

APOSTILA MECÂNICA
SÉTIMA PARTE:
GRAVITAÇÃO E ONDAS
MECÂNICAS

PET FÍSICA

**APOSTILA MECÂNICA
SÉTIMA PARTE:
GRAVITAÇÃO E ONDAS
MECÂNICAS**

UNIFAP

Copyright © 2023 Grupo PET

AUTORES

BOLSISTAS DO PET-FÍSICA:

Éverton Leal Pinheiro; João Maciel Dos santos; Odemar Julião do Nascimento Neto; Victor Silva da Silva

NÃO BOLSISTA:

João Maciel Dos santos

TUTOR DO PET- FÍSICA / UNIFAP:

Prof. Dr. Marcelo Ricardo Souza Siqueira

Todos os direitos reservados, é proibido qualquer forma de copia.

Divulgado, Jan 2023

Prefácio

O projeto de confecções de apostilas foi criado para contribuir com a Educação Básica no cenário de pandemia no começo do ano de 2020. Atualmente, após o período de pandemia, notou-se que este projeto deve permanecer em vigência, pois assim como almejado, as apostilas confeccionadas pelo grupo PET-FÍSICA - UNIFAP vem cumprindo o objetivo de dar suporte prático aos estudantes do Ensino médio e Pré-Enem. Além disso, desde o início do projeto, esses documentos servem como um manual de exercícios para ser usado como apoio teórico-prático nas aulas pelos professores da rede pública de ensino.

Neste trabalho, apresentamos definições básicas e trazemos de uma forma didática, sem esquecer o caráter formativo que todo texto deve oferecer ao leitor, uma quantidade expressiva de resoluções de exercícios por cada temática.

O estudo da Física integra uma parte importante da preparação dos estudantes do Ensino Médio. Ela é uma Ciência de grande importância que se encontra presente em diversos âmbitos de nossa sociedade, com múltiplas aplicações em outras áreas científicas.

Esperamos que este material seja de grande ajuda para docentes e discentes, de maneira que fortaleça os conteúdos teóricos abordados nas aulas de Física.

Ao Leitor

Caro leitor, ao decorrer da sua leitura com relação a teoria presente nessa apostila você pode notar a falta de alguns tópicos ou detalhes referentes ao assunto tratado.

A justificativa para tal ausência é o destaque dessa apostila na solução dos problemas, pois focamos em apresentar soluções didáticas para diversos exercícios sobre o referido tema.

Desse modo, a teoria apresentada nesse trabalho está mais adequada para uma “Revisão”, então, para estudar de maneira mais completa e detalhada esse assunto, recomendamos que busque outras referências bibliográficas que tratem do assunto referido nesta apostila.

Lista de Figuras

2.1	Satélite geostacionário orbitando a Terra	19
2.2	Ilustração de um sistema Jupiter, Ganimedes e foguete.	20
2.3	Diagrama de força.	20
2.4	Ilustração sem proporções.	22
2.5	Sistemas Ganimedes mais Jupiter	23

Sumário

I	Modelos	
1	Modelo de Capítulo	17
1.1	Modelo de Seção	17
1.1.1	Modelo de Subseção	18
1.2	Thorem styles	18
2	Modelo de Questões	19
2.1	Soluções	20
	Bibliografia	25



Modelos

1	Modelo de Capítulo	17
1.1	Modelo de Seção	
1.2	Thorem styles	
2	Modelo de Questões	19
2.1	Soluções	
	Bibliografia	25

Modelo de Capítulo

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

1.1 Modelo de Seção

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

1.1.1 Modelo de Subseção

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

1.2 Thorem styles

Teorema 1.1 Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Definição 1.1 Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

■ **Exemplo 1.1** Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris. ■

■ **Solução 1.1** Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Modelo de Questões

Questão 2.1

Um satélite de comunicação geostacionário artificial, orbita a Terra a uma distância R do seu centro, sua órbita é perfeitamente circular, está no zênite do mesmo ponto na esfera terrestre o tempo todo. Qual é a relação entre do raio do satélite o raio da Terra, sendo $R_T = 6400km$?

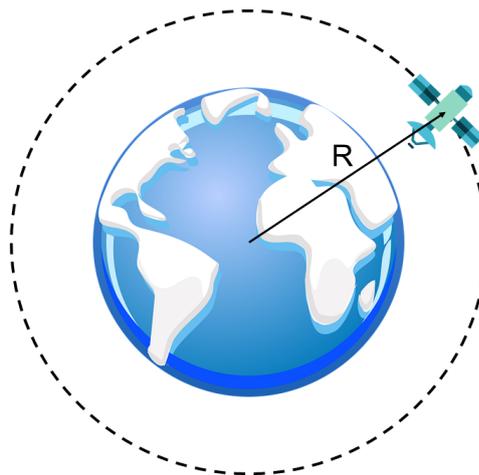


Figura 2.1: Satélite geostacionário orbitando a Terra

- a) $\frac{R}{R_T} = 6,7$
- b) $\frac{R}{R_T} = 9,8$
- c) $\frac{R}{R_T} = 15,1$
- d) $\frac{R}{R_T} = 2,3$
- e) $\frac{R}{R_T} = 5,5$

Questão 2.2

Júpiter é o maior planeta do nosso sistema solar, ele possui um grande número de satélites naturais e um deles se chama Ganimedes, este satélite move-se por uma órbita praticamente circular $R = 1 \cdot 10^6 km$ com período $T = 7,15 dias$. Encontre a primeira velocidade cósmica de lançamento da superfície de Júpiter usando os parâmetros da órbita de Ganimedes. Raio de Júpiter $R_J = 70000 km$.

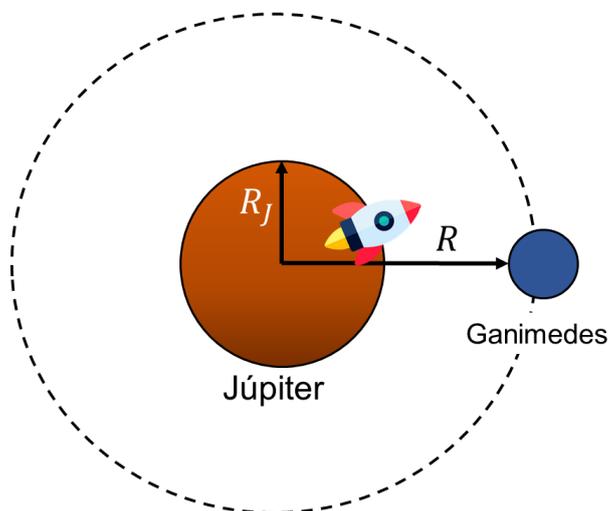


Figura 2.2: Ilustração de um sistema Júpiter, Ganimedes e foguete.

- a) v
- b) v
- c) v
- d) v
- e) $v = 39 km/s$

2.1 Soluções**Solução 2.1**

O satélite parece estar parado se girar em torno do eixo da Terra com a mesma velocidade angular. A única força que atua no satélite é a força de atração da Terra, temos então, figura (2.3):

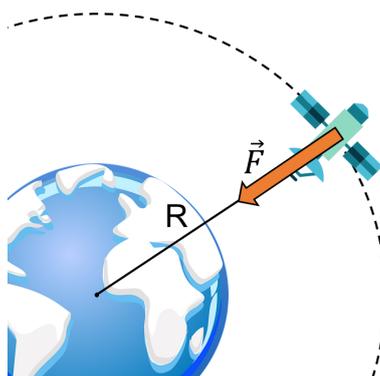


Figura 2.3: Diagrama de força.

$$F = G \frac{mM_T}{R^2}, \quad (2.1)$$

sendo m a massa do satélite e M_T a massa da Terra.

Como o satélite está girando, então temos a ação de uma força central como resultante, logo:

$$\begin{aligned} m\omega^2 R &= G \frac{mM_T}{R^2}, \\ \omega^2 R^3 &= GM_T, \\ R^3 &= G \frac{M_T}{\omega^2}. \end{aligned} \quad (2.2)$$

Como a velocidade angular do satélite é a mesma da Terra, então $\omega = \omega_T = 2\pi/T_T$ e o período da Terra é $T_T = 24h$. É conveniente expressar a massa da Terra por meio da aceleração de queda livre em sua superfície:

$$F = G \frac{mM_T}{R_T^2}, \quad (2.3)$$

$$mg = G \frac{mM_T}{R_T^2},$$

$$g = G \frac{M_T}{R_T^2},$$

$$gR_T^2 = GM_T. \quad (2.4)$$

Substituindo equação a (2.4) em (2.2) e sua velocidade angular, temos:

$$R^3 = \frac{gR_T^2 T_T^2}{4\pi^2}, \quad (2.5)$$

$$R = \left(\frac{gR_T^2 T_T^2}{4\pi^2} \right)^{1/3},$$

$$\frac{R}{R_T} = \left(\frac{gT_T^2}{4\pi^2 R_T} \right)^{1/3},$$

substituindo os seus devidos valores convertidos, obtemos:

$$\frac{R}{R_T} = \left(\frac{10 \cdot 86400^2}{4\pi^2 \cdot 6400000} \right)^{1/3},$$

$$\frac{R}{R_T} = 6,7.$$

Resposta: (a)

Solução 2.2

O foguete com a primeira velocidade cósmica se move em uma órbita circular perto da superfície de Júpiter, veja a figura (2.4). Aplicando a Lei da Gravitação.

$$F_1 = G \frac{m_f M_J}{R_J^2}, \quad (2.6)$$

onde m_f é a massa do foguete e M_J é a massa de Júpiter.

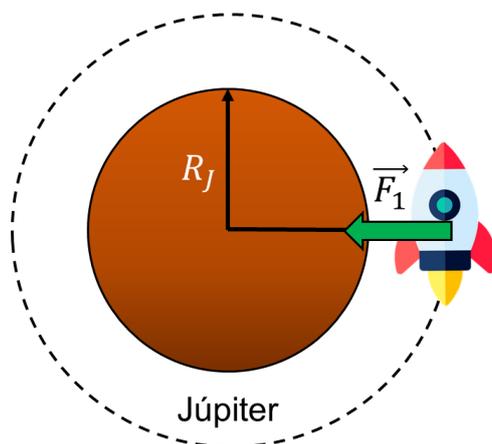


Figura 2.4: Ilustração sem proporções

Nestas condições, temos como força resultante que é a força central:

$$\begin{aligned} F &= \frac{m_f v^2}{R_J} = G \frac{m_f M_J}{R_J^2}, \\ \frac{v^2}{R_J} &= G \frac{M_J}{R_J^2}, \\ v^2 &= G \frac{M_J}{R_J}. \end{aligned} \quad (2.7)$$

Para um sistema Ganimedes mais Júpiter, veja a figura (2.5). Aplicando a Lei da Gravitação obtemos:

$$F_2 = G \frac{m_g M_J}{R^2}, \quad (2.8)$$

onde m_g é a massa de Ganimedes. Como está em órbita, temos resultante uma força centra:

$$F_2 = m_g \omega^2 R, \quad (2.9)$$

igualando F_2 , e lembrando que $\omega = 2\pi/T$ obtemos:

$$\begin{aligned} m_g \omega^2 R &= G \frac{m_g M_J}{R^2}, \\ \omega^2 R &= G \frac{M_J}{R^2}, \\ \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 &= G \frac{M_J}{R^2}, \\ GM_J &= \frac{4\pi^2}{T^2} R^3. \end{aligned} \quad (2.10)$$

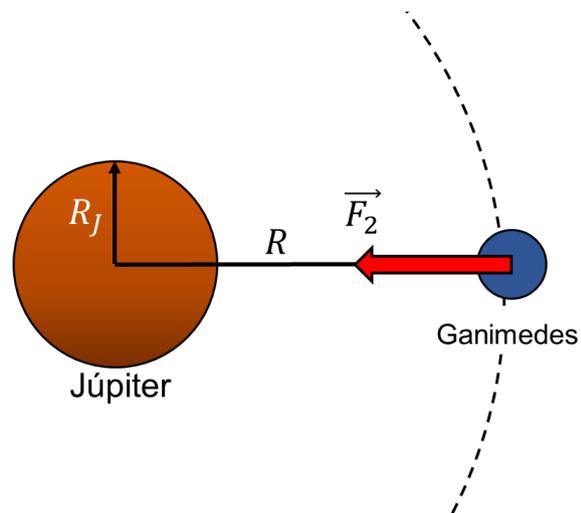


Figura 2.5: Sistema Ganimedes mais Júpiter

Substituindo a equação (2.10) na equação (2.7), temos:

$$v^2 = \frac{4\pi^2 R^3}{T^2 R_J}, \quad (2.11)$$

$$v = \frac{2\pi R}{T} \sqrt{\frac{R}{R_J}},$$

substituindo os dados da questão com suas unidades convertidas em segundos:

$$v = \frac{2\pi 10^6}{617760} \sqrt{\frac{10^6}{70000}},$$

$$v = 39 \text{ km/s}. \quad (2.12)$$

Resposta: (e)

Bibliografía

- [1] AUCALLANCHI, F. *Problemas de Física y cómo resolverlos*. Lima: RACSO editores, 2006.
- [2] KOSEL, S. *Problemas de Física*. Moscou: MIR, 1986.
- [3] KAMAL, AHMAD A. *1000 Solved Problems in Classical Physics: An Exercise Book*. Springer Science & Business Media, 2011.
- [4] FISICA - *Una Vision Analitica Del Movimiento Vol.1*. Editora LUMBRERAS, 2006.