{a} = a_x\hat{i} + a_y\hat{j}$$

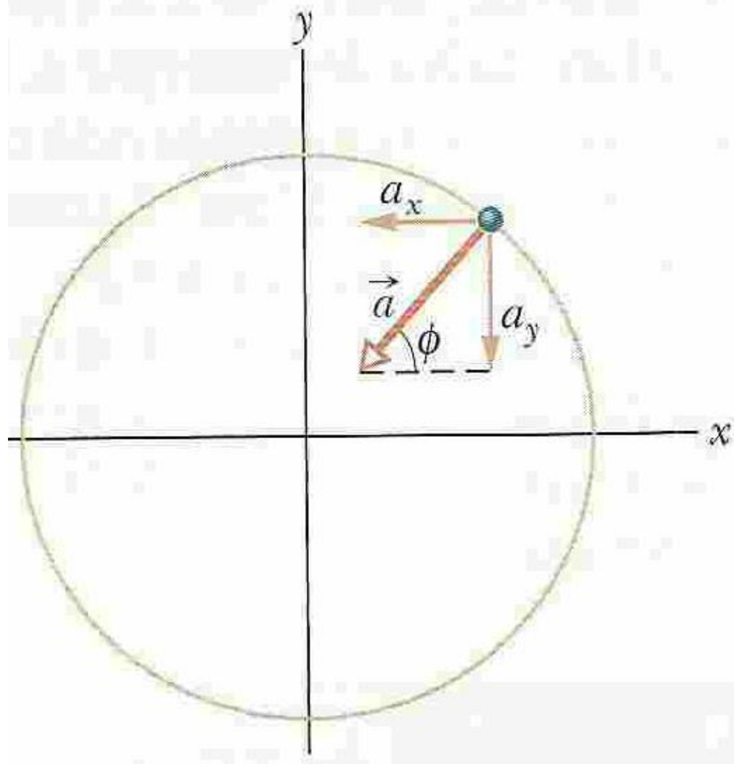
$$\vec{a} = \frac{dv_x}{dt}\hat{i} + \frac{dv_y}{dt}\hat{j}$$

$$\vec{a} = -r\omega^2\cos(\omega t)\hat{i} - r\omega^2 sen(\omega t)\hat{j}$$

$$\vec{a} = -\omega^2[r\cos(\omega t)\hat{i} + rsen(\omega t)\hat{j}]$$

$$\vec{a} = -\omega^2\vec{r}$$





$$\boxed{\vec{a}_c = -\omega^2\vec{r} = -\frac{v^2}{r^2}\vec{r} = -\frac{v^2}{r}\hat{r}}$$

Aceleração centrípeta

Sugestão de exercício

Uma pedra amarrada em uma corda move-se no plano xy. Suas coordenadas são dadas em função do tempo por $x(t) = R\cos(wt)$ e $y(t) = R\text{sen}(wt)$ onde R e w são constantes.

(a) Mostre que a distância da pedra até a origem é constante e igual a R, ou seja, sua trajetória é uma circunferência de raio R.

(b) Mostre que em cada ponto o vetor velocidade é perpendicular ao vetor posição.

(c) Mostre que o vetor aceleração é sempre oposto ao vetor posição e possui módulo igual a w^2R.

(d) Mostre que o módulo da velocidade da pedra e constante e igual a wR.

Solução

(a) Vetor posição: $\vec{r}(t) = Rcos(wt)(\hat{\imath}) + Rsen(wt)\ (\hat{\jmath})$

$$|\vec{r}(t)| = \sqrt{R^2[cos^2(wt) + sen^2(wt)]} = R$$

(b) Vetor velocidade $\vec{v}(t) = -wR[sen(wt)(\hat{\imath}) - cos(wt)\ (\hat{\jmath})\ ]$

Se os vetores $\vec{r}(t)$ e $\vec{v}(t)$ forem perpendiculares o produto escalar entre eles é nulo.

$$\vec{r}(t) * \vec{v}(t) = -wR^2 sen(wt)\cos(wt) + wR^2 sen(wt)\cos(wt) = 0$$

(c) Vetor aceleração: $\vec{a}(t) = -w^2R[cos(wt)(\hat{\imath}) + sen(wt)\ (\hat{\jmath})\ ] = -w\vec{r}$

$$|\vec{a}(t)| = \sqrt{(-w^2R)^2[cos^2(wt) + sen^2(wt)]} = w^2R$$

(d) $|\vec{v}(t)| = \sqrt{(-wR)^2[sen^2(wt) + cos^2(wt)]} = wR$