

DIDACTIC REGULATIONS OF THE DEGREE PROGRAM QUANTUM SCIENCE AND ENGINEERING

LM-44 (single-cycle)

School: Politecnica e delle Scienze di Base

Department: Physics E.Pancini

Regulations in force since the academic year 2024 - 2025

ACRONYMS

CCD	[Commissione di Coordinamento Didattico]	Didactic Coordination Commission
CdS	[Corso/i di Studio]	Degree Program
CPDS	[Commissione Paritetica Docenti-Studenti]	Joint Teachers-Students Committee
OFA	[Obblighi Formativi Aggiuntivi]	Additional Training Obligations
SUA-CdS	[Scheda Unica Annuale del Corso di Studio]	Annual single form of the Degree Program
RDA	[Regolamento Didattico di Ateneo]	University Didactic Regulations

INDEX

Art. 1	Object
Art. 2	Training objectives
Art. 3	Professional profile and work opportunities
Art. 4	Admission requirements and knowledge required for access to the Degree Program
Art. 5	Procedures for access to the Degree Program
Art. 6	Teaching activities and Credits
Art. 7	Description of teaching methods
Art. 8	Testing of training activities
Art. 9	Degree Program structure and Study Plan
Art. 10	Attendance requirements
Art. 11	Prerequisites and prior knowledge
Art. 12	Degree Program calendar
Art. 13	Criteria for the recognition of credits earned in other Degree Programs in the same Class.
Art. 14	Criteria for the recognition of credits acquired in Degree Programs of different Classes, in university and university-level Degree Programs, through single courses, at online Universities and in International Degree Programs; criteria for the recognition of credits acquired through extra-curricular activities.
Art. 15	Criteria for enrolment in individual teaching courses
Art. 16	Features and arrangements for the final examination
Art. 17	Guidelines for traineeship and internship
Art. 18	Disqualification of student status
Art. 19	Teaching tasks, including supplementary teaching, guidance, and tutoring activities
Art. 20	Evaluation of the quality of the activities performed
Art. 21	Final rules
Art. 22	Publicity and entry into force

Art. 1 Object

1. These Didactic Regulations govern the organisational aspects of the CdS in Quantum Science and Engineering (Scienza e Ingegneria Quantistiche), (classe LM-44). The CdS in Quantum Science and Engineering is hinged in the School Politecnica e delle Scienze di Base, Department of Physics "E. Pancini"

Source: SUA-CdS

Framework: General CdS Information

CdS Quantum Science and Engineering (Scienza e Ingegneria Quantistiche)

Class LM-44 - Modellistica matematico-fisica per l'ingegneria

Teaching language English

Course delivery methods: Conventional

2. The CdS is governed by the Didactic Coordination Commission (CCD), pursuant to Art. 4 of the RDA.

Source: SUA-CdS

Framework: Dipartimento di Fisica "Ettore Pancini"

Collegial Management Body of the CdS

3. The Didactic Regulations are issued in compliance with the relevant legislation in force, the Statute of the University of Naples Federico II, and the RDA.

Art. 2 Training objectives

Source: SUA

Framework: A4.a – RAD The Master's program in Quantum Science and Engineering (QSE) is designed to train graduates with solid understanding of quantum mechanics and its potential applications across a broad range of cutting-edge technologies. Students are expected to acquire a robust toolkit for addressing theoretical, experimental, computational, and technological challenges that employ quantum approaches, with the ultimate goal of harnessing these phenomena for advances in quantum computing, communication, simulation, as well as in sensing and metrology fields. Graduates will undertake a rigorous exploration of quantum mechanics, its underpinnings through linear algebra, and its manifestations in tangible physical systems with an emphasis on isolation and engineering capabilities. Consequently, they will be equipped to convert the tenets of quantum mechanics into actionable insights for quantum information processing, computational quantum paradigms, and to innovate, design, construct, and assess quantum machinery. They will be adept at conducting quantum measurements across a spectrum of applications. Particularly, through the exploitation of entanglement in photons, electrons, atoms, or molecules, quantum sensors are anticipated to achieve the utmost physical measurement limits, enhancing the precision and accuracy by several magnitudes compared to current standards.

Knowledge and skills will also be provided to identify, interpret, describe, formulate, and solve typical problems of information engineering, even complex ones, with innovative methodologies based on quantum technologies.

Upon completion, QSE graduates are expected to be well-prepared for leading-edge research or professional careers, demanding an intimate acquaintance with scientific culture and methods. They should demonstrate an agile and receptive mindset capable of swiftly assimilating novel

methodologies and technologies and adept at managing complex apparatus and maximizing the potentials of quantum technologies. Accordingly, graduates in Quantum Science and Engineering will have garnered:

- O1) Mastery of experimental and theoretical principles in key segments of modern physics, centering on quantum models and physical systems pivotal to the deployment of quantum technologies.
- O2) Advanced understanding of Mathematics, specifically tailored to articulate quantum mechanics via linear algebra.
- O3) Computational strategies, simulation techniques, and potential quantum integrations of such skills.
- O4) Operational laboratory competencies and autonomous processing, interpretation, and assessment of experimental data.
- O5) Knowledge in the field of information engineering, both regarding more fundamental aspects and more innovative aspects that can be tackled with quantum methodologies.
- O6) Aptitude for integrated teamwork and adherence to laboratory safety protocols.
- O7) Adequate skills and tools for communication and information management.
- O8) The ability to use modern cognitive tools for updates on scientific topics acquired.
- O9) Familiarity with the scientific method, inclusive of multidisciplinary contexts, and adept problem-solving utilizing quantum concepts.
- O10) Proficiency in English for both written and oral communication, inclusive of technical terminologies.

The two-year curriculum encompasses core mandatory courses, a selection of supplementary and elective subjects, hands-on activities, and a capstone project. The first year lays the groundwork with common courses for all enrollers, who may then personalize their education through elective credits (art.10, paragraph 5, letter a). Optional courses, primarily in the second year, offer specialized skills and expertise on various quantum platforms. This program aims to shape graduates into specialists in the field of emergent quantum technologies and their principal applications.

Students can select these electives from diverse academic areas, enhancing the interdisciplinary nature of their educational journey. Furthermore, credits may be allocated to internships in line with the university's active partnerships, providing real-world experience in public or private sectors.

Art. 3

Professional profile and work opportunities

Source: SUA Framework: A2.a - RAD

Expert in quantum technologies for advanced research and industry

Function in a work context:

The master's degree program prepares for the professional position of physicist, expert in quantum technologies for advanced research and industry. Graduates acquire skills that enable them to perform professional activities that require in-depth knowledge of quantum concepts, methodologies and technologies.

These activities include the functions of: laboratory technician in the field of physics; quantum computer programmer and manager of computer centers and websites; production process controller; developer of technological applications and services; problem solver in areas where

analysis and modeling skills based on quantum technologies are required; communicator in the field of quantum science and technologies; implementer of innovative experiments with consequent analysis and interpretation of results; evaluator of the impact of quantum engineering solutions; manager of innovation and production development, in relation to industrial solutions based on quantum technologies implementer and maintainer of apparatus for quantum computation, quantum communication and quantum sensing.

Skills associated with the function:

Specific knowledge, skills, and abilities are required to perform the functions described above, which are acquired during the course of study and are here listed: basic knowledge of Quantum Mechanics and the physics of the main quantum systems, both material or photonic, of interest for applications in quantum technologies; multidisciplinary methodological and technological knowledge for physical investigation; sound technological skills and abilities of wide-ranging instrumental analysis, aimed at research, monitoring and control activities; skills in computer science and information engineering, including in particular communication and network theory and technologies, digital electronic and electromagnetic field technologies; computer skills that enable the development of code with modern programming languages for quantum control of systems or directly quantum codes; advanced knowledge of the English language in the specific area of expertise; appropriate skills and tools for communication and information management; the ability to work in a team and/or independently and to have the ability to fit into work environments; possession of the basic cognitive tools for continuous updating of one's knowledge.

Employment outlets:

QSE graduates will be the first link in ensuring the functioning of the entire quantum supply chain from basic research to the competitiveness of Italian high-tech companies, making our innovation system attractive and dynamic. Of course, the job market is global with an increasing number of opportunities. Graduates can easily find employment in research centers and laboratories, both public and private, in the fields of basic and applied research, industry, information technology, environment and advanced technological services in general; in companies devoted to technological innovation; in most of the companies that exploit and develop new technologies; in public or private environmental monitoring bodies with regard to physical or physicochemical problems; in companies devoted to scientific communication and popularization; and in publishing (publishing companies, newspapers and mass media) with regard to scientific and technological fields.

Art. 4

Admission requirements and knowledge required for access to the Degree Program¹

Source: SUA Framework: A3.a – RAD

In order to be admitted to the master's degree program in Quantum Science and Engineering it is necessary to already have a Laurea di I livello or equivalent, that is, a Bachelor of Science degree of three or more years. The curriculum needs to fulfil the following requirements:

- 24 CFU of classes in SSD of Mathematics (MAT/01-MAT/08), corresponding to a total of 192 course hours.
- 12 CFU of classes in SSD of Physics (FIS/01-FIS/08), corresponding to a total of 96 course hours.
- 6 CFU of classes in SSD of Computer Science (INF/01 or ING-INF/05), corresponding to a total of 48 course hours.

¹ Artt. 7, 13, 14 of the University Didactic Regulations.

- Additional 12 CFU in any of the following SSD: FIS/01-FIS/08 - Physics; MAT/07 – Mathematical Physics; CHIM/01- Analytical Chemistry, CHIM/02 – Physical Chemistry, CHIM/03 -General and Inorganic Chemistry, ING-IND/06 - Fluidodynamics; ING-IND/10 – Industrial Technical Physics; ING-IND/11 Environmental Technical Physics, ING-IND/12 - Mechanical and Thermal Measurements; ING-IND/13 – Applied Mechanics to Machines; ING-IND/18 – Physics of Nuclear Reactors; ING-IND/19 Nuclear Plants; ING-IND/20 – Nuclear measurements and instrumentations; ING-IND/22 -Materials Science and Technology; ING-IND/31 - Electrotechnics; ING-INF/01 - Electronics; ING-INF/02 – Electromagnetic Fields; ING-INF/06 – Electronic and Informatic Bioengineering; ING-INF/07 – Electric and electronic measurements.

The 24 CFU in SSD MAT/01-MAT/08 prove mathematical knowledge at the level typically given in physics or informatic engineering degrees: real analysis, linear algebra, geometry, functional analysis and differential equations.

The 12 CFU in SSD FIS/01-FIS/08 prove knowledge of classical physics at the level typically given in the degrees of informatic engineering: mechanics, thermodynamics, electromagnetism.

The 6 CFU in INF/01 or ING-INF/05 prove knowledge on basic elements of computer science at the level typically given in the degrees of information engineering or physics.

Finally, it is required a knowledge of English language at the CEFR level at least B2.

Art. 5

Procedures for access to the Degree Program (CdS)

Source: SUA Framework: A3.b

The CCD of the Degree Program normally regulates the admission criteria and any scheduling of enrolments, except in cases subject to different provisions of law². Admission will be based primarily on the analysis of the candidates' university career, i.e. the overall average, the average in the SSDs listed in the previous section and the grades reported in the individual exams; where deemed necessary, an oral interview may be used to complete the assessment for admission purposes. Admission is aimed at verifying the initial preparation on the topics listed in the previous section, as well as the objectives of planning the number of enrollees.

Art. 6

Teaching activities and university training credit (Teaching activities and CFU)

Each training activity, prescribed by the CdS detail sheet, is measured in CFU. Each CFU corresponds to 25 hours of overall training commitment³ per student and includes the hours of teaching activities specified in the curriculum as well as the hours reserved for personal study or other individual training activities.

² National programmed access is regulated by L. 264/1999 and subsequent amendments and supplements.

³ According to Art. 5, c. 1 of Italian Ministerial Decree No 270/2004, "25 hours of total commitment per student correspond to university training credits; a ministerial decree may justifiably determine variations above or below the aforementioned hours for individual classes, by a limit of 20 per cent".

For the Degree Program covered by this Didactic Regulations, the hours of teaching specified in the curriculum for each CFU, established in relation to the type of training activity, are as follows ⁴:

Lecture or guided teaching exercises: 8 hours per CFU;

- Laboratory activities or fieldwork: 8 hours per CFU;

For internship activities, each credit corresponds to 25 hours of overall training commitment ⁵.

The CFU corresponding to each training activity acquired by the student is awarded by satisfying the assessment procedures (examination, pass mark) indicated in the Course sheet relating to the course/activity attached to these Didactic Regulations.

Art. 7

Description of teaching methods

The didactic activity is carried out in modality presence, in the classroom and in the laboratories.

If necessary, the CCD decides which courses also include teaching activities offered online.

Some courses may also take place in seminar form and/or involve classroom exercises, language, and computer laboratories. Detailed information on how each course is conducted can be found in the course sheets.

Art. 8

Testing of training activities⁶

1. The CCD, within the prescribed regulatory limits⁷, establishes the number of examinations and other means of assessment that determine the acquisition of credits. Examinations are individual and may consist of written, oral, practical, graphical tests, term papers, interviews, or a combination of these modes.
2. The examination procedures published in the course sheets and the examination schedule will be made known to students before the start of classes on the Department's website.⁸
3. Examinations are held subject to booking, which is made electronically. In case the student is unable to book an exam for reasons that the President of the Board considers justifiable, the student may still be admitted to the examination, following those students already booked.
4. Before examination, the President of the Board of Examiners verifies the identity of the student, who must present a valid photo ID.

⁴ The number of hours considers the instructions in Art. 6, c. 5 of the RDA: "of the total 25 hours, for each CFU, are reserved: a) 5 to 10 hours for lectures or guided teaching exercises; b) 5 to 10 hours for seminars; c) 8 to 12 hours for laboratory activities or fieldwork, except in the case of training activities with a high experimental or practical content, and subject to different legal provisions or different determinations by DD.MM."

⁵ For Internship activities (Inter-ministerial Decree 142/1998), subject to further specific provisions, the number of working hours equal to 1 CFU may not be less than 25.

⁶ Article 22 of the University Didactic Regulations.

⁷ Pursuant to the DD.MM. 16.3.2007 in each Degree Programs the examinations or profit tests envisaged may not be more than 20 (Bachelor's Degrees; Art. 4, c. 2), 12 (Master's Degrees; Art. 4, c. 2), 30 (five-year single-cycle Degrees) or 36 (six-year single-cycle Degrees; Art. 4, c. 3). Pursuant to the RDA, Art. 13, c. 4, "the assessments that constitute an eligibility evaluation for activities referred to in Art. 10, c. 5, letters c), d), and e) of Ministerial Decree no. 270/2004, including the final examination for obtaining the degree, are excluded from the calculation." For Master's Degree Program and single-cycle Master's Degree Program, however, pursuant to the RDA, Art. 14, c. 7, "the assessments that constitute a progress evaluation for activities referred to in Art.10, c. 5, letters d) and e) of Ministerial Decree no. 270/2004 are excluded from the exam count; the final examination for obtaining the Master's Degree and single-cycle Master's Degree is included in the maximum number of exams".

⁸ Reference is made to Art. 22, c. 8, of the University Teaching Regulations, which states that "the Department or School ensures that the dates for progress assessments are published on the portal with reasonable advance notice, which normally cannot be less than 60 days before the start of each academic period, and that an adequate period of time is provided for exam registration, which is generally mandatory."

5. Examinations are marked out of 30. Examinations involving an assessment out of 30 shall be passed with a minimum mark of 18; a mark of 30 may be accompanied by honours by a unanimous vote of the Board. Examinations are marked out of 30 or with a simple pass mark. Assessments following tests other than examinations are marked out with a simple pass mark.
6. Oral exams are open to the public. If written tests are scheduled, the candidate has the right to see his/her paper(s) after correction.
7. The University Didactic Regulations govern Examination Boards⁹.

Art. 9

Degree Program structure and Study Plan

1. The legal duration of the Degree Program is 2 years. The student must acquire 120 CFU¹⁰, attributable to the following Types of Training Activities (TAF):
 - B) characterising,
 - C) related or complementary,
 - D) at the student's choice¹¹,
 - E) for the final exam,
 - F) further training activities.
2. The degree is awarded after having acquired 120 CFU by passing examinations, not exceeding 12, including the final exam, and the performance of other training activities.

Unless otherwise provided for in the legal framework of University studies, examinations taken as part of basic, characterising, and related or supplementary activities, as well as activities chosen autonomously by the student (TAF D) are taken into consideration for counting purposes. Examinations or assessments relating to activities independently chosen by the student may be taken into account in the overall calculation corresponding to one unit¹². Tests constituting an assessment of suitability for the activities referred to in Article 10, paragraph 5, letters d) and e) of Ministerial Decree 270/2004¹³ are excluded from the count. Integrated Courses comprising of two or more modules are subject to a single examination.

⁹ Reference is made to Art. 22, paragraph 4 of the RDA according to which "Examination Boards and other assessments committees are appointed by the Director of the Department or by the President of the School when provided for in the School's Regulations. This function may be delegated to the CCD Coordinator. The Commissions comprise of the President and, if necessary, other professors or experts in the subject. In the case of active courses, the President is the course instructor, and in such cases, the Board can validly make decisions even in the presence of the President alone. In other cases, the President is a professor identified at the time of the Board's appointment. In the comprehensive evaluation of the overall performance at the conclusion of an integrated course, the professors in charge of the coordinated modules participate, and the President is appointed when the Commission is appointed."

¹⁰ The total number of CFU for the acquisition of the relevant degree must be understood as follows: six-year single-cycle Degree, 360 CFU; five-year single-cycle Degree, 300 CFU; Bachelor's Degree, 180 CFU; Master's Degree, 120 CFU.

¹¹ Corresponding to at least 12 ECTS for Bachelor's Degrees and at least 8 CFU for Master's Degrees (Art. 4, c. 3 of Ministerial Decree 16.3.2007).

¹² Pursuant to the D.M. 386/2007.

¹³ Art. 10, c. 5 of Ministerial Decree. 270/2004: "In addition to the qualifying training activities, as provided for in paragraphs 1, 2 and 3, Degree Programs shall provide for: a) training activities autonomously chosen by the student as long as they are consistent with the training project [TAF D]; b) training activities in one or more disciplinary fields related or complementary to the basic and characterising ones, also with regard to context cultures and interdisciplinary training [TAF C]; c) training activities related to the preparation of the final exam for the achievement of the degree and, with reference to the degree, to the verification of the knowledge of at least one foreign language in addition to Italian [TAF E]; d) training activities, not envisaged in the previous points, aimed at acquiring additional language knowledge, as well as computer and telematic skills, relational skills, or in any case useful for integration in the world of work, as well as training activities aimed at facilitating professional choices, through direct knowledge of the job sector to which the qualification may give access, including, in particular, training and guidance programs referred to in Decree no. 142

3. In order to acquire the CFU relating to independent choice activities, the student is free to choose among all the Courses offered by the University, provided that they are consistent with the training project. This consistency is assessed by the Didactic Coordination Commission. Also, for the acquisition of the CFU relating to autonomous choice activities, the "passing the exam or other form of profit verification" is required (Art. 5, c. 4 of Ministerial Decree 270/2004).
4. The study plan summarises the structure of the Degree Program, listing the envisaged teachings broken down by course year and, in case, by curriculum. At the end, the propedeuticities envisaged by the Degree Program are listed. The study plan offered to students, with an indication of the scientific-disciplinary sectors and the area to which they belong, of the credits, of the type of educational activity, is set out in Annex 1 to these Didactic Regulations.
5. Pursuant to Art. 11, paragraph 4-bis, of Ministerial Decree 270/2004, it is possible to obtain the Degree according to an individual study plan that also includes educational activities different from those specified in the Didactic Regulations, as long as they are consistent with the CdS detail sheet of the academic year of enrollment. The individual study plan is approved by CCD.

Art. 10

Attendance requirements¹⁴

1. In general, attendance of lectures is strongly recommended but not compulsory. In the case of individual courses with compulsory attendance, this option is indicated in the relative teaching/activity course sheet available in Annex 2.
2. If the lecturer envisages a different syllabus modulation for attending and non-attending students, this is indicated in the individual Course details published on the CdS web page and on the teacher's UniNA website.
3. Attendance at seminar activities that award training credits is compulsory. The relative modalities for the attribution of CFU are the responsibility of the CCD.

Art. 11

Prerequisites and prior knowledge

1. The list of incoming and outgoing propedeuticities (necessary to sit a particular examination) can be found at the end of Annex 1 and in the teaching/activity course sheet (Annex 2).
2. Any prior knowledge deemed necessary is indicated in the individual Teaching Schedule published on the course webpage and on the teacher's UniNA website.

Art. 12

Degree Program Calendar

The Degree Program calendar can be found on the Department's website well before the start of the activities (Art. 21, c. 5 of the RDA).

of 25 March 1998 of the Ministry of Labour [TAF F]; e) in the hypothesis referred to in Article 3, paragraph 5, training activities relating to internships and apprenticeships with companies, public administrations, public or private entities including those of the third sector, professional orders and colleges, on the basis of appropriate agreements".

¹⁴ Art. 22, c. 10 of the University Didactic Regulations.

Art. 13

Criteria for the recognition of credits earned in other Degree Programs in the same Class¹⁵

For students coming from Degree Programs of the same class, the Didactic Coordination Commission ensures the full recognition of CFU, when associated with activities that are culturally compatible with the training Degree Program, acquired by the student at the originating Degree Program, according to the criteria outlined in Article 14 below. Failure to recognise credits must be adequately justified. It is without prejudice to the fact that the number of credits relating to the same scientific-disciplinary sector directly recognised by the student may not be less than 50% of those previously achieved.

Article 14

Criteria for the recognition of credits acquired in Degree Programs of different classes, in university or university-level Degree Programs, through single courses, at online Universities and in international Degree Programs¹⁶; criteria for the recognition of credits acquired in extra-curricular activities

1. With regard to the criteria for the recognition of CFU acquired in Degree Programs of different Classes, in university or university-level Degree Programs, through single courses, at online Universities and in International Degree Programs, the credits acquired are recognised by the CCD on the basis of the following criteria:

- analysis of the activities carried out;
- evaluation of the congruity of the disciplinary scientific sectors and of the contents of the training activities in which the student has earned credits with the specific training objectives of the Degree Program and of the individual training activities to be recognised.

Recognition is carried out up to the number of credits envisaged by the didactic system of the Degree Program. Failure to recognise credits must be adequately justified. Pursuant to Art. 5, c. 5-bis, of Ministerial Decree 270/2004, it is also possible to acquire CFU at other Italian universities on the basis of agreements established between the concerned institutions, in accordance with the regulations current at the time ¹⁷.

2. Any recognition of CFU relating to examinations passed as single courses may take place within the limit of 36 CFU, upon request of the interested party and following the approval of the CCD. Recognition may not contribute to the reduction of the legal duration of the Degree Program, as determined by Art. 8, c. 2 of Ministerial Decree 270/2004, except for students who enrol while already in possession of a degree of the same level¹⁸.

3. With regard to the criteria for the recognition of CFU acquired in extra-curricular activities, pursuant to Art. 3, par. 2, of Ministerial Decree (D.M.) 931/2024, within the limit of 48 CFU (Bachelor's Degrees and single-cycle Master's Degrees), or 24 CFU (Master's Degrees), the following activities may be recognised (Art. 2 of D.M. 931/2024):

- Professional knowledge and skills, certified in accordance with the current regulations as well as knowledge and skills acquired in post-secondary-level training activities.

¹⁵ Art. 19 of the University Didactic Regulations.

¹⁶ Art. 19 of the University Didactic Regulations.

¹⁷ Art. 6, c. 9 of the University Didactic Regulations.

¹⁸ Art. 19, c. 4 of the University Didactic Regulations.

- Training activities carried out in the cycles of study at the public administration training institutions as well as knowledge and skills acquired in post-secondary-level training activities, which the University contributed to developing and implementing.
- Achievement of an Olympic or Paralympic medal or the title of absolute world champion, absolute European champion or absolute Italian champion in disciplines recognized by the Italian National Olympic Committee or the Italian Paralympic Committee.

Art. 15

Criteria for enrolment in individual teaching courses

Enrolment in individual teaching courses, provided for by the University Didactic Regulations¹⁹, is governed by the "University Regulations for enrolment in individual teaching courses activated as part of the Degree Program"²⁰.

Article 16

Features and modalities for the final examination

Source: SUA

Framework: A5a (RAD) and A5b. The final exam consists in the evaluation of a paper written in English having as its object an original project developed by the student independently under the guidance of a supervisor and any co-supervisors as further specified in the teaching regulations. The final exam is taken by the Candidate in front a Commission chaired by the Coordinator of the Course of Studies (or his substitute) and consists in the presentation of the thesis work carried out under the guidance of one or more Supervisors, and in the subsequent discussion of the contents with the members of the Commission. The Candidate must provide a copy of the Master's Degree Thesis to the Members of the Commission according to the methods specified in the Study Course Regulations. Upon presentation, the Candidate is allowed to use an audio-visual support to be projected publicly. At the end of the presentation each member of the Commission can make observations and ask questions to the Candidate relating to the topic of the thesis work. The presentation must last between 20 and 25 minutes and must be conducted in English.

Article 17

Guidelines for traineeship and internship

1. Students enrolled in the Degree Program may decide to carry out internships or training periods with organisations or companies that have an agreement with the University. Traineeship and internship are not compulsory and contribute to the award of credits for the other training activities chosen by the student and included in the study plan, as provided for by Art. 10, par. 5, letters d and e, of Ministerial Decree 270/2004²¹.
2. The CCD regulates the modalities and characteristics of traineeship and internship with specific regulations.
3. The University of Naples Federico II, through Scuola Politecnica e delle Scienze di Base, ensures constant contact with the world of work to offer students and graduates of the University

¹⁹ Art. 19, c. 4 of the University Didactic Regulations.

²⁰ R.D. No. 348/2021.

²¹ Traineeships ex letter d can be both internal and external; traineeships ex letter e can only be external.

concrete opportunities for internships and work experience and to promote their professional integration.

Article 18

Disqualification of student status²²

A student who has not taken any examinations for eight consecutive academic years incurs forfeiture unless his/her contract stipulates otherwise. In any case, forfeiture shall be notified to the student by certified e-mail or other suitable means attesting to its receipt.

Article 19

Teaching tasks, including supplementary teaching, guidance, and tutoring activities

1. Professors and researchers carry out the teaching load assigned to them in accordance with the provisions of the RDA and the Regulations on the teaching and student service duties of professors and researchers and on the procedures for self-certification and verification of actual performance²³.
2. Professors and researchers must guarantee at least two hours of reception every 15 days (or by appointment in any case granted no longer than 15 days) and, in any case, guarantee availability by e-mail.
3. The tutoring service has the task of orienting and assisting students throughout their studies and of removing the obstacles that prevent them from adequately benefiting from attending courses, also through initiatives tailored to the needs and aptitudes of individuals.
4. The University ensures guidance, tutoring and assistance services and activities to welcome and support students. These activities are organised by the Schools and/or Departments under the coordination of the University, as established by the RDA in Article 8.

Article 20

Evaluation of the quality of the activities performed

1. The Didactic Coordination Commission implements all the quality assessment forms of teaching activities envisaged by the regulations in force according to the indications provided by the University Quality Presidium.
2. In order to guarantee the quality of teaching to the students and to identify the needs of the students and all stakeholders, the University of Naples Federico II uses the Quality Assurance (QA)²⁴ System, developed in accordance with the document "Self-evaluation, Evaluation and Accreditation of the Italian University System" of ANVUR, using:
 - surveys on the degree of placement of graduates into the world of work and on post-graduate needs;
 - data extracted from the administration of the questionnaire to assess student satisfaction for each course in the curriculum, with questions relating to the way the course is conducted, teaching materials, teaching aids, organisation, facilities.

The requirements deriving from the analysis of student satisfaction data, discussed, and analysed by the Teaching Coordination Committee and the Joint Teachers' and Students' Committee

²² Art. 24, c. 5 of the University Didactic Regulations.

²³ R.D No. 2482//2020.

²⁴ The Quality Assurance System, based on a process approach and adequately documented, is designed in such a way as to identify the needs of the students and all stakeholders, and then translate them into requirements that the training offer must meet.

(CPDS), are included among the input data in the service design process and/or among the quality objectives.

3. The QA System developed by the University implements a process of continuous improvement of the objectives and of the appropriate tools to achieve them, ensuring that planning, monitoring, and self-assessment processes are activated in all the structures to allow the prompt detection of problems, their adequate investigation, and the design of possible solutions.

Article 21

Final Rules

The Department Council, on the proposal of the CCD, submits any proposals to amend and/or supplement these Rules for consideration by the Academic Senate.

Article 22

Publicity and Entry into Force

1. These Rules and Regulations shall enter into force on the day following their publication on the University's official notice board; they shall also be published on the University website. The same forms and methods of publicity shall be used for subsequent amendments and additions.
2. Annex 1 (CdS structure) and Annex 2 (Teaching/Activity course sheet) are integral parts of this Didactic Regulations.

ANNEX 1

DEGREE PROGRAM DIDACTIC REGULATIONS

QUANTUM SCIENCE AND ENGINEERING

CLASSE LM-44/LM-120 (c.u.)

School: : Politecnica e delle Scienze di Base

Department: Fisica "Ettore Pancini"

Didactic Regulations in force since the academic year 2024-2025

STUDY PLAN

KEY

Type of Educational Activity (TAF):

B = Characterising

C = Related or Supplementary

D = At the student's choice

E = Final examination and language knowledge

F = Further training activities

Year 1									
Title Course	SSD	Module	CRE DITS	Hour s	Type Activities (lectures, workshops, etc.)	Course Modalities (in-person,	TAF	Disciplin ary area	Mandatory/ optional

						<i>by distance)</i>			
Foundations of Quantum Mechanics	FIS/02	Mod I Principles	12	48	Frontal lesson	In-person	B	Discipline matematiche, fisiche e informatiche	Mandatory
Foundations of Quantum Mechanics	FIS/03	Mod II Physical systems		48		In-person	B		
Microwave circuits and technologies	ING-INF/02	single	6	48	Frontal lesson	In-person	B	Discipline ingegneristiche	Mandatory
Digital Electronics for Quantum Applications	ING-INF/01	single	6	48	Frontal lesson	In-person	B	Discipline ingegneristiche	Mandatory
Principles of Quantum Communications	ING-INF/03	single	6	48	Frontal lesson	In-person	C	Attività affini e integrative	Mandatory
Quantum Computation:	INF/01	Mod I: Theory	12	48	Frontal lesson	In-person	B	Discipline matematiche, fisiche e informatiche	Mandatory
Quantum Computation:	ING-INF/05	Mod II: Architectures and High Performance		48		In-person		Discipline ingegneristiche	
Applied Quantum Systems	FIS/03	single	9	72	Frontal lesson	In-person	B	Discipline matematiche, fisiche e informatiche	Mandatory
Mandatory (one of your choices)		single	6	48	Frontal lesson	In-person	C		Mandatory (one of your choices)

Year 2

Title Course	SSD	Module	CREDITS	Hours	Type Activities <i>(lectures, workshops, etc.)</i>	Course Modalities <i>(in-person, by distance)</i>	TAF	Disciplinary area	Mandatory/ optional
Quantum circuit electrodynamics and Quantum devices	ING - IND /31	single	9	72	Frontal lesson	In-person	B	Discipline ingegneristiche	Mandatory
Physical principles of quantum information	FIS/03	single	6+ 6	48	Frontal lesson	In-person	C	Attività affini e integrative	Mandatory (two of your choices) or see note 1
Quantum optics	FIS/03	single		48		In-person			
Quantum Simulators	FIS/03	single		48		In-person			
Quantum materials and solid-state qubits	FIS/03	single		48		In-person			
Advanced Programming	ING - INF /05	single		48		In-person			
Software quantistico	INF /01	single		48		In-person			
Quantum metrology and sensors	ING - INF /07	single		48		In-person			
Advanced Quantum Communication Networks	ING - INF /03	single		48		In-person			

Quantum Detectors for Fundamental Science	FIS/01	single		48		In-person			
Superconducting Quantum Technologies	FIS/03	single		48		In-person			
Quantum Chemistry	CHIM/02	single		48		In-person			
Quantum Measurement Theory	FIS/02	single		48		In-person			
Quantum Algorithms	FIS/02	single		48		In-person			
Nanoscale Processing and Characterization for Advanced Devices	FIS/01	single		48		In-person			
Nonlinear Systems	ING - INF/04	single		48		In-person			
Quantum detectors for applied science	FIS/07	single		48		In-person			
Mathematics for Quantum Mechanics	MA T/07	single		48		In-person			
Mathematical Methods for Quantum Information	MA T/05	single		48		In-person			
One of your choices or see note 2			12	96	Frontal lesson or internship		D	your choices	Mandatory (one of your choices) or see note 2
One of your choices or see note 2		single	6	48	Laboratory or internship		F	your choices	Mandatory (one internship)

One of your choices or see note 3			3	24			F	your choices	
Final test			21	168			E	Final test	Mandatory

Note 1: In addition to the courses listed in Table A, students may also include in this space any courses available for the following Master's degree programs: Physics, Computer Science, Electronic Engineering, Telecommunications Engineering, and Computer Engineering.

Note 2: Students may choose any course offered by the University. Additionally, internship activities may be incorporated into the curriculum, subject to prior approval.

Note 3: These credits can be strategically utilized by students seeking to broaden their language proficiency, enhance their computer and digital skills, participate in training and orientation internships, or acquire additional competencies conducive to professional integration. Specifically, these credits may be allocated to preparatory training activities related to the final assessment.

Beyond the standard academic pathway outlined above for those with Bachelor's degrees, expedited, streamlined tracks are also available for individuals who have already completed Master's degrees in Physics or Engineering. These accelerated routes are designed to facilitate the completion of the Master's degree in Quantum Science and Engineering within one year, equating to 60 credits. The specifics of these abbreviated tracks will be delineated by the Educational Coordination Committee, taking into account the student's previous Master's degree and their academic history.

ANNEX 2.1

DEGREE PROGRAM DIDACTIC REGULATIONS

QUANTUM SCIENCE AND ENGINEERING

CLASSE LM-44/LM-120 (c.u.)

School: : Politecnica e delle Scienze di Base

Department: Fisica "Ettore Pancini"

Didactic Regulations in force since the academic year 2024-2025

Course: Digital Electronics for Quantum Applications		Teaching Language: English
SSD (Subject Areas): Ing-INF/01		CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C	
Teaching Methods: In person		
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: The activities of interest include: theoretical and experimental studies of physical principles and technologies; design and implementation of devices, circuits, apparatus, and systems based on specifications, regulations, and costs set by applications. The field encompasses a wide range of skills (semiconductor devices for low and high frequency, circuits, microcircuits, sensors, electronic instrumentation, nanotechnologies, nanoelectronic devices and circuits, photonic devices, energy efficiency of circuits and systems, computer tools for assisted design, etc.), each comprising methodological, design, technological, and experimental aspects.		
Objectives: Provide students with the fundamental concepts for the analysis of basic integrated analog electronic circuits for quantum applications. To this end, the characteristics of fundamental electronic devices are introduced: diodes and MOS transistors, and their applications are studied in elementary amplifiers, with specific reference to integrated analog circuits for qubits in semiconductor technology.		
Propaedeutcities: none		
Is a propaedeuticity for:		
Types of examinations and other tests: oral		

Course: Advanced Programming		Teaching Language: English	
SSD (Subject Areas): ING-INF/05		CREDITS: 6	
Course year: II	Type of Educational Activity: B		
Teaching Methods: in-person			
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: The sector is characterized by the set of scientific fields and scientific-disciplinary competences related to the design and realization of information processing systems, as well as their management and utilization in various application contexts with methodologies and techniques typical of engineering. This includes theoretical foundations, methods, and technologies aimed at producing technically valid projects, from both the adequacy of the proposed solutions and the feasibility of technical implementation, to economic feasibility and organizational effectiveness. These foundations, methods, and technologies cover all aspects related to a processing system, from hardware to software.			
Objectives: The course aims at providing students with advanced knowledge and expertise related to concurrent and distributed programming, introducing the tools to develop and debug multithreading and network applications using Python, and introducing the concept of middleware and of the different solutions used in industry, focusing on both the message-oriented and service-oriented models, with application on real technology.			
Propaedeutcities: none			
Is a propaedeuticity for: none			
Types of examinations and other tests: oral examination with project discussion			

Course: Applied Quantum Systems		Teaching Language: English
SSD (Subject Areas): FIS/03		CREDITS: 9
Course year: II	Type of Educational Activity: B	
Teaching Methods: In-person		
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: Theoretical and experimental treatment of quantum electronics and quantum information. material science from metals to semiconductors and strongly correlated systems, superconductors, mesoscopic and nanoscale systems to build quantum machines.		
Objectives: This course aims at illustrating “quantum mechanics at work”, not only as a key to interpret nature but also as a drive to build new “machines” It will be shown how to implement quantum machines on the basis of quantum effects. Ability to understand quantum platforms and the underlying physical concepts. This course will cover a breadth of archetypal systems for quantum technologies with a special focus on solid state systems: nuclear magnetic resonance, laser amplifiers and self-sustained oscillators, pulse sequence techniques, Ramsey spectroscopy, meso-scale low-dimensional devices, quantum Hall effect, quantum confinement, conductance quantization, magneto oscillation, macroscale quantum effect devices and circuits such as Cooper-pair boxes and superconducting quantum circuits. The course will also deal with materials challenges which provide opportunities for quantum computing hardware.		
Propaedeuticities: Foundations of Quantum Mechanics		
Is a propaedeuticity for:		
Types of examinations and other tests: oral		

Course: Advanced Quantum Communication Networks		Teaching Language: English
SSD (Subject Areas): ING-INF/03		CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C	
Teaching Methods: The course is organized by integrating traditional lectures with interactive laboratory sessions. Furthermore, seminars will be eventually organized during the course by inviting experts in the relevant fields, and innovative teaching methods, as for example flipped classroom and feedback teaching strategies, will be adopted.		
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: The sector studies the planning, design, construction (hardware and software) and operation of equipment, systems and infrastructures for applications aimed at: the transfer of signals via cable (copper or fibre), via radio (terrestrial or satellite) or other means of propagation, with the use of specific technologies such as optical and mobile communications; (omissis) to network interconnection for the transport of information (omissis). Basic aspects are included (theory of random phenomena, information, codes, signals, traffic, protocols, etc.) (omitted).		
Objectives: The aim of the course is to provide the students with the knowledge related to the analysis and design of communication protocols for quantum networks. First, the fundamentals of classical communication networks will be introduced. Then, the advanced notions related to the design of quantum networks, including the issues arising with the distribution of entanglement among remote nodes, are presented. Furthermore, the Quantum Internet protocol stack will be carefully presented and analyzed. To this aim, its unconventional requirements and peculiarities with respect to the classical TCP/IP protocol stack will be properly discussed. Some use cases, such as distributed quantum computing and quantum placement of quantum links, will be presented and analyzed.		
Propaedeuticities: Principles of Quantum Communications		
Is a propaedeuticity for: None		
Types of examinations and other tests: Oral and project discussion		

Course: Foundations of Quantum Mechanics Mod I: Principles		Teaching Language: English
SSD (Subject Areas): Fisica Teorica, Modelli e Metodi Matematici (FIS02)		CREDITS: 6
Course year: 1	Type of Educational Activity: B	
Teaching Methods: in person		
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: Knowledge and competences necessary for the theoretical treatment of quantum phenomena, starting from foundational laws and principles together with the necessary mathematical tools. It includes the competences needed for understanding the mathematics and the modelling of quantum physics at a deeper level.		
Objectives: Basic ideas and mathematics of Quantum Mechanics. This course will cover the fundamentals of quantum physics in its phenomenological, theoretical and experimental basis. The course is aimed at conveying working knowledge of the principles of quantum mechanics towards the understanding of quantum information processing and quantum computation.		
Propaedeutcities: none		
Is a propaedeuticity for: All the courses from the second semester of first year onwards.		
Types of examinations and other tests: Written and oral		

Course: Foundations of Quantum Mechanics (FQM) - Mod II: Physical systems		Teaching Language: English	
SSD (Subject Areas): FIS/03		CREDITS: 6	
Course year: I (Semester I)	Type of Educational Activity: B		
Teaching Methods: In-person			
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: “theoretical and experimental treatment of the states of both atomic and molecular aggregates...treatment of the propagation properties and interaction of photons with fields and matter”			
Objectives: Knowledge of the principles of quantum mechanics towards the understanding of physical realizations of quantum computers.			
Propaedeuticities: Foundations of Quantum Mechanics Mod I: PRINCIPLES			
Is a propaedeuticity for: Quantum Computation, Applied Quantum Systems, Quantum circuit electrodynamics and Quantum devices			
Types of examinations and other tests: Oral			

Course: Mathematics for Quantum Mechanics		Teaching Language: English	
SSD (Subject Areas): MAT/07		CREDITS: 6	
Course year: first or second		Type of Educational Activity: affine and integrative (C)	
Teaching Methods: in-person			
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: Aspects of mathematical physics and theory of dynamical systems applied to quantum mechanics, with both analytical and geometric techniques.			
Objectives: Working knowledge of mathematical tools and methods that find application in the field of quantum mechanics, such as partial differential equations, eigenvalue problems, developments in orthogonal functions, operator theory.			
Propaedeutcities: Foundations of quantum mechanics			
Is a propaedeuticity for: none			
Types of examinations and other tests: written and oral exam			

Course: Mathematical Methods for Quantum Information		Teaching Language: English
SSD (Subject Areas): MAT/05		CREDITS: 6
Course year: first or second	Type of Educational Activity: affine and integrative (C)	
Teaching Methods: in-person		
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: Calculus of variations and theory of functions, both real and complex, analytical number theory, applied to quantum information.		
Objectives: Working knowledge of mathematical tools and methods that find application in the field of quantum information, such as aspects of complex number theory, linear algebra in Hilbert spaces, operator theory, eigenvalue problems, probability theory, elements of number theory.		
Propaedeuticities: Foundations of quantum mechanics		
Is a propaedeuticity for: none		
Types of examinations and other tests: written and oral exam		

Course: Microwave circuits and technologies		Teaching Language: English	
SSD (Subject Areas): ING-INF/02		CREDITS: 6	
Course year: I	Type of Educational Activity: B		
Teaching Methods: in-person			
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: The design of high frequency passive circuits has been developed in parallel, analysing scenario of increasing difficulties, with a variety of elements, including active ones: this is the area of microwave and millimeter wave components and circuits. ING-INF/02 Electromagnetic Fields. The sector has its historical origins from the study of electromagnetic waves by means of Maxwell's equations. This model, still very modern, offers continuous opportunities for deductive analysis and formal ideas, constituting a broad basis of work for scholars of electromagnetic fields. Initial developments were aimed at telecommunications; this is where studies on free and guided propagation and on antenna design methods originate, the true cornerstones of the sector, together with the analysis of scattering problems. The most recent developments in propagation studies have been directed towards the characterization of the channel for mobile communications and towards optical components and systems. The design of very high frequency passive circuits has been developed in parallel, analysing scenario of increasing difficulties, with a variety of elements, including active ones: this is the area of microwave and millimeter wave components and circuits. More recently, the sectors of remote sensing, fundamental for environmental diagnostics, in particular through modern radars, and that of the biological effects of electromagnetic fields, fundamental to check that the radio systems do not constitute harm to human beings and to identify medical applications, have been developed. Furthermore, the investigation on electromagnetic compatibility problems has been extended, together with industrial applications for the treatment of materials and the creation of sensors.			
Objectives: The course is aimed at providing the skills and methodological and operative tools necessary to concretely apply, in the field of quantum technologies, the operative principles of circuits and devices working at Microwaves and Radio Frequency, and the theoretical-numerical analysis techniques and synthesis and design techniques. In order to complete the training, the theoretical-numerical lessons will be accompanied by laboratory experiences and design sessions in which the student will be asked to use, also with the aid of the most recent calculation software, the skills acquired during the course to design and characterize specific components and circuits used in quantum systems.			
Propaedeuticities:			
Is a propaedeuticity for:			
Types of examinations and other tests: Oral			

Course: Nanoscale Processing and Characterization for Advanced Devices		Teaching Language: English	
SSD (Subject Areas): FIS/03 – Physic of Matter			CREDITS: 6
Course year: II		Type of Educational Activity: C	
Teaching Methods: Live lectures on theory for 70% of frontal time and measurements in lab for 30% of rest time.			
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: Skills and methods necessary for the low-noise fabrication and measurement at cryogenic temperatures of nanoscale devices. Skills necessary for the treatment of experimental techniques used in clean room environments as well as the theory of electronic transport in the classical and quantum limits of junctions and devices at the nanoscale. Cryogenic techniques and DC and RF measurement schemes for low-noise characterization of superconducting devices. Nanofabrication protocols for the creation of superconducting nanowires and applications in the field of quantum communication.			
Objectives: Experimental methods used in clean room environments, classical and quantum transport theory of junctions and devices, low temperature cryostats, DC and RF low noise measurement, realization of superconducting nanowires, properties and applications in quantum computation.			
Propaedeuticities: None			
Is a propaedeuticity for:			
Types of examinations and other tests: oral and project discussion			

Course: Physical principles of quantum information		Teaching Language: English
SSD (Subject Areas): FIS/03		CREDITS: 6
Course year: first or second	Type of Educational Activity: C	
Teaching Methods: in-person		
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: Theoretical and experimental treatment of atomic and molecular physics, materials science and related technology from the nanoscopic to the macroscopic level, as well as photonics, optics, optoelectronics, quantum electronics and quantum information.		
Objectives: Learning of the principles of quantum information physics. Qubits, entanglement, Bell inequalities, no-cloning theorem, measurement theory, coherence and decoherence; the concepts of fidelity and quantum state reconstruction (with experimental aspects); quantum information with discrete and continuous variables, with examples of physical implementations using different platforms (atoms, ions, superconducting circuits, photonics); simple quantum protocols (quantum cryptography and teleportation); intrinsic and technological limits of quantum information. Quantum information compression, efficient quantum algorithms and quantum complexity.		
Propaedeuticities: Foundations of quantum mechanics		
Is a propaedeuticity for: none		
Types of examinations and other tests: written and oral exam		

Course: Quantum optics		Teaching Language: English	
SSD (Subject Areas): FIS/03		CREDITS: 6	
Course year: first or second	Type of Educational Activity: C		
Teaching Methods: in-person			
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course:Theoretical and experimental treatment of atomic and molecular physics, as well as photonics, optics, optoelectronics, quantum electronics and quantum information.			
Objectives: Learning of the fundamental concepts of the quantum theory of electromagnetic radiation, with insights into: Fock states, coherent states, "squeezed" states; field-field and photon-photon interference; elements of quantum information using photons; experimental methods of quantum optics.			
Propaedeuticities: Foundations of quantum mechanics			
Is a propaedeuticity for: none			
Types of examinations and other tests: written and oral exam			

Course: Quantum Detectors for Fundamental Science		Teaching Language: English
SSD (Subject Areas): FIS-03 Physics of Matter		CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C	
Teaching Methods: IN-PERSON		
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: The training objectives of the course aim to develop both theoretical and experimental aspects concerning with the interaction of photons with matter, their detection with ultralow sensitive detection schemes, and more generally aspect of integrated, opto-electronics and quantum electronics for understanding the quantum detectors in fundamental science experiments. In particular: Theory of quantum noise. Fundamentals of Single-Photon Detectors (i.e. AVP, SMP, SNSPDs, PCC). Superconducting qubit-based detectors. Quantum sensing devices including magnetometers and interferometers, Applications of quantum detectors to fundamental science experiments.		
Objectives: The course is aimed at providing the fundamental aspects of quantum detectors including single photon detectors, superconducting qubit-based sensors, and quantum sensing devices. The use of such detectors in fundamental science experiments will be presented and discussed. The student will be able to perform single photon measurements on superconducting devices, and to perform basic measurements on superconducting quantum bits for evidencing basic properties in the detection context. The contents will develop the ability to explain and use the principles of quantum theory of electromagnetic radiation within the main experimental methods presented within the course. Moreover, they will develop the capability of sketch and explain the schematic layout of investigated quantum detectors and the configurations of the experiments where they are proposed or used.		
Propaedeuticities: Foundations of Quantum Mechanics		
Is a propaedeuticity for: none		
Types of examinations and other tests: A combination of an oral test (80%) and discussion on an assigned project (20%) inspired by the current literature		

Course: Principles of Quantum Communications		Teaching Language: English
SSD (Subject Areas): ING-INF/03		CREDITS: 6
Course year: second	Type of Educational Activity: C	
Teaching Methods: The course is organized by integrating traditional lectures with interactive laboratory sessions based for example on the IBM Q-Experience platform. Furthermore, seminars will be eventually organized during the course by inviting experts in the relevant fields, and innovative teaching methods, such as flipped classroom and feedback teaching strategies, will be adopted.		
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: The sector studies the planning, design, construction (hardware and software) and operation of equipment, systems and infrastructures for applications aimed at: the transfer of signals via cable (copper or fibre), via radio (terrestrial or satellite) or other means of propagation, with the use of specific technologies such as optical and mobile communications; (omissis) to network interconnection for the transport of information (omissis). Basic aspects are included (theory of random phenomena, information, codes, signals, traffic, protocols, etc.) (omitted).		
Objectives: The aim of the course is to provide the students with the principles of quantum information theory and their application to quantum communications. First, the fundamentals of classical communications will be introduced. Then, the notion of quantum bit (qubit), together with the principles and the unconventional peculiarities of quantum information processing, are presented. Stemming from these preliminaries, the course will provide the students with the advanced notions related to quantum communications, namely, to the issues of transmitting classical/quantum information through quantum channels. To this aim, the quantum noise and its peculiarities with respect to classical noise will be properly introduced. Subsequently, secure communications will be discussed by analyzing Quantum Key Distribution (QKD) techniques (including BB84 and Ekert-91) and their practical realization. Furthermore, genuine entangled-based quantum communication techniques (including superdense coding and quantum teleportation) will be properly introduced and analyzed, by also discussing the strategies (e.g., quantum error correction) for counteracting the noise effects. Finally, the challenges arising with the design of quantum communications will be discussed in the light of an integration within the lowest layers of the Quantum Internet protocol stack, by also briefly introducing its unconventional requirements and differences with respect to the standard-de-facto TCP/IP protocol stack. The students will have the opportunity to perform simple experiments on a real quantum computer via for example the IBM Q- Experience platform.		
Propaedeutcities: None		
Is a propaedeuticity for: Advanced Quantum Communication Networks		
Types of examinations and other tests: Oral and project discussion		

Insegnamento: Quantum Algoritms		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: English
SSD: Fisica Teorica, Modelli e Metodi Matematici (FIS02)		CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: C	
Modalità di svolgimento: In presence		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Knowledge and competences necessary for the theoretical treatment of quantum phenomena, starting from foundational laws and principles together with the necessary mathematical tools. It includes the competences needed for understanding the mathematics and the modelling of quantum physics at a deeper level.		
Obiettivi formativi: This course covers the fundamental notions of quantum computation and quantum algorithms. The course will introduce the general concepts and methods of quantum computation and will focus on the necessary tools. It will also include a survey of the known most notable quantum algorithms with their features and challenges. The course will also contain topics from quantum communication, cryptography, and quantum error correction.		
Propedeuticità in ingresso: Foundations of Quantum Mechanics		
Propedeuticità in uscita:		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: scritto e orale		

Course: Quantum Chemistry		Teaching Language: English
SSD (Subject Areas): CHIM/02		CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C	
Teaching Methods: In person Live lectures on theory for 80% of frontal time, exercises for 20% of frontal time.		
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: Intro to Quantum Mechanics: the postulates that form the basis of quantum theory. The time-independent Schrödinger equation in one, two, and three dimensions. The hydrogen atom. Approximation methods and computational approaches for quantum chemistry: perturbation theory, nonlinear and linear variational method. Many-electron atoms: antisymmetry principle and Slater determinants; classification of atomic states; spin-orbit interaction. Molecules and the chemical bond: the Born-Oppenheimer approximation, the hydrogen molecule; homonuclear and heteronuclear diatomic molecules. Polyatomic molecules and molecular orbital theory. Use of group theory for the symmetry classification of molecular orbitals. Nuclear motion. Molecular spectroscopy: rotational, vibrational and electronic. Chemical reactions. The interaction of atoms and molecules with light.		
Objectives: Acquisition of basic knowledge of the physical theories, the approximations and some computational strategies that are involved in the quantum-mechanical description of atomic and molecular systems. Expertise in evaluation of the appropriateness of a quantum-chemical model for the description of molecular / chemical systems.		
Propaedeuticities: Foundations of quantum mechanics		
Is a propaedeuticity for:		
Types of examinations and other tests: Written and oral		

Course: Quantum circuit electrodynamics and Quantum devices		Teaching Language: English	
SSD (Subject Areas): ING-IND/31		CREDITS: 9	
Course year: II		Type of Educational Activity: Engineering Disciplines, B	
Teaching Methods: In-person			
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: The field studies the theoretical and experimental aspects of the two complementary strands of electromagnetic fields and circuits and the development of their applications in various engineering sectors. In the first strand, electromagnetic field problems are studied... In the second strand, electrical and electronic circuits are studied..., as well as their models: linear, non-linear, and time-variant, with lumped and distributed parameters... The two complementary approaches are applied to the analysis, synthesis, physical and numerical modeling, and automatic design of equipment, devices..., to superconductivity, electromagnetic compatibility, and more.			
Objectives: In this course, students will first build a strong theoretical foundation, based on the classical Lagrangian and Hamiltonian formulations and their quantum counterparts, which is essential for understanding the quantum behavior of electrical circuits. This background will then serve as a basis for exploring superconducting qubits, where students will delve into the operational mechanisms of these qubits, including the role of Josephson junctions, and learn to differentiate between various qubit types such as charge, flux, phase, and Transmon. As the course progresses, the focus will shift to the dynamics of dissipative quantum circuits. Students will investigate how quantum fluctuations and environmental interactions contribute to decoherence processes, and study mechanisms of decay and dephasing that affect qubit stability and performance. A significant portion of the course will be dedicated to practical skills in qubit-cavity coupling and quantum control. Students will become adept at techniques for both resonant and dispersive couplings, which are critical for controlling qubits within cavities and crucial for accurate qubit readout. Finally, the course will explore the quantum state engineering and the practical implementation of quantum gates and algorithms. Attention will be given to scalability challenges, aiming to equip students with the understanding necessary to contribute to the advancement of scalable quantum computing technologies and error correction methods that underpin robust quantum information processing.			
Propaedeuticities: Foundations of Quantum Mechanics, Microwave Circuits and Technologies			
Is a propaedeuticity for:			
Types of examinations and other tests: oral			

Course: Quantum Computation - Mod I: Theory		Teaching Language: English
SSD (Subject Areas): INF/01		CREDITS: 6
Course year: I	Type of Educational Activity: B	
Teaching Methods: In-person		
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: The scientific field is concerned with scientific and educational-educational activity in the fields of computer research and information theory, placed at the basis of the computer approach to the study of problems and, jointly, the design, implementation, and use of computer systems for innovation in society. Special attention is paid to the method, based on modeling, formalization, and experimental verification. Therefore, the field includes, alongside all basic and general aspects, algorithmic (algorithm design and analysis, computability and complexity, information theory, codes, and cryptography), logical, semantic, and methodological foundations of computer science, including classical and quantum computational models.		
Objectives: By the end of the course, students will develop: • A solid understanding of the fundamental concepts of quantum computing, with a focus on computational architectures, algorithms, and development tools. • Ability to design algorithms based on the quantum computing paradigm. • Problem solving skills to interpret a problem, develop a strategy to solve it, and model this strategy through an appropriate quantum algorithm. • A high level of understanding of the relationships existing between two significant areas of computer science, quantum computing and artificial intelligence.		
Propaedeuticies: Foundations of Quantum Mechanics		
Is a propaedeuticity for: None		
Types of examinations and other tests: Oral examination with project discussion.		

Course: Quantum Computation: Mod II: Architectures and High Performance		Teaching Language: English	
SSD (Subject Areas): ING-INF/05		CREDITS: 6	
Course year: I	Type of Educational Activity: B		
Teaching Methods: in-person			
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: The sector is characterized by the set of scientific fields and scientific-disciplinary competences related to the design and realization of information processing systems, as well as their management and utilization in various application contexts with methodologies and techniques typical of engineering. This includes theoretical foundations, methods, and technologies aimed at producing technically valid projects, from both the adequacy of the proposed solutions and the feasibility of technical implementation, to economic feasibility and organizational effectiveness. These foundations, methods, and technologies cover all aspects related to a processing system, from hardware to software.			
Objectives: The course provides the definition of the internal mechanisms of information processing systems. The course will cover topic related to the definition of a computer system, its architecture, its operating modes and basic techniques for designing a digital circuit, the architecture of operating systems and concurrent and system programming. The course also covers the fundamentals of parallel architectures for high performance applications.			
Propaedeutcities: none			
Is a propaedeuticity for: none			
Types of examinations and other tests: oral examination with project discussion			

Course: Quantum materials and solid-state qubits		Teaching Language: English
SSD (Subject Areas): FIS/03		CREDITS: 6
Course year: 2	Type of Educational Activity: C	
Teaching Methods: In-person		
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: The contents concern theoretical and computational research in the fields of solid state physics and materials science and related technology from the nanoscopic to the macroscopic level, quantum electronics and quantum information, as well as the statistical properties of matter and complex systems. The contents also concern issues related to the foundations of quantum physics.		
Objectives: The aim of the course is to introduce students to modern concepts in solid state physics necessary for understanding the basic elements related to the implementation of the hardware of a solid state quantum computer. The program of the course focuses on superconductor and semiconductor implementations. In both cases, it will be discussed the ideal operating scheme together with the most important challenges related to the control and reduction of noise and imperfections.		
Propaedeuticities: None		
Is a propaedeuticity for: None		
Types of examinations and other tests: Oral exam		

Course: Quantum metrology and sensors		Teaching Language: English
SSD (Subject Areas): ING-INF/07 – Electrical and Electronic Measurements		CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C	
Teaching Methods: in-person		
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: The sector's own methodologies concern the modeling and metrological characterization of measurement methods, components and systems, the extraction, interpretation, and representation of measurement information. Research topics include the design, implementation and characterization of measurement methods, components, and systems, with particular attention to improving the metrological performance obtained.		
Objectives: Providing students with specialized knowledge aimed at designing, implementing and characterizing methods, procedures and devices typical of electrical and electronic measurement engineering when applied to solutions and systems based on quantum technologies or when enhanced through the use of quantum technologies.		
Propaedeuticities: Foundations of Quantum Mechanics		
Is a propaedeuticity for:		
Types of examinations and other tests: Oral exam and discussion of a practical exercise		

Course: Quantum Simulators		Teaching Language: English	
SSD (Subject Areas): FIS/03		CREDITS: 6	
Course year: first or second	Type of Educational Activity: C		
Teaching Methods: in-person			
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: Theoretical and experimental treatment of atomic and molecular physics, materials science and related technology from the nanoscopic to the macroscopic level, as well as photonics, optics, optoelectronics, quantum electronics and quantum information.			
Objectives: Learning the key concepts and main experimental methodologies of quantum simulation of strongly correlated many-body systems and their implementation with cold atoms, quantum dot systems, ions, superconducting circuits and photons.			
Propaedeuticities: Foundations of quantum mechanics			
Is a propaedeuticity for: none			
Types of examinations and other tests: written and oral exam			

Course: Quantum detectors for applied science		Teaching Language: English
SSD (Subject Areas): FIS/07		CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C	
Teaching Methods: In person		
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: The Course matches the contents of the declaratory of SSD FIS/07 as regards the study and the development of experimental physical methods in environmental, biological and medical fields, as well as the development and the utilization of instrumentation to control and detection of physical phenomena in the fields of environmental monitoring and bioremediation, diagnostics and therapy, and the physical techniques for biomedical diagnostics.		
Objectives: The Course will provide the students with advanced scientific contents, and related technical knowledge, on quantum radiation detectors, specifically on photon detectors, in various application fields of physics, particularly for medical and biosensors applications. The Course will also provide technical skills for the understanding and the practical use of quantum radiation sensors, through laboratory sessions in the applied biomedical field. All knowledge, capacity and ability so acquired could be applied also for research in experimental physics and applications to R&D in several fields of physics and engineering.		
Propaedeutcities: None		
Is a propaedeuticity for: None		
Types of examinations and other tests: Oral exam with discussion of a written report of the laboratory activity.		

Course: Quantum Software		Teaching Language: English	
SSD (Subject Areas): INF/01		CREDITS: 6	
Course year: II	Type of Educational Activity: C		
Teaching Methods: In-person			
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: The scientific field is concerned with scientific and educational-educational activity in the fields of computer research and information theory, placed at the basis of the computer approach to the study of problems and, jointly, the design, implementation, and use of computer systems for innovation in society. Special attention is paid to the method, based on modeling, formalization, and experimental verification. Therefore, the field includes, alongside all basic and general aspects, algorithmic (algorithm design and analysis, computability and complexity, information theory, codes, and cryptography), logical, semantic, and methodological foundations of computer science, including classical and quantum computational models; the skills needed to model and design languages (environments and methodologies for programming, software engineering).			
Objectives: By the end of the course, students will develop: • A solid understanding of the major quantum programming frameworks and languages (Qiskit, PennyLane, Cirq...). • Ability to implement and engineer applications based on quantum computing and hybrid classical/quantum approaches. • Ability to integrate quantum computing-based software into frameworks for optimization and artificial intelligence.			
Propaedeuticities: Quantum Computation			
Is a propaedeuticity for: None			
Types of examinations and other tests: Oral examination with project discussion.			

Course: Quantum Measurement Theory		Teaching Language: English	
SSD (Subject Areas): FIS02		CREDITS: 6	
Course year: II	Type of Educational Activity: C		
Teaching Methods: In person			
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: Knowledge and competences necessary for the theoretical treatment of quantum phenomena, starting from foundational laws and principles together with the necessary mathematical tools. It includes the competences needed for understanding the mathematics and the modelling of quantum physics at a deeper level.			
Objectives: The main aim of the course is to provide the student with some concepts and tools of quantum measurement theory that are fundamental for a deeper understanding of quantum mechanics and quantum information, and of the sharp differences – but also of the analogies – between classical and quantum theory. The course is also aimed at introducing the student to the theory of open quantum system and quantum decoherence.			
Propaedeutcities: none			
Is a propaedeuticity for:			
Types of examinations and other tests: Written and oral			

Course: Superconducting Quantum Technologies		Teaching Language: English
SSD (Subject Areas): FIS/03		CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C	
Teaching Methods: In-person, lectures and lab experimental activities		
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: The course focuses on scientific and educational - training activities in the field of the experimental study of condensed matter physics, superconducting devices, macroscopic quantum effects and quantum electronics. Skills and methods necessary for low-noise measurements at cryogenic temperatures of nanoscale devices and quantum circuits.		
Objectives: The course is aimed at providing the fundamental aspects of superconducting quantum computation. We intend to propose an experimental path, within which the student will have the chance to understand and apply concepts of quantum information science to real devices. The student will be able to perform spectroscopic and time domain measurements on superconducting quantum bits. For this purpose, Python softwares will be used for programming the control sequence of a quantum bit and the study of superconducting resonators.		
Propaedeuticities: Applied Quantum Systems		
Is a propaedeuticity for: None		
Types of examinations and other tests: Oral test with discussion of practical tests carried out in the laboratory		

Course: Nonlinear Systems		Teaching Language: English
SSD (Subject Areas): ING/INF-04		CREDITS: 6
Course year: II	Type of Educational Activity: C	
Teaching Methods: In-person		
Contents extracted from the SSD declaratory consistent with the training objectives of the course: The sector studies the methods and technologies for the processing of information aimed at the automation of plants, processes and dynamic systems in general. Despite the physical-structural differences existing between these types of systems, they lend themselves to being represented, modeled and simulated, and finally managed and controlled, using methodological tools that are largely invariant with respect to the particular application domain considered.:		
Objectives: The aim of the course is to introduce students to the foundations of the mathematical theory of nonlinear systems of ODEs and to illustrate the theory via some representative examples from applications.		
Propaedeutcities: None		
Is a propaedeuticity for: None		
Types of examinations and other tests: Oral exam and project discussion		

ANNEX 2.2

DEGREE PROGRAM DIDACTIC REGULATIONS

QUANTUM SCIENCE AND ENGINEERING

CLASSE LM-44/LM-120 (c.u.)

School: : Politecnica e delle Scienze di Base

Department: Fisica "Ettore Pancini"

Didactic Regulations in force since the academic year 2024-2025

Training Activity: under Art. 10, c. 5, letter d		Training Activity Language: English	
Content of the activities consistent with the training objectives of the course: Other knowledge useful for job placement; IT and telematics skills; training and orientation periods, that contribute to the achievement of the CdS objectives		CFU: 3	
Course year: II		Type of Training Activity: F	
Teaching Methods: The activities can take place in person, remotely or by participating in schools, internships and physics promotion and dissemination events.			
Objectives: The main purpose of these training activities is to enable the student to acquire further knowledge and/or skills that are useful for completing his/her education, through the acquisition of further knowledge useful for his/her studies, and for the development of relational and organizational skills. or entering the world of work.			
Propaedeuticities: none			
Is a propaedeuticity for: none			
Types of examinations and other tests: The credits relating to these activities are assigned by the CCD coordinator upon presentation of suitable documentation.			

Training Activity: under Art. 10, c. 5, letter d		Training Activity Language: English	
Content of the activities consistent with the training objectives of the course: Training and orientation internships		CFU: 6	
Course year: II		Type of Training Activity: F	

Teaching Methods: Activities in presence or remotely, depending on the type of training or orientation internship
Objectives: The aim of the activity is to have the student carry out a training and/or orientation internship useful for developing skills consistent with the professional activities envisaged by his study path and for entering the world of work.
Propaedeutcities: none Is a propaedeuticity for: none
Types of examinations and other tests: The credits for these activities will be recognized by the CCD Coordinator on the basis of suitable documentation certifying the completion of the internship and following a positive evaluation by a CCD commission.



REGOLAMENTO DIDATTICO DEL CORSO DI STUDIO QUANTUM SCIENCE AND ENGINEERING (CLASSE LM-44)

Scuola: Politecnica e delle Scienze di Base

Dipartimento: Fisica E.Pancini

Regolamento in vigore a partire dall'a.a. 2024-2025

ACRONIMI

CCD	Commissione di Coordinamento Didattico
CdS	Corso/i di Studio
CPDS	Commissione Paritetica Docenti-Studenti
OFA	Obblighi Formativi Aggiuntivi
SUA-CdS	Scheda Unica Annuale del Corso di Studio
RDA	Regolamento Didattico di Ateneo

INDICE

Art. 1	Oggetto
Art. 2	Obiettivi formativi del Corso
Art. 3	Profilo professionale e sbocchi occupazionali
Art. 4	Requisiti di ammissione e conoscenze richieste per l'accesso al Corso di Studio
Art. 5	Modalità per l'accesso al Corso di Studio
Art. 6	Attività didattiche e Crediti Formativi Universitari
Art. 7	Articolazione delle modalità di insegnamento
Art. 8	Prove di verifica delle attività formative
Art. 9	Struttura del corso e piano degli studi
Art. 10	Obblighi di frequenza
Art. 11	Propedeuticità e conoscenze pregresse
Art. 12	Calendario didattico del CdS
Art. 13	Criteri per il riconoscimento dei crediti acquisiti in altri Corsi di Studio della stessa classe
Art. 14	Criteri per il riconoscimento dei crediti acquisiti in CdS di diversa classe, in CdS universitari e di livello universitario, attraverso corsi singoli, presso Università telematiche e in CdS internazionali; criteri per il riconoscimento di crediti per attività extra-curricolari
Art. 15	Criteri per l'iscrizione a corsi singoli di insegnamento attivati nell'ambito dei Corsi di Studio
Art. 16	Caratteristiche e modalità di svolgimento della prova finale
Art. 17	Linee guida per le attività di tirocinio e <i>stage</i>
Art. 18	Decadenza dalla qualità di studente
Art. 19	Compiti didattici, comprese le attività didattiche integrative, di orientamento e di tutorato
Art. 20	Valutazione della qualità delle attività svolte
Art. 21	Norme finali
Art. 22	Pubblicità ed entrata in vigore

Art. 1 Oggetto

1. Il presente Regolamento disciplina gli aspetti organizzativi del Corso di Laurea Magistrale in Quantum Science and Engineering (Scienza e Ingegneria Quantistiche), (classe LM-44). Il Corso di Laurea Magistrale in Quantum Science and Engineering afferisce al Dipartimento di Fisica E. Pancini.

Fonte: SUA-CdS

Quadro: Informazioni generali sul Corso di Studio

Nome del corso in italiano e in inglese Quantum Science and Engineering
(Scienza e Ingegneria Quantistiche)

Classe LM-44 - Modellistica matematico-fisica per l'ingegneria

Lingua in cui si tiene il corso Inglese

Modalità di erogazione del corso : convenzionale

2. Il CdS è retto dalla Commissione di Coordinamento Didattico (CCD), ai sensi dell'Art. 4 del RDA.

Fonte: SUA-CdS

Quadro: Struttura didattica di riferimento Dipartimento di Fisica "Ettore Pancini"

3. Il Regolamento è emanato in conformità alla normativa vigente in materia, allo Statuto dell'Università di Napoli Federico II e al Regolamento Didattico di Ateneo.

Art. 2 Obiettivi formativi del Corso

Fonte: SUA

Quadro: A4.a – RAD La laurea magistrale in Quantum Science and Engineering (QSE) ha come obiettivo la formazione di laureati con solide competenze di meccanica quantistica e delle sue potenziali applicazioni ad un'ampia gamma di tecnologie innovative. Lo studente deve acquisire strumenti adeguati ad affrontare problemi teorici, sperimentali, computazionali e tecnologici, che usano approcci e metodologie quantistiche, a poter utilizzare le potenzialità di tali fenomeni per la computazione o comunicazione o simulazione quantistica o per la sensoristica e la metrologia. I laureati completeranno uno studio rigoroso della meccanica quantistica e del suo formalismo tramite algebra lineare, della manifestazione e misura degli stessi fenomeni quantistici in sistemi fisici reali, con la possibilità di isolarli ed ingegnerizzarli. Saranno quindi per esempio in grado di convertire i principi della meccanica quantistica nella comprensione e attuazione del processing dell'informazione quantistica e della computazione quantistica, di ideare, progettare, realizzare e caratterizzare macchine quantistiche, di realizzare una misura quantistica in vari ambiti. Sfruttando il fenomeno dell'entanglement di fotoni, elettroni, atomi o molecole, i sensori quantistici per esempio promettono di raggiungere i limiti fisici di misura e di migliorare di ordini di grandezza le attuali prestazioni in termini di precisione ed accuratezza. Saranno altresì fornite conoscenze e competenze per identificare, interpretare, descrivere, formulare e risolvere problemi tipici dell'ingegneria dell'informazione anche complessi con metodologie innovative basate sulle tecnologie quantistiche.

La formazione del laureato in QSE deve consentirgli di accedere, direttamente o dopo il dottorato, ad attività di ricerca di frontiera o lavorative che richiedano familiarità con la cultura ed il metodo scientifico, una mentalità aperta e flessibile, predisposta al rapido apprendimento di metodologie e

tecnologie innovative, e la capacità di utilizzare attrezzature complesse e le potenzialità delle tecnologie quantistiche.

Pertanto i laureati in in Quantum Physics and Engineering dovranno aver acquisito:

- O1) conoscenze sia sperimentali sia teoriche in settori della fisica moderna focalizzati sui modelli quantistici e sui sistemi fisici utili per l'implementazione delle tecnologie quantistiche;
- O2) una conoscenza molto buona della Matematica soprattutto in funzione della formulazione della meccanica quantistica in termini di algebra lineare;
- O3) conoscenze informatiche e dei metodi di simulazione e delle possibili implementazioni quantistiche di tali conoscenze e metodi;
- O4) competenze operative di laboratorio e capacità di elaborare, interpretare e valutare i risultati delle misure in piena autonomia;
- O5) conoscenze nell'ambito dell'ingegneria dell'informazione, sia in ordine ad aspetti più fondamentali, che ad aspetti più innovativi che possono essere affrontati con metodologie quantistiche.
- O6) capacità di lavorare in modo integrato in gruppo e di lavorare in laboratorio con comportamenti idonei alle regole di sicurezza;
- O7) adeguate competenze e strumenti per la comunicazione e la gestione dell'informazione;
- O8) capacità di utilizzare i moderni strumenti conoscitivi per aggiornamenti sulle tematiche scientifiche acquisite;
- O9) familiarità con il metodo scientifico di indagine anche in contesti multidisciplinari, e capacità nel 'problem setting and solving' con concetti e metodologie quantistiche.
- O10) capacità di utilizzare fluentemente la lingua inglese, in forma scritta e orale, con riferimento anche ai lessici disciplinari.

Il percorso formativo, la cui durata normale è di 2 anni, si articola in insegnamenti fondamentali (obbligatori), ulteriori insegnamenti affini e integrativi, oltre ad attività formative a scelta libera e prova finale. L'offerta didattica prevede un primo anno con gran parte dei corsi comuni a tutti gli studenti, che potranno tuttavia ampliare/diversificare le proprie conoscenze attraverso l'inserimento di insegnamenti opzionali con l'uso dei crediti a scelta dello studente (art.10, comma 5, lettera a). Gli insegnamenti opzionali sono collocati principalmente al secondo anno, il corso di studi fornisce una rosa di corsi per acquisire competenze specifiche e all'avanguardia su varie piattaforme quantistiche, che mirano a rendere il laureato magistrale in QSE un esperto nel settore delle tecnologie quantistiche emergenti e in alcune delle principali applicazioni di queste.

Gli studenti possono scegliere gli insegnamenti opzionali sia nelle diverse aree didattiche della Scuola Politecnica e delle Scienze di Base che in Ateneo; pertanto questa opzione accresce il grado di interdisciplinarietà del percorso formativo. Infine, una parte dei crediti a scelta libera potranno essere usati per svolgere tirocini formativi presso strutture pubbliche o private secondo le convenzioni vigenti in Ateneo.

Art. 3

Profilo professionale e sbocchi occupazionali

Fonte: SUA

Quadro: A2.a - RAD

Esperto in tecnologie quantistiche per la ricerca avanzata e per l'industria

Funzione in un contesto di lavoro:

Il corso di laurea magistrale prepara alla figura professionale di fisico, esperto in tecnologie quantistiche per la ricerca avanzata e per l'industria. I laureati acquisiscono competenze tali da consentire loro lo svolgimento di attività professionali che richiedono una profonda conoscenza dei concetti, delle metodologie e delle tecnologie quantistiche.

Fra queste attività rientrano le funzioni di: tecnico di laboratorio in ambito fisico; programmatore quantistico informatico e gestore di centri di calcolo e siti web; addetto al controllo di processi produttivi; sviluppatore di applicazioni e servizi tecnologici; risolutore di problemi in ambiti in cui si richiedono capacità di analisi e modellizzazione basati sulle tecnologie quantistiche; divulgatore nel campo della scienza e delle tecnologie quantistiche; realizzatore di esperimenti innovativi con conseguente analisi ed interpretazione dei risultati valutatore dell'impatto delle soluzioni ingegneristiche quantistiche addetto alla gestione dell'innovazione e dello sviluppo della produzione, in relazione a soluzioni industriali basate sulle tecnologie quantistiche addetto alla realizzazione e manutenzione di apparati per computazione quantistica, per la comunicazione quantistica e per la sensoristica quantistica.

Competenze associate alla funzione:

Per lo svolgimento delle funzioni sopra descritte sono richieste delle specifiche conoscenze, capacità e abilità che vengono acquisite durante il percorso di studi e che vengono di seguito elencate: un'adeguata conoscenza di base della Meccanica Quantistica e della fisica dei principali sistemi quantistici, materiali o fotonici, di interesse per applicazioni nelle tecnologie quantistiche; delle conoscenze metodologiche e tecnologiche multidisciplinari per l'indagine fisica; delle solide competenze e abilità tecnologiche di analisi strumentali ad ampio spettro, finalizzate sia ad attività di ricerca che di monitoraggio e di controllo; competenze di informatica e ingegneria dell'informazione, tra cui in particolare la teoria e le tecnologie della comunicazione e delle reti, le tecnologie elettroniche digitali e dei campi elettromagnetici, delle abilità informatiche che permettono di sviluppare codice con linguaggi di programmazione moderni per il controllo quantistico dei sistemi o direttamente codici quantistici; la conoscenza avanzata della lingua inglese nell'ambito specifico di competenza; delle adeguate competenze e strumenti per la comunicazione e la gestione dell'informazione; la capacità di operare in ambito lavorativo in gruppo, in autonomia e di avere capacità di inserimento negli ambienti di lavoro; il possesso degli strumenti cognitivi di base per l'aggiornamento continuo delle proprie conoscenze.

Sbocchi occupazionali:

I laureati in QSE saranno il primo anello di congiunzione per garantire il funzionamento dell'intera filiera quantistica che dalla ricerca di base arriva fino alla competitività delle imprese high-tech italiane, rendendo attrattivo e dinamico il nostro sistema dell'innovazione. Ovviamente il mercato del lavoro è mondiale con un crescente numero di opportunità. I laureati possono trovare impiego con facilità in centri di ricerca e laboratori, pubblici e privati, dei settori della ricerca di base e applicata, dell'industria, dell'informatica, dell'ambiente e in generale dei servizi tecnologici avanzati; nelle aziende votate all'innovazione tecnologica; nella maggioranza delle aziende che sfruttano e sviluppano nuove tecnologie; negli enti pubblici o privati di monitoraggio ambientale relativamente alle problematiche di carattere fisico o fisico-chimico; nelle aziende vocate alla comunicazione e divulgazione scientifica; nell'editoria (case editrici, giornali e mass media) relativamente agli ambiti scientifico e tecnologico.

Art. 4

Requisiti di ammissione e conoscenze richieste per l'accesso al Corso di Studio¹

Fonte: SUA

Quadro: A3.a – RAD Per essere ammessi al corso di Laurea Magistrale in Quantum Science and Engineering occorre essere in possesso di un titolo di Laurea I livello o titolo equivalente, con un curriculum di studi che soddisfi i requisiti curriculari elencati di seguito:

- 24 CFU in SSD di matematica (MAT/01-MAT/08);
- 12 CFU in SSD di fisica (FIS/01-FIS/08);
- 6 CFU di INF/01 o ING-INF/05;
- Ulteriori 12 CFU in uno o più dei seguenti SSD in aggiunta ai punti precedenti: FIS/01-FIS/08 - Fisica; MAT/07 - Fisica matematica; CHIM/01- Chimica Analitica, CHIM/02 - Chimica fisica, CHIM/03 -Chimica Generale e inorganica; ING-IND/06 - Fluidodinamica; ING-IND/10 - Fisica tecnica industriale; ING-IND/11 (Fisica Tecnica Ambientale); ING-IND/12 - Misure meccaniche e termiche; ING-IND/13 - Meccanica applicata alle macchine; ING-IND/18 - Fisica dei reattori nucleari; ING-IND/19 (Impianti Nucleari); ING-IND/20 - Misure e strumentazione nucleari; ING-IND/22 - Scienza e tecnologia dei materiali; ING-IND/31 - Elettrotecnica; ING-INF/01 - Elettronica; ING-INF/02 - Campi elettromagnetici; ING-INF/06 - Bioingegneria elettronica e informatica; ING-INF/07 - Misure elettriche e elettroniche.

I 24 CFU in SSD MAT/01-MAT/08 garantiscono conoscenze di matematica al livello tipicamente fornito nei corsi di laurea di ingegneria dell'informazione o di fisica: analisi matematica, algebra lineare, geometria, elementi di analisi funzionale e/o di equazioni differenziali.

I 12 CFU in SSD FIS/01-FIS/08 garantiscono conoscenze di fisica classica ad un livello tipicamente fornito nei corsi di laurea di ingegneria dell'informazione: meccanica, termodinamica, elettromagnetismo.

I 6 CFU di INF/01 o ING-INF/05 garantiscono conoscenze su elementi base di informatica o discipline affini, al livello tipicamente fornito nei corsi di laurea di ingegneria dell'informazione o di fisica.

Bisogna inoltre possedere una conoscenza della lingua inglese ad un livello CEFR minimo di B2.

È altresì richiesto il possesso di un'adeguata preparazione iniziale in relazione agli argomenti di cui sopra, come verrà verificato in fase di ammissione

Art. 5

Modalità per l'accesso al Corso di Studio

Fonte: SUA Quadro: A3.b

La Commissione di Coordinamento Didattico del corso di norma disciplina i criteri di ammissione e l'eventuale programmazione delle iscrizioni, fatte salve differenti disposizioni di legge². L'ammissione sarà basata primariamente sull'analisi della carriera universitaria dei candidati, ossia della media complessiva, la media nei SSD elencati nella sezione precedente e dei voti riportati ai singoli esami; ove ritenuto necessario un colloquio orale con i candidati potrà essere utilizzato per completare la valutazione ai fini dell'ammissione. L'ammissione è finalizzata a verificare il possesso di un'adeguata preparazione iniziale sugli argomenti elencati nella sezione precedente, nonché agli obiettivi di programmazione del numero degli iscritti.

¹ Artt. 7, 13, 14 del Regolamento Didattico di Ateneo.

² L'accesso programmato a livello nazionale è disciplinato dalla legge 264 del 1999 e successive modifiche e integrazioni.

Art. 6

Attività didattiche e Crediti Formativi Universitari

Ogni attività formativa prescritta dall'ordinamento del CdS viene misurata in crediti formativi universitari (CFU). Ogni CFU corrisponde convenzionalmente a 25 ore di impegno formativo complessivo³ per ciascuno studente e comprende le ore di attività didattica per lo svolgimento dell'insegnamento e le ore riservate allo studio personale o ad altre attività formative di tipo individuale.

Per il Corso di Studio oggetto del presente Regolamento, le ore di attività didattica per lo svolgimento dell'insegnamento per ogni CFU, stabilite in relazione al tipo di attività formativa, sono le seguenti⁴:

- Lezione frontale o esercitazione: 8 ore per CFU;
- Attività di laboratorio o di campo: 8 ore per CFU;

Per le attività di Tirocinio, un CFU corrisponde a 25 ore di impegno formativo per ciascuno studente⁵. I CFU corrispondenti a ciascuna attività formativa sono acquisiti dallo studente con il soddisfacimento delle modalità di verifica del profitto (esame, idoneità) indicate nella Scheda relativa all'insegnamento/attività allegata al presente Regolamento.

Art. 7

Articolazione delle modalità di insegnamento

L'attività didattica viene svolta in modalità in presenza, in aula e in laboratorio (corso di studio convenzionale). La CCD delibera eventualmente quali insegnamenti prevedono anche attività didattiche offerte on-line. Alcuni insegnamenti possono svolgersi anche in forma seminariale e/o prevedere esercitazioni in aula/laboratori linguistici ed informatici. Informazioni dettagliate sulle modalità di svolgimento di ciascun insegnamento sono presenti sulle schede degli insegnamenti.

Art. 8

Prove di verifica delle attività formative⁶

1. La Commissione di Coordinamento Didattico, nell'ambito dei limiti normativi previsti⁷, stabilisce il numero degli esami e le altre modalità di valutazione del profitto che determinano

³ Secondo l'Art. 5, c. 1 del DM 270/2004 "Al credito formativo universitario corrispondono 25 ore di impegno complessivo per studente; con decreto ministeriale si possono motivatamente determinare variazioni in aumento o in diminuzione delle predette ore per singole classi, entro il limite del 20 per cento".

⁴ Il numero di ore tiene conto delle indicazioni presenti nell'Art. 6, c. 5 del RDA: "Per ogni CFU, delle 25 ore complessive, la quota da riservare alle attività per lo svolgimento dell'insegnamento deve essere: a) compresa tra le 5 e le 10 ore per le lezioni e le esercitazioni; b) compresa tra le 5 e le 10 ore per le attività seminariali; c) compresa tra le 8 e le 12 ore per le attività di laboratorio o attività di campo. Sono, in ogni caso, fatti salvi in cui siano previste attività formative ad elevato contenuto sperimentale o pratico, diverse disposizioni di Legge o diverse determinazioni previste dai DD.MM.".

⁵ Per l'attività di Tirocinio (DM interministeriale 142/1998), fatte salve ulteriori specifiche disposizioni, il numero di ore di lavoro pari a 1 CFU non possono essere inferiori a 25.

⁶ Art. 22 del Regolamento Didattico di Ateneo.

⁷ Ai sensi dei DD.MM. 16.3.2007 in ciascun Corso di Studio gli esami o prove di profitto previsti non possono essere più di 20 (lauree; Art. 4 c. 2), 12 (lauree magistrali; Art. 4, c. 2), 30 (lauree a ciclo unico quinquennali) o 36 (lauree a ciclo unico sessennali; Art. 4 c. 3). Ai sensi del Regolamento Didattico di Ateneo, Art. 13 c. 4, per i Corsi di Laurea, "restano escluse dal conteggio le prove che costituiscono un accertamento di idoneità relativamente alle attività di cui all'Art. 10 c. 5 lettere c), d) ed e) del D.M. n. 270/2004 ivi compresa la prova finale per il conseguimento del titolo di studio". Per i Corsi di Laurea Magistrale e Magistrale a ciclo unico, invece, ai sensi del Regolamento Didattico di Ateneo, Art. 14 c. 7,

l'acquisizione dei crediti formativi universitari. Gli esami sono individuali e possono consistere in prove scritte, orali, pratiche, grafiche, tesine, colloqui o combinazioni di tali modalità.

2. Le modalità di svolgimento delle verifiche pubblicate nelle schedine insegnamento e il calendario degli esami saranno resi noti agli studenti prima dell'inizio delle lezioni sul sito web del Dipartimento⁸.
3. Lo svolgimento degli esami è subordinato alla relativa prenotazione che avviene in via telematica. Qualora lo studente non abbia potuto procedere alla prenotazione per ragioni che il Presidente della Commissione considera giustificate, lo studente può essere egualmente ammesso allo svolgimento della prova d'esame, in coda agli altri studenti prenotati.
4. Prima della prova d'esame, il Presidente della Commissione accerta l'identità dello studente, che è tenuto ad esibire un documento di riconoscimento in corso di validità e munito di fotografia.
5. La valutazione a seguito di esame è espressa con votazione in trentesimi, l'esame è superato con la votazione minima di diciotto trentesimi, la votazione di trenta trentesimi può essere accompagnata dalla lode per voto unanime della Commissione. La valutazione a seguito di verifiche del profitto diverse dall'esame è espressa con un giudizio di idoneità.
6. Le prove orali di esame sono pubbliche, nel rispetto della normativa vigente in materia di sicurezza. Qualora siano previste prove scritte, il candidato ha il diritto di prendere visione del/i proprio/i elaborato/i dopo la correzione.
7. Le Commissioni d'esame sono disciplinate dal Regolamento Didattico di Ateneo⁹.

Art. 9

Struttura del corso e piano degli studi

1. La durata legale del Corso di Studio è di 2 anni. È altresì possibile l'iscrizione sulla base di un contratto secondo le regole fissate dall'Ateneo (art. 24 Regolamento didattico di Ateneo).
Lo studente dovrà acquisire 120 CFU, riconducibili alle seguenti Tipologie di Attività Formative (TAF):
 - B) caratterizzanti,
 - C) affini o integrative,
 - D) a scelta dello studente¹⁰,
 - E) per la prova finale,
 - F) ulteriori attività formative.
2. La laurea si consegue dopo avere acquisito 120 CFU con il superamento degli esami, in numero non superiore a 12, ivi compreso l'esame finale, e lo svolgimento delle altre attività formative.

"restano escluse dal conteggio degli esami le prove che costituiscono un accertamento di profitto relativamente alle attività di cui all'Art. 10 c. 5 lettere d) ed e) del D.M. n. 270/2004; l'esame finale per il conseguimento della Laurea Magistrale e Magistrale a ciclo unico rientra nel computo del numero massimo di esami".

⁸ Si richiama l'Art. 22 c. 8 del RDA in base al quale "il Dipartimento o la Scuola cura che le date per le verifiche di profitto siano pubblicate sul portale con congruo anticipo che di norma non può essere inferiore a 60 giorni prima dell'inizio di ciascun periodo didattico e che sia previsto un adeguato periodo di tempo per l'iscrizione all'esame che deve essere di norma obbligatoria".

⁹ Si richiama l'Art. 22, c. 4 del RDA in base al quale "le Commissioni di esame e delle altre verifiche di profitto sono nominate dal Direttore del Dipartimento o dal Presidente della Scuola quando previsto dal Regolamento della stessa. È possibile delegare tale funzione al Coordinatore della CCD. Le Commissioni sono composte dal Presidente ed eventualmente da altri docenti o cultori della materia. Per gli insegnamenti attivi, il Presidente è il titolare dell'insegnamento ed in tal caso la Commissione delibera validamente anche in presenza del solo Presidente. Negli altri casi, il Presidente è un docente individuato all'atto della nomina della Commissione. Alla valutazione collegiale complessiva del profitto a conclusione di un insegnamento integrato partecipano i docenti titolari dei moduli coordinati e il Presidente è individuato all'atto della nomina della Commissione".

¹⁰ Corrispondenti ad almeno 12 CFU per le lauree triennali e ad almeno 8 CFU per le lauree magistrali (Art. 4, c. 3 del D.M. 16.3.2007).

Fatta salva diversa disposizione dell'ordinamento giuridico degli studi universitari, ai fini del conteggio si considerano gli esami sostenuti nell'ambito delle attività di base, caratterizzanti e affini o integrative nonché nell'ambito delle attività autonomamente scelte dallo studente (TAF D). Gli esami o valutazioni di profitto relativi alle attività autonomamente scelte dallo studente possono essere considerate nel computo complessivo corrispondenti a una unità¹¹. Restano escluse dal conteggio le prove che costituiscono un accertamento di idoneità relativamente alle attività di cui all'Art. 10 comma 5 lettere d) ed e) del D.M. 270/2004¹². Gli insegnamenti integrati, composti da due o più moduli, prevedono un'unica prova di verifica.

3. Per acquisire i CFU relativi alle attività a scelta autonoma, lo studente ha libertà di scelta tra tutti gli insegnamenti attivati presso l'Ateneo, purché coerenti con il progetto formativo. Tale coerenza viene valutata dalla Commissione di Coordinamento Didattico del CdS. Anche per l'acquisizione dei CFU relativi alle attività a scelta autonoma è richiesto il "superamento dell'esame o di altra forma di verifica del profitto" (Art. 5, c. 4 del D.M. 270/2004).
4. Il piano di studi sintetizza la struttura del corso elencando gli insegnamenti previsti suddivisi per anno di corso ed eventualmente per curriculum. Alla fine della tabella del piano di studi sono elencate le propedeuticità previste dal Corso di Studio. Il piano degli studi offerto agli studenti, con l'indicazione dei settori scientifico-disciplinari e dell'ambito di afferenza, dei crediti, della tipologia di attività didattica è riportato nell'Allegato 1 al presente Regolamento.
5. Ai sensi dell'Art. 11, c. 4-bis del DM 270/2004, è possibile conseguire il titolo secondo un piano di studi individuale comprendente anche attività formative diverse da quelle previste dal Regolamento didattico, purché in coerenza con l'Ordinamento didattico del Corso di Studio dell'anno accademico di immatricolazione. Il Piano di Studi individuale è approvato da CCD.

Art. 10

Obblighi di frequenza¹³

1. In generale, la frequenza alle lezioni frontali è fortemente consigliata ma non obbligatoria. In caso di singoli insegnamenti con frequenza obbligatoria, tale opzione sarà appositamente indicata nella singola scheda insegnamento disponibile nell'Allegato 2.
2. Qualora il docente preveda una modulazione del programma diversa tra studenti frequentanti e non, questa sarà appositamente indicata nella singola scheda insegnamento pubblicata sulla pagina web del corso e sul sito docentiUniNA.
3. La frequenza alle attività seminariali che attribuiscono crediti formativi è obbligatoria. Le relative modalità per l'attribuzione di CFU è compito della CCD.

¹¹ Art. 4, c. 2 dell'Allegato 1 al D.M. 386/2007.

¹² Art. 10, c. 5 del D.M. 270/2004: "Oltre alle attività formative qualificanti, come previsto ai commi 1, 2 e 3, i Corsi di Studio dovranno prevedere: a) attività formative autonomamente scelte dallo studente purché coerenti con il progetto formativo [TAF D]; b) attività formative in uno o più ambiti disciplinari affini o integrativi a quelli di base e caratterizzanti, anche con riguardo alle culture di contesto e alla formazione interdisciplinare [TAF C]; c) attività formative relative alla preparazione della prova finale per il conseguimento del titolo di studio e, con riferimento alla laurea, alla verifica della conoscenza di almeno una lingua straniera oltre l'italiano [TAF E]; d) attività formative, non previste dalle lettere precedenti, volte ad acquisire ulteriori conoscenze linguistiche, nonché abilità informatiche e telematiche, relazionali, o comunque utili per l'inserimento nel mondo del lavoro, nonché attività formative volte ad agevolare le scelte professionali, mediante la conoscenza diretta del settore lavorativo cui il titolo di studio può dare accesso, tra cui, in particolare, i tirocini formativi e di orientamento di cui al decreto 25 marzo 1998, n. 142, del Ministero del lavoro [TAF F]; e) nell'ipotesi di cui all'articolo 3, comma 5, attività formative relative agli stages e ai tirocini formativi presso imprese, amministrazioni pubbliche, enti pubblici o privati ivi compresi quelli del terzo settore, ordini e collegi professionali, sulla base di apposite convenzioni".

¹³ Art. 22, c. 10 del Regolamento Didattico di Ateneo.

Art. 11

Propedeuticità e conoscenze pregresse

1. L'elenco delle propedeuticità in ingresso (necessarie per sostenere un determinato esame) e in uscita è riportato alla fine dell'Allegato 1 e nella Scheda insegnamento/attività (Allegato 2).
2. Le eventuali conoscenze pregresse ritenute necessarie sono indicate nella singola Scheda Insegnamento pubblicata sulla pagina web del corso e sul sito docentiUniNA.

Art. 12

Calendario didattico del CdS

Il calendario didattico del CdS viene reso disponibile sul sito web del Dipartimento con congruo anticipo rispetto all'inizio delle attività (Art. 21, c. 5 del RDA).

Art. 13

Criteri per il riconoscimento dei crediti acquisiti in altri Corsi di Studio della stessa Classe¹⁴

Per gli studenti provenienti da Corsi di Studio della stessa Classe la Commissione di Coordinamento Didattico assicura il riconoscimento dei CFU, ove associati ad attività culturalmente compatibili con il percorso formativo, acquisiti dallo studente presso il Corso di Studio di provenienza, secondo i criteri di cui al successivo articolo 14. Il mancato riconoscimento di crediti formativi universitari deve essere adeguatamente motivato. Resta fermo che la quota di crediti formativi universitari relativi al medesimo settore scientifico-disciplinare direttamente riconosciuti allo studente, non può essere inferiore al 50% di quelli già conseguiti.

Art. 14

Criteri per il riconoscimento dei crediti acquisiti in Corsi di Studio di diversa Classe, in corsi di studio universitari o di livello universitario, attraverso corsi singoli, presso Università telematiche e in Corsi di Studio internazionali¹⁵; criteri per il riconoscimento di CFU per attività extra-curricolari

1. Il riconoscimento dei crediti acquisiti in Corsi di Studio di diversa Classe, in Corsi di studio universitari o di livello universitario, attraverso corsi singoli, presso Università telematiche e in Corsi di Studio internazionali, avviene ad opera della CCD, sulla base dei seguenti criteri:

- analisi del programma svolto;
- valutazione della congruità dei settori scientifico disciplinari e dei contenuti delle attività formative in cui lo studente ha maturato i crediti con gli obiettivi formativi specifici del Corso di Studio e delle singole attività formative da riconoscere, perseguendo comunque la finalità di mobilità degli studenti.

Il riconoscimento è effettuato fino a concorrenza dei crediti formativi universitari previsti dall'ordinamento didattico del Corso di Studio. Il mancato riconoscimento di crediti formativi universitari deve essere adeguatamente motivato. Ai sensi dell'Art. 5, comma 5-bis, del D.M. 270/2004, è possibile altresì l'acquisizione di crediti formativi presso altri atenei italiani sulla base di convenzioni stipulate tra le istituzioni interessate, ai sensi della normativa vigente¹⁶.

2. L'eventuale riconoscimento di CFU relativi ad esami superati come corsi singoli potrà avvenire entro il limite di 36 CFU, ad istanza dell'interessato e in seguito all'approvazione della CCD. Il

¹⁴ Art. 19 del Regolamento Didattico di Ateneo.

¹⁵ Art. 19 del Regolamento Didattico di Ateneo.

¹⁶ Art. 6, c. 9 del Regolamento Didattico di Ateneo.

riconoscimento non potrà concorrere alla riduzione della durata legale del Corso di Studio, così come determinata dall'Art. 8, c. 2 del D.M. 270/2004, fatta eccezione per gli studenti che si iscrivono essendo già in possesso di un titolo di studio di pari livello¹⁷.

3. Relativamente ai criteri per il riconoscimento di CFU per attività extra-curricolari, ai sensi dell'Art. 3, comma 2, del D.M. 931/2024, entro un limite massimo di 48 CFU (Corsi di Laurea e Corsi di Laurea Magistrale a ciclo unico) e 24 CFU (Corsi di Laurea Magistrale), possono essere riconosciute le seguenti attività (Art. 2 del D.M. 931/2024):

- conoscenze e abilità professionali, certificate ai sensi della normativa vigente, nonché altre conoscenze e abilità maturate in attività formative di livello post-secondario;
- attività formative svolte nei cicli di studio presso gli istituti di formazione della pubblica amministrazione, nonché altre conoscenze e abilità maturate in attività formative di livello post-secondario alla cui progettazione e realizzazione abbia concorso l'Università;
- conseguimento da parte dello studente di medaglia olimpica o paralimpica ovvero del titolo di campione mondiale assoluto, campione europeo assoluto o campione italiano assoluto nelle discipline riconosciute dal Comitato olimpico nazionale italiano o dal Comitato italiano paralimpico.

Art. 15

Criteri per l'iscrizione a corsi singoli di insegnamento attivati nell'ambito dei Corsi di Studio

L'iscrizione a singoli corsi di insegnamento, previsti dal Regolamento di Ateneo¹⁸, è disciplinata dal "Regolamento di Ateneo per l'iscrizione a corsi singoli di insegnamento attivati nell'ambito dei Corsi di Studio"¹⁹.

Art. 16

Caratteristiche e modalità di svolgimento della prova finale

Fonte: SUA

¹⁷ Art. 19, c. 4 del Regolamento Didattico di Ateneo.

¹⁸ Art. 19, c. 4 del Regolamento Didattico di Ateneo.

¹⁹ D.R. n. 348/2021.

Quadro: A5a (RAD) e A5b

La prova finale consiste nella valutazione di un elaborato redatto in lingua inglese avente per oggetto un progetto originale sviluppato dallo studente in modo autonomo sotto la guida di un relatore e eventuali co-relatori come ulteriormente specificato nel regolamento didattico. La Prova finale è sostenuta dal Candidato innanzi a una Commissione presieduta dal Coordinatore del Corso di Studi (o da un suo sostituto) e consiste nella presentazione del lavoro di tesi svolto sotto la guida di uno o più Relatori, e nella successiva discussione dei contenuti con i componenti della Commissione. Il Candidato dovrà fornire copia della Tesi di Laurea magistrale ai Membri della Commissione secondo le modalità specificate dal Regolamento del Corso di Studi. All'atto della presentazione al Candidato è consentito di avvalersi di un supporto audio-visivo da proiettare pubblicamente. Al termine della presentazione ciascun membro della Commissione può rivolgere osservazioni e formulare domande al Candidato inerenti all'argomento del lavoro di Tesi. La presentazione deve avere una durata compresa tra 20 e 25 minuti e deve essere condotta in lingua inglese.

Art. 17

Linee guida per le attività di tirocinio e stage

1. Gli studenti iscritti al CdS possono decidere di effettuare attività di tirocinio o *stage* formativi presso Enti o Aziende convenzionati con l'Ateneo. Le attività di tirocinio e *stage* non sono obbligatorie, e concorrono all'attribuzione di crediti formativi per le Altre attività formative a scelta dello studente inserite nel piano di studi, così come previsto dall'Art. 10, comma 5, lettere d ed e, del D.M. 270/2004²⁰.
2. Le modalità di svolgimento e le caratteristiche di tirocini e *stage* sono disciplinate dalla CCD con un apposito regolamento.
3. L'Università degli Studi di Napoli Federico II, per il tramite della Scuola Politecnica e delle Scienze di Base, assicura un costante contatto con il mondo del lavoro, per offrire a studenti e laureati dell'Ateneo concrete opportunità di tirocini e *stage* e favorirne l'inserimento professionale.

Art. 18

Decadenza dalla qualità di studente²¹

Incorre nella decadenza lo studente che non abbia sostenuto esami per otto anni accademici consecutivi, a meno che il suo contratto non stabilisca condizioni diverse. In ogni caso, la decadenza va comunicata allo studente a mezzo posta elettronica certificata o altro mezzo idoneo che ne attesti la ricezione.

Art. 19

Compiti didattici, comprese le attività didattiche integrative, di orientamento e di tutorato

1. I docenti e ricercatori svolgono il carico didattico assegnato secondo quanto disposto dal Regolamento didattico di Ateneo e nel Regolamento sui compiti didattici e di servizio agli studenti

²⁰ I tirocini *ex lettera d* possono essere sia interni che esterni; tirocini e *stage ex lettera e* possono essere solo esterni.

²¹ Art. 24, c. 5 del Regolamento Didattico di Ateneo.

dei professori e ricercatori e sulle modalità per l'autocertificazione e la verifica dell'effettivo svolgimento²².

2. Docenti e ricercatori devono garantire almeno due ore di ricevimento ogni 15 giorni (o per appuntamento in ogni caso concesso non oltre i 15 giorni) e comunque garantire la reperibilità via posta elettronica.
3. Il servizio di tutorato ha il compito di orientare e assistere gli studenti lungo tutto il corso degli studi e di rimuovere gli ostacoli che impediscono di trarre adeguato giovamento dalla frequenza dei corsi, anche attraverso iniziative rapportate alle necessità e alle attitudini dei singoli.
4. L'Università assicura servizi e attività di orientamento, di tutorato e assistenza per l'accoglienza e il sostegno degli studenti. Tali attività sono organizzate dalle Scuole e/o dai Dipartimenti con il coordinamento dell'Ateneo, secondo quanto stabilito dal RDA nell'articolo 8.

Art. 20

Valutazione della qualità delle attività svolte

1. La Commissione di Coordinamento Didattico attua tutte le forme di valutazione della qualità delle attività didattiche previste dalla normativa vigente secondo le indicazioni fornite dal Presidio della Qualità di Ateneo.
2. Al fine di garantire agli studenti del Corso di Studio la qualità della didattica nonché di individuare le esigenze degli studenti e di tutte le parti interessate, l'Università degli Studi di Napoli Federico II si avvale del sistema di Assicurazione Qualità (AQ)²³, sviluppato in conformità al documento "Autovalutazione, Valutazione e Accreditamento del Sistema Universitario Italiano" dell'ANVUR, utilizzando:
 - indagini sul grado di inserimento dei laureati nel mondo del lavoro e sulle esigenze post-lauream;
 - dati estratti dalla somministrazione del questionario per la valutazione della soddisfazione degli studenti per ciascun insegnamento presente nel piano di studi, con domande relative alle modalità di svolgimento del corso, al materiale didattico, ai supporti didattici, all'organizzazione, alle strutture.

I requisiti derivanti dall'analisi dei dati sulla soddisfazione degli studenti, discussi e analizzati dalla Commissione di Coordinamento Didattico e dalla Commissione Paritetica Docenti Studenti (CPDS), sono inseriti fra i dati di ingresso nel processo di progettazione del servizio e/o fra gli obiettivi della qualità.

3. L'organizzazione dell'AQ sviluppata dall'Ateneo realizza un processo di miglioramento continuo degli obiettivi e degli strumenti adeguati per raggiungerli, facendo in modo che in tutte le strutture siano attivati processi di pianificazione, monitoraggio e autovalutazione che consentano la pronta rilevazione dei problemi, il loro adeguato approfondimento e l'impostazione di possibili soluzioni.

Art. 21

Norme finali

1. Il Consiglio di Dipartimento, su proposta della Commissione di Coordinamento Didattico, sottopone all'esame del Senato Accademico eventuali proposte di modifica e/o integrazione del presente Regolamento.

²² D.R. n. 2482//2020.

²³ Il sistema di Assicurazione Qualità, basato su un approccio per processi e adeguatamente documentato, è progettato in maniera tale da identificare le esigenze degli studenti e di tutte le parti interessate, per poi tradurle in requisiti che l'offerta formativa deve rispettare.

Art. 22

Pubblicità ed entrata in vigore

1. Il presente Regolamento entra in vigore il giorno successivo alla pubblicazione all'Albo ufficiale dell'Università; è inoltre pubblicato sul sito d'Ateneo. Le stesse forme e modalità di pubblicità sono utilizzate per le successive modifiche e integrazioni.
2. Sono parte integrante del presente Regolamento l'Allegato 1 (Struttura CdS) e l'Allegato 2 (Schedina insegnamento/attività).

ALLEGATO 1

REGOLAMENTO DIDATTICO DEL CORSO DI STUDIO

QUANTUM SCIENCE AND ENGINEERING

CLASSE LM-44/LM-120 (c.u.)

Scuola: Politecnica e delle Scienze di Base

Dipartimento: Fisica "Ettore Pancini"

Regolamento in vigore a partire dall'a.a. 2024-2025

PIANO DEGLI STUDI

LEGENDA

TIPOLOGIA DI ATTIVITÀ FORMATIVA (TAF):

B = Caratterizzanti

C = Affini o integrativi

D = Attività a scelta

E = Prova finale e conoscenze linguistiche

F = Ulteriori attività formative

I Anno									
Denominazione Insegnamento	SSD	Modulo	CFU	Ore	Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.)	Modalità (in presenza, a distanza)	TAF	Ambito disciplin are	Obbligatorio /a scelta
Fondamenti di Meccanica Quantistica	FIS/ 02	Mod I Principi	12	48	Lezione frontale	In presenza	B	Discipline matematiche ,fisiche e informatiche	Obbligatorio
Fondamenti di Meccanica Quantistica	FIS/ 03	Mod II sistemi fisici		48		In presenza	B		
Circuiti e tecnologie alle micro-onde	ING- INF/ 02	unico	6	48	Lezione frontale	In presenza	B	Discipline ingegneristic he	Obbligatorio
Elettronica digitale per applicazioni quantistiche	ING- INF/ 01	unico	6	48	Lezione frontale	In presenza	B	Discipline ingegneristic he	Obbligatorio
Principi di Comunicazione Quantistica	ING- INF/ 03	unico	6	48	Lezione frontale	In presenza	C	Attività affini e integrative	Obbligatorio
Computazione Quantistica	INF/ 01	Mod I: Teoria	12	48	Lezione frontale	In presenza	B	Discipline matematiche ,fisiche e informatiche	Obbligatorio
Computazione Quantistica	ING- INF/ 05	Mod II: Architet ture e alte		48		In presenza		Discipline ingegneristic he	

		prestazioni							
Sistemi quantistici applicati	FIS/03	unico	9	72	Lezione frontale e Laboratorio	In presenza	B	Discipline matematiche, fisiche e informatiche	Obbligatorio
1 Esame a scelta fra quelli elencati nel secondo anno		unico	6	48		In presenza	C		Obbligatorio a scelta

II Anno									
Denominazione Insegnamento	SSD	Modulo	CFU	Ore	Tipologia Attività (lezione frontale, laboratorio ecc.)	Modalità (in presenza, a distanza)	TAF	Ambito disciplinare	Obbligatorio /a scelta
Elettrodinamica dei circuiti quantistici e dispositivi quantistici	ING - IND /31	unico	9	72	Lezione frontale	In presenza	B	Discipline ingegneristiche	Obbligatorio
Principi fisici dell'Informazione quantistica	FIS/03	unico	6+	48	Lezione frontale	In presenza	C	Attività affini e integrative	Obbligatorio - Corsi integrativi a scelta dello studente oppure come indicato in Nota 1 (due a scelta)
Ottica quantistica	FIS/03	unico		48		In presenza			
Simulatori quantistici	FIS/03	unico		48		In presenza			
Materiali Quantistici e qubit a stato solido	FIS/03	unico		48		In presenza			
Programmazione avanzata	ING - INF /05	unico		48		In presenza			

Software quantistico	INF /01	unico		48		In presenza			
Metrologia e sensori quantistici	ING - INF /07	unico		48		In presenza			
Networks per la comunicazione quantistica avanzata	ING - INF /03	unico		48		In presenza			
Rivelatori quantistici per le scienze di base	FIS/ 01	unico		48		In presenza			
Tecnologie quantistiche superconduttive	FIS/ 03	unico		48		In presenza			
Chimica quantistica	CHI M/ 02	unico		48		In presenza			
Teoria della misura quantistica	FIS/ 02	unico		48		In presenza			
Algoritmi quantistici	FIS/ 02	unico		48		In presenza			
Processi di fabbricazione alla nanoscala e caratterizzazione per dispositivi avanzati	FIS/ 01	unico		48		In presenza			
Sistemi non lineari	ING - INF /04	unico		48		In presenza			
Rivelatori quantistici per applicazioni	FIS/ 07	Unico		48		In presenza			
Matematica per la meccanica quantistica	MA T/0 7	Unico		48		In presenza			

Metodi matematici per l'Informazione Quantistica	MA T/0 5	unico		48		In presenza			
Attività formative a scelta libera dello studente (Nota 2)			12	96	Lezione frontale, o tirocinio		D	A scelta dello studente	Obbligatorio - Attività formative a scelta libera dello studente (Nota 2)
Tirocini formativi e di orientamento (Nota 2)		unico	6	48	Laboratorio o tirocinio		F	Ulteriori attività formative	Obbligatorio - Attività formative a scelta libera dello studente (o tirocinio)
Ulteriori attività formative (nota 3)			3	24			F	Ulteriori attività formative	
Prova finale			21	168			E	Prova finale	Obbligatorio

Nota 1: Oltre ai corsi dell'elenco A, lo studente potrà anche inserire in questo spazio qualsiasi insegnamento offerto per le seguenti lauree magistrali: Fisica, Informatica, Ingegneria Elettronica, Ingegneria delle Telecomunicazioni, Ingegneria Informatica.

Nota 2: Lo studente può scegliere qualsiasi insegnamento offerto dall'Ateneo. Può altresì inserire attività di tirocinio formativo, purché preventivamente approvate.

Nota 3: Lo studente può utilizzare questi CFU per acquisire ulteriori conoscenze linguistiche, ovvero abilità informatiche e telematiche, per tirocini formativi e di orientamento, per acquisire altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro. È possibile in particolare acquisire questi CFU per attività formative propedeutiche alla prova finale.

Oltre al percorso standard descritto sopra per studenti provenienti da lauree triennali, percorsi abbreviati accelerati per studenti che sono già laureati magistrali in fisica o in ingegneria sono previsti al fine di consentire il conseguimento della laurea magistrale in Quantum Science and Engineering in un anno (60 CFU).

La Commissione di Coordinamento Didattico (CCD) definirà i percorsi abbreviati in dipendenza della specifica laurea magistrale e della carriera pregressa dello studente.

ALLEGATO 2.1

REGOLAMENTO DIDATTICO DEL CORSO DI STUDIO

QUANTUM SCIENCE AND ENGINEERING

CLASSE LM-44/LM-120 (c.u.)

Scuola: Politecnica e delle Scienze di Base

Dipartimento: Fisica "Ettore Pancini"

Regolamento in vigore a partire dall'a.a. 2024-2025

Insegnamento: Advanced Quantum Communication Networks		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese
SSD: ING-INF/03		CFU: 6
Anno di corso: primo o secondo	Tipologia di Attività Formativa: Attività affini e integrative, C	
Modalità di svolgimento: In presenza. In particolare, Il corso è organizzato integrando lezioni frontali tradizionali con sessioni di laboratorio interattive. Durante il corso saranno inoltre eventualmente organizzati seminari invitando esperti negli ambiti di interesse e saranno adottati metodi di insegnamento innovativi, come ad esempio strategie di flipped classroom e feedback teaching.		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore studia la pianificazione, la progettazione, la realizzazione (hardware e software) e l'esercizio di apparati, sistemi e infrastrutture per applicazioni finalizzate: al trasferimento di segnali via cavo (rame o fibra), via radio (terrestre o satellitare) o altri mezzi di propagazione, con l'impiego di tecnologie specifiche quali quelle ottiche e per comunicazioni mobili; (omissis) all'interconnessione in rete per il trasporto dell'informazione (omissis). Sono inclusi aspetti di base (teoria dei fenomeni aleatori, dell'informazione, dei codici, dei segnali, del traffico, dei protocolli, etc.) (omissis).		
Obiettivi formativi: Lo scopo del corso è quello di fornire agli studenti le conoscenze relative all'analisi e alla progettazione di protocolli di comunicazione per reti quantistiche. Innanzitutto verranno introdotti i fondamenti delle reti di comunicazione classiche. Successivamente verranno presentate le nozioni avanzate relative alla progettazione di reti quantistiche, comprese le problematiche derivanti dalla distribuzione dell'entanglement tra nodi remoti. Inoltre, lo stack protocollare per la Quantum Internet verrà presentato e analizzato attentamente. A questo scopo verranno opportunamente discussi i suoi requisiti non convenzionali e le sue peculiarità rispetto allo stack protocollare classico TCP/IP. Verranno presentati e analizzati alcuni casi d'uso, come il calcolo quantistico distribuito.		
Propedeuticità in ingresso: Principles of Quantum Communications		
Propedeuticità in uscita: Nessuno		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale e discussione di un elaborato progettuale		

Insegnamento: Advanced Programming		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese	
SSD: ING-INF/05		CFU: 6	
Anno di corso: secondo	Tipologia di Attività Formativa: B		
Modalità di svolgimento: in presenza			
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore è caratterizzato dall'insieme di ambiti scientifici e di competenze scientifico-disciplinari relativi al progetto ed alla realizzazione dei sistemi di elaborazione dell'informazione, nonché alla loro gestione ed utilizzazione nei vari contesti applicativi con metodologie e tecniche proprie dell'ingegneria. Rientrano in questo ambito i fondamenti teorici, i metodi e le tecnologie atti a produrre progetti tecnicamente validi, dal punto di vista sia dell'adeguatezza delle soluzioni proposte sia della possibilità di realizzazione tecnica sia della convenienza economica sia dell'efficacia organizzativa. Tali fondamenti, metodi e tecnologie spaziano su tutti gli aspetti relativi ad un sistema di elaborazione, da quelli hardware a quelli software.			
Obiettivi formativi: Il corso ha l'obiettivo di fornire conoscenze e competenze di programmazione avanzata in ambito concorrente e distribuito, introducendo gli strumenti per la programmazione di applicazioni multithreading e su rete in linguaggio Python, e fornendo le basi del concetto di middleware e delle diverse soluzioni adottate in ambito industriale, soffermandosi principalmente sul modello orientato ai messaggi, con applicazioni su tecnologie reali.			
Propedeuticità in ingresso: nessuna			
Propedeuticità in uscita: nessuna			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: prova orale con discussione di elaborato progettuale			

Insegnamento: Applied Quantum Systems		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese	
SSD: FIS/03		CFU: 9	
Anno di corso: primo	Tipologia di Attività Formativa: Discipline matematiche, fisiche e informatiche, B		
Modalità di svolgimento: lezioni frontali ed esperienze di laboratorio			
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore si interessa all'attività scientifica, didattica e formativa relativa allo studio sperimentale dei fenomeni che emergono dall'interazione dei costituenti della materia a livello atomico, in tutti gli stati di aggregazione, in condizioni normali ed estreme, di equilibrio e di non equilibrio. Le competenze di questo settore riguardano la ricerca sperimentale nei campi della fisica atomica e molecolare, degli stati liquidi e solidi, degli stati diluiti e dei plasmi, dei condensati e di stati quantisticamente coerenti, considerando anche le transizioni di fase, i sistemi a bassa dimensionalità, i sistemi complessi, e i sistemi disordinati. Le conoscenze fondamentali acquisite sono applicate alla scienza dei materiali dai sistemi metallici, magnetici e fortemente correlati, superconduttori, ai superfluidi, semiconduttori e isolanti, alla materia soffice, ai liquidi e ai vetri e includono le proprietà dei materiali sia su scala nanoscopica che su scala mesoscopica e macroscopica. I campi di applicazione specifici includono la fotonica, l'ottica e l'optoelettronica, l'elettronica quantistica, la spintronica, la plasmonica, l'informazione quantistica e le tecnologie quantistiche, le nanotecnologie, i materiali innovativi per la conversione e l'immagazzinamento di energia e per uno sviluppo sostenibile.			
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato a sviluppare la sensibilità scientifica dello studente all'ideazione e realizzazione di esperimenti di avanguardia e di applicazioni nel settore delle Tecnologie Quantistiche (QT) . Si accompagna un percorso formativo su tematiche ed esperimenti che utilizzano concetti di meccanica quantistica e tecnologie di avanguardia per l'ideazione, la realizzazione e la caratterizzazione di dispositivi quantistici e/o nanostrutturati per la computazione quantistica e per un'ampia gamma di applicazioni. In tali dispositivi la meccanica quantistica non è solo la chiave per interpretare la natura ma diventa il principio attivo per la costruzione di nuove "macchine". Il corso copre la descrizione di sistemi consolidati usati nello sviluppo delle tecnologie quantistiche con un focus su sistemi a stato solido, sull'informazione di fase nel trasporto in sistemi mesoscopici, su effetti quantistici macroscopici, dispositivi e circuiti, concezione di un qubit, sovrapposizione di stati quantistici, introduzione alle operazioni quantistiche, Entanglement, Qubit superconduttivi e loro architetture, Accoppiamento qubit cavità: accoppiamento risonante e dispersivo, read-out dispersivo di un qubit in una cavità, controllo quantistico di qubit in una cavità.			
Propedeuticità in ingresso: Foundations of Quantum Mechanics			
Propedeuticità in uscita:			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: prova orale			

Insegnamento: Elettronica digitale per applicazioni quantistiche		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese
SSD: Ing-Inf/01		CFU: 6
Anno di corso: secondo	Tipologia di Attività Formativa: Discipline ingegneristiche, B	
Modalità di svolgimento: In presenza		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Le attività di interesse includono: studi teorici e sperimentali di principi fisici e di tecnologie; progettazione e realizzazione di dispositivi, circuiti, apparati e sistemi sulla base delle specifiche, delle normative e dei costi fissati dalle applicazioni. Il settore contiene un'ampia gamma di competenze (dispositivi a semiconduttore per bassa e per alta frequenza, circuiti, microcircuiti, sensori, strumentazione elettronica, nanotecnologie, dispositivi e circuiti nanoelettronici, dispositivi fotonici, efficienza energetica di circuiti e sistemi, strumenti informatici per la progettazione assistita, ecc.), ciascuna comprendente aspetti di tipo metodologico, progettuale, tecnologico e sperimentale.		
Obiettivi formativi: Fornire allo studente le nozioni fondamentali per l'analisi di circuiti elettronici analogici elementari integrati per applicazioni quantum. Vengono a tal fine introdotte le caratteristiche dei dispositivi elettronici fondamentali: diodo e transistor MOS e se ne studiano le applicazioni negli amplificatori elementari, con specifico riferimento ai circuiti analogici integrati per qubit in tecnologia a semiconduttore.		
Propedeuticità in ingresso: nessuna		
Propedeuticità in uscita:		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Orale		

Insegnamento: Fondamenti di Meccanica Quantistica mod I: Principi		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese	
SSD: Fisica Teorica, Modelli e Metodi Matematici (FIS02)		CFU: 6	
Anno di corso: primo	Tipologia di Attività Formativa: Discipline matematiche, fisiche e informatiche, B		
Modalità di svolgimento: in presenza			
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Comprende le competenze necessarie alla trattazione teorica dei fenomeni fisici quantistici, partendo da principi e da leggi fondamentali e con l'ausilio di adeguati strumenti matematici e computazionali, nonché le competenze atte all'approfondimento applicativo della matematica finalizzato alla investigazione, alla trattazione teorica e alla modellistica dei fenomeni fisici quantistici.			
Obiettivi formativi: Concetti fondamentali e matematici della meccanica quantistica. Il corso coprirà gli aspetti cardinali della fisica quantistica nelle loro basi fenomenologiche, teoriche, matematiche e sperimentali. Il corso mira a fornire una conoscenza operativa dei principî della meccanica quantistica in vista della comprensione della teoria dell'informazione quantistica e della computazione quantistica.			
Propedeuticità in ingresso: N/A			
Propedeuticità in uscita: tutti gli insegnamenti del corso di laurea dal secondo semestre del 1 anno in poi.			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: scritto e orale			

Insegnamento: Fondamenti di Meccanica Quantistica Mod II: Sistemi fisici		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese	
SSD: FIS/03		CFU: 6	
Anno di corso: primo		Tipologia di Attività Formativa: Discipline matematiche, fisiche e informatiche, B	
Modalità di svolgimento: In presenza			
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: “trattazione teorica e sperimentale degli stati di aggregati sia atomici sia molecolari... trattazione delle proprietà di propagazione e interazione dei fotoni con i campi e con la materia.”			
Obiettivi formativi: Conoscenza dei principi della meccanica quantistica per la comprensione delle realizzazioni fisiche di computer quantistici			
Propedeuticità in ingresso: Foundations of Quantum Mechanics Mod I: PRINCIPLES			
Propedeuticità in uscita: Quantum Computation, Applied Quantum Systems, Quantum circuit electrodynamics and Quantum devices			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale			

Insegnamento: Matematica per la Meccanica Quantistica		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese
SSD: MAT/07		CFU: 6
Anno di corso: primo o secondo	Tipologia di Attività Formativa: Discipline matematiche, fisiche e informatiche, C	
Modalità di svolgimento: in presenza		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Aspetti di fisica matematica e teoria dei sistemi dinamici, con tecniche sia analitiche sia geometriche, applicati alla meccanica quantistica.		
Obiettivi formativi: Conoscenza operativa di strumenti e metodi matematici che trovano applicazione nell'ambito della meccanica quantistica, quali le equazioni differenziali alle derivate parziali, i problemi agli autovalori, gli sviluppi in funzioni ortogonali, la teoria degli operatori.		
Propedeuticità in ingresso: Fondamenti di meccanica quantistica		
Propedeuticità in uscita: nessuna		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: esame scritto e orale		

Insegnamento: Metodi Matematici per l'Informazione Quantistica		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese
SSD: MAT/05		CFU: 6
Anno di corso: primo o secondo	Tipologia di Attività Formativa: Discipline matematiche, fisiche e informatiche, C	
Modalità di svolgimento: in presenza		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Calcolo delle variazioni e teoria delle funzioni, sia reali sia complesse, teoria analitica dei numeri, applicati all'informazione quantistica.		
Obiettivi formativi: Conoscenza operativa di strumenti e metodi matematici che trovano applicazione nell'ambito dell'informazione quantistica, quali aspetti di teoria dei numeri complessi, algebra lineare in spazi di Hilbert, teoria degli operatori, problemi agli autovalori, teoria della probabilità, elementi di teoria dei numeri.		
Propedeuticità in ingresso: Fondamenti di meccanica quantistica		
Propedeuticità in uscita: nessuna		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: esame scritto e orale		

Insegnamento: Circuiti e tecnologie alle micro-onde		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: inglese
SSD: ING-INF/02		CFU: 6
Anno di corso: primo	Tipologia di Attività Formativa: Discipline Ingegneristiche B	
Modalità di svolgimento: in presenza		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: La progettazione dei circuiti passivi ad altissima frequenza si è sviluppata in parallelo, analizzando situazioni via via più complesse, con varietà di elementi, anche attivi: è l'area dei componenti e circuiti a microonde e ad onde millimetriche. ING-INF/02 CAMPI ELETTROMAGNETICI Il settore trae la sua origine storica dallo studio delle onde elettromagnetiche attraverso le equazioni di Maxwell. Questo modello, tuttora assai moderno, offre continue opportunità di analisi deduttive e spunti formali, costituendo ampia base di lavoro per gli studiosi di teoria dell'elettromagnetismo. Gli sviluppi iniziali sono stati rivolti alle telecomunicazioni; da qui traggono origine gli studi sulla propagazione libera e guidata e sui metodi di progettazione delle antenne, veri assi portanti del settore, assieme all'analisi dei problemi di diffusione. I più recenti sviluppi degli studi della propagazione si sono indirizzati verso la caratterizzazione del canale per le comunicazioni mobili e verso i componenti e sistemi ottici. La progettazione dei circuiti passivi ad altissima frequenza si è sviluppata in parallelo, analizzando situazioni via via più complesse, con varietà di elementi, anche attivi: è l'area dei componenti e circuiti a microonde e ad onde millimetriche. Più recentemente si sono sviluppati i settori del telerilevamento, fondamentale per la diagnostica dell'ambiente, in particolare attraverso i moderni radar, e quello degli effetti biologici dei campi elettromagnetici, fondamentale per controllare che lo sviluppo dei sistemi via radio non costituisca danno per gli esseri viventi e per individuare applicazioni mediche. Si sono, inoltre, ampliati gli studi sui problemi di compatibilità elettromagnetica, cui si accompagnano le applicazioni industriali per il trattamento dei materiali e la realizzazione di sensori.		
Obiettivi formativi: Il percorso formativo è orientato a trasmettere le capacità e gli strumenti metodologici ed operativi necessari ad applicare concretamente, nell'ambito delle tecnologie quantistiche, i principi di funzionamento dei componenti e dei circuiti alle Microonde e a Radio Frequenza, e le tecniche di analisi teorico-numeriche e le tecniche di sintesi e progettazione. Al fine di completare la formazione le lezioni teorico-numeriche saranno affiancate da esperienze laboratoriali e sessioni progettuali in cui si chiederà allo studente di utilizzare, anche mediante l'ausilio dei più recenti software di calcolo, le competenze acquisite durante il corso per progettare e caratterizzare specifici componenti e circuiti utilizzati nei sistemi quantistici.		
Propedeuticità in ingresso:		
Propedeuticità in uscita:		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Orale		

Insegnamento: Nanoscale Processing and Characterization for Advanced Devices		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese	
SSD: FIS/03 – Fisica della Materia		CFU: 6	
Anno di corso: II		Tipologia di Attività Formativa: Discipline matematiche, fisiche e informatiche C	
Modalità di svolgimento: in presenza: lezioni di teoria frontali per il 70% e laboratorio per il 30%			
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Competenze e metodi necessari alla fabbricazione e misura a basso rumore alle temperature criogeniche di dispositivi alla nanoscala. Competenze necessarie alla trattazione delle tecniche sperimentali usate in ambiente di clean room nonché alla teoria del trasporto elettronico nel limite classico e quantistico di giunzioni e dispositivi alla nanoscala. Le tecniche criogeniche e schemi di misura DC e RF per caratterizzazione a basso rumore di dispositivi superconduttivi. Protocolli di nanofabbricazione per la realizzazione di nanofili superconduttivi e applicazioni nel campo della comunicazione quantistica.			
Obiettivi formativi: Competenze di progettazione e applicazione delle tecniche fondamentali per la realizzazione e misura di dispositivi DC e RF alla nanoscala. Sviluppo di protocolli di misura fondamentali per il driving delle proprietà quantistiche dei dispositivi e cenni sull'utilizzo di tali sistemi nel campo della computazione quantistica.			
Propedeuticità in ingresso: Nessuno			
Propedeuticità in uscita:			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Orale con discussione di elaborato progettuale			

Insegnamento: Sistemi non lineari		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: inglese
SSD: ING/INF-04		CFU: 6
Anno di corso: secondo	Tipologia di Attività Formativa: Discipline ingegneristiche, C	
Modalità di svolgimento: In presenza		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore studia i metodi e le tecnologie per il trattamento dell'informazione finalizzato all'automazione degli impianti, dei processi e dei sistemi dinamici in genere. Nonostante le differenze di carattere fisico-strutturale esistenti fra tali tipologie di sistemi, essi si prestano ad essere rappresentate, modellate e simulate, ed infine gestite e controllate, utilizzando strumenti metodologici largamente invarianti rispetto al particolare dominio applicativo considerato.		
Obiettivi formativi: Obiettivo dell'insegnamento è quello di fornire agli studenti le nozioni di base per lo studio matematico dei sistemi dinamici non lineari descritti da equazioni differenziali ordinarie e di illustrare la teoria mediante alcuni esempi rappresentativi dalle applicazioni ingegneristiche.		
Propedeuticità in ingresso: Nessuna		
Propedeuticità in uscita: Nessuna		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale e discussione di elaborato progettuale		

Insegnamento: Ottica quantistica		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese
SSD: FIS/03		CFU: 6
Anno di corso: primo o secondo	Tipologia di Attività Formativa: affini e integrativi (C)	
Modalità di svolgimento: in presenza		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Trattazione teorica e sperimentale della fisica atomica e molecolare, nonché della fotonica, dell'ottica, dell'optoelettronica, dell'elettronica quantistica e dell'informazione quantistica (utilizzata anche la declaratoria settore concorsuale, che è più aggiornata).		
Obiettivi formativi: Apprendimento dei concetti fondamentali della teoria quantistica della radiazione elettromagnetica, con approfondimenti su: stati di Fock, stati coerenti, stati "squeezed"; interferenza campo-campo e fotone-fotone; elementi di informazione quantistica mediante fotoni; metodi sperimentali dell'ottica quantistica.		
Propedeuticità in ingresso: Fondamenti di meccanica quantistica		
Propedeuticità in uscita: nessuna		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: scritto e orale		

Insegnamento: Principi fisici dell'informazione quantistica		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese
SSD: FIS/03		CFU: 6
Anno di corso: primo o secondo	Tipologia di Attività Formativa: Discipline matematiche, fisiche e informatiche , C	
Modalità di svolgimento: in presenza		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Trattazione teorica e sperimentale della fisica atomica e molecolare, della scienza dei materiali e relativa tecnologia dal livello nanoscopico a quello macroscopico, nonché della fotonica, dell'ottica, dell'optoelettronica, dell'elettronica quantistica e dell'informazione quantistica (utilizzata anche la declaratoria settore concorsuale, che è più aggiornata).		
Obiettivi formativi: Apprendimento dei principi della fisica dell'informazione quantistica. Qubit, entanglement, disuguaglianze di Bell, teorema di no-cloning, teoria della misura, coerenza e decoerenza; i concetti di fedeltà e ricostruzione dello stato quantistico (con aspetti sperimentali); quantum information a variabili discrete e continue, con esempi di implementazioni fisiche mediante diverse piattaforme (atomi, ioni, circuiti a superconduttore, fotonica); semplici protocolli quantistici (crittografia quantistica e teletrasporto); limiti intrinseci e tecnologici della quantum information. Compressione dell'informazione quantistica, algoritmi quantistici efficienti e complessità quantistica.		
Propedeuticità in ingresso: Fondamenti di meccanica quantistica		
Propedeuticità in uscita: nessuna		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: esame scritto e orale		

Insegnamento: Principi di Comunicazione Quantistica		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese
SSD: ING-INF/03		CFU: 6
Anno di corso: primo	Tipologia di Attività Formativa: Attività affini e integrative, C	
Modalità di svolgimento: In presenza. In particolare Il corso è organizzato integrando lezioni frontali tradizionali con sessioni di laboratorio interattive, utilizzando ad esempio la piattaforma IBM Q-Experience. Durante il corso saranno inoltre eventualmente organizzati seminari invitando esperti negli ambiti di interesse e saranno adottati metodi di insegnamento innovativi, come flipped classroom e feedback teaching strategies.		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore studia la pianificazione, la progettazione, la realizzazione (hardware e software) e l’esercizio di apparati, sistemi e infrastrutture per applicazioni finalizzate: al trasferimento di segnali via cavo (rame o fibra), via radio (terrestre o satellitare) o altri mezzi di propagazione, con l’impiego di tecnologie specifiche quali quelle ottiche e per comunicazioni mobili; (omissis) all'interconnessione in rete per il trasporto dell’informazione (omissis). Sono inclusi aspetti di base (teoria dei fenomeni aleatori, dell’informazione, dei codici, dei segnali, del traffico, dei protocolli, etc.) (omissis).		
Obiettivi formativi: Obiettivo del corso è fornire agli studenti i principi della teoria dell'informazione quantistica e la loro applicazione alle comunicazioni quantistiche. In primo luogo, verranno introdotti i fondamenti della comunicazione classica. Verrà quindi presentata la nozione di bit quantistico (qubit), insieme ai principi e alle peculiarità non convenzionali dell'elaborazione dell'informazione quantistica. Partendo da queste premesse, il corso fornirà agli studenti le nozioni avanzate relative alle comunicazioni quantistiche, in particolare ai problemi della trasmissione di informazioni classico/quantistica attraverso i canali quantistici. A tale scopo verrà opportunamente introdotto il rumore quantistico e le sue peculiarità rispetto al rumore classico. Successivamente, le comunicazioni sicure verranno discusse analizzando le tecniche di distribuzione di chiavi quantistiche (QKD) (tra cui BB84 ed Ekert-91) e la loro realizzazione pratica. Inoltre, verranno adeguatamente introdotte e analizzate tecniche di comunicazione quantistica basate sull'entanglement (tra cui la codifica superdensa e il teletrasporto quantistico), discutendo anche le strategie (ad esempio, la correzione dell'errore quantistico) per contrastare gli effetti del rumore. Infine, le sfide che sorgono con la progettazione delle comunicazioni quantistiche saranno discusse alla luce di un'integrazione all'interno degli strati più bassi dello stack protocollare della Quantum Internet, introducendo anche brevemente i suoi requisiti e differenze non convenzionali rispetto allo standard de-facto TCP/IP. Gli studenti avranno l'opportunità di eseguire semplici esperimenti su un vero computer quantistico tramite ad esempio la piattaforma IBM Q-Experience		
Propedeuticità in ingresso: Nessuno		
Propedeuticità in uscita: Advanced Quantum Communication Networks		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale e discussione di un elaborato progettuale		

Insegnamento: Algoritmi quantistici		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese
SSD: Fisica Teorica, Modelli e Metodi Matematici (FIS02)		CFU: 6
Anno di corso: primo	Tipologia di Attività Formativa: Discipline matematiche, fisiche e informatiche, C	
Modalità di svolgimento: In presenza		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Comprende le competenze necessarie alla trattazione teorica dei fenomeni fisici quantistici, partendo da principi e da leggi fondamentali e con l'ausilio di adeguati strumenti matematici e computazionali, nonché le competenze atte all'approfondimento applicativo della matematica finalizzato alla investigazione, alla trattazione teorica e alla modellistica dei fenomeni fisici quantistici.		
Obiettivi formativi: Il corso coprirà i concetti fondamentali di Computazione quantistica e algoritmi quantistici. Il corso conterrà una introduzione generale ai concetti e metodi in computazione quantistica e si concentrerà sugli elementi fondamentali necessari per la computazione quantistica, mostrando una panoramica degli algoritmi quantistici noti, le loro caratteristiche, e i loro problemi. Il corso coprirà anche argomenti di comunicazione quantistica, crittografia quantistica, e teoria quantistica della correzione degli errori.		
Propedeuticità in ingresso: Foundations of Quantum Mechanics		
Propedeuticità in uscita:		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: scritto e orale		

Insegnamento: Chimica quantistica		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese	
SSD: CHIM/02		CFU: 6	
Anno di corso: secondo	Tipologia di Attività Formativa: Attività affini e integrative, C		
Modalità di svolgimento: In presenza Lezioni frontali di teoria per l'80% del tempo frontale, esercitazioni per il 20% del tempo			
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Introduzione alla meccanica quantistica e presentazione dei postulati che costituiscono la base della teoria quantistica. L'equazione di Schrödinger indipendente dal tempo in una, due e tre dimensioni. L'atomo di idrogeno. Metodi di approssimazione e approcci computazionali per la chimica quantistica: teoria delle perturbazioni, metodo variazionale non lineare e lineare. Atomi a molti elettroni: principio di antisimmetria e determinanti di Slater; classificazione degli stati atomici; interazione spin-orbita. Molecole e legame chimico: l'approssimazione di Born-Oppenheimer, la molecola di idrogeno; Molecole biatomiche omonucleari ed eteronucleari. Molecole poliatomiche e teoria degli orbitali molecolari. Utilizzo della teoria dei gruppi per la classificazione della simmetria degli orbitali molecolari. Movimento nucleare. Spettroscopia molecolare: rotazionale, vibrazionale ed elettronica. Reazioni chimiche. L'interazione di atomi e molecole con la luce..			
Obiettivi formativi: Apprendimento dei concetti di base delle teorie fisiche, delle approssimazioni e di alcune strategie computazionali coinvolte nella descrizione quantomeccanica dei sistemi atomici e molecolari. Capacità di giudicare l'idoneità di un modello quanto-chimico per la descrizione di sistemi molecolari/chimici			
Propedeuticità in ingresso: Fondamenti di meccanica quantistica			
Propedeuticità in uscita:			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Scritto ed orale			

Insegnamento: Quantum circuit electrodynamics and Quantum devices		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese	
SSD: IND-IND/31		CFU: 9	
Anno di corso: secondo		Tipologia di Attività Formativa: Discipline ingegneristiche, B	
Modalità di svolgimento: In presenza			
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore studia gli aspetti teorici e sperimentali dei due filoni complementari dei campi elettromagnetici e dei circuiti e lo sviluppo delle relative applicazioni nei vari settori della ingegneria. Nel primo filone si studiano problemi di campo elettromagnetico, Nel secondo filone si studiano i circuiti elettrici ed elettronici, ..., ed i relativi modelli: lineari, non lineari e tempo-varianti, a parametri concentrati e distribuiti, I due approcci complementari sono applicati all'analisi, alla sintesi, alla modellistica fisica e numerica ed alla progettazione automatica delle apparecchiature, dei dispositivi, ..., alla superconduttività, alla compatibilità elettromagnetica,			
Obiettivi formativi: In questo corso, gli studenti costruiranno prima una solida base teorica, basata sulle formulazioni classica e quantistica di Lagrangiana e Hamiltoniana, essenziale per comprendere il comportamento quantistico dei circuiti elettrici. Questo background servirà poi come base per esplorare i qubit superconduttori, dove gli studenti esamineranno i meccanismi operativi di questi qubit, compreso il ruolo delle giunzioni Josephson, e impareranno a differenziare tra vari tipi di qubit come carica, flusso, fase e Transmon. Man mano che il corso avanza, l'attenzione si sposterà sulla dinamica dei circuiti quantistici dissipativi. Gli studenti indagheranno come le fluttuazioni quantistiche e le interazioni ambientali contribuiscano ai processi di decoerenza e studieranno i meccanismi di decadimento e sfasamento che influenzano la stabilità e le prestazioni dei qubit. Una parte significativa del corso sarà dedicata alle competenze pratiche nell'accoppiamento qubit-cavità e nel controllo quantistico. Gli studenti diverranno esperti nelle tecniche di accoppiamento sia risonante che dispersivo, che sono fondamentali per controllare i qubit all'interno delle cavità e cruciali per una lettura accurata dei qubit. Infine, il corso esplorerà l'ingegneria dello stato quantistico e l'implementazione pratica di gate e algoritmi quantistici. Verrà data attenzione alle sfide di scalabilità, con l'obiettivo di dotare gli studenti della comprensione necessaria per contribuire al progresso delle tecnologie di calcolo quantistico scalabili e dei metodi di correzione degli errori che sottendono un solido processo di elaborazione delle informazioni quantistiche.			
Propedeuticità in ingresso: Foundations of Quantum Mechanics, Microwave Circuits and Technologies			
Propedeuticità in uscita:			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: prova orale			

Insegnamento: Computazione Quantistica - Mod I: Teoria		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese
SSD: INF/01		CFU: 6
Anno di corso: I	Tipologia di Attività Formativa: Discipline matematiche, fisiche e informatiche, B	
Modalità di svolgimento: In presenza		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore si interessa all'attività scientifica e didattico - formativa nei campi della ricerca informatica e della teoria dell'informazione, posti alla base dell'approccio informatico allo studio dei problemi e, congiuntamente, della progettazione, produzione e utilizzazione di sistemi informatici per l'innovazione nella società. Particolare attenzione è rivolta al metodo, basato su modellizzazione, formalizzazione e verifica sperimentale. Pertanto il settore comprende, accanto a tutti gli aspetti di base e generali, i fondamenti algoritmici (progettazione e analisi degli algoritmi, computabilità e complessità, teoria dell'informazione, dei codici e crittografia), logici, semantici e metodologici dell'informatica, ivi inclusi i modelli computazionali classici e quantistici.		
Obiettivi formativi: Alla fine del corso, gli studenti svilupperanno: Una solida comprensione dei concetti fondamentali dell'informatica quantistica, con particolare attenzione alle architetture di calcolo, agli algoritmi e agli strumenti di sviluppo. Capacità di progettazione di algoritmi basati sul paradigma di computazione quantistica. Capacità di problem solving per interpretare un problema, sviluppare una strategia per risolverlo e modellare questa strategia attraverso un algoritmo quantistico appropriato. Una elevata comprensione delle relazione sussistenti tra due aree significative dell'informatica, il calcolo quantistico e l'intelligenza artificiale.		
Propedeuticità in ingresso: Foundations of Quantum Mechanics		
Propedeuticità in uscita: Nessuna		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale con discussione di elaborato progettuale.		

Insegnamento: Computazione Quantistica: Mod II: Architetture ed alte prestazioni		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese	
SSD: ING-INF/05		CFU: 6	
Anno di corso: primo		Tipologia di Attività Formativa: Discipline Ingegneristiche, B	
Modalità di svolgimento: in presenza			
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore è caratterizzato dall'insieme di ambiti scientifici e di competenze scientifico-disciplinari relativi al progetto ed alla realizzazione dei sistemi di elaborazione dell'informazione, nonché alla loro gestione ed utilizzazione nei vari contesti applicativi con metodologie e tecniche proprie dell'ingegneria. Rientrano in questo ambito i fondamenti teorici, i metodi e le tecnologie atti a produrre progetti tecnicamente validi, dal punto di vista sia dell'adeguatezza delle soluzioni proposte sia della possibilità di realizzazione tecnica sia della convenienza economica sia dell'efficacia organizzativa. Tali fondamenti, metodi e tecnologie spaziano su tutti gli aspetti relativi ad un sistema di elaborazione, da quelli hardware a quelli software.			
Obiettivi formativi: Il corso fornisce la definizione dei meccanismi interni dei sistemi di elaborazione delle informazioni. Il corso comprende tematiche teoriche e pratiche riguardo la definizione di un sistema informatico, la sua architettura, le sue modalità operative e le tecniche di base per la progettazione di un circuito digitale, l'architettura dei sistemi operativi e la programmazione concorrente e di sistema. Il corso tratta inoltre fondamenti di architetture parallele per applicazione ad elevate prestazioni.			
Propedeuticità in ingresso: nessuna			
Propedeuticità in uscita: nessuna			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: prova orale con discussione di elaborato progettuale			

Insegnamento: Quantum metrology and sensors		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: inglese
SSD: ING-INF/07 – Misure elettriche ed elettroniche		CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: Attività affini e integrative, C	
Modalità di svolgimento: in presenza		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Le metodologie proprie del settore riguardano la modellazione e la caratterizzazione metrologica di metodi, componenti e sistemi per la misurazione, l'estrazione, l'interpretazione e la rappresentazione dell'informazione di misura. Le tematiche di ricerca includono la progettazione, la realizzazione e la caratterizzazione di metodi, componenti e sistemi per la misurazione, con particolare attenzione al miglioramento delle prestazioni metrologiche ottenute.		
Obiettivi formativi: Fornire agli allievi conoscenze specialistiche finalizzate ad attività di progettazione, implementazione e caratterizzazione di metodi, procedure e dispositivi tipici dell'ingegneria delle misure elettriche ed elettroniche quando applicati a soluzioni e sistemi basati su tecnologie quantistiche o quando potenziati attraverso l'uso delle tecnologie quantistiche.		
Propedeuticità in ingresso: Foundations of Quantum Mechanics		
Propedeuticità in uscita:		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale con discussione elaborato		

Insegnamento: Quantum Software		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese
SSD: INF/01		CFU: 6
Anno di corso: secondo	Tipologia di Attività Formativa: Discipline matematiche, fisiche e informatiche, C	
Modalità di svolgimento: In presenza		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il settore si interessa all'attività scientifica e didattico - formativa nei campi della ricerca informatica e della teoria dell'informazione, posti alla base dell'approccio informatico allo studio dei problemi e, congiuntamente, della progettazione, produzione e utilizzazione di sistemi informatici per l'innovazione nella società. Particolare attenzione è rivolta al metodo, basato su modellizzazione, formalizzazione e verifica sperimentale. Pertanto il settore comprende, accanto a tutti gli aspetti di base e generali, i fondamenti algoritmici (progettazione e analisi degli algoritmi, computabilità e complessità, teoria dell'informazione, dei codici e crittografia), logici, semantici e metodologici dell'informatica, ivi inclusi i modelli computazionali classici e quantistici; le competenze sistemistiche necessarie a modellare e progettare linguaggi (ambienti e metodologie di programmazione, ingegneria del software).		
Obiettivi formativi: Alla fine del corso, gli studenti svilupperanno: • Una solida comprensione dei principali framework e linguaggi di programmazione quantistica (Qiskit, PennyLane, Cirq...) • Capacità di implementare ed ingegnerizzare applicazioni basate su calcolo quantistico e approcci ibridi classico/quantistico. • Capacità di integrare software basati su calcolo quantistico in framework per l'ottimizzazione e l'intelligenza artificiale.		
Propedeuticità in ingresso: Quantum Computation		
Propedeuticità in uscita: Nessuna		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale con discussione di elaborato progettuale.		

Insegnamento: Rivelatori quantistici per le scienze di base		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese
SSD: FIS03 – Fisica della Materia		CFU: 6
Anno di corso: II	Tipologia di Attività Formativa: Discipline matematiche, fisiche e informatiche, C	
Modalità di svolgimento: In presenza		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Gli obiettivi formativi del corso mirano a sviluppare aspetti sia teorici che sperimentali riguardanti l'interazione dei fotoni con la materia, la loro rivelazione con schemi di misura per elevate sensibilità, e più in generale aspetti di elettronica integrata, optoelettronica ed elettronica quantistica utili alla comprensione del funzionamento di rivelatori quantistici all'interno di esperimenti scientifici di fisica fondamentale. In particolare: Teoria del rumore quantistico. Fondamenti di rivelazione a fotone singolo (cioè AVP, SMP, SNSPD, PCC). Rivelatori basati su qubit superconduttivi. Sensori quantistici inclusi magnetometri e interferometri. Applicazioni di rivelatori quantistici in esperimenti scientifici di fisica fondamentale.		
Obiettivi formativi: Il corso ha lo scopo di fornire allo studente nozioni fondamentali sul funzionamento di rivelatori quantistici, inclusi rivelatori di singoli fotoni, sensori superconduttori basati su qubit. Verrà presentato e discusso l'uso di tali rivelatori all'interno di esperimenti scientifici di fisica fondamentale. Lo studente sarà in grado di eseguire misure di singoli fotoni mediante rivelatori superconduttivi, e di eseguire misure con qubit superconduttivi che ne evidenzino le proprietà di base nel contesto della rivelazione di particelle. I contenuti trattati svilupperanno la capacità di spiegare e utilizzare i principi della teoria quantistica all'interno dei principali metodi sperimentali presentati nel corso. Inoltre, essi contribuiranno a sviluppare la capacità di disegnare e spiegare configurazioni di esperimenti che impiegano i rivelatori quantistici studiati.		
Propedeuticità in ingresso: FONDAMENTI DI MECCANICA QUANTISTICA		
Propedeuticità in uscita: NESSUNA		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Una combinazione tra un esame orale (80%) e la discussione di progetto assegnato (20%) ispirato dalla letteratura corrente sull'argomento.		

Insegnamento: Quantum detectors for applied science		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese
SSD: FIS/07		CFU: 6
Anno di corso: secondo	Tipologia di Attività Formativa: Discipline matematiche, fisiche e informatiche, C	
Modalità di svolgimento: In presenza		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: I contenuti del Corso sono coerenti con la declaratoria del SSD FIS/07, in particolare con riferimento allo studio e allo sviluppo di metodologie fisiche sperimentali nel contesto ambientale, biologico e medico, sia allo sviluppo e all'utilizzo della strumentazione necessaria al controllo e alla rivelazione di fenomeni fisici nell'ambito della prevenzione, diagnosi e cura, e delle tecniche fisiche della diagnostica biomedica.		
Obiettivi formativi: Il Corso si propone di fornire agli studenti informazioni scientifiche avanzate e conoscenze tecniche sui rivelatori quantici di radiazione, in particolare sui moderni rivelatori di fotoni, in varie applicazioni fisiche, in particolare le applicazioni mediche e la biosensoristica. Il Corso fornirà anche capacità ed abilità tecniche nella comprensione del funzionamento e nell'uso di sensori a rivelazione quantica, attraverso una attività di laboratorio in un settore applicativo, in particolare nel settore biomedico. Le conoscenze, capacità ed abilità acquisite potranno essere impiegate anche nella ricerca nell'ambito di esperimenti di fisica e per applicazioni industriali fisiche ed ingegneristiche.		
Propedeuticità in ingresso: Nessuna		
Propedeuticità in uscita: Nessuna		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale con discussione di un elaborato scritto (relazione sulla esperienza di laboratorio).		

Insegnamento: Quantum materials and solid-state qubits		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese
SSD: FIS/03		CFU: 6
Anno di corso: secondo	Tipologia di Attività Formativa: C	
Modalità di svolgimento: In presenza		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Le competenze riguardano la ricerca teorica e computazionale nei campi della fisica dello stato solido e della scienza dei materiali e relativa tecnologia dal livello nanoscopico a quello macroscopico , dell'elettronica quantistica e dell'informazione quantistica, nonché delle proprietà statistiche della materia e dei sistemi complessi. Le competenze riguardano anche le problematiche connesse con i fondamenti della fisica quantistica.		
Obiettivi formativi: Lo scopo del corso è quello di introdurre gli studenti ai concetti moderni di fisica dello stato solido necessari per comprendere gli elementi di base relativi all'implementazione dell'hardware di un computer quantistico a stato solido. Il programma del corso si concentra sulle implementazioni di dispositivi superconduttivi e semiconduttivi. In entrambi i casi verrà discusso lo schema operativo ideale insieme alle sfide più importanti legate al controllo e alla riduzione del rumore e delle imperfezioni.		
Propedeuticità in ingresso: Nessuna		
Propedeuticità in uscita:		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Esame orale		

Insegnamento: Quantum Measurement Theory		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese
SSD: Fisica Teorica, Modelli e Metodi Matematici (FIS02)		CFU: 6
Anno Corso: primo	Tipologia di Attività Formativa: Discipline matematiche, fisiche e informatiche, C	
Modalità di svolgimento: In presenza		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Comprende le competenze necessarie alla trattazione teorica dei fenomeni fisici quantistici, partendo da principi e da leggi fondamentali e con l'ausilio di adeguati strumenti matematici e computazionali, nonché le competenze atte all'approfondimento applicativo della matematica finalizzato alla investigazione, alla trattazione teorica e alla modellistica dei fenomeni fisici quantistici.		
Obiettivi: Lo scopo principale del Corso è quello di fornire I concetti e metodi della teoria quantistica della misura che sono fondamentali per una comprensione approfondita della meccanica quantistica e informazione quantistica e le differenze/analogie tra teoria classica e quantistica. Il Corso è altresì mirato a introdurre la teoria dei sistemi quantistici aperti e decoerenza.		
Propedeuticità in ingresso:		
Propedeuticità in uscita:		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: prova orale		

Insegnamento: Simulatori quantistici		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese	
SSD: FIS/03		CFU: 6	
Anno di corso: primo o secondo		Tipologia di Attività Formativa: Discipline matematiche, fisiche e informatiche, C	
Modalità di svolgimento: in presenza			
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Trattazione teorica e sperimentale della fisica atomica e molecolare, della scienza dei materiali e relativa tecnologia dal livello nanoscopico a quello macroscopico, nonché della fotonica, dell'ottica, dell'optoelettronica, dell'elettronica quantistica e dell'informazione quantistica (utilizzata anche la declaratoria del settore concorsuale, che è più aggiornata).			
Obiettivi formativi: Apprendimento dei concetti chiave e delle principali metodologie sperimentali della simulazione quantistica di sistemi a molti corpi fortemente correlati e sulla loro implementazione con atomi freddi, sistemi di punti quantici, ioni, circuiti superconduttori e fotoni.			
Propedeuticità in ingresso: Fondamenti di meccanica quantistica			
Propedeuticità in uscita: nessuna			
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: esame scritto e orale			

Insegnamento: Tecnologie quantistiche superconduttive		Lingua di erogazione dell'Insegnamento: Inglese
SSD: FIS/03		CFU: 6
Anno di corso: Secondo	Tipologia di Attività Formativa: Discipline matematiche, fisiche e informatiche, C	
Modalità di svolgimento: In presenza, lezioni frontali ed esperienze di laboratorio		
Contenuti estratti dalla declaratoria del SSD coerenti con gli obiettivi formativi del corso: Il corso è incentrato sull'attività scientifica e didattico - formativa nel campo dello studio sperimentale della fisica della materia condensata, dei dispositivi superconduttivi, degli effetti quantistici macroscopici e dell'elettronica quantistica. Competenze e metodi necessari alla misura a basso rumore alle temperature criogeniche di dispositivi alla nanoscala e di circuiti quantistici.		
Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato ad approfondire aspetti sulla computazione quantistica superconduttiva. Si intende proporre un percorso sperimentale con il quale lo studente comprende ed applica concetti di scienza dell'informazione quantistica a dispositivi reali basati su tecnologia superconduttiva. Lo studente sarà in grado di realizzare misure spettroscopiche e nel dominio del tempo su quantum bits superconduttivi. A tale scopo saranno utilizzati programmi con software Python per la programmazione della sequenza di controllo di un quantum bit e lo studio di risonatori superconduttivi.		
Propedeuticità in ingresso: Applied Quantum Systems		
Propedeuticità in uscita: Nessuna		
Tipologia degli esami e delle altre prove di verifica del profitto: Prova orale con discussione di prove pratiche effettuate in laboratorio		

ALLEGATO 2.2

REGOLAMENTO DIDATTICO DEL CORSO DI STUDIO

QUANTUM SCIENCE AND ENGINEERING

CLASSE LM-44/LM-120 (c.u.)

Scuola: Politecnica e delle Scienze di Base

Dipartimento: Fisica "Ettore Pancini"

Regolamento in vigore a partire dall'a.a. 2024-2025

Attività formativa: ex art. 10, comma 5, lettera d		Lingua di erogazione dell'Attività: Inglese	
Attività: Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro, abilità informatiche e telematiche		CFU: 3	
Anno di corso: II			Tipologia di Attività Formativa: F
Modalità di svolgimento: Le attività potranno svolgersi in presenza, a distanza o partecipando a scuole, stage ed eventi di promozione e divulgazione della fisica.			
Obiettivi formativi: Lo scopo principale di queste attività formative è quello di far acquisire allo studente ulteriori conoscenze e/o abilità che siano utili al completamento della sua formazione, mediante l'acquisizione di ulteriori conoscenze utili al suo percorso di studi, allo sviluppo di capacità relazionali e organizzative o all'inserimento nel mondo del lavoro.			
Propedeuticità in ingresso: nessuna Propedeuticità in uscita: nessuna			
Tipologia delle prove di verifica del profitto: I crediti relativi a queste attività sono attribuiti dal coordinatore della CCD previo presentazione di idonea documentazione.			

Attività formativa: ex art. 10, comma 5, lettera d		Lingua di erogazione dell'Attività: Inglese	
Attività: Tirocini formativi e di orientamento		CFU: 6	
Anno di corso: II			Tipologia di Attività Formativa: F
Modalità di svolgimento: Attività in presenza o a distanza, in dipendenza della tipologia di tirocinio formativo o di orientamento			
Obiettivi formativi: Lo scopo dell'attività è quella di far svolgere allo studente un tirocinio formativo e/o di orientamento utile allo sviluppo di competenze coerenti con le attività professionali previste dal suo percorso di studio e all'inserimento nel mondo del lavoro.			
Propedeuticità in ingresso: nessuna Propedeuticità in uscita: nessuna			
Tipologia delle prove di verifica del profitto: I crediti per queste attività saranno riconosciuti dal Coordinatore della CCD sulla base di un'ideonea documentazione attestante lo svolgimento del tirocinio e a seguito di positiva valutazione da parte di una commissione della CCD.			