

# Esercizi per Fondamenti matematici per l'informatica

Matteo Franzil

17 giugno 2018

## Indice

1	Esercizi sul Principio d'Induzione . . . . .	2
2	Esercizi sul Teorema cinese del resto . . . . .	3
3	Esercizi sulla crittografia RSA . . . . .	6
4	Esercizi sugli isomorfismi . . . . .	6
5	Esercizi sugli score di un grafo . . . . .	6

# 1 Esercizi sul Principio d'Induzione

**Esercizio 1.1.** Si dimostri per induzione su  $n \in \mathbb{N}$  che,  $\forall n \geq 0$ , vale:

$$\sum_{i=0}^n 3^i = \frac{3^{n+1} - 1}{2} \quad (1)$$

$$\sum_{i=0}^n i! \cdot i = (n+1)! - 1 \quad (2)$$

$$\sum_{i=0}^n \frac{2}{(3i+1)(3i+4)} = \frac{2n+2}{3n+4} \quad (3)$$

$$\sum_{i=0}^n i^2 = \frac{n(n+1)(2n+1)}{6} \quad (4)$$

$$\sum_{i=0}^n (2i+1)^2 = \frac{(n+1)(2n+1)(2n+3)}{3} \quad (5)$$

**Esercizio 1.2.** Si dimostri per induzione su  $n \in \mathbb{N}$  che,  $\forall n \geq 1$ , vale:

$$\sum_{i=1}^n \frac{i}{2^i} = 2 - \frac{n+2}{2^n} \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{3}{(2i+1)(2i+3)} = \frac{n}{2n+3} \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{4i}{3^i} = 3 - \frac{2n+3}{3^n} \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^n 3 \cdot 4^i = 4^{n+1} - 4 \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n 9i \cdot 4^i = 4 + 4^{n+1}(3n-1) \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^n 6i^2 = n(n+1)(2n+1) \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{i(i+1)} = \frac{n}{n+1} \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{i}{2^i} = 2 - \frac{n+2}{2^n} \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{2}{i! \cdot (i+2)} = 1 - \frac{2}{(n+2)!} \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^n 5^i = \frac{5^{n+1} - 5}{4} \quad (15)$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{(3i-2)(3i+1)} = \frac{n}{3n+1} \quad (16)$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{(2i-1)(2i+1)} = \frac{n}{2n+1} \quad (17)$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{4i^2 + 2i - 1}{(2i+1)!} = 1 - \frac{1}{(2n+1)!} \quad (18)$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{(3i-1)(3i+2)} = \frac{n}{6n+4} \quad (19)$$

**Esercizio 1.3.** Si dimostri per induzione su  $n \in \mathbb{N}$  che,  $\forall n \geq 2$ , vale:

$$\sum_{i=2}^n (i-1) \cdot i = \frac{n \cdot (n^2 - 1)}{3} \quad (20)$$

$$n^3 - n^2 - n + 1 \geq 0 \quad (21)$$

**Esercizio 1.4.** Si dimostri per induzione su  $n \in \mathbb{N}$  che,  $\forall n \geq 5$ , vale:

$$2^n > n^2 - \frac{1}{2} \quad (22)$$

**Esercizio 1.5.** Siano  $F_i$  i numeri di Fibonacci. Si dimostri per induzione su  $n \in \mathbb{N}$  che,  $\forall n \geq 1$ , vale:

$$\sum_{i=1}^n F_i = F_{n+2} - 1 \quad (23)$$

## 2 Esercizi sul Teorema cinese del resto

**Esercizio 2.1.** Determinare tutte le soluzioni (se esistono) dei seguenti sistemi di congruenze, indicando la minima soluzione positiva.

$$\begin{cases} x \equiv 2 \pmod{113} \\ x \equiv 87 \pmod{84} \end{cases} \quad (24)$$

$$\begin{cases} x \equiv 28 \pmod{45} \\ x \equiv 46 \pmod{18} \end{cases} \quad (25)$$

$$\begin{cases} x \equiv 37 \pmod{168} \\ x \equiv 51 \pmod{770} \end{cases} \quad (26)$$

$$\begin{cases} x \equiv 30 \pmod{1015} \\ x \equiv 75 \pmod{195} \end{cases} \quad (27)$$

$$\begin{cases} x \equiv 71 \pmod{148} \\ x \equiv 67 \pmod{180} \end{cases} \quad (28)$$

$$\begin{cases} x \equiv 37 \pmod{280} \\ x \equiv 47 \pmod{165} \end{cases} \quad (29)$$

$$\begin{cases} x \equiv 42 \pmod{426} \\ x \equiv 72 \pmod{78} \end{cases} \quad (30)$$

$$\begin{cases} x \equiv 112 \pmod{72} \\ x \equiv 4 \pmod{330} \end{cases} \quad (31)$$

$$\begin{cases} x \equiv 20 \pmod{156} \\ x \equiv 8 \pmod{108} \end{cases} \quad (32)$$

$$\begin{cases} x \equiv 165 \pmod{164} \\ x \equiv 79 \pmod{75} \end{cases} \quad (33)$$

$$\begin{cases} x \equiv 4 \pmod{168} \\ x \equiv 25 \pmod{119} \end{cases} \quad (34)$$

$$\begin{cases} x \equiv 27 \pmod{218} \\ x \equiv 31 \pmod{102} \end{cases} \quad (35)$$

$$\begin{cases} x \equiv -44 \pmod{48} \\ x \equiv 72 \pmod{28} \end{cases} \quad (36)$$

$$\begin{cases} x \equiv 45 \pmod{95} \\ x \equiv 80 \pmod{135} \end{cases} \quad (37)$$

$$\begin{cases} x \equiv 48 \pmod{108} \\ x \equiv -12 \pmod{42} \end{cases} \quad (38)$$

$$\begin{cases} x \equiv 8 \pmod{90} \\ x \equiv -1 \pmod{33} \end{cases} \quad (39)$$

**Esercizio 2.2.** Determinare tutte le soluzioni (se esistono) dei seguenti sistemi di congruenze, indicando la minima soluzione positiva. Si determini, inoltre, motivando la risposta, se esiste una soluzione

$$\begin{cases} x \equiv 112 \pmod{72} \\ x \equiv 4 \pmod{330} \end{cases} \quad \text{divisibile per 51.} \quad (40)$$

$$\begin{cases} x \equiv 28 \pmod{45} \\ x \equiv 46 \pmod{18} \end{cases} \quad \text{divisibile per 16.} \quad (41)$$

$$\begin{cases} x \equiv 20 \pmod{117} \\ x \equiv 11 \pmod{81} \end{cases} \quad \text{divisibile per 15.} \quad (42)$$

$$\begin{cases} x \equiv -7 \pmod{21} \\ x \equiv 41 \pmod{81} \end{cases} \quad \text{divisibile per 14.} \quad (43)$$

$$\begin{cases} x \equiv 9 \pmod{603} \\ x \equiv 27 \pmod{144} \end{cases} \quad \text{divisibile per 5.} \quad (44)$$

$$\begin{cases} x \equiv -63 \pmod{267} \\ x \equiv 75 \pmod{186} \end{cases} \quad \text{divisibile per 5.} \quad (45)$$

$$\begin{cases} x \equiv 52 \pmod{126} \\ x \equiv -11 \pmod{91} \end{cases} \quad \text{divisibile per 101.} \quad (46)$$

$$\begin{cases} x \equiv -4 \pmod{402} \\ x \equiv -37 \pmod{279} \end{cases} \quad \text{divisibile per 9.} \quad (47)$$

$$\begin{cases} x \equiv 9 \pmod{162} \\ x \equiv -9 \pmod{114} \end{cases} \quad \text{divisibile per 17.} \quad (48)$$

$$\begin{cases} x \equiv -2 \pmod{96} \\ x \equiv 20 \pmod{170} \end{cases} \quad \text{divisibile per 4.} \quad (49)$$

$$\begin{cases} x \equiv -39 \pmod{42} \\ x \equiv -7 \pmod{26} \end{cases} \quad \text{divisibile per 5.} \quad (50)$$

$$\begin{cases} x \equiv 36 \pmod{99} \\ x \equiv -36 \pmod{171} \end{cases} \quad \text{divisibile per 50.} \quad (51)$$

**Esercizio 2.3.** Determinare tutte le soluzioni (se esistono) dei seguenti sistemi di congruenze, indicando la minima soluzione positiva. Si determini, inoltre, motivando la risposta, se esiste una soluzione

$$\begin{cases} x \equiv 122 \pmod{210} \\ x \equiv 66 \pmod{77} \end{cases} \quad \text{la cui cifra delle decine è pari a 7} \quad (52)$$

$$\begin{cases} x \equiv 1 \pmod{111} \\ x \equiv 55 \pmod{63} \end{cases} \quad \text{la cui cifra delle decine è pari a 8} \quad (53)$$

$$\begin{cases} x \equiv 20 \pmod{84} \\ x \equiv -32 \pmod{136} \end{cases} \quad \text{la cui cifra delle unità è pari a 5} \quad (54)$$

$$\begin{cases} x \equiv 89 \pmod{125} \\ x \equiv -3 \pmod{78} \end{cases} \quad \text{la cui somma delle cifre è pari a 11} \quad (55)$$

**Esercizio 2.4.** Determinare tutte le soluzioni (se esistono) dei seguenti sistemi di congruenze, indicando la minima soluzione positiva. Si determini, inoltre, motivando la risposta, se tutte le soluzioni di tale sistema sono divisibili per 17.

$$\begin{cases} x \equiv 85 \pmod{102} \\ x \equiv 133 \pmod{264} \end{cases} \quad (56)$$

### 3 Esercizi sulla crittografia RSA

**Esercizio 3.1.** Determinare le soluzioni delle seguenti congruenze. Individuare tra tali soluzioni il minimo numero intero positivo.

$$x^7 \equiv 9 \pmod{82} \quad (57) \qquad x^{35} \equiv 5 \pmod{144} \quad (58)$$

$$x^{31} \equiv 47 \pmod{122} \quad (59) \qquad x^{17} \equiv 19 \pmod{120} \quad (60)$$

$$x^{17} \equiv 2 \pmod{51} \quad (61) \qquad x^5 \equiv 49 \pmod{171} \quad (62)$$

$$x^{53} \equiv 17 \pmod{117} \quad (63) \qquad x^{11} \equiv 25 \pmod{62} \quad (64)$$

$$x^{23} \equiv 3 \pmod{31} \quad (65) \qquad x^{33} \equiv 2 \pmod{55} \quad (66)$$

$$x^{11} \equiv 35 \pmod{38} \quad (67) \qquad x^7 \equiv 8 \pmod{77} \quad (68)$$

$$x^9 \equiv 12 \pmod{355} \quad (69) \qquad x^{23} \equiv 9 \pmod{31} \quad (70)$$

$$x^{13} \equiv 8 \pmod{143} \quad (71)$$

### 4 Esercizi sugli isomorfismi

### 5 Esercizi sugli score di un grafo

**Esercizio 5.1.** Si dica, motivando la risposta, se il dato vettore è lo score di un grafo e, in caso lo sia, si costruisca un tale grafo il teorema dello score. Si dica inoltre, se esiste, un tale grafo che soddisfi i requisiti richiesti.

$$d = (1, 1, 1, 1, 2, 3, 3, 3, 5) \quad (72)$$

(a) sia sconnesso (b) sia 2-connesso (c) sia connesso

$$d = (1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 3, 3, 6) \quad (73)$$

(a) sia sconnesso (b) abbia esattamente tre componenti connesse (c) sia un albero

$$d = (1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 3, 4, 5) \quad (74)$$

(a) sia connesso (b) sia un albero (c) con dei cicli

$$d = (0, 1, 1, 1, 1, 1, 3, 3, 4, 5) \quad (75)$$

(a) sia aciclico (b) sia sconnesso (c) abbia esattamente due componenti connesse

$$d = (1, 1, 1, 2, 4, 4, 4, 5, 5, 7) \quad (76)$$

(a) sia connesso (b) sia un albero (c) sia aciclico

**Esercizio 5.2.** Si dica, motivando la risposta, quale dei seguenti vettori è lo score di un grafo e, in caso lo sia, si costruisca un tale grafo il teorema dello score. Si dica inoltre, se esiste, un tale grafo che soddisfi i requisiti richiesti.

$$d_1 = (1, 1, 3, 3, 3, 5, 7, 7), \quad d_2 = (1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 4, 4) \quad (77)$$

(a) sia un albero (b) sia 2 connesso (c) sia aciclico

$$d_1 = (2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 4, 4, 10, 11), \quad d_2 = (1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 8, 8) \quad (78)$$

(a) sia un albero (b) sia sconnesso (c) sia connesso

$$d_1 = (1, 1, 2, 3, 3, 3, 3, 4, 4, 4, 10, 10), \quad d_2 = (0, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 6, 8) \quad (79)$$

(a) sia un albero (b) sia sconnesso (c) sia connesso

$$d_1 = (0, 1, 2, 3, 3, 3, 5, 8, 8, 9), \quad d_2 = (1, 3, 3, 3, 4, 4, 4, 5, 5) \quad (80)$$

(a) sia un albero (b) sia sconnesso (c) sia connesso

$$d_1 = (2, 2, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 4, 4, 11, 11), \quad d_2 = (1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 4, 4, 6) \quad (81)$$

(a) sia un albero (b) sia sconnesso (c) sia 2-connesso

$$d_1 = (l, 2, 2, 2, 2, 3, 5, 7, 9, 9), \quad d_2 = (2, 2, 2, 3, 3, 4, 4, 5, 9, 9, 9) \quad (82)$$

(a) sia un albero (b) sia sconnesso (c) sia 2-connesso

$$d_1 = (3, 3, 3, 4, 4, 5, 6), \quad d_2 = (1, 1, 1, 1, 4, 4) \quad (83)$$

(a) sia sconnesso (b) sia 2-connesso (c) sia aciclico

$$d_1 = (2, 2, 2, 3, 3, 3, 4, 4, 6, 7), \quad d_2 = (0, 0, 1, 1, 3, 3, 3, 4, 4, 6, 9) \quad (84)$$

(a) sia sconnesso (b) sia Hamiltoniano (c) sia un albero

$$d_1 = (1, 1, 1, 1, 1, 2, 2, 2, 3, 3, 4, 5, 6), \quad d_2 = (1, 1, 1, 1, 3, 3, 3, 4, 8, 9) \quad (85)$$

(a) sia connesso (b) abbia tre componenti connesse (c) sia un albero

$$d_1 = (2, 2, 2, 2, 2, 3, 5, 8, 8), \quad d_2 = (1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 4, 5) \quad (86)$$

(a) sia connesso (b) sia 2-connesso (c) sia un albero

$$d_1 = (3, 4, 5, 8, 8, 9, 9, 10, 11, 11, 11, 11), \quad d_2 = (1, 1, 1, 1, 5, 5, 5, 5, 5, 5) \quad (87)$$

(a) sia connesso (b) sia un albero (c) abbia tre componenti connesse

$$d_1 = (1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 3, 3, 4, 5), \quad d_2 = (1, 1, 1, 2, 2, 3, 4, 4, 4, 5, 6, 6, 6) \quad (88)$$

(a) sia Hamiltoniano (b) sia sconnesso (c) sia un albero

$$d_1 = (0, 0, 0, 3, 3, 4, 5, 7, 8, 8, 10, 10, 10, 10), \quad d_2 = (1, 1, 1, 1, 1, 2, 2, 3, 4, 4, 5, 5, 5, 7) \quad (89)$$

(a) abbia due componenti connesse (b) sia 2-connesso (c) sia un albero

$$d_1 = (3, 3, 3, 3, 5, 6, 9, 10, 10, 10, 10), \quad d_2 = (1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 4, 4, 4) \quad (90)$$

(a) sia sconnesso (b) sia 2-connesso (c) sia un albero

$$d_1 = (2, 2, 2, 3, 3, 4, 4, 5, 5, 6, 8), \quad d_2 = (1, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 3, 5, 5, 7, 8, 14, 14) \quad (91)$$

(a) sia un albero (b) sia Hamiltoniano (c) sia sconnesso

$$d_1 = (1, 2, 2, 2, 2, 3, 5, 6, 8), \quad d_2 = (1, 1, 1, 2, 2, 2, 3, 3, 4, 5) \quad (92)$$

(a) sia connesso (b) sia sconnesso (c) sia un albero

$$d_1 = (2, 3, 4, 4, 5, 5, 5, 6, 7, 7), \quad d_2 = (1, 2, 3, 3, 3, 3, 4, 8, 8, 9) \quad (93)$$

(a) sia Hamiltoniano (b) sia sconnesso (c) sia un albero

$$d_1 = (1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 3, 4), \quad d_2 = (1, 1, 1, 2, 2, 2, 3, 3, 5, 6, 6, 7, 8, 8) \quad (94)$$

(a) sia Hamiltoniano (b) sia aciclico (c) sia connesso

$$d_1 = (1, 2, 2, 2, 3, 4, 4, 4, 9, 9), \quad d_2 = (1, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 4, 5, 6) \quad (95)$$



(a) sia un albero (b) sia sconnesso (c) sia connesso

$$d_1 = (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11), \quad d_2 = (1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 2, 4, 5, 5) \quad (96)$$

(a) abbia tre componenti connesse (b) sia 2-connesso (c) sia un albero

$$d_1 = (1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 4, 6, 8, 8, 8, 9, 10, 12, 13, 13), \quad d_2 = (1, 1, 2, 2, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 4) \quad (97)$$

(a) sia Hamiltoniano (b) sia un albero (c) sia sconnesso

$$d_1 = (1, 1, 1, 2, 3, 3, 3, 4, 4, 5, 6, 6, 6, 7, 7), \quad d_2 = (2, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 4, 4, 4, 7) \quad (98)$$

(a) sia Hamiltoniano (b) abbia due componenti connesse (c) sia un albero

$$d_1 = (3, 3, 3, 3, 5, 5, 5, 5), \quad d_2 = (1, 1, 1, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 4, 4, 5) \quad (99)$$

(a) sia Hamiltoniano (b) sia sconnesso (c) sia un albero

$$d_1 = (1, 2, 2, 2, 3, 3, 4, 5, 9, 9), \quad d_2 = (1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 3, 4, 5) \quad (100)$$

(a) sia 2-connesso (b) sia sconnesso (c) sia un albero

$$d_1 = (2, 2, 2, 3, 3, 3, 3, 4, 8, 8), \quad d_2 = (1, 1, 1, 1, 2, 2, 6, 6) \quad (101)$$

(a) sia un albero (b) sia sconnesso (c) sia Hamiltoniano

$$d_1 = (1, 1, 1, 2, 4, 4, 4, 5, 5, 7), \quad d_2 = (0, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 6, 8) \quad (102)$$

(a) sia connesso (b) sia sconnesso (c) sia Hamiltoniano

$$d_1 = (1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 3, 3, 3, 3, 4), \quad d_2 = (2, 2, 3, 3, 4, 5, 6, 6, 6, 7, 7) \quad (103)$$

(a) sia un albero (b) sia sconnesso (c) sia Hamiltoniano

$$d_1 = (2, 2, 2, 2, 4, 4, 5, 5, 8), \quad d_2 = (1, 2, 3, 3, 3, 4, 5, 5, 5, 10, 10, 10) \quad (104)$$

(a) sia un albero (b) sia sconnesso (c) sia Hamiltoniano

$$d_1 = (2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 4, 4, 10, 11), \quad d_2 = (1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 8, 8) \quad (105)$$

(a) sia un albero (b) sia sconnesso (c) sia 2-connesso

$$d_1 = (1, 1, 1, 1, 1, 2, 2, 3, 8, 8, 8), \quad d_2 = (1, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 3, 4, 4, 5) \quad (106)$$

(a) abbia un 4-ciclo come una delle sue componenti connesse

(b) sia 2-connesso (c) sia un albero

$$d_1 = (3, 3, 4, 4, 4, 6, 9, 9, 9, 9), \quad d_2 = (1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 4, 4) \quad (107)$$

(a) sia 2-connesso (b) sia un albero

(c) abbia un 3-ciclo come una delle sue componenti connesse

$$d_1 = (2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 3, 4, 5), \quad d_2 = (0, 0, 0, 1, 1, 1, 3, 3, 4, 5, 6, 6, 10) \quad (108)$$

(a) sia Hamiltoniano (b) sia un albero

(c) abbia un 4-ciclo come una delle sue componenti connesse

$$d_1 = (1, 1, 1, 1, 2, 2, 2, 3, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 9, 9, 9, 11) \quad (109)$$

$$d_2 = (1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 4, 6)$$

(a) una foresta (b) sia connesso (c) contenga un 3-ciclo

$$d_1 = (1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 4, 4, 6) \quad (110)$$

$$d_2 = (1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 4, 4, 6)$$

(a) sia Hamiltoniano (b) abbia esattamente tre componenti connesse (c) sia un albero

$$d_1 = (1, 1, 1, 1, 1, 2, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 4, 4, 4, 4) \quad (111)$$

$$d_2 = (1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 4, 4, 4)$$

(a) sia Hamiltoniano (b) sia un albero (c) abbia quattro componenti connesse