



Bando n. 20012/2018 – Concorso per titoli ed esami per 27 posti per il profilo professionale di Ricamatore di III livello professionale con contratto di lavoro a tempo indeterminato.

Prima prova scritta

6 novembre 2018

Prova d'esame n. 3

Il tempo per lo svolgimento della prova è fissato in tre ore

Il candidato deve rispondere a tutte le 20 domande elencate, rispettando rigorosamente gli spazi assegnati.

1) Un mesone ρ^0 a riposo decade in due fotoni di uguale energia. Qual è la lunghezza d'onda (in metri) dei due fotoni? (La massa del ρ^0 è $776 \text{ MeV}/c^2$)

.
.
.

2) Un fascio di pioni passa attraverso 3 contatori A, B, C a distanza di 10 m uno dall'altro. Se 1000 pioni passano attraverso il contatore A e 470 attraverso quello in B, quanti ci si aspetta di registrarne nel contatore C?

.
.
.
.
.

3) Indicare se le seguenti interazioni sono processi di natura debole, forte o elettromagnetica, o se invece non possono avere luogo, spiegandone il motivo.

$\mu^+ + \mu^- \rightarrow \tau^+ + \tau^-$

.

$p \rightarrow e^+ + \pi^0$

.

$\tau^+ \rightarrow \mu^+ + \gamma$

.

Handwritten signatures and initials in blue ink: "du", "CM", "A.J.", "NV", "GB", and "BB".

4) Elettroni e pioni, entrambi di impulso pari a $0.140 \text{ GeV}/c$, viaggiano attraverso due contatori a scintillazione posti a distanza L . Qual è il valore minimo di L necessario a distinguere le due particelle se il tempo di volo può essere misurato con una accuratezza di 1 ns ?

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

5) Si calcoli la frazione di neutrini di energia 1 GeV che interagiscono attraversando la Terra (si assuma $\sigma = 10^{-38} \text{ cm}^2$, $\rho = 5.5 \text{ g/cm}^3$ e $R_T = 6400 \text{ km}$).

.
. .
. .
. .

6) Si cerca un decadimento raro in una determinata regione definita da tagli cinematici. Se il fondo atteso è di 0.105 eventi, qual è il numero minimo di eventi che si devono osservare, per affermare che non siano di fondo con un livello di confidenza del 90% ?

.
. .
. .

7) Quali sono i valori di resa in luce per deposito di energia, spettro della luce emessa e tempi di decadimento della luce per uno scintillatore realizzato con Ar liquido?

.
. .

8) Che cosa è il raggio di Molière e come influenza qualitativamente lo sviluppo di uno sciame elettromagnetico.

.
. .
. .

9) Un muone da $60 \text{ MeV}/c$ di impulso perde in elio una $dE/(\rho dx) = 5.6 \text{ MeV cm}^2/\text{g}$. Che impulso deve avere un protone per perdere in elio la stessa energia per spessore di massa del muone?

.
. .
. .

Handwritten signatures and initials: *FB*, *AA*, *du*, *MB*, *MC*, *WV*

10) In un esperimento di conteggio di un segnale s in presenza di un fondo b , per un tempo di presa dati t_1 ci si aspetta una significatività del segnale di 2σ . Quanto deve durare la presa dati per ottenere una significatività di 3σ ?

.
. .
. .
. .
. .
. .

11) Perché un mesone K positivo decade preferibilmente in $\mu^+\nu_\mu$ piuttosto che in $e^+\nu_e$?

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

12) Si dimostri che l'esistenza dei decadimenti $K^- \rightarrow \pi^- \pi^0$ e $K^- \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^-$, assumendo che il K abbia spin zero, implica la violazione della parità.

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

13) Perché la fissione indotta da neutrone termico dell'isotopo 235 dell'uranio libera energia?

.
. .
. .

14) L'isotopo ^{15}O dell'ossigeno ha uno stato eccitato a 6.793 MeV. Assumendo per questo stato una larghezza di 1 eV, qual è la sua vita media?

.
. .
. .
. .
. .

Handwritten signatures and initials in blue ink, including "AA", "AK", "FB", and "SM".

15) I processi responsabili dello scattering elastico di un neutrino elettronico e di un neutrino muonico, entrambi di 10 MeV, su elettrone sono gli stessi oppure sono differenti? quali sono?

.
.
.

16) Per una particella pesante la perdita di energia per unità di lunghezza di materiale attraversato può essere approssimata con la formula $dE/\rho dx = -C (z/\beta)^2$ dove $C \approx 1.7 \text{ MeV}/(\text{g cm}^{-2})$. Si calcoli lo spessore di rame ($\rho = 9 \text{ g/cm}^3$) necessario a fermare un protone con $T = 40 \text{ MeV}$.

.
.
.
.
.

17) L'aria in condizioni normali ha un indice di rifrazione n , pari a $(1 + 2.9 \cdot 10^{-4})$. Calcolare la minima energia cinetica che deve avere un muone per emettere radiazione Cherenkov in aria alla temperatura di 20°C e alla pressione di 1 atm.

.
.
.
.

18) Uno scintillatore ha una resa in luce di $10^4 \gamma/\text{MeV}$. Si calcoli la risoluzione in energia ottenibile a 4 MeV con una efficienza di raccolta del 10%.

.
.
.

19) I campi magnetici galattici hanno direzioni coerenti su lunghezze dell'ordine di 1-10 pc (1 parsec = $3 \cdot 10^{16} \text{ m}$) e valore medio $B = 3 \mu\text{G}$. Calcolare il raggio di curvatura di un protone con energia 10^{18} eV .

.
.
.

20) Avete a disposizione una sorgente contenente ^{222}Rn , un isotopo radioattivo che decade con vita media di alcuni giorni. L'attività, nel caso in discussione, è di circa 10^7 Bq . Per determinare la vita media del ^{222}Rn con un rivelatore gamma è necessario conoscere l'efficienza di questo rivelatore ed i branching ratios per emissione gamma della catena di decadimenti a valle del ^{222}Rn ?

Giustificare la risposta.

.
.
.
.

AD
MC
RB
AW
LW



Bando n. 20012/2018 – Concorso per titoli ed esami per 27 posti per 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 sole legally valid.

First written test

November 6th, 2018

Test n. 3

The time for the test is set in three hours

The candidate must answer all the 20 listed questions, not exceeding the assigned spaces.

- 1) A ρ^0 meson at rest decays into two photons of the same energy. What is the wavelength (in meters) of the two photons? (The ρ^0 mass is $776 \text{ MeV}/c^2$)
- 2) A pion beam travels through 3 counters A, B, C, all spaced 10 m from one another. If A counts 1000 pions and B 470, how many do you expect to count in C?
- 3) State whether the following processes are due to weak, strong or electromagnetic interaction, or are forbidden, giving the reasons.
 $\mu^+ + \mu^- \rightarrow \tau^+ + \tau^-$
 $p \rightarrow e^+ + \pi^0$
 $\tau^+ \rightarrow \mu^+ + \gamma$
- 4) Electrons and pions with $0.140 \text{ GeV}/c$ momentum travel a distance L between two scintillating counters. Which is the minimum L value to distinguish the two particles if the time of flight is measured with 1 ns accuracy?
- 5) Which fraction of neutrinos with 1 GeV energy interact traveling across the Earth? (assume $\sigma = 10^{-38} \text{ cm}^2$, $\rho = 5.5 \text{ g}/\text{cm}^3$ and $R_T = 6400 \text{ km}$).
- 6) A rare decay is searched for in a region defined by kinematical cuts. If the expected background is 0.105 events, which is the minimum number of events to be observed to state that they are not background with 90% confidence level?
- 7) Which are the typical values of light yield per deposited energy, spectrum of the emitted light, and light decay time for a liquid Argon scintillator?
- 8) What is the Molière radius and how qualitatively affects the development of an electromagnetic shower?

Handwritten signatures and initials: "du", "CN", "A.J.", "ME", "CB", "EB", "AK"

- 9) A muon with 60 MeV/c momentum loses in helium $dE/(dx) = 5.6 \text{ MeV cm}^2/\text{g}$. Give the momentum for a proton to lose in helium the same amount of energy.
- 10) In a counting experiment looking for a signal s with a background b , 2σ significance is expected for the signal after a data taking time t_1 . How much must last the data taking to reach a 3σ significance?
- 11) Explain why a positive K meson decays preferentially in $\mu^+\nu_\mu$ rather than in $e^+\nu_e$.
- 12) Show that the existence of the decays $K^- \rightarrow \pi^-\pi^0$ e $K^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^-$, assuming spin 0 for the kaon, implies parity violation.
- 13) Explain why the thermal neutron induced fission of Uranium 235 releases energy.
- 14) The oxygen isotope ^{15}O has an excited state at 6.793 MeV. Assuming a width of 1 eV for this state, which is its lifetime?
- 15) Elastic scattering processes on electron for an electron neutrino or a muon neutrino, both with 10 MeV, are the same or not? Which are these processes?
- 16) The energy loss per unit length of material of an heavy particle can be approximated by the formula $dE/\rho dx = -C (z/\beta)^2$ where $C \approx 1.7 \text{ MeV}/(\text{g cm}^{-2})$. Calculate the copper ($\rho = 9 \text{ g/cm}^3$) thickness required to stop a proton of $T = 40 \text{ MeV}$.
- 17) Air in normal conditions has refraction index $n = (1 + 2.9 \cdot 10^{-4})$. Calculate the minimum kinetic energy required for a muon to emit Cherenkov radiation in air at 20°C and 1 atm pressure.
- 18) A scintillator has a light yield of $10^4 \gamma/\text{MeV}$. Calculate the energy resolution at 4 MeV assuming a collection efficiency of 10%.
- 19) Galactic magnetic fields have directions coherent over distances of the order of 1-10 pc (1 parsec = $3 \cdot 10^{16} \text{ m}$) and average $B = 3 \mu\text{G}$. Calculate the bending radius for a 10^{18} eV energy proton.
- 20) A radioactive source of ^{222}Rn (an iodine isotope with a few days lifetime) has an activity of around 10^7 Bq . In order to measure ^{222}Rn lifetime by a gamma detector, do you need to know its efficiency and the gamma emission branching ratios of the ^{222}Rn downstream decay chain? Justify your answer.

Bando n. 20012/2018 – Concorso per titoli ed esami per 27 posti per il profilo professionale di Ricercatore di III livello professionale con contratto di lavoro a tempo indeterminato.

Seconda prova scritta

7 novembre 2018

Prova d'esame n. 3

Il tempo per lo svolgimento della prova è fissato in 3 ore

La prova consiste nello sviluppo di un breve elaborato e nella risposta a tre domande.

- *Il tema dell'elaborato deve essere scelto dalla "Lista dei Temi". Il numero del tema scelto va indicato distintamente sulla prima riga.*
- *Le tre domande devono essere scelte dalla "Lista delle Domande", indicando distintamente il numero della domanda prima di ogni risposta. Almeno due domande devono essere scelte tra le prime sei, identificate con un asterisco.*

Il candidato ha a disposizione complessivamente 2 facciate che devono contenere sia l'elaborato che le tre risposte alle domande. Si segnala che all'apertura delle buste verrà scansionata soltanto la prima facciata timbrata e siglata di ciascun foglio. La seconda facciata non potrà quindi essere presa in considerazione durante la valutazione della prova.

Lista dei Temi

- 1) Con riferimento ad un esperimento in corso, nel quale è impiegato un calorimetro, descrivetene la funzione, le sue attuali prestazioni e una sua possibile evoluzione ai fini di migliorarne le prestazioni o di ampliarne lo spettro di utilizzazione.
- 2) Con riferimento ad un esperimento in corso, nel quale è impiegato un tracciatore di particelle, descrivetene la funzione, le sue attuali prestazioni e una sua possibile evoluzione ai fini di migliorarne le prestazioni o di ampliarne lo spettro di utilizzazione
- 3) Con riferimento ad un esperimento in corso, nel quale è impiegato uno spettrometro, descrivetene la funzione, le sue attuali prestazioni e una sua possibile evoluzione ai fini di migliorarne le prestazioni o di ampliarne lo spettro di utilizzazione
- 4) Con riferimento ad un esperimento in corso, nel quale è impiegato un rivelatore che permetta la identificazione di particelle, descrivetene la funzione, le sue attuali prestazioni e una sua possibile evoluzione ai fini di migliorarne le prestazioni o di ampliarne lo spettro di utilizzazione.
- 5) Con riferimento ad un esperimento in corso, nel quale è impiegato un rivelatore che permetta una ricostruzione di immagine, descrivetene la funzione, le sue attuali prestazioni e una sua possibile evoluzione ai fini di migliorarne le prestazioni o di ampliarne lo spettro di utilizzazione.

Lista delle Domande

1*) Illustrare le caratteristiche principali della funzione di Bethe-Block, anche con l'ausilio di un grafico che ne illustri l'andamento e individuare le caratteristiche della funzione che permettono di distinguere particelle diverse.

2*) Discutere le possibili interazioni di fotoni con la materia, descrivendone le caratteristiche, graficandone i diversi contributi alla sezione d'urto totale in funzione dell'energia e illustrando come si modificano questi contributi passando da elementi a basso Z a elementi ad alto Z.

3*) Stabilire quali dei seguenti decadimenti sono permessi dalle interazioni elettromagnetiche, quali sono permessi dalle interazioni deboli con lo scambio di un singolo bosone, e quali sono vietati da entrambe. Rappresentare i processi permessi mediante diagrammi di Feynman che coinvolgono leptoni e quark.

a) $K_L^0 \rightarrow \pi^- + e^+ + \nu_e$

b) $K_L^0 \rightarrow \pi^0 + e^+ + e^-$

c) $\Sigma^0 \rightarrow \Lambda + e^+ + e^-$

d) $\Sigma^- \rightarrow n + e^- + \bar{\nu}_e$

4*) Calcolare l'energia di soglia del fotone per il processo di fotoproduzione del mesone ω su protone fermo. Determinare nel sistema del laboratorio energia ed impulso dell' ω prodotto. Sempre nel sistema del laboratorio, assumendo che l' ω decada in due fotoni, si derivi l'espressione dell'angolo minimo tra i due fotoni di decadimento. ($M_\omega = 782 \text{ MeV}/c^2$; si suggerisce di approssimare $\gamma \simeq 1 + \beta^2/2$)

5*) Un fascio di protoni di elevata energia incide perpendicolarmente ad uno spettrometro costituito da 9 piani, equispaziati in Z e paralleli al piano XY, di un rivelatore con risoluzione spaziale X di $50 \mu\text{m}$. Sia L la distanza (in Z) tra il primo ed il nono piano. Il rivelatore è immerso in un campo magnetico diretto lungo l'asse Y di intensità $B = 1 \text{ T}$.

- Trascurando scattering multiplo e perdite di energia, si descriva il moto dei protoni nello spettrometro e si stimi la deviazione (sagitta) dal percorso lineare in funzione di R, B e L nell'approssimazione di grandi impulsi.

- Si determini la relazione tra l'incertezza sulla misura dell'impulso e quella sulla determinazione della sagitta sempre per grandi impulsi.

- Assumendo (ai fini della determinazione dell'incertezza) di ottenere la sagitta dalla media delle X misurate, si stimi la lunghezza dello spettrometro (L) necessaria per poter misurare impulsi fino a $5 \text{ TeV}/c$ con incertezza inferiore al 10%.

6*) Si confrontino le principali caratteristiche dei fotomoltiplicatori a vuoto e al silicio nel conteggio di fotoni:

- Efficienza.
- Guadagno.
- Tensione di operazione.
- Conteggi di buio e rumore collegato.
- Linearità e range dinamico.

7) Si definisca il triangolo di unitarietà. Si descriva almeno una misura rilevante inquadrandola nel contesto e rappresentandola attraverso i diagrammi di Feynman che portano agli stati finali che devono essere rivelati.

8) Ad un collider adronico si ricerca una ipotetica risonanza che decade in due corpi di cui uno non rivelabile. Come è possibile ottenere informazioni sulla massa invariante della risonanza? Si definisca e si giustifichi il metodo che può essere utilizzato.

9) Si discutano le previsioni del modello standard per gli accoppiamenti del bosone di Higgs ai fermioni. Si rappresentino attraverso i relativi diagrammi di Feynman alcuni canali di produzione e decadimento rilevanti per la determinazione di questi accoppiamenti. Si delinei la strategia per la determinazione di uno di questi accoppiamenti.

10) Discutere quale canale di decadimento di una coppia di top-antitop consente di misurare la massa del quark top con maggiore precisione. Si delinei una strategia per lo studio di questo canale, disegnandone anche il diagramma di Feynman. Si indichino le più importanti sorgenti di incertezza che compaiono nella determinazione della massa del quark top.

11) Si illustri in modo sintetico la composizione dei raggi cosmici carichi. La si giustifichi in base ai meccanismi di produzione proposti e la si confronti con le abbondanze degli elementi osservate all'interno del sistema solare. Si descrivano brevemente le tecniche utilizzate per la misura nei vari intervalli di energia.

12) È recente l'osservazione di un neutrino cosmico di altissima energia nell'esperimento IceCube in Antartide, in associazione con l'emissione di raggi gamma dalla stessa sorgente da parte di osservatori nello spazio e a terra. Si discutano brevemente

- Le principali caratteristiche di un telescopio per neutrini di origine cosmica.
- Le principali caratteristiche di un telescopio spaziale ottimizzato allo scopo di identificare la sorgente.
- Le principali caratteristiche di un telescopio terrestre ottimizzato per lo studio dello spettro dei fotoni di altissima energia.

- 13) Si dia una descrizione concisa dello spettro dei neutrini prodotti nel sole.
- Si indichino le principali reazioni utilizzate per la rivelazione dei neutrini solari.
 - Per ciascuna di queste si indichino i fondi principali.
 - Si indichino quali sono i valori misurati per i parametri delle oscillazioni dei neutrini solari e si discuta a che tipo di fenomeno vanno soggetti i neutrini all'interno del sole.
- 14) Nella ricerca diretta di WIMP si cerca di rivelare la diffusione elastica di WIMP su nucleoni. Si elenchino le tecniche sperimentali più sensibili a WIMP di massa compresa tra 1 e 1000 GeV/c². Con riferimento ad una di esse si discuta brevemente:
- il range di energia rivelabile;
 - le sorgenti di fondo e i metodi utilizzati per la sua reiezione;
 - gli aspetti rilevanti per il confronto dei risultati con quelli di esperimenti basati su diversi nuclei bersaglio e differenti tecnologie.
- 15) Si illustri lo stato attuale delle ricerche per la rivelazione del decadimento doppio beta senza neutrini. Si mettano a confronto le tecniche sperimentali discutendone brevemente vantaggi e svantaggi. Si commentino le problematiche relative al confronto tra risultati ottenuti con isotopi diversi.
- 16) Un fascio di particelle α di 200 keV di energia colpisce un bersaglio dando luogo ad una reazione (α, γ) con $E_\gamma = 1.46$ MeV, branching ratio del 100%, distribuzione angolare isotropa e rateo di 50 reazioni al giorno. Descrivere un set-up sperimentale che permetta di misurare la sezione d'urto della reazione (α, γ) , specificando:
- il tipo di rivelatore introdotto, motivandone la scelta;
 - le tecniche applicate per ridurre il fondo di laboratorio;
 - le tecniche applicate per ridurre il fondo indotto dal fascio.
- 17) Il candidato descriva una metodologia per la misura dell'intensità di un fascio di ioni o particelle incidente su bersaglio solido. In particolare, discuta in dettaglio: le massime intensità misurabili, le massime intensità di fascio sostenibili dal bersaglio e gli errori sistematici connessi.
- 18) Durante la Big Bang Nucleosintesi (BBN) è stato prodotto carbonio? motivare la risposta. Quali processi producono carbonio nelle stelle?
- 19) È possibile ottenere informazioni sulle interazioni iperone-nucleone e iperone-iperone nelle collisioni di ioni pesanti? In quale modo? Perché queste informazioni sono di interesse per comprendere la stabilità delle stelle di neutroni?

Bando n. 20012/2018 – Concorso per titoli ed esami per 27 posti per 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 sole legally valid.

Second written test

November 7th, 2018

Test n. 3

The time for the test is set in three hours

The test consists in the development of a short text and in the answer to three questions.

- *The subject of the text must be chosen from the "List of Subjects". The number of the selected subject must be clearly noted on the first line.*
- *The three questions must be chosen from the "List of Questions", clearly noting the number of the selected question before each answer. At least two questions must be chosen out of the first six of the list, identified with an asterisk.*

The candidate must keep all the texts in 2 front pages. Please note that when the envelopes are opened, only the front of the sheet, stamped and initialed, will be scanned. Therefore, the back of the sheet will not be available during the evaluation of the test.

List of Subjects

- 1) With reference to a running experiment, in which a calorimeter is used, describe its function, its current performances and its possible evolution in order to improve its performances or to extend its possible uses.
- 2) With reference to a running experiment, in which particle tracking is used, describe its function, its current performances and its possible evolution in order to improve its performances or to extend its possible uses.
- 3) With reference to a running experiment, in which a spectrometer is used, describe its function, its current performances and its possible evolution in order to improve its performances or to extend its possible uses.
- 4) With reference to a running experiment, in which a detector for particle identification is used, describe its function, its current performances and its possible evolution in order to improve its performances or to extend its possible uses.
- 5) With reference to a running experiment, in which an imaging detector is used, describe its function, its current performances and its possible evolution in order to improve its performances or to extend its possible uses.

List of Questions

1*) Discuss the main features of the Bethe-Block function, with the aid of a graph showing its behavior, and identify the function properties allowing to distinguish among different particles.

2*) Discuss the possible photon interactions with matter, describing its features, plotting the various contributions to the total cross section as a function of the energy, and discussing how these contributions change going from low to high Z elements.

3*) Establish which of the following decays are allowed by the electromagnetic interactions, which by weak interactions with the exchange of a single boson, and which are forbidden by both. For the allowed processes, draw Feynman diagrams involving leptons and quarks.

- a) $K_L^0 \rightarrow \pi^- + e^+ + \nu_e$
- b) $K_L^0 \rightarrow \pi^0 + e^+ + e^-$
- c) $\Sigma^0 \rightarrow \Lambda + e^+ + e^-$
- d) $\Sigma^- \rightarrow n + e^- + \bar{\nu}_e$

4*) Calculate the photon threshold energy for the ω meson photoproduction on proton at rest. Determine ω energy and momentum in the laboratory frame and, assuming ω decaying to two photons, derive the expression for the minimum angle between these two photons. ($M_\omega = 548 \text{ MeV}/c^2$; we suggest approximating $\gamma \simeq 1 + \beta^2/2$)

5*) A beam of high-energy protons enters perpendicularly a spectrometer made of 9 planes of a tracker with spatial resolution in X of $50 \mu\text{m}$. Tracker planes are placed at equally spaced distances along Z and parallel to the XY plane. Let L be the distance (in Z) between the first and ninth plane. The detector is immersed in a magnetic field directed along the Y-axis with intensity $B = 1 \text{ T}$.

- Neglecting multiple scattering and energy losses, describe the proton motion in the spectrometer and estimate the deviation (sagitta) from the straight path as a function of R, B and L in the approximation of large momenta.
- Determine the relationship between the uncertainty on momentum and that on the sagitta again for large momenta.
- Assuming (for the purpose of determining uncertainty) to obtain the sagitta from the mean of the measured X values, estimate the length of the spectrometer (L) necessary to measure momenta up to $5 \text{ TeV}/c$ with an uncertainty less than 10%.

6*) Compare the main features of vacuum and silicon photomultipliers in photon counting applications:

- Efficiency.
- Gain.
- Operating voltage.
- Dark counts and correlated noise.
- Linearity and dynamic range.

7) Define the unitary triangle. Describe at least one measurement relevant in this framework and draw the Feynman diagrams leading to the final states to be detected.

8) At a hadron collider a search is performed for a hypothetical resonance decaying in two bodies, one of which not detectable. How one can get information on the resonance invariant mass? Illustrate and justify the method that can be used.

9) Discuss the standard model predictions for Higgs boson couplings to fermions. Represent with Feynman diagrams some production and decay channels relevant for the determination of these couplings. Outline the strategy to determine one of these couplings.

10) Discuss which decay channel of a top-antitop quark pair allows to measure the top quark mass with the best precision. Outline a strategy to study this channel and draw its Feynman diagram. List the main uncertainty sources in the top quark mass determination.

11) Summarize the composition of charged cosmic rays. Justify it on the base of the proposed production mechanisms and compare it with abundances of the elements observed within the solar system. Briefly describe the techniques used for the composition measurement in the various energy.

12) The IceCube experiment in Antarctica recently reported the observation of a very high energy neutrino event, which was found to be associated with gamma emission by space and Earth based observatories. Briefly discuss:

- The main characteristics of a cosmic neutrino telescope.
- The main characteristics of a space telescope optimized to detect the source of the event.
- The main characteristics of a terrestrial telescope optimized to study the spectrum of the gamma ray emission at high energies.

- 13) Give a concise description of the neutrino spectrum produced in the Sun.
- Indicate the main reactions used for the detection of solar neutrinos.
 - For each one of them provide the main experimental background.
 - Indicate the measured values for the parameters of the solar neutrino oscillations and discuss what kind of phenomena neutrinos undergo within the Sun.
- 14) WIMP direct detection experiments search for WIMP elastic scattering on nucleons. List the most sensitive experimental techniques for WIMP masses between 1 and 1000 GeV/c². For one of them briefly discuss:
- the energy range;
 - the background sources and rejection methods;
 - the most relevant issues in comparing results from different experiments.
- 15) Illustrate the state of the art of neutrinoless double beta decay experiments. Compare the experimental techniques listing for each of them advantages and limitations. What are the issues arising in comparing neutrinoless double beta decay experiments using different nuclei?
- 16) An (α, γ) reaction is produced by a 200 keV energy α particle beam. The gamma ray has the energy of 1.46 MeV, 100% branching ratio and isotropic angular distribution. The rate is 50 reactions/day. Describe an experimental set-up suitable for measuring the cross section of the (α, γ) reaction. In particular, specify:
- the gamma ray detector used and the reasons for its choice;
 - the methods employed to suppress the laboratory background;
 - the methods employed to suppress the beam induced background.
- 17) Describe a method to measure the intensity of an ion or particle beam hitting a solid target. In particular, discuss the highest measurable intensity, the highest intensity sustainable by the target, and the systematic errors.
- 18) Has carbon been produced during the Big Bang Nucleosynthesis (BBN)? Justify your answer. Which processes are producing carbon inside stars?
- 19) Is it possible to get information on hyperon-nucleon and hyperon-hyperon interactions in heavy ion collisions? How? Why are such information important to understand neutron star stability?