

23 febbraio 2000

1. (a) Sia $f \in C^1(\mathbb{R})$ e sia $x \in C^1(\mathbb{R})$ tale che per ogni $t \in \mathbb{R}$ si ha

$$x'(t) = f(x(t)).$$

Provare che

i. $\exists t \in \mathbb{R}: f(x(t)) = 0 \Rightarrow \forall t \in \mathbb{R}: f(x(t)) = 0.$

ii. $\lim_{t \rightarrow +\infty} x(t) = l \Rightarrow f(l) = 0.$

- (b) Sia $x \in C^1(\mathbb{R})$. Provare che se vale (per un certo $c > 0$ e $t_0 \in \mathbb{R}$)

$$x'(t) \geq cx(t) \quad \forall t \geq t_0$$

allora si ha $x(t) \geq x(t_0)e^{ct}$ per ogni $t \geq t_0$. (*Suggerimento:* studiare la funzione $x(t)e^{-ct}$).

- (c) Sia $x \in C^1([t_0, t_1])$. Provare che se vale (per un certo $c > 0$)

$$\begin{aligned} x(t) &> 0 & \forall t \in [t_0, t_1[\\ x'(t) &\geq cx^2(t) & \forall t \in [t_0, t_1[\end{aligned}$$

allora si ha

$$x(t) \geq \frac{1}{c(t_0 - t) + \frac{1}{x(t_0)}}$$

per ogni $t \in [t_0, t_1[$ e in particolare se ne deduce che $t_1 \leq t_0 + \frac{1}{cx(t_0)}$. (*Suggerimento:* studiare la funzione $\frac{1}{x(t)} + ct$).

- (d) Si studi il comportamento qualitativo delle soluzioni del problema di Cauchy:

$$\begin{cases} x'(t) = (x(t) - 1)^2(x(t) + 1)x(t) \\ x(0) = x_0 \end{cases}$$

al variare di $x_0 \in \mathbb{R}$.

2. (a) Si considerino le funzioni $f, g: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$ date da

$$\begin{aligned} f(x, y) &= \frac{1}{6} \sin x + \frac{1}{4} \cos y, \\ g(x, y) &= \frac{3}{4} \sin x + \frac{1}{2} \cos y. \end{aligned}$$

Provare che per ogni $x, x', y, y' \in \mathbb{R}$ si ha

$$|f(x, y) - f(x', y')| + |g(x, y) - g(x', y')| \leq \frac{11}{12}|x - x'| + \frac{3}{4}|y - y'|.$$

- (b) Si consideri la funzione $d: \mathbb{R}^2 \times \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$ data da

$$d((x, y), (x', y')) = |x - x'| + |y - y'|.$$

Provare che d è una distanza su \mathbb{R}^2 .

- (c) Si provi che il seguente sistema:

$$\begin{cases} x = \frac{1}{6} \sin x + \frac{1}{4} \cos y \\ y = \frac{3}{4} \sin x + \frac{1}{2} \cos y \end{cases}$$

ammette una unica soluzione.