

(English version on the other side of the page)

I candidati devono svolgere entrambi i temi proposti di seguito avendo a disposizione un tempo totale pari a tre ore.

La prova scritta sarà valutata con una votazione complessiva attribuita in base ai criteri di seguito indicati:

- conoscenza degli argomenti trattati
- correttezza, consequenzialità, organicità e linearità della trattazione
- aderenza al tema preposto e adeguato approfondimento dell'argomento svolto
- capacità di analisi e di sintesi;

TEMA 1: si descriva, in un massimo di **due** facciate A4/foglio protocollo, una linea di ricerca attuale in Fisica e su come tale linea possa svilupparsi in un progetto che richieda calcolo ad alte prestazioni e/o metodi di analisi dati innovativi in ambito scientifico;

TEMA 2: si descrivano, utilizzando in totale un massimo di **tre** facciate A4/foglio protocollo, in modo dettagliato e quantitativo (includere eventualmente formule, modelli matematici, ordini di grandezza delle quantità in gioco, stime numeriche) i punti di forza ed eventuali limitazioni di **due** tra i seguenti algoritmi/tecniche per calcolo scientifico e analisi dati:

- Quali sono i vantaggi di reti neurali convolutive, ricorsive o basate su grafi rispetto ad architetture feedforward
- Tecniche e algoritmi di Machine Learning non basate su reti neurali
- Si discutano le criticità di una computing grid internazionale che gestisca decine di migliaia di computing cores e decine di PB di storage
- Si descrivano i punti chiave e le criticità dello sviluppo di algoritmi paralleli
- Quali sono le problematiche più importanti di cui tener conto nello sviluppo di un sistema di analisi sincro/real-time ad alta frequenza e alto throughput
- Risoluzione numerica di PDE
- Importance sampling MC
- HPC molecular dynamics
- Algoritmi per sistemi quantistici in ambito HPC

English version

Candidates must write two dissertations on both themes proposed below, within a total time of three hours.

The dissertations will be assessed with an overall grade assigned on the basis of the following criteria:

- knowledge of the topics covered
- correctness, consequentiality, organicity and linearity of the treatment
- adherence to the topic of the PhD and adequate discussion of details
- ability to analyze and synthesize;

TOPIC 1: describe, in a maximum of **two** A4 pages / protocol sheet, a current line of research in Physics and on how this line can develop into a project that requires high performance computing and / or innovative data analysis methods in the scientific field;

TOPIC 2: describe the strengths and any limitations, using a maximum of **three** A4 pages / protocol sheet, in a detailed and quantitative way (possibly including formulas, mathematical models, orders of magnitude of the quantities involved, numerical estimates) of **two** of the following algorithms/techniques for scientific computing and data analysis:

- What are the advantages of convolutional, recursive or graph-based neural networks over feedforward architectures
- Machine Learning techniques and algorithms not based on neural networks
- The critical issues of an international computing grid that manages tens of thousands of computing cores and tens of PB of storage
- The key points and critical issues of the development of parallel algorithms
- What are the most important issues to take into account in the development of a high frequency and high throughput synchronous / real-time analysis system
- Numerical resolution of PDE
- Importance sampling MC
- HPC molecular dynamics
- Algorithms for quantum systems in the HPC field