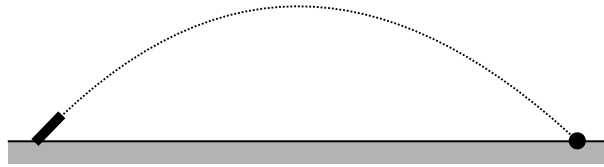


1. Um canhão lança uma bala do chão, como mostra a figura abaixo.



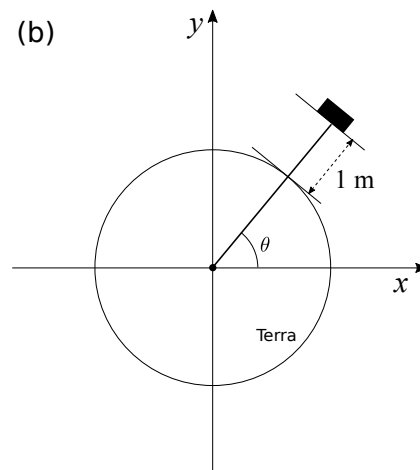
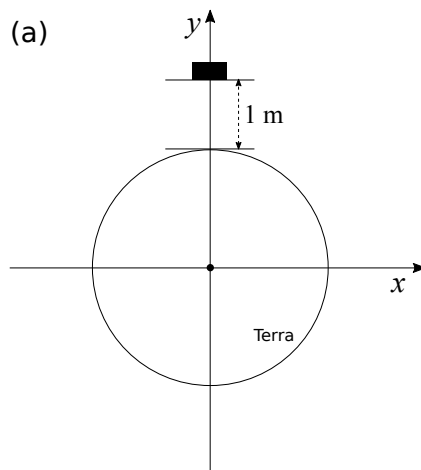
A força da gravidade acelera a bala para baixo, de acordo com a aceleração da gravidade, que é $g = 9.8 \text{ m/s}^2$. A velocidade da bala é dada por um vetor, porque ela tem duas direções, x , e y . A bala é atirada da posição $(0, 0)$, e com velocidade inicial $(10, 10)$. O movimento é acelerado apenas na direção y , e para baixo. Na direção x o movimento tem, portanto, velocidade constante, e o movimento é descrito pela fórmula $s = s_0 + v_0t$. Na direção y o movimento é acelerado pela gravidade, portanto a fórmula que descreve o movimento é $s = s_0 + v_0t + (a/2)t^2$.

- Faça um programa que faça as contas para calcular a posição (x, y) da bala em qualquer valor de tempo, t , que você definir.
 - Sofistique o seu programa para calcular a trajetória da bala, isto é, que salve três vetores, um de tempo, e outros de posições x e y .
 - Encontre em que tempo a bala chega ao chão.
 - Como variam o tempo e a distância horizontal (em x) em que bala chega ao chão se você varia o ângulo de lançamento (para uma velocidade com mesmo módulo)?
2. A força gravitacional aponta para o centro da terra. Ela tem a forma

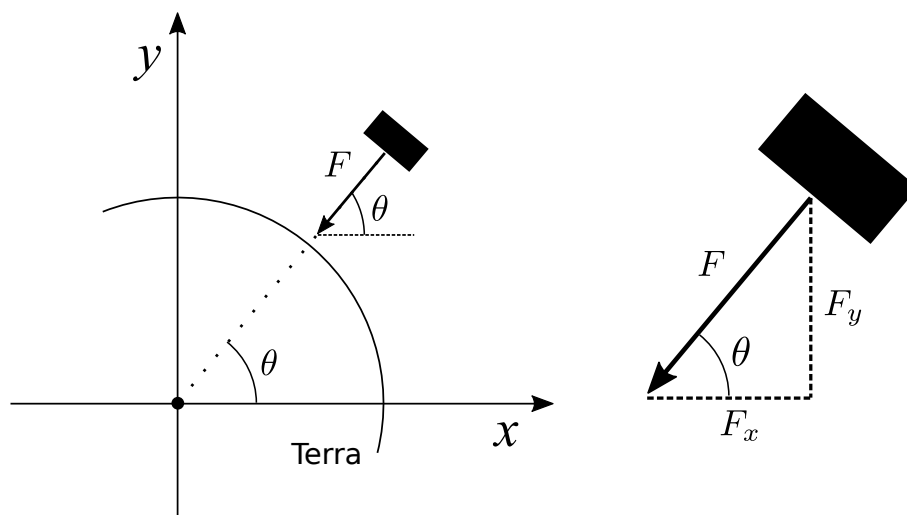
$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

onde G é uma constante, m_1 e m_2 são as massas dos dois corpos (a terra é o outro objeto), e r a distância entre eles. A constante G vale $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg s}^2$. A massa da terra é $5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$, e o raio da terra é 6371 km, ou $6.371 \times 10^6 \text{ m}$. Vamos imaginar que o centro da terra está na posição $x = (0, 0)$, e que o temos um objeto que pesa 1 kg, e trabalhar com uma representação da terra em duas dimensões.

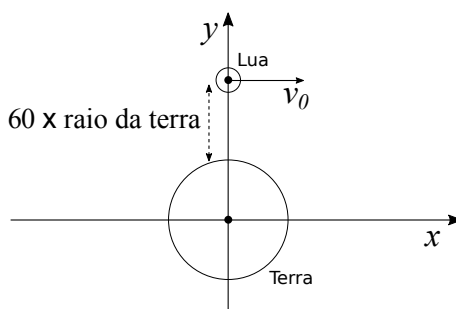
- Faça um código que calcule a força que age sobre o corpo, na situação da figura (a) ilustrada abaixo. Note que a coordenada x do objeto é zero, e que y é a soma da altura do objeto com o raio da terra.



- (b) Modifique o seu programa para tentar calcular a força que atua sobre o corpo quando ele está em qualquer lugar da terra, mas a uma altura de 1 m, como ilustrado na figura (b). As posições x e y agora dependem do ângulo θ , como ilustrado na figura.
3. A força que você calculou no exercício anterior aponta sempre para o centro da terra. Como mostra a figura abaixo, ela pode ser decomposta em duas componentes, F_x e F_y , que dependem do mesmo ângulo θ da figura.



- (a) Faça o seu programa calcular cada uma das componentes separadamente.
- (b) Calcule a aceleração em cada direção, separadamente, no mesmo programa.
- (c) O movimento é acelerado nas duas direções, x e y . Portanto, a queda do corpo obedece a lei $s = s_0 + v_0 + at^2/2$ para cada direção. Adicione ao seu programa a conta que calcula a posição (tanto em x como em y) do corpo para qualquer instante de tempo. Assuma que a velocidade inicial do corpo é nula (ou seja, ele começa parado). Preste atenção que as posições vão ser em relação ao centro da terra.
4. Na figura abaixo representamos a Terra e a Lua. Para facilitar as contas, vamos representar todos os números com unidades mais convenientes. Vamos contar a massa da Terra e da Lua usando como unidade a massa da terra. Desta forma, $m_{\text{Terra}} = 1$ e a massa da Lua, que é $m_{\text{Lua}} = 7.36 \times 10^{22}$ kg, vai ser $m_{\text{Lua}} = 0.0123$ (veja a massa da Terra no exercício 2. A distância entre a Terra e a Lua é de 384400 km. Vamos medir essa distância em “raios da Terra”. O raio da Terra é 6371 km, portanto a distância entre a Terra e a Lua é ~ 60 vezes o raio da Terra (a Lua está bem longe, né?).



A Lua gira em torno da Terra com uma velocidade de aproximadamente 3600 km/h. Também vamos escrever essa velocidade usando o raio da Terra como medida de distância. Portanto, a velocidade

é 0.565 “raios da Terra” por hora. Nestas mesmas unidades, a constante da gravitação, G , vale $G = 19,968 r_{\text{Terra}}^3 m_{\text{Terra}}^{-1} \text{ h}^{-2}$.

O objetivo é fazer um gráfico da posição (x, y) da Lua em torno da Terra, no decorrer de um dia.

5. Agora, sofisticue o seu programa para que a Terra não esteja fixa no centro, mas se mova também em função da atração que a Lua exerce sobre ela.