

**DOMANDE CONCORSO PUBBLICO PER TITOLI ED ESAMI PER 10
POSTI CON IL PROFILO PROFESSIONALE DI RICERCATORE DI III
LIVELLO PROFESSIONALE CON CONTRATTO DI LAVORO A TEMPO
INDETERMINATO PER ATTIVITÀ DI RICERCA NELL'AMBITO DELLA
FISICA TEORICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI -
TI/INFN/R3/27373 - PROVA SCRITTA - BUSTA 2**

-
- 1) Rispondere all'elaborato di seguito riportato. I candidati potranno rispondere utilizzando la tastiera e/o il pennino forniti.
Scegliere un argomento di interesse attuale per l'INFN nell'ambito della ricerca in fisica teorica e illustrarlo esponendone i termini generali e discutendo in dettaglio un aspetto specifico.

NOTE: the English version is a courtesy translation. The Italian version of this text is the only legally valid. Candidates are required to respond to the essay topic provided below. Responses may be submitted using the keyboard and/or stylus supplied.

Choose a topic of current interest to INFN in the field of theoretical physics research and illustrate it by explaining the general terms and discussing a specific aspect in detail.

-
- 2) In riferimento all'elaborato precedente, il candidato, a corredo del testo prodotto con tastiera, può inserire in questa sezione una parte grafica tramite pennino.

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

With regard to the essay topic, the candidate may use this section to add a graphic element with the stylus, as a supplement to the text produced with the keyboard.

-
- 3) Rispondere in totale solo a due dei dieci quesiti presenti in allegato utilizzando il pennino. ATTENZIONE: in questa sezione è possibile rispondere ad uno solo tra quelli proposti. Nella risposta indicare necessariamente il numero del quesito scelto.

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

Candidates must answer only two of the ten questions included in the annex, using the stylus. PLEASE

NOTE: In this section, it is only permitted to answer one of the proposed questions. The response must clearly indicate the number of the selected question.

MB 953
GR
B

Quesiti

1. Illustrare il meccanismo di generazione delle masse dei fermioni nel Modello Standard e il fenomeno del mescolamento tra le generazioni, discutendo in qualche dettaglio un processo fisico rilevante in questo contesto.
2. La diffusione di particelle da un centro fisso costituisce un metodo d'indagine di grande importanza: discutere il problema a livello classico e/o quantistico. Fornire almeno un esempio in maniera dettagliata, discutendo le eventuali divergenze infrarosse.
3. Illustrare il ruolo della cromodinamica quantistica nel modello a partoni e la violazione dello scaling.
4. Le simmetrie chirali in fisica delle interazioni fondamentali possono presentare delle anomalie: discutere il problema in generale e fornire almeno un esempio in maniera dettagliata.
5. I buchi neri sono una predizione della Relatività Generale: discutere le proprietà generali di tali soluzioni classiche e le implicazioni peculiari degli effetti quantistici. Trattare almeno un esempio in un certo dettaglio.
6. L'ampiezza di Veneziano per le interazioni forti: discuterne le motivazioni, le proprietà principali e l'interpretazione in termini di stringa adronica.
7. Si discuta il ruolo della stranezza nella fisica degli ipernuclei e della materia nucleare densa, illustrando in particolare le conseguenze sulla struttura degli oggetti astrofisici compatti.
8. L'energia di simmetria nucleare è uno dei più importanti concetti della fisica nucleare. Se ne discuta il ruolo in riferimento alla struttura dei nuclei e all'equazione di stato della materia nucleare.
9. Le serie perturbative in teoria dei campi quantistici possono essere sommate a tutti gli ordini in particolari regimi cinematici; in alternativa si deve ricorrere all'utilizzo di metodi non-perturbativi e numerici. Illustrare il problema e fornire un esempio dell'uno o dell'altro approccio.
10. Transizioni di fase e fenomeno di condensazione di Bose-Einstein: discutere i fenomeni in generale e trattare almeno un esempio in dettaglio.

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

Questions

1. *Illustrate the mechanism of fermion mass generation in the Standard Model and the phenomenon of generation mixing, discussing in some detail a relevant physical process in this context.*
2. *The scattering of particles from a fixed center represents a method of investigation of primary importance: discuss the problem at a classical and/or quantum level. Provide at least one detailed example, discussing any potential infrared divergences.*
3. *Illustrate the role of quantum chromodynamics in the parton model and the scaling violation.*
4. *Chiral symmetries in the physics of fundamental interactions can exhibit anomalies: discuss the problem in general and provide at least one detailed example.*
5. *Black holes are a prediction of General Relativity: discuss the general properties of these classical solutions and the peculiar implications of quantum effects. Discuss at least one example in some detail.*
6. *The Veneziano amplitude for strong interactions: discuss its motivations, main properties, and interpretation in terms of a hadronic string.*
7. *Discuss the role of strangeness in the physics of hypernuclei and dense nuclear matter, with particular emphasis on its consequences for the structure of compact astrophysical objects.*
8. *The nuclear symmetry energy is one of the most crucial concepts in nuclear physics. Discuss its role with respect to finite nuclei structure and the equation of state of nuclear matter.*
9. *Perturbative series in quantum field theory can be summed to all orders in particular kinematic regimes; alternatively, non-perturbative and numerical methods must be used. Illustrate the problem and give an example of one or the other approach.*
10. *Phase transitions and Bose-Einstein condensation: discuss the phenomena in general and treat at least one example in detail.*



-
- 4) Rispondere in totale solo a due dei dieci quesiti presenti in allegato utilizzando il pennino. **ATTENZIONE:** in questa sezione è possibile rispondere ad uno solo tra quelli proposti. Nella risposta indicare

necessariamente il numero del quesito scelto.

NOTE: the English version is a courtesy translation. The Italian version of this text is the only legally valid. Candidates must answer only two of the ten questions Included in the annex, using the stylus. PLEASE

NOTE: In this section, it is only permitted to answer one of the proposed questions. The response must clearly indicate the number of the selected question.

le B C D E
G H I

Quesiti

1. Illustrare il meccanismo di generazione delle masse dei fermioni nel Modello Standard e il fenomeno del mescolamento tra le generazioni, discutendo in qualche dettaglio un processo fisico rilevante in questo contesto.
2. La diffusione di particelle da un centro fisso costituisce un metodo d'indagine di grande importanza: discutere il problema a livello classico e/o quantistico. Fornire almeno un esempio in maniera dettagliata, discutendo le eventuali divergenze infrarosse.
3. Illustrare il ruolo della cromodinamica quantistica nel modello a partoni e la violazione dello scaling.
4. Le simmetrie chirali in fisica delle interazioni fondamentali possono presentare delle anomalie: discutere il problema in generale e fornire almeno un esempio in maniera dettagliata.
5. I buchi neri sono una predizione della Relatività Generale: discutere le proprietà generali di tali soluzioni classiche e le implicazioni peculiari degli effetti quantistici. Trattare almeno un esempio in un certo dettaglio.
6. L'ampiezza di Veneziano per le interazioni forti: discuterne le motivazioni, le proprietà principali e l'interpretazione in termini di stringa adronica.
7. Si discuta il ruolo della stranezza nella fisica degli ipernuclei e della materia nucleare densa, illustrando in particolare le conseguenze sulla struttura degli oggetti astrofisici compatti.
8. L'energia di simmetria nucleare è uno dei più importanti concetti della fisica nucleare. Se ne discuta il ruolo in riferimento alla struttura dei nuclei e all'equazione di stato della materia nucleare.
9. Le serie perturbative in teoria dei campi quantistici possono essere sommate a tutti gli ordini in particolari regimi cinematici; in alternativa si deve ricorrere all'utilizzo di metodi non-perturbativi e numerici. Illustrare il problema e fornire un esempio dell'uno o dell'altro approccio.
10. Transizioni di fase e fenomeno di condensazione di Bose-Einstein: discutere i fenomeni in generale e trattare almeno un esempio in dettaglio.

WGB
/ 92 \$

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

Questions

1. *Illustrate the mechanism of fermion mass generation in the Standard Model and the phenomenon of generation mixing, discussing in some detail a relevant physical process in this context.*
2. *The scattering of particles from a fixed center represents a method of investigation of primary importance: discuss the problem at a classical and/or quantum level. Provide at least one detailed example, discussing any potential infrared divergences.*
3. *Illustrate the role of quantum chromodynamics in the parton model and the scaling violation.*
4. *Chiral symmetries in the physics of fundamental interactions can exhibit anomalies: discuss the problem in general and provide at least one detailed example.*
5. *Black holes are a prediction of General Relativity: discuss the general properties of these classical solutions and the peculiar implications of quantum effects. Discuss at least one example in some detail.*
6. *The Veneziano amplitude for strong interactions: discuss its motivations, main properties, and interpretation in terms of a hadronic string.*
7. *Discuss the role of strangeness in the physics of hypernuclei and dense nuclear matter, with particular emphasis on its consequences for the structure of compact astrophysical objects.*
8. *The nuclear symmetry energy is one of the most crucial concepts in nuclear physics. Discuss its role with respect to finite nuclei structure and the equation of state of nuclear matter.*
9. *Perturbative series in quantum field theory can be summed to all orders in particular kinematic regimes; alternatively, non-perturbative and numerical methods must be used. Illustrate the problem and give an example of one or the other approach.*
10. *Phase transitions and Bose-Einstein condensation: discuss the phenomena in general and treat at least one example in detail.*

*MB983
GR*

DOMANDE CONCORSO PUBBLICO PER TITOLI ED ESAMI PER 10 POSTI CON IL PROFILO PROFESSIONALE DI RICERCATORE DI III LIVELLO PROFESSIONALE CON CONTRATTO DI LAVORO A TEMPO INDETERMINATO PER ATTIVITÀ DI RICERCA NELL'AMBITO DELLA FISICA TEORICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI - TI/INFN/R3/27373 - PROVA SCRITTA - BUSTA 1

-
- 1) Rispondere all'elaborato di seguito riportato. I candidati potranno rispondere utilizzando la tastiera e/o il pennino forniti.
Scegliere un argomento di interesse attuale per l'INFN nell'ambito della ricerca in fisica teorica e illustrarlo esponendone i termini generali e discutendo in dettaglio un aspetto specifico.

NOTE: the English version is a courtesy translation. The Italian version of this text is the only legally valid. Candidates are required to respond to the essay topic provided below. Responses may be submitted using the keyboard and/or stylus supplied.
Choose a topic of current interest to INFN in the field of theoretical physics research and illustrate it by explaining the general terms and discussing a specific aspect in detail.

-
- 2) In riferimento all'elaborato precedente, il candidato, a corredo del testo prodotto con tastiera, può inserire in questa sezione una parte grafica tramite pennino.

NOTE: the English version is a courtesy translation. The Italian version of this text is the only legally valid.
With regard to the essay topic, the candidate may use this section to add a graphic element with the stylus, as a supplement to the text produced with the keyboard.

-
- 3) Rispondere in totale solo a due dei dieci quesiti presenti in allegato utilizzando il pennino. ATTENZIONE: in questa sezione è possibile rispondere ad uno solo tra quelli proposti. Nella risposta indicare necessariamente il numero del quesito scelto.

NOTE: the English version is a courtesy translation. The Italian version of this text is the only legally valid. Candidates must answer only two of the ten questions included in the annex, using the stylus. PLEASE NOTE: In this section, it is only permitted to answer one of the proposed questions. The response must clearly indicate the number of the selected question.

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

Questions

1. *Explain the mechanism of spontaneous breaking of a gauge symmetry and the generation of vector boson masses in the Standard Model or one of its extensions.*
2. *Atomic or nuclear transitions: discuss the emission and absorption of radiation in time-dependent perturbation theory, including possible selection rules. Give a detailed example.*
3. *Describe the mechanism of cancellation of infrared singularities in gauge theories.*
4. *Scale invariance plays an important role in physics: discuss its general properties, implications and possible violation, providing at least one example in detail.*
5. *Gravitational waves are one of the predictions of General Relativity: discuss their basic characteristics and treat the emission in at least one example in some detail.*
6. *The existence of extra dimensions of space-time is predicted by several theories of fundamental interactions: describe their implications in general and discuss at least one example in detail.*
7. *The study of exotic nuclei, located far from the valley of stability, allows us to verify and optimize models of nuclear structure. Illustrate a model of nuclear structure, discussing its predictions and limits of applicability, and discuss an example of an exotic nucleus in detail.*
8. *Discuss the experimental evidence for the existence of dark matter and illustrate at least one of the theoretical models proposed to explain its nature, highlighting the possibility of an experimental verification.*
9. *Chiral perturbation theory is a fundamental approach to the construction of hadronic and nuclear interactions. Explain the basic principles of this theory, highlighting how it organizes the expansion of nuclear forces and the construction of two-, three- and many-body interactions.*
10. *Explain the Pauli exclusion principle and Fermi-Dirac statistics by discussing general aspects and a relevant application in detail.*

Quesiti

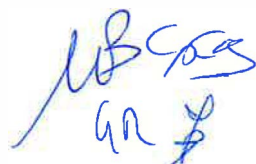
1. Illustrare il meccanismo di rottura spontanea di una simmetria di gauge e la generazione delle masse dei bosoni vettori nel Modello Standard o in una delle sue estensioni.
2. Transizioni atomiche o nucleari: discutere l'emissione e l'assorbimento di radiazione in teoria delle perturbazioni dipendenti dal tempo, incluse le eventuali regole di selezione. Fornire un esempio in maniera dettagliata.
3. Descrivere il meccanismo di cancellazione delle singolarità infrarosse nelle teorie di gauge.
4. L'invarianza di scala gioca un ruolo importante in fisica: discuterne le proprietà in generale, le implicazioni e l'eventuale violazione, fornendo almeno un esempio in maniera dettagliata.
5. Le onde gravitazionali costituiscono una delle predizioni della Relatività Generale: discuterne le caratteristiche basilari e trattare l'emissione in almeno un esempio in qualche dettaglio.
6. L'esistenza di dimensioni extra dello spazio-tempo è prevista da diverse teorie delle interazioni fondamentali: descriverne le implicazioni in generale e trattare almeno un esempio in dettaglio.
7. Lo studio dei nuclei esotici, situati lontano dalla valle di stabilità, permette di verificare e ottimizzare i modelli di struttura nucleare. Si illustri un modello di struttura nucleare discutendone predizioni e limiti di applicabilità, e si tratti un esempio di nucleo esotico in dettaglio.
8. Si discutano le evidenze sperimentali dell'esistenza della materia oscura e si illustri almeno uno dei modelli teorici proposti per spiegarne la natura, mettendo in luce la possibilità di una verifica sperimentale.
9. La teoria delle perturbazioni chirale rappresenta un approccio fondamentale per la costruzione delle interazioni adroniche e nucleari. Si illustrino i principi fondamentali di questa teoria, evidenziando come essa permetta di organizzare l'espansione delle forze nucleari e la costruzione delle interazioni a due, tre e più corpi.
10. Illustrare il principio di esclusione di Pauli e la statistica di Fermi-Dirac discutendo gli aspetti generali e trattando in dettaglio un'applicazione rilevante.

-
- 4) Rispondere in totale solo a due dei dieci quesiti presenti in allegato utilizzando il pennino. ATTENZIONE: in questa sezione è possibile rispondere ad uno solo tra quelli proposti. Nella risposta indicare

necessariamente il numero del quesito scelto.

NOTE: the English version is a courtesy translation. The Italian version of this text is the only legally valid. Candidates must answer only two of the ten questions included in the annex, using the stylus. PLEASE

NOTE: In this section, it is only permitted to answer one of the proposed questions. The response must clearly indicate the number of the selected question.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'M' followed by 'C' and 'S', with 'an' and a dollar sign below it.

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

Questions

1. *Explain the mechanism of spontaneous breaking of a gauge symmetry and the generation of vector boson masses in the Standard Model or one of its extensions.*
2. *Atomic or nuclear transitions: discuss the emission and absorption of radiation in time-dependent perturbation theory, including possible selection rules. Give a detailed example.*
3. *Describe the mechanism of cancellation of infrared singularities in gauge theories.*
4. *Scale invariance plays an important role in physics: discuss its general properties, implications and possible violation, providing at least one example in detail.*
5. *Gravitational waves are one of the predictions of General Relativity: discuss their basic characteristics and treat the emission in at least one example in some detail.*
6. *The existence of extra dimensions of space-time is predicted by several theories of fundamental interactions: describe their implications in general and discuss at least one example in detail.*
7. *The study of exotic nuclei, located far from the valley of stability, allows us to verify and optimize models of nuclear structure. Illustrate a model of nuclear structure, discussing its predictions and limits of applicability, and discuss an example of an exotic nucleus in detail.*
8. *Discuss the experimental evidence for the existence of dark matter and illustrate at least one of the theoretical models proposed to explain its nature, highlighting the possibility of an experimental verification.*
9. *Chiral perturbation theory is a fundamental approach to the construction of hadronic and nuclear interactions. Explain the basic principles of this theory, highlighting how it organizes the expansion of nuclear forces and the construction of two-, three- and many-body interactions.*
10. *Explain the Pauli exclusion principle and Fermi-Dirac statistics by discussing general aspects and a relevant application in detail.*

Quesiti

1. Illustrare il meccanismo di rottura spontanea di una simmetria di gauge e la generazione delle masse dei bosoni vettori nel Modello Standard o in una delle sue estensioni.
2. Transizioni atomiche o nucleari: discutere l'emissione e l'assorbimento di radiazione in teoria delle perturbazioni dipendenti dal tempo, incluse le eventuali regole di selezione. Fornire un esempio in maniera dettagliata.
3. Descrivere il meccanismo di cancellazione delle singolarità infrarosse nelle teorie di gauge.
4. L'invarianza di scala gioca un ruolo importante in fisica: discuterne le proprietà in generale, le implicazioni e l'eventuale violazione, fornendo almeno un esempio in maniera dettagliata.
5. Le onde gravitazionali costituiscono una delle predizioni della Relatività Generale: discuterne le caratteristiche basilari e trattare l'emissione in almeno un esempio in qualche dettaglio.
6. L'esistenza di dimensioni extra dello spazio-tempo è prevista da diverse teorie delle interazioni fondamentali: descriverne le implicazioni in generale e trattare almeno un esempio in dettaglio.
7. Lo studio dei nuclei esotici, situati lontano dalla valle di stabilità, permette di verificare e ottimizzare i modelli di struttura nucleare. Si illustri un modello di struttura nucleare discutendone predizioni e limiti di applicabilità, e si tratti un esempio di nucleo esotico in dettaglio.
8. Si discutano le evidenze sperimentali dell'esistenza della materia oscura e si illustri almeno uno dei modelli teorici proposti per spiegarne la natura, mettendo in luce la possibilità di una verifica sperimentale.
9. La teoria delle perturbazioni chirale rappresenta un approccio fondamentale per la costruzione delle interazioni adroniche e nucleari. Si illustrino i principi fondamentali di questa teoria, evidenziando come essa permetta di organizzare l'espansione delle forze nucleari e la costruzione delle interazioni a due, tre e più corpi.
10. Illustrare il principio di esclusione di Pauli e la statistica di Fermi-Dirac discutendo gli aspetti generali e trattando in dettaglio un'applicazione rilevante.

MBG
GR

DOMANDE CONCORSO PUBBLICO PER TITOLI ED ESAMI PER 10 POSTI CON IL PROFILO PROFESSIONALE DI RICERCATORE DI III LIVELLO PROFESSIONALE CON CONTRATTO DI LAVORO A TEMPO INDETERMINATO PER ATTIVITÀ DI RICERCA NELL'AMBITO DELLA FISICA TEORICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI - TI/INFN/R3/27373 - PROVA SCRITTA - BUSTA 3

-
- 1) Rispondere all'elaborato di seguito riportato. I candidati potranno rispondere utilizzando la tastiera e/o il pennino forniti.
Scegliere un argomento di interesse attuale per l'INFN nell'ambito della ricerca in fisica teorica e illustrarlo esponendone i termini generali e discutendo in dettaglio un aspetto specifico.

NOTE: the English version is a courtesy translation. The Italian version of this text is the only legally valid. Candidates are required to respond to the essay topic provided below. Responses may be submitted using the keyboard and/or stylus supplied.
Choose a topic of current interest to INFN in the field of theoretical physics research and illustrate it by explaining the general terms and discussing a specific aspect in detail.

-
- 2) In riferimento all'elaborato precedente, il candidato, a corredo del testo prodotto con tastiera, può inserire in questa sezione una parte grafica tramite pennino.

NOTE: the English version is a courtesy translation. The Italian version of this text is the only legally valid.
With regard to the essay topic, the candidate may use this section to add a graphic element with the stylus, as a supplement to the text produced with the keyboard.

-
- 3) Rispondere in totale solo a due dei dieci quesiti presenti in allegato utilizzando il pennino. ATTENZIONE: in questa sezione è possibile rispondere ad uno solo tra quelli proposti. Nella risposta indicare necessariamente il numero del quesito scelto.

NOTE: the English version is a courtesy translation. The Italian version of this text is the only legally valid. Candidates must answer only two of the ten questions included in the annex, using the stylus. PLEASE NOTE: In this section, it is only permitted to answer one of the proposed questions. The response must clearly indicate the number of the selected question.

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

Questions

1. *Illustrate the possible extensions of the Standard Model aimed at introducing mass terms for neutrinos and discuss the relation with the phenomenon of lepton flavour oscillations.*
2. *Discuss the main difficulties in computing the coefficients of high-order perturbative series in gauge theories and one of the techniques used to overcome them.*
3. *Discuss the radiative corrections to the interaction vertex in quantum electrodynamics in relation to the anomalous magnetic moment of fermions.*
4. *Illustrate the phenomenon of factorization of collinear singularities in Quantum Chromodynamics.*
5. *Friedman-Lemaitre-Robertson-Walker models are the basis of the Standard Cosmological Model: discuss their general properties and current issues, providing at least one simple model in some detail.*
6. *Supersymmetry represents a possible property of fundamental interactions: discuss its implications in general, providing at least one model in some detail.*
7. *Discuss ab-initio many-body quantum methods used in the study of nuclear matter or condensed matter, highlighting their strengths and weaknesses.*
8. *Discuss the formation of Quark-Gluon Plasma (QGP) in relativistic collisions between heavy ions and the possible connection with the matter present in neutron stars, highlighting differences and similarities between the two scenarios. Illustrate the theoretical and computational challenges in describing deconfined matter at high densities and/or temperatures.*
9. *The advent of multi-messenger astronomy has opened a new era in the study of the Universe. Discuss which astrophysical events can be effectively studied through multi-messenger astronomy and which fundamental physics problems could be answered.*
10. *The semi-classical approximation in quantum mechanics or quantum field theory: briefly discuss a specific example.*

42 CFB
ZLB

Quesiti

1. Illustrare le possibili estensioni del Modello Standard rivolte all'introduzione di termini di massa per i neutrini e discutere la relazione con il fenomeno dell'oscillazione del flavor leptonico.
2. Discutere le principali difficoltà nel calcolo dei coefficienti delle serie perturbative ad alti ordini in teorie di gauge e una delle tecniche utilizzate per superarle.
3. Discutere le correzioni radiative al vertice di interazione dell'elettrodinamica quantistica in relazione al momento magnetico anomalo dei fermioni.
4. Illustrare il fenomeno della fattorizzazione delle singolarità collineari in Cromodinamica Quantistica.
5. I modelli di Friedman-Lemaître-Robertson-Walker sono alla base del Modello Cosmologico Standard: discuterne le proprietà generali e le problematiche attuali, fornendo almeno un semplice modello con un certo dettaglio.
6. La supersimmetria rappresenta una possibile proprietà delle interazioni fondamentali: discuterne le implicazioni in generale, fornendo almeno un modello in un certo dettaglio.
7. Si discutano i principali metodi quantistici a molti corpi ab-initio utilizzati nello studio della materia nucleare o della materia condensata, evidenziandone punti di forza e criticità.
8. Discutere la formazione del Quark-Gluon Plasma (QGP) nelle collisioni relativistiche tra ioni pesanti e il possibile legame con la materia presente nelle stelle di neutroni, evidenziando differenze e somiglianze fra i due scenari. Illustrare le sfide teoriche e computazionali nel descrivere la materia deconfinata in condizioni di densità e/o temperature elevate.
9. L'avvento dell'astronomia multimessaggera ha aperto una nuova era nello studio dell'Universo. Si discutano quali eventi astrofisici possano essere studiati efficacemente attraverso l'astronomia multimessaggera e quali problemi di fisica fondamentale potrebbero trovare risposta.
10. L'approssimazione semi-classica in meccanica quantistica o in teoria dei campi quantistici: discutere brevemente un esempio specifico.

GR
GR
GR
GR

- 4) Rispondere in totale solo a due dei dieci quesiti presenti in allegato utilizzando il pennino. ATTENZIONE: in questa sezione è possibile rispondere ad uno solo tra quelli proposti. Nella risposta indicare

necessariamente il numero del quesito scelto.

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

Candidates must answer only two of the ten questions included in the annex, using the stylus. PLEASE

NOTE: In this section, it is only permitted to answer one of the proposed questions. The response must clearly indicate the number of the selected question.

GR
GRB

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

Questions

1. *Illustrate the possible extensions of the Standard Model aimed at introducing mass terms for neutrinos and discuss the relation with the phenomenon of lepton flavour oscillations.*
2. *Discuss the main difficulties in computing the coefficients of high-order perturbative series in gauge theories and one of the techniques used to overcome them.*
3. *Discuss the radiative corrections to the interaction vertex in quantum electrodynamics in relation to the anomalous magnetic moment of fermions.*
4. *Illustrate the phenomenon of factorization of collinear singularities in Quantum Chromodynamics.*
5. *Friedman-Lemaître-Robertson-Walker models are the basis of the Standard Cosmological Model: discuss their general properties and current issues, providing at least one simple model in some detail.*
6. *Supersymmetry represents a possible property of fundamental interactions: discuss its implications in general, providing at least one model in some detail.*
7. *Discuss ab-initio many-body quantum methods used in the study of nuclear matter or condensed matter, highlighting their strengths and weaknesses.*
8. *Discuss the formation of Quark-Gluon Plasma (QGP) in relativistic collisions between heavy ions and the possible connection with the matter present in neutron stars, highlighting differences and similarities between the two scenarios. Illustrate the theoretical and computational challenges in describing deconfined matter at high densities and/or temperatures.*
9. *The advent of multi-messenger astronomy has opened a new era in the study of the Universe. Discuss which astrophysical events can be effectively studied through multi-messenger astronomy and which fundamental physics problems could be answered.*
10. *The semi-classical approximation in quantum mechanics or quantum field theory: briefly discuss a specific example.*

GR
CPB
MB

Quesiti

1. Illustrare le possibili estensioni del Modello Standard rivolte all'introduzione di termini di massa per i neutrini e discutere la relazione con il fenomeno dell'oscillazione del flavor leptonico.
2. Discutere le principali difficoltà nel calcolo dei coefficienti delle serie perturbative ad alti ordini in teorie di gauge e una delle tecniche utilizzate per superarle.
3. Discutere le correzioni radiative al vertice di interazione dell'elettrodinamica quantistica in relazione al momento magnetico anomalo dei fermioni.
4. Illustrare il fenomeno della fattorizzazione delle singolarità collineari in Cromodinamica Quantistica.
5. I modelli di Friedman-Lemaitre-Robertson-Walker sono alla base del Modello Cosmologico Standard: discuterne le proprietà generali e le problematiche attuali, fornendo almeno un semplice modello con un certo dettaglio.
6. La supersimmetria rappresenta una possibile proprietà delle interazioni fondamentali: discuterne le implicazioni in generale, fornendo almeno un modello in un certo dettaglio.
7. Si discutano i principali metodi quantistici a molti corpi ab-initio utilizzati nello studio della materia nucleare o della materia condensata, evidenziandone punti di forza e criticità.
8. Discutere la formazione del Quark-Gluon Plasma (QGP) nelle collisioni relativistiche tra ioni pesanti e il possibile legame con la materia presente nelle stelle di neutroni, evidenziando differenze e somiglianze fra i due scenari. Illustrare le sfide teoriche e computazionali nel descrivere la materia deconfinata in condizioni di densità e/o temperature elevate.
9. L'avvento dell'astronomia multimessaggera ha aperto una nuova era nello studio dell'Universo. Si discutano quali eventi astrofisici possano essere studiati efficacemente attraverso l'astronomia multimessaggera e quali problemi di fisica fondamentale potrebbero trovare risposta.
10. L'approssimazione semi-classica in meccanica quantistica o in teoria dei campi quantistici: discutere brevemente un esempio specifico.