

## ● ESEMPIO TEO. UNICITÀ E ESISTENZA LOCALE

$f(x, y)$  CONTINUA, MA  $\forall [a, b]$  INFINITO t.c. HP LIPSCHITZ VERIFICATA

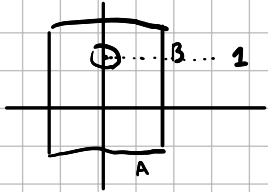
$$\exists L > 0 \quad \text{t.c.} \quad \left| \frac{2x}{x^2+1} y + xy^2 - \frac{2x}{x^2+1} z - xz^2 \right| \leq L|y-z|$$

① IPOTIZZIAMO PER ASSURDO CHE VALGA L'HP. DI LIPSCHITZ (PER CAPIRE CHE NON SI PUÒ APPL. IL TEO. 3)  
PER  $x=0$  RISULTA UN ESPRESS. NULLA, PER  $z=0$ ,  $\bar{x} \neq 0$ :

$$\left| \frac{2\bar{x}}{\bar{x}^2+1} y + \bar{x}y^2 \right| \leq L|y| \Rightarrow |y| \left| \frac{2\bar{x}}{\bar{x}^2+1} + \bar{x}y \right| \leq L|y| \Rightarrow \left| \frac{2\bar{x}}{\bar{x}^2+1} + \bar{x}y \right| \leq L$$

FALSA PER VALORI GRANDI DI  $y$ : TEO. 3 NON APPLICABILE

②  $f \in C(\mathbb{R} \times \mathbb{R})$  ALLORA VERIFICHIAMO SOLO L'HP DI LIPSCHITZ **LOCALE**



$$R_{A,B} = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 : |x| < A, |y| < B\}$$

$$A, B > 0 \quad \text{e} \quad (0, 1) \in R_{A,B}$$

$$|f(x, y) - f(x, z)| \leq L|y - z| \quad \forall (x, y), (x, z) \in R_{A,B} \Rightarrow$$

$$\left| \frac{2x}{x^2+1} y + xy^2 - \frac{2x}{x^2+1} z - xz^2 \right| \stackrel{\text{DISUG. TRIANG.}}{\leq} \left| \frac{2x}{x^2+1} y - \frac{2x}{x^2+1} z \right| + |xy^2 - xz^2| = \underbrace{\frac{2|x|}{x^2+1}}_{\leq 1} |y-z| + |x| |y^2 - z^2|$$

CONSIDERO  $CONE \leq 1$

PER STUDIARE  $|y^2 - z^2|$  USO TEO. VALORE MEDIO (LAGRANGE):  $g(t) \in C([a, b])$  e DERIV. SU  $(a, b)$

$$g(b) - g(a) = g'(c)(b-a) \Rightarrow |g(b) - g(a)| = |g'(c)| \cdot |b-a|$$

QUINDI PONGO  $g(y) = y^3$

$$|y^3 - z^3| = 3c^2 |y - z| \leq 3B^2 |y - z|$$

$$c \in (y, z) \Rightarrow |f(x, y) - f(x, z)| \leq \underbrace{(1 + 3AB^2)}_L |y - z|$$

$\forall (x, y, z) \in R_{A,B}$   
QUINDI  $\exists$  SLZ. UNICA SU  $I$  CONTINENTE  $x_0 = 0$

## ● ESEMPIO

$$\textcircled{PC} \begin{cases} y' = 2x + 2 - 2x^3 + 4x^2 y - 2xy^2 \\ y(0) = 2 \end{cases}$$

① TEO. 4 APPLICABILE?

② TEO. 3 NON È APP. SU ALCUN  $I$  CONTINENTE  $(0, 2)$

## EQUAZIONI DIFFERENZIALI DI ORDINE SUPERIORE

● ES NEWTON:  $F = m y''(t)$

↑  
MASSA

↖ OSC. AL TEMPO  $t$

● EZ. OSCILL. ARMONICO

$$y'' + \frac{k}{m} y = 0$$

$$y'' + \omega^2 y = 0$$

STRUTTURA GENERALE:

$$y^{(k)} = f(x, y, \dots, y^{(k-1)})$$

↳ VARIABILE INDIPENDENTE

DEFINIZIONE: SIA  $f: \Omega \subseteq \mathbb{R} \times \mathbb{R}^k \rightarrow \mathbb{R}$  e DICIAMO CHE  $y$  È **SOLUZIONE** DI  $\#$  SU  $I$  SE:

- $y$  È DERIVABILE SU  $I$  FINO ALL'ORDINE  $k$
- $(x, y(x), \dots, y^{(k-1)}(x)) \in \Omega \quad \forall x \in I$
- $y^{(k)}(x) = f(x, y(x), \dots, y^{(k-1)}(x))$  (VERIFICARE CHE L'EQ. SIA VERIFICATA)  
SU UN QUALCHE  $I$

PC  $\begin{cases} y^{(k)} = f(x, y, \dots, y^{(k-1)}) \\ y(x_0) = y_0 \\ y'(x_0) = y_1 \\ \vdots \\ y^{(k-1)}(x_0) = y_{k-1} \end{cases} \rightarrow \text{CONDIZ. INIZIALI DEL PC } (x_0, y_0, y_1, \dots, y_{k-1}) \text{ NOTI}$

● **ESEMPIO:** TROVARE  $a, b, c \in \mathbb{R}$  t.c.  $y(x) = ax^2 + bx + c$  è soluz. di

$$y'' + y' + 2y = x^2 + x - 3 \quad \text{su } I = \mathbb{R}$$

ABBIAMO  $y' = 2ax + b \Rightarrow y'' = 2a$  e SOSTITUISCO:  $2a + 2ax + 2(ax^2 + bx + c) = x^2 + x - 3 \quad \forall x \in I = \mathbb{R}$

$$\Rightarrow 2ax^2 + (2a + 2b)x + 2a + 2c + b = x^2 + x - 3$$

$$\begin{cases} 2a = 1 \\ 2a + 2b = 1 \\ 2a + 2c + b = -3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = 1/2 \\ b = 0 \\ c = -2 \end{cases} \Rightarrow \text{QUINDI } y = \frac{x^2}{2} - 2 \text{ È UNICA SOLUZIONE}$$

**EQ. DIFF. "LINEARI" DI ORDINE SUPERIORE:**

CIOÈ GENERALIZZAZIONE DI:  $\mathcal{L}(y) = y' + p(x)y = q(x)$

! RICORDARE PROP. LINEARITA'!

QUINDI:  $y^{(k)} + \sum_{i=0}^{k-1} a_i(x)y^{(i)} = b(x)$   
COEFF. DERIVATA I-ESIMA

$a_i, b \in C(I)$  con  $I \subseteq \mathbb{R}$

$\mathcal{L}(\alpha_1 y_1 + \alpha_2 y_2) = \alpha_1 \mathcal{L}(y_1) + \alpha_2 \mathcal{L}(y_2)$

e  $\mathcal{L}(y) = 0$  È NOTA COME **EQ. OMOGENEA** (ASSOCIATA A  $\mathcal{L}(y) = b(x)$ )

**TEOREMA 5, ESISTENZA e UNICITÀ, GENERALIZZAZIONE DEL TEO. 2**

SIA  $I \subseteq \mathbb{R}$ ,  $x_0 \in I$ ,  $a_i(x), b(x) \in C(I)$

ALLORA PC  $\begin{cases} y^{(k)} + \sum_{i=0}^{k-1} a_i(x)y^{(i)} = b(x) \\ y(x_0) = y_0 \\ y'(x_0) = y_1 \\ \vdots \\ y^{(k-1)}(x_0) = y_{k-1} \end{cases} \Rightarrow \text{HA UN'UNICA SOLUZIONE } y = y(x) \text{ SU } I$

**INDIPENDENZA LINEARE: DEFINIZIONE:**

SIANO DATE  $K$  FUNZIONI  $V_1(x), \dots, V_K(x)$  DEFINITE SU  $I \subseteq \mathbb{R}$  e SONO LINEARMENTE INDIPENDENTI SE:

$C_1 V_1(x) + \dots + C_K V_K(x) = 0 \quad \forall x \in I$  e  $C_1 = C_2 = \dots = C_K = 0$

**TEOREMA 6:**

$a_i(x)$ ,  $i=0, \dots, (K-1)$   $\neq$  CONTINUE SU  $I$

e DEFINIAMO  $S = \{\text{INSIEME SOLUZIONI SU } I \text{ DI } \mathcal{L}(y)=0\}$

①  $S$  È SPAZIO VETTORIALE

②  $\dim(S) = K$  (ORDINE EQ. DIFF.)  $\Rightarrow$  È POSS. SELEZIONARE  $K$  SOLUZIONI DI  $\mathcal{L}(y)=0$ , LIN. INDIPENDENTI SU  $I$ ,  $w_1, \dots, w_K$  t.c.

OGNI ALTRA SOLUZIONE  $y: I \subseteq \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  DI  $\mathcal{L}(y)=0$  SI SCRIVE COME:

$y(x) = C_1 w_1(x) + \dots + C_K w_K(x) \quad \forall x \in I$  PER OPPORTUNI COEFF.  $C_1, \dots, C_K \in \mathbb{R}$

$\hookrightarrow$  SOL. GENERALE  $\mathcal{L}(y)=0$  SU  $I$  (CIOÈ ESPRESSA COME COMBINAZ. LINEARE)

CENNO ALLA DIM:

$S$  SODDISFA GLI ASSIOMI DEGLI SPAZI VETTORIALI, IN PARTICOLARE  $y_1, y_2 \in S$  ALLORA  $\alpha_1 y_1 + \alpha_2 y_2 \in S \quad \forall \alpha_1, \alpha_2 \in \mathbb{R}$ , INFATTI

$\mathcal{L}(\alpha_1 y_1 + \alpha_2 y_2) = \alpha_1 \mathcal{L}(y_1) + \alpha_2 \mathcal{L}(y_2) = 0$

## TEOREMA 1:

HP:  $\mathcal{L}(y), b(x) \in C(I)$

TH: SLZ. GENERALE  $\mathcal{L}(y) = b(x)$  (su  $I$ ) È:  $y(x) = y_*(x) + c_1 w_1(x) + \dots + c_k w_k(x)$

DOVE  $y_*$  È UNA SLZ. PARTICOLARE DI  $\mathcal{L}(y) = b(x)$  E DOVE  $w_1, \dots, w_k$  SONO  $k$  SOLUZIONI LINEARMENTE INDIP. DI  $\mathcal{L}(y) = 0$

ES:  $\underbrace{y'' + y' + 2y}_{\mathcal{L}(y)} = \underbrace{x^2 + x - 3}_{b(x)}$  E  $y(x) = y_*(x) + \underbrace{c_1 w_1(x) + c_2 w_2(x)}_{\text{SOLUZ. LINEARMENTE INDIPENDENTI DI } y'' + y' + 2y = 0}$   $c_1, c_2 \in \mathbb{R}$

## DIM TEOREMA 1

$$\mathcal{L}(y_* + c_1 w_1 + \dots + c_k w_k) = \mathcal{L}(y_*) + c_1 \mathcal{L}(w_1) + \dots + c_k \mathcal{L}(w_k) = \mathcal{L}(y_*) = b(x)$$

PRENDO UNA SOLUZIONE DI  $\mathcal{L}(y) = b(x)$  ARBITRARIA:  $y = y(x)$

$$\mathcal{L}(y - y_*) = \mathcal{L}(y) - \mathcal{L}(y_*) = b(x) - b(x) = 0 \quad \forall x \quad \text{cioè} \quad \mathcal{L}(y - y_*) = 0 \iff y - y_* \in S \xrightarrow{\text{tes. 6}} y - y_* = c_1 w_1 + \dots + c_k w_k$$

DOVE  $w_i$  LIN. INDIPENDENTI CIOÈ:  
 $y = y_* + c_1 w_1 + \dots + c_k w_k$

h BRACCIOLO:  $\sim 16 \text{ cm}$   
w " " :  $\sim 11,5 \text{ cm}$