

# TELECOMUNICAÇÕES BRASILEIRAS S.A. (TELEBRAS)

## CARGO 11: ESPECIALISTA EM GESTÃO DE TELECOMUNICAÇÕES

### OCUPAÇÃO: ENGENHEIRO – SUBATIVIDADE: AEROESPACIAL

#### PROVA DISCURSIVA

## PADRÃO DE RESPOSTA DEFINITIVO

1. ~~A propulsão a plasma foi proposta inicialmente por R. Goddard (1906) e K. Tsiolkovsky (1911), no início do século XX. Essas primeiras ideias possibilitaram grandes avanços na propulsão de veículos espaciais. A equação do foguete de Konstantin Tsiolkovsky, Rússia, 1911, é escrita como  $dp/dt = (dm/dt)u_e + F_G$ , em que  $T = (dm/dt)u_e$  é o empuxo.~~

1. Definindo  $u_e$  como a velocidade de ejeção dos gases,  $m_0$  como a massa inicial do foguete e  $m_f$  como a massa final, o incremento da velocidade de um foguete,  $\Delta u$ , pode ser encontrado pela equação, hoje conhecida como a equação de Tsiolkovsky, dada por:

$$\Delta u = u_e \ln\left(\frac{m_0}{m_f}\right)$$

Obs.: essa equação pode ser escrita de variadas formas, por meio de manipulação das variáveis. Por exemplo, em seu livro de 1903, Tsiolkovsky chamou de  $V$  o incremento da velocidade, de  $V_1$  a velocidade de ejeção dos gases, de  $M_1$  a massa final (após propelente exaurido) e de  $M_2$  a massa do propelente para chegar à sua equação final:

$$V = V_1 \ln\left(1 + \frac{M_2}{M_1}\right)$$

Outras formas encontradas na academia:

$$m_f = m_0 e^{-\Delta u/u_e}$$

$$m_0 = m_f e^{\Delta u/u_e}$$

$$m_0 - m_f = m_f (e^{\Delta u/u_e} - 1)$$

Ademais, deve ser notado também que  $u_e = I_{sp} \cdot g_0$

2. A propulsão química é obtida a partir da combustão de gases aquecidos em câmaras acopladas a tuberias cuja geometria favorece a ejeção desses gases em velocidades supersônicas. Para propulsores químicos,  $u_e = 500 \text{ m/s} \sim 700 \text{ m/s}$ . A propulsão química é utilizada em grandes foguetes e possui, tipicamente, alto empuxo ( $T = \text{K newtons}$ ) e baixo impulso específico ( $I_{sp} = 100 \text{ s}$ ). A propulsão química baseada na combustão permite que os veículos espaciais escapem do campo gravitacional da Terra, mas a o tempo de propulsão é, em geral, curto.

A propulsão a plasma possui baixo empuxo ( $T = 0,01 \sim 10 \text{ N}$ ) e alto impulso específico ( $I_{sp} = 2.000 \text{ s} \sim 10.000 \text{ s}$ ), devido aos altos valores obtidos para  $u_e$ . No propulsor a plasma, as partículas ionizadas são aceleradas por campos eletromagnéticos e atingem grande velocidade de exaustão ( $u_e \sim 50.000 \text{ m/s}$ ).

Os propulsores a plasma são ideais para uso em satélites e em naves e sondas espaciais. No entanto, só podem ser utilizados no espaço, pois, para a geração eficiente do plasma a ser acelerado, são necessárias condições de baixa pressão só encontradas a partir de 100 km de altitude. Além disso, devido ao seu baixo empuxo, eles não possuem empuxo suficiente para uso em foguetes lançadores.

3. O alto impulso específico que pode ser obtido em propulsores a plasma permite que o tempo de aceleração do veículo espacial seja bem maior, podendo durar meses ou até mesmo anos, conforme a quantidade de propelente, e, por isso, eles são mais indicados para missões de longa duração no sistema solar. De fato, deduz-se da equação de Tsiolkovsky que, no propulsor a plasma, o propelente é consumido com maior eficiência, aumentando significativamente o tempo de duração da missão. Além disso, também são mais indicados para missões de espaço profundo para corpos celestes distantes no sistema solar, como mostrado nas missões Deep Space 1 e Dawn, missões espaciais a cometas e aos asteroides do cinturão principal executadas pelo JPL da NASA.

O incremento de velocidade do veículo espacial que utiliza a propulsão a plasma também é bem maior do que o obtido com o uso da propulsão química. Isso faz da propulsão a plasma a propulsão ideal para ser utilizada nas futuras missões tripuladas ao planeta Marte. A propulsão a plasma pode reduzir o tempo de viagem a Marte de 9 meses para 3 meses, evitando-se, assim, uma longa exposição a radiações do ambiente espacial dos astronautas, cosmonautas e (ou) taikonautas.

4. A propulsão elétrica tem sido cada vez mais utilizada em missões envolvendo satélites geoestacionários, principalmente naqueles dedicados a telecomunicações. Devido principalmente ao grande impulso específico dos propulsores a plasma, uma substancial economia na massa final de carga útil desses satélites pode ser obtida. A maior eficiência no uso do

propelente também é significativamente benéfica quando se trata da vida útil de satélites geoestacionários de telecomunicações — tipicamente de 5 a 10 anos.

## **QUESITOS AVALIADOS**

### **2.1**

- 0 – Não apresentou a equação de Tsilkovski para o foguete.
- 1 – Apresentou, com erro(s), a equação de Tsilkovski para o foguete.
- 2 – Apresentou corretamente a equação de Tsilkovski para o foguete.

### **2.2**

- 0 – Não analisou o empuxo nem o impulso específico para propulsores químicos e propulsores a plasma.
- 1 – Analisou corretamente apenas um dos aspectos em relação a somente um tipo de propulsor.
- 2 – Analisou corretamente ambos os aspectos em relação a somente um tipo de propulsor.
- 3 – Analisou corretamente apenas um dos aspectos em relação a ambos os tipos de propulsores.
- 4 – Analisou corretamente ambos os aspectos em relação aos dois tipos de propulsores.

### **2.3**

- 0 – Não abordou o assunto.
- 1 – Abordou o assunto, porém não o desenvolveu tendo como referência a equação da variação da massa do propelente nem a equação do incremento de velocidade.
- 2 – Desenvolveu adequadamente o assunto, porém tendo como referência apenas a equação da variação da massa do propelente ou a equação do incremento de velocidade.
- 3 – Desenvolveu adequadamente o assunto, tendo como referência tanto a equação da variação da massa do propelente quanto a equação do incremento de velocidade.

### **2.4**

- 0 – Não abordou o assunto.
- 1 – Limitou-se a mencionar o uso da propulsão elétrica em satélites geoestacionários de telecomunicações.
- 2 – Comentou sobre o uso da propulsão elétrica em satélites geoestacionários de telecomunicações, abordando somente um dos seguintes aspectos: a relação entre o alto impulso específico e a economia de massa; ou a relação entre a vida útil do satélite e maior eficiência de uso do propelente nos propulsores a plasma.
- 3 – Comentou sobre o uso da propulsão elétrica em satélites geoestacionários de telecomunicações, abordando, adequadamente, tanto a relação entre o alto impulso específico e a economia de massa quanto a relação entre a vida útil do satélite e maior eficiência de uso do propelente nos propulsores a plasma.