

Dipartimento di Fisica
Anno Accademico 2020/21
Registro lezioni del docente BASSI ANGELO

Attività didattica

INTRODUCTION TO QUANTUM MECHANICS AND QUANTUM COMPUTING [475SM], NUOVE FRONTIERE DELLA MECCANICA QUANTISTICA [775SM], MECCANICA QUANTISTICA AVANZATA [999SM], MECCANICA QUANTISTICA E RELATIVITA' SPECIALE [461SM]

Periodo di svolgimento: *Primo Semestre*

Docente titolare del corso: BASSI ANGELO matr. 008253

Riepilogo registro docente:

BASSI ANGELO matr. 008253

Docente interno - Professori Associati

Stato registro docente: Stampato

Ore inserite: 72 ore

Ore previste dall'offerta didattica: 72 ore

Gruppi di studenti con i quali è stata svolta l'attività - ore per gruppo

- prevista per tutti gli studenti (senza gruppi associati) - 72 ore

Ore inserite per tipologia di attività

72 ore lezione :

- prevista per tutti gli studenti (senza gruppi associati) - 72 ore

Firma del docente:.....

Firma del direttore:.....

Data:.....

Dettaglio delle attività svolte:**MECCANICA QUANTISTICA AVANZATA [999SM]****05/10/2020 - lezione -****Docente:** BASSI ANGELO**Ora inizio:** 14:00**Ora fine:** 16:00**Ore accademiche:** 2**Titolo attività:**

Lezione 1

Descrizione attività:

Introduction to the course. Circuit model for classical computation: input bits, output bits, gates.

Examples of logical gates; universal set of gates. Reversible vs irreversible gates.

07/10/2020 - lezione -**Docente:** BASSI ANGELO**Ora inizio:** 14:00**Ora fine:** 16:00**Ore accademiche:** 2**Titolo attività:**

Lezione 2

Descrizione attività:

Probabilistic computational model and vector formulation. Examples. Quantum physics for a new model of computation. Review of linear algebra: vectors, basis vectors, computational basis. Inner product, norm. Dual vectors.

09/10/2020 - lezione -**Docente:** BASSI ANGELO**Ora inizio:** 11:00**Ora fine:** 13:00**Ore accademiche:** 2**Titolo attività:**

Lezione 3

Descrizione attività:

Dirac formalism and corresponding matrix formalism. Linear operators: Hermitian and unitary operators. Spectral decomposition of Hermitian operators: eigen-states and eigen-values. Spectral resolution of the identity. Pauli matrices: eigen-values, eigen-states, eigen-projectors and exponentiation of the matrices. Tensor product of two Hilbert spaces: vectors and operators; main properties. Examples. Separable states and entangled states. Schmidt decomposition. The postulates of quantum mechanics. States, Schrödinger evolution, observables as Hermitian operators, the Born rule and the collapse of the wave function after the measurement.

12/10/2020 - lezione -**Docente:** BASSI ANGELO**Ora inizio:** 14:00**Ora fine:** 16:00**Ore accademiche:** 2**Titolo attività:**

Lezione 4

Descrizione attività:

Elements of quantum computation: register, gates and measurements. First example of single qubit gates. The CNOT gate. The Hadamard gate

14/10/2020 - lezione -

Docente: BASSI ANGELO

Ora inizio: 14:00

Ora fine: 16:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Lezione 5

Descrizione attività:

The CCNOT and Fredkin gates as examples of three-qubit gates. Lemma: Every unitary matrix can be decomposed as a product of two-level unitary matrices. Examples.

19/10/2020 - lezione -

Docente: BASSI ANGELO

Ora inizio: 14:00

Ora fine: 16:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Lezione 6

Descrizione attività:

Proof with examples (for 2 and 3 qubit gates) that a generic two-level unitary matrix can be decomposed as a product of CNOT and C-U operations, and their variants. Proof that a $SU(2)$ matrix can be decomposed as a product of CNOT and single qubit gates.

21/10/2020 - lezione -

Docente: BASSI ANGELO

Ora inizio: 14:00

Ora fine: 16:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Lezione 7

Descrizione attività:

Example of a decomposition of a two-qubit matrix into single qubit gates and CNOT.

23/10/2020 - lezione -

Docente: BASSI ANGELO

Ora inizio: 11:00

Ora fine: 13:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Lezione 8

Descrizione attività:

The general structure of quantum algorithms. The Deutsch algorithm. The Deutsch-Jozsa algorithm.

26/10/2020 - lezione -
Docente: BASSI ANGELO
Ora inizio: 14:00
Ora fine: 16:00
Ore accademiche: 2
Titolo attività:
Lezione 9

Descrizione attività:
Presentation of the IBM Q platform and examples.

28/10/2020 - lezione -
Docente: BASSI ANGELO
Ora inizio: 14:00
Ora fine: 16:00
Ore accademiche: 2
Titolo attività:
Lezione 10

Descrizione attività:
The Deutsch-Jozsa algorithm (continuation). The Bernstein-Vaziarani algorithm. Exercises.

30/10/2020 - lezione -
Docente: BASSI ANGELO
Ora inizio: 11:00
Ora fine: 12:00
Ore accademiche: 1
Titolo attività:
Lezione 11

Descrizione attività:
Grover's algorithm.

02/11/2020 - lezione -
Docente: BASSI ANGELO
Ora inizio: 14:00
Ora fine: 16:00
Ore accademiche: 2
Titolo attività:
Lezione 12

Descrizione attività:
The Quantum Integral Transform and the Quantum Fourier Transform (QFT). Circuit implementation of the QFT; number of resources and exponential speedup.

04/11/2020 - lezione -

Docente: BASSI ANGELO

Ora inizio: 14:00

Ora fine: 16:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Lezione 13

Descrizione attività:

Walsh-Hadamard transform e selective phase rotation transform. Shor's factorization algorithm and period finding.

06/11/2020 - lezione -

Docente: BASSI ANGELO

Ora inizio: 11:00

Ora fine: 13:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Lezione 14

Descrizione attività:

Period finding (continuation). The density matrix: introduction. The density matrix: 2D examples and physical meaning of the matrix elements.

09/11/2020 - lezione -

Docente: BASSI ANGELO

Ora inizio: 14:00

Ora fine: 16:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Lezione 15

Descrizione attività:

Exercises on quantum computing with IBMQ

11/11/2020 - lezione -

Docente: BASSI ANGELO

Ora inizio: 14:00

Ora fine: 16:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Lezione 16

Descrizione attività:

The statistical operator and its properties. Pure states and statistical mixtures and their characterization. The Bloch sphere.

12/11/2020 - lezione -

Docente: BASSI ANGELO

Ora inizio: 14:00

Ora fine: 16:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Lezione 17

Descrizione attività:

Newtonian mechanics and the Galileo principle of relativity. Galilei transformations. Maxwell's electrodynamics and the aether.

13/11/2020 - lezione -

Docente: BASSI ANGELO

Ora inizio: 11:00

Ora fine: 13:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Lezione 18

Descrizione attività:

Quantum Mechanics in the statistical operator formalism. Selective and non-selective measurements. Partial trace, the reduced density matrix and its properties.

16/11/2020 - lezione -

Docente: BASSI ANGELO

Ora inizio: 14:00

Ora fine: 16:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Lezione 19

Descrizione attività:

Introduction to decoherence. Strongly continuous semigroups and quantum dynamical semigroups (QDS).

18/11/2020 - lezione -

Docente: BASSI ANGELO

Ora inizio: 14:00

Ora fine: 16:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Lezione 20

Descrizione attività:

Kraus decomposition. Complete positivity. 2D example.

19/11/2020 - lezione -

Docente: BASSI ANGELO

Ora inizio: 14:00

Ora fine: 16:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Lezione 21

Descrizione attività:

The experiments of Fizeau and of Michelson-Morley. Lorentz theory to explain the null results of experiments, and its consequences. Relativity according to Einstein. Derivation of the Lorentz transformations from homogeneity and isotropy of spacetime.

20/11/2020 - lezione -

Docente: BASSI ANGELO

Ora inizio: 11:00

Ora fine: 13:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Lezione 22

Descrizione attività:

Kraus decomposition and 2D examples (continuation). Lindblad's theorem. 2D examples.

23/11/2020 - lezione -

Docente: BASSI ANGELO

Ora inizio: 14:00

Ora fine: 16:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Lezione 23

Descrizione attività:

Exercises on quantum computing with IBMQ.

25/11/2020 - lezione -

Docente: BASSI ANGELO

Ora inizio: 14:00

Ora fine: 16:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Lezione 24

Descrizione attività:

Lindblad's dynamics: Relaxation to zero and to finite temperature. Microscopic derivation of collisional decoherence.

26/11/2020 - lezione -

Docente: BASSI ANGELO

Ora inizio: 14:00

Ora fine: 16:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Lezione 25

Descrizione attività:

Derivation of the Lorentz transformations from homogeneity and isotropy of spacetime. (continuation). Length contraction, time dilation, relativity of simultaneity. The ladder-barn paradox.

27/11/2020 - lezione -

Docente: BASSI ANGELO

Ora inizio: 11:00

Ora fine: 13:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Lezione 26

Descrizione attività:

Microscopic derivation of collisional decoherence (continuation)

30/11/2020 - lezione -

Docente: BASSI ANGELO

Ora inizio: 14:00

Ora fine: 15:00

Ore accademiche: 1

Titolo attività:

Lezione 27

Descrizione attività:

Collisional decoherence: short and large wave length limits. Numerical estimates.

02/12/2020 - lezione -

Docente: BASSI ANGELO

Ora inizio: 14:00

Ora fine: 16:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Lezione 28

Descrizione attività:

Exercises on quantum computing with IBMQ.

04/12/2020 - lezione -
Docente: BASSI ANGELO
Ora inizio: 11:00
Ora fine: 13:00
Ore accademiche: 2
Titolo attività:
Lezione 29

Descrizione attività:
The twin paradox revisited. Transformation laws for velocity and acceleration.

07/12/2020 - lezione -
Docente: BASSI ANGELO
Ora inizio: 14:00
Ora fine: 16:00
Ore accademiche: 2
Titolo attività:
Lezione 30

Descrizione attività:
Uniformly accelerated motion and Rindler observer. Relativistic momentum and energy.

09/12/2020 - lezione -
Docente: BASSI ANGELO
Ora inizio: 14:00
Ora fine: 16:00
Ore accademiche: 2
Titolo attività:
Lezione 31

Descrizione attività:
Exercises on energy-momentum conservation. Relativistic force. Newton's laws in Special Relativity.

10/12/2020 - lezione -
Docente: BASSI ANGELO
Ora inizio: 14:00
Ora fine: 16:00
Ore accademiche: 2
Titolo attività:
Lezione 32

Descrizione attività:
Exercises on energy-momentum conservation. 4-vectors and the Minkowski space-time: meaning and most relevant 4-vectors.

11/12/2020 - lezione -

Docente: BASSI ANGELO

Ora inizio: 11:00

Ora fine: 13:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Lezione 33

Descrizione attività:

Electricity + Relativity implies Magnetism. Relativistic formulation of electrodynamics and exercises.

14/12/2020 - lezione -

Docente: BASSI ANGELO

Ora inizio: 14:00

Ora fine: 16:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Lezione 34

Descrizione attività:

Completeness and Incompleteness in Quantum Mechanics. The EPR paradox. The telepathy game of Alice and Bob. Quantum non-locality: Bell's theorem

16/12/2020 - lezione -

Docente: BASSI ANGELO

Ora inizio: 14:00

Ora fine: 16:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Lezione 35

Descrizione attività:

Bell's theorem (continuation). No faster-than-light-signaling theorem.

17/12/2020 - lezione -

Docente: BASSI ANGELO

Ora inizio: 14:00

Ora fine: 16:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Lezione 36

Descrizione attività:

Quantum teleportation. The FLASH cloning machine and the no-cloning theorem

18/12/2020 - lezione -

Docente: BASSI ANGELO

Ora inizio: 11:00

Ora fine: 13:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Lezione 37

Descrizione attività:

Quantum cryptography: general setting, the BB84 and the E92 protocols
