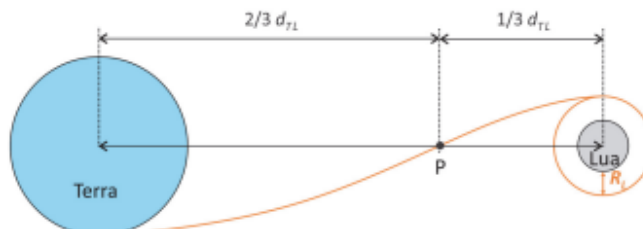


Questão F05

Em janeiro de 2019, a sonda chinesa *Chang'e 4* fez o primeiro pouso suave de um objeto terrestre no lado oculto da Lua, reavivando a discussão internacional sobre programas de exploração lunar.

Considere que a trajetória de uma sonda com destino à Lua passa por um ponto P , localizado a $2/3 d_{TL}$ do centro da Terra e a $1/3 d_{TL}$ do centro da Lua, sendo d_{TL} a distância entre os centros da Terra e da Lua.



- a) Considerando que a massa da Terra é cerca de 82 vezes maior que a massa da Lua, determine a razão F_T/F_L entre os módulos da força gravitacional que a Terra e a Lua, respectivamente, exercem sobre a sonda no ponto P .

Ao chegar próximo à Lua, a sonda foi colocada em uma órbita lunar circular a uma altura igual ao raio da Lua (R_L), acima de sua superfície, como mostra a figura. Desprezando os efeitos da força gravitacional da Terra e de outros corpos celestes ao longo da órbita da sonda,

- b) determine a velocidade orbital da sonda em torno da Lua em termos da constante gravitacional G , da massa da Lua M_L e do raio da Lua R_L ;
c) determine a variação da energia mecânica da nave quando a altura da órbita, em relação à superfície da Lua, é reduzida para $0,5 R_L$. Expresse seu resultado em termos de G , R_L , M_L e da massa da sonda m_s .

Note e adote:

O módulo da força gravitacional entre dois objetos de massas M e m separados por uma distância d é dado por $F = \frac{GMm}{d^2}$.

A energia potencial gravitacional correspondente é dada por $U = -\frac{GMm}{d}$.

Assuma a distância da Terra à Lua como sendo constante.

RESPOSTA

$$\text{a) } \frac{F_T}{F_L} = \frac{\frac{G M_T m_s}{d_T^2}}{\frac{G M_L m_s}{d_L^2}} = \frac{82 M_L \left(\frac{1}{3} d_{TL}\right)^2}{M_L \left(\frac{2}{3} d_{TL}\right)^2}$$

$$\frac{F_T}{F_L} = \frac{82}{4} = 20,5$$

$$\text{b) } F_G = R_{cp}$$

$$\frac{G \cdot M_L \cdot m_s}{(2R_L)^2} = \frac{m_s \cdot v^2}{2R_L}$$

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M_L}{2R_L}}$$

$$\text{c) } E_c = \frac{m_s}{2} \cdot \frac{G \cdot M_L}{2R_L} = \frac{G \cdot M_L \cdot m_s}{4R_L}$$

$$U = -\frac{G \cdot M_L \cdot m_s}{2R_L}$$

$$E_M = E_c + U = -\frac{G \cdot M_L \cdot m_s}{4R_L}$$

$$v' = \sqrt{\frac{G \cdot M_L}{1,5R_L}}$$

$$E_c' = \frac{m_s}{2} \cdot \frac{G \cdot M_L}{1,5R_L} = \frac{G \cdot M_L \cdot m_s}{3R_L}$$

$$U' = - \frac{G \cdot M_L \cdot m_s}{1,5R_L}$$

$$E_M' = E_c' + U' = - \frac{G \cdot M_L \cdot m_s}{3R_L}$$

$$\Delta E_M = E_M' - E_M = - \frac{G \cdot M_L \cdot m_s}{12R_L}$$