F 415 – Mecânica Geral II

1º semestre de 2024

05/03/2024

Aula 1

http://sites.ifi.unicamp.br/emiranda

Na aba Ensino, procurar a sub-aba
F-415 Mecânica Geral II (1o. sem. 2024)

F 415 – Mecânica Geral II (1o. sem. 2024)

Primeiro semestre de 2024

AVISOS:

Prof. Eduardo Miranda
Sala 236 – DFMC – IFGW (Tel.: 3521-5486)
E-mail: use essa página
Horário: Terças-feiras (sala PB-14) e quintas-feiras (sala CB-15), das 14 às 16h

Atendimento dos monitores: PED – 2a. e 4a., das 12h às 13h na sala IF-15
PAD – 3a. e 5a. das 12h às 14h na sala

---

1. Estrutura das aulas.
2. Listas de problemas.
3. Notas

Busca

IDIOMA:

LOGIN

Administração
Sair
Feed de posts
Feed de comentários
WordPress.org

Livro adotado: *Classical Dynamics of Particles and Systems*, Jerry B. Marion and Stephen T. Thornton, 4th Edition, Harcourt College Publishers, 1995.
Fontes adicionais:
Mechanics, Keith R. Symon, 3rd Edition, Addison-Wesley, 1971.
Classical Mechanics, Herbert Goldstein, 2nd Edition, Addison-Wesley, 1980 (mais avançado).

Ementa: Caps. 8 ao 14 do Marion-Thornton.

1. Forças centrais.
2. Sistemas de partículas.
3. Referenciais não inerciais
4. Dinâmica de corpos rígidos.
5. Oscilações acopladas.
6. Meios contínuos e ondas.
7. Teoria especial da Relatividade.

ATENÇÃO: ARTIGOS DE REVISTAS CIENTÍFICAS PODEM SER BAIXADOS DE DENTRO DA UNICAMP (OU DE FORA, USANDO O VPN):

- Applets de assuntos da disciplina:
  - Forças centrais: Problema de 2 corpos; 1a. lei de Kepler; 2a. lei de Kepler.
  - Dinâmica de corpos rígidos: o pião; a precessão dos equinócios (video1, video2); o polo celestial (outro).
  - Oscilações acopladas: dois pêndulos acoplados por uma mola; 5 massas acopladas;
  - Ondas em meios contínuos: corda vibrante;
  - O pêndulo de Foucault.
- Caos: Página com vários applets de sistemas caóticos. O pêndulo duplo. Livro sobre caos.
- Um texto sobre como estudar Física (em inglês)
- Sobre o efeito desprezível da força de Coriolis no vórtice de escoamento de ralos (o chamado "Bathtub vortex"): experimento que mostrou que o efeito pode ser observado se enorme cuidado é tomado para eliminar outras influências. Como o artigo é pago, veja aqui comentário sobre o artigo.
- Videos do pêndulo de Foucault: no Museu de Ciências e Indústria de Chicago; numa demonstração de laboratório.
- Vários problemas envolvendo correntes ou cordas caindo ou sendo puxadas:
  - **A corda/corrente caindo por um buraco ou pela borda de uma mesa (problema 9.15 do Marion/Thornton).** Esse artigo mostra que a suposição de conservação de energia não funciona. O tratamento que não assume conservação de energia dá uma descrição melhor, porém não perfeita, provavelmente por causa da natureza discreta da corda/corrente, do caráter não unidimensional de uma corda/corrente real (a parte em cima da mesa não ocupa apenas um ponto) e outras diferenças entre o caso real e o modelo idealizado.
  - **A corda/corrente caindo sobre uma mesa (exemplo 9.10 do Marion/Thornton).** Esse problema é usualmente resolvido assumindo que a corda/corrente em queda tem aceleração g. Entretanto, esse artigo mostra que uma corda/corrente real "puxa" a corda/corrente em queda e aumenta sua aceleração em relação a g. Veja também as explicações e videos desse site dos autores do artigo. Esse outro artigo também é relacionado.
  - Veja nesse video uma exposição do excelente Prof. Tadashi Tokieda sobre a física surpreendenteda correntes caindo.
- Força centrífuga X força centrípeta.
- Esse video mostra a rotação livre de torques de um parafuso-T na estação espacial. O parafuso-T tem os três momentos de inércia principais diferentes entre si, como um controle remoto. O video mostra como a rotação inicial em torno do eixo de momento de inércia intermediário é instável e como o parafuso-T fica alternando entre duas rotações diferentes ("Teorema do controle remoto"). Veja também um video do Veritasium com uma explicação intuitivamente simples do teorema, sugerida pelo grande matemático Terence Tao. De sobra, o video também explica porque esse tipo de instabilidade não afeta corpos celestes como a Terra.
- Video demonstrando algumas propriedades de giroscópios, que nada mais são que piões simétricos. Outro video mostrando a estabilidade da rotação de giroscópios.
- Espectro de absorção no infravermelho do CO_2, mostrando os modos de vibração da molécula.

Avaliação: 3 provas (P1, P2, P3).

$M = (P1 + P2 + P3)/3$

Se $M \geq 5.0$, Aprovado

Se $2.5 < M < 5.0$, $MF = (M + E)/2$, onde E = Exame final

Aprovado se $MF \geq 5.0$

Datas das provas:

P1: 02 de abril (Caps. 8, 9)

P2: 04 de junho (Caps. 10, 11 e 12)

P3: 27 de junho (Caps.13 e 14)

E: 11 de julho

Estrutura das aulas de F-415 (1o. sem. de 2024)

ATENÇÃO: ARTIGOS DE REVISTAS CIENTÍFICAS PODEM SER BAIXADOS DE DENTRO DA UNICAMP (OU DE FORA, USANDO O VPN).

Capítulo 8 (4 aulas) (Notas de aula)

05/03 – Introdução. Definição de forças centrais. Centro de massa e coordenada relativa. Massa reduzida. Desacoplamento das dinâmicas do centro de massa e da coordenada relativa. Conservação do momento linear total. Pas des deux (Norman McLaren).

07/03 – Conservação do momento angular. Segunda lei de Kepler (lei das áreas). Conservação da energia.Redução do problema de forças centrais a quadraturas. Potencial efetivo. Análise qualitativa dos movimentos possíveis. Trajetórias compactas fechadas e abertas. A descoberta de Netuno. A precessão do periélio de Mercúrio e o "planeta" Vulcan. A procura pelo Planeta X (ver também aqui e aqui).

12/03 – Órbitas abertas e fechadas. Equação da trajetória. Exemplo. O problema de Kepler. 1a. e 3a. leis de Kepler.

Busca

IDIOMA:

LOGIN

Administração

Sair

Feed de posts

Feed de comentários

WordPress.org

Listas de problemas (F415)

A numeração dos problemas abaixo refere-se ao livro-texto nas suas 4a. ou 5a. edições. Quando há diferença entre elas, o número dado é o da 4a. edição, seguido do número da 5a. edição entre parênteses.

- Lista 1: Problemas do Capítulo 8: 6, 9, 10, 17, 19, 22, 24, 25, 27, 37. Outros.
- Lista 2: Problemas do Capítulo 9: 3, 4, 5, 9, 21(23), 22(24), 26(28), 30(32), 32(34), 39(41), 44(46), 48(50).
- Lista 3: Problemas do Capítulo 10: 1, 2, 8, 9, 10, 12.
- Lista 4: Problemas do Capítulo 11: 2, 3, 12, 14, 16, 17, 18, 22, 23, 27, 29. Outros.
- Lista 5: Problemas do Capítulo 12: 1, 3, 5, 7, 8, 16, 17, 18, 22.
- Lista 6: Problemas do Capítulo 13: 1, 2, 4, 5, 6, 7, 11, 17, 18, 20, 22 (Os problemas 17, 20 e 22 são mais trabalhosos).
- Lista 7: Problemas do Capítulo 14: Extra, 3, 4, 11, 15, 16, 21, 24, 25, 31, 33.

Busca

IDIOMA:

LOGIN

Administração

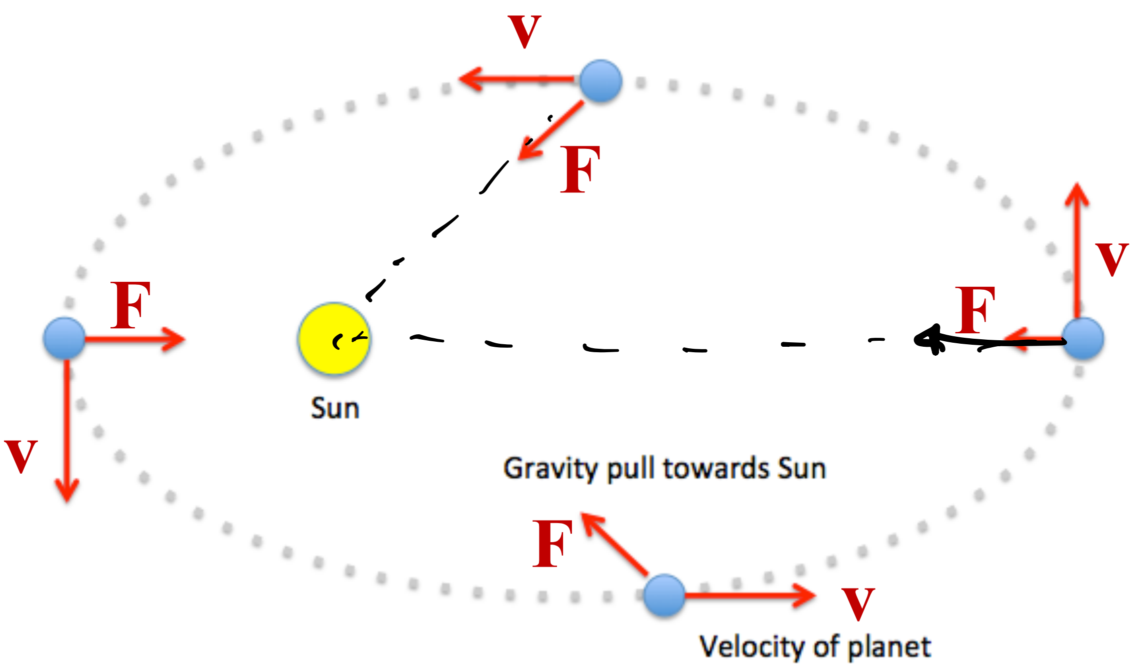
Sair

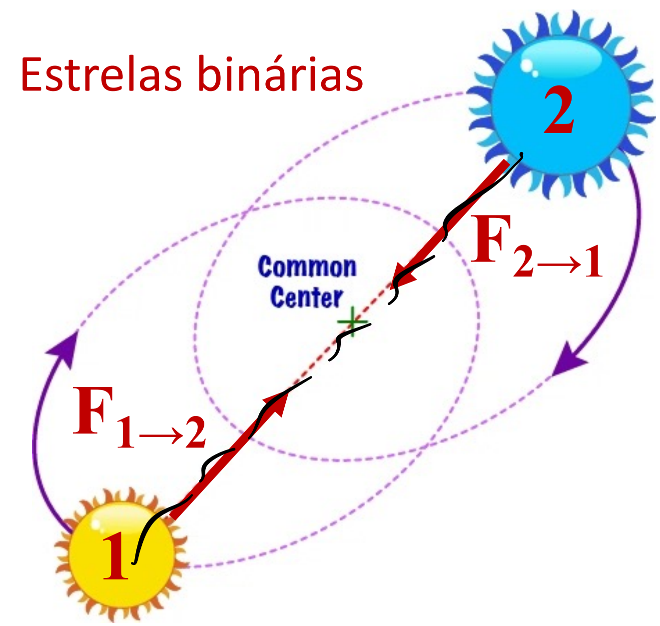
Feed de posts

Feed de comentários

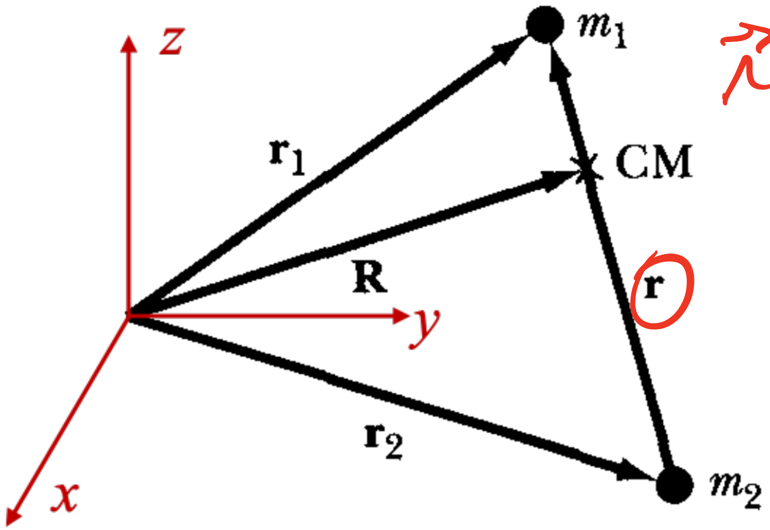
WordPress.org

Problema de 2 corpos e forças centrais





Forças centrais - notação



$$\vec{r}_{12} = \vec{r}_1 - \vec{r}_2 = \vec{r} = -(\vec{r}_2 - \vec{r}_1) = -\vec{r}_{21}$$

$$\hat{r} = \frac{\vec{r}_{12}}{|\vec{r}_{12}|} = \frac{\vec{r}_1 - \vec{r}_2}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|}$$

EM COMPONENTES CARTESIANAS

$$\vec{r}_1 = x_1\hat{x} + y_1\hat{y} + z_1\hat{z}$$

$$\vec{r}_2 = x_2\hat{x} + y_2\hat{y} + z_2\hat{z}$$

$$\vec{r}_1 - \vec{r}_2 = (x_1 - x_2)\hat{x} + (y_1 - y_2)\hat{y} + (z_1 - z_2)\hat{z}$$

$$|\vec{r}_1 - \vec{r}_2| = \left[(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2\right]^{1/2}$$

$$\hat{r} = \frac{(x_1 - x_2)\hat{x} + (y_1 - y_2)\hat{y} + (z_1 - z_2)\hat{z}}{\left[(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2\right]^{1/2}}$$

Forças conservativas

EM 1D: $F(x) = -\frac{dU(x)}{dx}$

EM 3D: $\vec{F}(\vec{r}) = -\vec{\nabla} U(\vec{r}) = -\frac{\partial U}{\partial x}\hat{x} + -\frac{\partial U}{\partial y}\hat{y} - \frac{\partial U}{\partial z}\hat{z}$

$\Updownarrow$

$\vec{\nabla} \times \vec{F} = 0$

PARA 2 PARTÍCULAS $\vec{r}_1, \vec{r}_2$: SE EXISTE

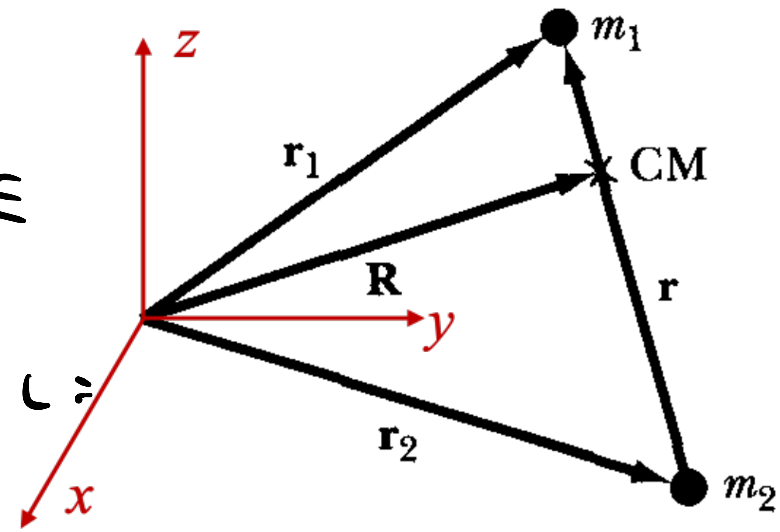
$U(\vec{r}_1, \vec{r}_2) = U(x_1, y_1, z_1, x_2, y_2, z_2)$

TAL QUE:

$\vec{F}_1 = -\vec{\nabla}_1 U = -\frac{\partial U}{\partial x_1}\hat{x} - \frac{\partial U}{\partial y_1}\hat{y} - \frac{\partial U}{\partial z_1}\hat{z}$

$\vec{F}_2 = -\vec{\nabla}_2 U$

Forças centrais são conservativas



SE $\vec{F}(\vec{r}) = \vec{F}(r) = F(r)\,\hat{r}$

O MÓDULO DE $\vec{F}$ SÓ DEPENDE DE

$r = |\vec{r}|$

PARA A FORÇA GRAVITACIONAL:

$$\vec{F}_1 = -\underbrace{\frac{G m_1 m_2}{r^2}}_{F(r)}\,\hat{r}$$

SE $U = U(r) = U(|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|) = U\left(\sqrt{(x_1-x_2)^2+(y_1-y_2)^2+(z_1-z_2)^2}\right)$

ENTÃO:

$$\vec{F}_2 = -\frac{\partial U}{\partial x_1}\hat{x} - \frac{\partial U}{\partial y_2}\hat{y} - \frac{\partial U}{\partial z_2}\hat{z}$$

$$\frac{\partial U}{\partial x_1} = \frac{\partial U(r)}{\partial x_1} = \frac{\partial U}{\partial r}\frac{\partial r}{\partial x_1} \; ; \; \frac{\partial U}{\partial y_1} = \frac{\partial U}{\partial r}\frac{\partial r}{\partial y_1} \; ; \; \frac{\partial U}{\partial z_1} = \frac{\partial U}{\partial r}\frac{\partial r}{\partial z_1}$$

$$\frac{\partial r}{\partial x_1} = \frac{\partial}{\partial x_1}\left(\sqrt{(x_1-x_2)^2+(y_1-y_2)^2+(z_1-z_2)^2}\right) = \frac{x_1-x_2}{\sqrt{\quad}} = \frac{x_1-x_2}{r}$$

$$\frac{\partial r}{\partial y_1} = \frac{y_1-y_2}{r} \qquad \frac{\partial r}{\partial z_1} = \frac{z_1-z_2}{r}$$

$$\vec{F}_1 = -\vec{\nabla}_1 U = -\frac{dU}{dr}\left[\frac{(x_1-x_2)\hat{x}+(y_1-y_2)\hat{y}+(z_1-z_2)\hat{z}}{r}\right]$$

$$= -\frac{dU}{dr}\left(\frac{\vec{r}_1-\vec{r}_2}{|\vec{r}_1-\vec{r}_2|}\right) = -\underbrace{\frac{dU}{dr}}_{F(r)}\hat{r}$$

ANALOGAMENTE:

$$\vec{F}_2 = -\vec{\nabla}_2 U = \frac{dU}{dr}\hat{r} = -\vec{F}_1 \qquad \text{(3ª LEI DE NEWTON)}$$

EM RESUMO:

DADA UMA FORÇA CENTRAL: $\vec{F} = F(r)\,\hat{r}$

OBTENHA $U(r) = -\int_{r_0}^{r} F(r)\,dr \iff F(r) = -\frac{dU}{dr}$

E $U(r)$ SERÁ A ENERGIA POTENCIAL DAQUELA FORÇA. ISSO MOSTRA QUE A FORÇA É CONSERVATIVA.

EXEMPLO: (a) $F(r) = -kr \Rightarrow U(r) = \frac{1}{2}kr^2$

$$\Rightarrow -\vec{\nabla}_1 U = \vec{F}_2 = -kr\,\hat{r}$$

(b) $F(r) = -\frac{Gm_1m_2}{r^2} \Rightarrow U(r) = \int_{\infty}^{r} \frac{Gm_1m_2}{r^2}\,dr = -\int_{r}^{\infty} \frac{Gm_1m_2}{r^2}\,dr$

$U(r) = -\frac{Gm_1m_2}{r}$

Revisão rápida da formulação Lagrangiana

FORMULAÇÃO LAGRANGIANA:

UMA PARTÍCULA EM 1D: POSIÇÃO x, VELOCIDADE $\dot{x}$

EXISTE UMA FUNÇÃO $L(x, \dot{x}) = T - V$

T = EN. CINÉTICA $\qquad = \frac{1}{2} m \dot{x}^2 - U(x)$

V = " POTENCIAL

TAL QUE:

$$\frac{d}{dt}\left[\frac{\partial L}{\partial \dot{x}}\right] - \frac{\partial L}{\partial x} = 0$$

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial L}{\partial \dot{x}} &= m\dot{x} \\ \frac{\partial L}{\partial x} &= -\frac{dU}{dx} \end{aligned}\right\}$$

$$\frac{d}{dt}\left[m\dot{x}\right] + \frac{dU}{dx} = 0 \Rightarrow m\ddot{x} = -\frac{dU}{dx} = F(x)$$

DE MANEIRA GERAL: $L[q_1, q_2 \cdots, q_N; \dot{q}_1, \dot{q}_2, \cdots \dot{q}_N]$

PARA CADA PAR $(q_i, \dot{q}_i)$:

$$\frac{d}{dt}\left[\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i}\right] - \frac{\partial L}{\partial q_i} = 0 \qquad (i = 1, \cdots, N)$$

NA AULA QUE VEM, VOU ESCREVER A LAGRANGIANA DE UM SISTEMA DE DOIS CORPOS INTERAGINDO POR FORÇAS CENTRAIS