

# Introduzione Analisi II

Guglielmo Bartelloni

27 settembre 2022

## Indice

<b>Equazioni differenziali</b>	<b>2</b>
Equazioni differenziali ordinarie . . . . .	2
I ordine (n=1) . . . . .	3

# Equazioni differenziali

Le equazioni differenziali sono equazioni in cui l'ignita è un'equazione insieme a qualche sua derivata.

## Equazioni differenziali ordinarie

Noi vedremo quelle del primo ordine lineari e di secondo ordine con coefficienti costanti  
Problema di Cauchy: problema con condizioni iniziali.

### Definizione 1

Una equazione di ordine  $n$  è una equazione del tipo:

$$F(x, y(x), y'(x), \dots, y^{(n-1)}(x), y^{(n)}(x)) = 0$$

$$x \in I \subseteq \mathbb{R}$$

dove l'incognita è la qualunque  $y(x)$ .  $F$  è funzione di  $(n+2)$  variabili  $x, y(x), y'(x), \dots$

L'**ordine** è dato dal massimo ordine di derivazione che compare.

Per esempio:

$$y''' + 2y'' + 5y = e^x$$

è di ordine 3

### Definizione 2 Soluzione (curva) integrale

La soluzione di una EDO di ordine  $n$  sull'intervallo  $I$

$$(*) F(x, y(x), y'(x), \dots) = 0$$

$$x \in I \subseteq \mathbb{R}$$

$\varphi(x)$  che sia definita (almeno) in  $I$  e ivi derivabile fino all'ordine  $n$  per cui valga  $(*)$ , ovvero:

$$F(x, \varphi(x), \varphi'(x), \dots) = 0$$

$$\forall x \in I$$

Chiaramente cambia a seconda dell'intervallo

### Definizione 3 Integrale Generale

Si chiama integrale **generale** di  $(*)$  in  $I$  l'insieme di tutte le soluzioni di  $(*)$  in  $I$

E' possibile definire un'espressione piu' esplicita

#### Definizione 4 Forma normale

Un edo di ordine n si dice in forma normale se è in forma

$$y^{(n)} = f(x, y(x), y'(x), \dots, y^{(n-1)}), x \in I$$

Esempio:

$$y''' = -5y' + \sin x$$

Quella sopra è un EDO di III ordine normale.

#### Definizione 5 EDO di ordine n lineare

Una EDO di ordine n si dice lineare se è nella forma

$$a_n(x)y^{(n)}(x) + a_{n-1}(x)y^{(n-1)} + \dots + a_2(x)y''(x) + a_1(x)y'(x) + a_0y(x) = f(x), x \in I$$

Dove le funzioni

$$a_0(x), a_1(x), a_2(x), \dots, a_n(x), f(x)$$

sono assegnate (continue) in I

Esempio:

$$xy'' + 5y = \sin x$$

Quando  $f(x) = 0$  allora l'equazione si dice l'**omogenea associata**

Nel nostro caso le equazioni di secondo ordine lineari saranno a **coefficienti costanti**

Vediamo come si risolve il problema della determinazione delle soluzioni di EDO lineari

#### I ordine (n=1)

$$F(x, y(x), y'(x)) = 0$$

La considero in forma normale:

$$(1) y'(x) + a(x)y(x) = f(x), x \in [a, b]$$

dove le funzioni  $a(x)$  e  $f(x)$  sono continue in  $[a, b]$

Se  $f(x) = 0$  si ottiene omogenea associata:

$$(2) y'(x) + a(x)y(x) = 0$$

Come si determina l'integrale generale di (1)?

Il teorema che enunciamo vale per tutte le EDO lineari di ordine n

**Teorema 1**

L'integrale generale di (1) in  $[a, b]$  è dato dalla somma dell'integrale generale dell'omogenea associata (2) con un integrale particolare noto di (1)

$$\int gen(1) = \int gen(2) + \int particolare(1)$$

*Dimostrazione.* Sia  $y(x)$  una soluzione qualsiasi di (1) ( $y(x)$  appartiene all'integrale generale di (1)) e sia  $\bar{y}(x)$  una soluzione particolare (nota) di (1). Voglio far vedere è che la loro differenza è una soluzione qualsiasi di (2)

Dunque per ipotesi n ha che:

$$y'(x) + a(x)y(x) = f(x), \forall x \in [a, b]$$

$$\bar{y}'(x) + a(x)\bar{y}(x) = f(x)$$

Entrambe soddisfano la (1)

Sottraggo membro a membro le due:

$$y'(x) - \bar{y}'(x) + a(x)y(x) - a(x)\bar{y}(x) = f(x) - f(x)$$

$$y'(x) - \bar{y}'(x) + a(x)[y(x) - \bar{y}(x)] = 0$$

Si può scrivere anche (le derivate raccolte):

$$[y(x) - \bar{y}(x)]' + a(x)[y(x) - \bar{y}(x)] = 0$$

E dunque la funzione  $y(x) - \bar{y}(x) = z(x)$  è soluzione di (2) Quindi:

$$y(x) = \bar{y}(x) + z(x)$$

Viceversa se  $z(x)$  è una qualsiasi soluzione di (2) e  $\bar{y}(x)$  è una soluzione particolare di (1) voglio mostrare che la loro somma è soluzione di (1)

Pongo:

$$y(x) = z(x) + \bar{y}(x)$$

Devo mostrare che  $y(x)$  verifica (1)

sapendo che:

$$z'(x) + a(x)z(x) = 0$$

$$\bar{y}'(x) + a(x)\bar{y}(x) = f(x)$$

$$y'(x) = (z(x) + \bar{y}(x))' = z'(x) + \bar{y}'(x) = -a(x)z(x) - a(x)\bar{y}(x) + f(x) = -a(x)[z(x) + \bar{y}(x)] + f(x)$$

E quindi ho dimostrato che:

$$y'(x) = -a(x)y(x) + f(x)$$

$$y'(x) + a(x)y(x) = f(x)$$

$$y(x) = z(x) + \bar{y}(x)$$

□