

# ELEMENTI DI INFORMATICA TEORICA

## Introduzione al corso

Giovanni Amendola

Corso di laurea triennale in Informatica  
Università della Calabria

28 febbraio 2022

Anno Accademico 2021/2022

## Email

`amendola@mat.unical.it`

## Orario di ricevimento

su appuntamento

## Ufficio

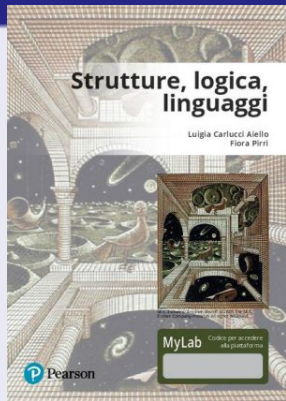
Cubo 31B, 4° piano.

## Pagina personale

`https://www.mat.unical.it/~amendola/`

## Principale testo di riferimento

Luigia **Carlucci Aiello**, Fiora **Pirri**,  
*Strutture, logica, linguaggi*,  
Pearson Italia, 2018.



## Sito del corso

<https://sites.google.com/unical.it/elementidiinformaticateorica/home-page>

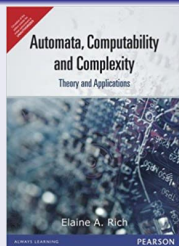
## Altro testo di riferimento

J. E. Hopcroft, R. Motwani, J. D. Ullman,  
*Automi, linguaggi, calcolabilità*,  
Pearson Italia, 2018.



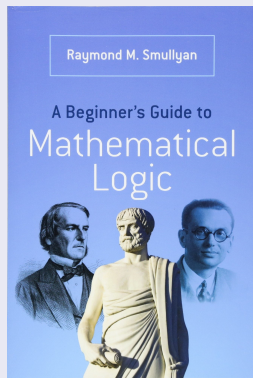
## Altro testo di riferimento

E. A. Rich,  
*Automata, Computability and Complexity. Theory and Applications*,  
Pearson, 2008.



## Libro introduttivo alla Logica Matematica

Raymond M. Smullyan, *A Beginner's Guide to Mathematical Logic*,  
Dover Publications 2014.



- Il Semestre: dal 28 febbraio al 28 maggio 2022
- 4 CFU Teoria (32 ore) + 2 CFU Esercitazioni (24 ore)  
= 6 CFU (56 ore)

# Cronologia delle lezioni

- Il Semestre: dal 28 febbraio al 28 maggio 2022
- 4 CFU Teoria (32 ore) + 2 CFU Esercitazioni (24 ore)  
= 6 CFU (56 ore)
- Calendario delle lezioni:

Febbraio 2022						
Lu	Ma	Me	Gi	Ve	Sa	Do
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28						

Marzo 2022						
Lu	Ma	Me	Gi	Ve	Sa	Do
	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31			

Aprile 2022						
Lu	Ma	Me	Gi	Ve	Sa	Do
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

Maggio 2022						
Lu	Ma	Me	Gi	Ve	Sa	Do
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

- Prova scritta: 3 esercizi; tempo: 1,5 o 2 ore.
  1. Logica Proposizionale
  2. Linguaggi regolari e Automi a Stati Finiti
  3. Linguaggi liberi dal contesto e Automi a Pila
- Prova orale facoltativa.

- L'**informatica teorica** (o **Theoretical Computer Science**) è comunemente ritenuta una branca dell'**informatica** e della **matematica**.

- L'**informatica teorica** (o **Theoretical Computer Science**) è comunemente ritenuta una branca dell'**informatica** e della **matematica**.
- L'*informatica teorica* è «un complesso di discipline scientifiche aventi per oggetto lo studio **formale** degli strumenti, dei metodi e dei processi per la rappresentazione dell'informazione e per la sua elaborazione» (G. Ausiello, "Informatica teorica", in *Enciclopedia della Scienza e della Tecnica*, 2007)

- L'**informatica teorica** (o **Theoretical Computer Science**) è comunemente ritenuta una branca dell'**informatica** e della **matematica**.
- L'*informatica teorica* è «un complesso di discipline scientifiche aventi per oggetto lo studio **formale** degli strumenti, dei metodi e dei processi per la rappresentazione dell'informazione e per la sua elaborazione» (G. Ausiello, "Informatica teorica", in *Enciclopedia della Scienza e della Tecnica*, 2007)
- Dall'organizzazione internazionale SIGACT (ACM Special Interest Group on Algorithms and Computation Theory): *Theoretical Computer Science is «the **formal** analysis of efficient **computation** and computational processes»* (da <https://www.sigact.org/>).

- L'**informatica teorica** (o **Theoretical Computer Science**) è comunemente ritenuta una branca dell'**informatica** e della **matematica**.
- L'*informatica teorica* è «un complesso di discipline scientifiche aventi per oggetto lo studio **formale** degli strumenti, dei metodi e dei processi per la rappresentazione dell'informazione e per la sua elaborazione» (G. Ausiello, "Informatica teorica", in *Enciclopedia della Scienza e della Tecnica*, 2007)
- Dall'organizzazione internazionale SIGACT (ACM Special Interest Group on Algorithms and Computation Theory): *Theoretical Computer Science is «the **formal** analysis of efficient **computation** and computational processes»* (da <https://www.sigact.org/>).
- Dalla rivista scientifica *Theoretical Computer Science*: «*Theoretical Computer Science is mathematical and abstract in spirit, but it derives its motivation from practical and everyday computation. Its aim is to **understand the nature of computation** and, as a consequence of this understanding, provide more efficient methodologies*» (da <https://www.sciencedirect.com/journal/theoretical-computer-science>).

L'informatica teorica come

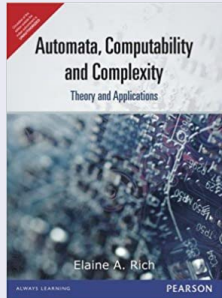
- **Teoria della Computazione**
  - Logica Matematica (Teoria della calcolabilità)
  - Teoria dei Linguaggi formali
  - Teoria degli Automi (Macchine calcolanti)
  - Teoria della Complessità computazionale
- Teoria degli Algoritmi
  - Algoritmi di approssimazione
  - Algoritmi probabilistici o randomizzati
  - Algoritmi dinamici
  - Algoritmi per big data
- Teoria dei Programmi e dei processi di calcolo
  - Semantica formale (operazionale, denotazionale, algebrica)
  - Semantica di processi concorrenti
  - Logiche della programmazione e verifica di correttezza (semantica assiomatica)

L'informatica teorica come **Teoria della Computazione**

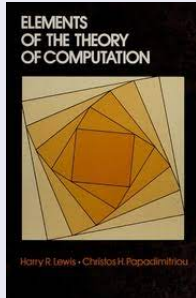
- Logica Matematica (Teoria della calcolabilità)
- Teoria dei Linguaggi formali
- Teoria degli Automi (Macchine calcolanti)
- Teoria della Complessità computazionale

## Testi fondamentali di Teoria della Computazione

### 1. Why Study the Theory of Computation?



### H.R. Lewis - C. Papadimitriou Prentice-Hall, 1981



## I 7 problemi matematici per il millennio:

1. **P contro NP**
2. **Congettura di Hodge**
3. **Congettura di Poincaré** (RISOLTA da Grigori Perelman nel 2002)
4. **Ipotesi di Riemann**
5. **Teoria quantistica di Yang-Mills**
6. **Equazione di Navier-Stokes**
7. **Congettura di Birch e Swinnerton-Dyer**

I 7 problemi matematici per il millennio:

1. **P contro NP**
2. **Congettura di Hodge**
3. **Congettura di Poincaré** (RISOLTA da Grigori Perelman nel 2002)
4. **Ipotesi di Riemann**
5. **Teoria quantistica di Yang-Mills**
6. **Equazione di Navier-Stokes**
7. **Congettura di Birch e Swinnerton-Dyer**

Per ciascuno di questi problemi: premio Clay di **1.000.000 di dollari!**

**P  $\neq$  NP?**

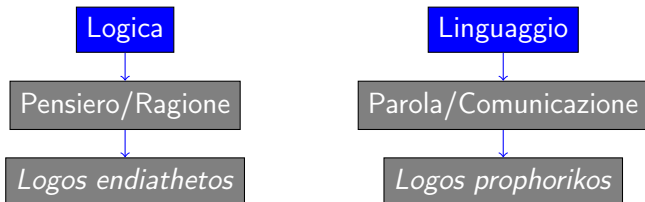
## Sintesi del programma

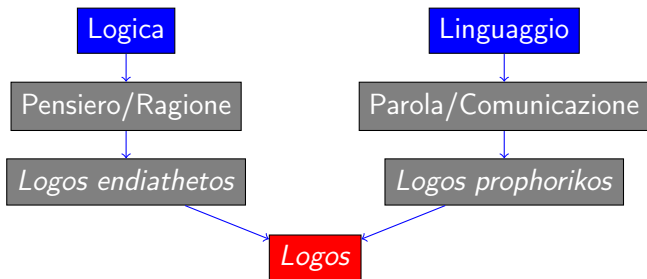
- **Logica matematica**
  - Inferenze logiche: deduzione, induzione ed abduzione
  - Sintassi della logica proposizionale (albero sintattico)
  - Semantica della logica proposizionale (tavole di verità e albero di deduzione)
- **Linguaggi formali e Automi**
  - Grammatiche di Chomsky
  - Linguaggi regolari
  - Automi a stati finiti
  - Linguaggi liberi dal contesto
  - Automi a pila

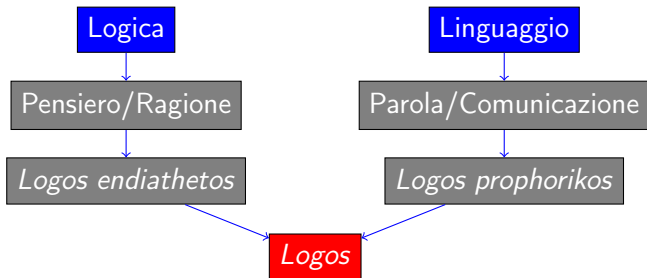
Logica

Linguaggio

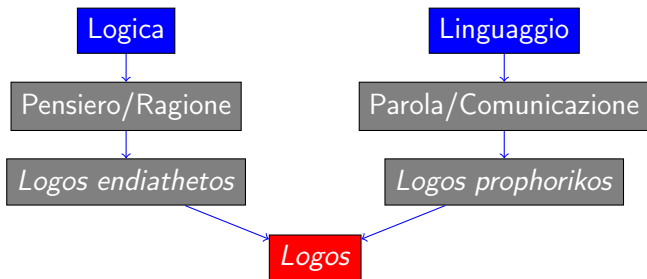




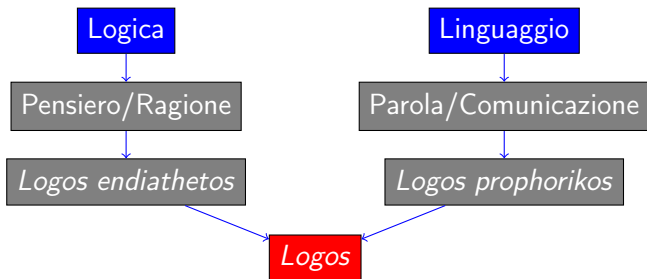




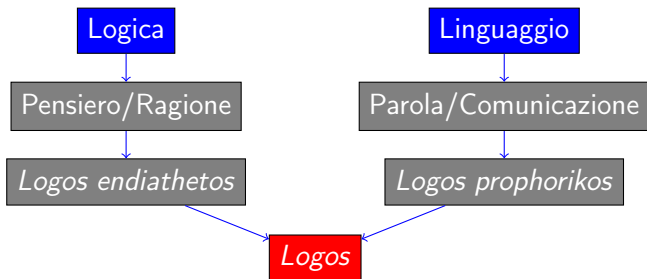
- **Stoici** (III secolo a.C.): *Logos endiathetos* e *Logos prophorikos*



- **Stoici** (III secolo a.C.): *Logos endiathetos* e *Logos prophorikos*
- Il *Logos* stoico non è solo degli esseri umani: *Logos spermatikos* (**ragione seminale**)



- **Stoici** (III secolo a.C.): *Logos endiathetos* e *Logos prophorikos*
- Il *Logos* stoico non è solo degli esseri umani: *Logos spermatikos* (**ragione seminale**)
- Lo stoico **Cleante**: «Reggi la Ragione (*Logos*) universale, che attraverso tutte le cose circola, mista al grande astro e ai piccoli» (*Inno a Zeus*)



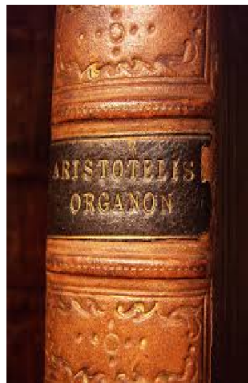
- **Stoici** (III secolo a.C.): *Logos endiathetos* e *Logos prophorikos*
- Il *Logos* stoico non è solo degli esseri umani: *Logos spermatikos* (**ragione seminale**)
- Lo stoico **Cleante**: «Reggi la Ragione (*Logos*) universale, che attraverso tutte le cose circola, mista al grande astro e ai piccoli» (*Inno a Zeus*)
- Lo stoico **Crisippo**: logica delle proposizioni (connettivi logici, regole di inferenza)



Aristotele  
(384-322 a. C.)

## **ORGANON:**

1. *Categorie*
2. *Interpretazione*
3. *Analitici I*
4. *Analitici II*
5. *Topici*
6. *Confutazioni  
sostitutive*



- Studio del concetto (*Categorie*)
- Studio delle asserzioni e dei quantificatori (*Interpretazione*)
- Studio del ragionamento (sillogismi) (*Analitici I e II*)
- Studio del ragionamento probabile (*Topici*)
- Studio delle fallacie logiche (*Confutazioni sostitutive*)



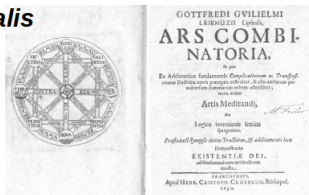
Gottfried Wilhelm von  
Leibniz (1646-1716)

***Characteristica universalis***

↓  
**Linguaggio formale**

↓  
***Calculus ratiocinator:***  
**calcolo logico universale**

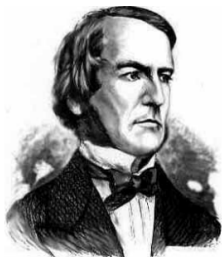
↓  
**“*Calculemus!*”**



***Ars combinatoria* (1666)**



«Per ritornare all'espressione dei pensieri per mezzo di caratteri, sento che le controversie non finirebbero mai e che non si potrebbe mai imporre il silenzio alle sette, se non ci riportassimo dai ragionamenti complicati ai calcoli semplici, dai vocaboli di significato vago ed incerto ai caratteri determinati [...] Una volta fatto ciò, quando sorgeranno controversie, non ci sarà maggior bisogno di discussione tra due filosofi di quanto ce ne sia tra due calcolatori. Sarà sufficiente, infatti, che essi prendano la penna in mano, si siedano a tavolino, e si dicano reciprocamente (chiamato, se loro piace, un amico): *calculemus*»



George Boole (1815-1864)

## ALGEBRA BOOLEANA

**Vero = 1**

**Falso = 0**

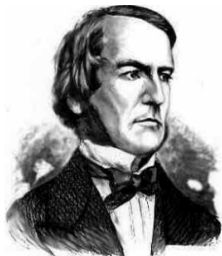
**Negazione = Sottrazione**

**Congiunzione = Prodotto**

**Disgiunzione = Somma**



*Analisi Matematica della Logica (1847)*



George Boole (1815-1864)

## ALGEBRA BOOLEANA

Vero = 1  
Falso = 0

Negazione = Sottrazione  
Congiunzione = Prodotto  
Disgiunzione = Somma



Analisi Matematica della Logica (1847)

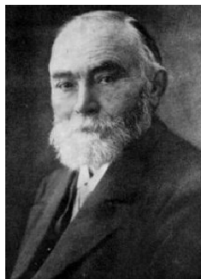
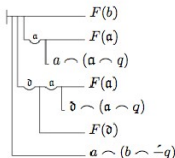


## Ideografia (*Begriffsschrift*, 1879)

## Fondamenti dell'aritmetica (*Die Grundlagen der Arithmetik*, 1884)

## Principi dell'aritmetica (*Grundgesetze der Arithmetik*, 1893, 1903)

MATH  
ESIS  
LOGIC



Gottlob Frege (1848-1925)