Modulkatalog Gaststudium
528 Quantum Science and Technology
PO-Version 2026

FRIEDRICH-SCHILLER-
UNIVERSITÄT
JENA

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis 1
Modul **PAFMQ001** Grundlagen der Quanteninformation 2
Modul **PAFMQ002** Fortgeschrittene Quanteninformationstheorie und -hardware 4
Modul **PAFMQ003** Einführung in die Quantenphysik 6
Modul **PAFMQ008** Internship 8
Modul **PAFMQ009** Research Project 9
Modul **PAFMQ100** Molecular quantum mechanics / quantum chemistry I 10
Modul **PAFMQ101** Molecular quantum mechanics / quantum chemistry II 11
Modul **PAFMQ900** Topics of Current Research: Quantum Information I 12
Modul **PAFMQ901** Topics of Current Research: Quantum Information II 13
Modul **PAFMQ999** Außerfachliche Qualifikationen 14
Abkürzungen 15

Hinweis: Hinweis: Prüfungen, den Prüfungen zugeordnete Lehrveranstaltungen sowie Prüfungstermine können in Friedolin unter dem Menüpunkt "Modulkataloge" eingesehen werden. Nach Login wählen Sie dazu bitte Abschluss, Studiengang und Modul. Unmittelbar eingearbeitete Änderungen werden dort zeitnah dargestellt.

Modul **PAFMQ001** Grundlagen der Quanteninformation	
Modulcode	PAFMQ001
Modultitel (deutsch)	Grundlagen der Quanteninformation
Modultitel (englisch)	Fundamentals of Quantum information
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. F. Steinlechner, PD Dr. F. Setzpfandt, Prof. Dr. M. Gärttner
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	none
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	none
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	528 M.Sc. Quantum Science and Technology, compulsory module ("essentials")128 M.Sc. Physics: required elective module spezialisation "optics"628 M.Sc. Photonics: required elective module
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …)	Lecture: 4 h per weekExercise: 2 h per week
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	240 h 90 h 150 h
Inhalte	Concepts of quantum information processingintroduction to fundamental concepts and the basic formalismentanglementapplication examplesentanglement characterizationHardware for quantum information processingbrief review of key physical concepts and applicationsbasic hardware requirements for information processingoptical qubits, gates
Lern- und Qualifikationsziele	Understanding of fundamental properties of quantum states, their applications and how to characterize them. Knowledge about basic hardware requirements for quantum information processing and example implementations.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Solution of exercise sheets (Scope to be announced at the beginning of the module).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Written/oral examination (details announced in first lecture)

Empfohlene Literatur	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	English

Modul **PAFMQ002** Fortgeschrittene Quanteninformationstheorie und -hardware	
Modulcode	PAFMQ002
Modultitel (deutsch)	Fortgeschrittene Quanteninformationstheorie und -hardware
Modultitel (englisch)	Advanced Quantum Information
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. F. Steinlechner, PD Dr. F. Setzpfandt, Prof. Dr. M. Gärttner
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Content of ”Introduction to Quantum Information”
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area ”essentials”128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul Spezialisierung "Optik"628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …)	Lecture: 4 h per weekExercise: 2 h per week
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	240 h 90 h 150 h
Inhalte	Hardware for quantum information processingsuperconducting qubits, gates, control, manipulation, readoutlight-matter interactionsemiconductor qubits (quantum dots, defects)atoms / quantum Gasesfoundations of quantum sensing (sensitivity, noise, standard quantum limit)OptomechanicsConcepts of quantum information processingdecoherencequantum error correctionmany-body entanglementadvanced concepts
Lern- und Qualifikationsziele	Knowledge of all eminent concepts for implementing quantum-information systems. Understanding advanced concepts that enable treatment of non-ideal quantum systems.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Solution of exercise sheets (Scope to be announced at the beginning of the module).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Written examination.
Empfohlene Literatur	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.

Unterrichtssprache	English

Modul **PAFMQ003** Einführung in die Quantenphysik	
Modulcode	PAFMQ003
Modultitel (deutsch)	Einführung in die Quantenphysik
Modultitel (englisch)	Introduction to Quantum physics
Modul-Verantwortliche/r	PD Dr. F. Setzpfandt
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	none
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	none
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	528 M.Sc Quantum Science and Technology: required elective module, subject area ”adjustment”
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …)	Lecture: 4 h per weekExercise: 2 h per week
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	240 h 90 h 150 h
Inhalte	relevant core concepts of atomic and solid-state physics, basics of light-matter-interaction, basics of superconductivity, basics of quantum theory, quantum harmonic oscillator, perturbation theory, pictures of quantum mechanics
Lern- und Qualifikationsziele	Understanding of basic concepts and methods for the description of physical systems within the framework of quantum theory.Ability to independently solve simple tasks in the area of quantum physics.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Solution of exercise sheets (Scope to be announced at the beginning of the module).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Written examination.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Written examination
Empfohlene Literatur	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the

	semester.
Unterrichtssprache	English

Modul **PAFMQ008** Internship	
Modulcode	PAFMQ008
Modultitel (deutsch)	Internship
Modultitel (englisch)	Internship
Modul-Verantwortliche/r	PD Dr. F. Setzpfandt
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Completion of module ”Quantum Laboratory”
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area ”practical research training”
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …)	Practical course300 hDepending on the topic, the workload should be distributed approximately as:50 h introduction to research topic (literature study, …)190 h research work (in the lab for experimental topics, at computer, etc. for theoretical topics)50 h preparation of the final report10 h presentation of final results and preparation for this
Leistungspunkte (ECTS credits)	10 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	300 h - h - h
Inhalte	Internship in industry or a research laboratory
Lern- und Qualifikationsziele	• Carrying out scientific work together with a research team• Preparation of a written scientific report• Presentation of results in an oral presentation
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Lab mark (100%)Consists of a written report (approximately 15-20 pages) and a final presentation (10-20 minutes) with subsequent discussionThe final grade will be determined based on the research performance, the final report, and the presentation.
Empfohlene Literatur	specifically defined by the instructor of the internship
Unterrichtssprache	English

Modul **PAFMQ009** Research Project	
Modulcode	PAFMQ009
Modultitel (deutsch)	Research Project
Modultitel (englisch)	Research Project
Modul-Verantwortliche/r	PD Dr. F. Setzpfandt
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Completion of module ”Internship”
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area ”practical research training”
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …)	Practical course540 hDepending on the topic, the workload should be distributed approximately as:150 h introduction to research topic (literature study, …)270 h research work (in the lab for experimental topics, at computer, etc. for theoretical topics)100 h preparation of the final report20 h presentation
Leistungspunkte (ECTS credits)	18 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	540 h - h - h
Inhalte	Internship in a research laboratory
Lern- und Qualifikationsziele	• Carrying out scientific work together with a research team• Preparation of a written scientific report• Presentation of results in an oral presentation
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Lab mark (100%)Consists of a written report (approximately 20-30 pages) and a final presentation (15-25 minutes) with subsequent discussionThe final grade will be determined based on the research performance, the final report, and the presentation
Empfohlene Literatur	specifically defined by the instructor of the internship
Unterrichtssprache	English

Modul **PAFMQ100** Molecular quantum mechanics / quantum chemistry I	
Modulcode	PAFMQ100
Modultitel (deutsch)	Molecular quantum mechanics / quantum chemistry I
Modultitel (englisch)	Molecular quantum mechanics / quantum chemistry I
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. S. Gräfe, Dr. A. Croy
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module „Physical chemistry” or equivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc.Physik: Wahlpflichtmodul (freier Bereich)528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area ”specialization”
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …)	2 hour lecture,1 hour excercise per week
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	In lecture and tutorial, students are taught basics and concepts describing the dynamics of (open) quantum systems (wave packets, density matrix, quantum master equations). Furthermore, aspects of multi-particle physics of molecules are covered, i.e. e.g. multi-electron wave functions, the Hartree-Fock approximation and the role of basis sets.
Lern- und Qualifikationsziele	Become familiar with the fundamentals of open quantum systems and "ab initio" methods for performing quantum chemical calculations with respect to molecular and nanoscale systems.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Oral or written examination on the material taught in lecture and seminars.
Empfohlene Literatur	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	English

Modul **PAFMQ101** Molecular quantum mechanics / quantum chemistry II	
Modulcode	PAFMQ101
Modultitel (deutsch)	Molecular quantum mechanics / quantum chemistry II
Modultitel (englisch)	Molecular quantum mechanics / quantum chemistry II
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. S. Gräfe; Dr. A. Croy
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module ”Molecular quantum mechanics / quantum chemistry I” or equivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area ”specialization”128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (freier Bereich)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …)	2 hour lecture1 hour excercise per week
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	Building on Module PAFMQ100, in-depth and advanced knowledge of advanced methods of theoretical chemistry is taught. This includes (time-dependent) density functional theory as well as an introduction to numerical methods, concepts and algorithms for the description of molecular systems that exchange energy and/or charge with their environment.
Lern- und Qualifikationsziele	Familiarization with advanced methods and concepts, such as DFT/TDDFT. Understanding numerical methods, concepts and algorithms for describing open quantum systems and their application to molecular and nanoscale systems.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Oral or written examination on the material taught in lecture and seminars.
Empfohlene Literatur	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	English

Modul **PAFMQ900** Topics of Current Research: Quantum Information I	
Modulcode	PAFMQ900
Modultitel (deutsch)	Topics of Current Research: Quantum Information I
Modultitel (englisch)	Topics of Current Research: Quantum Information I
Modul-Verantwortliche/r	PD Dr. F. Setzpfandt
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc.Physics, Required elective module specialization "Gravitation and Quantum Theory"528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area ”specialization”
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …)	Lecture: 2 h per weekExercise: 1 h per week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 30 h 90 h
Inhalte	Advanced topics of current research in Quantum information and quantum technologies
Lern- und Qualifikationsziele	• Introduction into a field of current research as a basis for further studyand research in this field;• Independent solution of exercise problems;• Ability to acquire further knowledge by independent literature studies.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	further information on the kind and scope will be given at the beginning of each semester.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Written or Oral examination (100%)Will be announced at the beginning of each semester
Empfohlene Literatur	A list of Literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	English

Modul **PAFMQ901** Topics of Current Research: Quantum Information II	
Modulcode	PAFMQ901
Modultitel (deutsch)	Topics of Current Research: Quantum Information II
Modultitel (englisch)	Topics of Current Research: Quantum Information I
Modul-Verantwortliche/r	PD Dr. F. Setzpfandt
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area ”specialization”
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …)	Lecture: 2 h per weekExercise: 1 h per week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 30 h 90 h
Inhalte	Advanced topics of current research in Quantum information and quantum technologies
Lern- und Qualifikationsziele	• Introduction into a field of current research as a basis for further studyand research in this field;• Independent solution of exercise problems;• Ability to acquire further knowledge by independent literature studies.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	further information on the kind and scope will be given at the beginning of each semester.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Written or Oral examination (100%)Will be announced at the beginning of each semester
Empfohlene Literatur	A list of Literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	English

Modul **PAFMQ999** Außerfachliche Qualifikationen	
Modulcode	PAFMQ999
Modultitel (deutsch)	Außerfachliche Qualifikationen
Modultitel (englisch)	Extracurricular qualifications
Modul-Verantwortliche/r	PD Dr. F. Setzpfandt
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	528 M.Sc. Quantum Science and Technology, required elective module, subject area ”specialization”
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, …)	Lecture: 2 h per weekExercise: 1 h per week
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	Knowledge and methods that build personalities beyond the field of quantum science and technologies.
Lern- und Qualifikationsziele	• qualifications that support careers after finishing a university degree• an improved ability for international students to have a successful career in Germany• an awareness for other fields of research and the ability to connect them to the research field of quantum science and technology
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	further information on the kind and scope will be given at the beginning of each semester.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Written or Oral examination (100%)Will be announced at the beginning of each semester
Empfohlene Literatur	A list of Literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	English

Abkürzungen

Abkürzungen für Veranstaltungen

AVL	Antrittsvorlesung
AG.....	Arbeitsgemeinschaft
AM.....	Aufbaumodul
AS	Ausstellung
BM.....	Basismodul
BzPS ...	Begleitveranstaltung zum Praxissemester
B.....	Beratung
Bes.....	Besichtigung
KB	Besprechung
Blo.....	Blockierung
BV	Blockveranstaltung
DV	Diavortrag
EF	Einführungsveranstaltung
ES	Einschreibungen
EKK.....	Examensklausurenkurs
EX	Exkursion
Exp.....	Experiment/Erhebung
FE	Feier/Festveranstaltung
F.....	Filmvorführung
GÜ.....	Geländeübung
GK.....	Grundkurs
HpS	Hauptseminar
HS/B....	Hauptseminar/Blockveranstaltung
HS/Ü ...	Hauptseminar/Übung
Inf.....	Informationsveranstaltung
IHS/Ü ..	Interdisziplinäres Hauptseminar/Übung
KS	Klausur
KS/PR .	Klausur/Prüfung
K.....	Kolloquium
K/P	Kolloquium/Praktikum
KS	Konferenz/Symposium
kV.....	Kulturelle Veranstaltung
Ku.....	Kurs
Ku.....	Kurs
Lag.....	Lagerung
LFP	Lehrforschungsprojekt
Lek.....	Lektürekurs
M.....	Modul
MV	Musikveranstaltung
OS	Oberseminar
OnLS ..	Online-Seminar
OnV	Online-Vorlesung
P	Praktikum
PrS.....	Praktikum/Seminar
PM	Praxismodul
Pr	Probe
PJ	Projekt
PPD	Propädeutikum
PS.....	Proseminar
PR.....	Prüfung
PrVo....	Prüfungsvorbereitung
QB	Querschnittsbereich
RE.....	Repetitorium
V/R.....	Ringvorlesung
SU.....	Schulung
S	Seminar
S/E.....	Seminar/Exkursion
S/Ü.....	Seminar/Übung
SZ.....	Servicezeit
SI	Sitzung
SoSch .	Sommerschule
SO	Sonstiges
SV.....	Sonstige Veranstaltung
SK.....	Sprachkurs
TG.....	Tagung
TT	Teleteaching
TN.....	Treffen
Tu	Tutorium
T	Tutorium
Ü	Übung
Ü/B.....	Übung/Blockveranstaltung
Ü	Übungen

Ü/I ..... Übung/Interdisziplinär
Ü/P ..... Übung/Praktikum
Ü/T ..... Übung/Tutorium
Ve..... Versammlung
ViKo .... Videokonferenz
V..... Vorlesung
V/K ..... Vorlesung m. Kolloquium
V/P ..... Vorlesung/Praktikum
V/S ..... Vorlesung/Seminar
V/Ü ..... Vorlesung/Übung
Vor ..... Vortrag
VT ..... Vortrag
WS ..... Wahlseminar
WV ..... Wahlvorlesung
We..... Weiterbildung
Wo..... Workshop
WOS ... Workshop
ZÜ ..... Zeugnisübergabe

Other abbrevations

Anm..... Anmerkung
ASQ .... Allgemeine Schlüsselqualifikationen
AT ..... Altes Testament
E..... Essay
FSQ..... Fachspezifische Schlüsselqualifikationen
FSV ..... Fakultät für Sozial- und Verhaltenswissenschaften
GK..... Grundkurs
IAW ..... Institut für Altertumswissenschaften
LP..... Leistungspunkte
NT ..... Neues Testament
SQ..... Schlüsselqualifikationen
SS ..... Sommersemester
SWS.... Semesterwochenstunden
TE ..... Teilnahme
TP ..... Thesenpublikation
ThULB. Thüringer Universitäts- und Landesbibliothek
VVZ..... Vorlesungsverzeichnis
WS ..... Wintersemester