

Vibrações Mecânicas

Aula01 – Apresentação e Introdução

Ramiro Brito Willmersdorf
ramiro@willmersdorf.net

Departamento de Engenharia Mecânica
Universidade Federal de Pernambuco

2018.2

Apresentação

- Prof. Ramiro Brito Willmersdorf;
- ramiro@willmersdorf.net (meio preferido);
- Sala 536, 5º andar, LITPEG
- Tempo integral na Universidade;
- Horário de consulta livre, recomendável marcar;
- <http://ramiro.willmersdorf.net/disciplinas/vibracoes>;
- Twitter: @VibrMec (meio preferencial para comunicação);

Disciplina

- 72 horas, 36 dias de aula;
- Avaliação através de 2 provas, datas no plano de ensino;
- Cai tudo na prova final;
- Cai tudo na segunda chamada;
- Solicitar 2ª chamada formalmente, na escolaridade;
- Presença é obrigatória e será informada;
- Pontualidade;

Assuntos

- Fundamentos: classificação, elementos componentes, movimento harmônico, análise harmônica;
- Sistemas com 1 grau de liberdade: vibração livre, forçada harmonicamente e geral;
- Sistemas com 2 graus de liberdade: frequências naturais e modos normais, vibração forçada, sistemas semi-definidos;
- Sistemas contínuos: cabos, barras e vigas, frequências naturais e vibrações livres;

Bibliografia e Material Suplementar

- *Vibrações Mecânicas*, Singiresu S. Rao, 4ª Edição;
- *Mechanical Vibrations*, Singiresu S Rao, 6th Edition;
Fortemente recomendado!
- *Engineering Vibrations*, William J. Bottega;
- *Fundamentals of Structural Dynamics*, Roy Graig Jr., Andrew Kurdilla;
- Qualquer outro livro de vibrações mecânicas, a física não muda;
- Sagemath – <http://www.sagemath.org>

Metodologia

- Aulas teóricas, ênfase conceitual, a prática deve ser por conta do aluno;
- Algumas poucas aulas de exercícios;
- Não há lista de exercícios recomendados;
- É **necessário** ler o livro e fazer exercícios em casa, por conta própria;
- As transparências são um **guia** para o que estudar. O material de estudo é o livro;
- É útil, mas não suficiente, estudar provas antigas que estão no site;
- Vamos tentar introduzir algum auxílio computacional para tornar o curso mais dinâmico, é interessante refazer em casa;

Vibração

Leitura: Rao 1.1 \rightarrow 1.6.

Definição: Estudo de movimentos que repetem-se periodicamente (ou não).

Um sistema vibratório contém:

- Um meio para armazenar energia potencial;
- Um meio para armazenar energia cinética;
- Mecanismo para dissipação de energia;

O movimento vibratório/oscilatório ocorre com a transferência de energia potencial para cinética, e vice-versa.

Vibração

Leitura: Rao 1.1 \rightarrow 1.6.

Definição: Estudo de movimentos que repetem-se periodicamente (ou não).

Um sistema vibratório contém:

- Um meio para armazenar energia potencial;
- Um meio para armazenar energia cinética;
- Mecanismo para dissipação de energia;

O movimento vibratório/oscilatório ocorre com a transferência de energia potencial para cinética, e vice-versa.

Vibração

Leitura: Rao 1.1 \rightarrow 1.6.

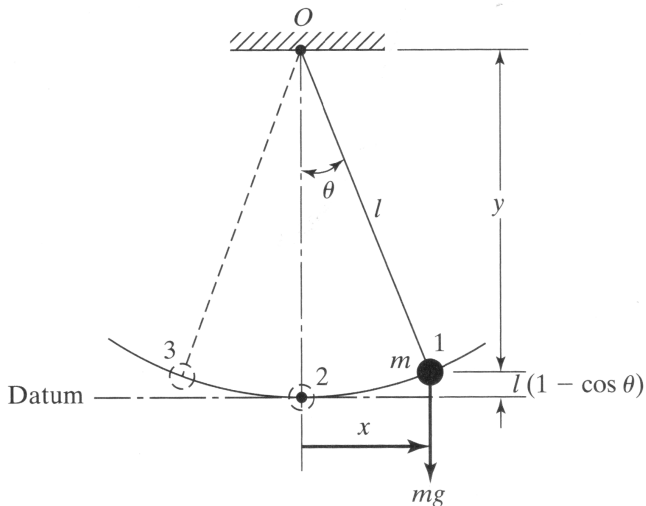
Definição: Estudo de movimentos que repetem-se periodicamente (ou não).

Um sistema vibratório contém:

- Um meio para armazenar energia potencial;
- Um meio para armazenar energia cinética;
- Mecanismo para dissipação de energia;

O movimento vibratório/oscilatório ocorre com a transferência de energia potencial para cinética, e vice-versa.

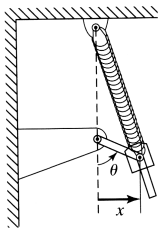
Sistema Vibratório – Exemplo



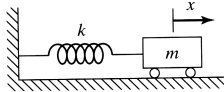
Número de Graus de Liberdade

Número mínimo de coordenadas generalizadas necessárias para descrever a configuração do sistema.

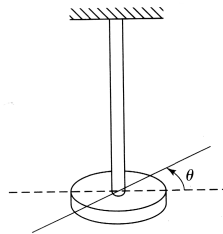
Sistemas com 1 grau de liberdade:



(a) Slider-crank-spring mechanism



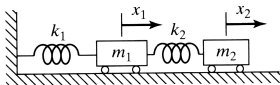
(b) Spring-mass system



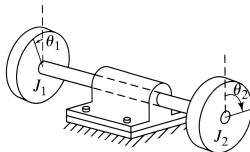
(c) Torsional system

Número de Graus de Liberdade

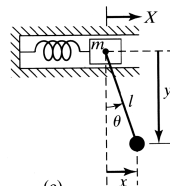
Sistemas com 2 graus de liberdade:



(a)



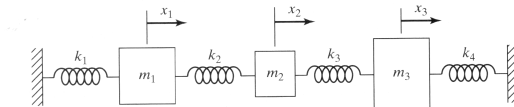
(b)



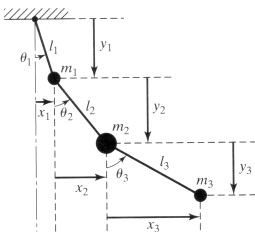
(c)

Número de Graus de Liberdade

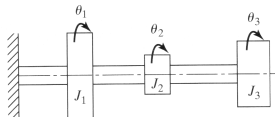
Sistemas com 3 graus de liberdade:



(a)



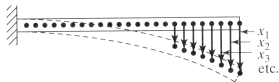
(b)



(c)

Sistemas Contínuos e Discretos

A maioria dos sistemas mecânicos *reais* necessita de um número infinito de graus de liberdade para sua descrição completa. Estes são **sistemas contínuos**

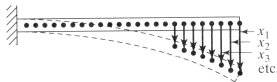


Um sistema que pode ser descrito por um número finito de graus de liberdade é um **sistema discreto**.

Métodos computacionais (MEF, MDF, etc.) normalmente geram modelos discretos.

Sistemas Contínuos e Discretos

A maioria dos sistemas mecânicos *reais* necessita de um número infinito de graus de liberdade para sua descrição completa. Estes são **sistemas contínuos**

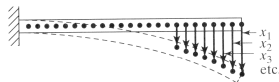


Um sistema que pode ser descrito por um número finito de graus de liberdade é um **sistema discreto**.

Métodos computacionais (MEF, MDF, etc.) normalmente geram modelos discretos.

Sistemas Contínuos e Discretos

A maioria dos sistemas mecânicos *reais* necessita de um número infinito de graus de liberdade para sua descrição completa. Estes são **sistemas contínuos**



Um sistema que pode ser descrito por um número finito de graus de liberdade é um **sistema discreto**.

Métodos computacionais (MEF, MDF, etc.) normalmente geram modelos discretos.

Forças Externas

Vibração Livre Após uma perturbação inicial, não há mais ação externa sobre o sistema. Não há ação de forças sobre o sistema.

Vibração Forçada O sistema sofre ação de forças (periódicas ou não).

No caso de vibração forçada, é possível a ocorrência de **ressonância**.

Forças Externas

Vibração Livre Após uma perturbação inicial, não há mais ação externa sobre o sistema. Não há ação de forças sobre o sistema.

Vibração Forçada O sistema sofre ação de forças (periódicas ou não).

No caso de vibração forçada, é possível a ocorrência de **ressonância**.

Amortecimento

Vibração Amortecida Existe um mecanismo de dissipação que transforma energia mecânica em energia térmica, em um processo irreversível. Pode ser atrito viscoso, seco, interno, etc.

Vibração Não Amortecida Não há um mecanismo dissipativo, a energia mecânica total é conservada.

Na prática, o amortecimento muitas vezes pode ser desprezado, exceto próximo à ressonância.

Amortecimento

Vibração Amortecida Existe um mecanismo de dissipação que transforma energia mecânica em energia térmica, em um processo irreversível. Pode ser atrito viscoso, seco, interno, etc.

Vibração Não Amortecida Não há um mecanismo dissipativo, a energia mecânica total é conservada.

Na prática, o amortecimento muitas vezes pode ser desprezado, **exceto próximo à ressonância**.

Linearidade

Vibração Linear Todas as relações massa \times aceleração, rigidez \times deslocamento e amortecimento \times velocidade, são lineares. Vale o princípio da superposição. **Técnicas relativamente simples e bem conhecidas;**

Vibração Não Linear Alguma das relações constitutivas não é linear. **Não** vale o princípio da superposição. Técnicas menos bem determinadas.

As vezes uma solução linearizada é possível.

Linearidade

Vibração Linear Todas as relações massa \times aceleração, rigidez \times deslocamento e amortecimento \times velocidade, são lineares. Vale o princípio da superposição. **Técnicas relativamente simples e bem conhecidas;**

Vibração Não Linear Alguma das relações constitutivas não é linear. **Não** vale o princípio da superposição. Técnicas menos bem determinadas.

As vezes uma solução linearizada é possível.

Determinismo

Vibração Determinística Todas as propriedades mecânicas, relações constitutivas e forças são perfeitamente conhecidas em qualquer instante de tempo.

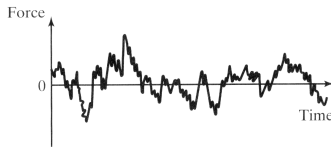
Vibração Não Determinística Alguma das grandezas que descrevem o sistema, normalmente as forças de excitação, são conhecidas apenas de forma estocástica.

Não é possível prever o comportamento futuro, exceto através de **estatísticas**.

Exemplos: terremotos, vento, ondas, *estradas*.



(a) A deterministic (periodic) excitation



(b) A random excitation

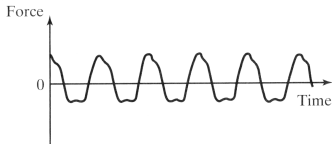
Determinismo

Vibração Determinística Todas as propriedades mecânicas, relações constitutivas e forças são perfeitamente conhecidas em qualquer instante de tempo.

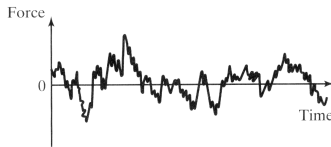
Vibração Não Determinística Alguma das grandezas que descrevem o sistema, normalmente as forças de excitação, são conhecidas apenas de forma estocástica.

Não é possível prever o comportamento futuro, exceto através de **estatísticas**.

Exemplos: terremotos, vento, ondas, *estradas*.



(a) A deterministic (periodic) excitation



(b) A random excitation

Vídeos Ilustrativos

- Vibração em mancais: <https://youtu.be/67Et4vbKhOM>
- Vibration Analysis Engineer: <https://youtu.be/f394dlS6jR8>
- Teste NVH: <https://youtu.be/XU-g5USWl2s>
- Balancing rigidity and handling:
<https://youtu.be/nhp1v8SKqCQ>
- Earthquake test: <https://youtu.be/hSwjkG3nv1c>
- ATV simulation using ADAMS:
<https://youtu.be/PqwTNJOvZ1g>