LOM3100 Dinâmica – 2019

Parte 1. Introdução à disciplina.

Apresentação da disciplina

- Objetivos e função na estrutura do Curso
- Ementa atual
- Calendário provisório: P1 - 24/9/19; P2 – 19/11/19
- Sistema de avaliação
- Requisitos
- Aplicações

Apresentação da disciplina - escopo

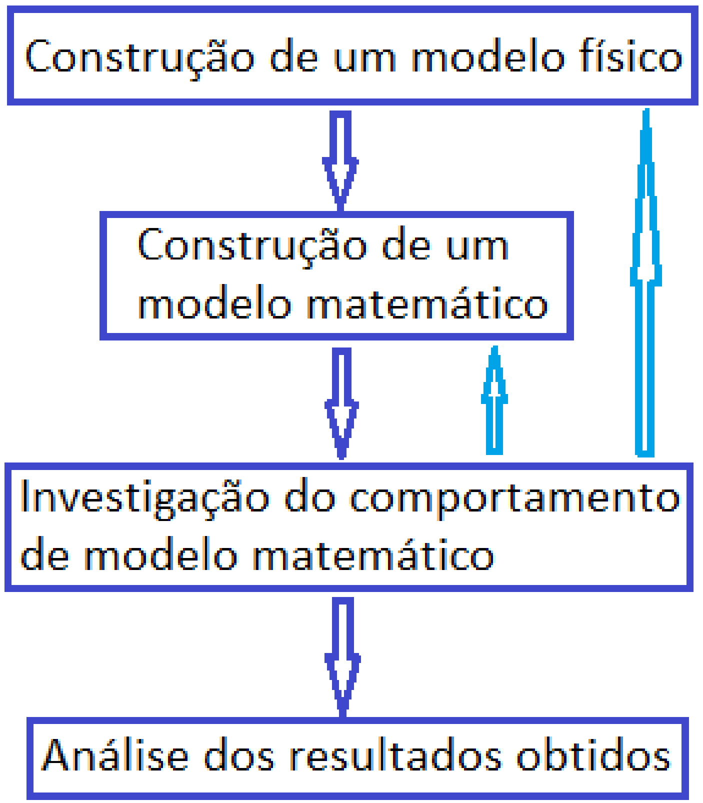
- Fluxograma simplificado de investigação científica

1. Construção de um modelo físico: idealização das propriedades de corpo considerado ações externas.

2. Construção de um modelo matemático: formulação matemática do comportamento de modelo físico.

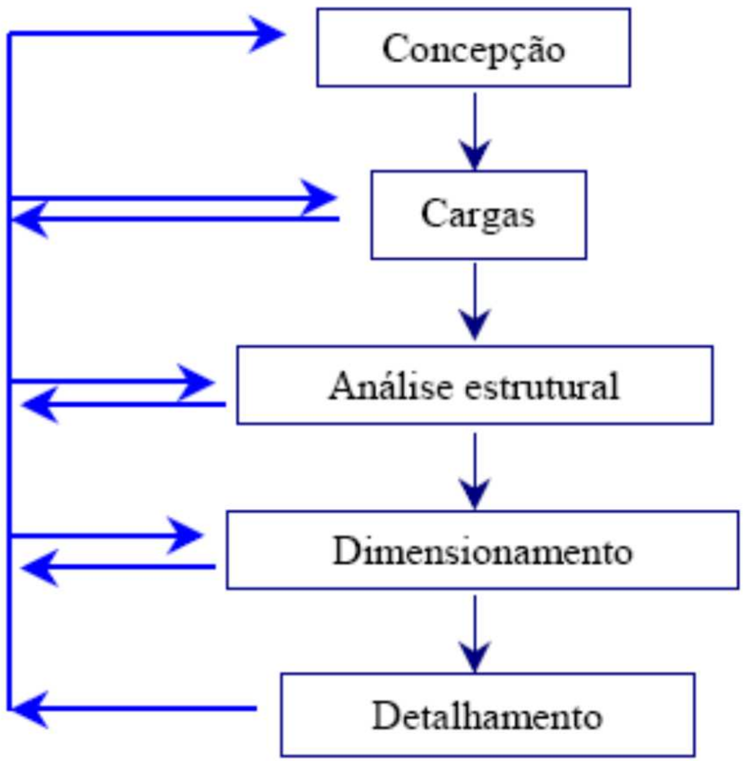
3. Investigação do comportamento de modelo matemático, começando com a escolha de método.

4. Análise dos resultados obtidos.



Apresentação da disciplina - escopo

- Fluxograma simplificado de um projeto (estrutural)



Etapas de um projeto

Ementa Júpiter 2018

Objetivos

Proporcionar ao aluno conhecimento básico e compreensão de cinemática e dinâmica do corpo rígido. Desenvolver algumas aplicações práticas com ênfase em problemas bidimensionais. Apresentar conceitos fundamentais e exemplos das vibrações mecânicas.

Programa

<u>Cinemática do corpo rígido</u>: Aceleração e velocidade angulares. Vínculo e cinemática do corpo rígido. Rotação em torno de um eixo fixo. Movimento plano e centro de rotação. Composição de movimentos. Composição de movimentos de rotação.

<u>Dinâmica do ponto</u>: Princípios da dinâmica do ponto. Teorema da resultante. Teorema da energia cinética para partícula. Teorema da quantidade de movimento.

<u>Dinâmica do corpo rígido</u>: Teorema do movimento do baricentro. Teorema da energia cinética para um sistema de partículas. Teorema do momento angular para um sistema de partículas. Teorema da energia cinética para o corpo rígido. **

Teorema do momento angular para corpo rígido. Exercícios de aplicação: problemas bidimensionais. Rotação do corpo rígido, Balanceamento. Movimento de um giroscópio.

<u>Introdução às vibrações mecânicas</u>: Vibrações de sistemas mecânicos com um grau de liberdade: livres sem amortecimento, livres com amortecimento, forçadas. Vibrações de sistemas mecânicos com dois e mais graus de liberdade. Exemplos.

USP

Ementa Júpiter 2019

Avaliação

Método

A avaliação será composta por duas provas (P1 e P2).

Critério

NS = NP1+NP2; NP1: questões da P1 valendo até 4p. no total; NP2: questões da P2 valendo até 6 p. no total.

Norma de Recuperação

A recuperação consistirá de uma prova de Recuperação (R), que irá compor a nota final (NF) da seguinte forma: NF = (R + NS)/2.

Ementa Júpiter 2019

Bibliografia

1) HIBBELER, R.C. Dinâmica - Mecânica para Engenharia. São Paulo: Pearson Brasil, 2011, 12ª ed., 608p. ISBN: 8576058146.

2) BEER, F.P., JOHNSTON Jr., E.R., CLAUSEN, W. E., Mecânica Vetorial para Engenheiros - Dinâmica, 7ª Edição, McGraw-Hill, São Paulo, 2006, 1355 p.

3) FRANÇA, L. N. F., MATSUMURA, A. Z. Mecânica Geral. Edgard Blücher, 2001, 235 p.

4) SOTELO JR., J., FRANÇA, L.N.F., Introdução às vibrações mecânicas, Edgard Blücher, 2006, 168 p. ISBN: 9788521203384.

GREENWOOD, D. T. Principles of Dynamics. New York: Prentice-Hall, 2nd ed, 1988, 552 p.
TENENBAUM, R. A. Dinâmica. Editora UFRJ, 1997, 756 p.
GIACAGLIA, G. E., Mecânica Geral, Editora Campus, Rio de Janeiro, 1982.

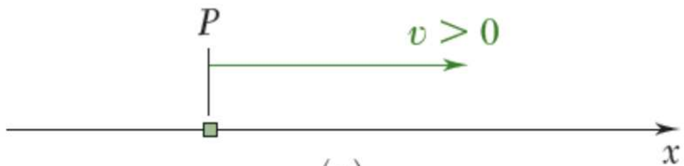
Introdução: terminologia

- "Mecânica" – ciência sobre movimento e forças que o causam
- Estática e Dinâmica – formas de equilíbrio
- A Dinâmica inclui:
- 1. A *cinemática,* que e o estudo da geometria do movimento, usada para relacionar deslocamento, velocidade, aceleração e tempo, sem referencia as causas do movimento.
- 2. A *cinética,* que e o estudo da relação existente entre as forcas que atuam sobre um corpo, a massa do corpo e seu movimento. A cinética é usada para prever o movimento causado por forcas conhecidas ou para determinar as forcas necessárias para produzir um dado movimento.

Revisão: cinemática do ponto (Física I)

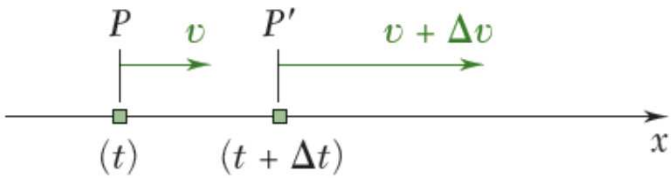
- (Tempo,) Posição, velocidade, aceleração em 1D – formulação escalar

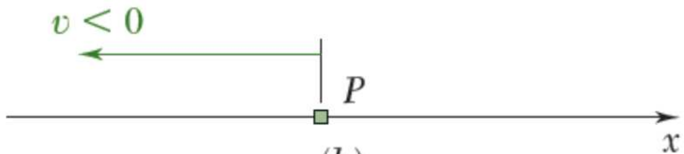
$$\text{Velocidade média} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \qquad \text{Velocidade instantânea} = v = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} \qquad \boxed{v = \frac{dx}{dt}} \qquad \mathrm{m/s}$$



(a)

$$\text{Aceleração média} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$





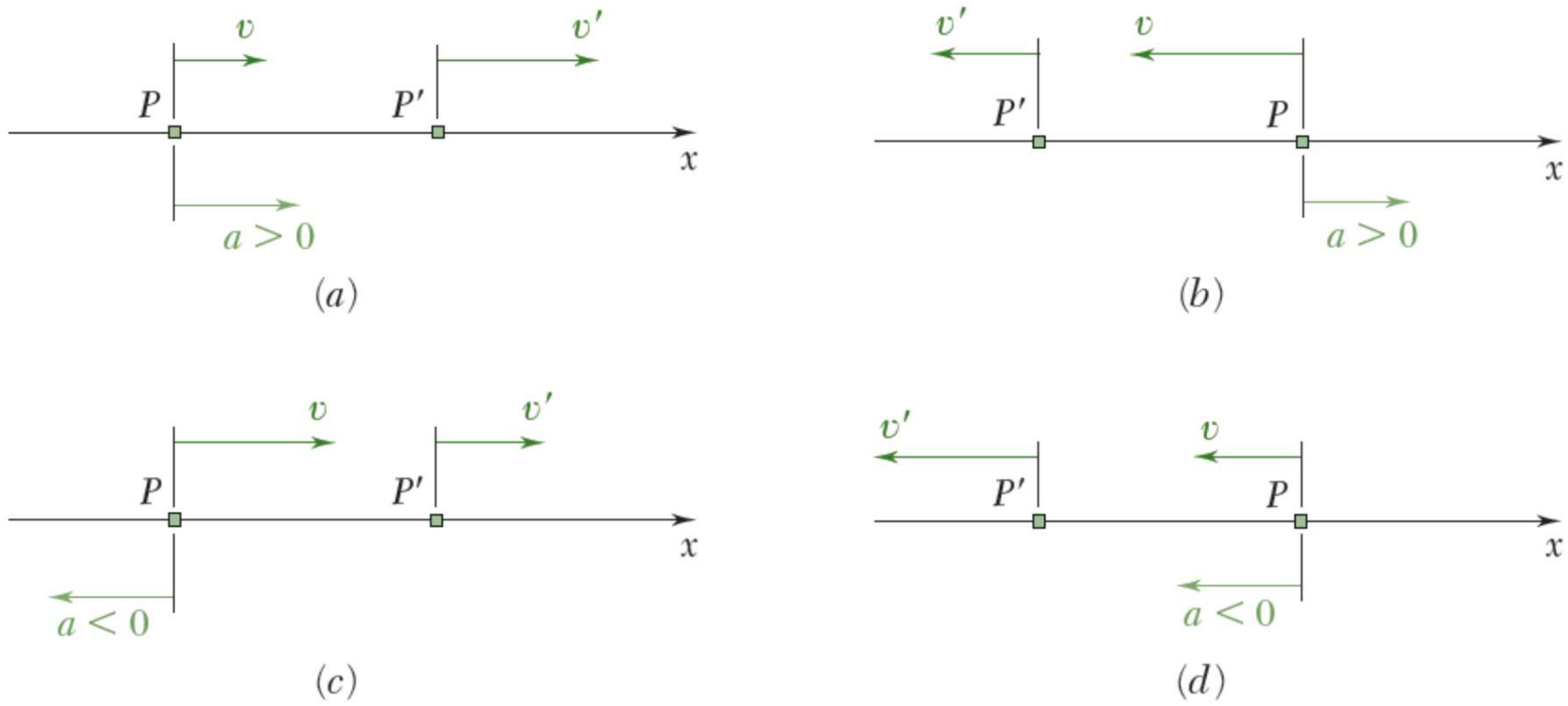
(b)

$$\text{Aceleração instantânea} = a = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} \qquad \boxed{a = \frac{dv}{dt}}$$

$$\boxed{a = \frac{d^2x}{dt^2}} \qquad \boxed{a = v\frac{dv}{dx}} \qquad \mathrm{m/s^2}$$

Revisão: cinemática do ponto (Física I)

- Aceleração e desaceleração: ilustrações



Cinemática do ponto: classes de movimento

1. $a = f(t)$. *A aceleração é uma dada função de* t.

$$dv = a\,dt$$
$$dv = f(t)\,dt$$

$$v - v_0 = \int_0^t f(t)\,dt$$

2. $a = f(x)$. *A aceleração é uma dada função de* x.

$$v\,dv = a\,dx$$
$$v\,dv = f(x)\,dx$$

$$\int_{v_0}^{v} v\,dv = \int_{x_0}^{x} f(x)\,dx$$

$$\tfrac{1}{2}v^2 - \tfrac{1}{2}v_0^2 = \int_{x_0}^{x} f(x)\,dx$$

3. $a = f(v)$. *A aceleração é uma dada função de* v.

$$f(v) = \frac{dv}{dt} \qquad f(v) = v\frac{dv}{dx}$$

$$dt = \frac{dv}{f(v)} \qquad dx = \frac{v\,dv}{f(v)}$$

Movimento retilíneo uniforme

$$\frac{dx}{dt} = v = \text{constante}$$

$$\int_{x_0}^{x} dv = v \int_0^t dt$$

$$x - x_0 = vt$$

$$\boxed{x = x_0 + vt}$$

Movimento retilíneo uniformemente acelerado

$$\frac{dv}{dt} = a = \text{constante}$$

$$\int_{v_0}^{v} dv = a \int_0^t dt$$

$$v - v_0 = at$$

$$\boxed{v = v_0 + at}$$

$$\frac{dx}{dt} = v_0 + at$$

$$\int_{x_0}^{x} dx = \int_0^t (v_0 + at)\, dt$$

$$x - x_0 = v_0 t + \tfrac{1}{2}at^2$$

$$\boxed{x = x_0 + v_0 t + \tfrac{1}{2}at^2}$$

$$v\frac{dv}{dx} = a = \text{constante}$$

$$v\, dv = a\, dx$$

$$\int_{v_0}^{v} v\, dv = a \int_{x_0}^{x} dx$$

$$\tfrac{1}{2}(v^2 - v_0^2) = a(x - x_0)$$

$$\boxed{v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)}$$

Cinemática do ponto em 1D - exercícios

11.1 O movimento de uma partícula é definido pela relação $x = 1{,}5t^4 - 30t^2 + 5t + 10$, onde x e t são expressos em metros e segundos, respectivamente. Determine a posição, a velocidade e a aceleração da partícula quando $t = 4$ s.

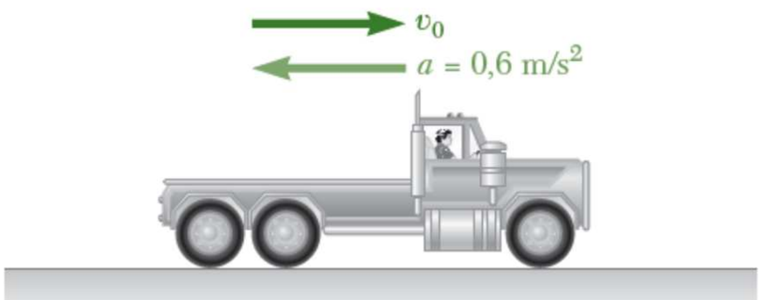
11.2 O movimento de uma partícula é definido pela relação $x = 12t^3 - 18t^2 + 2t + 5$, onde x e t são expressos em metros e segundos, respectivamente. Determine a posição e a velocidade quando a aceleração for igual a zero.

11.10 A aceleração de uma partícula é diretamente proporcional ao quadrado do tempo t. Quando $t = 0$, a partícula está em $x = 24$ m. Sabendo que em $t = 6$ s, $x = 96$ m e $v = 18$ m/s, expresse x e v em termos de t.

Cinemática do ponto em 1D - exercícios

11.33 Uma motorista entra em uma autoestrada a 45 km/h e acelera uniformemente até 99 km/h. Pelo hodômetro do carro, o motorista sabe que percorreu 0,2 km enquanto acelerava. Determine (*a*) a aceleração do carro, (*b*) o tempo necessário para chegar a 99 km/h.

11.34 Um caminhão percorre 220 m em 10 s enquanto está sendo desacelerado a uma taxa constante de 0,6 m/s^2. Determine (*a*) sua velocidade inicial, (*b*) sua velocidade final, (*c*) a distância percorrida durante os primeiros 1,5 s.



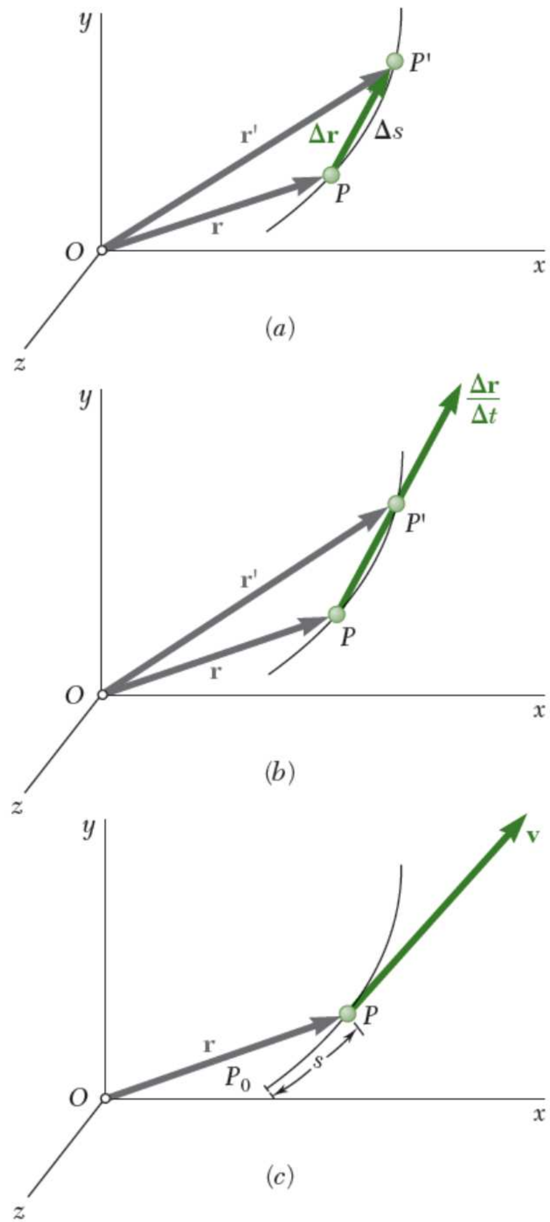
Cinemática do ponto em 3D

- Posição, velocidade, aceleração - formulação vetorial

$$\mathbf{v} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t} \qquad \boxed{\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt}}$$

velocidade escalar $$v = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{PP'}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} \qquad \boxed{v = \frac{ds}{dt}}$$

$$\mathbf{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} \qquad \boxed{\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt}}$$



Revisão: derivadas de funções vetoriais

$$\frac{d\mathbf{P}}{du} = \lim_{\Delta u \to 0} \frac{\Delta \mathbf{P}}{\Delta u} = \lim_{\Delta u \to 0} \frac{\mathbf{P}(u + \Delta u) - \mathbf{P}(u)}{\Delta u}$$

$$\frac{d(\mathbf{P} \cdot \mathbf{Q})}{du} = \frac{d\mathbf{P}}{du} \cdot \mathbf{Q} + \mathbf{P} \cdot \frac{d\mathbf{Q}}{du}$$

$$\frac{d(\mathbf{P} \times \mathbf{Q})}{du} = \frac{d\mathbf{P}}{du} \times \mathbf{Q} + \mathbf{P} \times \frac{d\mathbf{Q}}{du}$$

$$\frac{d(\mathbf{P} + \mathbf{Q})}{du} = \frac{d\mathbf{P}}{du} + \frac{d\mathbf{Q}}{du}$$

$$\frac{d(f\mathbf{P})}{du} = \frac{df}{du}\mathbf{P} + f\frac{d\mathbf{P}}{du}$$

$$\mathbf{P} = P_x\mathbf{i} + P_y\mathbf{j} + P_z\mathbf{k}$$

$$\frac{d\mathbf{P}}{du} = \frac{dP_x}{du}\mathbf{i} + \frac{dP_y}{du}\mathbf{j} + \frac{dP_z}{du}\mathbf{k}$$

$$\frac{d\mathbf{P}}{dt} = \frac{dP_x}{dt}\mathbf{i} + \frac{dP_y}{dt}\mathbf{j} + \frac{dP_z}{dt}\mathbf{k}$$

$$\dot{\mathbf{P}} = \dot{P}_x\mathbf{i} + \dot{P}_y\mathbf{j} + \dot{P}_z\mathbf{k}$$

Componentes cartesianas de velocidade e aceleração

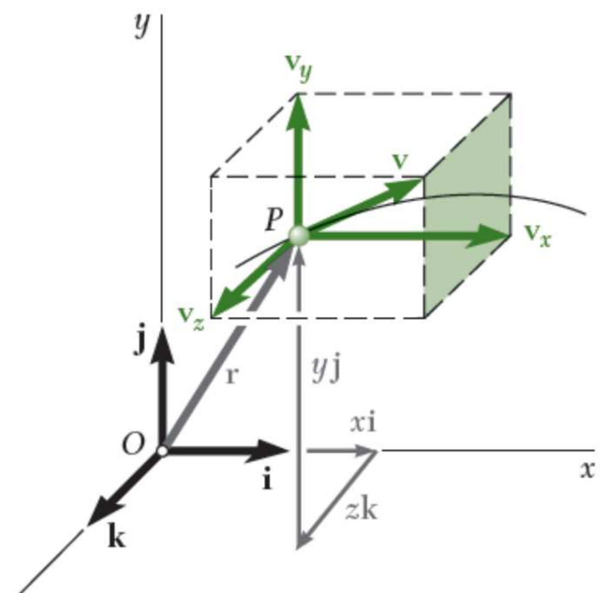
$$\mathbf{r} = x\mathbf{i} + y\mathbf{j} + z\mathbf{k}$$

$$\mathbf{v} = \frac{d\mathbf{r}}{dt} = \dot{x}\mathbf{i} + \dot{y}\mathbf{j} + \dot{z}\mathbf{k}$$

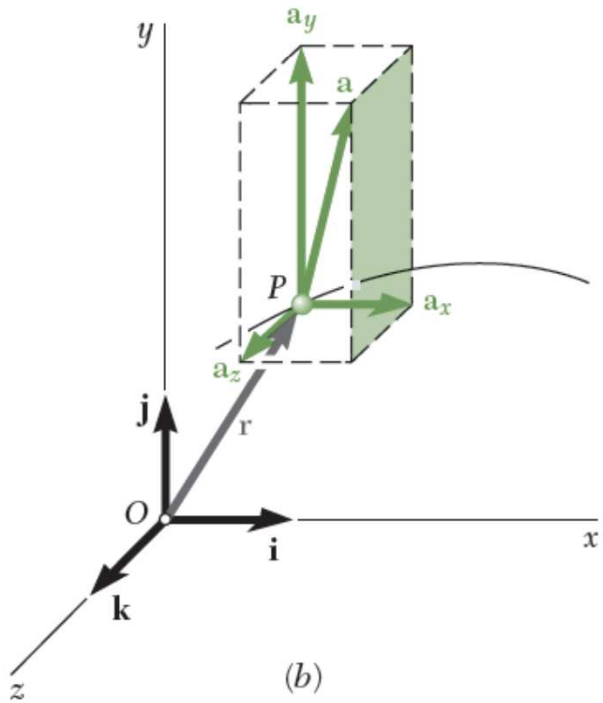
$$\mathbf{a} = \frac{d\mathbf{v}}{dt} = \ddot{x}\mathbf{i} + \ddot{y}\mathbf{j} + \ddot{z}\mathbf{k}$$

$$v_x = \dot{x} \qquad v_y = \dot{y} \qquad v_z = \dot{z}$$

$$a_x = \ddot{x} \qquad a_y = \ddot{y} \qquad a_z = \ddot{z}$$



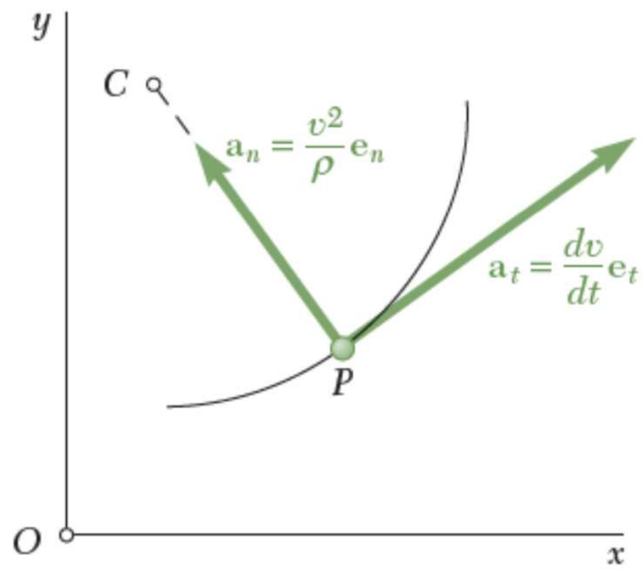
(a)



(b)

Trajetória plana - componentes tangenciais e normais

Em alguns casos, é conveniente decompor a velocidade e a aceleração de uma partícula P em termos de outros componentes que não os componentes retangulares x, y e z. Para uma partícula P que se move ao longo de uma trajetória plana, fixamos a P os vetores unitários $\mathbf{e}_t$, tangente à trajetória, e $\mathbf{e}_n$, normal à trajetória, e apontamos para o centro de curvatura dessa trajetória [Seção 11.13]. Expressamos, então, a velocidade e a aceleração da partícula em termos de seus componentes tangencial e normal. Escrevemos



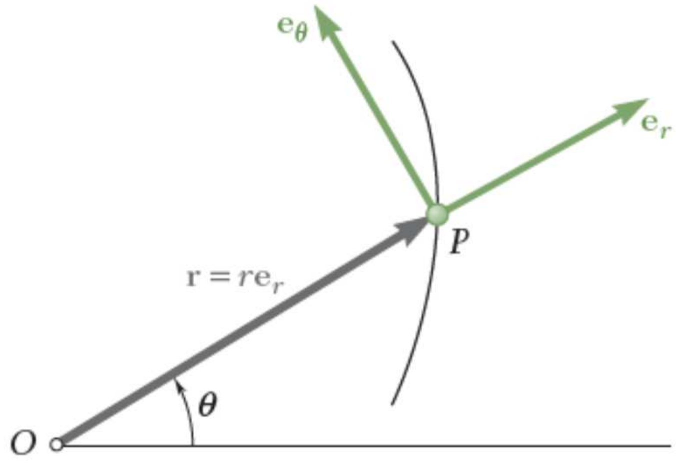
$$\mathbf{v} = v\mathbf{e}_t$$

$$\mathbf{a} = \frac{dv}{dt}\mathbf{e}_t + \frac{v^2}{\rho}\mathbf{e}_n$$

Para uma partícula P que se desloca ao longo de uma curva no espaço, definimos como *plano osculador* o plano que melhor se ajusta à trajetória nas redondezas de P. Esse plano contém os vetores unitários $\mathbf{e}_t$ e $\mathbf{e}_n$ que definem, respectivamente, a tangente e a normal principal à curva. O vetor unitário $\mathbf{e}_b$, que é perpendicular ao plano osculador, define a *binormal*.

Componentes radiais e transversais

Quando a posição de uma partícula P que se move em um plano é definida por suas coordenadas polares r e θ, é conveniente usar as componentes radial e transversal dirigidas, respectivamente, ao longo do vetor de posição $\mathbf{r}$ da partícula e na direção obtida pela rotação do vetor $\mathbf{r}$ de 90° no sentido anti-horário [Seção 11.14]. Fixamos em P os vetores unitários $\mathbf{e}_r$, e $\mathbf{e}_\theta$ dirigidos, respectivamente, nas direções radial e transversal (Fig 11.32). Expressamos, então, a velocidade e aceleração da partícula em termos dos componentes radial e transversal



$$\mathbf{v} = \dot{r}\mathbf{e}_r + r\dot{\theta}\mathbf{e}_\theta$$

$$\mathbf{a} = (\ddot{r} - r\dot{\theta}^2)\mathbf{e}_r + (r\ddot{\theta} + 2\dot{r}\dot{\theta})\mathbf{e}_\theta$$

$$v_r = \dot{r} \qquad v_\theta = r\dot{\theta} \qquad (11.45)$$

$$a_r = \ddot{r} - r\dot{\theta}^2 \qquad a_\theta = r\ddot{\theta} = 2\dot{r}\dot{\theta} \qquad (11.46)$$