

$$\frac{F_P}{F_T} = \frac{L_S}{4\pi d_{SP}^2} \cdot \frac{4\pi d_{TS}^2}{L_S} \Rightarrow \frac{F_P}{F_T} = \left(\frac{1}{33}\right)^2 \Rightarrow F_P = 9,2 \cdot 10^{-4} F_T$$

Portanto, o fluxo solar em Plutão era, aproximadamente, **1 000 vezes** menor que na Terra.

Sendo m_p a magnitude aparente do Sol visto de Plutão e m_T a magnitude aparente do Sol visto da Terra, da equação geral das magnitudes, temos:

$$m_P - m_T = -\frac{5}{2} \log\left(\frac{F_P}{F_T}\right) \Rightarrow m_P - (-26,7) = -\frac{5}{2} \log(9,2 \cdot 10^{-4}) \Rightarrow m_P = -19,1$$

d) Adotando o centro de Plutão como referência, a posição r do centro de massa do sistema é:

$$d_{CM} = \frac{d_{PC} \cdot M_C}{M_P + M_C} = \frac{195702,54 \cdot 10^{-4}}{2,2 \cdot 10^{-3} + 2,54 \cdot 10^{-4}} \Rightarrow d_{CM} = 2026 \text{ km}$$

Portanto, a partir da superfície de Plutão, temos que a distância r do centro de massa será:

$$d_{CM} = R_P + r \Rightarrow 2026 = 1186 + r \Rightarrow r = 840 \text{ km}$$

Da 3ª Lei de Kepler, temos que o período P_C de Caronte é:

$$\frac{P_C^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G(M_P + M_C)} \Rightarrow \frac{P_C^2}{(1,957 \cdot 10^7)^3} = \frac{4\pi^2}{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot (2,2 \cdot 10^{-3} + 2,54 \cdot 10^{-4}) \cdot 5,97 \cdot 10^{24}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_C = 5,5 \cdot 10^5 \text{ s} = 6,37 \text{ dias}$$

9) Da 3ª Lei de Kepler, desprezando a massa do satélite, temos que o período orbital P é:

$$\frac{P^2}{(R_T + h)^3} = \frac{4\pi^2}{GM_T} \Rightarrow \frac{P^2}{(6,371 \cdot 10^6 + 8 \cdot 10^5)^3} = \frac{4\pi^2}{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 5,97 \cdot 10^{24}} \Rightarrow P = 6043 \text{ s} = 1,68 \text{ h}$$

Portanto, o satélite dá cerca de **14,4 voltas** na terra a cada 24 h.

10) Considerando que o satélite deve girar em torno do seu eixo com o mesmo período com que gira em torno da Terra, temos, de acordo com a questão 9, para o período de 1,68 hora (≈ 100 minutos), uma velocidade angular de 0,01 rotações por minuto, ou seja, **0,01 rpm**.

Prova Teórica em Grupo – Resoluções

- 1) a) Serão todas as estrelas que possuem declinação menor do que zero ($\delta < 0$), ou seja: **Peacock, Rigel e Achernar**.
- b) Para não ser visível em Santiago, a estrela deve possuir declinação maior que 57° ($\delta > 57^\circ$). São elas: **Alderamin e Polaris**.
- c) Para ser circumpolar em Montevidéu, a estrela deve possuir declinação menor que -55° ($\delta < -55^\circ$). São elas: **Peacock e Achernar**.

d) Para fazer passagem meridiana próxima ao zênite na Cidade do México, a declinação da estrela deve ser próxima de 19° ($\delta \approx 19^\circ$), o que se verifica para **Algeiba e Arcturus**.

e) O Rio de Janeiro está a 2° a Oeste do meridiano central 45° W, portanto a hora sideral do cruzamento da estrela deve ser $t = 2\text{h}30\text{min} - \frac{60\text{min}}{15^\circ} \cdot 2^\circ = 2\text{h}22\text{min}$. No dia 21 de março ($\delta_{\text{Sol}} = 0^\circ$ e $AR_{\text{Sol}} = 0^\circ$) o ângulo horário do ponto vernal (tempo sideral local TSL) neste instante é $TSL = 12\text{h} + 2\text{h}22\text{min} = 14\text{h}22\text{min}$. Para a estrela fazer passagem meridiana ($H = 0$) neste instante, sua ascensão reta AR deve ser:

$$TSL = H + AR \Rightarrow AR = 14\text{h}22\text{min}$$

O que mais se aproxima à coordenada de **Arcturus**.

2) a) O diâmetro aparente do Sol (D_{Sol}) nesta data é:

$$D_{\text{Sol}} \approx \text{anctg}\left(\frac{1,392}{149,9}\right) \Rightarrow D_{\text{Sol}} \approx 0,532^\circ$$

Já o diâmetro aparente da Lua (D_{Lua}) próxima ao perigeu será:

$$D_{\text{Lua}} \approx \text{anctg}\left(\frac{3475}{363104}\right) \Rightarrow D_{\text{Lua}} \approx 0,548^\circ$$

Como $D_{\text{Lua}} > D_{\text{Sol}}$, este eclipse foi **total**.

b) O diâmetro aparente do Sol (D_{Sol}) nestas condições será:

$$D_{\text{Sol}} \approx \text{anctg}\left(\frac{1,392}{152,1}\right) \Rightarrow D_{\text{Sol}} \approx 0,524^\circ$$

Já o diâmetro aparente da Lua (D_{Lua}) próxima ao apogeu:

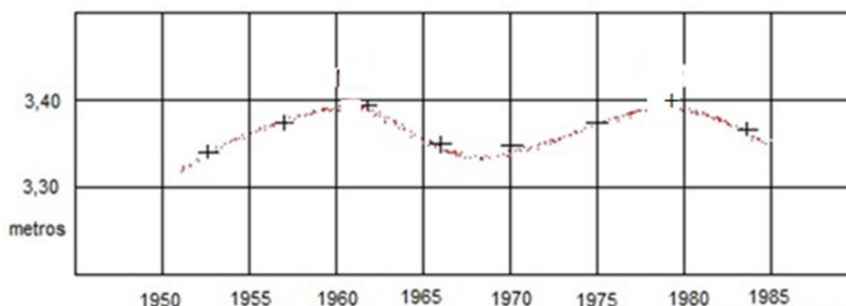
$$D_{\text{Lua}} \approx \text{anctg}\left(\frac{3475}{405696}\right) \Rightarrow D_{\text{Lua}} \approx 0,491^\circ$$

Como $D_{\text{Lua}} < D_{\text{Sol}}$, este eclipse será **anular**.

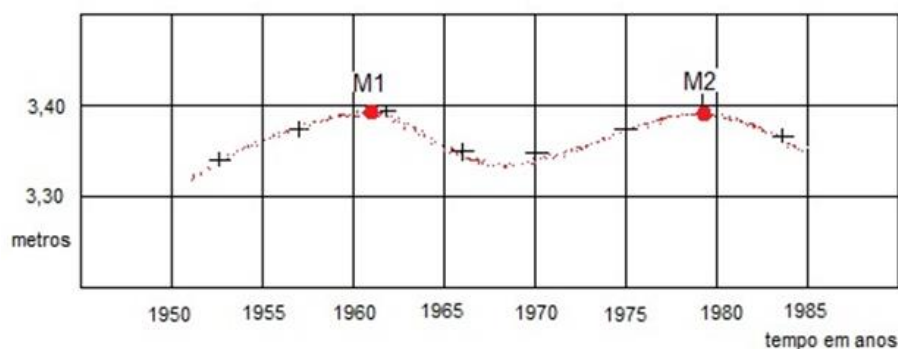
3) a) As marés altas se alinham com os centros da Lua e da Terra (em primeira aproximação). Como a Lua caminha para Leste no céu em virtude de sua translação em torno da Terra, algo da ordem de 52 min é o atraso (médio) diário da maré. O primeiro valor da resposta (12h26min) se refere à posição da Lua relacionada ao anti-meridiano do observador.

$$t_0 + 12\text{h}26\text{min} \quad \text{e} \quad t_0 + 24\text{h}52\text{min}$$

b) A partir dos dados da tabela, vem:



c) As abscissas de M1 e M2, indicando as marés máximas, são aproximadamente 1961 e 1979, cuja diferença é cerca de **18 anos**, valor aproximado do período de precessão citada.



4) a) Do enunciado, temos que a temperatura subsolar (T_{ss}), pode ser determinada por:

$$\varepsilon \cdot \sigma \cdot T_{ss}^4 = \frac{S_s}{R^2} (1 - A) \Rightarrow T_{ss}^4 = \frac{S_s}{\varepsilon \cdot \sigma} \cdot \frac{(1 - A)}{R^2} \Rightarrow T_{ss}^4 = \frac{2,411 \cdot 10^{10}}{0,9} \cdot \frac{(1 - A)}{R^2}$$

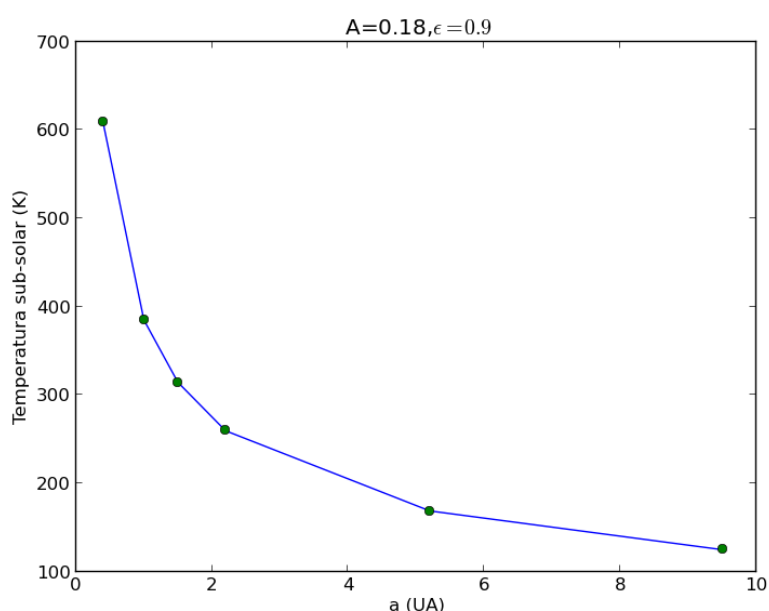
Considerando que todos os objetos da tabela tenham o mesmo albedo do asteroide Vesta ($A = 0,18$), a temperatura subsolar (T'_{ss}) é determinada por:

$$T_{ss}'^4 = \frac{S_s}{\varepsilon \cdot \sigma} \cdot \frac{(1 - A)}{R^2} \Rightarrow T_{ss}'^4 = \frac{2,411 \cdot 10^{10}}{0,9} \cdot \frac{(1 - 0,18)}{R^2} \Rightarrow T_{ss}' = \frac{385}{\sqrt{R}}$$

Aplicando os dados da tabela, temos que os respectivos valores de T_{ss} e T'_{ss} valem:

Corpo	$R(\text{ua})$	A	$T_{ss} \text{ (K)}$	$T'_{ss} \text{ (K)}$
Mercurio	0,4	0,07	628,2	608,8
Lua	1,0	0,11	393,0	385,0
Phobos	1,5	0,02	328,7	314,4
Vesta	2,2	0,18	259,6	259,6
Europa	5,2	0,96	79,3	168,8
Enceladus	9,5	0,99	41,5	124,9

Graficamente:



b) Como o processo de transmissão de calor por condução está associada a choques entre partículas, se esse fator fosse importante, a temperatura do ponto subsolar seria menor que o previsto devido à perda de energia nas colisões.

c) Para encontrarmos gelo de água em um corpo sem atmosfera, a temperatura do ponto subsolar deverá ser menor ou igual ao ponto de sublimação do gelo. Considerando o albedo do gelo $A = 0,9$, temos:

$$T_{ss}^4 = \frac{S_s}{\varepsilon \cdot \sigma} \cdot \frac{(1-A)}{R^2} \Rightarrow (150)^4 = \frac{2,411 \cdot 10^{10}}{0,9} \cdot \frac{(1-0,9)}{R^2} \Rightarrow R = 2,3 \text{ ua}$$

Portanto, é possível encontrar gelo de água, em corpos sem atmosfera, a partir da distância 2,3 ua.

5) a) A massa total, m_{total} é dada por:

$$m_{total} = m_{propelente} + m_{estrutura} + m_{satélite}$$

A partir do enunciado e da tabela tem-se:

$$m_{total} = 41602 + 8298 + 100 = 50000 \text{ kg}$$

A relação entre a massa de propelente e a massa total é dada por:

$$\frac{m_{propelente}}{m_{total}} = \frac{41602}{50000} = 0,83 = 83\%$$

b) A relação entre a massa do satélite e a massa total é:

$$\frac{m_{satélite}}{m_{total}} = \frac{100}{50000} = 0,002 = 0,2\%$$

c) De acordo com o enunciado $\Delta v_{real} = 0,8 \cdot \Delta v_{teórico}$. Analisando a tabela, temos que $\Delta v_{teórico} = 9\,565 \text{ m/s}$, portanto:

$$\Delta v_{real} = 0,8 \cdot 9595 = 7652 \text{ m/s}$$

d) Aplicando a equação do foguete, temos:

$$\Delta v = I_{sp} \cdot g \cdot \ln \left(\frac{m_i}{m_f} \right) \Rightarrow \Delta v_3 = 350 \cdot 10 \cdot \ln \left(\frac{3000 + 750 + 100}{750 + 100} \right) \Rightarrow \Delta v_3 = 5287 \text{ m/s}$$

e) Para se obter a velocidade final do satélite é preciso somar as velocidades dos 3 estágios, logo:

$$\Delta v_{total} = \Delta v_1 + \Delta v_2 + \Delta v_3 = 2402 + 2176 + 5287 = 9865 \text{ m/s}$$

Comparando-se o valor total teórico com o obtido anteriormente (9 565 m/s, apresentado na tabela), conclui-se que a proposta de se substituir o terceiro e quarto estágios sólidos por um único estágio líquido é viável. Além da vantagem de permitir uma melhor precisão para colocação do satélite em órbita, a massa final do novo foguete (46 975 kg) é inferior àquela do VLS-1 atual (50 000 kg). Como desvantagem, deve-se mencionar que a construção de um motor-foguete a propelente líquido é bem mais complexa do que a de um motor a propelente sólido.