



PROPOSTA DI CORSO INTERNO per l'A.A. 2025-2026

TIPOLOGIA DI CORSO: CORSO SPECIALISTICO (destinatari: allievi/e III, IV, V e VI anno)

Ambito: Scienze e Tecnologie (Classe delle Scienze Sperimentali)

| Cognome e nome<br>proponente/coordinatore | SSD e Dipartimento di<br>afferenza                                        | Indirizzo email            | Recapito<br>telefonico |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------|
| Scalisi Marco                             | PHYS-02/A,<br>Dipartimento di Fisica e<br>Astronomia "Ettore<br>Majorana" | marco.scalisi@dfa.unict.it | 3402220852             |
|                                           |                                                                           |                            |                        |

Titolo del Corso in Italiano: **Il Programma Swampland: Principi e Implicazioni della Gravità Quantistica**

Titolo del Corso in Inglese: **The Swampland Program: Principles and Implications of Quantum Gravity**

SETTORE/I SCIENTIFICO-DISCIPLINARE/I DI RIFERIMENTO DEL CORSO: PHYS-02/A

STRUTTURA DEL CORSO

Durata: 36 ore oltre verifica finale apprendimento

Numero di CFU (Crediti Formativi Universitari) del Corso unitario: 6 (6 ore per CFU)

Corso suddiviso in moduli formativi: Sì

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Modulo: 1</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Titolo: <b>Introduction to String Theory and the Swampland Program</b>                                                                                                                                                                                                                             |
| Durata in ore: <b>12</b>                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| SSD: PHYS-02/A                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Testi consigliati: Becker, Becker & Schwarz: String Theory and M-Theory (selected chapters)<br>Polchinski, String Theory, Vol. 1 (introductory chapters on basic string concepts) C. Vafa (2005), The String Landscape and the Swampland Eran Palti (2019), The Swampland: Introduction and Review |
| Calendario di massima: Aprile-Maggio 2026                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Docente: <b>Cribiori Niccolò</b>                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Cittadinanza:                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Istituzione di afferenza: KU Leuven (Belgio)                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Ruolo: Ricercatore Senior                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| E-mail: niccolo.cribiori@kuleuven.be                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Tel. Cellulare: +39 340 762 7384                                                                                                                                                                                                                                                                   |

Link a pagina web istituzionale: <https://www.kuleuven.be/wieiswie/en/person/00175108>

Breve Bio: Niccolò Cribiori è un fisico teorico specializzato in fenomenologia delle stringhe e nei vincoli imposti dalla gravità quantistica. Ha conseguito il dottorato di ricerca presso l'Università di Padova nel 2018, proseguendo poi la sua attività come postdoc presso la Technische Universität di Vienna. Dal 2021 al 2023 è stato Humboldt Research Fellow presso il Max Planck Institute for Physics (MPP) di Garching, dove ha collaborato con Ralph Blumenhagen allo studio e allo sviluppo del Programma Swampland. Dal 2024 è ricercatore postdoc senior FWO presso la KU Leuven, all'interno del gruppo di Fisica Teorica, dove prosegue la sua attività di ricerca nel campo della gravità quantistica e della fenomenologia delle stringhe. I suoi interessi recenti includono la termodinamica dei buchi neri, l'entropia delle specie, la questione dei vuoti de Sitter e la separazione delle scale nelle teorie di gravità quantistica. La sua produzione scientifica si distingue per l'analisi rigorosa delle condizioni di consistenza che devono soddisfare le teorie di campo efficaci derivate da compatificazioni della teoria delle stringhe, contribuendo in modo significativo al dibattito contemporaneo sul Programma Swampland come guida teorica per l'esplorazione della gravità quantistica.

## Modulo: 2

Titolo: **Mathematical Aspects of the Swampland Program**

Durata in ore: **12**

SSD: PHYS-02/A

Testi consigliati: Nathan Benjamin Agmon, Alek Bedroya, Monica Jinwoo Kang & C. Vafa, Lectures on the string landscape and the Swampland (2022) arXiv:2212.06187 S.-J. Lee, W. Lerche & T. Weigand, Emergent Strings from Infinite Distance Limits, JHEP 02 (2022) 190 [arXiv:1910.01135] S. Raman & C. Vafa, Swampland and the Geometry of Marked Moduli Spaces, (2024) McNamara, J. & Vafa, C. (2019), Cobordism Classes and the Swampland, arXiv:1909.10355 [hep-th] Pierre Corvillain, Thomas W. Grimm, Irene Valenzuela The Swampland Distance Conjecture for Kähler moduli, Journal of High Energy Physics (JHEP) 12 (2019) 094, arXiv:1908.00021 [hep-th]

Calendario di massima: Aprile-Maggio 2026

Docente: **Montero Miguel**

Cittadinanza:

Istituzione di appartenenza: Instituto de Física Teórica UAM-CSIC

Ruolo: Ricercatore Senior

E-mail: [miguel.montero@csic.es](mailto:miguel.montero@csic.es)

Tel. Cellulare: 3402220852

Link a pagina web istituzionale: <https://www.ift.uam-csic.es/es/content/miguel-montero>

Breve Bio: Miguel Montero è un fisico teorico specializzato in teoria delle stringhe e gravità quantistica, con particolare attenzione al programma Swampland. Ha conseguito il dottorato in fisica teorica presso l'Università Autonoma di Madrid (UAM) nel 2015. Dopo il dottorato ha svolto postdoc presso importanti istituti internazionali, tra cui l'Università di Utrecht (Paesi Bassi), la KU Leuven (Belgio) e l'Università di Harvard (USA). Successivamente è tornato a Madrid, dove è attualmente ricercatore presso l'Istituto de Física Teórica UAM-CSIC. Montero è stato vincitore di prestigiosi riconoscimenti, tra cui il programma di finanziamento Atracción de Talento e la borsa Ramon y Cajal (RyC), che testimoniano il valore e l'impatto della sua attività scientifica. La sua ricerca si concentra su aspetti fondamentali della gravità quantistica, in particolare sullo studio dello spazio dei moduli, le congetture dello Swampland e le loro implicazioni in fisica teorica. Ha collaborato con numerosi

esperti del settore, contribuendo a lavori influenti nell'ambito della gravità quantistica e della teoria delle stringhe.

### **Modulo: 3**

**Titolo: Applications to Cosmology and Phenomenology**

**Durata in ore: 12**

**SSD: PHYS-02/A**

Testi consigliati: Eran Palti, The Swampland: Introduction and Review, Fortsch. Phys. 67 (2019) 1900037, arXiv:1903.06239 [hep-th] M. van Beest, J. Calderón-Infante, D. Mirfendereski, I. Valenzuela, Lectures on the Swampland Program in String Compactifications, Phys. Rept. 989 (2022) 1–50, arXiv:2102.01111. Mariana Graña, Álvaro Herráez, The Swampland Conjectures: A Bridge from Quantum Gravity to Particle Physics, Universe 7 (2021) 273, <https://doi.org/10.3390/universe7080273> Michele Cicoli, Joseph P. Conlon, Anshuman Maharana, Susha Parameswaran, Fernando Quevedo, Ivonne Zavala, String Cosmology: from the Early Universe to Today, Physics Reports 1059 (2024) 1–155, <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2024.01.002> Daniel Baumann, Cosmology, Cambridge University Press, 2022, ISBN 978-1108838078.

**Calendario di massima: Maggio 2026**

**Docente: Scalisi Marco**

**Cittadinanza:**

**Istituzione di afferenza: Università di Catania**

**Ruolo: Ricercatore RTDB**

**E-mail: marco.scalisi@dfa.unict.it**

**Tel. Cellulare: 3402220852**

**Link a pagina web istituzionale: <https://www.dfa.unict.it/docenti/marco.scalisi>**

**Breve Bio:** Marco Scalisi è un fisico teorico specializzato in gravità quantistica, teoria delle stringhe e cosmologia teorica. Ha conseguito il dottorato in fisica teorica presso l'Università di Groningen, con una parte della sua ricerca svolta alla Stanford University. Ha svolto postdoc al DESY di Amburgo, alla KU Leuven, alla Harvard University e al Max Planck Institute for Physics di Monaco di Baviera. Attualmente lavora presso il Dipartimento di Fisica e Astronomia dell'Università di Catania. La sua ricerca si focalizza sulle congetture dello Swampland, la supergravità e le applicazioni della teoria delle stringhe in cosmologia.

### **Struttura del Corso**

Lingua/e dell'insegnamento: Inglese

Eventuali prerequisiti degli/Ile allievi/e frequentanti: Basics of quantum field theory

Obiettivi formativi: Il corso si propone di fornire agli studenti una visione strutturata delle condizioni generali che una teoria di campo efficace deve soddisfare per essere compatibile con una descrizione coerente della gravità quantistica, nell'ambito del quadro concettuale noto come Swampland Program. In particolare, al termine del corso gli studenti saranno in grado di: - Comprendere i principi fondamentali della teoria delle stringhe rilevanti per lo studio delle teorie di campo accoppiate alla gravità; - Analizzare i vincoli teorici che emergono dallo studio delle compatificazioni della teoria delle stringhe e dalle proprietà geometriche degli spazi dei

moduli; - Discutere criticamente le condizioni di consistenza richieste a una teoria quantistica dei campi per poter essere inclusa in un contesto di gravità quantistica secondo i criteri esplorati dal Swampland Program; - Esplorare le implicazioni di tali vincoli per la cosmologia primordiale, l'energia oscura e la fisica delle particelle; - Acquisire strumenti per orientarsi nella letteratura scientifica contemporanea sul tema, con la possibilità di contribuire con ricerche autonome.

#### Contenuti del Corso #MODULE 1 – Introduction to String Theory and the Swampland Program (12 hours)

Goals: -Introduce the essential ideas of string theory needed to understand the Swampland Program -Motivate the emergence of the Landscape and the Swampland -Present the main Swampland conjectures and their physical implications Topics: 1. Why String Theory? Motivation from unification and quantum gravity Point particles vs. extended objects: ultraviolet behavior Critical dimensions and anomaly cancellation 2. Basic Ingredients of String Theory Strings and branes: open and closed strings, D-branes Worldsheet action and quantization: spectrum of string states T-duality and extra dimensions The role of supersymmetry 3. Compactifications and Effective Theories Kaluza–Klein reduction Calabi–Yau compactifications Moduli and fluxes Basics of moduli stabilization and the String Landscape 4. The Landscape and the Swampland What is the Swampland? Why effective field theories need not have UV completions Contrasting Landscape vacua with Swampland constraints 5. Main Swampland Conjectures The Swampland Distance Conjecture (SDC) The Weak Gravity Conjecture (WGC) The de Sitter Conjecture Other conjectures: No global symmetries, Completeness, Emergence 6. Examples and Heuristics Simple string compactification examples Infinite distance limits and towers of states Philosophical implications and criticisms

#MODULE 2 – Mathematical Aspects of the Swampland Program (12 hours) Goals: -Provide the mathematical foundation for understanding Swampland conjectures -Explore the geometry and structure of moduli spaces - Study formal aspects of quantum gravity constraints Topics: 1. Moduli Spaces and Infinite Distance Limits Moduli spaces in string compactifications The metric on moduli space and geodesic distances Nilpotent Orbit Theorem and monodromy Application to the Swampland Distance Conjecture 2. The Weak Gravity Conjecture Charge-to-mass ratio bounds Generalizations to multiple  $U(1)$ 's and scalar fields Lattice WGC and convex hull condition Implications for UV cutoffs and consistency of EFTs 3. Towers and Emergence Kaluza–Klein towers, string excitations, wrapped branes Emergence of gravity and gauge couplings from integrating out towers Entropy and loop corrections 4. Global Symmetries and Cobordism No global symmetries in quantum gravity The Completeness Conjecture: all charges realized The Cobordism Conjecture and its implications 5. Mathematical Challenges and Open Problems Special geometry and mirror symmetry Arithmetic geometry and constraints on vacua Interplay with topological invariants and dualities

#MODULE 3 – Applications to Cosmology and Phenomenology (12 hours) Goals: -Explore how Swampland constraints impact models of the early and late Universe -Analyze implications for particle physics and observable phenomena -Assess the testability and predictive power of Swampland ideas Topics 1. Inflation and the Swampland Tension between slow-roll inflation and Swampland constraints Alternatives: k-inflation, DBI models, ekpyrotic cosmologies Trans-Planckian Censorship Conjecture (TCC) 2. Dark Energy and Quintessence Swampland bounds on scalar potentials Tracking fields, dynamical dark energy Observational signatures and constraints 3. Axions and the Axionic WGC Instantons, periodic fields, and axion monodromy Constraints on decay constants Applications to axion inflation and ALPs 4. Implications for Particle Physics  $U(1)$  extensions and Swampland constraints Neutrino masses and the seesaw mechanism Supersymmetry and the Swampland 5. Observational Windows and Prospects Current and future experimental probes: CMB, Euclid, DESI, LSST Can Swampland conjectures be falsified? Toward a data-driven Swampland perspective

Metodologia didattica: Il corso sarà erogato in lingua inglese in formato seminariale, con lezioni frontali accompagnate da momenti di discussione e approfondimento guidato. La metodologia prevede: - Lezioni interattive con supporto a lavagna e/o slide - Analisi guidata di articoli chiave della letteratura scientifica - Sessioni opzionali con esercizi di approfondimento e problemi aperti - Discussioni collettive su casi studio e recenti sviluppi - Possibilità (facoltativa) per gli studenti di presentare brevi esposizioni su temi specifici

Modalità della verifica finale di apprendimento: La verifica finale consisterà in un esame orale, che includerà una presentazione da parte dello studente su un argomento concordato con il docente. L'obiettivo è valutare sia la comprensione critica dei contenuti del corso sia la capacità di approfondimento e comunicazione scientifica.

Calendario programmato: II Semestre (da marzo/aprile a settembre 2026)