

ALLEGATO 3  
SECONDO VERBALE

BANDO N. 23525/2021



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare  
AMMINISTRAZIONE CENTRALE

**BANDO n. 23525/2021**

**Concorso pubblico per titoli ed esami per 4 posti per il profilo di Ricercatore di III livello professionale con contratto di lavoro a tempo indeterminato**

**PROVA SCRITTA-PROVA 2**

**1) Il candidato scelga uno dei temi di seguito proposti e lo sviluppi, rispettando rigorosamente gli spazi.**

- a) Confrontare acceleratori circolari e lineari per la fisica delle particelle e nucleare: descrivere vantaggi, criticità e principali caratteristiche anche tecnologiche, illustrando le affermazioni con esempi concreti.
- b) Illustrare i processi di iniezione, accelerazione ed estrazione utilizzati negli acceleratori, descrivendo i relativi dispositivi e la tecnologia impiegata per ottimizzarne le prestazioni.
- c) Descrivere lo schema generale di un acceleratore di particelle, illustrando i vari componenti. Fornire i dettagli tecnologici di un componente e descrivere una possibile applicazione dell'acceleratore considerato.

Tema scelto lettera...:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

*Daniela Fuggero Benigni - Luciano De Pace*



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare  
AMMINISTRAZIONE CENTRALE

**BANDO n. 23525/2021**

**Concorso pubblico per titoli ed esami per 4 posti per il profilo di Ricercatore di III livello professionale con contratto di lavoro a tempo indeterminato**

**PROVA SCRITTA-PROVA 2**

Dotted lines for writing the answer.

Scritta con il computer = Luca Guerri Area Pole



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare  
AMMINISTRAZIONE CENTRALE

**BANDO n. 23525/2021**

**Concorso pubblico per titoli ed esami per 4 posti per il profilo di Ricercatore di III livello professionale con contratto di lavoro a tempo indeterminato**

**PROVA SCRITTA-PROVA 2**

Lined area for the written test.

*Amministratore delegato*  *Anna Pole*



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare  
AMMINISTRAZIONE CENTRALE

**BANDO n. 23525/2021**

**Concorso pubblico per titoli ed esami per 4 posti per il profilo di Ricercatore di III livello professionale con contratto di lavoro a tempo indeterminato**

**PROVA SCRITTA-PROVA 2**

A series of approximately 25 horizontal dotted lines provided for the candidate to write their answers.

*Daniela M... = Lidia ... Das Pole*



**BANDO n. 23525/2021**

**Concorso pubblico per titoli ed esami per 4 posti per il profilo di Ricercatore di III livello professionale con contratto di lavoro a tempo indeterminato**

**PROVA SCRITTA-PROVA 2**

**2) Il candidato risponda a cinque domande tra quelle sotto riportate, indicando la domanda a cui si sta rispondendo e rispettando gli spazi.**

- a) Cos'è la rigidità magnetica di un fascio? Quale campo magnetico devo impiegare per curvare di 90° un fascio  $^{12}\text{C}^{6+}$  di energia pari a 430 MeV/amu su una lunghezza di 1.57 m?
- b) Discutere i principi di focalizzazione dei fasci di particelle cariche.
- c) Illustrare il significato della brillantezza di un fascio di particelle.
- d) Definire il concetto di luminosità di un collider e illustrarne un esempio concreto.
- e) Definire l'energy spread di un fascio di particelle e discuterne la causa e le implicazioni sui fasci.
- f) Descrivere i tipi di magneti usati negli acceleratori o linee di trasporto.
- g) Descrivere i principali tipi e i parametri di cavità risonanti
- h) Discutere le principali tecniche di generazione del vuoto utilizzate nel campo degli acceleratori di particelle, correlandole alle prestazioni raggiungibili.
- i) Si discutano le possibili cause di instabilità in un acceleratore, approfondendone una in particolare con esempi numerici.
- j) Si descriva una tecnica di diagnostica dei fasci di particelle.

Domanda scelta: lettera...

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

*Luigi Compagnone* = *Diego Giordano* *Roberto*



**BANDO n. 23525/2021**

**Concorso pubblico per titoli ed esami per 4 posti per il profilo di Ricercatore di III livello professionale con contratto di lavoro a tempo indeterminato**

**PROVA SCRITTA-PROVA 2**

Domanda scelta: lettera ...

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Domanda scelta: lettera....

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

*San Raffaele E-lead. Sceriffo Alex Polie*



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare  
AMMINISTRAZIONE CENTRALE

**BANDO n. 23525/2021**

**Concorso pubblico per titoli ed esami per 4 posti per il profilo di Ricercatore di III livello professionale con contratto di lavoro a tempo indeterminato**

**PROVA SCRITTA-PROVA 2**

Domanda scelta: lettera ...

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Domanda scelta: lettera....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

*Domanda scelta: lettera....* *E- di cui: Lucio Barone* *Area Polo*



**BANDO n. 23525/2021**

**Concorso pubblico per titoli ed esami per 4 posti per il profilo di Ricercatore di III livello professionale con contratto di lavoro a tempo indeterminato**

**PROVA SCRITTA-PROVA 2**

**Note: this is a courtesy translation. The Italian version of this text is the only legally valid.**

**Written test – n. 2**

**Choose one of the following themes and discuss it in detail.**

- a) Compare circular and linear accelerators used for particle and nuclear physics: describe advantages, critical issues and main technological characteristics, referring to practical examples.
- b) Illustrate the process of injection, acceleration and extraction in a given accelerator, describing the devices and the technology used to optimize the performances.
- c) Describe the general scheme of a particle accelerator, illustrating the different components. Provide the technological details for one component and describe a possible application of the chosen accelerator.

**Choose and answer to five questions among those below reported.**

- a) What is the beam magnetic rigidity? What is the magnetic field needed to bend by  $90^\circ$ , over a 1.57 m length, a  $^{12}\text{C}^{6+}$  beam, whose energy is 430 MeV/amu?
- b) Discuss the method of focusing for charge particle beams. Discuss the meaning of space charge referring to a practical case.
- c) Illustrate the meaning of brightness for a particle beam.
- d) Define the concept of luminosity in a collider and illustrate a practical example.
- e) Define the energy spread of a particle beam and discuss its source and implications on the beam.
- f) Describe the different magnets used in particle accelerators or beam transport lines.
- g) Describe the main parameters of a resonant cavity.
- h) Discuss the main techniques for vacuum generation used in particle accelerators, linking them to the achievable performances.
- i) Discuss the main reason for instabilities in an accelerator and describe in detail one of them with numerical examples.
- j) Describe one technique for particle beam diagnostics.

















**BANDO n. 23525/2021**

**Concorso pubblico per titoli ed esami per 4 posti per il profilo di Ricercatore di III livello professionale con contratto di lavoro a tempo indeterminato**

**PROVA SCRITTA - PROVA 1**

Domanda scelta: lettera ...

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Domanda scelta: lettera....

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

*Amministratore* *Edoardo* *Specio* *Alce* *Pole* 7



**BANDO n. 23525/2021**

Concorso pubblico per titoli ed esami per 4 posti per il profilo di Ricercatore di III livello professionale con contratto di lavoro a tempo indeterminato

**PROVA SCRITTA - PROVA 1**

**Note: this is a courtesy translation. The Italian version of this text is the only legally valid.**

**Written test – n. 1**

**Choose one of the following theme and discuss it in detail.**

- a) Describe the evolution and the main technological achievements in modern particle accelerators devoted to the frontier of high intensity and/or high energy, and discuss possible interdisciplinary applications.
- b) Describe one technique for charged particle acceleration and highlight advantages and disadvantages of the chosen technique, referring to one or more accelerators or facilities, either in operation or in realization or in project.
- c) Superconductivity and accelerators: describe this convenient “joint venture” with practical examples and discuss its limitation.

**Choose and answer to five questions among those below reported.**

- a) Define the meaning of beam emittance and illustrate its main properties.
- b) Describe the working principle of a quadrupolar lens.
- c) Discuss the meaning of space charge referring to a practical case.
- d) A proton beam of 100 GeV is deflected by an angle  $\vartheta = 1$  mrad by a magnet of length  $l = 0.5$  m. What is the needed magnetic field?
- e) Lo Stanford Linear Accelerator can accelerate electrons up to 50 GeV. Considering  $4 \cdot 10^{10}$  electrons per bunch and a repetition frequency of 100 Hz, compute the average power transferred to the beam.
- f) Describe the operating principles and the technological aspects of the radiofrequency system of a particle accelerator.
- g) Describe the main methods for magnetic field measurements that are employed in particle accelerators.
- h) Discuss the technological aspects of different kind of particle sources and compare their performances.
- i) Describe the vacuum system for a particle accelerator and illustrate its components and devices.
- j) Illustrate the working principle of one or more device or technique for the diagnostics of particle beams.

*Amelio Fuggato* *Edoardo* *Luca Rossi* *Roberto*





**BANDO n. 23525/2021**

Concorso pubblico per titoli ed esami per 4 posti per il profilo di Ricercatore di III livello professionale con contratto di lavoro a tempo indeterminato

**PROVA SCRITTA- PROVA 3**

1) Il candidato scelga uno dei temi di seguito proposti e lo sviluppi, rispettando rigorosamente gli spazi.

a) La ricerca di nuove tecniche di accelerazione e/o di manipolazione di fasci di particelle ha portato allo sviluppo innovativo di sistemi tecnologici. Discutere il funzionamento di un sistema a scelta evidenziandone l'avanzamento rispetto allo stato dell'arte e le eventuali problematiche che ne conseguono.

b) Superconduttività e acceleratori: descrivere vantaggi e limiti dell'utilizzo di dispositivi superconduttori in un acceleratore.

c) Illustrare un acceleratore di particelle, funzionamento e componenti principali. Discutere la funzione e la tecnologia di uno dei componente a scelta e descrivere una applicazione dell'acceleratore sopra descritto.

Tema scelto lettera...:

Lined area for writing the answer.

*Antonio Ruggiero* *Enrico Licciardi* *Alex Pella*



**BANDO n. 23525/2021**

**Concorso pubblico per titoli ed esami per 4 posti per il profilo di Ricercatore di III livello professionale con contratto di lavoro a tempo indeterminato**

**PROVA SCRITTA- PROVA 3**

A series of horizontal dotted lines for writing.

*Per il Collegio dei Docenti Gianluigi Pole*



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare  
AMMINISTRAZIONE CENTRALE

**BANDO n. 23525/2021**

**Concorso pubblico per titoli ed esami per 4 posti per il profilo di Ricercatore di III livello professionale con contratto di lavoro a tempo indeterminato**

**PROVA SCRITTA- PROVA 3**

Lined area for writing the answer.

*Antonio Foglietta* *Elisa Speciani* *Olga Pole*



BANDO n. 23525/2021

Concorso pubblico per titoli ed esami per 4 posti per il profilo di Ricercatore di III livello professionale con contratto di lavoro a tempo indeterminato

PROVA SCRITTA- PROVA 3

A series of horizontal dotted lines for writing.

Scritta E-Elia Gelsomini Vice Pole



**BANDO n. 23525/2021**

**Concorso pubblico per titoli ed esami per 4 posti per il profilo di Ricercatore di III livello professionale con contratto di lavoro a tempo indeterminato**

**PROVA SCRITTA- PROVA 3**

**2) Il candidato risponda a cinque domande tra quelle sotto riportate, indicando la domanda a cui si sta rispondendo e rispettando gli spazi.**

- a) Protoni di energia pari a 5 MeV, accelerati da una tensione accelerante di 500 kV nella prima gap, entrano in un drift tube linac che opera a 200 MHz. Quanto deve essere lungo il primo drift tube?
- b) Descrivere le matrici di trasferimento per l'ottica dei fasci, illustrarne l'utilizzo e fare un esempio specifico
- c) Illustrare il concetto di qualità di campo magnetico con un esempio concreto
- d) Descrivere le linee guida per la progettazione di un separatore di massa ad alto potere risolutivo
- e) Elencare e descrivere brevemente i parametri fondamentali di una struttura accelerante a RF
- f) Si descrivano le possibili cause che portano ad una crescita di emittanza in un acceleratore, discutendo in particolare la soluzione per una di esse.
- g) Descrivere il concetto di risonanza e gli effetti delle risonanze sui fasci di particelle, illustrando uno o più esempi
- h) Si discuta il concetto di rigidità magnetica ed esporre uno o due esempi numerici
- i) Il vuoto è essenziale negli acceleratori di particelle: come si ottiene il vuoto, con che strumenti? Correlare la strumentazione con le prestazioni raggiungibili.
- j) Si descriva una diagnostica dei fasci di particelle: scopo, metodo e precisione raggiungibile.

Domanda scelta: lettera...

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

*Luigi Confalonieri*      *E. Di Stefano*      *Dea Pale*



**BANDO n. 23525/2021**

**Concorso pubblico per titoli ed esami per 4 posti per il profilo di Ricercatore di III livello professionale con contratto di lavoro a tempo indeterminato**

**PROVA SCRITTA- PROVA 3**

Domanda scelta: lettera ...

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Domanda scelta: lettera....

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Domanda scelta: lettera.... *Esad. Guerobor* *Alca Pale*



**BANDO n. 23525/2021**

**Concorso pubblico per titoli ed esami per 4 posti per il profilo di Ricercatore di III livello professionale con contratto di lavoro a tempo indeterminato**

**PROVA SCRITTA- PROVA 3**

Domanda scelta: lettera ...

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Domanda scelta: lettera....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

*Scandolotto E. Di Stefano* *Alce Pale*



**BANDO n. 23525/2021**

**Concorso pubblico per titoli ed esami per 4 posti per il profilo di Ricercatore di III livello professionale con contratto di lavoro a tempo indeterminato**

**PROVA SCRITTA- PROVA 3**

**Note: this is a courtesy translation. The Italian version of this text is the only legally valid.**

**Written test – n. 3**

**Choose one of the following theme and discuss it in detail.**

- a) *The research of novel acceleration and/or manipulation techniques of particle beams allowed for the development of advanced technological systems. Discuss the working principle of one system, highlighting the breakthrough with respect to the state of the art and the potential subsequent critical issues.*
- b) *Describe advantages and disadvantages of superconductivity technology in accelerators.*
- c) *Illustrate a particle accelerator: working principle and main components. Discuss function and technology of one component and describe one application of the chosen accelerator.*

**Choose and answer to five questions among those below reported.**

- a) *Protons of 5 MeV, accelerated by a 500 kV voltage in the first gap, enter the drift tube linac operating at 200 MHz. Calculate the length of the first drift tube.*
- b) *Describe the transfer matrix for the beam optics and illustrate its use with a particular example.*
- c) *Illustrate the concept of magnetic field quality with a practical example.*
- d) *Illustrate the guidelines for the design of a mass separator at high resolving power.*
- e) *List and briefly describe the fundamental parameters of an RF accelerating structure.*
- f) *Discuss the reasons for emittance growth in particle accelerators and discuss a possible solution for one of them.*
- g) *Describe the concept of resonance and its effects on particle beams with one or more examples.*
- h) *Discuss the concept of magnetic rigidity and provide one or two numerical examples.*
- i) *Vacuum in particle accelerators: generation and measurement devices. Connect instrumentation to achievable performances.*
- j) *Describe the scope, the method and the achievable precision for a given diagnostics technique.*

*Daniela Fregola* *E. D. S. - Giulio B...*

*Dee Pale*