

**Ecuaciones Diferenciales - 2° cuatrimestre 2014**  
SERIES DE FOURIER Y SEPARACIÓN DE VARIABLES

1. Sea  $f$  integrable en  $[-p, p]$  y tal que  $f(x + 2p) = f(x)$  para todo  $x \in \mathbb{R}$ . Entonces,

(a)

$$\int_{a-p}^{a+p} f(t) dt = \int_{-p}^p f(t) dt$$

para todo  $a \in \mathbb{R}$ .

(b)

$$\int_{2p}^{2p+x} f(t) dt = \int_0^x f(t) dt$$

para todo  $x \in \mathbb{R}$ .

(c) Si

$$g(x) = \int_0^x f(t) dt,$$

entonces  $g(x + 2p) = g(x)$  si y sólo si

$$\int_{-p}^p f(t) dt = 0$$

(d) Probar que si  $f$  es integrable y  $2p$ -periódica:

$$\frac{1}{2p} \int_0^{2p} f(x)(p-x) dx = \sum_{n \geq 1} \frac{b_n}{n\omega_0}$$

donde  $b_n$  es un coeficiente de Fourier de  $f$  y  $\omega_0 = \pi/p$ .

2. Calcular el desarrollo en serie de Fourier de senos de  $f$  y estudiar la convergencia puntual de la serie hallada para

$$(a) f(x) = \begin{cases} 1 & 0 \leq x < \frac{\pi}{2} \\ \frac{1}{2} & x = \frac{\pi}{2} \\ 0 & \frac{\pi}{2} < x \leq \pi \end{cases}$$

$$(b) f(x) = x \quad (0 \leq x < \pi)$$

3. Resolver, separando variables, el problema de Dirichlet para el rectángulo:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta u = 0 \quad 0 < x < \pi, 0 < y < A \\ u(0, y) = 0 \\ u(\pi, y) = 0 \\ u(x, A) = 0 \\ u(x, 0) = f(x) \end{array} \right.$$

4. Hallar, usando el método de separación de variables, una solución del problema de la cuerda vibrante con dos extremos fijos:

$$\left\{ \begin{array}{l} u_{xx} - \frac{1}{c^2}u_{tt} = 0 \quad 0 < x < \ell, t > 0 \\ u(0, t) = 0 \quad t > 0 \\ u(\ell, t) = 0 \quad t > 0 \\ u(x, 0) = f(x) \quad 0 < x < \ell \\ \frac{\partial u}{\partial t}(x, 0) = g(x) \quad 0 < x < \ell \end{array} \right.$$

5. Resolver, usando separación de variables, el problema: Si  $D$  es el cuadrado  $[0, 1] \times [0, 1]$ , se busca  $u = u(x, y)$  tal que

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta u = 0 \quad \text{en } D \\ u(x, 0) = f_1(x) \\ u(1, y) = f_2(y) \\ u(x, 1) = f_3(x) \\ u(0, y) = f_4(y) \end{array} \right.$$

6. Resolver:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial u}{\partial t} - k^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + cu = 0 \quad 0 < x < \pi, t > 0 \\ u(x, 0) = f(x) \\ u(0, t) = 0 \\ u(\pi, t) = 0 \end{array} \right.$$

Sugerencia: Proponer  $v(x, t) = u(x, t)e^{ct}$ .

7. Resolver en  $0 < x < \pi, 0 < y < \pi$ :

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta u + u_x = 0 \\ u(x, 0) = 0 \\ u(x, \pi) = 0 \\ u(0, y) = 0 \\ u(\pi, y) = \sin(y) \end{array} \right.$$

8. Resolver en  $0 < x < \pi, 0 < y < \pi$ :

$$\begin{cases} \Delta u = 0 \\ u(x, 0) = x^2 \\ u(x, \pi) = 0 \\ u_x(0, y) = 0 \\ u_x(\pi, y) = 0 \end{cases}$$

Mostrar que la serie obtenida es solución del problema.

9. Resolver, analizando la validez de la solución, la ecuación de Laplace en un disco en  $\mathbb{R}^2$ .

(a)  $\begin{cases} \Delta u = 0 & \text{en } |x| < 1 \\ u = f & \text{en } |x| = 1 \end{cases}$   
 donde  $f \in C^1(\{|x| = 1\})$ . (Sug.: Pasar a coordenadas polares).

(b)  $\begin{cases} \Delta u = 0 & \text{en } |x| < 1 \\ \frac{\partial u}{\partial \eta} = f & \text{en } |x| = 1 \end{cases}$   
 donde  $f$  es como en el ítem (a) y además  $\int_{|x|=1} f dS = 0$ , y  $u$  se anula en el origen.

Probar que el ítem (b) no tiene solución si  $\int_{|x|=1} f dS \neq 0$ .

10. Consideremos el siguiente problema en  $\mathbb{R}^2 \times \mathbb{R}_+$ :

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - c^2 \Delta u = 0 & \text{en } B_1(0) \times (0, \infty) \\ u = f & \text{en } B_1(0) \times \{t = 0\} \\ \frac{\partial u}{\partial t} = 0 & \text{en } B_1(0) \times \{t = 0\} \\ u = 0 & \text{en } \partial B_1(0) \times (0, \infty) \end{cases}$$

(la solución representa el pequeño movimiento transversal de una membrana circular fija en sus extremos)

Mostrar que, cuando se buscan soluciones de la forma  $R(r)\Theta(\theta)T(t)$  al aplicar el método de separación de variables, se obtiene para  $R$  la ecuación:

$$(rR)' - \frac{m^2}{r}R + \lambda rR = 0$$

11. Aplicar el método de separación de variables para resolver el siguiente problema de conducción de calor en un cilindro circular infinito.

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} - \Delta u = 0 & B_1(0) \times (0, \infty) \\ u(x, t) = 0 & \partial B_1(0) \times (0, \infty) \\ u(x, 0) = f(|x|) & B_1(0) \times \{t = 0\} \end{cases}$$

donde  $B_1(0) \subset \mathbb{R}^2$ .

Sugerencia: Pasar a coordenadas polares y, dado que el dato inicial es independiente de  $\theta$ , buscar soluciones independientes de  $\theta$ .

12. Verificar por el método de separación de variables, que el problema de autovalores

$$\begin{cases} -\Delta u = \lambda u & Q := (0, 1) \times (0, 1) \\ u = 0 & \partial Q \end{cases}$$

tiene como soluciones a

$$u_{k,j}(x, y) = \sin(\pi j x) \sin(\pi k y), \quad \lambda_{k,j} = \pi(j^2 + k^2).$$