

4ª LISTA DE MÉTODOS MATEMÁTICOS
MATÉRIA: SÉRIES DE FOURIER E APLICAÇÕES
ENTREGAR ATÉ

PROF. GRIGORI CHAPIRO

Esta lista corresponde ao capítulo 8 do livro do E. Kreyszig e aos capítulos 1 e 2 do livro do D. G. Figueredo.

REFERÊNCIAS

- [1] Kreyszig, E., *Matemática superior*, LTC Editora, 1969.
[2] Figueiredo, D.G., *Análise de Fourier e equações diferenciais parciais*, Coleção Euclides, IMPA/CNPq, 1986.

1. SÉRIES DE FOURIER

Exercício 1. Determinar a série de Fourier da função $f(x)$ periódica de período 2π :

(a) $f(x) = x \quad (-\pi < x < \pi)$;

(b) $f(x) = \begin{cases} x - \pi & (-\pi < x < 0); \\ 0 & (0 < x < \pi). \end{cases}$

(c) $f(x) = \begin{cases} x^2 & (-\pi < x < 0); \\ \pi & (0 < x < \pi). \end{cases}$

Exercício 2. Classificar se as seguintes funções são pares, ímpares ou nenhuma das duas:

(a) $x + x^3$, (b) $|x|$, (c) e^x .

Exercício 3. Provar que se a função $f(x)$ possui os coeficientes de Fourier a_n^1 e b_n^1 e a função $g(x)$ possui os coeficientes de Fourier a_n^2 e b_n^2 logo os coeficientes de Fourier da função $f(x) + g(x)$ são $a_n^1 + a_n^2$ e $b_n^1 + b_n^2$.

Exercício 4. Determinar a série de Fourier da função f periódica de período T :

(a) $f(x) = x \quad (-1 < x < 1)$; $T = 2$;

(b) $f(x) = \begin{cases} 0 & (-2 < x < 0); \\ 0 & (0 < x < 2); \end{cases} \quad T = 4$;

(c) $f(t) = \begin{cases} \frac{1}{2} + t & (-\frac{1}{2} < t < 0); \\ \frac{1}{2} - t & (0 < t < \frac{1}{2}); \end{cases} \quad T = 1$.

Exercício 5. Usando o prolongamento represente seguintes funções f por meio de uma série de Fourier de cossenos e faça o gráfico do prolongamento:

(a) $f(x) = 1 \quad (0 < x < 1)$;

(b) $f(x) = \begin{cases} 1 & (0 < x < L); \\ 0 & (L < x < 2L); \end{cases}$

(c) $f(x) = 1 - x \quad (0 < x < L);$

(d) $f(x) = \text{sen}\left(\frac{\pi x}{2L}\right) \quad (0 < x < L);$

Exercício 6. Dada a função $f(x) = x \text{sen}(x)$, $-\pi < x < \pi$, periódica de período 2π ,(a) Encontre a série de Fourier que representa $f(x)$;

(b) Usando a identidade de Parseval calcule a integral

$$\int_{-\pi}^{\pi} |f(x)|^2 dx.$$

Exercício 7. Dada a função $f(x) = \text{sen}(x)$, $-\pi < x < \pi$, periódica de período 2π ,(a) Encontre a série de Fourier que representa $f(x)$;(b) Integrando a série de Fourier do item (a) encontre a série de Fourier que representa a função $g(x) = \text{cos}(x)$.**Exercício 8.** Dada a função $f(x) = x^3$, $-1 < x < 1$, periódica de período 2,(a) Encontre a série de Fourier que representa $f(x)$;(b) Integrando a série de Fourier do item (a) encontre a série de Fourier que representa a função $g(x) = x^4$.**Exercício 9.** Dada a função $f(x) = e^x$, $-1 < x < 1$, periódica de período 2,(a) Encontre a série de Fourier que representa $f(x)$;(b) Verifique que a derivada de $f(x)$ possui série de Fourier.(c) Usando a letra (a) encontre a série de Fourier que representa a derivada da $f(x)$.**Exercício 10.** Dada a função

$$f(x) = \begin{cases} 1, & -1 < x < 0; \\ 0, & 0 < x < 1, \end{cases}$$

periódica de período 2,

(a) Encontre a série de Fourier que representa $f(x)$;(b) Verifique que a derivada de $f(x)$ possui série de Fourier.

(c) Derive a série de Fourier da letra (a) e identifique uma função que possui essa série de Fourier.

Exercício 11. Para os itens a seguir diga se é verdadeiro ou falso, justificando a sua resposta:(a) Dada a função $f(x) = x^3 \text{cos}(x)$, $-\pi < x < \pi$, periódica de período 2π a sua série de Fourier é uma série de cossenos.(b) Dada a função $f(x) = x^2 \text{sen}(x)$, $-\pi < x < \pi$, periódica de período 2π a sua série de Fourier é uma série de senos.(c) A função $f(x) = x^2$ definida para $0 < x < 1$ possui uma série de Fourier de cossenos.

(d) A função da letra acima não pode ser escrita como uma série de senos.

(e) Quando a série de Fourier de uma função periódica possui todos os coeficientes a_n iguais a zero, significa que a função é par.

(f) Estudar cálculo é legal.

(g) Existe uma função que é par e ímpar simultaneamente.

(h) Função

$$f(x) = \begin{cases} 1/x, & 0 < x < 1; \\ 0, & x = 0; \\ 0, & x = 1, \end{cases}$$

periódica de período 1 não possui série de Fourier.

2. EQUAÇÃO DO CALOR

Exercício 12. Usando o método de separação de variáveis e as séries de Fourier resolva o problema de valor inicial e de fronteira (PVIF) dado a seguir:

$$\begin{aligned} u_t &= K u_{xx}, \quad x \in \mathbb{R}, \\ u_x(0, t) &= u_x(L, t) = 0, \quad t > 0, \\ u(x, 0) &= f(x), \quad 0 < x < L. \end{aligned}$$

Exercício 13. Usando o método de separação de variáveis resolva o PVIF:

$$\begin{aligned} u_t &= K u_{xx}, \quad x \in \mathbb{R}, \\ u_x(0, t) &= u_x(L, t) = 0, \quad t > 0, \\ u(x, 0) &= f(x), \quad 0 < x < L. \end{aligned}$$

3. EQUAÇÃO DA ONDA

Exercício 14. Usando o método de separação de variáveis resolva o PVIF:

$$\begin{aligned} u_{tt} &= K u_{xx}, \quad x \in \mathbb{R}, \\ u_x(0, t) &= u_x(L, t) = 0, \quad t > 0, \\ u(x, 0) &= f(x), \quad 0 < x < L. \\ u_t(x, 0) &= g(x), \quad 0 < x < L. \end{aligned}$$

Exercício 15. Usando o método de separação de variáveis resolva o PVIF:

$$\begin{aligned} u_{tt} &= K u_{xx}, \quad x \in \mathbb{R}, \\ u(0, t) &= u(L, t) = 0, \quad t > 0, \\ u(x, 0) &= 1 - x/L, \quad 0 < x < L. \\ u_t(x, 0) &= \text{sen}(x\pi/L), \quad 0 < x < L. \end{aligned}$$

4. QUESTÃO DE MODELAGEM (OPCIONAL)

Exercício 16. Uma barra de ferro de tamanho $L[\text{cm}] \times 2[\text{cm}] \times 2[\text{cm}]$ está sendo aquecida a uma taxa de $50[\text{kJ/s}]$ pela ponta esquerda. Um aluno tem a tarefa de segurar a barra pela ponta direita o máximo de tempo que ele conseguir sem queimar. Sabendo que a condutividade térmica do ferro é $k = 20[\text{W}/(\text{mK})]$, capacidade térmica é $C_P = 0.5[\text{kJ}/(\text{kgK})]$ e a densidade é $\rho = 8.000[\text{kg}/\text{m}^3]$, calcule quanto tempo o aluno vai segurar a barra se ele vai largar ela assim que a temperatura da ponta que ele esta segurando atingir 50°C ?

Hipóteses físicas: Barra esta termicamente isolada com exceção da ponta esquerda. A

barra é longa e fina o suficiente para considerá-la unidimensional. Inicialmente a barra está a temperatura ambiente ($T = T_0 \approx 27^\circ C = 300K$).

Dicas:

Equação de conservação de energia:

$$\frac{\partial C_P T \rho}{\partial t} = k \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}.$$

Fluxo de energia através da ponta esquerda:

$$k \frac{\partial T}{\partial x}(0, t) = \frac{K}{A},$$

onde K é a energia que entra no sistema dada em $[W] = [J/s]$ e A é a área da seção da barra. A ponta direita em isolamento térmico:

$$k \frac{\partial T}{\partial x}(L, t) = 0.$$

Condição inicial:

$$T(x, 0) = T_0.$$