

מבוא מתמטי למהנדסים

פרק 24 - כלל השרשרת בפונקציות של מספר משתנים

תוכן העניינים

1. כלל השרשרת בפונקציות של מספר משתנים.....1

כלל השרשרת בפונקציות של מספר משתנים

בתרגילים בפרק זה, הנח שכל הנגזרות הרשומות קיימות.

שאלות

(1) נתון: $x = 2u - v$, $y = u^2 + v^2$, $z = \ln(x^2 - y^2)$
 חשב: z_u , z_v .

(2) נתון: $v = 4t + k$, $u = t^2 + 4m$, $z = e^{u-v}$
 חשב: z_t , z_m , z_k .

(3) נתון: $z = f(x^2 - y^2)$
 הוכח: $y \cdot z_x + x \cdot z_y = 0$.

(4) נתון: $z = f(xy)$
 הוכח: $x \cdot z_x - y \cdot z_y = 0$.

(5) נתון: $z = f\left(\frac{x}{y}\right)$
 הוכח: $x \cdot z_x + y \cdot z_y = 0$.

(6) נתון: $z = f(x - y, y - x)$
 הוכח: $z_x + z_y = 0$.

(7) נתון: $w = f(x - y, y - z, z - x)$
 הוכח: $w_x + w_y + w_z = 0$.

(8) נתון: $u = \sin x + f(\sin y - \sin x)$
 הוכח: $u_x \cos y + u_y \cos x = \cos x \cos y$.

(9) נתון: $z = y \cdot f(x^2 - y^2)$

הוכח: $\frac{1}{x} z_x + \frac{1}{y} z_y = \frac{z}{y^2}$

(10) נתון: $z = xy + xf\left(\frac{y}{x}\right)$

הוכח: $x \cdot z_x + y \cdot z_y = xy + z$

(11) נתון: $u(x, y, z) = x^2 \cdot f\left(\frac{y}{x}, \frac{z}{x}\right)$

הוכח: $xu_x + yu_y + zu_z = 2u$

(12) נתון: $h(x, y) = f(y + ax) + g(y - ax)$

הוכח: $h_{xx} = a^2 \cdot h_{yy}$

(13) נתון: $u(x, y) = f(e^x \sin y) - g(e^x \sin y)$ הוכח:

א. $u_{xx} + u_{yy} = \frac{u_{xx} - u_x}{\sin^2 y}$

ב. $u_{xy} = u_{yx}$

ג. חשב: $u_{xy}(1, \pi)$, אם ידוע ש- $g'(0) = 1$, $f'(0) = 2$.

(14) נתון: $y = r \sin \theta$, $x = r \cos \theta$, $u = f(x, y)$

א. הוכח: $(u_x)^2 + (u_y)^2 = (u_r)^2 + \frac{1}{r^2} (u_\theta)^2$

ב. הוכח: $u_{rr} = f_{xx} \cos^2 \theta + 2f_{xy} \cos \theta \sin \theta + f_{yy} \sin^2 \theta$

ג. הוכח: $f_{xx} + f_{yy} = u_{rr} + \frac{1}{r^2} u_{\theta\theta} + \frac{1}{r} u_r$

15 נתון $z = h(u, v)$, ונתון כי $u = f(x, y)$, $v = g(x, y)$ מקיימות את משוואת קושי-רימן, כלומר מקיימות $u_x = v_y$, $u_y = -v_x$.
הוכח כי:

א. u, v מקיימות את משוואת לפלס.
כלומר, $u_{xx} + u_{yy} = 0$ וכן $v_{xx} + v_{yy} = 0$.

ב. $h_{xx} + h_{yy} = \left((u_x)^2 + (v_x)^2 \right) (h_{uu} + h_{vv})$.

16 נתון: $y = r \sinh s$, $x = r \cosh s$, $u = f(x, y)$.
הוכח כי: $(u_x)^2 - (u_y)^2 = (u_r)^2 - \frac{1}{r^2} (u_s)^2$.

17 פונקציה $f(x, y)$ תיקרא הומוגנית מסדר n , אם $f(tx, ty) = t^n \cdot f(x, y)$.
הוכח כי אם f הומוגנית, אז:
א. $x \cdot f_x + y \cdot f_y = n \cdot f(x, y)$.
ב. $x^2 f_{xx} + y^2 f_{yy} + 2xy f_{xy} = n(n-1) \cdot f(x, y)$.

18 נתונה הפונקציה

$$z = f(x, y) = \begin{cases} \frac{x^2 y}{x^2 + y^2} & (x, y) \neq (0, 0) \\ 0 & (x, y) = (0, 0) \end{cases}$$

א. חשב את הנגזרות החלקיות של הפונקציה בנקודה $(0, 0)$.
ב. נתון $x = 2t, y = t$.
חשב את $z'(0)$ באופן ישיר.
ג. נתון $x = 2t, y = t$.
חשב את $z'(0)$ לפי כלל השרשרת.
ד. בעזרת תוצאת סעיף ג' בלבד, קבע האם הפונקציה דיפרנציאבילית.

תשובות סופיות

$$z_u = \frac{1}{x^2 - y^2} \cdot 2x \cdot 2 + \frac{1}{x^2 - y^2} (-2y) \cdot 2u \quad (1)$$

$$z_t = e^{u-v} (1) \cdot 2t + e^{u-v} (-1) \cdot 4, \quad z_m = e^{u-1} (1) \cdot 4, \quad z_k = e^{u-v} (-1) \cdot 1 \quad (2)$$

$$-e \quad \text{ג.} \quad (13)$$

$$f_x(0,0) = f_y(0,0) = 0 \quad \text{א.} \quad (18) \quad \text{ב.} \quad \frac{4}{5} \quad \text{ג.} \quad 0 \quad \text{ד.} \quad \text{לא דיפרנציאבילית.}$$

שאר השאלות הן שאלות הוכחה, לפתרונות מלאים היכנסו לאתר GooL.co.il