ALLEGATO Nº 3
al III verbale del
concorso nº 23521/2021

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
AMMINISTRAZIONE CENTRALE

CONCORSO N. 23521/2021 PER TITOLI ED ESAMI PER L'ASSUNZIONE DI 18 POSTI CON IL PROFILO PROFESSIONALE DI RICERCATORE DI III LIVELLO PROFESSIONALE CON CONTRATTO DI LAVORO A TEMPO INDETERMINATO.

PROVA SCRITTA – PROVA 3

Il tempo a disposizione per lo svolgimento della prova d'esame è fissato in tre ore.

La prova consiste nello svolgimento del tema proposto e nella risposta a 3 di 10 domande come di seguito specificato.

La candidata/il candidato deve rispettare rigorosamente gli spazi assegnati e indicare il numero della domanda alla quale sta rispondendo.

Svolgere il seguente tema rimanendo negli spazi esplicitamente assegnati.

Negli esperimenti di fisica delle alte energie è necessario misurare con precisione alcune grandezze (come ad esempio il tempo di decadimento, la massa invariante, l'energia o la quantità di moto di una particella, ...) da utilizzare nelle misure di fisica. Mostrare come i rivelatori, gli aspetti tecnici (elettronica, trigger, DAQ), il processing e l'analisi dati influenzano la misura di una grandezza a vostra scelta in uno specifico contesto sperimentale, discutendo:

1. la situazione presente;
2. le limitazioni delle implementazioni attuali per applicazioni future;
3. gli R&D in corso e le future direzioni di sviluppo possibili.

ALLEGATO N°3...
al III.. verbale dei
concorso n°23521/2021

ALLEGATO N°3...
al III.. verbale dei
concorso n°.23521/2021.....

ALLEGATO Nº.3...
al III.. verbale del
concorso nº.23521/2021

Rispondere negli spazi assegnati a 2 delle seguenti domande. All'inizio di ogni risposta indicare il numero della domanda corrispondente.

1. Discutere una problematica di danneggiamento da radiazione di rivelatori negli attuali esperimenti.
2. La radiazione Cherenkov è un importante strumento per la rivelazione e l'identificazione delle particelle. Descriverne le caratteristiche e fare l'esempio del suo utilizzo in almeno un caso realistico.
3. Discutere il principio di funzionamento di un rivelatore a gas a micropattern ed un esempio di applicazione.
4. Descrivere una tecnica di analisi per determinare l'efficienza di un sistema sperimentale direttamente dai dati raccolti.
5. L'utilizzo di GPU ed FPGA sta modificando i design di trigger, DAQ, processamento di dati e software di simulazione tradizionalmente usati negli esperimenti di HEP: presentare un caso specifico.
6. Descrivere una tecnica di analisi multivariata fornendo un esempio di applicazione.
7. Descrivere possibili sorgenti di violazione di CP e almeno una segnatura sperimentale osservabile in esperimenti presenti o futuri.

ALLEGATO N°. 3...
al III. verbale del
protocollo n° 23521/2021

Risposta alla domanda n _____

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
AMMINISTRAZIONE CENTRALE

Risposta alla domanda n _____

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
AMMINISTRAZIONE CENTRALE

Rispondere negli spazi assegnati a 1 delle seguenti domande. All'inizio della risposta indicare il numero della domanda corrispondente.

8. La velocità di deriva degli elettroni in una miscela di gas è v= 5 cm/μs. Quale e' la risoluzione spaziale (a) per una camera multifili con distanza tra i fili s= 4 mm, e (b) per una camera a deriva letta da un TDC con granularità di 2 ns? Si assuma una lettura puramente digitale.
9. Un sistema di coincidenza di due contatori identici è attraversato con tasso medio R=0.1 Hz da particelle di segnale. La risoluzione temporale di ciascun contatore è di 1 ns. Stimare il massimo tasso di conteggi di noise tollerabile per i contatori se si vuole mantenere le coincidenze accidentali un ordine di grandezza più basse di quelle di segnale.
10. In assenza di fondo, qual è la luminosità integrata minima per poter escludere al 95% di livello di confidenza un processo con sezione d'urto di 1 fb? Con quale luminosità si avrebbe il 95% di probabilità di osservare il processo? Come cambierebbe qualitativamente la risposta in presenza di fondo?

Risposta alla domanda n _____

ALLEGATO N°.3..
al III.. verbale dei
concorso n°23521/2021

CONCORSO N. 23521/2021 PER TITOLI ED ESAMI PER L'ASSUNZIONE DI 18 POSTI CON IL PROFILO PROFESSIONALE DI RICERCATORE DI III LIVELLO PROFESSIONALE CON CONTRATTO DI LAVORO A TEMPO INDETERMINATO.

Note: this is a courtesy translation. The Italian version of this text is the only legally valid.
Written test – n. 3
The time for the test in set in three hours

The test consists in an essay and the answers to 3 out of 10 questions as specified below.

The candidate must strictly respect the allocated space and indicate the number of the question which is being answered.

Write the following essay remaining within the allocated space

Precision measurements of certain observables in high energy physics experiments (for example: lifetime, invariant mass, energy, momentum of a particle, ...) need to be performed in order to achieve physics results. Describe how the detectors, the technical aspects (electronics, trigger, DAQ), the data processing and the data analysis have an impact on the measurement of an observable of your choice in a specific experimental context, discussing:

1. The present state.
2. The limitation of the current implementations for future applications.
3. The ongoing R&D and the possible future developments.

Answer in the allocated space to 2 out of the following 7 questions. At the beginning of each answer, indicate the number of the question.

1. Illustrate the detector radiation damage problem in current HEP experiments discussing a specific case.
2. Cherenkov radiation is an important tool for particle detection and identification. Describe its features and give an example of at least one realistic use case.
3. Illustrate the working principles of a micropattern gaseous detector and an example of application.
4. Describe a data analysis technique to determine the efficiency of an experimental system directly on its collected data.
5. Nowadays the use of GPUs and FPGAs is changing the design of triggers, DAQs, data processing and simulation software traditionally used in HEP experiments. Discuss a specific example.
6. Describe a multivariate data analysis technique and provide an application example.
7. Describe possible sources of CP violation and at least one signature, observable in present or future experiments.

Answer in the allocated space to 1 out of the following 3 questions. At the beginning of the answer, indicate the number of the question.

8. The electron drift velocity in a gas mixture is v= 5 cm/μs. What is the spatial resolution of (a) a multiwire chamber with wire pitch of s= 4 mm, and (b) a drift chamber read out by a TDC with a granularity of 2 ns? Consider a purely digital readout.
9. A system measuring the coincidence of a signal particle through two identical counters has an average signal rate R=0.1 Hz. The time resolution of each counter is 1 ns. Estimate the maximum tolerable noise rate for each counter if the accidental coincidence rate must be kept one order of magnitude lower than the signal rate.
10. In the absence of background, which is the minimum integrated luminosity needed to exclude at the 95% confidence level a process with a cross section of 1 fb? With which luminosity there would be a 95% probability of observing the process? Describe qualitatively how the answer changes in presence of background.

ALLEGATO Nº 4
al III verbale del
concorso nº 23521/2021

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
AMMINISTRAZIONE CENTRALE

CONCORSO N. 23521/2021 PER TITOLI ED ESAMI PER L'ASSUNZIONE DI 18 POSTI CON IL PROFILO PROFESSIONALE DI RICERCATORE DI III LIVELLO PROFESSIONALE CON CONTRATTO DI LAVORO A TEMPO INDETERMINATO.

PROVA SCRITTA – PROVA 1

Il tempo a disposizione per lo svolgimento della prova d'esame è fissato in tre ore.

La prova consiste nello svolgimento del tema proposto e nella risposta a 3 di 10 domande come di seguito specificato.

La candidata/il candidato deve rispettare rigorosamente gli spazi assegnati e indicare il numero della domanda alla quale sta rispondendo.

Svolgere il seguente tema rimanendo negli spazi esplicitamente assegnati.

Gli esperimenti di fisica delle particelle agli acceleratori sfruttano diverse tecniche di rivelazione di particelle, di trigger, di acquisizione e di analisi dei dati. Facendo riferimento ad un esperimento futuro o al miglioramento di un esperimento in corso, discutere una tecnica rilevante, descrivendone:

1. i principi di funzionamento
2. i requisiti richiesti per l'esperimento
3. lo stato dell'arte
4. gli aspetti di ricerca e sviluppo necessari

Indicare un obiettivo di fisica del programma di ricerca di tale esperimento per cui la tecnica analizzata è rilevante.

ALLEGATO Nº. 4
al III. verbale del
concorso nº. 23521/2021

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
AMMINISTRAZIONE CENTRALE

ALLEGATO N°. 4..
al III. verbale dei
concorso n°. 23521/2021

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
AMMINISTRAZIONE CENTRALE

Rispondere negli spazi assegnati a 2 delle seguenti domande. All'inizio di ogni risposta indicare il numero della domanda corrispondente.

1. Illustrare il concetto di preamplificatore di carica ed i principali contributi al rumore elettronico.
2. La risoluzione energetica di un calorimetro a campionamento è parametrizzata nella forma $\frac{\sigma_E}{E} = \frac{a}{\sqrt{E}} \oplus \frac{b}{E} \oplus c$, dove E è l'energia della particella incidente e $\oplus$ rappresenta la somma in quadratura. Descrivere il significato fisico dei termini a, b, c ed i fattori critici che li determinano.
3. Dato un rivelatore finemente segmentato, come si possono ottenere risoluzioni spaziali migliori rispetto a quelle dovute unicamente al pass degli elettrodi di lettura?
4. Quali aspetti di un apparato sperimentale sono cruciali per la misura di precisione della massa del bosone di Higgs?
5. Illustrare un algoritmo di tracciatura e/o di ricostruzione dei vertici di un tipico esperimento di fisica delle alte energie, evidenziandone prestazioni e limiti.
6. Descrivere una tecnica di ricostruzione dei jet nel contesto di un esperimento di fisica delle alte energie.
7. Descrivere un processo vietato o fortemente soppresso nel Modello Standard che sia sensibile a effetti di nuova fisica e la sua segnatura sperimentale in un contesto realistico.

ALLEGATO Nº. 4 ...
al .III. verbale dei
concorso nº. 23521/2021

Risposta alla domanda n _____

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
AMMINISTRAZIONE CENTRALE

Risposta alla domanda n _____

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
AMMINISTRAZIONE CENTRALE

Rispondere negli spazi assegnati a 1 delle seguenti domande. All'inizio della risposta indicare il numero della domanda corrispondente.

8. Un sistema TOF è costituito da due rivelatori posti a distanza L. Se la risoluzione temporale del sistema è $\sigma_t = 0.2$ ns, calcolare le minime distanze L per discriminare a 3σ p da K e π da K in un fascio di momento 1 GeV/c.
9. Si calcoli l'energia minima di un fascio di protoni al di sopra della quale può avvenire la produzione di antiprotoni su un bersaglio di protoni a riposo.
10. Vengono selezionati S eventi di segnale relativi al decadimento A→B, con fondo trascurabile, avendo integrato una luminosità L. La sezione d'urto di produzione di A è σ_A e l'efficienza di selezione ε_{MC} viene stimata da Monte Carlo sulla base della simulazione di N_{MC} decadimenti. Qual è la misura B_m del branching fraction del decadimento? Qual è il contributo all'incertezza relativa della misura dovuto alla statistica del Monte Carlo e degli eventi di segnale?

Risposta alla domanda n _____

ALLEGATO N°.4..
al III.. verbale dei
concorso n°23521/2021

CONCORSO N. 23521/2021 PER TITOLI ED ESAMI PER L'ASSUNZIONE DI 18 POSTI CON IL PROFILO PROFESSIONALE DI RICERCATORE DI III LIVELLO PROFESSIONALE CON CONTRATTO DI LAVORO A TEMPO INDETERMINATO.

Note: this is a courtesy translation. The Italian version of this text is the only legally valid.
Written test – n. 1
The time for the test in set in three hours

The test consists in an essay and the answers to 3 out of 10 questions as specified below.

The candidate must strictly respect the allocated space and indicate the number of the question which is being answered.

Write the following essay remaining within the allocated space

Particle physics experiments at accelerators exploit many different techniques for particle detection, triggering, data acquisition and data analysis. Referring to a future experiment or to the improvement of a running experiment, discuss a relevant technique, providing:

1. The working principles
2. The requirements from the experiment
3. The state of the art
4. The required R&D topics

Indicate a physics goal of the research program of that experiment, for which this technique is relevant.

Answer in the allocated space to 2 out of the following 7 questions. At the beginning of each answer, indicate the number of the question.

1. Explain the concept of charge sensitive preamplifier and the main contribution to its electronic noise.
2. The energy resolution of a sampling calorimeter is given by $\frac{\sigma_E}{E} = \frac{a}{\sqrt{E}} \oplus \frac{b}{E} \oplus c$, where E is the energy of the impinging particle and $\oplus$ stands for the sum in quadrature. Describe the meaning of the a, b, c constants and the critical factors they depend on.
3. Using a finely segmented detector, how could be obtained spatial resolutions better than the ones provided by the electrodes' pitch?
4. Which features of an experimental apparatus are critical for the precision measurement of the Higgs boson mass?
5. Illustrate an algorithm used for particle tracking or for vertex reconstruction in a typical HEP experiment, highlighting its performances and major limitations.
6. Describe a jets reconstruction technique in the context of a high energy physics experiment.
7. Describe a forbidden or very suppressed process in the Standard Model which could be sensitive to effects of new physics, and its experimental signature in a realistic context.

Answer in the allocated space to 1 out of the following 3 questions. At the beginning of the answer, indicate the number of the question.

8. A TOF system consists of two detectors located at a distance L. If the time resolution of the system is σ_t = 0.2 ns, compute the minimal distances L to discriminate at a 3σ level p from K and π from K in a 1 GeV/c momentum beam.
9. Compute the minimal beam energy required for antiproton production by a proton beam impinging on a proton target.
10. S signal events from A→B decays are selected with negligible background for an integrated luminosity L. The production cross section of A is σ_A and the selection efficiency ε_{MC} is evaluated on the basis of a Monte Carlo simulation of N_{MC} decays. Give the expression for the measurement of the branching fraction B_m. What are the contributions to the relative error due the Monte Carlo statistics and to the number of signal events?

Istituto Nazionale di Fisica Nucleare
AMMINISTRAZIONE CENTRALE

ALLEGATO Nº 5
al III verbale del
concorso nº 23521/2021

CONCORSO N. 23521/2021 PER TITOLI ED ESAMI PER L'ASSUNZIONE DI 18 POSTI CON IL PROFILO PROFESSIONALE DI RICERCATORE DI III LIVELLO PROFESSIONALE CON CONTRATTO DI LAVORO A TEMPO INDETERMINATO.

PROVA SCRITTA – PROVA 2

Il tempo a disposizione per lo svolgimento della prova d'esame è fissato in tre ore.

La prova consiste nello svolgimento del tema proposto e nella risposta a 3 di 10 domande come di seguito specificato.

La candidata/il candidato deve rispettare rigorosamente gli spazi assegnati e indicare il numero della domanda alla quale sta rispondendo.

Svolgere il seguente tema rimanendo negli spazi esplicitamente assegnati.

Lo studio delle interazioni fondamentali agli acceleratori include programmi sperimentali per misure di precisione e per la ricerca di eventi rari o vietati nel Modello Standard.

1. Si presenti il caso scientifico e lo stato di una di queste misure o ricerche
2. Si discutano le tecniche sperimentali rilevanti, la sensibilità raggiunta e le principali limitazioni
3. Si descrivano i possibili sviluppi sperimentali necessari per ulteriori avanzamenti.

ALLEGATO N°.5...
al .III. verbale dei
concorso n°23521/2021

ALLEGATO N°.5...
al III verbale del
CONCORSO n°.23521/2021

Rispondere negli spazi assegnati a 2 delle seguenti domande. All'inizio di ogni risposta indicare il numero della domanda corrispondente.

1. Discutere una tecnica di rivelazione che permetta di misurare il tempo di arrivo delle particelle con precisioni sub-ns e farne un esempio di applicazione in un esperimento di fisica fondamentale agli acceleratori.
2. Si spieghi cosa si intende per Single Event Upset (SEU) e come se ne limita l'occorrenza.
3. In che cosa consiste il tempo morto? Se ne discutano brevemente alcune sorgenti.
4. Si dia la definizione di bending power di un sistema magnetico e si discuta la sua connessione alla misura della quantità di moto di particelle cariche.
5. Si descriva una tecnica statistica data-driven di stima del fondo in una misura di conteggio.
6. Rivelatori sempre più performanti e luminosità istantanee sempre più elevate stanno facendo aumentare la quantità di dati da leggere dai detector. Discutere una strategia adottata nell'acquisizione, selezione o trattamento di queste grandi quantità di dati.
7. Il neutrone, il muone e il tau decadono via interazione debole con vite medie molto differenti (886 s, 2.2 μs, 0.29 ps). Si spieghi qualitativamente l'enorme differenza fra questi valori.

ALLEGATO N°. 5 ...
al III verbale del
consiglio n°. 23521/2021

Risposta alla domanda n _____

ALLEGATO N°5
al III. verbale del
concorso n°.23521/2021

Risposta alla domanda n _____

Rispondere negli spazi assegnati a 1 delle seguenti domande. All'inizio della risposta indicare il numero della domanda corrispondente.

8. Sia dato un tracciatore cilindrico immerso in un campo magnetico B= 0.6 T. Si determini l'impulso trasverso (e relativo errore) di un muone che, generato con momento perpendicolare al campo magnetico, lascia una traccia di lunghezza L= 2 m e sagitta s= 1 cm (σ_s = 200 μm).
9. Lo stato finale C è ottenuto dai decadimenti A→B→C. Se t_0 e t_C sono i tempi in cui A e C vengono prodotti, τ_1 e τ_2 sono le vite medie per le transizioni A→B e B→C, qual è la distribuzione dei tempi $t=t_C-t_0$?
10. Determinare la luminosità integrata necessaria per ottenere una significatività di 5σ sulla presenza di un segnale sapendo che con una luminosità integrata L_0 si è raggiunta una significanza di 3σ raccogliendo N eventi con un fondo atteso di b eventi.

Risposta alla domanda n _____

ALLEGATO N°.5...
al III. verbale del
concorso n°.23521/2021

CONCORSO N. 23521/2021 PER TITOLI ED ESAMI PER L'ASSUNZIONE DI 18 POSTI CON IL PROFILO PROFESSIONALE DI RICERCATORE DI III LIVELLO PROFESSIONALE CON CONTRATTO DI LAVORO A TEMPO INDETERMINATO.

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

Written test – n. 2

The time for the test in set in three hours

The test consists in an essay and the answers to 3 out of 10 questions as specified below.

The candidate must strictly respect the allocated space and indicate the number of the question which is being answered.

Write the following essay remaining within the allocated space

The study of fundamental interactions at accelerators includes experimental programs devoted to precision measurements and to the search for rare or forbidden processes in the Standard Model.

1. Present the scientific case and the status of one of these measurements or searches.
2. Discuss the relevant experimental techniques, the sensitivity achieved and the main limitations.
3. Describe the possible experimental developments needed for further advancements.

Answer in the allocated space to 2 out of the following 7 questions. At the beginning of each answer, indicate the number of the question.

1. Illustrate a detection technique able to measure the arrival time of a particle with sub-ns precision and discuss a specific application in a HEP experiment.
2. What are the Single Event Upsets (SEU)? What are the methods to limit their occurrence?
3. What is the dead time? Briefly discuss some of its sources.
4. Provide a definition of the bending power of a magnetic system and describe its relationship with the measurement of charged particle momentum.
5. Describe a data-driven statistical technique to evaluate the background in a counting measurement.
6. Detectors with improved performances and higher instantaneous luminosities are continuously increasing the amount of data to be read from the detectors. Discuss one strategy adopted in the data acquisition, data selection or data handling to cope with this large amount of data.
7. The neutron, muon, and tau lepton decay via weak interactions with very different mean lives (886 s, 2.2 μs, 0.29 ps). Qualitatively explain the huge difference between these values.

Answer in the allocated space to 1 out the following 3 questions. At the beginning of the answer, indicate the respective question.

8. A cylindrical tracking system is embedded in a magnetic field of B= 0.6 T. Provide the transverse momentum (and its uncertainty) of a muon, generated with momentum perpendicular to the magnetic field, which produces a track with length L= 2m and sagitta s= 1 cm (σ_s = 200 μm).

9. The final state C is obtained from the A→B→C decay chain. If t_0 and t_C are the production times of A and C, and τ_1 e τ_2 are the mean lives of the A→B and B→C decays, respectively, give the distribution of $t=t_C-t_0$.
10. Compute the required integrated luminosity to achieve a 5σ significance on the presence of a signal if after an integrated luminosity of L_0 a 3σ significance has been reached by the observation of N events with an expected background of b events.