1 (Unicamp-SP) Plutão é considerado um planeta anão, com massa $M_p = 1 \cdot 10^{22}$ kg, bem menor que a massa da Terra. O módulo da força gravitacional entre duas massas m_1 e m_2 é dado por $F_g = G\,\dfrac{m_1 m_2}{r^2}$, em que **r** é a distância entre as massas e G é a constante gravitacional. Em situações que envolvem distâncias astronômicas, a unidade de comprimento comumente utilizada é a Unidade Astronômica (UA).

a) Considere que, durante a sua aproximação a Plutão, a sonda se encontra em uma posição que está $d_p = 0{,}15$ UA distante do centro de Plutão e $d_T = 30$ UA distante do centro da Terra. Calcule a razão $\left(\dfrac{F_{gT}}{F_{gP}}\right)$ entre o módulo da força gravitacional com que a Terra atrai a sonda e o módulo da força gravitacional com que Plutão atrai a sonda. Caso necessário, use a massa da Terra $M_T = 6 \cdot 10^{24}$ kg.

Sendo **m** a massa da sonda, a razão procurada pode ser calculada como segue:

$$\frac{F_{gT}}{F_{gP}} = \frac{\left(\dfrac{G \cdot m \cdot M_T}{d_T{}^2}\right)}{\left(\dfrac{G \cdot m \cdot M_P}{d_P{}^2}\right)} = \left(\frac{M_T}{M_P}\right) \cdot \left(\frac{d_P}{d_T}\right)^2$$

$$\frac{F_{gT}}{F_{gP}} = \left(\frac{6 \cdot 10^{24}}{1 \cdot 10^{22}}\right) \cdot \left(\frac{0{,}15}{30}\right)^2$$

$$\frac{F_{gT}}{F_{gP}} = 0{,}015$$

b) Suponha que a sonda New Horizons estabeleça uma órbita circular com velocidade escalar orbital constante em torno de Plutão com um raio de $r_p = 1 \cdot 10^{-4}$ UA. Obtenha o módulo da velocidade orbital nesse caso. Se necessário, use a constante gravitacional $G = 6 \cdot 10^{-11}\ \text{N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$. Caso necessário, use 1 UA (Unidade astronômica) $= 1{,}5 \cdot 10^8$ km.

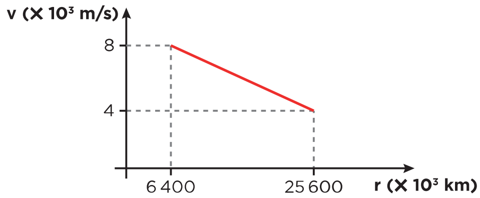
O movimento da sonda New Horizons é circular e uniforme. Logo, a velocidade orbital fica determinada:

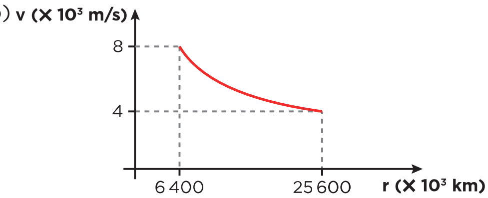
$$a_c = g_P \Rightarrow \frac{(v_{orbital})^2}{r_P} = G \cdot \frac{M_p}{r_P{}^2}$$

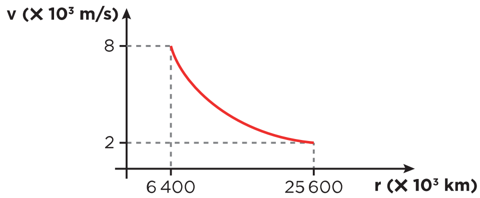
$$v_{orbital} = \sqrt{\frac{G \cdot M_P}{r_P}} \Rightarrow v_{orbital} = \sqrt{\frac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 1 \cdot 10^{22}}{1 \cdot 10^{-4} \cdot 1{,}5 \cdot 10^{11}}}$$

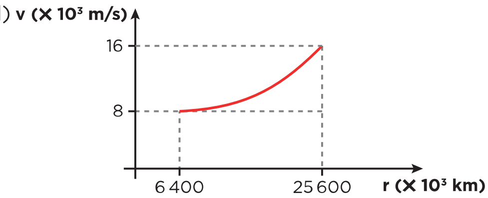
$$\therefore v_{orbital} = 200 \text{ m/s}$$

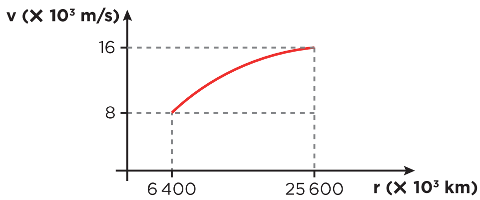
2 Segundo a revista *Superinteressante* do dia 4 de julho de 2018, 2 783 satélites orbitam a Terra. Sabe-se que essas órbitas ocorrem em diferentes altitudes. Muitos desses satélites estão em órbita circular, ou seja, executam movimento circular e uniforme (MCU). O campo gravitacional na superfície da Terra é 10 N/kg e o raio da Terra (distância entre a superfície da Terra e seu centro admitindo que seu formato seja esférico) é 6 400 km. Considerando a situação descrita, qual esboço gráfico representa a intensidade da velocidade **v** desenvolvida por satélites em órbita circular em relação aos seus raios **r** de órbita?

a)


b)


c)


d)


e)


2. Para qualquer satélite em órbita circular, temos:

$R_c = P$

$m \cdot a_c = m \cdot g$

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

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{r}} \quad (1)$$

Como $G \cdot M$ não varia, **v** em função de **r** é decrescente. Assim, descartamos as alternativas **d** e **e**.

Como a expressão que relaciona **v** e **r** não é de primeiro grau, seu gráfico não é uma reta; logo, podemos descartar a alternativa **a**.

De acordo com a expressão (1), caso o raio de órbita multiplique por quatro, a velocidade de órbita divide por dois. Assim, assinalamos a alternativa **b**.