

---

**Concorso pubblico anno accademico 2023/2024 per l'accesso al  
Corso di dottorato in Fisica (Fisica01)**  
(BANDO A bandito con decreto rettorale n. 914/2023 del 25 Maggio 2023)

---

## **Testo Prova Scritta (Italiano)**

Si discutano **due** tracce a scelta tra quelle proposte, avendo cura di evidenziare gli aspetti quantitativi del fenomeno fisico e della metodologia di analisi (includendo eventualmente formule, grafici, modelli, ordini di grandezza delle quantità in gioco e stime numeriche). Si richiede che le candidate e i candidati diversifichino gli argomenti trattati nei due temi, non limitandosi a descrivere il proprio argomento di tesi. Per ogni tema si avrà a disposizione un foglio protocollo. Ciascun tema non dovrà superare le tre facciate di foglio protocollo. All'inizio di ogni tema si specifichi esplicitamente la traccia scelta includendo il numero della traccia.

1. Si discuta il ruolo delle simmetrie in un ambito della fisica moderna.
2. Si discuta come la teoria delle perturbazioni permetta di descrivere fenomeni fisici complessi, e di individuare gli aspetti più rilevanti di tali fenomeni.
3. Si discuta il ruolo dei fenomeni critici in un ambito della fisica moderna.
4. Si descriva il ruolo dello scattering nell'indagine della struttura dei sistemi fisici.
5. Si descriva un processo fisico in cui i fenomeni di diffrazione, e/o di interferenza e/o la natura ondulatoria della radiazione giochino un ruolo fondamentale, approfondendone le basi teoriche e le implicazioni sperimentali.
6. Si discuta il ruolo delle tecniche di spettroscopia e microscopia nelle indagini fisiche, soffermandosi sugli aspetti legati all'interazione radiazione/materia.
7. La storia dei grandi esperimenti alla frontiera delle alte energie suggerisce che per studiare le interazioni fondamentali su scale subatomiche sempre più piccole occorrono strutture o apparati sperimentali di dimensioni sempre crescenti. Si discuta il contenuto di questa affermazione, contestualizzandola con gli opportuni esempi.
8. Si discutano una o più tecniche per realizzare e/o caratterizzare fasci di particelle, specificando per ciascuna tecnica quali siano i meccanismi di funzionamento, gli eventuali vantaggi e limiti tecnologici ed i campi di utilizzo nella fisica di base o applicata.
9. Le particelle cariche che incidono sulla materia perdono energia a causa dell'interazione elettromagnetica col mezzo. Si descriva la fenomenologia di tale interazione. Si discuta inoltre come tale processo sia rilevante nell'ambito della ricerca di base e/o applicata.

10. Si descriva un esperimento classico del passato che abbia contribuito in modo rilevante allo sviluppo della fisica o di nuove tecnologie soffermandosi sulle motivazioni teoriche, sulle tecniche sperimentali e sui risultati.
11. Si indichino, in modo quantitativo e con riferimenti a possibili esperimenti, alcune delle caratteristiche/predizioni del Modello Standard delle particelle elementari che varrebbe la pena di verificare con maggior precisione rispetto alle attuali conoscenze, tenendo conto sia del punto di vista teorico/fenomenologico che della realtà sperimentale.
12. Si scelga un intervallo di energia di interesse fisico della radiazione elettromagnetica. Si delineino uno o più apparati e procedure atti a misurarne le proprietà rilevanti. Si discutano inoltre i limiti e le sfide tecnologiche associate con l'uso di questi dispositivi.
13. Si illustrino le problematiche dosimetriche presenti in un contesto applicativo scelto relativo a dosi di radiazioni ionizzanti e/o non ionizzanti.
14. Si scelgano una o più tecniche di imaging e se ne discutano i principi fisici. Si descrivano inoltre le applicazioni pratiche e le sfide tecnologiche associate al loro utilizzo.
15. Si descriva un problema di computing e/o acquisizione dati nella fisica e le soluzioni adottate per superarlo. Eventualmente, si analizzi il ruolo del machine learning nel campo di ricerca o di applicazione scelto.
16. Si descriva l'implicazione di una misura recente e/o futura della radiazione di origine galattica e/o extra-galattica.
17. Si discuta in che modo osservabili astrofisiche o cosmologiche possano essere utilizzate per ricavare informazioni sul nostro universo, sia recente che nel suo stadio primordiale.
18. Si descriva un aspetto teorico dell'astrofisica che abbia un impatto quantitativo sulle osservazioni dirette o indirette del nostro universo

## Written English Text

Select and discuss **two** of the proposed topics, highlighting the quantitative aspects of the physical phenomenon and of the analysis methodology (possibly including equations, plots, models, order of magnitudes and numerical estimates). We require the candidates to diversify the selected topics, without limiting him/her-self to discuss the content of his/her master thesis. For each topic the candidate has one protocol sheet. Each topic must not exceed three pages of a protocol sheet. At the beginning please specify explicitly the selected topic including its number.

1. Discuss the role of symmetries in a modern physics context.
2. Discuss how perturbation theory allows us to describe complex physics phenomena, and to identify the most important aspects of such phenomena.
3. Discuss the implications/role of critical phenomena in a modern physics context.
4. Describe the role of scattering in the investigation of the structure of physical systems.
5. Describe a physical process where the diffraction, and/or the interference, and/or the wave nature of the radiation play a fundamental role, highlighting the theoretical aspects and experimental implications.
6. Discuss the role of spectroscopy and microscopy techniques in physical investigations, with a specific emphasis on the radiation-matter interaction.
7. The history of experiments sitting at the frontier of high-energy physics suggests that facilities and detectors of increasingly larger size are needed to study the subatomic realm at smaller and smaller length scales. Discuss the content of this statement, contextualizing it with appropriate examples.
8. Discuss one or more techniques for realizing or characterizing beams of particles. For each technique, specify which are the principles of operation, the main advantages and technological limitations, and the applications in fundamental research and/or other technological applications.
9. Charged particles moving in matter lose energy through the electromagnetic interaction with the medium. Describe the phenomenology of such a process, explaining how and why this can be relevant in the context of fundamental or applied physics.
10. Describe a classical experiment from the past that significantly contributed to the development of physics or new technologies, focusing on the theoretical motivations, experimental techniques, and results.

11. Indicate some of the characteristics/predictions of the Standard Model of elementary particles that would be worth verifying with greater precision compared to the current knowledge, taking into account both the theoretical/phenomenological perspective and the experimental limitations.
12. Choose a range of energy of interest for the electromagnetic radiation. Outline one or more apparatuses and procedures capable of measuring its relevant properties. Also, discuss the limitations and technological challenges associated with the use of these devices.
13. Illustrate the dosimetric issues that are present in a chosen application context related to doses of ionizing and/or non-ionizing radiation.
14. Choose one or more imaging techniques and discuss their physical principles. Describe also the practical applications and the technological challenges associated with their use.
15. Describe a computing and/or data acquisition problem in physics and the solutions adopted to overcome it. Possibly, analyze the role of machine learning in the chosen field of research or application.
16. Describe the implications of a recent and/or future measurement of galactic and/or extra-galactic radiation.
17. Discuss how astrophysical or cosmological observables can be used to extract information about our universe, both in its recent state or in its primordial stage.
18. Describe a theoretical aspect of astrophysics that has a quantitative impact on the direct or indirect observations of our universe.