

Actividade Laboratorial

Satélite Geostacionário

Número

1.4

Objectivo

Relacionar a força centrípeta aplicada num satélite com a respectiva massa e distância a que se encontra do centro da trajectória ao mesmo.

Introdução

Considere-se um satélite de massa (m) orbitando numa órbita circular de raio r , de modo que $r=d(p-s)+R(p)$. O satélite descreve um movimento circular com velocidade linear constante $V=0m/s$. Deste modo a velocidade linear tem um vector que é sempre tangente à trajectória, ou seja, tangente a todas as posições ocupadas pelo satélite ao longo da sua trajectória. Para além disso o satélite também descreve ângulos ao centro iguais nos mesmos intervalos de tempo, isto leva-nos a concluir que a sua velocidade angular (ω) se mantém constante ao longo da trajectória. Deste modo, o satélite adquire movimento circular e uniforme. A velocidade linear (V) relaciona-se com a velocidade angular (ω) e com o raio da trajectória (r) através da equação $V=\omega.r$. Sabe-se que a única força aplicada no satélite é a força gravítica (F_g), força esta que é responsável pela mudança de direcção e sentido do vector velocidade - provoca o encurvamento sucessivo da trajectória. No entanto, apesar da velocidade linear ser constante e portanto a aceleração tangencial ser nula $a(t)=0m/s^2$, existe uma aceleração centrípeta que tem direcção radial e sentido dirigido para o centro da trajectória. Deste modo tem a mesma direcção e sentido da F_g que é a F_c aplicada no satélite. Pela 2ª Lei de Newton tem-se que $F_c=m.ac$. No entanto, a aceleração centrípeta (ac) depende da velocidade linear do satélite e do raio da respectiva órbita, logo $ac=V^2/r$, obtendo-se $F_c=m.(V^2/r)$. Para além disso a velocidade também se relaciona com o período, logo $V=(2\pi.r)/T$, em que se obtém por fim $F_c=m.4\pi^2.r.(1/T^2)$. Conclui-se que a intensidade da F_c é directamente proporcional ao inverso do quadrado do período. Experimentalmente determina-se a F_c aplicada no "satélite" que é a força de tensão, mede-se o raio da trajectória, determina-se a massa do "satélite" e ainda o período do "satélite".

Material e Reagentes

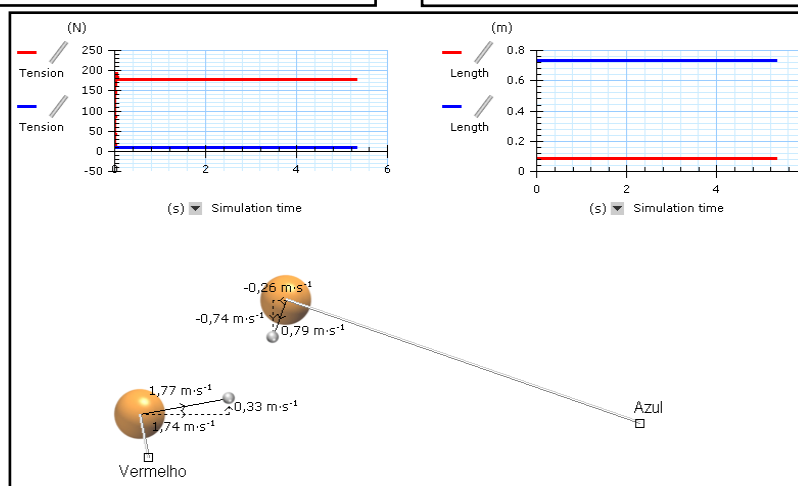
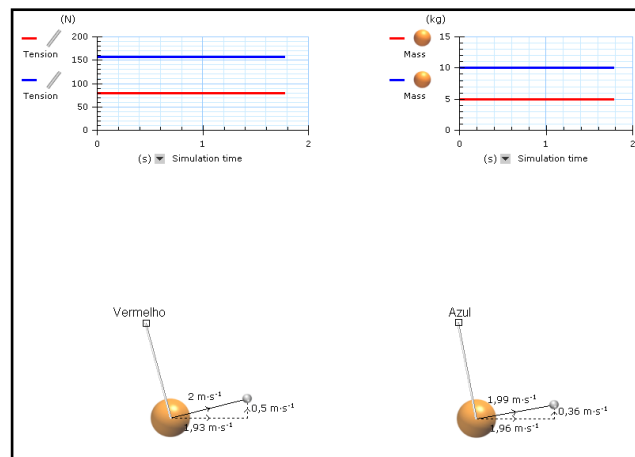
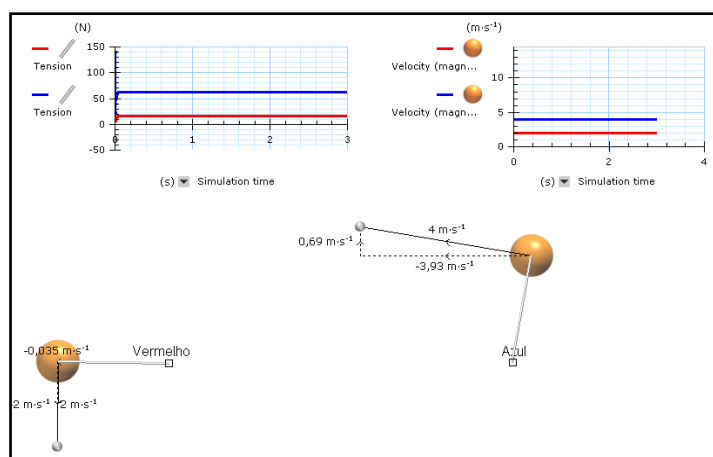
Material	Incerteza	Alcance
Gira-Discos		
Corpos de Massas Diferentes		
Cronómetro	$\pm 1s$	
Fita Métrica	$\pm 0,05cm$	100,00cm
Dinamómetro	$\pm 0,005N$	1,000N
Balança	$\pm 0,01g$	610,00g

Reagente

Observações

Procedimento e Esquema de Montagem

- 1- Colocar o satélite a uma certa distância da roldana e medir o raio da trajectória
- 2- Colocar uma massa em suspensão presa por um fio ao satélite e medir a massa do corpo suspenso
- 3- Colocar a placa rotativa em movimento
- 4- Medir o intervalo de tempo que o satélite demora a percorrer 10 voltas ao circuito
- 5- Repetir o procedimento para outras massas diferentes



Resultados Experimentais

m(g)	Δt (s)	r(cm)	F_c (N)	rpm
199,40	17	9,00	0,010	33
199,40	13	9,00	0,060	45
148,64	19	8,20	0,060	45
148,64	17	8,20	0,020	33
1º Processo				

m(g)	T(s)	r(m)
10,1	1,498	0,20
20,0	1,370	
30,0	1,261	
40,1	1,158	
50,4	1,026	
60,3	0,984	
70,2	0,905	
2ºProcesso		

Cálculos e Tratamento de Resultados

1º Processo

T(s)	1,7	1,3	1,4	1,7
f(Hz)	0,59	0,77	0,71	0,59
ω (rad/s)	3,70	4,83	4,48	3,70
v(m/s)	0,33	0,44	0,37	0,30
a(m/s ²)	1,23	2,10	1,65	1,12
Fc(N)	0,24	0,42	0,24	0,17
r(m)	0,090	0,090	0,082	0,082
m(kg)	0,19940	0,19940	0,14864	0,14864

Experimentalmente

$$\vec{F}_c = m \cdot \vec{a}_c$$

$$\Leftrightarrow F_c = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

$$\Leftrightarrow F_c = m \cdot \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot r$$

$$\Leftrightarrow F_c = m \cdot 4\pi^2 \cdot r \cdot \frac{1}{T^2}$$

2º Processo

Fg(N)	1/T ² (s)
0,1	0,44
0,2	0,53
0,3	0,63
0,4	0,74
0,5	0,95
0,6	1,03
0,7	1,22

$$F_g = m \cdot a$$

$$\vec{F}_c = m \cdot \vec{a}_c$$

$$\Leftrightarrow F_c = m \cdot 4\pi^2 \cdot r \cdot \frac{1}{T^2}$$

$$a_c = \frac{V^2}{r} \quad V = \omega \cdot r$$

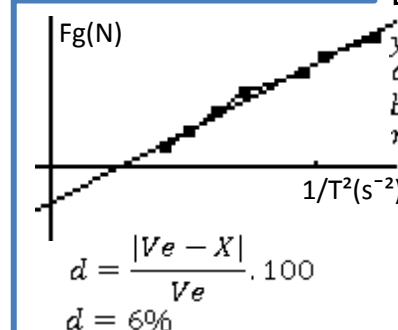
$$a_c = \omega^2 \cdot r$$

Teoricamente (aplicado a um satélite)

$$\vec{F}_c = m \cdot \vec{a}_c \Leftrightarrow F_g = m \cdot a_c$$

$$\Leftrightarrow G \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

$$\Leftrightarrow V = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}}$$



$$F_g = m \cdot 4\pi^2 \cdot r \cdot \frac{1}{T^2} + F_a$$

$$m \cdot 4\pi^2 \cdot r = 0,75$$

$$F_a = -0,2$$

$$m = \frac{0,75}{4\pi^2 \cdot r} \Leftrightarrow m = 0,095 \text{ kg}$$

$$m_{\text{teórica}} = 0,0896 \text{ kg}$$

Conclusão e Avaliação Crítica

Conclui-se que a Força centrípeta e o inverso do quadrado do Período são grandezas inversamente proporcionais quando estudamos o movimento circular de um satélite. O satélite descreve um movimento circular porque tem uma determinada velocidade linear, cujo vector é tangente à trajectória, está a uma determinada distância do centro da trajectória e está sujeito a uma força centrípeta (F_g) exercida pelo planeta no satélite, que tem direcção radia e sentido apontado para o centro da trajectória, deste modo, esta força, acompanhada da respectiva aceleração centrípeta são responsáveis pelo constante e sucessivo encurvamento da trajectória ao longo do tempo e espaço, deste modo adopta movimento circular. Deste modo conclui-se ainda que a aceleração centrípeta e o raio são directamente proporcionais, do mesmo modo a aceleração centrípeta é directamente proporcional ao quadrado da velocidade angular. Velocidade angular e Velocidade linear são grandezas directamente proporcionais, cuja razão de proporcionalidade é o raio da trajectória. Experimentalmente verificou-se que a velocidade orbital dependia da massa, pois a força centrípeta aplicada no corpo é uma força de tensão que depende da força gravítica aplicada nas massas. No entanto, no espaço a velocidade do satélite não depende das massas dos mesmos, pois o corpo encontra-se em queda livre, logo quando igualamos a 2ª Lei de Newton e a lei da gravitação universal tem-se que a velocidade do satélite depende apenas da massa do Planeta e da distância compreendida dentro o centro do Planeta e o Satélite $V = \sqrt{G \cdot M / r}$. Experimentalmente obteve-se um desvio percentual de 6% o que nos leva a concluir que existiram erros associados às medições, como erros associados à medida do tempo, pois a activação e paragem do cronómetro pode ter sido afectadas por erros do utilizador, a medição das massas é afectada de erros por mau manuseamento do equipamento e pelos erros que o próprio instrumento de medida introduz. Desta forma um satélite geostacionário colocado a 35 786km de altitude, ou seja, em que se mantém constante o raio da trajectória descreve a sua órbita sempre com o período de 24 horas independentemente da sua massa. Pois da expressão $V = (2\pi / T) \cdot r$, sabe-se que o raio é constante, a velocidade depende também da massa do planeta (que se mantém constante), logo a velocidade mantém-se constante ao longo do movimento, assegurando sempre o mesmo período de 24 horas, logo independentemente da massa do satélite este vai ter sempre um período de 24 horas.

Bibliografia