

---

**Concorso pubblico anno accademico 2024/2025 per l'accesso al  
Corso di dottorato in Fisica (Fisica01)  
(BANDO A bandito con decreto rettorale n. 623 del 19 marzo 2024)**

---

## **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, in particolare 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 includendone il numero.

1. Si discuta il ruolo delle misure di precisione nella fisica moderna. Se ne descriva un esempio in modo quantitativo.
2. Si discuta un esperimento o una misura che abbia avuto conseguenze cruciali per lo sviluppo della fisica moderna. Se ne evidenzino sia gli aspetti sperimentali che le implicazioni nel campo della teoria.
3. Si discuta l'importanza dei meccanismi di interazione radiazione-materia in un ambito della fisica a scelta.
4. Si descriva una specifica tecnica di rivelazione di particelle. Si evidenzi la fenomenologia dell'interazione rilevante per tale tecnica e le osservabili che possono essere misurate. Si discuta l'applicazione di tale tecnica in un ambito a scelta.
5. Si consideri il fenomeno della risonanza in fisica e si illustri un caso rilevante dal punto di vista degli sviluppi teorici o tecnologici.
6. Si discuta l'importanza delle reazioni di fusione o fissione nucleare in un ambito della fisica a scelta.
7. Si discuta un esempio dell'importanza dell'utilizzo di metodi statistici e/o computazionali per l'analisi dei fenomeni fisici.
8. Si discuta il ruolo degli acceleratori di calcolo nei moderni esperimenti di fisica, fornendo esempi specifici.
9. Si discuta un modello teorico che possa essere utilizzato per migliorare la comprensione di un dato fenomeno fisico.
10. Si discuta un ambito della fisica moderna in cui il concetto di campo gioca un ruolo primario.

11. Si illustri come l'oscillatore armonico può servire da modello per la descrizione di un fenomeno fisico di interesse attuale.
12. Si dia un esempio di un fenomeno fisico in cui lo spin assume un ruolo rilevante.
13. Si discuta il concetto di entanglement e si dia un esempio in cui può essere sfruttato a livello tecnologico.
14. Si consideri il ruolo del confinamento/localizzazione della materia o della radiazione (in una o più dimensioni) su scale nanometriche e/o sub-nanometriche e si illustrino possibili comportamenti peculiari che ne emergono.
15. Si dia una descrizione della fisica delle transizioni di fase nell'ambito della meccanica statistica, prendendo spunto da un esempio significativo.
16. Si consideri il fenomeno delle transizioni di fase e si descriva un loro possibile ruolo nei processi che caratterizzano la materia soffice (e/o la materia vivente).
17. Si discuta il ruolo della diffrazione nello sviluppo di tecniche di indagine ottiche di nuova generazione. Si descriva inoltre un processo fisico in cui sia essenziale l'utilizzo di tecniche capaci di sorpassare i limiti imposti dal fenomeno della diffrazione, evidenziandone gli aspetti quantitativi.
18. Gli esperimenti di fisica delle alte energie si propongono di esplorare la frontiera dell'energia e/o la frontiera dell'intensità. Si discuta questa affermazione evidenziando le differenze e sinergie tra le due tecniche, e si portino esempi delle due tipologie di esperimento.
19. Si discuta in che modo le caratteristiche di una tecnica per la rivelazione di particelle influenzino la misura di una quantità fisica. Si portino esempi reali e si descrivano quantitativamente.
20. Con riferimento ad una incongruenza tra predizioni del Modello Standard e fenomeni osservati, si proponga e discuta una tecnica sperimentale che possa investigare o chiarire l'origine di tale incongruenza.
21. Si discutano le sfide tecnologiche legate all'operare un esperimento di fisica delle particelle ad HL-LHC o ad uno dei futuri acceleratori attualmente in discussione. Si spieghi come un determinato upgrade o una certa caratteristica dell'esperimento scelto possa impattare positivamente una misura di attuale interesse a vostra scelta.
22. Si descriva il funzionamento generale di un tipo di acceleratore di particelle, illustrandone le varie componenti, gli eventuali vantaggi e limiti tecnologici ed i campi di utilizzo nella fisica di base o applicata.
23. Si descriva una delle limitazioni dell'attuale stato dell'arte nel campo della fisica medica, e si discuta un possibile sviluppo futuro che possa mitigare o superare tale limitazione.

24. Si discuta una tecnica di imaging diagnostico basata su radiazione ionizzante, sottolineando i suoi potenziali rischi e benefici e illustrando anche una ricerca attuale rivolta al miglioramento della tecnica.
25. Si descrivano i principali meccanismi di interazione di un tipo di particella nel corpo umano, illustrandone uno o più esempi in un intervallo di energia a scelta e descrivendo una o più applicazioni.
26. Si illustri una metodologia da applicare per la caratterizzazione di un apparato sperimentale utilizzato nell'ambito della fisica medica.
27. Si discuta l'importanza delle misure di distanza in astrofisica e si descriva la metodologia per effettuare almeno una di tali misure, con le relative problematiche.
28. Si discuta l'importanza delle osservazioni multimessagger per la comprensione di un fenomeno astrofisico.
29. Si discuta un'osservazione da terra o da satellite presente o futura che ritenete fondamentale per gli sviluppi di un dato campo della fisica.
30. Si discuta un esempio di come l'osservazione dei segnali da oggetti astrofisici può darci informazioni sulle caratteristiche e/o la storia del nostro universo.
31. Si discutano una o più tecniche osservative di frontiera in astrofisica.

## Written Test – English

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, in particular without limiting themselves to discuss the content of their master theses. 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 precision measurements in modern physics and describe a quantitative example.
2. Discuss an experiment or a measurement that has had important consequences for the development of modern physics. Point out experimental aspects as well as theoretical implications.
3. Discuss the importance of the mechanisms of interaction between radiation and matter in a field of physics of choice.

4. Describe a specific technique for particle detection. Highlight the phenomenology of the interaction relevant for this technique as well as the observables that can be measured. Discuss an application of this technique in a field of physics of choice.
5. Consider the phenomenon of resonance in physics, and describe an example that is relevant from a theoretical or technological point of view.
6. Discuss the importance of nuclear fusion or nuclear fission reactions in a physics field of choice.
7. Discuss an example of the importance of the use of statistical and / or computational methods for the analysis of physics phenomena.
8. Discuss the role of hardware accelerators in modern physics experiments, including specific examples.
9. Discuss a theoretical model that can be used to improve the understanding of a given physics phenomenon.
10. Discuss an area of physics where the concept of field plays an important role.
11. Illustrate how the harmonic oscillator can serve as a model to describe a physical phenomenon of topical interest.
12. Give an example of a physical phenomenon in which spin plays an important role.
13. Discuss the concept of entanglement and give an example of how it can be used technologically.
14. Consider the role of confinement/localization of matter or light (in one or more dimensions) at nanometric or sub-nanometric scale, and illustrate possible peculiar emerging behaviours.
15. Describe the physics of phase transitions in the field of statistical mechanics, taking inspiration from a significant example.
16. Consider the phenomena of phase transitions and describe their possible role in processes that characterize soft and/or living matter.
17. Discuss the role of diffraction in the development of next-generation optical probing techniques. Moreover, describe a physical process in which the use of techniques capable of overcoming the limits imposed by the diffraction phenomenon is essential, highlighting any quantitative aspects.
18. High energy physics experiments aim to explore the energy and/or the intensity frontiers. Discuss this statement, highlighting differences and synergies between these strategies, and give examples of the two kinds of experiments.

19. Discuss how the characteristics of a particle detection technique can influence the measurement of a physical quantity. Provide real examples and describe them quantitatively.
20. Regarding one of the discrepancies between Standard Model predictions and observed phenomena, propose and discuss an experimental technique that can investigate or resolve the origin of this inconsistency.
21. Discuss the technological challenges of operating a particle physics experiment at HL-LHC or at one of the proposed future accelerators. Explain how a given upgrade or a certain feature of this experiment can positively impact a measurement of your choice that is of topical interest.
22. Describe the general operating principles of one type of particle accelerators, illustrating its various components, its advantages and technological limits, and its areas of application in basic or applied physics.
23. Describe one of the limitations of today's state-of-the-art in the field of medical physics, and discuss a potential future development that may mitigate or overcome this limitation.
24. Discuss a diagnostic imaging technique based on ionising radiation, emphasising its potential risks and benefits, and explaining current research aimed at the improvement of this technique.
25. Describe the main mechanisms of interaction of a type of particle with the human body, illustrating one of more examples within an energy interval of choice, and describing one or more applications.
26. Describe a methodology that can be applied for the characterisation of an experimental apparatus used in the field of medical physics.
27. Discuss the importance of distance measurements in astrophysics and describe the methodology to perform at least one of such measurements, with the associated problems.
28. Discuss the importance of multi-messenger observations for the understanding of an astrophysical phenomenon.
29. Discuss a present or future observation, from earth or from a satellite, that you consider fundamental for the development of a given physics field.
30. Discuss an example of how the observations of signals from astrophysical objects can provide information about the characteristics and / or history of our universe.
31. Discuss one or more leading-edge observational techniques in astrophysics.